



Das Lebensministerium



Umwelt und Extensivierung

Schriftenreihe der
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Heft 6 - 8. Jahrgang 2003

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Umweltwirkungen von Extensivierungsmaßnahmen

Inhaltsverzeichnis

Dr. Hartmut Kolbe, Uta Beckmann Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau Einfluss extrem unterschiedlich hoher mineralischer und organischer Düngung und Beregnung auf Ertragsleistung der Kulturarten, Bodenfruchtbarkeit und Umweltverträglichkeit eines Sandbodens	1
Uta Beckmann, Dr. Hartmut Kolbe Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten einer sechsfeldrigen Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte sowie Feldbilanz und Nährstoffentwicklung im Boden	42
Dr. Hartmut Kolbe, Ulf Jäckel, Uta Beckmann Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau Einfluss einer 5jährigen Dauerstilllegung auf Pflanzenbestand, Bodenmerkmale und einen ökologischen Nachbau von Winter- und Sommerweizen	82

Einfluss extrem unterschiedlich hoher mineralischer und organischer Düngung und Beregnung auf Ertragsleistung der Kulturarten, Bodenfruchtbarkeit und Umweltverträglichkeit eines Sandbodens

H. Kolbe, U. Beckmann

1 Einleitung

In einem langjährigen Versuch wurden auf Sandboden extrem unterschiedlich hohe Nährstoffgaben in Form organischer und mineralischer Düngung mit und ohne Beregnung eingebracht. Die Versuchsansteller hatten das Ziel, nicht nur die Ertrags- und Qualitätsentwicklung der Kulturarten einer Fruchtfolge, sondern Probleme der Nährstoffakkumulation im Boden und Belastbarkeitsgrenzen für Güllegaben zu klären. Erst zu einem späteren Zeitpunkt kamen Gesichtspunkte der Nährstoffverwertung und -verluste sowie des Umweltschutzes hinzu. Aus aktueller Ansicht ist der Versuch hervorragend geeignet, die verschiedenen Intensivierungsstufen von Mangel- bis Überversorgung insbesondere mit dem Nährstoff Stickstoff in mineralischer und organischer Form und deren Auswirkungen auf Boden, Pflanze und Umwelt zu dokumentieren.

2 Material und Methoden

Der Versuchsstandort Spröda liegt ca. 5 km östlich von Delitzsch 120 m über NN in ebener Lage. Die Bodenform ist eine Tieflehm-Fahlerde aus anlehmigem Sand (Sl) mit 30/33 Bodenpunkten und einem Feinerdeanteil von 11,6 %, das spez. Gewicht des Bodens beträgt 1,7. Die mittleren Niederschläge liegen bei 547 mm, von Mai bis September bei 274 mm, die mittleren Temperaturen liegen bei 8,8 °C, von Mai bis September bei 15,8 °C.

Der Versuch wurde im Jahr 1974 als eine zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen auf der Grundlage eines am selben Ort bisher bestehenden Versuches angelegt. Die Bestelungs-, Pflege- und Erntearbeiten erfolgten bei den einzelnen Kulturen zu den üblichen optimalen Terminen. Die Fruchtfolge bestand aus 35 % Hackfrüchten, 41 % Getreide und 24 % Ackergras:

- Zuckerrüben
- Sommer-Gerste
- Feldgras
- Kartoffeln
- Winter-Weizen
- (Futterroggen/Silo-Mais).

Die Beregnung erfolgte auf Grundlage des Beregnungsdiagrammes nach KLATT. Im Durchschnitt von 12 Jahren wurde eine Menge von 122 mm Wasser je Vegetationsperiode verabreicht. Folgende Höchstmengen sind nicht überschritten worden:

- Zuckerrüben 240 mm
- Kartoffeln 150 mm
- Getreide 100 mm
- Feldgras 300 mm
- Silomais 150 mm.

Der Düngungsplan ist aus Tabelle 1 und Tabelle 2 zu ersehen. Die mineralische und organische Düngung ist in der Regel jeweils in 3 Gaben verabreicht worden. Die in mineralischer und organischer Form tatsächlich verabreichten Düngermengen können dem Kapitel Nährstoffbilanzen entnommen werden. Der Versuch lässt mehrfache Variantenvergleiche zu:

- Var. X.1 – X.6 = mineralische N-Steigerung bei gleich hoher mineralischer PK-Versorgung
- Var. X.7 – X.10 = Vergleich zwischen mineralischer N-Zufuhr, Stallmist und Güllezufuhr auf Basis gleicher Mineraldüngungs-Äquivalente (MDÄ-Var.)
- Var. (X.1), X.10 – X.12 = Düngungssteigerung mit Gülle
- Unterscheidung zwischen ohne (Var. 1.X) und mit (Var. 2.X) Zusatzberegnung.

Der Dauerversuch wurden von 1974/75 – 1992/93 durchgeführt. Haupt- und Nebenprodukte der Kulturarten (Kartoffeln nur Knollen) wurden vom Feld abgefahren. Die Analysemethoden können bei BECKMANN et al. (2001) eingesehen werden. Die löslichen Bodennährstoffe sind für Phosphor und Kalium mit der DL-Methode, für Mg mit der CaCl₂-Methode analysiert worden. Folgende Umrechnungsfaktoren wurden zur Berechnung der Getreideeinheiten (GE) verwendet: Futtergras 0,11; So.-Gerste 1,0; W.-Weizen 1,0; Zuckerrüben 0,25; Kartoffeln 0,20.

Tabelle 1: Düngungsvarianten

Variante	Mineralische Düngung	Organische Düngung
Ohne Berechnung		
1.1	N 1 (ohne)	Ohne
1.2	N 2	Ohne
1.3	N 3	Ohne
1.4	N 4	Ohne
1.5	N 5	Ohne
1.6	N 6	Ohne
1.7	N 4	Ohne
1.8	Ausgleich entspr. N 4 ¹⁾	200 dt Stallmist zur Hackfrucht
1.9	Ausgleich entspr. ½ N 4	Gülle 50 % N-Bedarf, entspr. N 4
1.10	Ausgleich entspr. N 4	Gülle 100 % N-Bedarf, entspr. N 4
1.11	Ausgleich entspr. N 4	Gülle entspr. 350 bzw. 550 kg N/ha*a
1.12	Ausgleich entspr. N 4	Gülle entspr. 500 bzw. 750 kg N/ha*a
Mit Berechnung		
2.1	N 1 (ohne)	Ohne
2.2	N 2	Ohne
2.3	N 3	Ohne
2.4	N 4	Ohne
2.5	N 5	Ohne
2.6	N 6	Ohne
2.7	N4	Ohne
2.8	Ausgleich entspr. N 4 ¹⁾	200 dt Stallmist zur Hackfrucht
2.9	Ausgleich entspr. ½ N4	Gülle 50 % N-Bedarf, entspr. N 4
2.10	Ausgleich entspr. N 4	Gülle 100 % N-Bedarf, entspr. N 4
2.11	Ausgleich entspr. N 4	Gülle entspr. 350 bzw. 550 kg N/ha*a
2.12	Ausgleich entspr. N 4	Gülle entspr. 500 bzw. 750 kg N/ha*a

¹⁾ Ausgleich entspr. Mineraldüngungsäquivalenten (MDÄ), z.B. 100 kg N entspr. 30 kg MDÄ im Stallmist

Tabelle 2: Düngungsplan der wichtigsten Varianten der Kulturarten in der Fruchtfolge (kg Reinnährstoff/ha u. Jahr)

Fruchtart	Nährstoff	Variante								
		1.1 N 1	1.3 N 3	1.4 N 4	1.6 N 6	1.8 miner. + organisch	1.10 organ.	1.11 organ.	1.12 organ.	
Ohne Berechnung										
Zu.-Rüben	N	0	120	180	300	180		180	550	750
	P	28	28	28	28	Ausgleich entspr. N 4				
	K	220	220	220	220	Ausgleich entspr. N 4				
So.-Gerste	N	0	70	105	175	105		105	350	500
	P	34	34	34	34	Ausgleich entspr. N 4				
	K	80	80	80	80	Ausgleich entspr. N 4				
Feldgras	N	0	200	300	800	300		300	550	750
	P	65	65	65	65	Ausgleich entspr. N 4				
	K	280	280	280	280	Ausgleich entspr. N 4				
Kartoffeln	N	0	100	150	250	150		150	550	750
	P	32	32	32	32	Ausgleich entspr. N 4				
	K	160	160	160	160	Ausgleich entspr. N 4				
W.-Weizen	N	0	80	120	200	120		120	350	500
	P	30	30	30	30	Ausgleich entspr. N 4				
	K	90	90	90	90	Ausgleich entspr. N 4				
Fu.-Roggen	N	0	80	120	200	120		120	350	500
	P	30	30	30	30	Ausgleich entspr. N 4				
	K	130	130	130	130	Ausgleich entspr. N 4				
Silo-Mais	N	0	80	120	200	120		120	350	500
	P	25	25	25	25	Ausgleich entspr. N 4				
	K	120	120	120	120	Ausgleich entspr. N 4				
Mittelwert der Fruchtfolge	N	0	122	183	305	183		183	508	708
	P	42	42	42	42					
	K	180	180	180	180					
Mit Berechnung										
Zu.-Rüben	N	0	120	180	300	180		180	550	750
	P	60	60	60	60	Ausgleich entspr. N 4				
	K	340	340	340	340	Ausgleich entspr. N 4				
So.-Gerste	N	0	70	105	175	105		105	350	500
	P	43	43	43	43	Ausgleich entspr. N 4				
	K	100	100	100	100	Ausgleich entspr. N 4				
Feldgras	N	0	200	300	800	300		300	550	750
	P	90	90	90	90	Ausgleich entspr. N 4				
	K	380	380	380	380	Ausgleich entspr. N 4				
Kartoffeln	N	0	100	150	250	150		150	550	750
	P	50	50	50	50	Ausgleich entspr. N 4				
	K	200	200	200	200	Ausgleich entspr. N 4				
W.-Weizen	N	0	80	120	200	120		120	350	500
	P	35	35	35	35	Ausgleich entspr. N 4				
	K	120	120	120	120	Ausgleich entspr. N 4				

Tabelle 2: Fortsetzung

Fruchtart	Nährstoff	Variante							
		1.1 N 1	1.3 N 3	1.4 N 4	1.6 N 6	1.8 miner. + organisch	1.10 organ.	1.11 organ.	1.12 organ.
Fu.-Roggen	N	0	80	120	200	120	120	350	500
	P	30	30	30	30	Ausgleich entspr. N 4			
	K	145	145	145	145	Ausgleich entspr. N 4			
Silo-Mais	N	0	80	120	200	120	120	350	500
	P	40	40	40	40	Ausgleich entspr. N 4			
	K	200	200	200	200	Ausgleich entspr. N 4			
Mittelwert der Fruchfolge	N	0	122	183	305	183	183	508	708
	P	58	58	58	58				
	K	248	248	248	248				

3 Ergebnisse

3.1 Erträge der Kulturarten

Die Auswertungen sind ohne die Kulturen Futterroggen/Silo-Mais vorgenommen worden. Im Durchschnitt aller Ernten (Versuchsjahre 1975 – 1991) führte die mineralische N-Steigerung von 0 auf über 300 kg N/ha und Jahr (Var. X.1 – X.6) zu einer starken Anhebung der Erträge an Hauptprodukten der Kulturarten (Tab. 3). Dies wurde besonders an der außerordentlichen Steigung der Erträge des Futtergrases sichtbar, während der Ertragsanstieg bei So.-Gerste nicht stark ausgeprägt war. Nach sehr hoher Düngung waren bereits Ertrags-Depressionen sichtbar.

Nach Umrechnung der Erträge auf Getreideeinheiten (Abb. 1) wurde im Durchschnitt der Kulturarten mit steigender N-Anwendung eine Zunahme der Erträge um über 65 % ohne bzw. von fast 100 % mit Zusatzbewässerung gefunden. In Folge steigender Düngung konnte die Wirkung der Zusatzbewässerung deutlich verbessert werden.

Die Bemessung der Düngungshöhe nach Mineraldüngungsäquivalenten (MDÄ-Var. X.7 – X.10) unter Zugrundelegung einer mineralischen N-Düngung von 184 kg N/ha und Jahr, hatte fast bei allen Kulturarten (Tab. 3) sowie im Durchschnitt der Kulturarten (Abb. 1) leichte Ertragsvorteile zur Folge, wenn gleichzeitig eine organische und mineralische Düngung verabreicht wurde (Futtergras, Kartoffeln, Durch-

schnitt). Ertragsvorteile bestanden auch, wenn eine reine organische Gülledüngung vorgenommen wurde (Zuckerrüben, Kartoffeln, Durchschnitt). Hierbei wird das Nachwirkungsvermögen der Düngemittel sichtbar, was z.B. auch besonders an den rel. hohen Ertragsleistungen der Variante mit Stallmistdüngung sichtbar wird (So.-Gerste, W.-Weizen, Kartoffeln, Durchschnitt).

Eine reine Gülledüngung konnte bei einigen Kulturarten (z.B. bei Weizen) auch zu geringeren Erträgen führen, hierbei war, wie z.B. bei So.-Gerste, dann eine Wechselwirkung zwischen der Düngung und der Zusatzbewässerung sichtbar. Die alleinige starke Steigerung einer Gülle-Zufuhr von 0 kg (Var. X.1) bis über 600 kg N/ha und Jahr (Var. X.12) hatte besonders bei Futtergras, Zuckerrüben und Kartoffeln eine weitere Ertragszunahme zur Folge, wenn eine Zusatzbewässerung verabreicht worden war (Tab. 3). Insgesamt gesehen, scheint das Ertragsmaximum im Durchschnitt des Versuches mit steigender mineralischer N-Düngung noch nicht erreicht und nach steigender Gülledüngung erreicht worden zu sein.

Die Zusatzbewässerung führte zwar zu einem deutlichen Anstieg der Erträge (+18 % im Durchschnitt der Düngungsvarianten), die Kulturarten reagierten aber unterschiedlich. So waren So.-Gerste mit +33 % sowie W.-Weizen und Futtergras deutlicher sowie Kartoffeln mit +13 % geringer als der Durchschnitt betroffen (Tab. 3, Abb. 1).

Tabelle 3: Erträge an Hauptprodukten der Kulturarten (Durchschnitt der Versuchsjahre 1975 – 1991)

Variante Pgl.	Futtergras	So.-Gerste	W.-Weizen	Zuckerrüben	Kartoffeln
	(dt/ha FM)	(dt/ha 86 % TM)	(dt/ha 86 % TM)	(dt/ha FM)	(dt/ha FM)
1.1	159,36	13,22	26,09	367,22	205,07
1.2	408,04	13,37	47,09	441,67	271,20
1.3	561,36	13,64	51,67	462,58	285,77
1.4	659,79	14,54	51,75	456,00	283,67
1.5	713,94	13,64	48,08	429,37	269,00
1.6	757,54	13,48	49,00	465,37	277,13
1.7	733,89	13,66	53,09	473,63	331,97
1.8	764,25	14,43	53,70	451,14	367,67
1.9	776,78	11,43	53,39	489,15	379,83
1.10	763,97	11,27	51,96	500,70	353,80
1.11	771,90	10,91	52,07	492,54	353,87
1.12	795,92	11,37	53,48	490,53	377,70
Mittelwert	655,56	12,91	49,28	459,99	313,06
2.1	196,61	7,08	27,78	378,67	231,40
2.2	505,97	18,89	52,05	487,11	313,67
2.3	692,30	19,90	61,73	512,74	341,27
2.4	802,53	15,23	62,49	499,96	322,17
2.5	941,93	22,39	65,10	503,24	309,57
2.6	941,18	17,31	62,97	488,74	353,80
2.7	909,05	14,92	65,88	541,96	344,70
2.8	897,89	20,30	68,42	550,92	383,83
2.9	954,66	17,09	65,23	596,73	387,70
2.10	837,47	17,25	61,06	579,93	412,03
2.11	927,41	20,62	61,36	616,28	410,43
2.12	969,99	15,59	60,74	569,95	416,33
Mittelwert	801,08	17,21	59,57	527,19	352,24

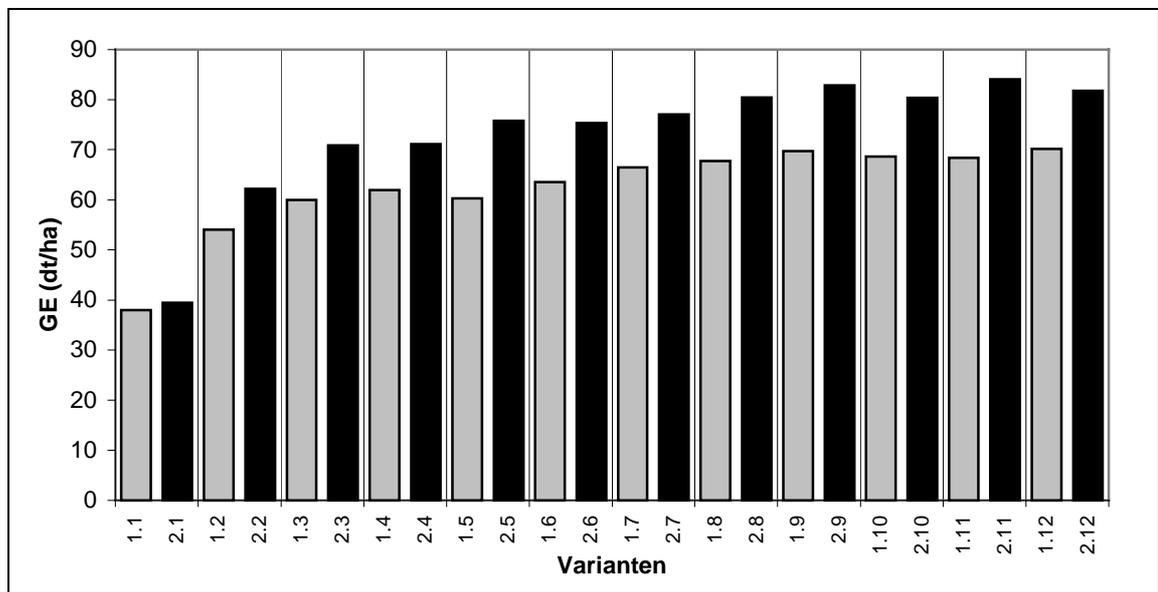


Abbildung 1: Erträge an Getreideeinheiten (dt GE/ha u. J.) im Durchschnitt der Kulturarten (Versuchsjahre 1975 – 1991)

3.2 Nährstoffgehalte der Hauptprodukte

Von den untersuchten Gehalten an Nährstoffen und Qualitätsmerkmalen soll an dieser Stelle nur auf einige Merkmale eingegangen werden. Die N-Gehalte von Feldgras, Kartoffeln und W.-Weizen-Korn steigen mit mineralischer N-Düngung stark an (Tab. 4). Nach steigender organischer Düngung mit Gülle ist das Ausmaß der Erhöhung wesentlich geringer. Düngung

entsprechend gleicher Mineraldüngungsäquivalente hatte zur Folge, dass die N-Gehalte der pflanzlichen Produkte mit zunehmendem organischen Düngungsanteil abgefallen sind. Die Gehalte an P, K und Mg sind demgegenüber mit steigender N-Düngung meistens deutlich geringer geworden, während nach organischer Düngung die Gehalte gleich hoch oder etwas angestiegen sind (Tab. 5 – 7).

Tabelle 4: Gehalte an Stickstoff (% N i.d. TM) von Feldgras, Kartoffel-Knollen und Weizen-Korn

Var.-Nr.	Feldgras 1989, Schnitt:				Kartoffeln 1990	W.-Weizen 1991	3 Kulturarten \bar{X}
	1	2	3	\bar{X}			
1.1	0,74	1,45	1,68	1,29	1,69	1,83	1,60
1.2	0,78	1,45	2,01	1,41	1,94	1,96	1,77
1.3	0,95	1,89	1,82	1,55	1,94	2,20	1,90
1.4	0,76	2,54	1,81	1,70	2,03	2,63	2,12
1.5	1,72	2,28	3,11	2,37	2,18	2,85	2,47
1.6	0,96	2,52	2,84	2,11	2,18	3,05	2,45
1.7	1,21	1,82	3,10	2,04	2,10	2,77	2,30
1.8	1,12	2,17	3,25	2,18	2,13	2,56	2,29
1.9	0,73	1,84	2,45	1,67	2,03	2,45	2,05
1.10	0,74	1,42	2,39	1,52	1,90	2,22	1,88
1.11	0,96	1,87	2,60	1,81	1,39	2,22	1,81
1.12	0,94	1,55	2,22	1,57	2,11	2,63	2,10
2.1	0,82	1,85	1,89	1,52	1,49	1,76	1,59
2.2	0,82	1,30	1,76	1,29	1,76	1,67	1,57
2.3	0,79	1,63	1,78	1,40	1,81	2,01	1,74
2.4	0,74	1,93	2,54	1,74	2,00	2,10	1,95
2.5	0,97	2,18	1,90	1,68	2,05	2,42	2,05
2.6	0,82	2,46	3,11	2,13	2,12	2,30	2,18
2.7	0,86	2,26	2,38	1,83	2,08	2,16	2,02
2.8	1,16	2,30	2,06	1,84	1,92	2,19	1,98
2.9	0,82	1,65	2,13	1,53	1,81	2,12	1,82
2.10	0,73	1,71	1,95	1,46	1,86	2,00	1,77
2.11	0,77	1,64	2,10	1,50	1,91	2,22	1,88
2.12	0,95	1,55	1,92	1,47	2,05	2,21	1,91

Tabelle 5: Gehalte an Phosphor (% P i.d. TM) von Feldgras, Kartoffel-Knollen und Weizen-Korn

Var.-Nr.	Feldgras 1989, Schnitt:				Kartoffeln 1990	W.-Weizen 1991	3 Kulturarten \bar{X}
	1	2	3	\bar{X}			
1.1	0,21	0,36	0,35	0,31	0,23	0,32	0,29
1.2	0,21	0,31	0,42	0,31	0,26	0,29	0,29
1.3	0,19	0,30	0,35	0,28	0,19	0,30	0,26
1.4	0,18	0,29	0,34	0,27	0,18	0,29	0,25
1.5	0,31	0,29	0,31	0,30	0,17	0,29	0,25
1.6	0,21	0,30	0,30	0,27	0,17	0,30	0,25
1.7	0,24	0,30	0,30	0,28	0,17	0,31	0,25
1.8	0,26	0,35	0,39	0,33	0,22	0,34	0,30
1.9	0,19	0,37	0,34	0,30	0,22	0,32	0,28
1.10	0,21	0,34	0,40	0,32	0,23	0,34	0,30
1.11	0,18	0,35	0,36	0,30	0,27	0,35	0,29
1.12	0,23	0,38	0,41	0,34	0,31	0,39	0,35
2.1	0,20	0,37	0,41	0,33	0,21	0,35	0,30
2.2	0,19	0,31	0,35	0,28	0,18	0,33	0,26
2.3	0,19	0,35	0,36	0,30	0,18	0,29	0,26
2.4	0,16	0,36	0,39	0,30	0,17	0,29	0,25
2.5	0,21	0,37	0,38	0,32	0,16	0,31	0,26
2.6	0,18	0,34	0,41	0,31	0,19	0,29	0,26
2.7	0,20	0,36	0,32	0,29	0,19	0,31	0,26
2.8	0,27	0,38	0,38	0,34	0,21	0,33	0,29
2.9	0,22	0,37	0,42	0,34	0,26	0,34	0,31
2.10	0,20	0,39	0,42	0,34	0,22	0,38	0,31
2.11	0,21	0,41	0,45	0,36	0,25	0,35	0,32
2.12	0,23	0,37	0,42	0,34	0,27	0,35	0,32

Tabelle 6: Gehalte an Kalium (% K i.d. TM) von Feldgras, Kartoffel-Knollen und Weizen-Korn

Var.-Nr.	Feldgras 1989, Schnitt:				Kartoffeln 1990	W.-Weizen 1991	3 Kulturarten \bar{X}
	1	2	3	\bar{X}			
1.1	1,80	2,08	2,14	2,01	2,99	0,44	1,81
1.2	1,95	2,38	3,25	2,53	2,87	0,43	1,94
1.3	2,24	2,86	2,86	2,65	2,64	0,45	1,91
1.4	1,85	2,68	2,76	2,43	2,26	0,43	1,71
1.5	2,75	2,87	3,29	2,97	1,68	0,42	1,69
1.6	2,01	2,35	2,83	2,40	1,67	0,43	1,50
1.7	2,16	2,51	3,06	2,58	1,82	0,43	1,61
1.8	2,84	2,91	3,82	3,19	2,16	0,45	1,93
1.9	1,73	2,89	3,13	2,58	2,15	0,45	1,73
1.10	1,95	2,22	3,30	2,49	2,88	0,46	1,94
1.11	1,78	2,93	3,16	2,62	2,21	0,45	1,76
1.12	2,06	2,20	3,37	2,54	2,43	0,48	1,82
2.1	1,80	2,05	2,80	2,22	2,06	0,46	1,58
2.2	1,69	2,37	2,63	2,23	1,96	0,44	1,54
2.3	1,87	2,82	2,71	2,47	1,93	0,41	1,60
2.4	1,60	2,71	3,81	2,71	1,79	0,41	1,64
2.5	1,86	2,92	2,86	2,55	1,62	0,41	1,53
2.6	1,83	2,92	3,32	2,69	1,68	0,40	1,59
2.7	1,97	2,80	3,14	2,64	1,83	0,43	1,63
2.8	3,15	3,21	2,98	3,11	2,08	0,42	1,87
2.9	2,02	2,39	3,30	2,57	1,95	0,42	1,65
2.10	1,93	2,47	3,12	2,51	2,09	0,45	1,68
2.11	2,06	2,36	3,22	2,55	2,14	0,44	1,71
2.12	2,67	2,43	3,06	2,72	2,16	0,44	1,77

Tabelle 7: Gehalte an Magnesium (% Mg i.d. TM) von Feldgras, Kartoffel-Knollen und Weizen-Korn

Var.-Nr.	Feldgras 1989, Schnitt:				Kartoffeln 1990	W.-Weizen 1991	3 Kulturarten \bar{X}
	1	2	3	\bar{X}			
1.1	0,08	0,13	0,12	0,11	0,14	0,13	0,13
1.2	0,09	0,11	0,16	0,12	0,15	0,10	0,12
1.3	0,09	0,13	0,13	0,12	0,15	0,12	0,13
1.4	0,08	0,16	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12
1.5	0,10	0,14	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13
1.6	0,09	0,16	0,15	0,13	0,13	0,14	0,13
1.7	0,10	0,14	0,16	0,13	0,14	0,12	0,13
1.8	0,10	0,18	0,19	0,16	0,17	0,15	0,16
1.9	0,07	0,15	0,14	0,12	0,16	0,14	0,14
1.10	0,09	0,13	0,18	0,13	0,17	0,15	0,15
1.11	0,07	0,15	0,15	0,12	0,17	0,16	0,15
1.12	0,09	0,15	0,16	0,13	0,17	0,15	0,15
2.1	0,08	0,15	0,14	0,12	0,14	0,11	0,12
2.2	0,09	0,13	0,13	0,12	0,15	0,11	0,13
2.3	0,08	0,13	0,13	0,11	0,14	0,11	0,12
2.4	0,08	0,15	0,15	0,13	0,15	0,12	0,13
2.5	0,09	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13
2.6	0,09	0,17	0,18	0,15	0,14	0,12	0,14

Tabelle 7: (Fortsetzung)

Var.-Nr.	Feldgras 1989, Schnitt:				Kartoffeln 1990	W.-Weizen 1991	3 Kulturarten \bar{X}
	1	2	3	\bar{X}			
2.7	0,09	0,14	0,14	0,12	0,14	0,11	0,12
2.8	0,11	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15
2.9	0,10	0,13	0,15	0,13	0,16	0,15	0,15
2.10	0,09	0,15	0,14	0,13	0,15	0,13	0,14
2.11	0,10	0,15	0,15	0,13	0,16	0,15	0,15
2.12	0,10	0,15	0,15	0,13	0,17	0,15	0,15

3.3 Nährstoffentzüge

Die Nährstoffentzüge wurden (außer für Futterroggen und Silomais) unter Berücksichtigung der Haupt- und Nebenprodukte (ohne Kartoffelkraut) ermittelt. Die N-Entzüge sind infolge steigender mineralischer oder organischer Düngung wesentlich stärker angestiegen als die Erträge. Die N-Entzüge waren in den höchsten mineralischen und organischen Düngungsstufen im Bereich ohne Zusatzbewässerung bei annähernd 300 % und in den Varianten mit Zusatzbewässerung bei 330 % im Vergleich zur

Variante ohne Zusatzbewässerung (Tab. 8, Abb. 2; Var. 1.1 = 100 %).

Die Zusatzbewässerung wirkte im Vergleich zu den entsprechenden Variante ohne Zusatzbewässerung (= 100 %) nicht gleichmäßig auf die Entwicklung der N-Entzüge der Kulturarten. Im Durchschnitt lagen die N-Entzüge bei 112 %, bei Futtergras bei 118 %, So.-Gerste 98 %, W.-Weizen bei 109 %, Zuckerrüben bei 110 %, Kartoffeln bei 111 %.

Tabelle 8: N-Entzüge (kg N/ha u. Jahr) durch Haupt- und Nebenprodukte der Kulturarten (Versuchsjahre 1975 – 1991)

Variante	Futtergras	So.-Gerste	W.-Weizen	Zuckerrüben	Kartoffeln	Mittelwert
	N-Entzug (kg/ha)					
1.1	60,05	35,39	47,95	137,84	64,48	69,14
1.2	139,25	49,75	87,41	203,30	98,46	115,63
1.3	205,58	53,59	110,97	238,36	109,23	143,55
1.4	273,05	56,19	132,80	252,41	118,89	166,67
1.5	334,91	56,11	136,45	285,21	116,95	185,92
1.6	382,23	52,62	134,60	353,15	100,65	204,65
1.7	282,95	55,65	166,76	283,89	149,75	187,80
1.8	307,16	62,87	137,64	276,63	162,10	189,28
1.9	303,65	62,82	125,76	334,26	163,28	197,95
1.10	290,69	60,32	110,87	343,72	134,69	188,06
1.11	283,04	71,39	109,28	328,69	124,15	183,31
1.12	314,55	72,71	119,56	373,90	150,19	206,18
Mittelwert	264,76	57,45	118,34	284,28	124,40	169,85

Tabelle 8: (Fortsetzung)

Variante	Futtergras	So.-Gerste	W.-Weizen	Zuckerrüben	Kartoffeln	Mittelwert
	N-Entzug (kg/ha)					
2.1	82,66	24,30	50,98	137,18	71,77	73,38
2.2	222,47	47,39	85,82	192,33	106,09	130,82
2.3	246,24	62,80	121,81	244,79	135,62	162,25
2.4	297,27	49,20	136,08	260,11	141,53	176,84
2.5	365,33	73,40	155,93	308,13	136,95	207,95
2.6	424,23	56,90	162,54	348,62	155,97	229,65
2.7	366,53	53,78	147,98	326,83	146,07	208,24
2.8	330,49	67,71	150,57	304,21	150,93	200,78
2.9	376,27	62,59	145,09	397,39	149,48	226,17
2.10	328,61	54,75	129,98	383,03	148,63	209,00
2.11	350,34	69,82	130,48	434,68	157,16	228,50
2.12	360,35	51,05	135,65	423,42	159,75	226,04
Mittelwert	312,57	56,14	129,41	313,39	138,33	189,97

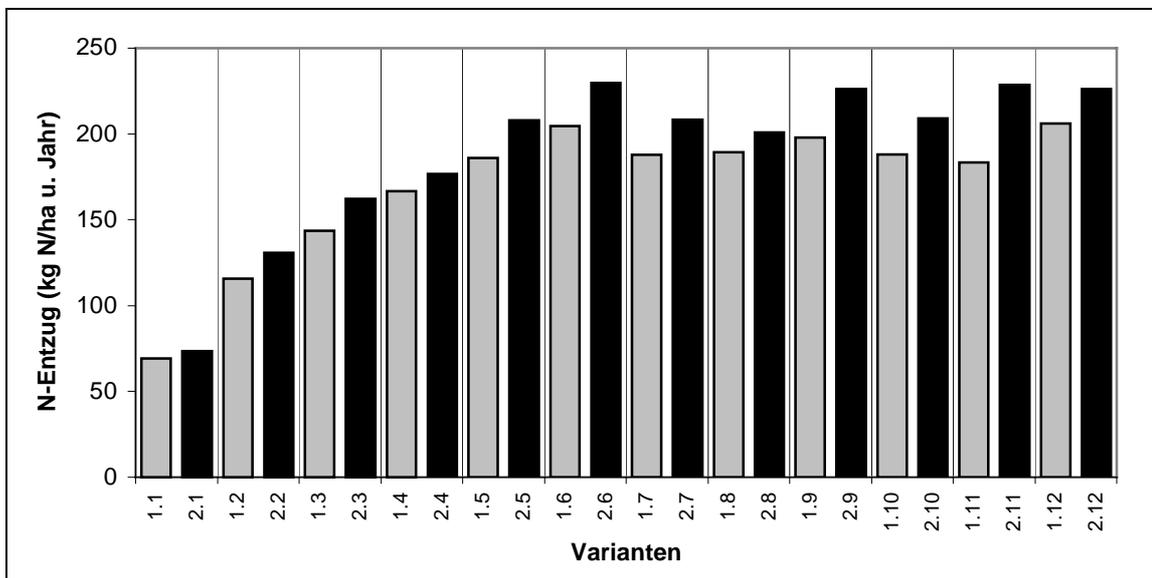


Abbildung 2: N-Entzüge (kg N/ha u. Jahr) durch Haupt- und Nebenprodukte im Durchschnitt der Kulturarten (Versuchsjahre 1975 – 1991)

Mit steigender mineralischer N-Düngung sind die P- und K-Entzüge nur geringfügig stärker angestiegen als die Erträge. Demgegenüber sind die P- und K-Entzüge infolge steigender Gülledüngung wesentlich stärker angestiegen, da mit der Düngung auch steigende Mengen an Phosphor und Kalium ausgebracht worden sind. Dies war mit steigender N-Düngung nicht der Fall (Tab. 9 u. 10).

Auch eine Zusatzbewässerung hatte spezifische Einflüsse auf die Nährstoffentzüge. Im

Vergleich zu den Varianten ohne Zusatzbewässerung (= 100 %) führte die Bewässerung im Durchschnitt der Düngungsvarianten bei dem Nährstoff Phosphor zu folgender Anhebung der Entzüge: Futtergras 126 %, So.-Gerste 123 %, W.-Weizen 132 %, Zuckerrüben 117 %, Kartoffeln 113 %, Durchschnitt 122 %. Bei dem Nährstoff Kalium waren folgende Veränderungen eingetreten: Futtergras 117 %, So.-Gerste 55 %, W.-Weizen 125 %, Zuckerrüben 114 %, Kartoffeln 108 %, Durchschnitt 113 % (Tab. 9 u. 10).

Tabelle 9: P-Entzüge (kg P/ha u. Jahr) durch Haupt- und Nebenprodukte der Kulturarten (Versuchsjahre 1975 – 1991)

Variante	Futtergras	So.-Gerste	W.-Weizen	Zuckerrüben	Kartoffeln	Mittelwert
	P-Entzug (kg/ha)					
1.1	12,95	5,67	7,76	25,61	9,33	12,26
1.2	27,45	6,00	12,75	27,13	12,08	17,08
1.3	36,27	6,35	13,42	30,49	10,25	19,36
1.4	41,62	6,36	12,80	28,25	10,54	19,91
1.5	45,91	6,09	11,60	33,32	9,30	21,24
1.6	48,51	5,46	11,45	32,25	10,72	21,68
1.7	44,12	6,70	14,04	31,86	12,36	21,82
1.8	51,36	7,64	15,59	32,68	17,41	24,94
1.9	49,11	7,22	14,54	37,04	19,66	25,51
1.10	51,92	7,76	15,69	39,24	18,52	26,63
1.11	48,71	8,30	15,56	40,86	19,50	26,59
1.12	50,53	6,87	16,73	41,02	24,53	27,94
Mittelwert	42,37	6,70	13,49	33,31	14,52	22,08
2.1	17,96	4,06	9,01	25,57	11,56	13,63
2.2	33,48	7,11	15,40	30,45	13,06	19,90
2.3	45,99	9,39	18,08	34,37	13,19	24,20
2.4	50,80	6,70	17,59	34,06	12,77	24,39
2.5	58,60	10,30	18,52	34,63	11,45	26,70
2.6	58,10	8,66	17,90	33,30	13,94	26,38
2.7	57,18	7,56	18,28	38,10	14,73	27,17
2.8	60,01	9,76	20,87	39,26	12,37	29,45
2.9	66,08	8,75	19,45	47,48	21,52	32,66
2.10	59,20	9,31	19,81	51,11	20,06	31,90
2.11	64,23	9,31	19,52	54,70	22,76	34,10
2.12	67,22	7,90	19,47	46,41	24,58	33,12
Mittelwert	53,24	8,23	17,83	39,12	16,42	26,97

Tabelle 10: K-Entzüge (kg K/ha u. Jahr) durch Haupt- und Nebenprodukte der Kulturarten (Versuchsjahre 1975 – 1991)

Variante	Futtergras	So.-Gerste	W.-Weizen	Zuckerrüben	Kartoffeln	Mittelwert
	K-Entzug (kg/ha)					
1.1	100,79	29,25	19,26	204,52	102,60	91,28
1.2	261,95	25,80	35,44	256,81	130,63	142,13
1.3	354,21	26,27	41,86	271,24	119,56	162,63
1.4	400,15	27,22	46,30	245,38	110,09	165,83
1.5	450,46	28,50	45,94	307,94	87,93	184,15
1.6	466,59	25,60	42,63	323,76	102,49	192,22
1.7	424,35	28,58	48,55	277,43	120,11	179,81
1.8	499,63	29,12	54,86	294,64	158,92	207,43
1.9	497,05	31,97	48,05	314,62	176,22	213,58
1.10	487,10	41,03	50,80	362,87	179,57	224,27
1.11	495,35	50,04	52,67	373,78	164,00	227,17
1.12	506,85	50,06	49,45	435,57	183,79	245,14
Mittelwert	411,96	32,79	44,65	305,71	136,33	186,30
2.1	135,74	14,87	22,70	210,42	106,25	98,00
2.2	286,90	13,59	39,63	245,63	133,15	143,78
2.3	408,32	14,89	51,30	295,84	126,58	179,38
2.4	472,62	11,04	57,07	276,08	112,93	185,95
2.5	513,10	21,16	64,71	302,97	99,87	200,36
2.6	510,08	15,47	64,71	298,58	125,01	202,71
2.7	537,31	21,92	64,46	334,78	124,84	216,66
2.8	544,25	19,80	68,61	350,60	158,10	228,27
2.9	607,70	25,53	57,21	396,35	164,21	250,20
2.10	555,50	20,80	52,47	458,64	241,76	265,83
2.11	594,04	14,65	62,89	501,81	184,15	271,51
2.12	621,60	21,87	65,45	490,31	192,52	278,35
Mittelwert	482,26	17,97	55,91	346,83	147,45	210,08

3.4 Nährstoffbilanzen

Die Nährstoffbilanzierung ist als Feldbilanz oder Schlagbilanz auf der Grundlage der Daten des gesamten Versuchsumfanges erstellt worden. Bei der N-Bilanzierung sind 30 kg N-Deposition berücksichtigt worden (Tab. 11). Die ermittelten Saldowerte bewegen sich zwischen -39 - -43 kg N bei keiner Düngung (Var. X.1) und +132 - +107 kg N/ha und Jahr bei hoher mineralischer Düngung (Var. X.6). Varianten auf denen nach Mineraldüngungsäquivalenten gedüngt worden ist (Var. X.7 – X.10), waren erwartungsgemäß durch sehr unterschiedliche Werte gekennzeichnet. Während nach reiner

Mineraldüngung lediglich leicht positive Bilanzen zu verzeichnen waren, stiegen die Salden um so stärker an, je höher der organische Düngungsanteil war. Extrem hohe organische Güledüngung führte zu erheblichen Bilanzüberschüssen an Stickstoff (Var. X.10 – X.12). Bei gleich hoher N-Zufuhr und höheren N-Abfuhrten waren die Varianten mit Zusatzbewässerung durch etwas günstigere Salden gekennzeichnet. Im Durchschnitt des Versuches nahmen die Werte um 20 kg N/ha und Jahr ab. Bei Varianten mit niedriger Düngung waren es ca. 11 kg, bei extrem hoher organischer Düngung waren es 33 kg N/ha und Jahr (Tab. 11).

Tabelle 11: Feldbilanz für Stickstoff (kg N/ha u. Jahr) im Durchschnitt der Versuchsjahre

	Variante	Zufuhr mineral. N-Düngung	Zufuhr organische Düngung	Zufuhr N-Deposition	Zufuhr gesamt	Abfuhr	Saldo
ohne Zusatzbewässerung	1.1	0,0	0,0	30	30,0	69,1	-39,1
	1.2	62,0	0,0	30	92,0	115,6	-23,6
	1.3	123,0	0,0	30	153,0	143,6	+9,4
	1.4	184,0	0,0	30	214,0	166,7	+47,3
	1.5	244,0	0,0	30	274,0	185,9	+88,1
	1.6	307,0	0,0	30	337,0	204,7	+132,3
	1.7	184,0	0,0	30	214,0	187,8	+26,2
	1.8	167,0	103,7	30	300,7	189,3	+111,4
	1.9	84,0	166,0	30	280,0	198,0	+82,0
	1.10	0,0	332,0	30	362,0	188,1	+173,9
	1.11	0,0	444,6	30	474,6	183,3	+291,3
	1.12	0,0	610,1	30	640,1	206,2	+433,9
mit Zusatzbewässerung	2.1	0,0	0,0	30	30,0	73,4	-43,4
	2.2	62,0	0,0	30	92,0	130,8	-38,8
	2.3	123,0	0,0	30	153,0	162,3	-9,3
	2.4	184,0	0,0	30	214,0	176,8	+37,2
	2.5	244,0	0,0	30	274,0	208,0	+66,0
	2.6	307,0	0,0	30	337,0	229,7	+107,3
	2.7	184,0	0,0	30	214,0	208,2	+5,8
	2.8	167,0	103,7	30	300,7	200,8	+99,9
	2.9	84,0	166,0	30	280,0	226,2	+53,8
	2.10	0,0	332,0	30	362,0	209,0	+153,0
	2.11	0,0	444,6	30	474,6	228,5	+246,1
	2.12	0,0	610,1	30	640,1	226,0	+414,1

Aus den P- und K-Bilanzen ist zu ersehen, dass es keine Varianten ohne Nährstoffzufuhr gibt (Tab. 12 u. 13). Die Nährstoffsalden sind einerseits durch sehr hohe Zufuhren durch die organische Düngung und andererseits durch den indirekten Einfluss einer hohen N-Düngung auf die Abfuhrwerte geprägt. Hierdurch kam es besonders beim Nährstoff Kalium nach steigender N-Düngung zu zunehmend negativen Salden, obwohl immer die gleiche Menge an Kalium auf diesen Varianten zugeführt worden ist (Var. X.1 – X.6). Nach hoher organischer Düngung sind demgegenüber extrem hohe Nährstoffüberschüsse zu verzeichnen, die für Phosphor über 150 kg P und für Kalium weit über 550 kg K/ha und Jahr betragen können (Tab. 12 u. 13: Var. X.10 – X.12).

Die Nährstoffzufuhren an Phosphor und Kalium sind zwischen den Varianten ohne und mit Zusatzbewässerung nicht gleich hoch gewesen. Im Durchschnitt des Versuches wurde auf den Varianten mit Zusatzbewässerung 8 kg P und 30 kg K höhere Beträge verabreicht. Unter Berücksichtigung dieser höheren Zufuhren kann aus den Versuchen abgeleitet werden, dass entsprechend der jeweils höheren Abfuhr um ca. 9 kg P und 24 kg K/ha und Jahr niedrigere Saldowerte auf den berechneten Varianten im Vergleich zu den Varianten ohne Zusatzbewässerung zu verzeichnen waren (Tab. 12 u. 13).

Tabelle 12: Feldbilanz für Phosphor (kg P/ha u. Jahr) im Durchschnitt der Versuchsjahre

	Variante	Zufuhr mineralische P-Düngung	Zufuhr organische Düngung	Zufuhr gesamt	Abfuhr	Saldo
ohne Zusatzbewässerung	1.1	38,0	0,0	38,0	12,3	25,7
	1.2	38,0	0,0	38,0	17,1	20,9
	1.3	38,0	0,0	38,0	19,4	18,6
	1.4	38,0	0,0	38,0	19,9	18,1
	1.5	38,0	0,0	38,0	21,2	16,8
	1.6	38,0	0,0	38,0	21,7	16,3
	1.7	38,0	0,0	38,0	21,8	16,2
	1.8	5,2	37,7	42,9	24,9	18,0
	1.9	8,4	48,8	57,2	25,5	31,7
	1.10	6,0	95,7	101,7	26,6	75,1
	1.11	6,3	128,4	139,7	26,6	108,1
	1.12	2,9	176,3	179,2	27,9	151,3
mit Zusatzbewässerung	2.1	50,4	0,0	50,4	13,6	36,8
	2.2	50,4	0,0	50,4	19,9	30,5
	2.3	50,4	0,0	50,4	24,2	26,2
	2.4	50,4	0,0	50,4	24,4	26,0
	2.5	50,4	0,0	50,4	26,7	23,7
	2.6	50,4	0,0	50,4	26,4	24,0
	2.7	50,4	0,0	50,4	27,2	23,2
	2.8	5,3	37,7	43,0	29,5	13,5
	2.9	10,8	47,8	58,6	32,7	25,9
	2.10	12,0	95,7	107,7	31,9	75,8
	2.11	8,5	128,4	136,9	34,1	102,8
	2.12	5,3	176,3	181,6	33,1	148,5

Tabelle 13: Feldbilanz für Kalium (kg K/ha u. Jahr) im Durchschnitt der Versuchsjahre

	Variante	Zufuhr mineralische K-Düngung	Zufuhr organische Düngung	Zufuhr gesamt	Abfuhr	Saldo
ohne Zusatzbewässerung	1.1	157	0	157	91	+66
	1.2	157	0	157	142	+15
	1.3	157	0	157	163	-6
	1.4	157	0	157	166	-9
	1.5	157	0	157	184	-27
	1.6	157	0	157	192	-35
	1.7	157	0	157	180	-23
	1.8	27	179	206	207	-1
	1.9	10	229	239	214	+25
	1.10	0	458	458	224	+234
	1.11	0	615	615	227	+388
	1.12	0	844	844	245	+599

Tabelle 13: (Fortsetzung)

	Variante	Zufuhr mineralische K-Düngung	Zufuhr organische Düngung	Zufuhr gesamt	Abfuhr	Saldo
mit Zusatzbewässerung	2.1	204	0	204	98	+106
	2.2	204	0	204	144	+60
	2.3	204	0	204	179	+25
	2.4	204	0	204	186	+18
	2.5	204	0	204	200	+4
	2.6	204	0	204	203	+1
	2.7	204	0	204	217	-13
	2.8	42	179	221	228	-7
	2.9	26	229	255	250	+5
	2.10	0	458	458	266	+192
	2.11	0	615	615	272	+343
	2.12	0	844	844	278	+566

3.5 Organische Substanz und Nährstoffgehalte in der Ackerkrume

Viele Merkmale des Bodens haben sich durch Düngung und Zusatzbewässerung z.T. deutlich verändert. Die Gehalte an Gesamt-Stickstoff (N_t) der Ackerkrume (0 – 30 cm Bodentiefe) sind sowohl durch steigende mineralische als auch durch organische Düngung angestiegen

(Abb. 3). Das Ausmaß des Anstiegs war nach organischer Düngung größer als nach mineralischer N-Düngung. Nach Stallmistdüngung waren die N_t-Werte bei Versuchsende in der Variante ohne und mit Zusatzbewässerung am höchsten. Der mittlere Gehalt der Varianten ohne Zusatzbewässerung lag bei 0,0901 % und mit Bewässerung bei 0,0926 % N_t.

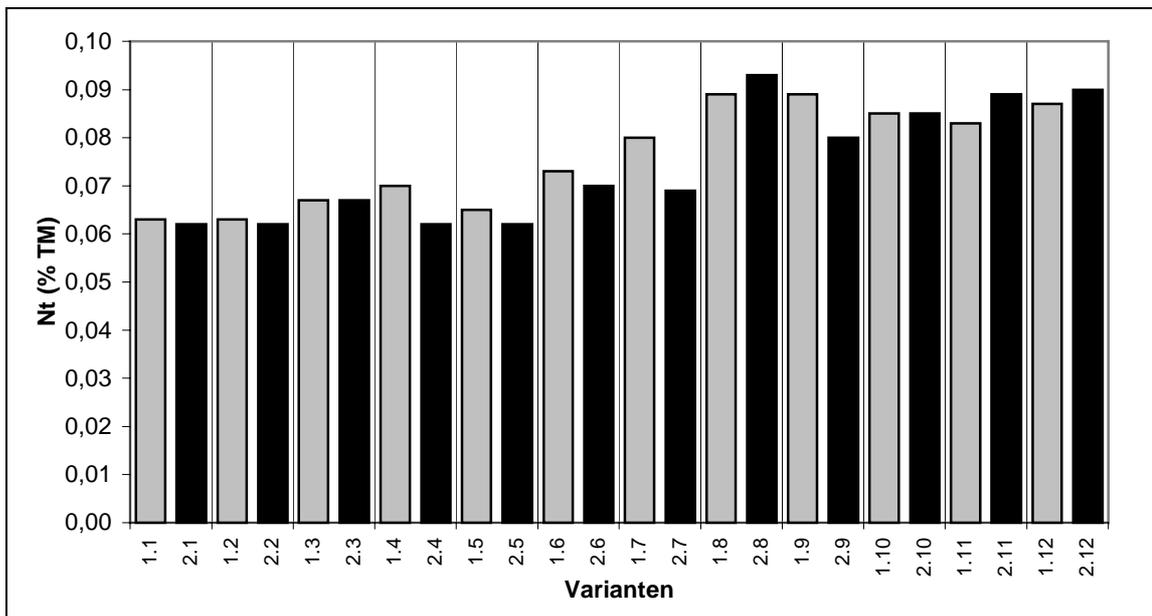


Abbildung 3: Gehalte an Gesamt-Stickstoff (% N_t i. d. TM) in der Ackerkrume bei Versuchsende

Auch die Gehalte an Kohlenstoff (C_t) haben sich durch die Düngungsmaßnahmen verändert (Abb. 4). Es erfolgte ein geringfügiger Anstieg nach mineralischer N-Düngung und ein starker Anstieg nach Gülledüngung. Eine Düngung auf gleiche Mineraldüngungsäquivalente führte nach organischer Düngung demzufolge ebenfalls zu erheblich höheren C_t -Gehalten im Boden, besonders wiederum nach Stallmistdüngung, während die Werte nach reiner Mineraldüngung niedriger blieben.

Es bestanden Unterschiede in den C/N-Verhältnissen zwischen den Bewässerungsvarianten

(Abb. 5). Im Durchschnitt lagen am Versuchs-ende auf den Bewässerungsvarianten etwas höhere Verhältniszahlen vor als in den nicht bewässerten Parzellen. Eine steigende mineralische N-Düngung führte zu einem leichten Abfall der C/N-Verhältnisse (Var. X.1 – X.6). Nach steigender organischer Düngung waren die C/N-Verhältnisse nur in den Varianten mit Zusatzbewässerung (Var. 2.10 – 2.12) abgefallen, während die Verhältniszahlen in den Varianten ohne Zusatzbewässerung ange-
stiegen sind (Var. 1.10 – 1.12).

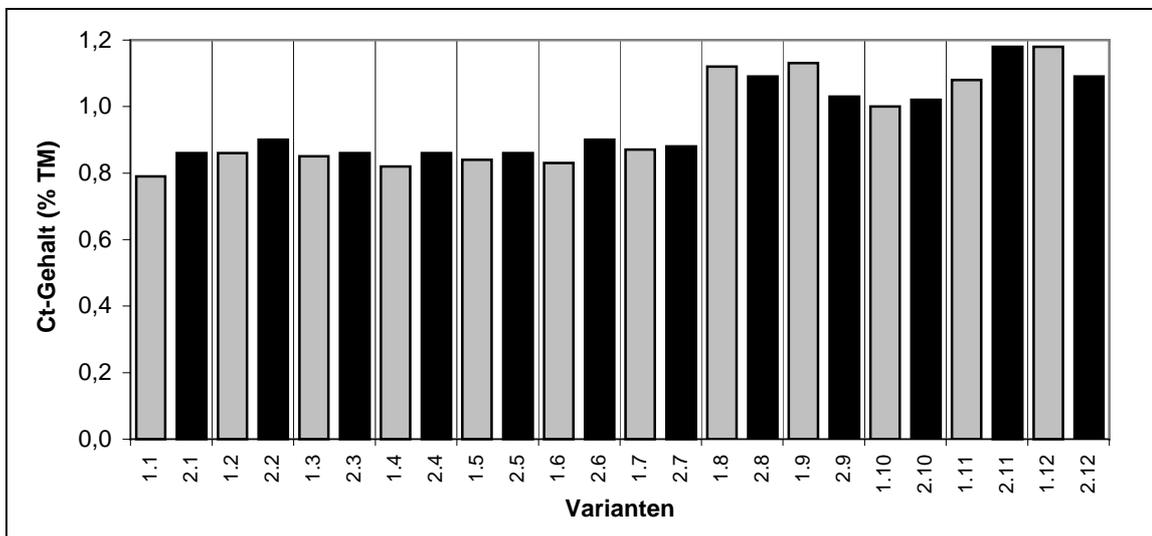


Abbildung 4: Gehalte an Gesamt-Kohlenstoff (% C_t i. d. TM) in der Ackerkrume bei Versuchsende

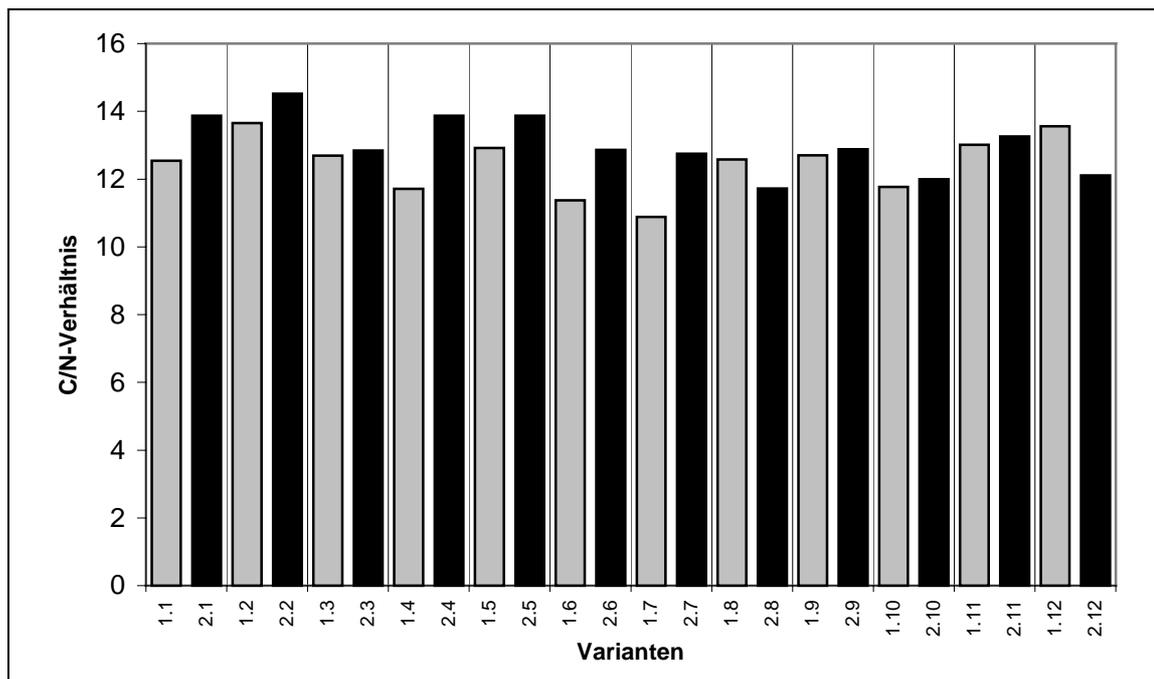


Abbildung 5: C/N-Verhältnisse (N = 1) in der Ackerkrume bei Versuchsende

Die nächsten Abbildungen zeigen die Zusammenhänge zwischen steigenden Trockenmasse-Zufuhren bzw. N-Salden (incl. N-Deposition) und der jährlichen Änderung der Bodengehalte an N_t und C_t . Negative N-Salden sowie keine TM-Zufuhr über die Düngung (TM-Beiträge durch Ernte- und Wurzelreste wurden nicht berücksichtigt) hatten einen jährlichen Abfall

von durchschnittlich 0,0015 % N_t (= 63,8 kg N/ha) in der Ackerkrume zur Folge (Abb. 6). Eine steigende TM-Zufuhr bzw. steigende N-Salden haben dazu geführt, dass der Abfall in den N_t -Gehalten verringert und bei hohen Werten ausgeglichen worden ist. Zusatzbewässerung hatte kaum einen Einfluss auf diese durch Düngung hervorgerufenen Veränderungen.

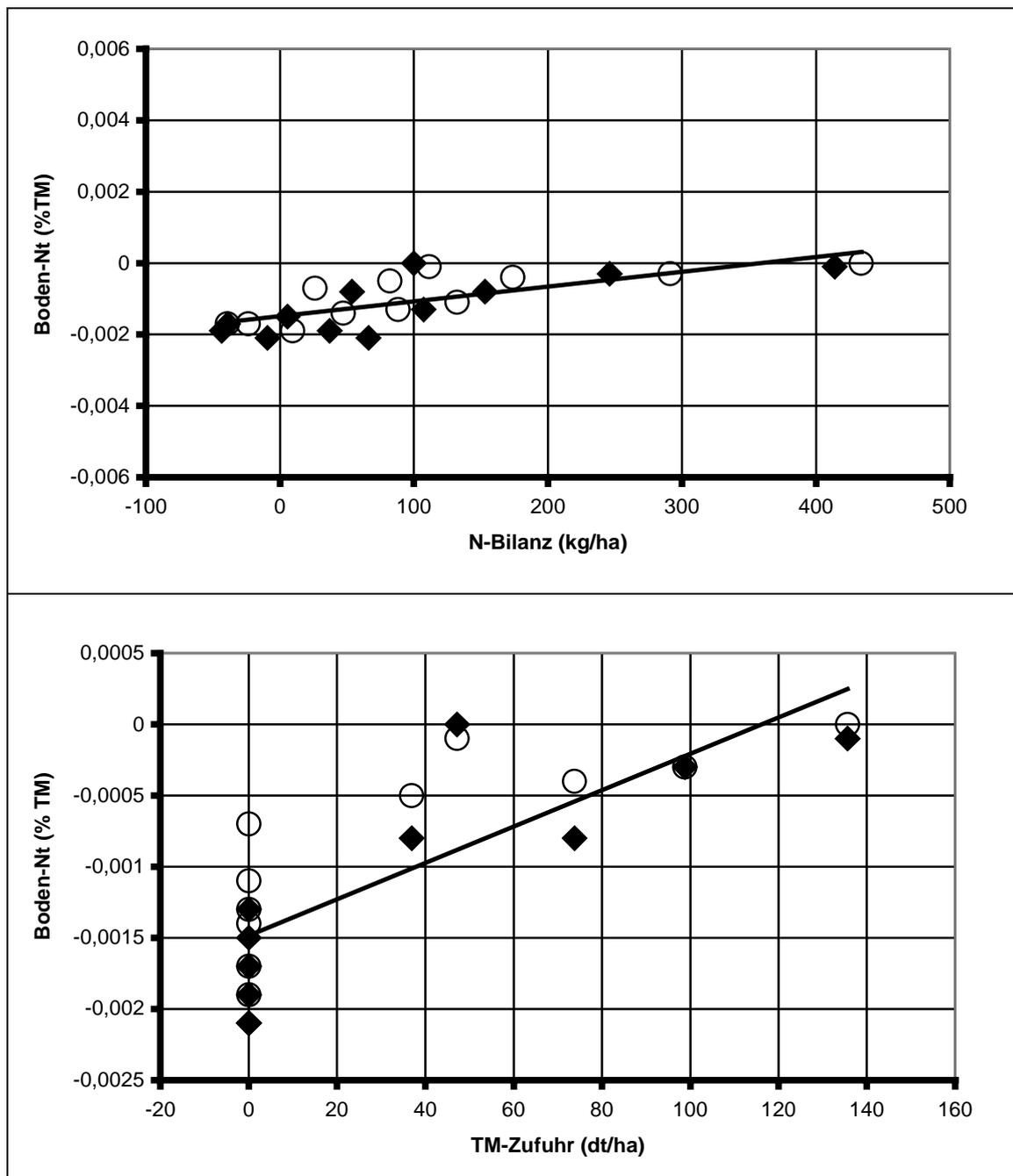


Abbildung 6: Jährliche Änderung der Gehalte an Gesamt-Stickstoff (% N_t i. d. TM) der Ackerkrume in Relation zu TM-Zufuhr und N-Saldo (O = ohne, ◆ = mit Zusatzbewässerung)

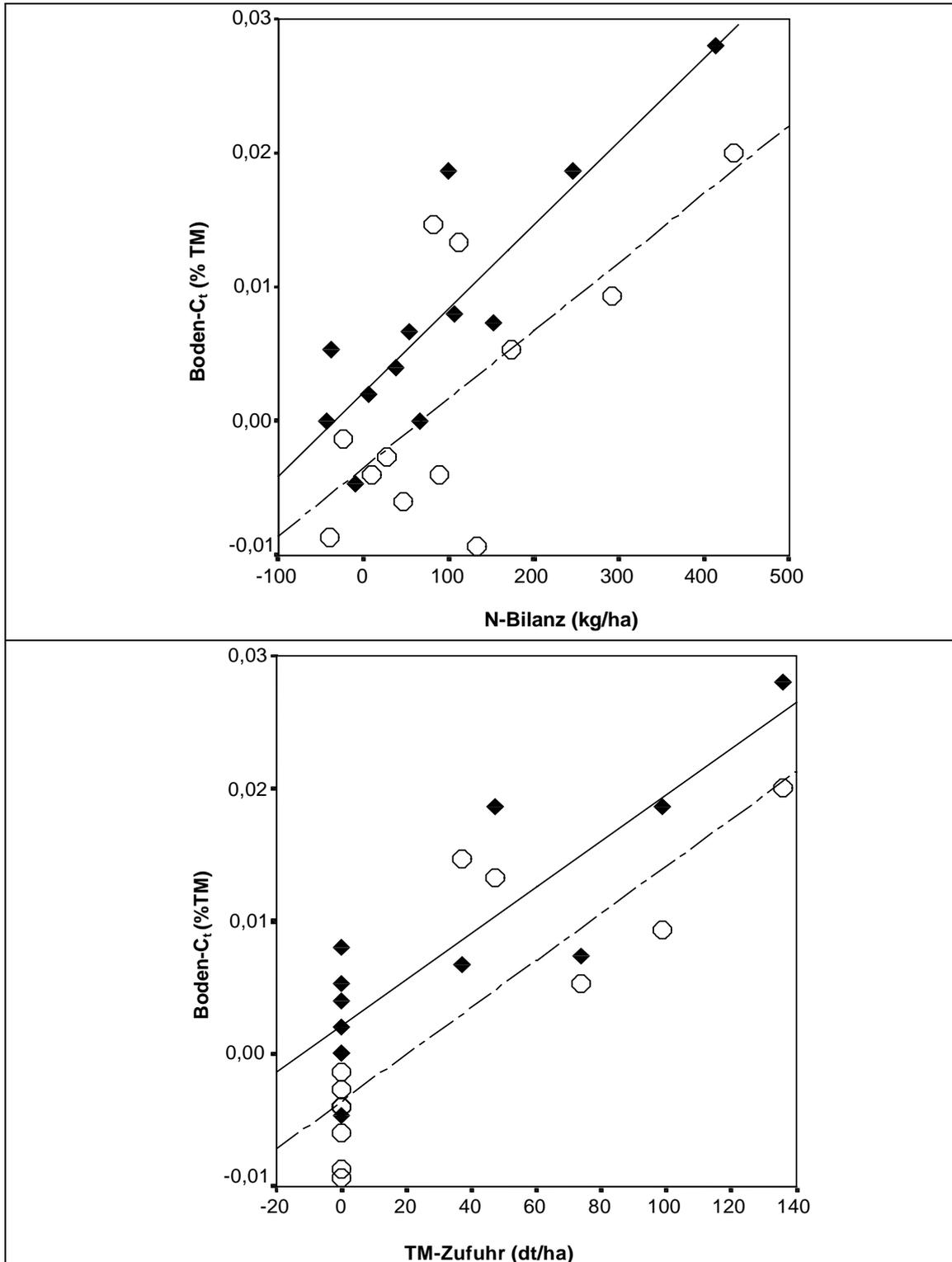


Abbildung 7: Jährliche Änderung der Gehalte an Gesamt-Kohlenstoff (% C_t i. d. TM) der Ackerkrume in Relation zu TM-Zufuhr und N-Saldo (O = ohne, ◆ = mit Zusatzbewässerung)

Demgegenüber hatte die Zusatzbewässerung einen deutlichen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen steigenden TM-Zufuhren bzw. N-Salden und der Bodenänderung an C_t (Abb. 7). Zusatzbewässerung führte zu einer wesentlich deutlicheren Anhebung der C_t -Gehalte als ohne Bewässerung. Während eine TM-Zufuhr von ca. 20 dt/ha und Jahr in den Varianten ohne Bewässerung ausreichte, um den C_t -Gehalt des Bodens stabil zu halten, wurde dieses Niveau mit Zusatzwasser schon bei keiner Zufuhr im Durchschnitt des Versuches überschritten. Mit einer jährlichen Zufuhr von z.B. 20 dt TM oder einer Erhöhung der N-Bilanz um 65 kg N/ha wurde im Versuchsdurchschnitt der C_t -Gehalt des Bodens um 0,0035 % (= 1,5 dt/ha) angehoben.

Die löslichen Nährstoffe des Bodens haben sich besonders durch die Düngungsmaßnahmen stark verändert. Die P_{DL} -Werte sind in Bezie-

hung zu steigenden P-Salden von 6-9 mg/100 g in den Varianten ohne Düngung auf Werte zwischen 17 – 20 mg/100 g Boden in den höchsten Düngungsvarianten angestiegen (Abb. 8). Die K_{DL} -Werte des Bodens haben sich entsprechend von 13 – 16 mg/100 g auf 20 – 25 mg/100 g Boden verändert (Abb. 9). Eine reine mineralische N-Zufuhr hat dagegen die Werte an P um 1,5 – 3,5 mg sowie an K um 9,0 – 10,5 mg/100 g Boden reduziert, da gleichzeitig die Entzugswerte angestiegen sind. Eine Düngung auf gleiche N-Mineraldüngungsäquivalente hat demgegenüber in den organisch gedüngten Varianten zu einem Anstieg der laktatlöslichen Bodengehalte geführt (5,0 – 7,5 mg P; 5,0 – 10,5 mg K/100 g Boden). Auch eine Zusatzbewässerung hatte Auswirkungen auf die Veränderung der Gehalte an Boden-nährstoffen. Weitere Gehalte an Nährstoffen sowie die pH-Werte des Bodens sind in Tabelle 14 aufgeführt worden.

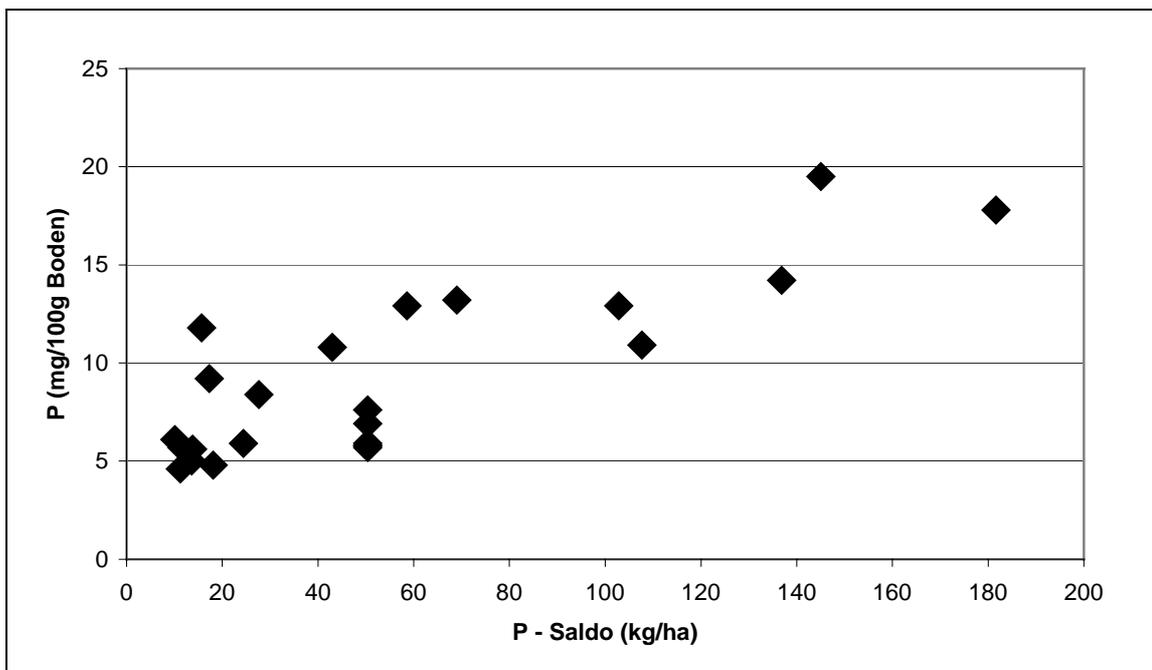


Abbildung 8: Beziehung zwischen den P-Salden und den Gehalten an P_{DL} in der Ackerkrume am Versuchsende

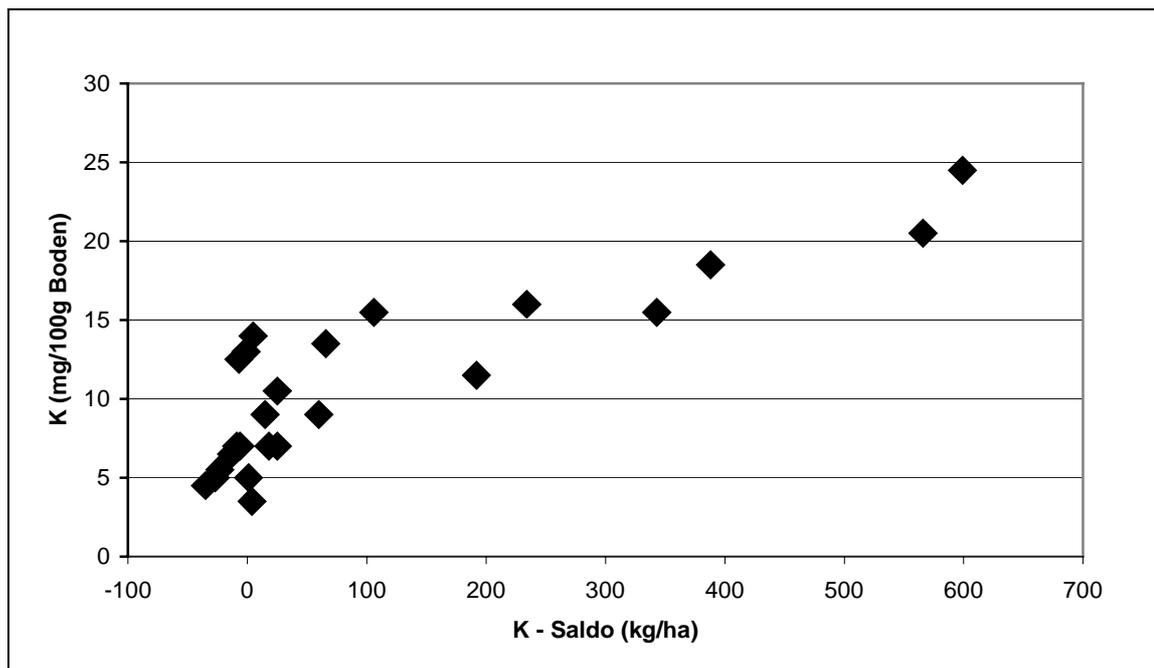


Abbildung 9: Beziehung zwischen den K-Salden und den Gehalten an K_{DL} in der Ackerkrume am Versuchsende

Tabelle 14: pH-Werte und lösliche Gehalte an P, K, Mg, B, Cu, Mn und Zn im Boden der Ackerkrume

Variante	Untersuchung (\bar{X} 1990 u. 1991) (0 – 20 cm Bodentiefe)				Untersuchung (1993) (0 – 30 cm Bodentiefe)			
	pH	P	K	Mg	B	Cu	Mn	Zn
	mg/100 g Boden				mg/1 kg Boden			
1.1	5,5	6,1	14,5	2,7	0,39	3,27	22,0	9,4
1.2	5,1	5,9	9,5	2,3	-	-	-	-
1.3	5,1	5,4	9,0	2,8	0,38	3,50	31,7	15,1
1.4	5,2	5,8	9,0	3,3	0,41	3,87	30,3	25,6
1.5	4,8	5,6	6,5	2,6	-	-	-	-
1.6	4,7	4,8	6,5	3,3	0,36	3,23	35,0	15,1
1.7	5,0	5,5	6,5	3,6	-	-	-	-
1.8	5,5	11,1	16,0	6,1	0,68	5,90	15,0	29,7
1.9	5,4	9,2	14,0	4,8	-	-	-	-
1.10	5,6	10,7	17,5	5,8	0,69	4,13	17,8	32,5
1.11	5,7	12,1	17,0	5,5	0,70	3,53	18,1	36,7
1.12	5,9	13,0	19,5	6,7	0,68	3,77	25,3	41,3
Mittelwert	5,3	7,9	12,1	4,1	0,54	3,90	24,4	25,7

Tabelle 14: (Fortsetzung)

Variante	Untersuchung (\bar{X} 1990 u. 1991) (0 – 20 cm Bodentiefe)				Untersuchung (1993) (0 – 30 cm Bodentiefe)			
	pH	P	K	Mg	B	Cu	Mn	Zn
	mg/100 g Boden				mg/1 kg Boden			
2.1	5,9	8,2	13,0	3,7	0,44	3,87	13,2	19,9
2.2	5,9	6,4	8,5	4,2	-	-	-	-
2.3	5,9	6,9	7,5	4,4	0,39	4,03	13,1	18,6
2.4	5,8	11,0	13,0	5,8	0,37	3,33	10,5	16,2
2.5	5,8	6,4	9,0	6,2	-	-	-	-
2.6	5,6	7,2	8,0	4,2	0,44	3,37	8,7	20,8
2.7	5,4	11,7	15,0	7,1	-	-	-	-
2.8	5,9	13,7	16,5	7,2	0,46	6,00	11,4	33,3
2.9	5,8	16,0	22,5	8,0	-	-	-	-
2.10	5,7	13,4	15,0	6,7	0,50	4,53	30,4	39,8
2.11	5,9	15,3	16,0	7,3	0,58	5,03	27,9	35,2
2.12	6,1	20,0	27,0	10,6	0,63	4,53	30,6	48,8
Mittelwert	5,8	11,4	14,3	6,3	0,48	4,34	18,2	29,1

In den letzten Versuchsjahren sind die Gehalte an löslichem Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, N_{min}) zu einigen Terminen untersucht worden (Abb. 10). Es fällt auf, dass auf den Flächen ohne Zusatzbewässerung die N_{min} -Mengen nach steigender N-Mineraldüngung wesentlich stärker angestie-

gen sind als nach extrem hoher Gülle-Düngung. Auf den bewässerten Varianten waren die ermittelten N-Mengen insgesamt um 74 kg/ha deutlich niedriger, eine Düngungssteigerung hatte einen geringeren Anstieg der Werte zur Folge.

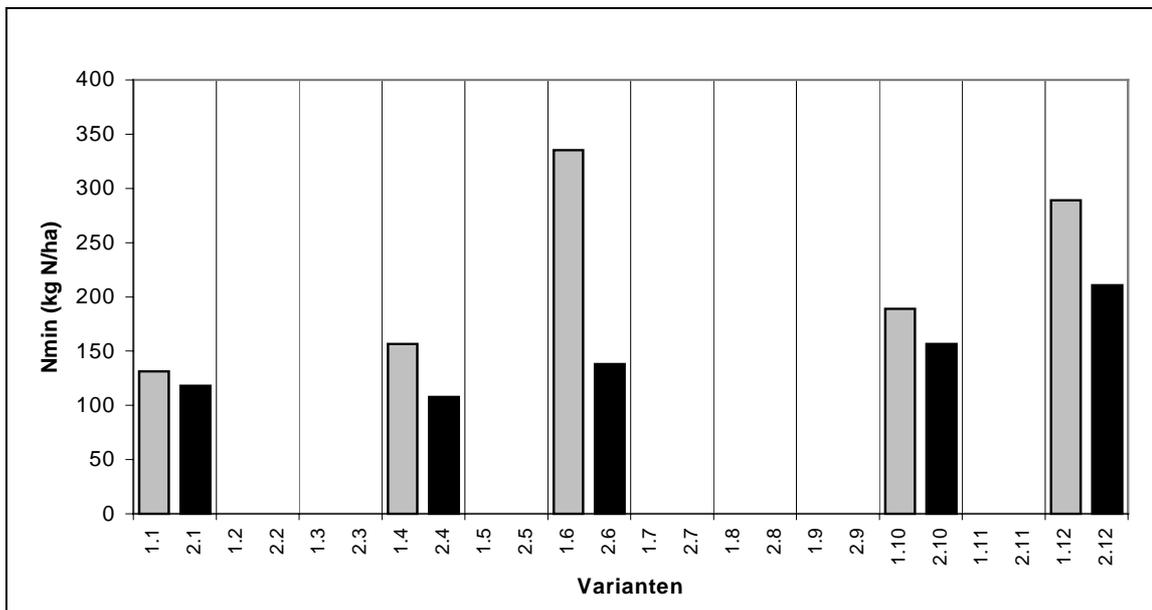


Abbildung 10: N_{min} -Mengen (kg N/ha) im Herbst (0 – 90 cm Bodentiefe, Mittelwert der Versuchsjahre 1990 u. 1993)

3.6 Organische Substanz und Nährstoffgehalte im Tiefenprofil

Nach Feldgras und vor Kartoffeln als letzter angebaute Kultur wurden im Jahr 1992/93 Tiefenbohrungen mit einer Raumkernsonde (6 cm Durchmesser) durchgeführt. Im Tiefenprofil sind der pH-Wert und die löslichen Nährstoffe $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, P, K und Mg bis auf 3 m und die Gehalte an C_t und N_t bis auf 2 m Bodentiefe untersucht worden. Die unterschiedliche Düngung hat einen hohen Einfluss auf fast alle erhobenen Merkmale ausgeübt.

Das trifft besonders für das CaCl_2 -lösliche Nitrat zu (Abb. 11). Die steigende Düngung hat zu einem Anstieg der Gehalte an Nitrat im gesamten Bodenprofil geführt. Es fällt allerdings auf, dass eine sehr hohe mineralische N-Düngung zu einer vergleichsweise deutlicheren Anhebung der Gehalte an Nitrat in den tieferen Bodenschichten geführt hat, während nach organischer Düngung eine höhere Anreicherung lediglich im Oberboden (Ackerkrume) zu verzeichnen ist und eine Verlagerung in tiefere Bodenschichten in wesentlich geringerem Umfang stattgefunden hat. Obwohl mit der organischen Düngung eine deutlich höhere N-Menge ausgebracht wurde, ist die Nährstoffverlagerung im Vergleich zu den mineralisch gedüngten Varianten geringer ausgefallen. Der Stickstoff ist anscheinend nach organischer Düngung in höherem Umfang in der Bodenkrume gehalten worden.

Im Durchschnitt der Versuche war folgende Entwicklung der Gehalte an Nitrat von 0 – 100 cm Bodentiefe in den untersuchten Varianten anzutreffen: Var. X.1 0,220; Var. X.3 0,119; Var. X.4 0,187; Var. X.6 378; Var. X.8 0,227; Var. X.10 0,327; Var. X.11 0,323; Var. X.12 0,395 mg $\text{NO}_3\text{-N}/100$ g Boden. Nach hoher Düngung ist es auch besonders zu einer Verlagerung an Stickstoff in den Bereich 100 – 300 cm Bodentiefe gekommen: Var. X.1 0,031; Var. X.3 0,040; Var. X.4 0,064; Var. X.6 0,264; Var. X.8 0,111; Var. X.10 0,138; Var. X.11 0,117; Var. X.12 0,132 mg $\text{NO}_3\text{-N}/100$ g Boden.

Die Varianten ohne Düngung (Var. X.1) sind oft dadurch gekennzeichnet, dass sie etwas höhere Werte an Nitrat als die Varianten nach geringer bis mittlerer N-Düngung aufweisen. Düngung auf gleiche Mineraldüngungsäquivalente hatte zur Folge, dass bei Anwendung von Stallmist immer niedrigere Gehalte an Nitrat im Boden nachgewiesen wurden als nach Anwendung von Gülle (Var. X.8 u. Var. X.10).

Die Wirkung der Düngung auf die Nitratgehalte des Bodens war stark von dem Bewässerungsverfahren abhängig (Abb. 11). Auf Grund des höheren Pflanzenwachstums und den z.T. erheblich höheren Nährstoffentzügen lagen die Gehalte an Nitrat in den Varianten mit Zusatzbewässerung deutlich niedriger. Im Durchschnitt war der Gehalt in diesen Varianten um über 25 % im Profil 0 – 100 cm und im gesamten Bodenprofil sogar um fast 45 % geringer als in den Varianten ohne Zusatzbewässerung.

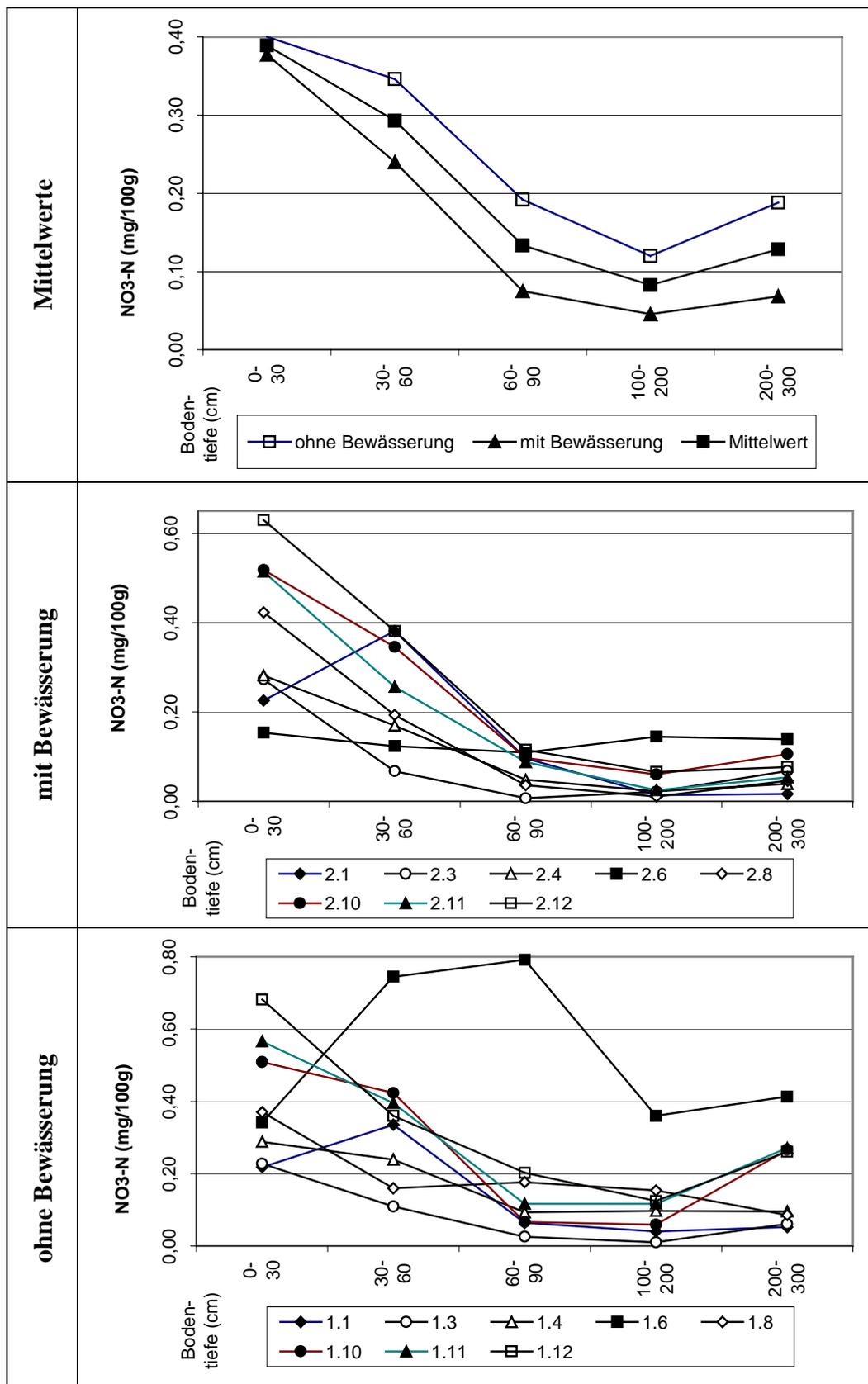


Abbildung 11: Gehalte an Nitrat (mg NO₃-N/100 g Boden) im Tiefenprofil des Bodens

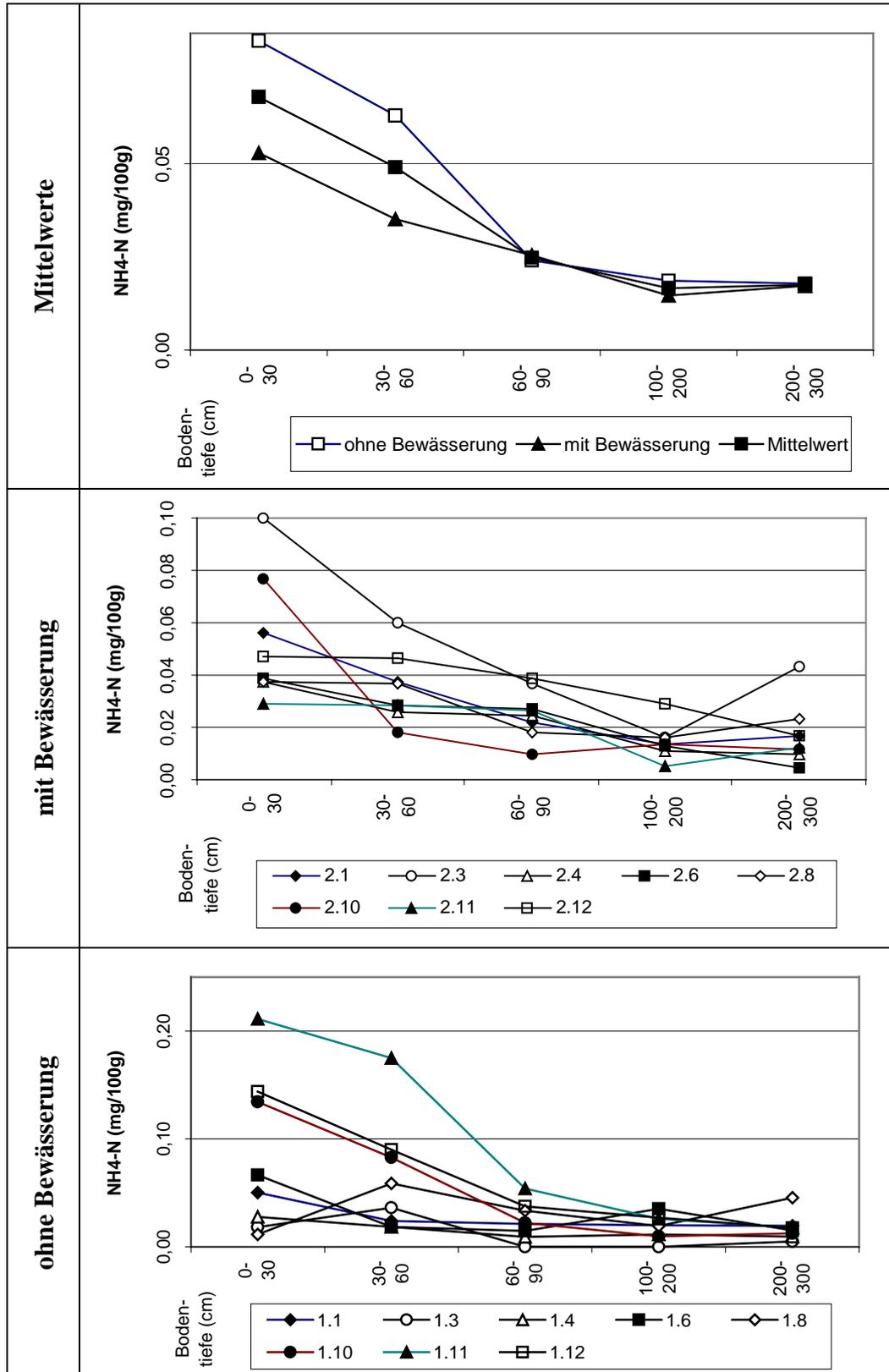


Abbildung 12: Gehalte an löslichem Ammonium (mg NH₄-N/100 g Boden) im Tiefenprofil des Bodens

Auch die Gehalte an CaCl_2 -löslichem Ammonium sind um durchschnittlich 33 % in der Schicht bis 100 cm und um ca. 25 % im gesamten Bodenprofil in den Parzellen mit Bewässerung niedriger als in den Parzellen, die keine Zusatzbewässerung erhalten haben (Abb. 12). Es fällt auf, dass trotz der extremen Düngung keine gerichtete Veränderung der Ammonium-Werte zu verzeichnen ist. Lediglich nach organischer Düngung war der Gehalt in der Bodenschicht bis 100 cm Tiefe mit durchschnittlich 0,071 mg $\text{NH}_4\text{-N}/100$ g Boden mehr als doppelt so hoch als auf den nur mineralisch gedüngten Parzellen. Im Profil 100 – 300 cm Bodentiefe war kein Einfluss mehr nachzuweisen.

Die Gehalte an DL-löslichem Bodenphosphat sind im Profil bis 100 cm Bodentiefe durch die Düngung stark verändert worden (Abb. 13). Mit steigender mineralischer N-Düngung, aber gleich hoher mineralischer P-Düngung, sind die P-Gehalte entsprechend der ansteigenden

Entzüge etwas abgefallen. Im Durchschnitt der Bodenschicht bis 100 cm Tiefe ist der Gehalt von 2,7 mg in der Variante ohne Düngung (Var. X.1) auf 1,8 mg in der Variante mit der höchsten mineralischen N-Düngung abgefallen (Var. X.6). Nach steigender organischer Düngung ist demgegenüber der P-Gehalt im Durchschnitt bis auf 9,8 mg P/100 g Boden (in Variante X.12) angestiegen, da mit der Güllezufuhr gleichzeitig steigende P-Mengen verabreicht worden sind.

Aus Abbildung 13 ist deutlich zu sehen, dass bis über eine Bodentiefe von 60 cm hinaus eine P-Verlagerung stattgefunden hat. Für die Schichten von 100 – 300 cm Bodentiefe war kaum noch eine Verlagerung nachzuweisen: Var. X.1 0,29; Var. X.6 0,28; Var. X.12 0,33 mg P/100 g Boden. Eine Zusatzbewässerung hat zu einer Erhöhung der löslichen P-Gehalte des Bodens von ca. 20 % beigetragen. Diese Wirkung ist bis in eine Bodentiefe von 100 cm nachweisbar.

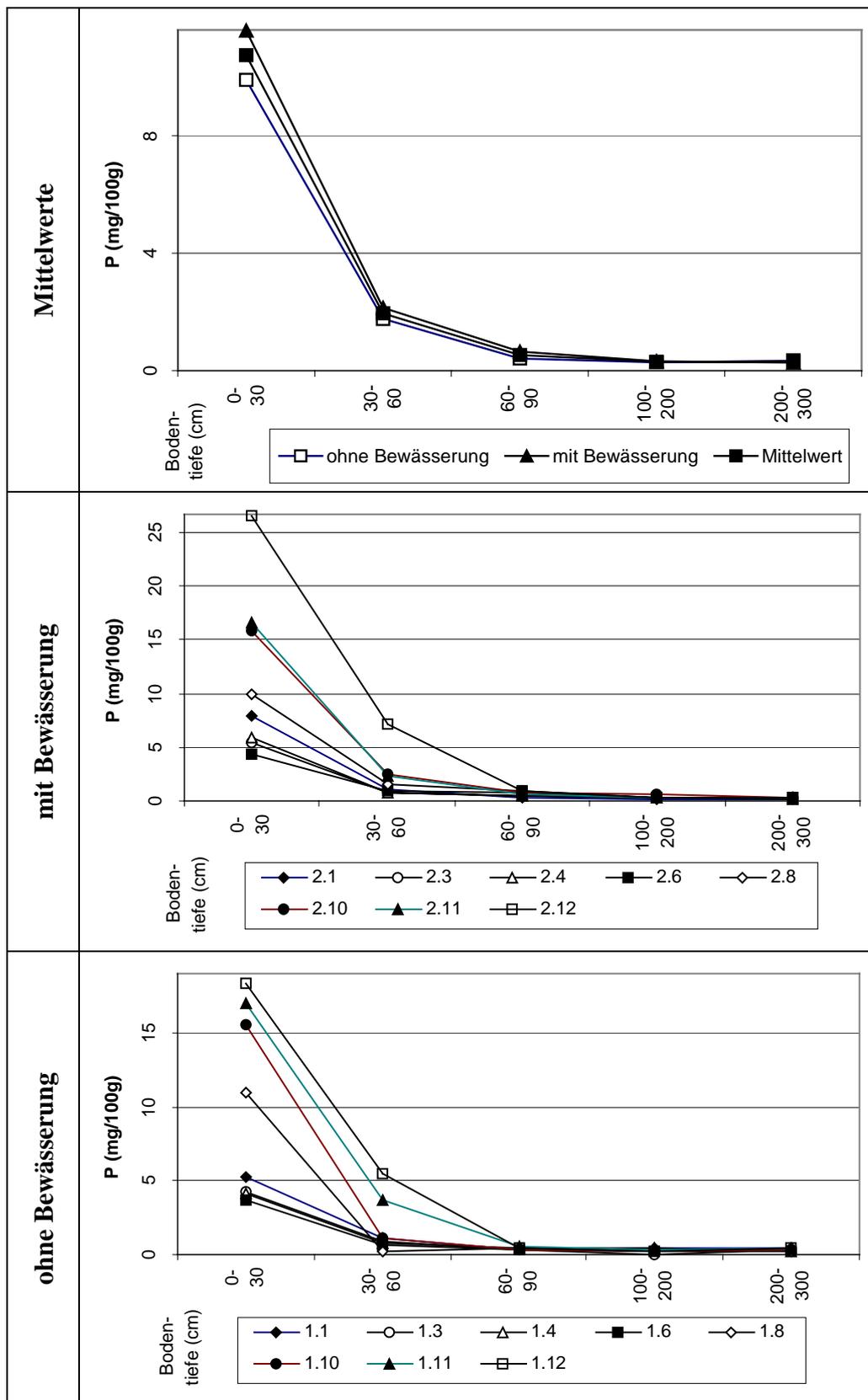


Abbildung 13: Gehalte an DL-löslichem Phosphor (mg P/100 g Boden) im Tiefenprofil des Bodens

Auch die DL-löslichen K-Gehalte des Bodens sind von den pflanzenbaulichen Maßnahmen verändert worden (Abb. 14). In charakteristischer Weise wurden nach steigender Gülledüngung die K-Gehalte im gesamten Bodenprofil erhöht. Im Durchschnitt des Versuches sind die Werte in der Schicht bis 100 cm Tiefe von 10,4 mg K in Variante X.1 auf 22,8 mg in Variante X.12 angehoben worden. In der Schicht von 100 – 300 cm Tiefe war ebenfalls noch ein Anstieg von 1,7 mg auf 3,7 mg K/100 g Boden nachzuweisen.

Im Vergleich zu keiner Düngung hatte eine mineralische N-Düngung wiederum eine Verringerung der K-Gehalte zur Folge: Var. X.6 um 4,9 mg in der Schicht 0 – 100 cm, um 1,4 mg K/100 g Boden in der Schicht 100 – 300 cm Bodentiefe. Die Zusatzbewässerung verringerte

die Gehalte an löslichem Kalium in der Schicht bis 100 cm Tiefe um 16 %, im gesamten Profil waren es 12 %.

Die organische Düngung hatte ebenfalls zu einem Anstieg der Mg-Gehalte von 3,4 mg (Var. X.1) auf 6,9 mg Mg/100 g Boden (Var. X.12) in der Schicht bis 100 cm Tiefe und von 1,4 mg Mg auf 2,3 mg Mg/100 g Boden in der Tiefe 100 – 300 cm geführt (Abb. 15). Die mineralische N-Düngung sowie die Stallmist-Düngung hatten einen Anstieg der Mg-Werte in allen Bodenschichten zur Folge. Dagegen war kaum ein Düngungseinfluss auf die pH-Werte im Tiefenprofil des Bodens nachzuweisen (Abb. 16). Lediglich auf den Varianten mit Zusatzbewässerung war ein Anstieg des pH-Wertes um 0,5 Einheiten im gesamten Profil zu erkennen.

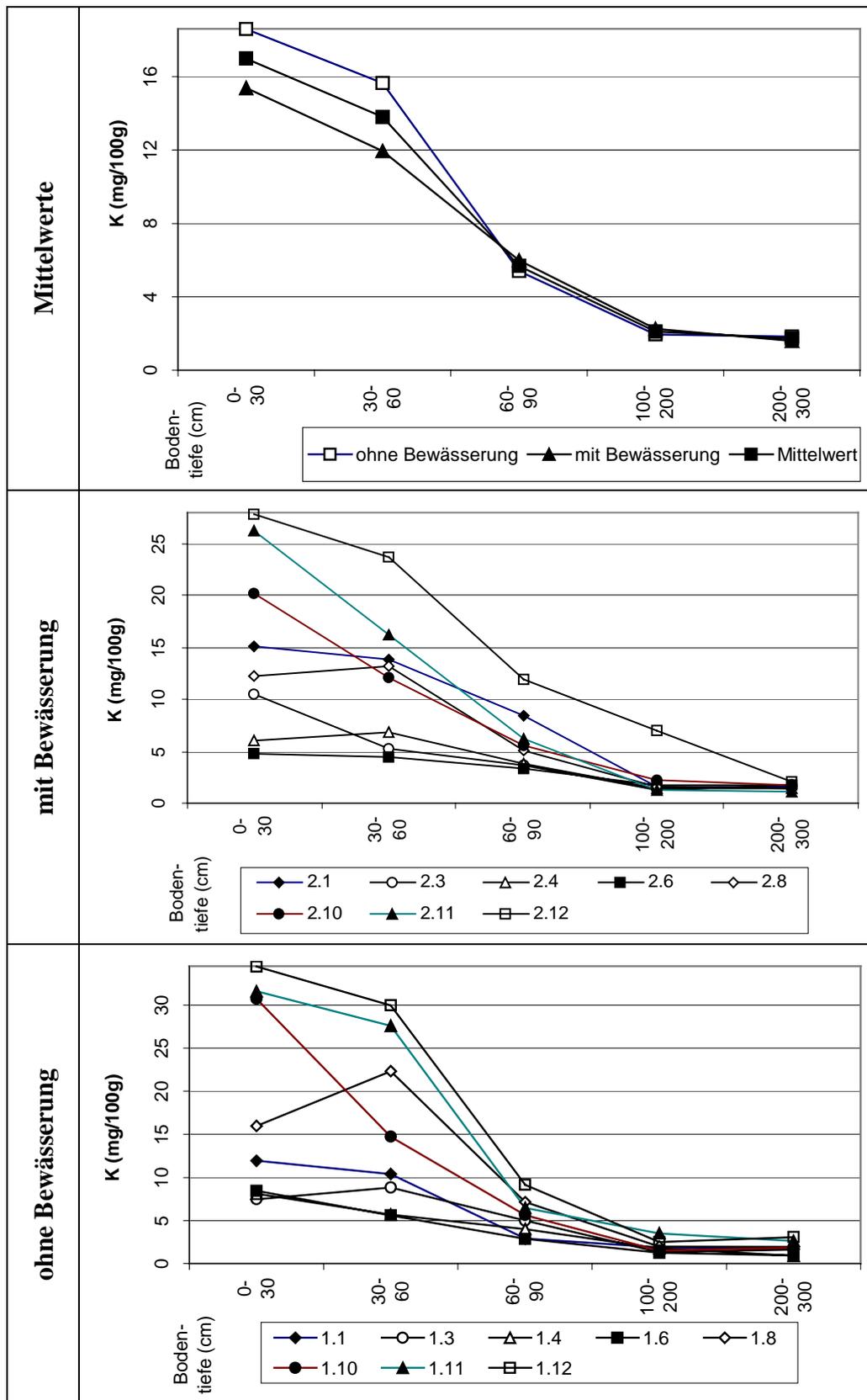


Abbildung 14: Gehalte an DL-löslichem Kalium (mg K/100 g Boden) im Tiefenprofil des Bodens

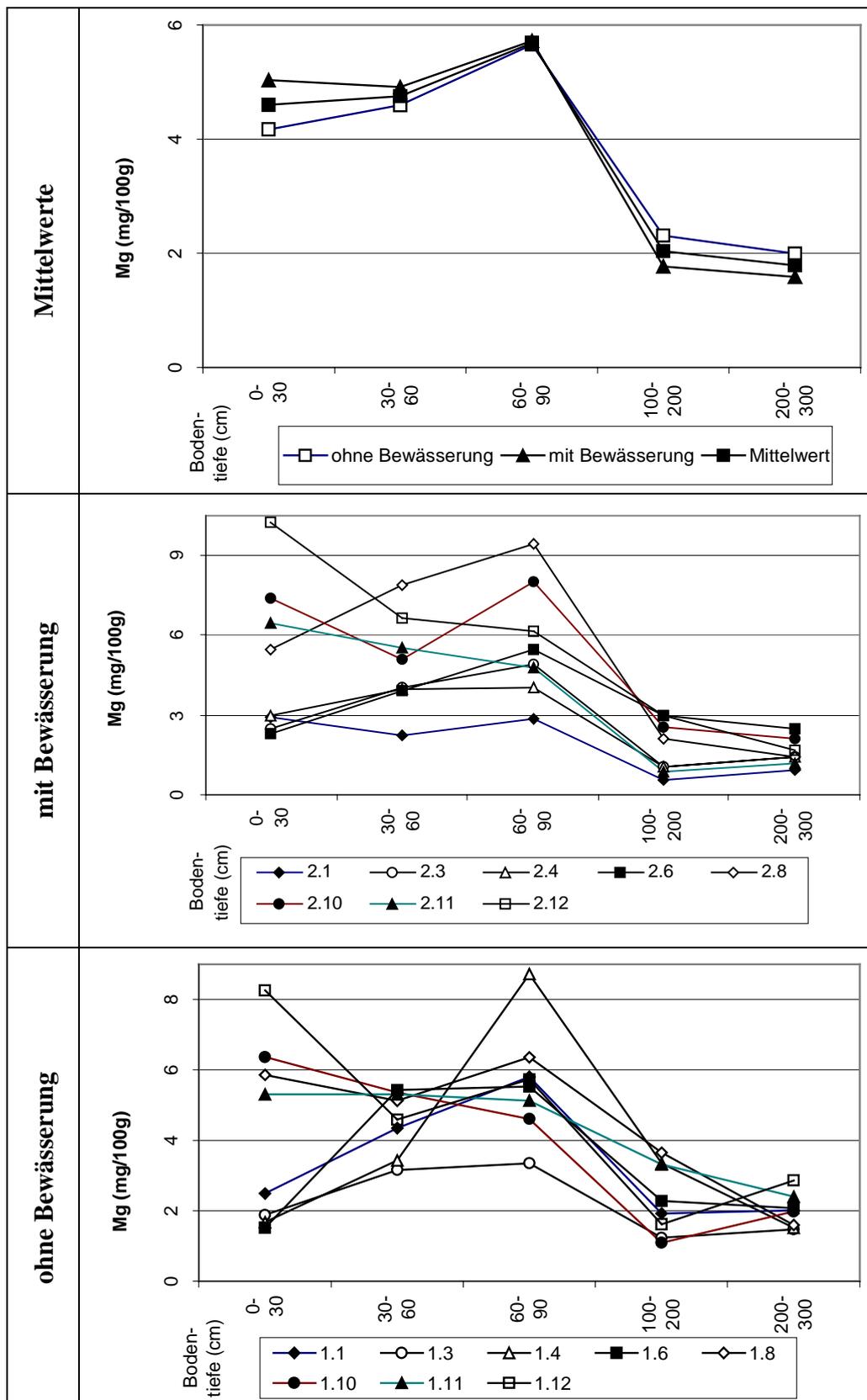


Abbildung 15: Gehalte an CaCl₂-löslichem Magnesium (mg Mg/100 g Boden) im Tiefenprofil des Bodens

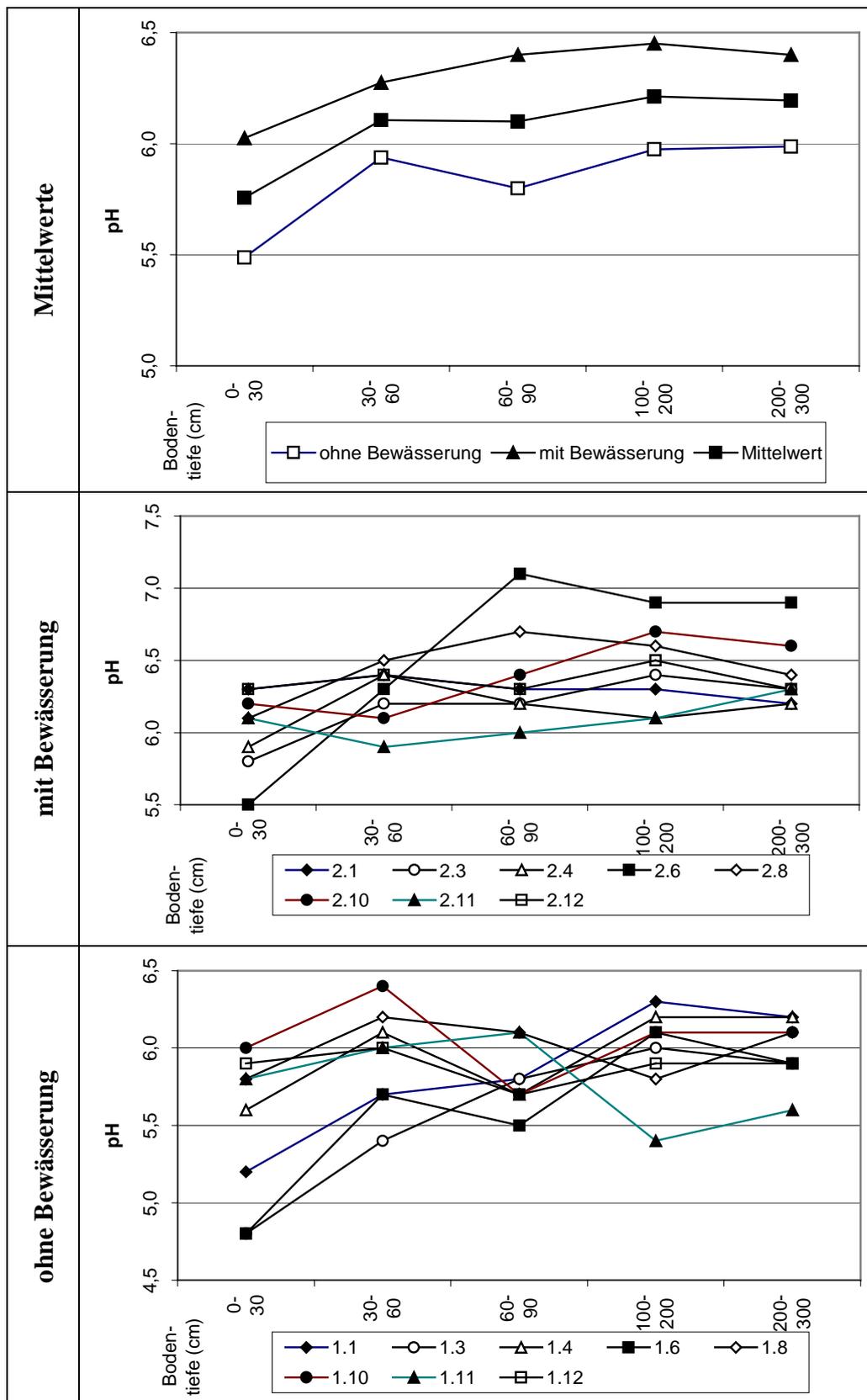


Abbildung 16: pH-Werte im Tiefenprofil des Bodens

In den Versuchen wurden auch die Gehalte an Gesamt-Kohlenstoff und an Gesamt-Stickstoff ermittelt (Abb. 17 u. 18). Die Auswirkungen der mineralischen N-Düngung auf die C_t -Gehalte sind gering. Es ist aber zu erkennen, dass der C-Gehalt des Bodens bis in eine Bodentiefe von 100 cm im Durchschnitt von 0,21 % in Var. X.1 leicht auf 0,26 % in Var. X.6 angestiegen ist. Die organische Düngung hatte dagegen einen deutlicheren Einfluss. Besonders die Varianten mit Stallmist-Düngung (Var. X.8) waren durch rel. hohe Werte im Oberboden gekennzeichnet. Steigende Gülle-Anwendung erhöhte die Gehalte im Profil bis 100 cm Tiefe bis auf 0,39 % C_t . Unterhalb dieser Tiefe war kein Einfluss mehr nachzuweisen. Die Zusatzbewässerung hatte eine leichte Verringerung der C_t -Gehalte um 3 % (rel.) zur Folge.

Die N_t -Gehalte des Bodens wurden durch die mineralische Düngung im Durchschnitt von 0,020 % (Var. X.1) auf 0,025 % (Var. X.6) angehoben. Eine deutlich höhere Anreicherung ist dagegen aber durch die Stallmist-Düngung (Var. X.8: 0,039 % N_t) sowie durch die Gülle-Düngung (Var. X.12: 0,038 % N_t) im Profil bis 100 cm Bodentiefe nachzuweisen. Die organische Düngung hatte auch noch einen Einfluss auf tiefere Bodenschichten. Im Bereich von 100 – 200 cm Bodentiefe wurde der Gehalt ohne Düngung (Var. X.1) von 0,0018 % auf 0,0033 % N_t nach extremer Gülle-Düngung (Var. X.12) angehoben. Die Zusatzbewässerung hatte bewirkt, dass die N_t -Werte des Bodens geringfügig um ca. 13 % abgenommen haben..

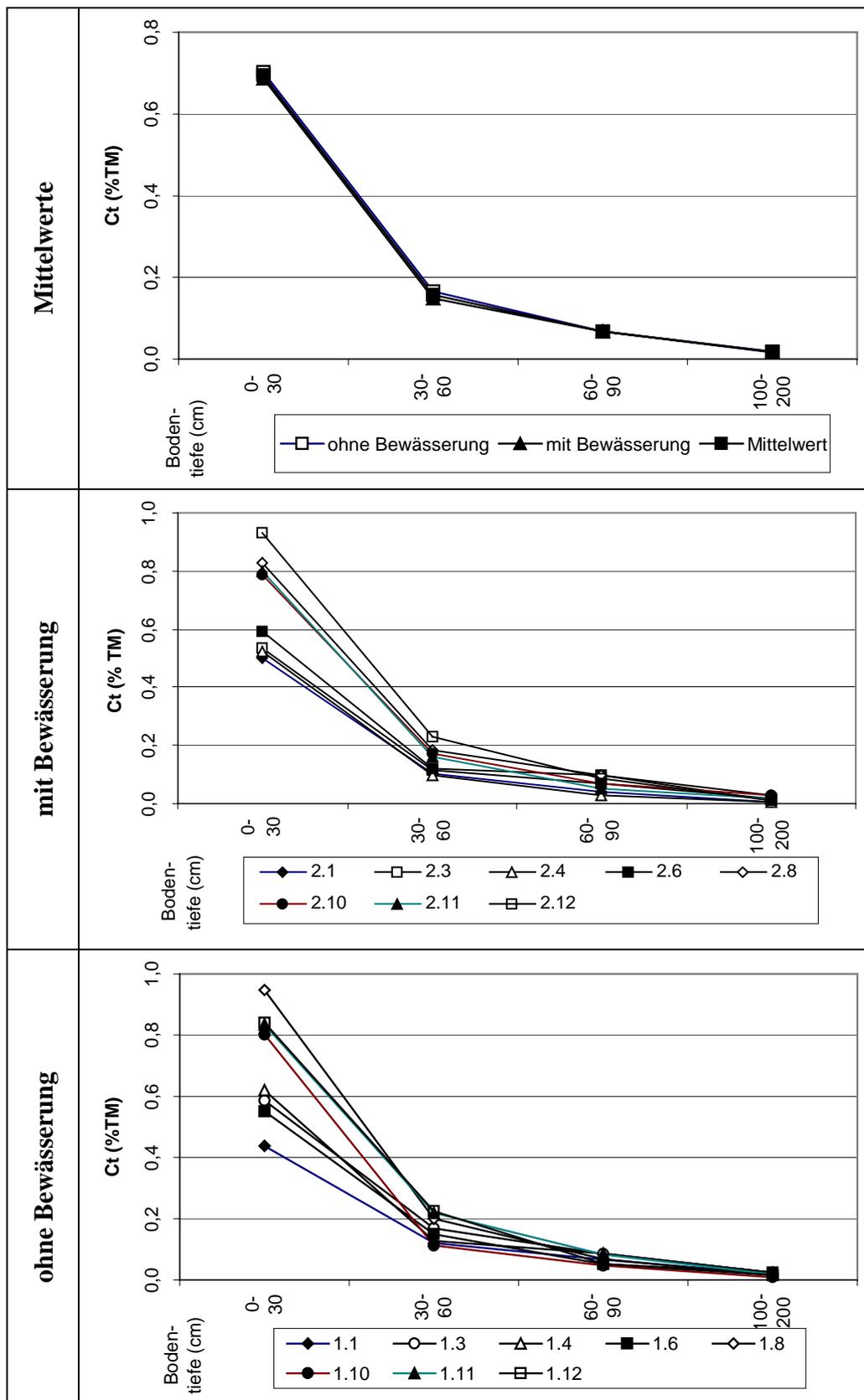


Abbildung 17: Gehalte an Gesamt-Kohlenstoff (% C_t i. d. TM) im Tiefenprofil des Bodens

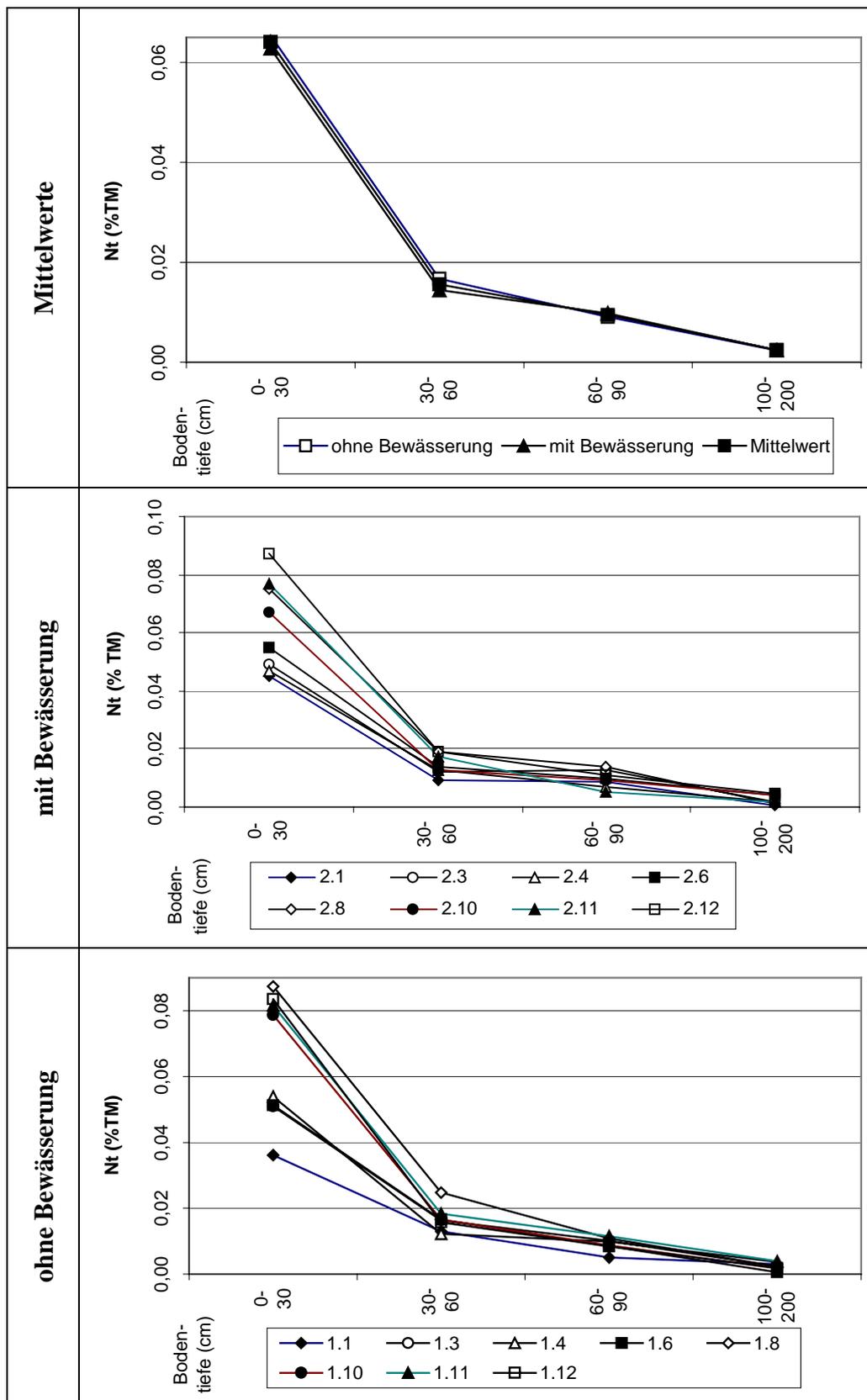


Abbildung 18: Gehalte an Gesamt-Stickstoff (% N_t i. d. TM) im Tiefenprofil des Bodens

3.7 Bodenbilanz

Aus Tabelle 15 ist ersichtlich, wie sich die Salden aus der Flächenbilanz der Varianten verändern, wenn verschiedene Bereiche der Änderungen des Bodens an Stickstoff berücksichtigt werden. Wie aus den vorhergehenden Kapiteln bekannt ist, wurden erhebliche N_t -Mengen aus der Bodenkrume im Verlaufe der Versuchsdauer freigesetzt. Diese Mengen betragen bei keiner bzw. geringer N-Düngung 77 – 85 kg N/ha und Jahr. Nach sehr hoher N-Düngung waren es immer noch 51 kg N/ha. Durch organische Düngung wurde diese N_t -Freisetzung stark reduziert.

Die Veränderung der N_t -Mengen im Untergrund (0,3 – 2 m Tiefe) wurde ermittelt, indem von den berechneten N_t -Mengen (ohne N_{\min} -Anteil)

der jeweiligen Varianten die N_t -Menge der Var. X.1 abgezogen worden ist. Vor allen Dingen eine organische Düngung besonders mit Stallmist hatte zur Folge, dass bis zu 55 kg N_t je ha und Jahr des nicht extrahierbaren Anteils bis in 2 m Tiefe festgelegt worden ist.

Die Nitratkonzentration wurde unter Verwendung der Feldkapazität von 240 mm aus der N_{\min} -Menge unterhalb von 1 m Bodentiefe berechnet. Werden die daraus abgeleiteten Mengen der N-Auswaschung ebenfalls von den Salden abgezogen, so werden N-Salden (Nr. 3) erhalten, die nach hoher mineralischer N-Düngung beträchtlich und nach Gölledüngung besonders hoch sind. Auf diesen Varianten sind dann die berechneten Ressourceneffizienzen am geringsten (Tab. 15).

Tabelle 15: Einfluss der Veränderung der N-Gehalte verschiedener Komponenten der Ackerkrume und des Untergrundes auf die N-Salden sowie die Nährstoffeffizienz der Düngungsvarianten

Variante	N-Zufuhr 1 (kg N/ha)	N-Abfuhr (kg N/ha)	N-Saldo 1 (kg N/ha)	N-Boden		N-Zufuhr 2 (incl. N-Boden, kg N/ha)	N-Saldo 2 (kg N/ha)	NO ₃ -N (1 – 3 m, mg/l)	N-Auswaschung		N-Saldo 3 (incl. Auswaschung, kg/ha)	N-Effizienz (Abfuhr/ Zufuhr 2, %)
				0 - 0,3 m (kg N/ha)	0,3 - 2 m (kg N/ha)				100 mm SW (kg/ha)	300 mm SW (kg/ha)		
X.1	30	71	-41	-77	0	107	36	15,4	4	10	26	66
X.3	153	153	0	-85	12	238	73	17,5	4	12	61	64
X.4	214	172	42	-71	-2	285	115	23,5	5	16	99	60
X.6	337	217	120	-51	13	388	158	88,1	20	60	98	56
X.8	301	195	106	-2	55	303	53	43,0	10	29	24	64
X.10	363	199	164	-26	13	389	177	47,1	11	32	145	51
X.11	475	206	269	-13	30	488	252	41,4	9	28	225	42
X.12	640	216	424	-2	47	642	379	48,6	11	33	346	34

Aus vorhergehenden Kapiteln war ebenfalls aufgefallen, dass das Ausmaß der N_{\min} -Verlagerung nicht nur von der Düngungshöhe, sondern auch von der Düngerart beeinflusst wird. In Abbildung 19 sind die N_{\min} -Mengen von 0 – 0,9 m Tiefe den Mengen in der Bodentiefe 1 – 3 m der einzelnen Varianten gegenüber gestellt worden. Bei Unterlassung der Düngung wurden erwartungsgemäß auch die geringsten N_{\min} -Mengen einer tieferen Verlagerung unterworfen. Nach hoher N-Mineraldüngung kam es jedoch zu einer überproportional stärkeren N_{\min} -

Verlagerung in tiefere Bodenschichten. Stammen die N -Mengen aus organischen Düngemitteln, so war in Relation zur Bodentiefe 0 – 0,9 m keine größere Verlagerungsintensität in Bodentiefe 1 – 3 m festzustellen. Obwohl im Oberboden relativ hohe und der mineralischen N -Düngung (Var. X.6) entsprechende N_{\min} -Mengen zu beobachten sind, erfolgte nach hoher Stallmist- und Gülledüngung nur eine verhältnismäßig geringe Verlagerung in tiefe Bodenschichten.

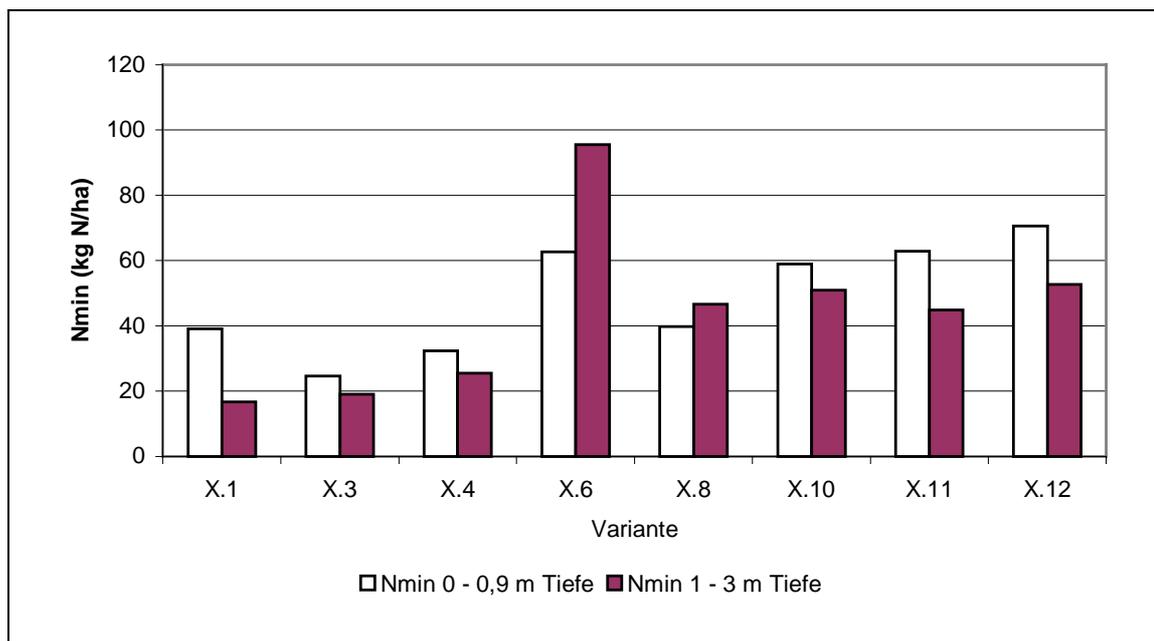


Abbildung 19: Vergleich der N_{\min} -Mengen (kg N/ha) zwischen 0 – 0,9 m und 1 – 3 m Bodentiefe einiger Düngungsvarianten

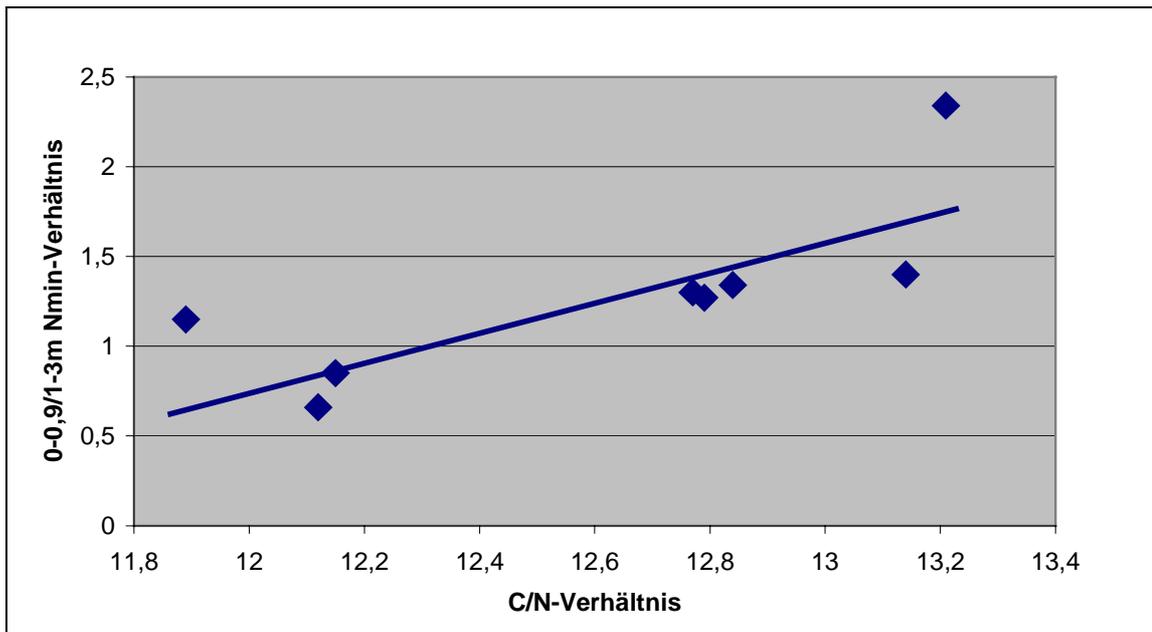


Abbildung 20: Beziehungen zwischen den C/N-Verhältnissen (0 – 0,3 m Tiefe) und den Verhältnissen der N_{\min} -Mengen 0 – 0,9 m / 1 – 3 m Bodentiefe

Ursache für dieses unterschiedliche Verlagerungsverhalten war für Stickstoff nicht die applizierten Nährstoffmengen oder die Nährstoffsalden alleine, sondern der Zusammenhang zwischen verabreichter Nährstoffmenge und ausgebrachter organischer Trockenmasse. Bei lang anhaltender unterschiedlicher Düngung wurden die C/N-Verhältnisse der Bodenkrume z. T. stark verändert (Abb. 20). Eine unterlassene Düngung führte ebenso wie eine hohe organische Düngung zu relativ weiten C/N-Verhältnissen am Versuchsende. Dies hatte anscheinend wesentlich dazu beigetragen, dass der Stickstoff im Oberboden gehalten wurde und eine verhältnismäßig geringe Verla-

gerung in den Bereich unter 1 m Bodentiefe stattgefunden hat, der kaum noch von den Pflanzenwurzeln erreicht wird.

Auch die löslichen Anteile der Nährstoffe P, K und Mg wurden in unterschiedlichen Ausmaßen vor einer stärkeren Verlagerung geschützt, wenn sie in organischen Düngemitteln verabreicht worden sind (Abb. 21). Dies konnte deutlich am Verhalten des Magnesiums veranschaulicht werden, während beim Nährstoff Phosphor kaum eine tiefere Verlagerung stattgefunden hat.

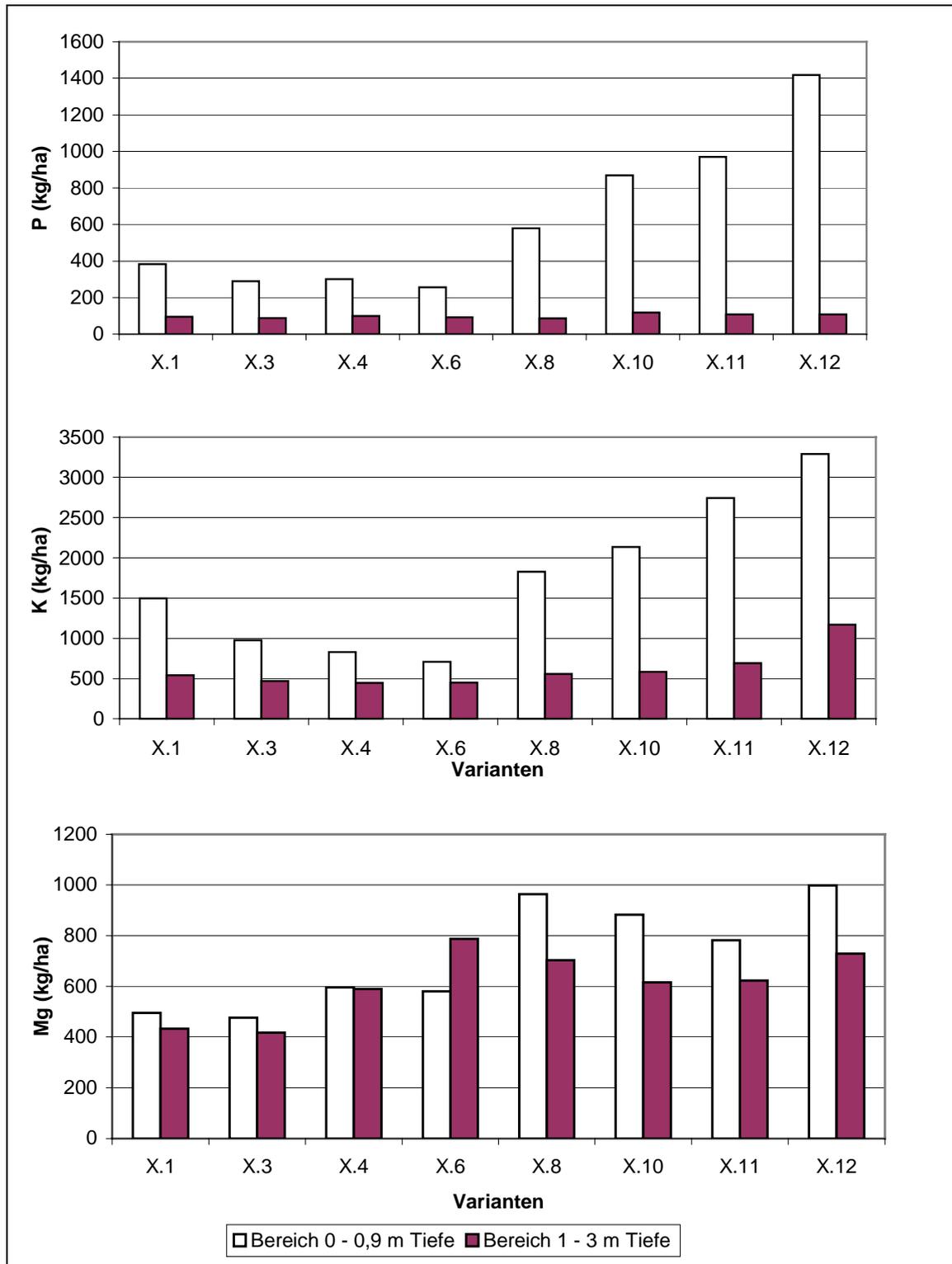


Abbildung 21: Vergleich der löslichen P-, K- und Mg-Mengen (kg/ha) zwischen der Bodentiefe 0 – 0,9 m und 1 – 3 m einiger Düngungsvarianten

4 Zusammenfassung

Auf einem anlehmgigen Sand wurde in den Jahren 1974 bis 1993 ein Dauerversuch mit extrem unterschiedlichen Düngungsvarianten durchgeführt. Varianten der mineralischen N-Düngung umfassten jährliche durchschnittliche Gaben zwischen 0 kg und 300 kg N/ha. Die höchsten Gaben betragen in Abhängigkeit zur angebauten Kulturart 175 kg für So.-Gerste, 200 kg für W.-Weizen, Roggen und Mais, 250 kg für Kartoffeln, 300 kg für Zuckerrüben und 800 kg N/ha für Feldgras. Varianten der organischen Düngung umfassten Stallmist sowie steigende Gülledüngung bis auf über 700 kg N/ha und Jahr. Die Düngungsvarianten wurden ohne Beregnung und mit einer durchschnittlichen Zusatzberegnung von 122 mm Wasser angelegt.

Die angebauten Kulturarten reagierten auf diese unterschiedliche Düngung mit stark ansteigenden Erträgen. Es wurden in der Regel die Ertragsmaxima erreicht und bei So.-Gerste auch deutlich überschritten. Die Zusatzberegnung führte zu einer Zunahme der Erträge um durchschnittlich 18 %. Die Zunahmen waren nach niedriger Düngung geringer als nach hoher Düngung. Durch Beregnung kam es zu höheren Nährstoffzügen, niedrigeren Nährstoffsalden, niedrigeren N_{\min} -Werten im Herbst, einer niedrigeren Nährstoffverlagerung und einer höheren Nährstoffausnutzung sowie zu einer höheren Anreicherung der Böden mit organischer Substanz.

Steigende Düngung hatte zwar eine deutliche Zunahme der Nährstoffgehalte der Ernteprodukte und der Nährstoffzüge zur Folge. Doch waren die Nährstoffzufuhren deutlich höher, so dass die N-Salden der Feldbilanzen von -40 kg/ha in den Varianten ohne Düngung auf 107 – 132 kg nach hoher mineralischer N-Düngung und auf 414 – 434 kg N/ha nach hoher Gülledüngung anstiegen. Auch die Feld- bzw. Schlagbilanzen der anderen Hauptnährstoffe Phosphor und Kalium wiesen in den Varianten mit hoher organischer Düngung extrem hohe Nährstoffüberschüsse auf. Hierdurch wurden die löslichen Nährstoffgehalte der Bodenkrume stark angehoben (P, K, Mg, Mikronährstoffe) und es kam zu einer Nährstoffverlagerung in tiefere Bodenschichten (P, K, Mg, Ca bzw. pH).

Bei Unterlassung der Düngung wurden die N - und C_t -Gehalte des Bodens stark reduziert. Es

kam zu einem Abbau von bis über 80 kg N_t /ha und Jahr. Besonders steigende organische Düngung führte zu einer Verringerung des Abbaus. Nach hoher Düngung war in der Ackerkrume kein Abbau mehr festzustellen, in darunter liegenden Bodenschichten war dagegen eine Anreicherung von bis über 50 kg N_t /ha und Jahr festzustellen (0,3 – 2 m Tiefe).

Die C_t -Gehalte wurden durch steigende mineralische N-Düngung kaum verändert, nach steigender Gülledüngung sowie nach Stallmistdüngung stark angehoben (um bis zu 50 % im Vergleich zur Variante ohne Düngung). Eine Kohlenstoffverlagerung war bis auf 1 m Profiltiefe festzustellen.

Besonders steigende mineralische N-Düngung hatte einen überproportionalen Anstieg der N_{\min} -Werte im Bodenprofil bis 0,9 m sowie im Profil darunter zur Folge. Nach organischer Düngung war die Anreicherung in den oberen Bodenschichten zwar auch besonders stark. Es wurde aber eine geringere Anreicherung und Verlagerung in Bodenschichten unter 1 m Tiefe festgestellt. Zu dieser geringeren relativen Verlagerung an löslichem Stickstoff haben offenbar die weiteren C/N-Verhältnisse der Ackerkrume beigetragen, die in den Varianten ohne Düngung und nach hoher organischer Düngung aufgetreten waren.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass bereits ab mittleren Düngergaben die Nährstoffakkumulation im Boden sowie auch die Nährstoffverluste stark zugenommen haben. Dadurch wurden die Belastbarkeitsgrenzen des Bodens sowie der Umwelt zusehends überschritten. Dauerversuche dieser Art haben dazu beigetragen, dass Bestrebungen, lediglich maximale Erträge zu erzielen, in einer Sackgasse enden. Sie führen zu der Erkenntnis, dass Umweltwirkungen sowie Fragen der Nachhaltigkeit integraler Bestandteil der Versuchsanstellung sein müssen.

5 Literatur

BECKMANN, U., H. KOLBE, A. MODEL & R. RUSSOW (2001): Ackerbausysteme im ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung von N-Bilanz und Effizienzkennzahlen. UFZ-Bericht Nr. 14, Umweltforschungszentrum, Leipzig

Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensitäten einer sechsgliedri- gen Fruchtfolge auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte sowie Feldbilanz und Nährstoffentwicklung im Boden

Dipl.-Ing. agr. Uta Beckmann, Dr. Hartmut Kolbe

1 Einleitung

In einem Dauerversuch wurden die acker- und pflanzenbaulichen und ökologischen Auswirkungen verschiedener konventioneller Bewirtschaftungssysteme mit unterschiedlich hohem Einsatz an chemischen Produktionsmitteln an zwei Standorten untersucht. Dafür wurden in Sachsen unter der Leitung von Dr. W. Heymann im Jahr 1992 zweifaktorielle Feldversuche in Methau (Lehm, Bodenzahl 63-68, 700 mm Niederschlag) und Spröda (Tieflehm-Fahlerde, Bodenzahl 33, 547 mm Niederschlag) angelegt. Den sechs unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten unterlagen folgende Zielstellungen:

1. Mit der höchsten Intensitätsstufe sollte ein konventionell übliches optimales Bewirtschaftungssystem simuliert werden.
2. In dieser Intensitätsstufe wurde der Aufwand an Mineraldüngung (MD) und Pflanzenschutzmittel (PSM) um 25 % verringert.
3. In dieser Stufe sollten Auswirkungen einer gänzlich unterlassenen Mineraldüngung sowie einer verstärkten organischen Düngung in der Fruchtfolge geprüft werden.
4. Als Ergänzung (zu 3.) wurden längerfristige Auswirkungen eines ökologisch motivierten Verzichts auf PSM, bei optimaler Mineraldüngung geprüft.

5. Simulation einer viehlosen Bewirtschaftung, die mit optimaler Intensität und mit Einarbeitung der Koppelprodukte durchgeführt wurde.

6. Auswirkungen einer extensiven Bewirtschaftung durch Einsatz organischer Düngemittel sowie ohne Mineraldüngung und ohne PSM.

2 Material und Methoden

2.1 Faktoren

In den folgenden Übersichten (Tab. 1 u. 2) sind die Fruchtfolgen im Versuchsverlauf sowie die sechs Bewirtschaftungsverfahren aufgeführt worden.

Die sechsgliedrige Fruchtfolge mit 50 % Getreide, 30 % Hackfrüchte und 20 % begrünter Stilllegung wurde parallel auf 3 Feldern verwirklicht, so dass in jedem Jahr 3 Früchte gleichzeitig angebaut worden sind. Im 1. Anbaujahr 1992 sind jedoch auf Feld 1 an Stelle von Zuckerrüben Kartoffeln und auf Feld 3 an Stelle von Wintergerste Zuckerrüben angebaut worden (markiert).

Entsprechend der in der Einleitung gegebenen Definition können 6 Bewirtschaftungssysteme nach folgendem Kurzschlüssel unterschieden werden (Tab. 2).

Tabelle 1: Faktor A: Fruchtfolge

Jahr	Feld 1	Feld 2	Feld 3
1992	Kartoffeln	Winterweizen	Zuckerrübe
1993	Winterweizen	Wintergerste, Knautgrasun- tersaat	Stilllegung (Knautgras)
1994	Wintergerste	Stilllegung (Knautgras)	Mais
1995	Stilllegung (Knautgras)	Mais	Sommergerste
1996	Mais	Sommergerste	Zuckerrübe
1997	Sommergerste	Zuckerrübe	Winterweizen

Tabelle 2: Faktor B: Bewirtschaftungssysteme

Nr.	Kurzschlüssel	Beschreibung
1	konventionell optimales Bewirtschaftungssystem	Durch die hohe Intensität sollten in der gesamten Fruchtfolge rein ökonomisch gerechtfertigte Höchstserträge erreicht werden.
2	aufwandreduziertes Bewirtschaftungssystem	In dieser Intensitätsstufe wurde der Aufwand an Mineraldüngung und Pflanzenschutzmittel (PSM) um 25 % verringert, um damit eine geringere Umweltbelastung und eine Kosteneinsparung bei noch vertretbaren Ertragseinbußen zu prüfen.
3	ohne Mineraldüngung, verstärkte organische Düngung und Pflanzenschutzmittel (PSM)	In dieser Stufe sollten Auswirkungen einer gänzlich unterlassenen Mineraldüngung (außer Kalk) sowie einer verstärkten organischen Düngung bei vollem PSM-Einsatz in der gesamten Fruchtfolge geprüft werden.
4	optimale Mineraldüngung und organische Düngung, ohne PSM	Als orthogonale Ergänzung (zu 3.) wurden längerfristige Auswirkungen eines ökologisch motivierten Verzichts auf PSM, bei optimaler Mineraldüngung (wie 1.) geprüft.
5	ohne organische Düngung (viehloses System)	Simulation einer viehlosen Bewirtschaftung, die (wie 1.) mit optimaler Intensität aber mit Einarbeitung der Koppelprodukte durchgeführt wurde.
6	extensives System	Auswirkungen einer extensiven Bewirtschaftung durch Einsatz organischer Düngemittel (wie bei 3.) sowie ohne Mineraldüngung und ohne PSM.

2.2 Düngung

Die mineralische Düngung erfolgte in Form von Kalkammonsalpeter, Superphosphat und 60er Kali, die organische Düngung mit Stallmist und Rindergülle (Tab. 3).

Tabelle 3: Mineralische und organische N, P, K –Düngung (kg/ha) zu den einzelnen Kulturarten an den Standorten Methau und Spröda

Kulturart			Methau						Spröda					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Jahr	Düngart													
Zucker- rübe	mineral.	N, 1+2. G.	140,0	105,0		140,0	140,0		140,0	105,0		140,0	140,0	
		P	35,0	25,0		35,0	35,0		35,0	25,0		35,0	35,0	
		K	120,0	90,0		120,0	120,0		120,0	90,0		120,0	120,0	
1992	orga- nisch	N	105,0	105,0	140,0	105,0		140,0	105,0	105,0	140,0	105,0		140,0
1996		P	56,0	56,0	84,0	56,0		84,0	56,0	56,0	84,0	56,0		84,0
1997		K	160,0	160,0	220,0	160,0		220,0	160,0	160,0	220,0	160,0		220,0
	Summe	N	245,0	210,0	140,0	245,0	140,0	140,0	245,0	210,0	140,0	245,0	140,0	140,0
		P	91,0	81,0	84,0	91,0	35,0	84,0	91,0	81,0	84,0	91,0	35,0	84,0
		K	280,0	250,0	220,0	280,0	120,0	220,0	280,0	250,0	220,0	280,0	120,0	220,0
Sommer- gerste	mineral.	N, 1+2.G.	60,0	45,0		60,0	60,0		60,0	45,0		60,0	60,0	
		P	25,0	18,0		25,0	25,0		25,0	18,0		25,0	25,0	
		K	100,0	75,0		100,0	100,0		100,0	75,0		100,0	100,0	
1995	orga- nisch	N			60,0		60,0			40,0		40,0		
1996		P			15,0		15,0			11,0		11,0		
1997		K			40,0		40,0			48,0		48,0		
	Summe	N	60,0	45,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	45,0	40,0	60,0	60,0	40,0
		P	25,0	18,0	15,0	25,0	25,0	15,0	25,0	18,0	11,0	25,0	25,0	11,0
		K	100,0	75,0	40,0	100,0	100,0	40,0	100,0	75,0	48,0	100,0	100,0	48,0
Mais	mineral.	N, 1+2.G.	120,0	90,0		120,0	120,0		120,0	90,0		120,0	120,0	
		P	35,0	25,0		35,0	35,0		35,0	25,0		35,0	35,0	
		K	120,0	90,0		120,0	120,0		120,0	90,0		120,0	120,0	
1994	orga- nisch	N	87,0	87,0	145,0	87,0		145,0	60,0	60,0	100,0	60,0		100,0
1995		P	19,0	19,0	32,0	19,0		32,0	16,0	16,0	27,0	16,0		27,0
1996		K	62,0	62,0	104,0	62,0		104,0	72,0	72,0	121,0	72,0		121,0
	Summe	N	207,0	177,0	145,0	207,0	120,0	145,0	180,0	150,0	100,0	180,0	120,0	100,0
		P	54,0	44,0	32,0	54,0	35,0	32,0	51,0	41,0	27,0	51,0	35,0	27,0
		K	182,0	152,0	104,0	182,0	120,0	104,0	192,0	162,0	121,0	192,0	120,0	121,0
Winter- gerste	mineral.	N, 1-3. G.	150,0	110,0		150,0	150,0		130,0	130,0		132,5	127,5	
		P	25,0	18,0		25,0	25,0		25,0	18,0		25,0	25,0	
		K	100,0	75,0		100,0	100,0		100,0	75,0		100,0	100,0	
1993	orga- nisch	N			87,0		87,0			60,0		60,0		
1994		P			19,0		19,0			16,0		16,0		
		K			62,0		62,0			72,0		72,0		
	Summe	N	150,0	110,0	87,0	150,0	150,0	87,0	130,0	130,0	60,0	132,5	127,5	60,0
		P	25,0	18,0	19,0	25,0	25,0	19,0	25,0	18,0	16,0	25,0	25,0	16,0
		K	100,0	75,0	62,0	100,0	100,0	62,0	100,0	75,0	72,0	100,0	100,0	72,0

Tabelle 3: (Fortsetzung)

Kulturart	Düngung		Methau						Spröda					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Winterweizen	mineral.	N, 1-3. G.	150,0	111,7	150,0	150,0			140,0	126,0	137,7	133,3		
		P	25,0	18,0	25,0	25,0			25,0	18,0	25,0	25,0		
		K	100,0	75,0	100,0	100,0			100,0	75,0	100,0	100,0		
1992	organisch	N			87,0			87,0			60,0		60,0	
1993		P			19,0			19,0			16,0		16,0	
1997		K			62,0			62,0			72,0		72,0	
	Summe	N	150,0	111,7	87,0	150,0	150,0	87,0	140,0	126,0	60,0	137,7	133,3	60,0
		P	25,0	18,0	19,0	25,0	25,0	19,0	25,0	18,0	16,0	25,0	25,0	16,0
		K	100,0	75,0	62,0	100,0	100,0	62,0	100,0	75,0	72,0	100,0	100,0	72,0
Mittelwerte d. gedüngten Kulturarten	mineral.	N, 1-3. G.	124,0	92,3	124,0	124,0			118,0	99,2	118,0	116,2		
		P	29,0	20,8	29,0	29,0			29,0	20,8	29,0	29,0		
		K	108,0	81,0	108,0	108,0			108,0	81,0	108,0	108,0		
	organisch	N	96,0	96,0	103,8	96,0		103,8	82,5	82,5	80,0	82,5		80,0
		P	37,5	37,5	33,8	37,5		33,8	36,0	36,0	30,8	36,0		30,8
		K	111,0	111,0	97,6	111,0		97,6	116,0	116,0	106,6	116,0		106,6
	Summe	N	162,4	130,7	103,8	162,4	124,0	103,8	151,0	132,2	80,0	151,0	116,2	80,0
		P	44,0	35,8	33,8	44,0	29,0	33,8	43,4	35,2	30,8	43,4	29,0	30,8
		K	152,4	125,4	97,6	152,4	108,0	97,6	154,4	127,4	106,6	154,4	108,0	106,6
Mittelwerte d. Fruchtfolge (inkl. Stilllegung)	mineral.	N, 1-3. G.	103,3	76,9	103,3	103,3			98,3	82,7	98,4	96,8		
		P	24,2	17,3	24,2	24,2			24,2	17,3	24,2	24,2		
		K	90,0	67,5	90,0	90,0			90,0	67,5	90,0	90,0		
	organisch	N	80,0	80,0	86,5	80,0		86,5	68,8	68,8	66,7	68,8		66,7
		P	31,3	31,3	28,2	31,3		28,2	30,0	30,0	25,7	30,0		25,7
		K	92,5	92,5	81,3	92,5		81,3	96,7	96,7	88,8	96,7		88,8
	Summe	N	135,3	108,9	86,5	135,3	103,3	86,5	125,8	110,2	66,7	125,9	96,8	66,7
		P	36,7	29,8	28,2	36,7	24,2	28,2	36,2	29,3	25,7	36,2	24,2	25,7
		K	127,0	104,5	81,3	127,0	90,0	81,3	128,7	106,2	88,8	128,7	90,0	88,8
1 = konventionell optimales Bewirtschaftungssystem (hohe Intensität, mit org. Düngung)														
2 = aufwandreduziertes Bewirtschaftungssystem (um 25% verringerter MD-, PSM-Einsatz)														
3 = ohne Mineraldüngung, verstärkte organische Düngung mit PSM														
4 = hohe Mineraldüngung und organische Düngung, ohne PSM														
5 = ohne organische Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)														
6 = extensives System														

Auf den Stilllegungsflächen erfolgten keine Düngemittel- und PSM-Applikationen. Zu den Kulturarten wurden PSM nach folgendem Muster verabreicht (Tab. 4).

Tabelle 4: PSM-Applikationen in praxisüblichen Aufwandmengen sowie Anzahl an PSM-Behandlungen zu den einzelnen Kulturarten an den Standorten Methau und Spröda

Kultur	Varianten	Herbizide/mechanische Unkrautregulierung	Fungizide	Insektizide
Zucker- rübe	1, 3, 5	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 3 - 4 kg/ha Pyramin VA - 1x 3 kg/ha Pyramin + 4 l/ha Betanal (300 l/ha) NA 	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 0,6 l/ha Brestan 60 	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 600 ml in 300 l Ripcord 10 bis 2x
	2	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 3 kg/ha Pyramin + 4 l/ha Betanal (300 l/ha) NA 	<ul style="list-style-type: none"> - nur nach Bekämpfungsrichtwerten gemäß Richtlinie der Pflanzenschutzstelle 	
	4, 6	<ul style="list-style-type: none"> - 1x Maschinenhacke nach Aufgang - 2x Maschinenhacke bis kurz vor Reihenschluss - 1x Handhacke im Vierblattstadium - 1x Handhacke bis kurz vor Reihenschluss 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne
Somme- rgerste	1, 3, 5	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 2 l/ha Bucril NA 	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 1,5 l/ha max. 2x Folicur (EC 29-61) 	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 0,6 l/ha bis 2x Thiodan35
	2	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 2 l/ha Bucril NA 	<ul style="list-style-type: none"> - nach Bekämpfungsrichtwerten des Pflanzenschutzdienstes 	
	4, 6	<ul style="list-style-type: none"> - 1x Eggenstrich ca. 6 Tage nach Aussaat und/oder beim Spitzen - 1x Egge ab 4-Blatt-Stadium (vor Bestockung) 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne
Mais	1, 3, 5	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 5 l/ha Stomp 		
	2 4, 6	<ul style="list-style-type: none"> - 1x mechanische Unkrautbekämpfung, 2x hacken 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne
Winter- gerste	1, 3, 5	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 2,5 l/ha Terpal C - 1x 5 l/ha Stomp VA Herbst ¹⁾ - 1x 3l/ha Dicuran 700 Frühjahr 	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 1,5 l/ha Sportak Alpha - 1x 1,0 l/ha Corbel - 1x 1,0 l/ha Simbo bei später Mischinfektion - 2,0 l/ha Sambarin 	<ul style="list-style-type: none"> - 0,6 l/ha bis 2x Thiodan35
	2	<ul style="list-style-type: none"> - 1x 2,5 l/ha Terpal C - 1x 3l/ha Dicuran 700 Frühjahr 	<ul style="list-style-type: none"> - nach Bekämpfungsrichtwerten des Pflanzenschutzdienstes 	
	4, 6	<ul style="list-style-type: none"> - 1x Eggenstrich ca. 6 Tage nach Aussaat und/oder beim Spitzen 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne 	<ul style="list-style-type: none"> - ohne

Tabelle 4: (Fortsetzung)

Kultur	Varian- te	Herbizide/mechanische Unkraut- regulierung	Fungizide	Insektizide
Winter- weizen	1, 3, 5	– 1x 2,5 l/ha Terpal C – 1x 5 l/ha Stomp VA Herbst ¹⁾ – 1x 3l/ha Dicuran 700 Frühjahr	– 1x 1,5 l/ha Sportak Alpha – 1x 1,0 l/ha Corbel – 1x1,0 l/ha Simbo bei später Mischinfektion 2,0 l/ha Sambarin	– 1x 0,6 l/ha bis 2x Thiodan35
	2	– 1x 2,5 l/ha Terpal C – 1x 3l/ha Dicuran 700 Frühjahr	– nach Bekämpfungsrichtwerten des Pflanzenschutzdienstes	
	4, 6	– 1x Eineggen im Herbst ca. 6 Tage nach Saat, bzw. beim Spitzen – 1x Anwalzen im Frühjahr – 1x scharfes Eggen nach Walze – mechanische Unkrautbekämpfung	– ohne	– ohne
<p>1 = konventionell optimales Bewirtschaftungssystem (hohe Intensität, mit org. Düngung) 2 = aufwandreduziertes Bewirtschaftungssystem (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz) 3 = ohne Mineraldüngung, verstärkte organische Düngung mit PSM 4 = hohe Mineraldüngung und organische Düngung, ohne PSM 5 = ohne organische Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System) 6 = extensives System</p>				

¹⁾ bei verstärkter Verunkrautung mit Windhalm, Einjähriger Rispe, Ackerfuchsschwanz;
 VA = Vorauflauf; NA = Nachauflauf

2.3 Witterung im Versuchszeitraum sowie Standortbeschreibung

zeitraum der Jahre 1993 bis 1997 ist für die Standorte Methau und Spröda aus den Tabellen 5 – 6 abzulesen. Am Sandstandort Spröda wurden erst ab dem Jahr 1994 Witterungsdaten erhoben.

Der Verlauf der monatlichen durchschnittlichen Niederschläge und Temperaturen im Versuchs-

Tabelle 5: Niederschläge (mm) und Temperaturen (°C) am Standort Methau

	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Summe
Niederschlag (mm)													
1993	57,5	26,4	17,5	31	74,5	80,2	127,9	71,7	45,3	33,1	39,7	83,7	688,5
1994	44,3	15,8	130,6	64,3	86,1	37,0	40,8	120,1	81,4	31,9	56,6	57,6	766,5
1995	37,7	40,3	25,2	89,0	81,5	88,7	59,1	88,5	116,4	18,4	72,9	30,1	747,8
1996	0,4	19,4	16,3	12,4	80,1	23,1	118,5	59,7	75,6	47,7	45,5	29,0	527,7
1997	16,0	49,0	41,0	49,0	72,0	43,0	160,0	35,0	28,0	57,0	17,0	62,0	629,0
Temperatur (°C)													Mittelwert
1993													
1994	3,1	-0,7	6,2	8,3	12,7	16,2	22,0	18,5	13,7	7,8	6,8	3,6	9,9
1995	-0,3	4,6	3,2	8,0	12,3	14,1	20,7	18,7	13,1	12,1	2,3	-2,5	8,9
1996	-4,3	-2,7	0,0	8,5	11,0	15,4	15,6	17,5	10,2	9,7	4,6	-3,9	6,8
1997	-2,7	3,9	5,3	5,6	13,1	15,9	17,0	20,0	14,1	7,5	3,5	1,7	8,7

Tabelle 6: Niederschläge (mm) und Temperaturen (°C) am Standort Spröda

	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	
Niederschlag (mm)													Summe
1994	*)	-	-	74,2	88,5	29,3	33,5	11,5	41,2	19,6	37,1	24,7	359,6
1995	22,5	30,2	25,0	67,7	31,8	56,9	49,4	43,1	76,0	3,3	28,1	15,1	449,1
1996	0,3	4,6	6,0	15,4	51,9	18,3	107,1	51,4	31,7	28,6	33,6	12,0	360,9
1997	3,0	26,0	18,0	17,0	51,0	31,0	107,0	23,0	20,0	33,0	12,0	40,0	381,0
Temperatur (°C)													Mittelwert
1994	*)	-	-	8,9	13,1	16,8	22,4	18,8	14,2	7,8	7,1	4,2	-
1995	0,4	5,3	3,7	8,7	12,3	15,1	21,2	19,6	13,9	12,3	3,1	-2,1	9,5
1996	-4,3	-2,8	0,8	8,8	11,7	16,0	16,5	18,0	11,6	10,1	5,3	-3,4	7,4
1997	-2,7	4,8	5,7	6,4	13,5	16,7	18,3	20,9	14,7	8,3	3,8	2,1	9,4

*) Inbetriebnahme der Wetterstation Spröda im April 1994

Der Versuchsstandort Methau liegt zwischen Colditz und Rochlitz östlich der Mulde im Kreis Mittweida, Sachsen. Der Standort ist 265 m über NN gelegen und durch eine flachwellige Lage gekennzeichnet. Es herrscht das mitteldeutsche Berg- und Hügelklima vor, d.h. es ist ein mäßig trockenes, mäßig warmes Klima der unteren Lagen, schwächer maritim beeinflusst. Die Bodenform ist ein Löß-Braunstaugley (Gleyic-Luvisol) aus Lehm (L), die geschätzten Bodenpunkte liegen bei 70/63. Der Feinerdeanteil beträgt 25,9 %.

Der Versuchsstandort Spröda befindet sich ca. 5 km östlich von Delitzsch, Landkreis Delitzsch im Regenschattengebiet des Harzes am Rande der Leipziger Tieflandbucht in Sachsen. Der Standort ist 120 m über NN gelegen und durch eine ebene Lage gekennzeichnet. Es herrscht ein trockenwarmes Klima der unteren Lagen vor. Der Bodentyp ist ein starker Lessive aus Geschiebelehm, die Bodenform eine Tieflehm-Fahlerde (Albic Luvisol) aus anlehmigem Sand (SI), die geschätzten Bodenpunkte liegen bei 30/33. Der Feinerdeanteil beträgt 11,6 %. Der Untergrund ist ein Kies-Staukörper.

3 Ergebnisse

3.1 Acker- und pflanzenbauliche Effekte der Bewirtschaftungsintensität

Der Einfluss der Bewirtschaftungssysteme auf die Erträge der einzelnen Kulturarten sowie auf die jeweiligen Qualitätsparameter werden tabellarisch dargestellt. Die untersuchten Merkmale sind in absoluten Werten sowie in Bezug auf die konventionell optimale Intensität (Variante 1 = 100 %) angegeben worden.

3.1.1 Winterweizen und Wintergerste

Varianten 1 - 2

Unter Beibehaltung der Höhe der organischen Düngung führte am Anbauort Methau eine Reduktion der mineralischen N-Düngung sowie des PSM-Einsatzes zu einer Abnahme der Kornerträge von W.-Weizen und W.-Gerste von 2 – 4 % und der Stroherträge bei Weizen um 7 %, während die Stroherträge bei W.-Gerste etwas angestiegen sind (Tab. 7 u. 9). Im Gegensatz zu diesen rel. geringen Mengenveränderungen gab es eine bedeutende Verringerung der backtechnischen Eignung des Kornmaterials von Weizen. So fiel der Gehalt an Rohprotein von 13,2 % auf 11,4 % ab, entsprechend veränderte sich auch der Sedimentationswert. Die Reduzierung der Düngung hatte ebenfalls eine deutliche Abnahme der Nährstoffzüge beider Getreidearten um 10 – 16 % zur Folge. Auf dem Sandboden in Spröda sind demgegenüber kaum Differenzen zwischen diesen beiden Intensitätsstufen aufgetreten (Tab. 8 u. 10).

Varianten 1 – 3

Eine verstärkte organische Düngung bei Unterlassung der mineralischen N-Düngung bei insgesamt starker Reduzierung der N-Zufuhr über die Düngung um ca. 50 % hatte am Ort Methau einen Abfall der Kornerträge zwischen 12 % und 26 %, der Stroherträge um 32 – 33 % und der Rohproteingehalte um 26 – 27 % (rel.) zur Folge (Tab. 7 u. 9). Am Vergleichsort Spröda war der Abfall in den Erträgen und in der Qualität noch stärker ausgeprägt (Tab. 8 u. 10). Durch den Abfall der Düngung sind die Gehalte an Stärke bei beiden Getreidearten allerdings etwas angestiegen.

Varianten 3 – 6 und 1 – 4

Durch den zusätzlichen Wegfall jeglicher PS-Maßnahmen sind die Kornerträge von W.-Gerste um weitere 10 % abgefallen, bei W.-Weizen war dieser Abfall mit 2 % wesentlich geringer. Am Ort Spröda war der Abfall der Erträge durch den Wegfall an PSM noch deutlicher ausgefallen. Auch die Rohproteingehalte sind etwas reduziert worden (Tab. 7 – 10).

Varianten 1 – 5

Durch Belassen der Koppelprodukte auf dem Acker sowie Unterlassung der organischen Düngung sind die Erträge der beiden Kulturarten meistens noch etwas angestiegen, es wurden oft sogar die höchsten Erträge der Versuche gemessen (Tab. 7 – 10).

Tabelle 7: Winterweizen: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1992, 1993, 1997 (Sorten: Toronto, Contra, Borenos) am Standort Methau

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1 konventionell / optimal	2 aufwandreduziert	3 ohne Mineraldgg, verstärkte org. Düngung, PSM	4 hohe Mineraldgg, org. Düngung, ohne PSM	5 ohne org. Düngung, hohe Mineraldgg.	6 extensives System
Korn (dt/ha, 86 % TM)	73,4	70,7	57,3	66,7	75,1	55,6
rel.	100,0	96,3	78,1	90,9	102,3	75,7
Stroh (dt/ha, 86 % TM)	45,1	42,1	30,6	44,4	44,9	32,6
rel.	100,0	93,3	67,8	98,4	99,6	72,3
Ähren (Anzahl/m ²)	442,3	455,4	395,8	455,1	437,2	376,4
rel.	100	103,0	89,5	102,9	98,8	85,1
Körner (Anzahl/Ähre, nur 1992)	40,6	37,4	32,7	39,4	42,9	34,2
rel.	100	92,1	80,5	97,0	105,7	84,2
TKM (g)	43,0	42,7	43,9	41,5	43,8	44,3
rel.	100	99,2	102,0	96,6	101,9	103,0
Rohprotein (%)	13,2	11,4	9,7	12,8	11,8	10,3
rel.	100	86,9	73,7	96,8	89,3	77,9
Sedimentationswert (cm ³)	35	21,0	14,0	32,0	32,0	14,0
rel.	100	60,0	40,0	91,4	91,4	40,0
Fallzahl ^{**}) (sec)	193	239,0	244,0	136,0	258,0	225,0
rel.	100	123,8	126,4	70,5	133,7	116,6
Stärke ^{**}) (%)	68	68,7	69,4	67,3	68,50	69,5
rel.	100	101,1	102,1	99,0	100,8	102,2
Stärke ^{**}) (dt/ha)	47,2	42,4	28,8	40,2	47,5	26,3
rel.	100	89,7	61,0	85,2	100,5	55,6
N-Entzüge [*]) (kg/ha)	171,5	145,2	97,2	154,0	156,3	100,7
rel.	100	84,7	56,7	89,8	91,2	58,7
P-Entzüge [*]) (kg/ha)	23,5	21,1	15,3	21,2	22,8	15,5
rel.	100	90,1	65,4	90,5	97,1	65,9
K-Entzüge [*]) (kg/ha)	56,4	49,2	36,5	51,7	55,2	37,6
rel.	100	87,2	64,7	91,7	97,9	66,7
Mg-Entzüge [*]) (kg/ha)	13,7	11,5	8,9	9,9	14,7	10,4
rel.	100	84,0	65,0	72,2	107,8	76,3

^{*}) Korn + Stroh, ^{**}) nur 1997

Tabelle 8: Winterweizen: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1993, 1997 (Sorten: Borenos und Alidos) am Standort Spröda

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Korn (dt/ha, 86 % TM)	44,6	45,1	36,2	43,3	45,7	28,6
rel.	100,0	101,0	81,2	97,1	102,5	64,1
Stroh (dt/ha, 86 % TM)	33,8	32,5	16,3	26,1	29,4	13,3
rel.	100,0	96,2	48,2	77,2	87,1	39,4
Ährenzahl/m ²	384,3	414,7	387,3	407,6	380,8	399,9
rel.	100,0	107,9	100,8	106,1	99,1	104,1
TKM (g)	42,0	42,0	43,4	41,3	41,7	42,3
rel.	100,0	100,1	103,4	98,4	99,3	100,8
Rohprotein (%)	15,3	15,5	12,9	15,9	15,5	12,0
rel.	100,0	101,4	84,7	104,2	101,5	78,7
Sedimentationswert (cm ³)	55,7	54,3	38,5	57,5	54,7	22,3
rel.	100,0	97,6	69,2	103,3	98,2	40,1
Fallzahl ^{**}) (sec.)	338	365,0	353,5	336,8	346,8	314,8
rel.	100	108,0	104,6	99,6	102,6	93,1
Stärke ^{**}) (%)	64,1	64	66,1	63,4	65,8	67,1
rel.	100	99,8	103,2	98,9	102,7	104,7
Stärke ^{**}) (dt/ha)	26,1	27,2	26,2	26,6	28,3	17,0
rel.	100	104,3	100,6	101,9	108,4	65,0
N-Entzüge [*]) (kg/ha)	103,0	100,7	57,0	96,6	98,9	43,5
rel.	100	97,7	55,3	93,8	96,0	42,2
P-Entzüge [*]) (kg/ha)	12,4	12,7	11,0	12,5	12,3	7,1
rel.	100	102,4	88,6	101,1	99,2	57,3
K-Entzüge [*]) (kg/ha)	38,9	40,2	19,3	33,8	37,0	16,0
rel.	100	103,5	49,7	86,9	95,2	41,1
Mg-Entzüge [*]) (kg/ha)	7,6	8,5	5,5	6,9	8,8	5,3
rel.	100	113,0	73,3	91,8	116,0	70,7

^{*}) Korn + Stroh

^{**}) nur 1997

Tabelle 9: Wintergerste: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1993, 1994 (Sorte: Masto) am Standort Methau

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Korn (dt/ha, 86 % TM)	58,4	57,4	43,3	54,7	59,9	37,1
rel.	100,0	98,3	74,2	93,7	102,7	63,5
Stroh (dt/ha, 86 % TM)	35,6	36,5	24,0	39,1	33,1	26,0
rel.	100,0	102,5	67,4	109,8	92,8	72,9
Ähren (Anzahl/m ² , nur 1994)	425,0	401,0	323,0	469,0	413,0	279,0
rel.	100,0	94,4	76,0	110,4	97,2	65,6
TKM (g, nur 1994)	42,8	42,7	43,7	43,2	43,8	43,7
rel.	100,0	99,8	102,2	101,0	102,5	102,1
Rohprotein (%)	11,4	9,7	8,3	11,3	10,9	8,2
rel.	100,0	85,6	73,1	99,5	96,4	72,6
N-Entzüge *) (kg/ha)	124,5	105,9	69,1	118,9	118,4	61,2
rel.	100,0	85,1	55,5	95,5	95,1	49,2
P-Entzüge *) (kg/ha)	18,5	18,9	14,3	19,2	19,2	13,1
rel.	100,0	102,2	77,2	103,8	104,1	71,0
K-Entzüge *) (kg/ha)	60,4	55,5	45,0	58,7	53,3	44,6
rel.	100,0	91,9	74,4	97,1	88,2	73,8
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	7,6	6,8	7,1	9,0	10,4	7,5
rel.	100,0	90,3	94,1	119,4	137,9	99,3

*) Korn + Stroh

Tabelle 10: Wintergerste: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1993, 1994 (Sorte: Masto) am Standort Spröda

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Korn (dt/ha, 86 % TM)	51,2	51,3	33,8	44,8	50,9	29,3
rel.	100,0	100,2	65,9	87,5	99,3	57,2
Stroh (dt/ha, 86 % TM)	36,3	24,2	24,9	26,5	36,1	29,3
rel.	100,0	66,6	68,6	73,0	99,6	80,7
Ähren (Anzahl/m ² , nur 1994)	372,7	375,5	258,7	320,3	338,5	250,8
rel.	100,0	100,8	69,4	86,0	90,8	67,3
TKM (g, nur 1994)	43,2	42,3	40,5	41,3	41,1	39,5
rel.	100,0	98,1	93,8	95,6	95,2	91,5
Rohprotein (%)	11,7	11,5	10,0	11,1	11,8	9,8
rel.	100,0	98,5	85,8	94,6	100,9	84,2
Stärke (%)	62,2	62,6	62,8	62,5	62,6	62,1
rel.	100,0	100,7	101,0	100,5	100,7	99,9
N-Entzüge *) (kg/ha)	115,5	103,4	64,6	90,0	120,2	70,9
rel.	100,0	89,6	56,0	78,0	104,1	61,4
P-Entzüge *) (kg/ha)	17,7	16,6	12,3	14,5	19,3	12,8
rel.	100,0	93,6	69,2	81,9	109,0	72,3
K-Entzüge *) (kg/ha)	67,3	50,4	41,6	51,0	61,9	44,5
rel.	100,0	74,9	61,8	75,8	92,0	66,2
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	6,4	5,6	5,3	4,7	5,7	5,2
rel.	100,0	87,4	82,6	73,6	87,7	81,3

*) Korn + Stroh

3.1.2 Sommergerste und Mais

Varianten 1 - 2

Durch den Abfall der mineralischen N-Düngung um 25 % sind die Kornerträge bei S.-Gerste um 13 % und bei Mais um durchschnittlich 7 % reduziert worden. Die Ganzpflanzenerträge (FM) sind bei Mais sogar um 14 – 27 % abgefallen. Während der Gehalt an Rohprotein bei S.-Gerste um 7 – 8 % (rel.) abgefallen ist, hat sich diese N-Komponente bei Mais nicht deutlich verändert (Tab. 11 – 14).

Varianten 1 – 3

Bei weiterer Reduzierung der Gesamt-N-Zufuhr durch Unterlassung der mineralischen N-Düngung wurden bei Mais noch 82 % bzw. 71 % des Gesamtertrages im Vergleich zu einer hohen optimalen Nährstoffversorgung erzielt. Die Kornerträge des Anbauortes Methau wurden bei S.-Gerste um ca. 30 % reduziert, während am Ort Spröda keine Änderung der Kornerträge, aber eine Verringerung der Stroherträge um 28 % sowie eine Abnahme der Rohproteingehalte von 12,5 % auf 9,7 %, d. h. um rel. 23 % erfolgt ist. Die Vollkornanteile sowie die Stärkegehalte sind demgegenüber durch Reduzierung der Düngung am Ort Spröda angestie-

gen, während am Ort Methau diesbezüglich kaum Änderungen zu beobachten waren (Tab. 11 – 14).

Varianten 3 – 6 und 1 – 4

Eine Unterlassung von PS-Maßnahmen führte bei S.-Gerste zu einem zusätzlichen Abfall der Kornerträge um 5 – 6 % (Methau) bzw. bis zu 12 % (Spröda), während Qualitätsparameter sich in den Extensiv-Varianten in ihren Gehalten nicht so deutlich verändert haben (Tab. 11 – 14).

Varianten 1 – 5

Die viehlose Wirtschaftsweise (nur mineral. Düngung, Koppelprodukte verbleiben) hatte am leichten Standort Spröda eine z.T. deutliche Verringerung der Kolbenerträge bei Mais von 13 % sowie einen Anstieg der Kornerträge von S.-Gerste um 6 % zur Folge, während auf dem Lößboden in Methau kaum Änderungen in den Erträgen eingetreten waren. Auch die Stärkegehalte der Maiskolben waren am Ort Methau deutlich abgefallen, so dass nur noch ein Stärkeertrag von 72 % des Ertrages in Variante 1 berechnet werden konnte (Tab. 11 – 14).

Tabelle 11: Sommergerste: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1995, 1996 und 1997 (Sorte: Krona) am Standort Methau

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Korn (dt/ha, 86 % TM)	58,5	50,6	40,8	55,7	57,8	37,4
rel.	100,0	86,6	69,7	95,3	98,8	63,9
Stroh (dt/ha, 86 % TM)	26,6	26,9	18,1	26,1	27,5	20,3
rel.	100,0	101,4	68,1	98,4	103,6	76,3
Ähren (Anzahl/m ²)	280,0	266,7	222,7	267,8	284,6	200,8
rel.	100,0	95,3	79,5	95,7	101,6	71,7
Vollkorn-Anteil (%)	97,0	97,0	96,8	95,9	96,9	95,6
rel.	100,0	100,0	99,7	98,9	99,8	98,5
TKM (g)	45,8	45,2	45,3	45,1	45,8	44,4
rel.	100,0	98,7	99,0	98,5	99,9	97,0
Rohprotein (%)	8,7	8,0	8,1	8,3	8,7	7,9
rel.	100,0	92,6	93,4	95,9	100,7	91,2
Stärke (%)	61,4	61,8	62,1	61,6	58,6	62,2
rel.	100,0	100,7	101,2	100,4	95,6	101,4
N-Entzüge *) (kg/ha)	84,6	69,5	55,4	78,6	84,3	51,1
rel.	100,0	82,2	65,5	92,9	99,6	60,4
P-Entzüge *) (kg/ha)	14,2	12,4	10,5	13,3	13,8	9,8
rel.	100,0	86,8	74,0	93,1	97,0	69,1
K-Entzüge *) (kg/ha)	40,9	37,9	25,6	38,9	40,9	26,6
rel.	100,0	92,7	62,6	95,2	100,0	65,0
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	4,3	3,9	3,0	4,1	4,1	3,2
rel.	100,0	91,6	69,7	96,4	95,0	74,5

*) Korn + Stroh

Tabelle 12: Sommergerste: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1995, 1996 und 1997 (Sorte: Krona) am Standort Spröda

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Korn (dt/ha, 86 % TM)	39,5	40,8	39,4	40,1	41,9	34,7
rel.	100,0	103,4	99,9	101,7	106,3	88,0
Stroh (dt/ha, 86 % TM)	24,6	26,7	20,2	22,3	26,8	14,4
rel.	100,0	108,7	82,2	90,6	109,0	58,8
Ähren (Anzahl/m ²)	199,8	188,6	179,4	190,8	205,6	201,5
rel.	100,0	94,4	89,8	95,5	102,9	100,9
Vollkorn-Anteil (%)	94,3	96,3	98,3	95,9	94,7	98,6
rel.	100,0	102,2	104,2	101,8	100,5	104,6
TKM (g)	47,6	48,1	47,6	46,2	47,0	45,9
rel.	100,0	101,0	99,8	97,0	98,6	96,3
Rohprotein (%)	12,5	11,5	9,7	11,5	12,1	9,4
rel.	100,0	91,4	77,3	91,8	96,5	74,8
Stärke (%)	55,8	57,7	57,9	58,3	58,3	58,8
rel.	100,0	103,5	103,8	104,5	104,4	105,4
N-Entzüge *) (kg/ha)	97,2	95,6	72,7	89,0	98,6	61,4
rel.	100,0	98,4	74,8	91,6	101,5	63,1
P-Entzüge *) (kg/ha)	18,8	20,0	16,7	18,2	19,4	13,9
rel.	100,0	106,1	88,6	96,4	103,1	74,0
K-Entzüge *) (kg/ha)	47,7	48,2	36,8	43,1	50,9	29,5
rel.	100,0	100,9	77,1	90,3	106,7	61,8
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	4,7	4,5	4,2	4,2	4,0	3,1
rel.	100,0	96,0	89,8	88,0	84,4	65,4

*) Korn + Stroh

Tabelle 13: Mais: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Jahre 1994, 1995 und 1996 (Sorte: Alarik) am Standort Methau

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
FM-Kolben (dt/ha)	128,3	119,7	93,9	122,9	127,5	94,1
rel.	100,0	93,3	73,2	95,8	99,4	73,4
FM-Restpfl. (dt/ha)	134,0	106,7	91,8	109,4	132,5	94,1
rel.	100,0	79,6	68,5	81,6	98,8	70,2
FM-Ganzpfl. (dt/ha)	262,3	226,4	185,7	232,3	260,0	188,2
rel.	100,0	86,3	70,8	88,6	99,1	71,8
Kolbenanteil (%)	63,6	67,9	63,6	67,2	63,6	57,7
rel.	100,0	106,8	100,1	105,7	100,0	90,8
Restpfl.-Anteil (%)	36,4	32,1	36,4	32,8	36,4	42,3
rel.	100,0	88,1	99,8	90,1	100,0	116,0
TM Kolben *) (%)	83,7	84,9	84,0	83,8	84,8	83,7
rel.	100,0	101,4	100,3	100,1	101,2	100,0
TM Restpfl. (%)	26,8	26,1	26,6	26,6	26,9	27,3
rel.	100,0	97,3	99,1	99,2	100,3	101,9
Rohprotein (%)	9,4	9,2	8,5	9,5	9,3	9,0
rel.	100,0	98,4	91,1	101,8	98,8	95,7
Stärke (%; Korn)	66,3	66,7	68,5	67,2	66,7	67,7
rel.	100,0	100,7	103,3	101,4	100,7	102,2
Stärke (dt/ha; Korn)	34,2	35,6	24,7	37,2	33,6	25,8
rel.	100,0	104,1	72,2	108,7	98,2	75,4
N-Entzüge (kg/ha)	105,8	89,3	62,4	98,2	107,2	75,4
rel.	100,0	84,4	59,0	92,9	101,3	71,2
P-Entzüge (kg/ha)	22,2	20,1	16,1	20,2	22,2	19,4
rel.	100,0	90,5	72,2	90,8	99,9	87,2
K-Entzüge (kg/ha)	61,5	53,8	42,8	55,0	61,0	51,6
rel.	100,0	87,3	69,6	89,3	99,2	83,8
Mg-Entzüge (kg/ha)	10,6	7,5	7,4	9,8	10,9	9,2
rel.	100,0	71,0	69,6	92,5	102,5	86,8

*) Korn

Tabelle 14: Mais: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Jahre 1994, 1995 und 1996 (Sorten: Bekmo, Tunica) am Standort Spröda

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
FM-Kolben (dt/ha)	44,5	41,0	48,5	42,2	38,6	45,4
rel.	100,0	92,3	109,1	94,8	86,9	102,1
FM-Restpfl. (dt/ha)	237,0	163,9	183,2	224,3	208,6	180,9
rel.	100,0	69,1	77,3	94,7	88,0	76,3
FM-Ganzpfl. (dt/ha)	281,4	204,9	231,7	266,5	247,2	226,3
rel.	100,0	72,8	82,3	94,7	87,8	80,4
Kolbenanteil (%)	38,4	45,6	44,8	37,6	38,8	40,5
rel.	100,0	118,9	116,8	98,1	101,0	105,7
Restpfl.-Anteil (%)	61,6	54,4	55,2	62,4	61,2	59,5
rel.	100,0	88,2	89,5	101,2	99,4	96,5
TM Kolben (%)	52,5	43,8	51,9	48,3	52,1	43,3
rel.	100,0	83,5	98,9	92,0	99,2	82,4
TM Restpfl. (%)	23,3	25,0	25,3	23,4	23,0	22,9
rel.	100,0	107,2	108,8	100,4	98,7	98,5
Rohprotein (%)	9,3	9,5	8,4	10,2	10,0	8,8
rel.	100,0	102,1	89,6	109,5	107,3	94,2
Stärke (%; Korn)	60,4	60,4	60,7	56,4	57,7	59,9
rel.	100,0	99,9	100,5	93,4	95,5	99,1
Stärke (dt/ha; Korn)	24,8	13,8	19,9	20,1	17,9	16,4
rel.	100,0	55,5	80,0	80,8	71,9	66,0
N-Entzüge *) (kg/ha)	76,1	53,1	40,6	78,9	60,9	39,8
rel.	100,0	69,7	53,4	103,7	80,0	52,2
P-Entzüge *) (kg/ha)	6,1	4,3	5,7	5,7	5,1	6,2
rel.	100,0	71,3	94,4	93,5	84,0	102,5
K-Entzüge *) (kg/ha)	139,3	93,2	102,0	135,4	103,9	90,3
rel.	100,0	66,9	73,2	97,2	74,6	64,8
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	7,8	5,0	3,6	6,3	5,9	4,7
rel.	100,0	64,5	45,8	80,7	76,7	60,9

*) 1994 keine Inhaltsstoffe

3.1.3 Zuckerrübe

Varianten 1 – 2

Durch die Verringerung der mineralischen N-Düngung um 25 % (Abnahme der Gesamt-N-Zufuhr über Düngung um ca. 15 %) wurden die Rübenenerträge geringfügig um 2,5 % (Methau) bzw. um 8 % (Spröda) reduziert. Gleichzeitig sind die Gehalte an Saccharose und der bereinigte Zuckeranteil (BZG) etwas angestiegen, die bereinigten Zuckererträge (BZE) sind aber in Methau um 7 % und am Ort Spröda um 3 % abgefallen (Tab. 15 u. 16).

Varianten 1 – 3

Eine weitere Reduzierung der gesamten N-Zufuhr war an beiden Orten durch geringere

Rübenenerträge und bereinigte Zuckererträge gekennzeichnet (Tab. 15 u. 16).

Varianten 3 – 6 und 1 – 4

Ein Weglassen des PSM-Einsatzes hatte keine großen Auswirkungen auf Rübenenerträge und – Qualität.

Varianten 1 – 5

Die Belassung der Koppelprodukte auf dem Feld (viehloses System) führte bei Zuckerrüben zu einer Absenkung der Rübenenerträge zwischen 4 % und 13 %. Dagegen war die Qualität der Rüben etwas angestiegen, doch waren in diesen Varianten die bereinigten Zuckererträge am Ort Spröda um 8 % abgefallen und nur am Ort Methau um 2,5 % angestiegen (Tab. 15 u. 16).

Tabelle 15: Zuckerrübe: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Jahre 1992, 1996 und 1997 (Sorten: Reka, Elan, Auric) am Standort Methau

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Rübe (dt/ha)	674,0	657,0	640,8	678,7	648,0	635,1
rel.	100,0	97,5	95,1	100,7	96,1	94,2
Blatt (dt/ha)	392,6	346,1	263,1	384,4	395,9	247,5
rel.	100,0	88,2	67,0	97,9	100,8	63,0
Saccharose (%)	15,9	16,0	16,0	16,0	16,1	16,8
rel.	100,0	101,1	100,8	100,8	101,6	105,7
BZG (%)	13,7	13,9	14,0	13,9	14,0	14,7
rel.	100,0	101,4	101,9	100,9	101,9	107,1
BZE (dt/ha)	92,6	91,5	89,7	94,1	90,7	93,5
rel.	100,0	92,5	83,9	96,9	102,5	84,9
P-Entzüge *) (kg/ha)	11,5	10,1	8,9	11,1	13,0	7,7
rel.	100,0	88,2	77,7	96,9	113,5	66,8
K-Entzüge *) (kg/ha)	200,8	187,8	165,4	212,7	200,6	155,5
rel.	100,0	93,5	82,4	105,9	99,9	77,4
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	18,1	16,6	14,8	18,9	23,5	12,6
rel.	100,0	91,7	82,2	104,4	130,2	69,7

*) Entzüge nur für Blatt

Tabelle 16: Zuckerrübe: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1992, 1996 und 1997 (Sorten: Kawetina, Orbis, Arnika) am Standort Spröda

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Rübe (dt/ha)	513,4	472,2	443,7	535,3	448,7	482,5
rel.	100,0	92,0	86,4	104,3	87,4	94,0
Blatt (dt/ha)	175,8	160,9	176,6	173,4	151,2	161,1
rel.	100,0	91,6	100,5	98,7	86,0	91,7
Saccharose (%)	19,2	20,1	19,9	19,4	20,2	19,6
rel.	100,0	104,9	103,7	100,9	105,1	102,1
BZG (%)	17,1	17,9	17,8	17,3	17,9	17,5
rel.	100,0	104,9	104,2	101,4	105,0	102,8
BZE (dt/ha)	87,6	84,4	78,9	92,6	80,4	84,6
rel.	100,0	96,6	90,3	106,4	91,9	96,7
P-Entzüge *) (kg/ha)	7,0	6,9	6,5	9,1	5,5	6,9
rel.	100,0	98,9	92,6	129,7	79,1	98,4
K-Entzüge *) (kg/ha)	121,4	138,5	133,0	158,3	120,0	133,4
rel.	100,0	114,1	109,6	130,4	98,8	109,9
Mg-Entzüge *) (kg/ha)	21,2	23,7	23,4	26,4	17,4	23,9
rel.	100,0	111,8	110,7	124,8	82,3	113,1

*) Entzüge nur für Blatt

3.1.4 Knaulgras-Stilllegung und Mittelwert der Fruchtfolge

Auf den Stilllegungsflächen erfolgten keine direkten Düngungs- und PSM-Anwendungen. Da es sich um Dauerversuche handelt, sind z.T. deutliche Nachwirkungen der Maßnahmen vorzufinden. Während aber auf dem Lößboden eine Reduzierung der Durchschnittsdüngung zu einer Abnahme der Knaulgrasaufwüchse an

Frischmasse (FM) führte und PSM-Anwendungen keine Nachwirkungen zeigten, traten am Ort Spröda z.T. entgegengesetzte Ergebnisse auf, die sich in ansteigenden Erträgen infolge Düngungsreduktion und PSM-Unterlassung in den vorausgehenden Kulturen zeigten (Tab. 17 u. 18).

Tabelle 17: Stilllegung - Knaulgras: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Anbaujahre 1993, 1994 und 1995 (Sorten: Trebina, Motterwitzer) am Standort Methau

	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
Ertrags- und Qualitätsparameter	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
FM (dt/ha)	186,8	172,3	159,9	191,3	206,7	160,5
rel.	100,0	92,1	85,2	100,9	105,3	86,1
TS (%)	28,0	28,2	28,8	27,2	27,4	27,6
rel.	100,0	100,6	102,7	97,0	97,6	98,5
Rohprotein (%)	9,4	9,5	9,0	9,5	9,3	9,6
rel.	100,0	101,4	96,6	101,4	99,9	102,7
N-Entzüge (kg/ha)	64,9	62,7	55,9	64,9	69,7	57,8
rel.	100,0	96,5	86,0	99,9	107,4	89,0
P-Entzüge (kg/ha)	14,1	13,4	12,3	13,7	14,2	12,5
rel.	100,0	95,0	87,5	97,9	107,9	86,9
K-Entzüge (kg/ha)	106,5	101,2	93,2	104,2	114,9	92,6
rel.	100,0	95,0	87,5	97,9	107,9	86,9
Mg-Entzüge (kg/ha)	6,3	5,4	5,8	6,6	7,4	5,4
rel.	100,0	85,3	92,2	104,5	116,7	85,0

Tabelle 18: Stilllegung - Knaulgras: Ertrags- und Qualitätsparameter im Durchschnitt der Jahre 1993, 1994 und 1995 (Sorte: Trebina) am Standort Spröda

Ertrags- und Qualitätsparameter	Bewirtschaftungsintensitäten					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
FM (dt/ha)	92,0	101,0	100,5	97,5	110,3	114,3
rel.	100,0	109,8	109,2	106,0	119,9	124,2
TM (%; b. Ernte)	31,4	33,0	33,7	31,2	33,0	33,4
rel.	100,0	105,2	107,4	99,4	105,3	106,4
Energie (Brennwert, kJ/ha) ^{*)}	16,8	16,8	16,8	16,8	16,7	16,8
rel.	100,0	100,1	99,9	100,3	99,6	100,0
Rohprotein (%)	9,1	8,3	8,4	8,4	9,1	9,2
rel.	100,0	90,7	91,4	92,4	100,0	101,0
N-Entzüge (kg/ha)	36,0	38,7	39,4	36,3	45,1	46,5
rel.	100,0	107,5	109,5	100,9	125,2	139,1
P-Entzüge (kg/ha)	7,2	7,8	8,5	7,8	8,4	9,0
rel.	100,0	109,6	114,5	106,5	129,7	137,1
K-Entzüge (kg/ha)	53,4	58,6	61,2	56,9	69,3	73,3
rel.	100,0	109,6	114,5	106,5	129,7	137,1
Mg-Entzüge (kg/ha)	4,6	5,0	6,0	5,8	6,9	6,9
rel.	100,0	109,2	131,0	126,4	151,2	150,2

^{*)} nur 1995

Im Durchschnitt der Fruchtfolge ist deutlich geworden, dass durch die beschriebenen Extensivierungsmaßnahmen insbesondere bei der Düngung die Erträge und die Qualität der geernteten Produkte unterschiedlich beeinflusst worden sind. Zunächst kann festgestellt werden, dass das Ertragsniveau der Hauptprodukte auf dem Sandboden um 1/3 unter dem des Lößstandortes lag. Hierbei gab es aber deutliche Unterschiede bei den untersuchten Kulturarten. Am geringsten war der Korn-Ertragsunterschied mit -12 % bei W.-Gerste zwischen den beiden Standorten. Es folgte

Zuckerrüben mit -24 %, S.-Gerste mit -32 %, W.-Weizen mit -38 % und der Maiskolbenertrag mit -65 %, während der Ganzpflanzenertrag mit +7 % sogar auf dem Sandboden höher lag als auf dem Lößboden.

Ein Vergleich der Ergebnisse der Variante 3 sowie aller Varianten ohne PSM-Anwendung in Beziehung zur optimalen Variante 1 (= 100 %) zeigt, dass es mit überschlagsmäßig -30 % bei W.-Gerste zum größten Ertragsabfall infolge einer Reduktion der Düngung und mit -9 % zur größten PSM-bedingten Abnahme der Korner-

träge gekommen ist. Es folgten der W.-Weizen mit -20 % (Düngung) und -8 % (PSM), die S.-Gerste mit -15 % (Düngung) und -5 % (PSM), Mais mit -9 % Kolbenertrag bzw. -13 % Ganzpflanzenertrag (Düngung) sowie -4 % (PSM) und Zuckerrüben mit -9 % Rübenenertrag (Düngung) sowie +3 % (PSM). Da die Rangfolgen zwischen Düngungs- und PSM-Effekten relativ identisch sind, waren Kulturarten mit deutlichen düngungsbedingten Effekten auch durch hohe PSM-Effekte charakterisiert.

Tabelle 19 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die gefundenen Wirkungen einzelner Merkmale im relativen Vergleich zur konventionellen Optimalvariante 1 (= 100 %). Zunächst kann festgestellt werden, dass an beiden Versuchsorten die Abnahme der Erträge der Koppelprodukte (Nebenprodukte) durch Reduzierung der Düngung deutlicher ausgefallen ist als die der Hauptprodukte. Erstaunlicher Weise ist der Ertragsabfall durch Reduktion der mineralischen N-Düngung und des PSM-

Aufwandes um 25 % (Gesamtzufuhrreduktion an Düngung 15 %) bzw. durch Weglassen der Mineraldüngung und Reduktion der Gesamtzufuhr um ca. 40 % auf dem Lößboden deutlicher ausgefallen als auf dem Sandboden.

Auch der Ertragsabfall der Hauptprodukte durch Unterlassung von PSM-Anwendungen war am Ort Methau mit 3 – 4 % stärker ausgeprägt als am Ort Spröda, an dem lediglich Verluste zwischen 1 – 2 % zu verzeichnen waren. Allerdings waren auf dem Sandstandort mit -6 % bis -13 % die Nebenprodukte wesentlich deutlicher durch PSM-Unterlassung abgefallen als am Ort Methau. Der Gehalt an Rohprotein ist ebenfalls am Ort Methau durch Extensivierung der Düngung deutlicher abgefallen als am Vergleichsort. Die Unterlassung von PSM-Anwendungen hatte am Ort Methau in der Tendenz sowie am Ort Spröda eine deutliche Anhebung der Rohproteingehalte von bis zu 5 % zur Folge (Tab. 19).

Tabelle 19: Relativer Vergleich (Variante 1 = 100 %) der Wirkungen der geprüften Bewirtschaftungsintensitäten auf Lössboden in Methau und Sandboden in Spröda im Gesamtdurchschnitt der Fruchtfolge

	Bewirtschaftungsintensität					
	1	2	3	4	5	6
	konventionell / optimal (hohe Intensität, mit org. Düngung)	aufwandreduziert (um 25 % verringerter MD-, PSM-Einsatz)	ohne Mineraldüngung, verstärkte org. Düngung und PSM	hohe Mineraldüngung und org. Düngung, ohne PSM	ohne org. Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)	extensives System
Methau						
Ertrag Hauptprodukte	100	94,0	79,2	96,2	100,8	76,1
Ertrag Nebenprodukte	100	93,0	67,8	97,2	99,1	70,9
Rohproteingehalt	100	91,8	83,9	99,7	98,1	86,4
N-Entzüge	100	86,4	64,9	95,1	98,5	66,8
P-Entzüge	100	92,1	75,3	95,4	102,0	74,8
K-Entzüge	100	91,2	73,8	96,3	98,6	76,1
Mg-Entzüge	100	85,7	78,8	98,2	115,0	82,0
Spröda						
Ertrag Hauptprodukte	100	99,8	92,0	98,5	100,4	89,5
Ertrag Nebenprodukte	100	86,4	75,3	86,8	93,9	69,4
Rohproteingehalt	100	98,6	88,2	101,0	105,8	93,1
N-Entzüge	100	91,0	68,6	94,4	100,8	70,5
P-Entzüge	100	95,7	91,1	97,0	103,8	88,6
K-Entzüge	100	93,4	80,2	98,0	98,3	81,5
Mg-Entzüge	100	94,0	84,5	92,1	103,2	85,7
Mittelwert Standorte						
Ertrag Hauptprodukte	100	96,9	85,6	97,4	100,6	82,8
Ertrag Nebenprodukte	100	89,7	71,5	92,0	96,5	70,2
Rohproteingehalt	100	95,2	86,0	100,4	101,9	89,7
N-Entzüge	100	88,7	66,8	94,8	99,7	68,6
P-Entzüge	100	93,9	83,2	96,2	102,9	81,7
K-Entzüge	100	92,3	77,0	97,1	98,4	78,8
Mg-Entzüge	100	89,8	81,6	95,2	109,1	83,8

Ein weiterer Vergleich der Bewirtschaftungsintensitäten zeigt für das System ohne organische Düngung mit optimaler Minereraldüngung (viehloses System, Var. 5) ein geringfügig höheres Niveau als das konventionell optimale System mit hoher Intensität und organischer Düngung (Var. 1) (Abb. 1). Auch OLFS et al. (1995) erhielten durch eine gezielte mineralische N-Düngung im Vergleich zur Stallmistdüngung in drei vierjährigen Fruchtfolgeversuchen eine deutliche Steigerung der Erträge und N-Entzüge, wobei der Einbau von Leguminosen in der Fruchtfolge die Mineral-N-Düngung annähernd kompensieren konnte. Nach SPECHT (1995) hatte ausschließliche Minereraldüngung mit Stickstoff und eine optimale spezielle Intensität Auswirkungen auf Ertragshöhe, Ertragsstruktur und Qualität von Backweizen, Braugerste und Brotroggen.

Die Varianten ohne Pflanzenschutzmittelanwendung (Var. 4) hatten einen maximal 3%-igen Abfall an Ertragsparametern zu Folge, während eine 25%-ige Reduzierung der N-Minereraldüngung und an Pflanzenschutzmitteln (Var. 2) schon eine 8%-ige Differenz der Erträge im Vergleich zur Variante 1 aufwies. Die extensive Variante 6 hatte mit etwa 80 % zusammen mit der Variante ohne Minereraldüngung, verstärkter organischer Düngung und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Var. 3) das geringste Ertragsniveau. Bei HANUS & SCHOOP (1993) zeigte eine Verminderung der Intensität in Winterweizen- und Wintergerste-Produktionsverfahren mit und ohne Gülle bzw.

mit und ohne Fungizide dagegen kaum Ertragswirkungen.

Die Qualitätsparameter veränderten sich zwischen den Varianten nicht so stark wie die Ertragsparameter (Abb. 1). Nach SPECHT (1995) hatte ein langjähriger Verzicht auf mineralische Düngung bei Backweizen, Braugerste und Brotroggen zu Ertragseinbußen von bis zu 50 % geführt. HANUS & SCHOOP (1993) schlossen aus Winterweizen- und Wintergerste-Produktionsverfahren mit und ohne Gülle bzw. mit und ohne Fungizideinsatz, dass bei Gülleinsatz für das Ertragsoptimum die erforderlichen N-Mengen niedriger lagen als bei N-Minereraldüngung. Nach LANG et al. (1995) verbesserte eine optimale Kombination von organischer Düngung mit Minereraldüngung die Ausnutzung des in organischen Düngern zugeführten Stickstoffs.

Der Ertragsabfall der extensiven Variante 6 zeigt Analogien zu den Ergebnissen von DEBRUCK (1998), der bei Auswertung von Dauerversuchen feststellte, dass biologisch wirtschaftende Betriebe einen Ertragsabfall zwischen 20 – 30 % bei Getreide und von 35 % bei Kartoffeln im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung aufweisen, die nur durch entsprechende Erlöse kompensiert werden können. BASEDOW & SCHMUTTERER (1998) führten das niedrigere Ertragsniveau im biologisch-dynamischen Anbausystem im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsweise auf das niedrigere N-Angebot zurück.

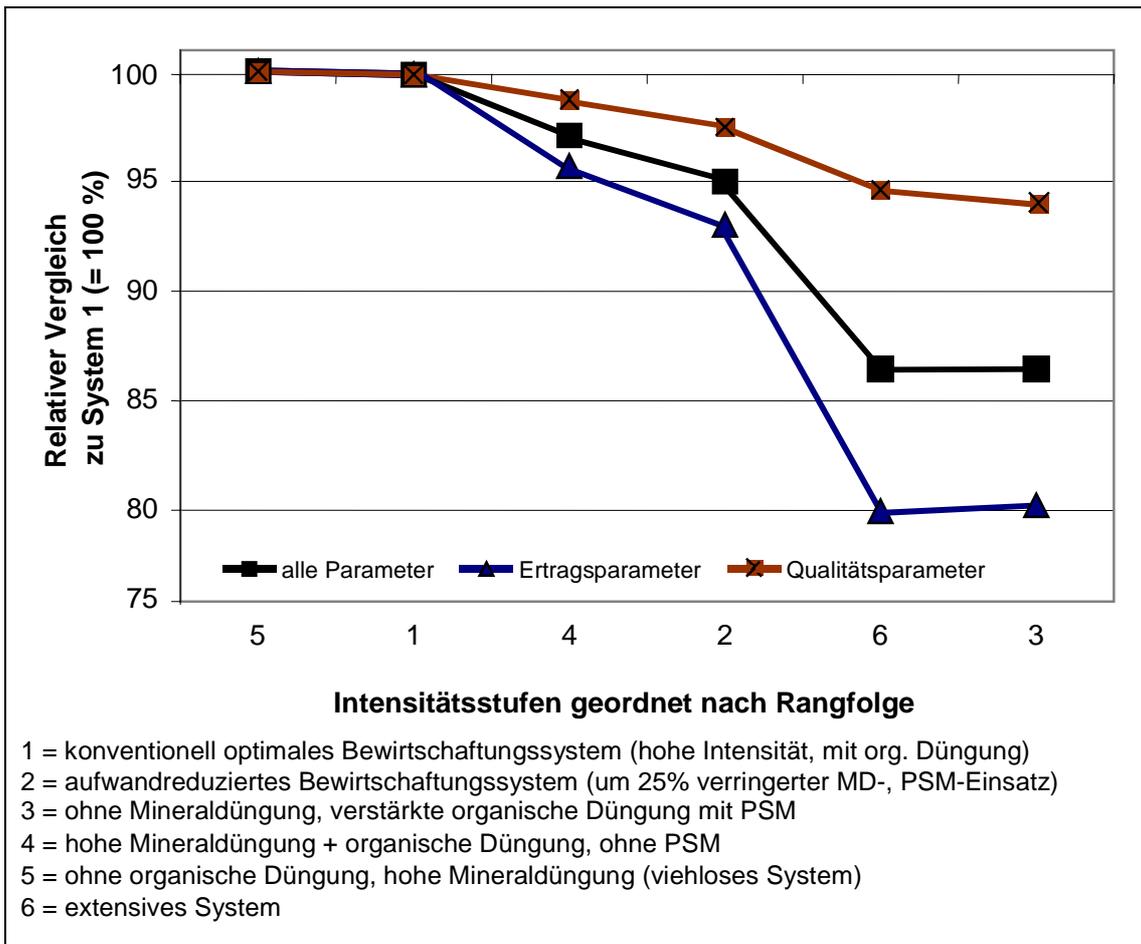


Abbildung 1: Relativer Vergleich der Bewirtschaftungsintensitäten (Variante 1 = 100 %) im Durchschnitt der Standorte Methau und Spröda im Versuchszeitraum 1992 - 1997

3.2 Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf die Gehalte an Boden nährstoffen im Verlauf der Fruchtfolge

Die geprüften Bewirtschaftungsintensitäten haben Auswirkungen auf die Umwelt. Eine wesentliche Einflussgröße ist der mineralisierte Stickstoff, der besonders über die vegetationslose Zeit in den Wintermonaten einer Verlagerung und Auswaschung unterliegen kann.

3.2.1 N_{min} -Werte

Abbildung 2 zeigt eine hohe Schwankung der N_{min} -Werte (NO_3^- u. NH_4-N), die im Wesentlichen auf Witterungsunterschiede und die angebauten Kulturarten im Verlauf der Versuchsabfolge zurückgeführt werden dürfte. Es ist keine eindeutige Veränderung der Rangfolge der Bewirtschaftungsintensitäten im Zeitverlauf zu erkennen. Hieraus geht hervor, dass sich typische N_{min} -Werte von verschiedenen Intensitäten relativ schnell einpendeln und ihre Rangfolge weitgehend beibehalten.

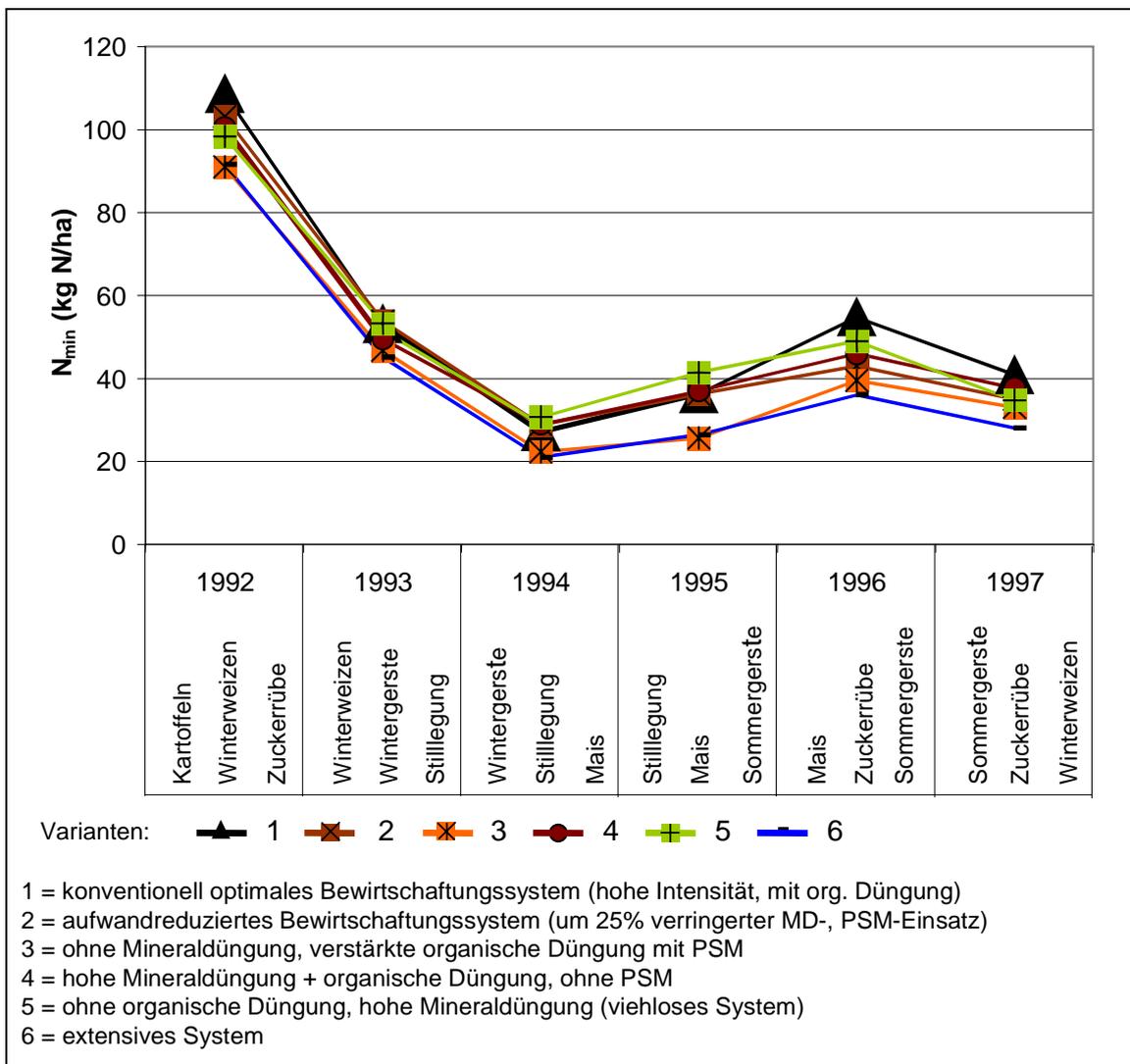


Abbildung 2: Entwicklung der N_{min} -Mengen (kg N/ha, 0 – 90 cm Bodentiefe) von 1992 bis 1997 im Versuchsdurchschnitt der angebauten Kulturen in Abhängigkeit zu den Bewirtschaftungsintensitäten

Besonders aussagekräftig erscheinen hierfür die Herbst- N_{\min} -Werte zu sein, wie aus der Abfolge der Werte im Verlauf der Fruchtfolge zu erkennen ist (Abb. 3 u. 4). Entsprechend der spezifischen Höhe der Nährstoffversorgung, der Nährstoffentzüge und Bewirtschaftungs-Eigenarten der Kulturarten in den einzelnen Bewirtschaftungsintensitäten stellt sich eine typische Rangfolge der Herbst- N_{\min} -Werte ein. Diese Reihenfolge wird im Verlauf der Fruchtfolge eingehalten, nur die durchschnittliche Höhe der Werte ändert sich in Abhängigkeit zur Kulturart und anderen, z.B. witterungsbedingten Einflüssen: Stilllegung ~12, W.-Gerste ~27, Z.-Rüben ~30, S.-Gerste ~33, Mais ~40, W.-Weizen ~45 und Kartoffeln (ohne Abbildung) ~75 kg N/ha.

Im Durchschnitt der Fruchtfolge tritt ebenfalls eine Rangfolge der Intensitätsstufen klar zutage (Abb. 5). Eine Abnahme der N_{\min} -Werte zwischen den Varianten 1 und 3 von 48 kg auf 33 kg N/ha (-31 %) im Herbst sowie von 69 kg auf 62 kg (-10 %) im Frühjahr war die Reaktion auf eine verringerte Zufuhr über die Düngung um durchschnittlich 41 %. Eine Abnahme der Düngungszufuhr um 16 % (Var. 1 – 2) führte daher auch nur zu einer leichten Abnahme der N_{\min} -Werte um 7 – 8 %, während zwischen

diesen beiden Varianten im Frühjahr kein Unterschied in den N_{\min} -Werten zu erkennen war.

Eine Unterlassung der organischen Düngung bzw. ausschließlich mineralische N-Düngung (in Höhe von -23 %, Var. 1 – 5) hatte in der viehlosen Bewirtschaftungsvariante ähnlich hohe N_{\min} -Werte zur Folge wie in der Optimalvariante. Werden die auf dem Feld verbliebenen Koppelprodukte zur N-Zufuhr hinzugerechnet, so gibt es quasi keinen Unterschied zwischen Variante 1 und Variante 5 im N-Angebot. Hieraus wird ersichtlich, dass es offenbar gleichgültig ist, in welcher Form die N-Zufuhr geschieht, denn es stellt sich ein N_{\min} -Wert ein, der an der Gesamt-N-Zufuhr ausgerichtet ist.

Auf lange Sicht dürften allerdings Unterschiede sichtbar werden, weil von der Form der N-Zufuhr die Bodenreserven in unterschiedlicher Weise verändert werden und dann Unterschiede in der Mineralisation aus den Bodenreserven bei den N_{\min} -Werten anzurechnen sind. Ein Weglassen der PSM-Anwendungen hatte nicht nur eine Verringerung der Ertragsleistung, sondern auch eine Abnahme der durchschnittlichen Herbst- N_{\min} -Werte zur Folge (Var. 1 – 4 u. Var. 3 – 6, Abb. 5).

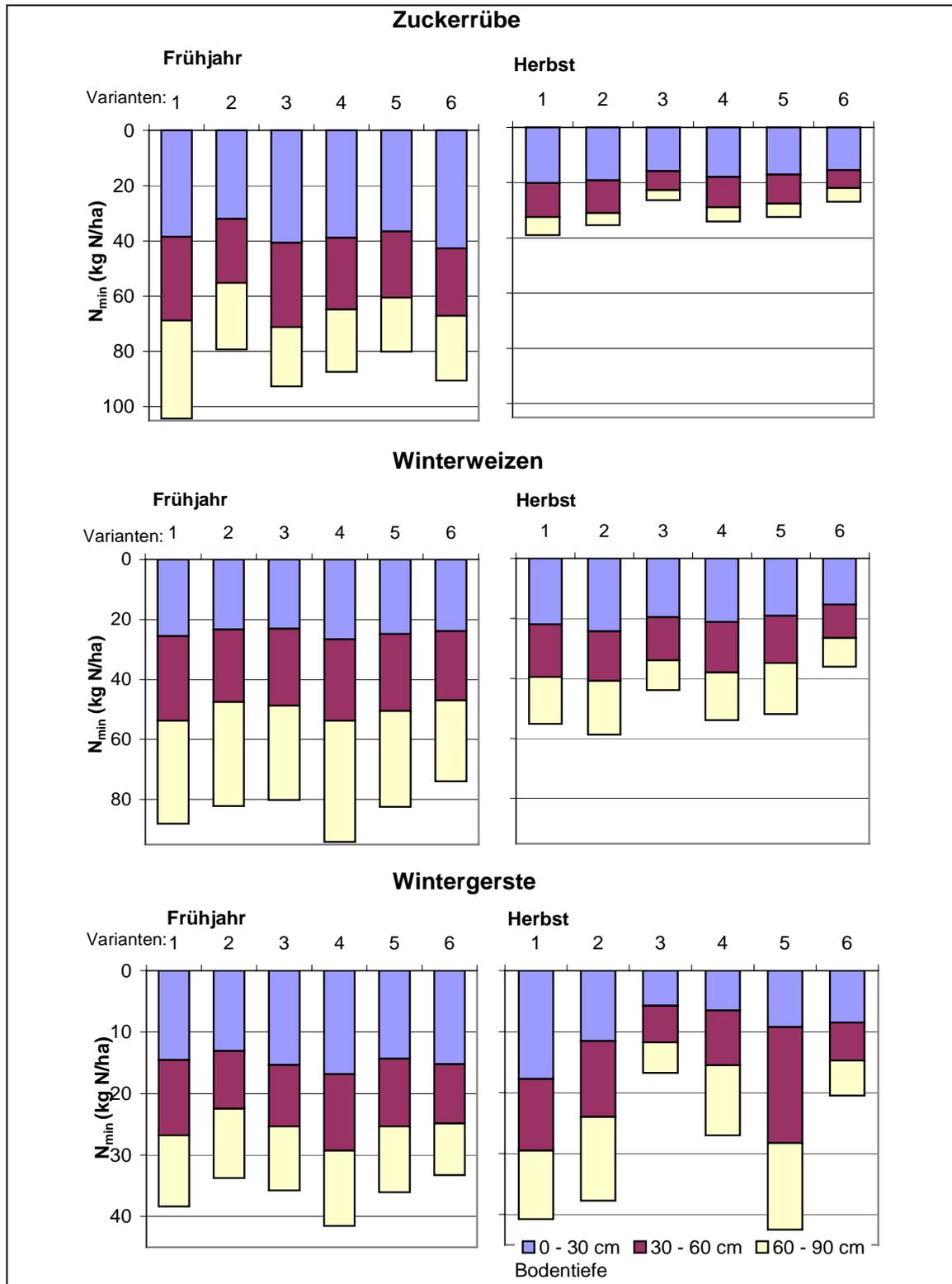


Abbildung 3: N_{min}-Werte (kg N/ha) der geprüften Intensitätsstufen im Verlauf der Fruchtfolge unter Zuckerrüben, Winterweizen und Wintergerste im Durchschnitt der Standorte Methau und Spröda

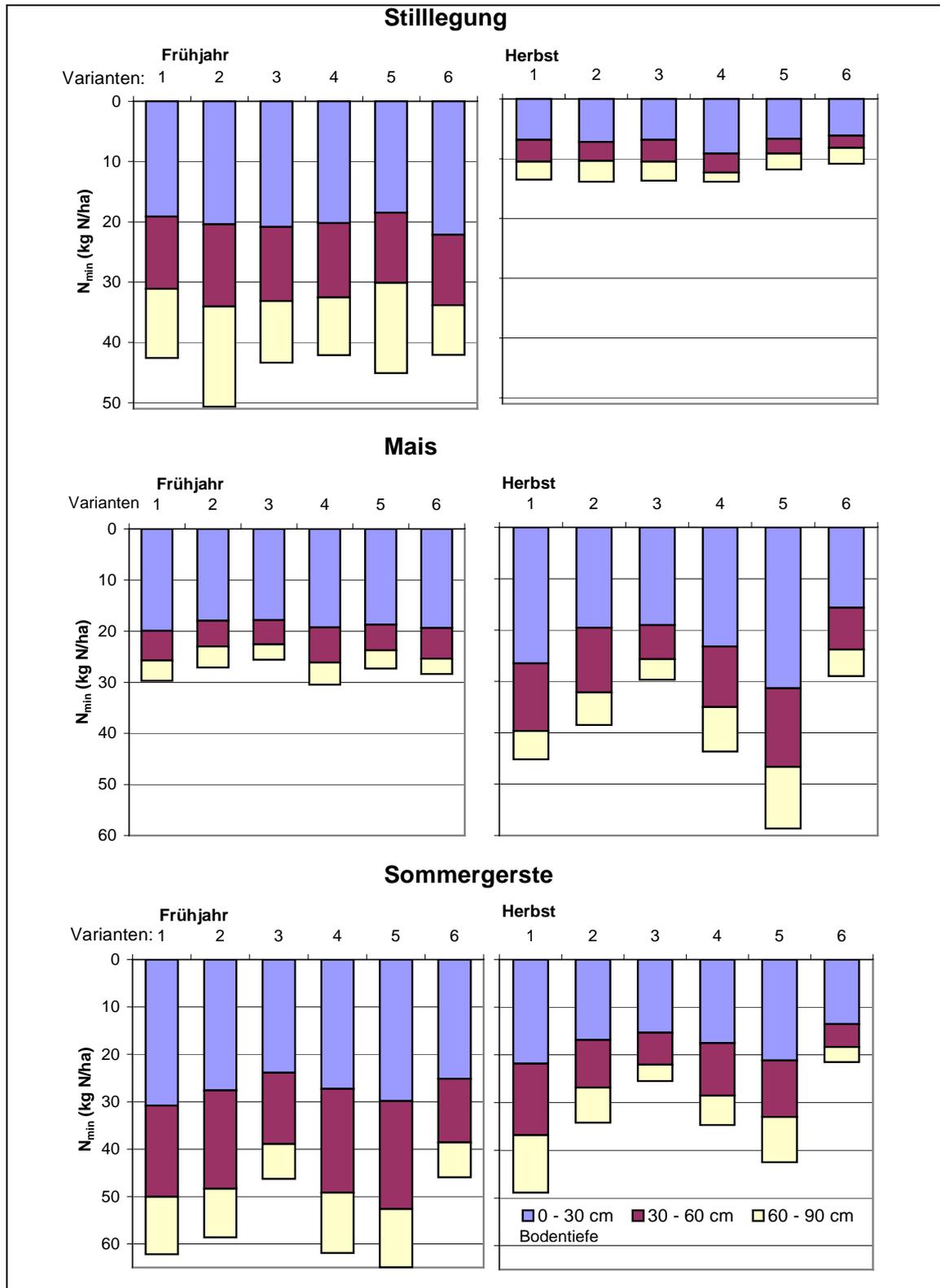


Abbildung 4: N_{min}-Werte (kg N/ha) der Intensitätsstufen im Verlauf der Fruchtfolge unter Mais, Stilllegung und Sommergerste im Durchschnitt der Standorte Methau und Spröda

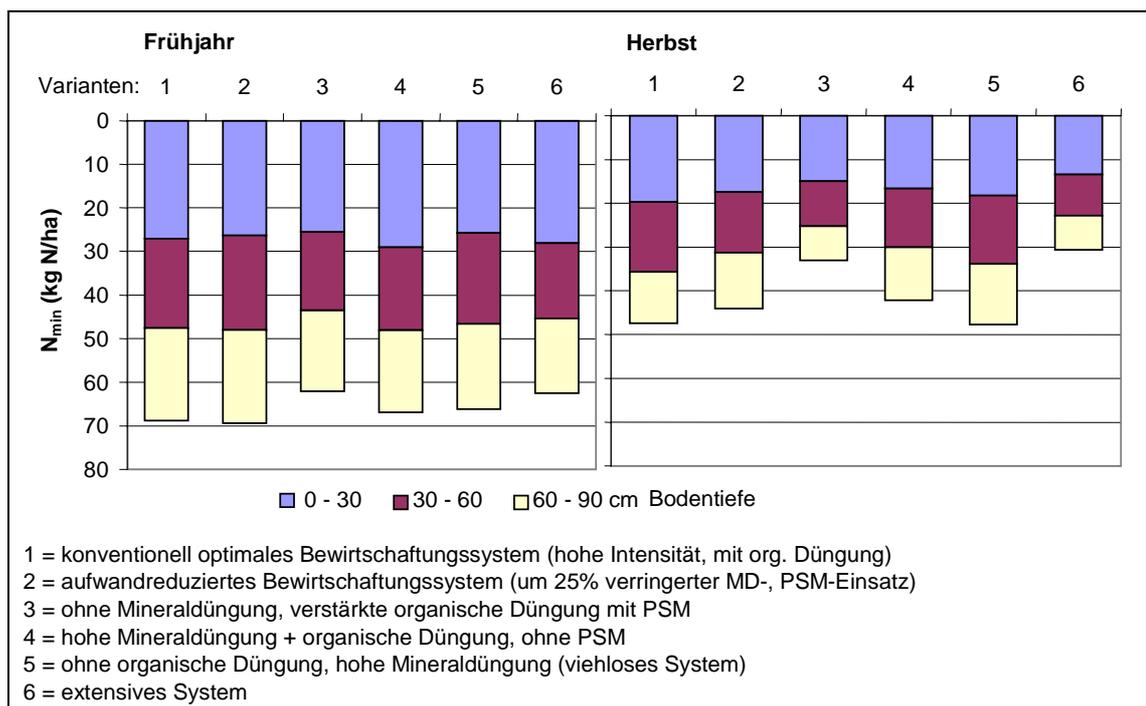


Abbildung 5: N_{min} -Werte (kg N/ha) der Intensitätsstufen im Durchschnitt der Kulturarten und Standorte 1992-1997

Das N_{min} -Angebot im Frühjahr lag bei den verschiedenen Intensitäten zwischen 62 kg und 69 kg N/ha, wobei die Bewirtschaftungsintensitäten mit den niedrigsten Erträgen (Var. 3 u. 6) auch ein etwas geringeres N_{min} -Angebot aufwiesen. BRANDHUBER & HEGE (1992) ermittelten die NO_3 -Konzentrationen in der Sickerwasserzone ab 1,5 m Bodentiefe und stellten für die konventionelle Landwirtschaft mit Viehhaltung die höchsten mittleren Nitratgehalte fest. Es folgten die Werte von konventionellem Ackerbau ohne Viehhaltung. Verhältnismäßig geringe NO_3 -Werte wiesen die Flächen des ökologischen Landbaus auf. BRANDHUBER & HEGE (1992) sahen im niedrigen Viehbesatz, in dem optimierten Einsatz der Wirtschaftsdünger sowie in den vielseitigen Fruchtfolgen im ökologischen Landbau die Ursachen für die vergleichsweise niedrigen NO_3 -Konzentrationen in der Sickerwasserzone. SPECHT (1995) stellte bei einer um 20 % reduzierten mineralischen Düngung annähernd gleich hohe Nitratreste nach der Ernte fest. PÖßNECK (1998) fand bei verschiedenen Bewirtschaftungsintensitäten in unterschiedlichen Fruchtfolgen ten-

denziell ansteigende N_{min} -Werte mit steigender Intensität. Eine Gegenüberstellung der Herbst- und Frühjahrs- N_{min} -Werte zeigt, dass im Verlauf der Fruchtfolge bzw. im Versuchsdurchschnitt bei jeder Intensitätsstufe die Werte im Frühjahr höher liegen als im Herbst (Abb. 3 u. 4 bzw. Abb. 5). Nach rein organischer Düngung (Var. 3 u. 6) sind die Herbst- N_{min} -Werte besonders niedrig. Im Verlauf des Winters steigen diese aber anscheinend durch verstärkte Mineralisation und/oder geringere Verluste stärker an als die N_{min} -Werte der Varianten mit mineralischer N-Zufuhr, so dass im Frühjahr weitgehend ausgeglichene N_{min} -Mengen zwischen 62 und 70 kg N/ha vorgefunden werden. Die Intensität der Zunahme an N_{min} über den Winter verlief daher im Durchschnitt der Versuche genau umgekehrt proportional zu den vorgefundenen Herbst- N_{min} -Werten (vgl. Abb. 5 u. Abb. 6). Nach organischer Düngung sowie ebenfalls bei Durchführung mechanischer Pflegemaßnahmen an Stelle des chemischen Pflanzenschutzes sind die N_{min} -Werte über den Winter überproportional angestiegen.

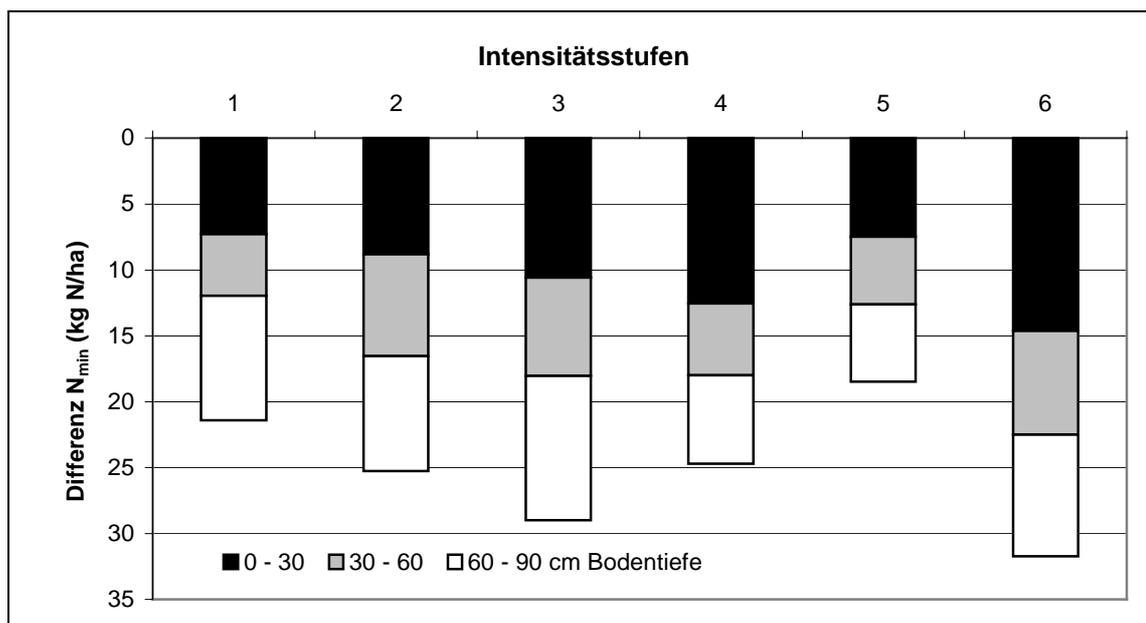


Abbildung 6: Differenzen Zwischen Herbst- und Frühjahrs-N_{min}-Werten der Varianten im Durchschnitt der Versuchsorte

3.2.2 Pflanzenverfügbare Gehalte an P, K und Mg

Die Gehalte an DL-extrahierbaren Nährstoffen (P, K) sind über den Untersuchungszeitraum meistens etwas angestiegen (Tab. 20). Im Durchschnitt der Varianten und Versuchsorte ist der P-Gehalt des Bodens um 0,124 mg und der K-Gehalt um 0,271 mg/100 g Boden und Jahr angestiegen. Die Mg-Gehalte (CaCl₂-löslich)

sind dagegen um durchschnittlich 0,115 mg Mg/100 g Boden in jedem Jahr abgefallen. Der Einfluss der Intensitätsstufen auf die Änderung der Bodengehalte an P und K ist aus Abbildung 7 zu entnehmen. Es ist kein deutlich gerichteter Einfluss zu erkennen. Auch eine Gegenüberstellung der jährlichen Bodenänderung mit den P- und K-Feldbilanzen ergab keine gesicherten Ergebnisse (Abb. 8).

Tabelle 20: Gehalte an löslichen Bodennährstoffen am Anfang und Ende der Versuche in den Jahren 1992 und 1997 sowie die jährliche Bodenänderung an den Standorten Methau und Spröda (0 – 30 cm Bodentiefe)

Variante	Phosphor			Kalium			Magnesium		
	1992	1997	Änderung	1992	1997	Änderung	1992	1997	Änderung
	(mg/100g)		(mg/100 g * a)	(mg/100g)		(mg/100 g * a)	(mg/100g)		(mg/100 g * a)
Methau									
1	8,3	7,7	-0,099	11,0	11,8	0,137	8,5	6,5	-0,322
2	8,2	8,3	0,022	11,6	12,3	0,104	9,5	6,6	-0,490
3	7,7	8,0	0,051	11,4	13,9	0,411	8,7	6,7	-0,345
4	8,3	8,2	-0,016	10,5	12,3	0,299	8,1	6,3	-0,290
5	8,2	7,6	-0,108	10,1	10,7	0,101	8,2	6,2	-0,335
6	7,0	7,5	0,083	10,3	13,1	0,470	8,2	7,9	-0,049
Spröda									
1	8,2	10,8	0,428	19,2	21,7	0,417	2,6	3,9	0,217
2	9,2	9,6	0,078	19,7	21,7	0,339	2,8	3,2	0,061
3	8,1	9,7	0,261	17,7	22,6	0,817	2,6	3,4	0,133
4	7,8	9,3	0,261	17,8	18,5	0,117	2,6	2,4	-0,033
5	7,1	9,1	0,339	18,7	19,5	0,122	2,8	2,4	-0,061
6	7,6	8,7	0,183	17,9	17,4	-0,083	2,4	3,2	0,139
Mittelwert Standorte									
1	8,2	9,2	0,164	15,1	16,8	0,277	5,5	5,2	-0,052
2	8,7	9,0	0,050	15,7	17,0	0,222	6,2	4,9	-0,215
3	7,9	8,8	0,156	14,6	18,2	0,614	5,7	5,0	-0,106
4	8,0	8,7	0,123	14,2	15,4	0,208	5,4	4,4	-0,162
5	7,7	8,4	0,115	14,4	15,1	0,112	5,5	4,3	-0,198
6	7,3	8,1	0,133	14,1	15,3	0,193	5,3	5,6	0,045

- 1 = konventionell optimales Bewirtschaftungssystem (hohe Intensität, mit org. Düngung)
 2 = aufwandreduziertes Bewirtschaftungssystem (um 25% verringerter MD-, PSM-Einsatz)
 3 = ohne Mineraldüngung, verstärkte organische Düngung mit PSM
 4 = hohe Mineraldüngung und organische Düngung, ohne PSM
 5 = ohne organische Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)
 6 = extensives System

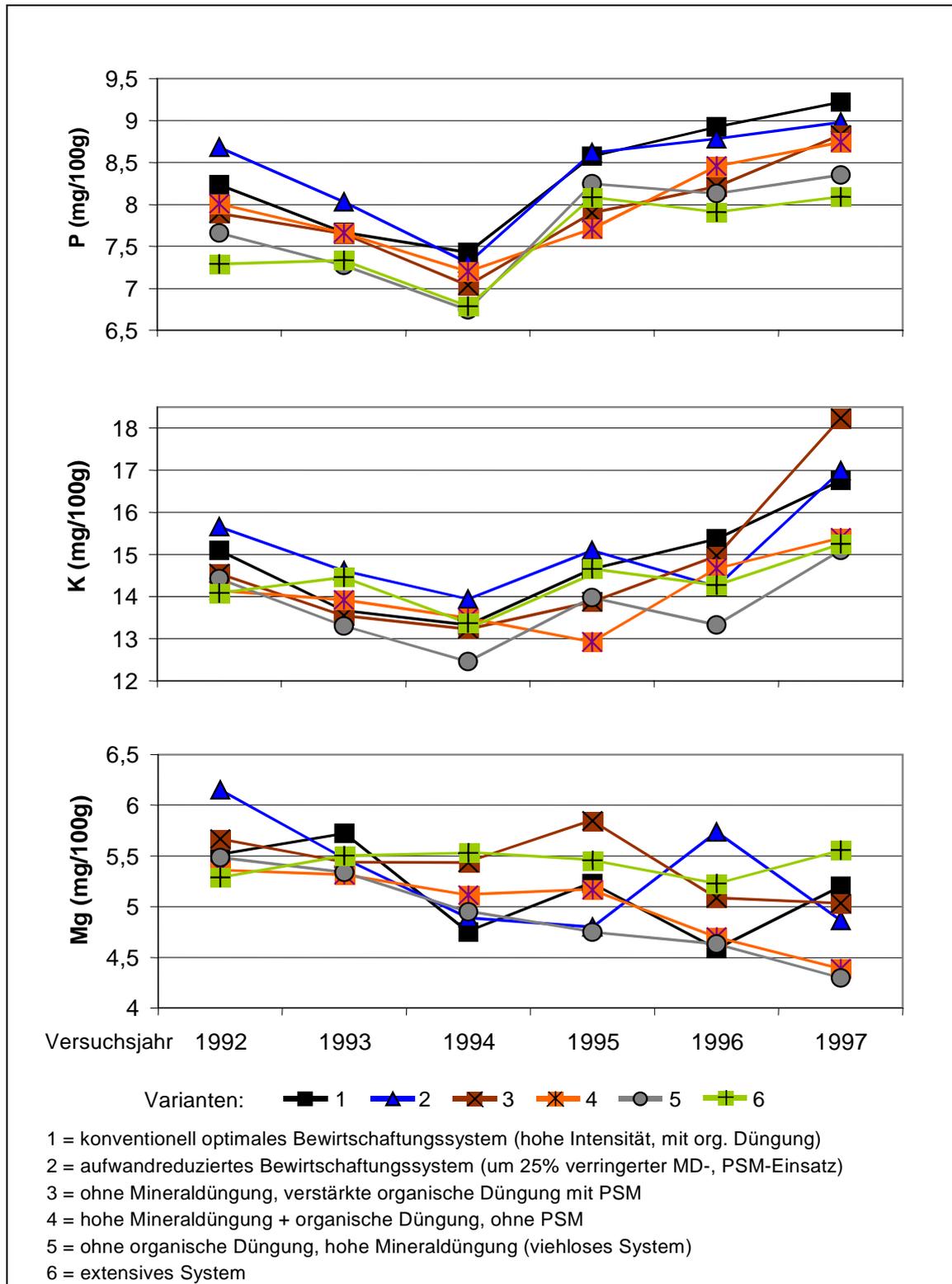


Abbildung 7: Entwicklung der P-, K- und Mg-Gehalte (mg/100 g Boden) unter den Kulturen im Versuchsdurchschnitt 1992-1997 in Abhängigkeit von den Bewirtschaftungsintensitäten

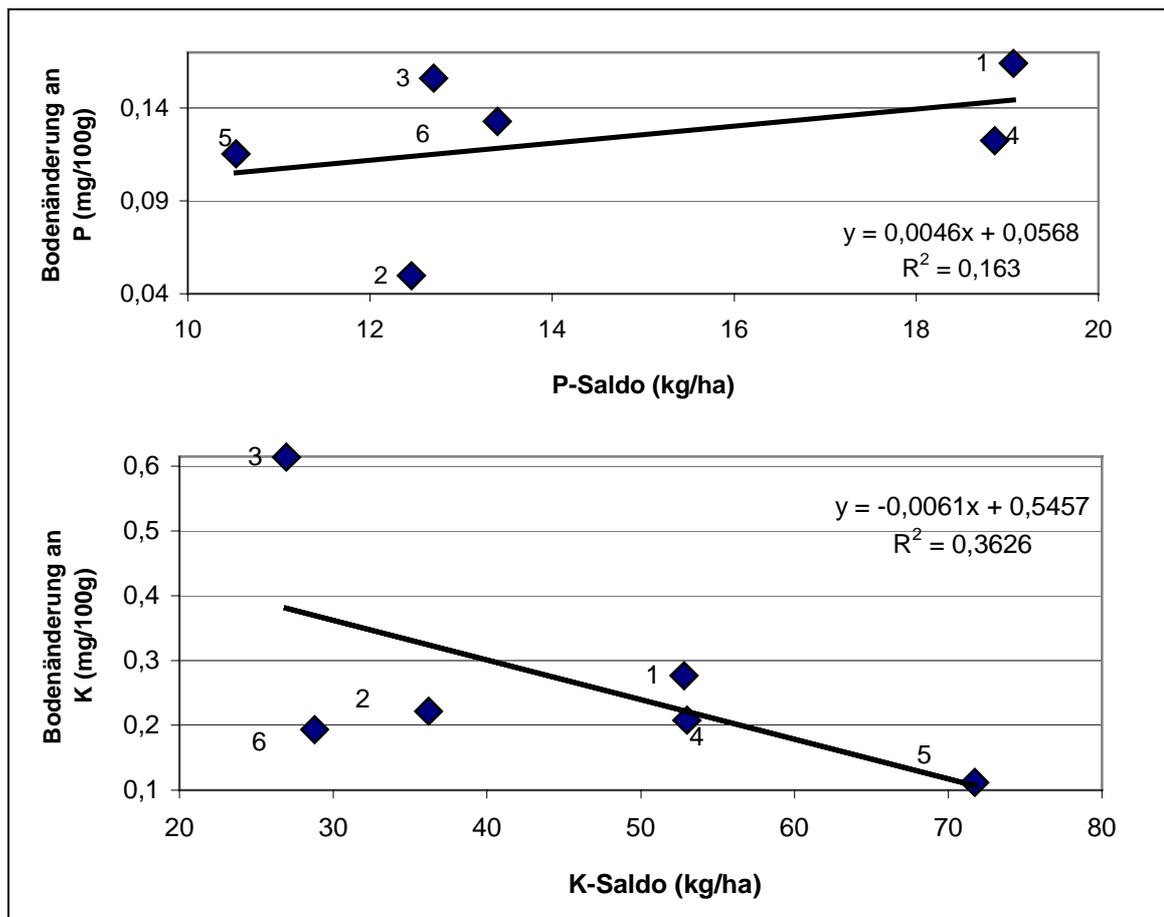


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen jährlichen P- und K- Gehaltsänderungen und den P- und K-Salden im Versuchsdurchschnitt der Standorte

3.3 Einfluss der Bewirtschaftungsintensität auf die NPK-Feldbilanzen

Die untersuchten Bewirtschaftungsintensitäten haben einen erheblichen Einfluss auf die erstellten Nährstoffbilanzen an beiden Versuchsorten (Tab. 21). Die ausgewiesenen Zufuhren enthalten die an beiden Orten gemessenen niederschlagsbedingten Immissionen an

Stickstoff. Alle Werte sind im Durchschnitt der 5 Kulturarten berechnet worden, also ohne Berücksichtigung der Stilllegung. Insbesondere am Beispiel der N-Feldbilanzen und unter Berücksichtigung der Flächenstilllegung sollen die aufgetretenen Differenzen zwischen den geprüften Intensitätsstufen näher erläutert werden (Tab. 22).

Tabelle 21: NPK-Feldbilanzen der Fruchtfolge (ohne Stilllegung) an den Standorten Methau und Spröda im Durchschnitt (1992 – 1997, N-Zufuhr incl. Immission von 30 kg N/ha in Spröda, 45 kg N/ha in Methau, Variante 5 Zufuhr incl. Koppelprodukte)

Standort:	Methau						Spröda					
Variante:	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
N-Bilanz (kg N/ha)												
Zufuhr	207,4	175,7	148,8	207,4	211,8	148,8	181,0	162,2	110,0	181,0	177,0	110,0
Entzüge Ernteprodukt	108,6	90,6	68,5	97,6	100,0	62,1	88,3	84,5	64,8	78,0	93,6	63,5
Entzüge Koppelprodukt	46,1	39,7	28,1	43,8	42,8	28,6	35,0	32,0	24,6	34,5	30,8	22,7
Abfuhr	154,7	130,3	96,7	141,4	142,8	90,8	123,3	116,5	89,4	112,5	124,4	86,2
Saldo	52,7	45,5	52,1	66,0	69,0	58,0	57,7	45,7	20,6	68,5	52,6	23,8
Verwertung (%)	74,6	74,1	65,0	68,2	59,2	61,0	68,1	71,8	81,3	62,1	64,0	78,4
P-Bilanz (kg P/ha)												
Zufuhr	44,0	35,8	33,8	44,0	34,7	33,8	43,4	35,2	30,8	43,4	33,3	30,8
Entzüge Ernteprodukt	15,7	15,6	12,2	17,2	17,7	13,5	15,6	16,0	12,8	14,5	15,0	9,7
Entzüge Koppelprodukt	5,7	5,3	4,8	5,5	5,7	4,9	4,7	4,3	4,3	5,0	4,3	4,3
Abfuhr	21,4	20,9	17,0	22,6	23,4	18,4	20,3	20,3	17,1	19,5	19,3	14,0
Saldo	22,6	14,9	16,8	21,4	11,3	15,4	23,1	14,9	13,7	23,9	14,0	16,8
Verwertung (%)	48,6	58,2	50,3	51,4	61,0	54,5	46,7	57,5	55,6	45,0	51,9	45,5
K-Bilanz (kg K/ha)												
Zufuhr	152,4	125,4	97,6	152,4	175,5	97,6	154,4	127,4	106,6	154,4	167,5	106,6
Entzüge Ernteprodukt	21,3	20,0	15,9	19,2	21,3	14,5	22,7	22,4	17,7	20,7	22,6	16,4
Entzüge Koppelprodukt	69,4	63,6	51,8	70,2	67,5	52,7	66,7	59,9	54,1	69,5	59,5	51,5
Abfuhr	90,7	83,6	67,7	89,4	88,8	67,2	89,4	82,3	71,9	90,2	82,1	67,9
Saldo	61,7	41,8	29,9	63,0	86,7	30,4	65,0	45,1	34,7	64,2	85,4	38,7
Verwertung (%)	59,5	66,7	69,3	58,7	19,7	68,9	57,9	64,6	67,4	58,4	20,9	63,7

Im Durchschnitt der Versuche hatte eine Reduzierung der Intensität um die veranschlagten 25 % (Var. 1 im Vergleich zu Var. 2, Tab. 22) eine Abnahme der Zufuhren von 13 % für Stickstoff (sowie von 18 – 19 % für P, K) zur Folge, doch sind die Nährstoffentzüge der Ernteprodukte und der Koppelprodukte für Stickstoff nur um 11 – 12 % und bei den anderen Nährstoffen um ähnlich hohe Beträge verringert worden. Durch diese Maßnahmen haben sich die Nährstoffsalden entsprechend etwas verringert, so dass die Nährstoffverwertungen (Zufuhr = 100 %) durch die Gesamtentzüge (Ernteprodukte, Koppelprodukte, Var. 5 ohne Koppelprodukte) entsprechend angehoben worden sind.

Ein Weglassen der N-Mineraldüngung und verstärkte organische Düngung (Var. 1 im Ver-

gleich zu Var. 3) führte zu einer deutlicheren Abnahme der Gesamt-Zufuhr an Stickstoff (– 32 %) und zu adäquaten Veränderungen in den Entzügen und in den Nährstoffsalden, so dass quasi keine Veränderung der Verwertung an Stickstoff eingetreten ist. Die Verwertung an Phosphor und Kalium ist demgegenüber angestiegen und erreichte für Kalium die höchsten Werte der Versuche.

Ein weiterer Extensivierungsschritt durch Weglassen der chemischen PSM (Var. 3 im Vergleich zu 6, Tab. 22) bewirkte bei unveränderten Zufuhrwerten besonders eine Abnahme der Entzüge über die Ernteprodukte (–6 %) und in geringerem Umfang über die Koppelprodukte (–3 %), so dass die Saldowerte an Stickstoff deutlich angestiegen sind (+10 %) und die N-Verwertung entsprechend abgefallen ist (–3,2 % abs.).

Ein Weglassen der chemischen PSM auf einem höheren Nährstoffzufuhr-Niveau (Var. 1 im Vergleich zu Var. 4, Tab. 22) hatte deutlichere Veränderungen in den untersuchten N-Bilanzkriterien zur Folge: Entzüge an Ernteprodukten -11% , Entzüge an Koppelprodukten -4% , Saldo $+19\%$, Verwertung $-6,0\%$ abs. Die Bilanzmerkmale für Phosphor und Kalium wurden dagegen kaum verändert. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ein Weglassen der chemischen PSM bei einem hohen Düngungsniveau zu deutlicheren Ernteauffällen und über diesen Weg zu einer ungünstigeren N-Verwertung führt als bei einem niedrigeren Düngungsniveau.

In Variante 5 sind die Koppelprodukte auf dem Feld verblieben. Bei der Bilanzierung sind die entsprechenden Beträge daher bei der Zufuhr als auch bei der Abfuhr berücksichtigt worden (vgl. Tab. 21 u. 22). Die viehlose Wirtschaftsweise (Var. 1 im Vergleich zu Var. 5, Tab. 22) hatte daher im Versuchsdurchschnitt zur Folge, dass die N-Zufuhr quasi gleich hoch geblieben war. Die Entzüge durch Ernteprodukte waren hingegen nur um 2% , die an Koppelprodukten jedoch um 9% verringert worden. Hierdurch

sind die N-Salden dann um 9% angewachsen und die Nährstoffverwertung für Stickstoff um $12,8\%$ abs. abgefallen. Bemerkenswert ist, dass die P-Verwertung sich zwischen diesen beiden Varianten um $15,4\%$ abs. verbessert hat, die an Kalium sich jedoch um $9,3\%$ abs. verschlechtert hat. Der Grund hierfür liegt darin, dass beim Nährstoff Phosphor höhere Mengen in den abgefahrenen Ernteprodukten und bei Kalium wesentlich höhere Mengen in den nicht abgefahrenen Koppelprodukten lokalisiert sind.

Die Abbildung 9 zeigt eine Gegenüberstellung der berechneten Bilanzkriterien und des Herbst- N_{\min} -Wertes im Versuchsdurchschnitt, geordnet entsprechend der Rangfolge an Intensitätsstufen. Es ist zunächst deutlich zu erkennen, dass infolge stetig abnehmender Intensität eine ähnliche Veränderung der Kriterien stattfindet. Ausgehend von einer abnehmenden Zufuhr fallen entsprechend einem generellen Trend die Entzüge, Salden und auch die Herbst- N_{\min} -Werte in ähnlichem Umfang ab. Diese Versuche lassen deutlich erkennen, dass bei langfristiger Betrachtung ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den beschriebenen Merkmalen infolge steigender Extensivierung besteht.

Tabelle 22: NPK-Feldbilanzen im Durchschnitt der Standorte (incl. N-Immissionen und unter Berücksichtigung der Stilllegung)

Variante:	1	2	3	4	5	6
N-Bilanz (kg N/ha)						
Zufuhr	168,1	147,1	114,1	168,1	168,3	114,1
Entzüge Ernteprodukt	82,1	73,0	55,6	73,2	80,7	52,3
Entzüge Koppelprodukt	33,8	29,9	22,0	32,6	30,6	21,4
Abfuhr	115,8	102,8	77,5	105,8	111,3	73,8
Saldo	52,3	44,3	36,6	62,3	57,0	40,3
Verwertung (%)	68,9	69,9	67,9	62,9	66,1	64,7
P-Bilanz (kg P/ha)						
Zufuhr	36,4	29,6	26,9	36,4	28,3	26,9
Entzüge Ernteprodukt	13,0	13,1	10,4	13,2	13,6	9,7
Entzüge Koppelprodukt	4,3	4,0	3,8	4,4	4,2	3,8
Abfuhr	17,3	17,1	14,2	17,6	17,8	13,5
Saldo	19,1	12,5	12,7	18,9	10,5	13,4
Verwertung (%)	47,5	57,8	52,8	48,4	62,9	50,2
K-Bilanz (kg K/ha)						
Zufuhr	127,8	105,3	85,1	127,8	142,9	85,1
Entzüge Ernteprodukt	18,3	17,7	14,0	16,6	18,3	12,9
Entzüge Koppelprodukt	56,7	51,5	44,1	58,2	52,9	43,4
Abfuhr	75,0	69,1	58,1	74,8	70,6	56,3
Saldo	52,8	36,2	26,9	53,0	72,3	28,8
Verwertung (%)	58,7	65,6	68,3	58,5	49,4	66,2
1 = konventionell optimales Bewirtschaftungssystem (hohe Intensität, mit org. Düngung)						
2 = aufwandreduziertes Bewirtschaftungssystem (um 25% verringerter MD-, PSM-Einsatz)						
3 = ohne Mineraldüngung, verstärkte organische Düngung mit PSM						
4 = hohe Mineraldüngung und organische Düngung, ohne PSM						
5 = ohne organische Düngung, hohe Mineraldüngung (viehloses System)						
6 = extensives System						

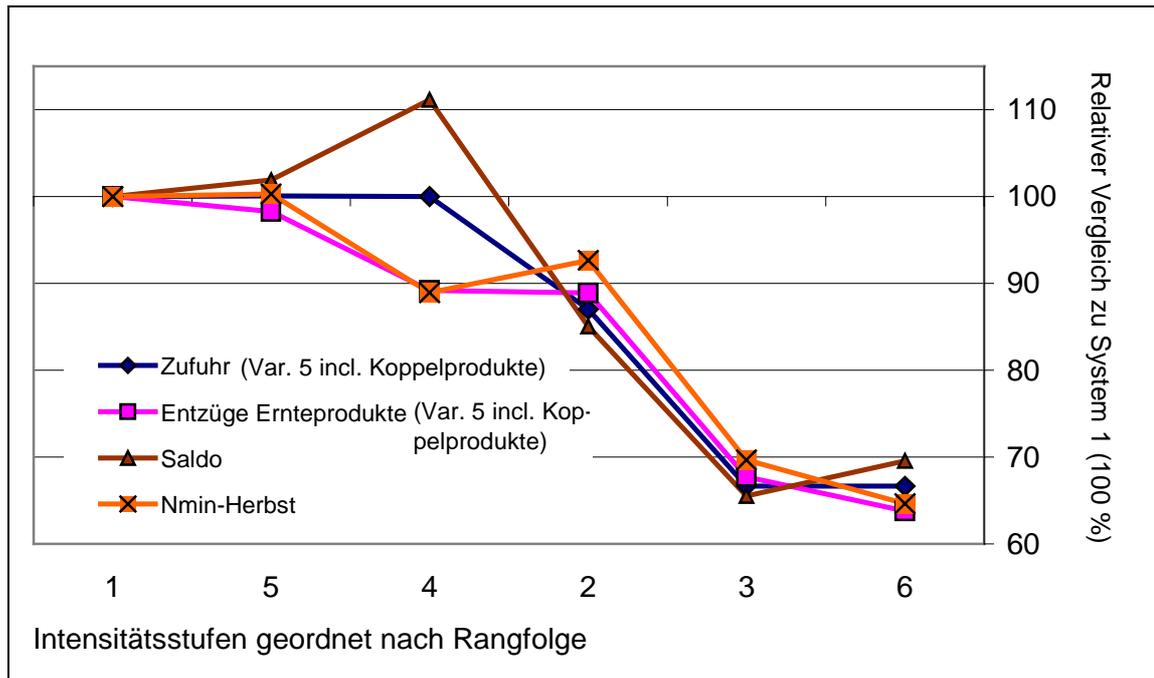


Abbildung 9: Relativer Vergleich (Variante 1 = 100 %) von Zufuhr, Entzug und Saldo an Stickstoff sowie den Herbst- N_{\min} -Werten geordnet in Rangfolge der Intensitätsstufen im Durchschnitt der Versuche

4 Zusammenfassung

In sechsjährigen Versuchen auf einem Sand- und einem Lößboden in Sachsen wurden Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen in der Düngung und im Pflanzenschutz auf die Entwicklung der Erträge, die Qualität der Ernteprodukte, die Feldbilanzen und die Nährstoffgehalte im Boden untersucht.

Ausgehend von einem relativ hohen Düngungsniveau hatte eine Reduzierung der mineralischen N-Düngung bzw. Ersatz durch organische Düngung eine unterschiedliche Abnahme der Ertragsleistungen sowie spezifische Änderungen in der Qualität der Ernteprodukte von W.-Weizen, W.-Gerste, S.-Gerste, Mais und Zuckerrüben zur Folge.

Ein Ersatz des chemischen Pflanzenschutzes (Herbizide, Fungizide, Insektizide) durch mechanische Unkrautbekämpfung hatte ebenfalls eine Ertragsabnahme zur Folge, die bei höhe-

rem Düngungsniveau deutlicher zu Tage trat als bei niedrigerer Nährstoffversorgung.

Es stellte sich in der Fruchtfolge zeitlich relativ schnell eine spezifische Rangfolge in den N_{\min} -Werten im Boden ein, die im Wesentlichen durch die Bilanzkriterien Zufuhr, Abfuhr und Saldo des untersuchten Nährstoffes Stickstoff sowie durch die angebauten Kulturarten incl. begrünter Stilllegung bestimmt wurde.

Ausschließliche organische Düngung sowie ein Weglassen des chemischen Pflanzenschutzes führte zu verhältnismäßig niedrigen Herbst- N_{\min} -Werten im Boden. Bis zur Frühjahrsuntersuchung waren in den Versuchen dann ausschließlich Zunahmen der N_{\min} -Werte zu registrieren. Dieser Anstieg war wiederum in den Bewirtschaftungssystemen mit organischer Düngung und ohne chemischen Pflanzenschutz stärker ausgeprägt, so dass im Frühjahr eine weitgehende Nivellierung der N_{\min} -Werte zwischen den Varianten zu beobachten war.

5 Literatur

- Basedow, T., Schmutterer, H. (1998): Vergleichende ökologische und ökonomische Analyse unterschiedlich intensiv geführter landwirtschaftlicher Betriebe in Hessen: Ergebnisse eines interdisziplinären Forschungsprojektes der Justus-Liebig-Universität Gießen. Schriftenreihe agrarwissenschaftliche Forschungsergebnisse, Bd. 7
- Brandhuber, R., Hege, U. (1992): Tiefenuntersuchungen auf Nitrat unter Ackererschlägen des ökologischen Landbaus. Bay. Landw. Jahrb. 69, 111-119
- Debruck, J. (1998): Die Leistungen ökologischer Anbausysteme mit und ohne Viehhaltung. 18. Fortbildungskurs, SIGÖL 19.-20.Nov. 1998
- Hanus, H., Schoop, P. (1993): Wechselwirkungen und Risiken bei der Anpassung der Düngung. In: DLG Schriftenreihe, Arbeitsunterlagen: Die Intensität im Pflanzenbau neu bestimmen. Vorträge der öffentlichen Vortragsveranstaltungen der DLG-Ausschüsse für Pflanzenernährung und für Betriebsführung am 13. Januar 1993 in Wiesbaden und Vergleich europäischer Winterweizen-Anbauverfahren auf den Internationalen DLG-Feldtagen '92 auf Gut Northenhof, Salzgitter, Frankfurt a. M.
- Lang, H., Dressel, J., Bleiholder, H. (1995): Langzeitwirkung der Stickstoffdüngung IOSDV - Standort Limburgerhof. Archives of Agronomy and Soil Sciences 39 (6), 429-448
- Ols, H. W., GebSKI, M., Kolpak, R., Mercik, S. (1995): Kennzeichnung des Stickstoff-Haushaltes in unterschiedlichen Fruchtfolgen nach langjährig differenzierter organischer und mineralischer Düngung. VDLUFA-Schriftenreihe 40, 877-880
- Pößneck, J. (1998): Erste Ergebnisdarstellung von N_{min} -Werten und N-Bilanzen eines Freilandfeldversuches zur Prüfung von Bewirtschaftungsintensitäten in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Infodienst d. Sächsischen Landesanstalt f. Landwirtschaft, Dresden, Nr. 11, 21-23
- Specht, M. (1995): Auswirkungen verringerter Aufwandmengen an Stickstoff auf Ertragshöhe, Ertragsstruktur und Qualität von Backweizen, Braugerste und Brotroggen unter Berücksichtigung der Bodennitratgehalte und der optimalen speziellen Intensität., Diss., Halle/Saale

Einfluss einer 5jährigen Dauerstilllegung auf Pflanzenbestand, Bodenmerkmale und einen ökologischen Nachbau von Winter- und Sommerweizen

H. Kolbe, U. Jäckel, U. Beckmann

1 Einleitung

Im Rahmen der Prüfung von geeigneten Extensivierungsmaßnahmen wurden die Auswirkungen einer dauerhaften Stilllegung bisher intensiv genutzter landwirtschaftlicher Ackerflächen untersucht. Seit dem Jahr 1992 wurden hierzu an den Standorten Methau (Lößboden) und Spröda (Sandboden) zwei Dauerbrachevarianten (Selbstbegrünung und Grasansaat) mit drei Pflegevarianten (ohne Pflege, Mulchschnitt und Mahd mit Mähgutabtransport) verglichen. Fragen nach der Wirkung einer langjährigen Stilllegung auf botanische Veränderungen (Pflanzengesellschaften, Verunkrautung), die damit im Zusammenhang stehenden Nutzungs- und Pflegemaßnahmen sowie die Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt und weitere Bodenfruchtbarkeitsmerkmale standen im Mittelpunkt der experimentellen Arbeiten. Nach fünf Versuchsjahren wurde mit Weizennachbau in zwei Umbruchvarianten eine Folgebewirtschaftung nach Richtlinien des ökologischen Landbaus untersucht.

2 Material und Methoden

Die Versuche wurden auf einem Sandboden in Spröda und einem Lößboden in Methau angelegt. Standortbeschreibung für Spröda:

- Bodentyp Tieflehm-Fahlerde
- Bodenpunkte 30/33
- Feinerdeanteil 11,6 %
- Höhenlage 120 m über NN
- Sandgebiet mit tiefgründigen Sandsedimenten
- Grundwasserabsenkung durch Tagebau.

Standortbeschreibung für Methau:

- Bodentyp Löß-Braunstaugley
- Bodenpunkte 70/63
- Feinerdeanteil 25,9 %
- Höhenlage 265 m über NN

- Niederschlagsreiches Lößgebiet
- Hügelland mit wechselndem Anteil an Stau-nässeböden.

Unter einer vorausgehenden rel. intensiven Bewirtschaftung waren in Spröda im Jahr 1991 Mais und 1990 Kartoffeln sowie in Methau des Jahres 1991 Winterweizen und 1990 Hafer als Vorfrüchte angebaut worden. In einer 2-faktoriellen Spaltanlage wurden im Jahr 1992 an beiden Standorten Dauerbrachevarianten mit Selbstbegrünung und Grasansaat sowie den Pflegevarianten ohne Pflege, Mulchschnitt und Mahd mit Mähgutabtransport angelegt (Tab. 2).

Im November 1991 wurde an beiden Standorten die Herbstfurche mit dem Pflug durchgeführt. Auf beiden Versuchsstandorten erfolgte keine Düngung. Im April des Jahres 1992 wurde nach der Saatbettbereitung auf den Varianten 2.1, 2.2 und 2.3 folgende Grasansaat durchgeführt:

- Spröda:
 - 10 kg Rotschwingel
 - 12 kg Knautgras
- Methau:
 - 10 kg Rotschwingel
 - 10 kg Deutsches Weidelgras
 - 4 kg Wiesenrispe.

Nach fünfjähriger Stilllegung wurde ein Nachbau mit Winter- und Sommerweizen nach Richtlinien des ökologischen Landbaus vorgenommen. In der ersten Nachbauvariante erfolgte Anfang Oktober 1996 der Umbruch mit dem Pflug, die Stoppelbearbeitung sowie die Winterweizensaat (Spröda: Sorte Borenos, 460 Körner/m²; Methau: Sorte Kontrast, 400 Körner/m²). In der zweiten Nachbauvariante erfolgte Mitte September 1996 der Umbruch mit dem Pflug sowie die Ansaat der Zwischenfrucht Senf (Methau) bzw. Örettich (Spröda). Gegen Mitte/Ende Februar des Jahres 1997 erfolgte die Einarbeitung der abfrierenden Zwischenfrucht und Anfang/Mitte März 1997 die Sommerweizensaat (Sorte Hanno, 500 Körner/m²).

Tabelle 1: Wetterbedingungen der Versuchsorte Spröda und Methau

Standort / Jahr	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Langjähriger Durchschnitt
Niederschlag (mm)							
Spröda	550	632	360	449	361	381	547
Methau	554	690	767	748	528	629	693
Temperatur (°C)							
Spröda			12,6	9,5	7,4	9,4	8,8
Methau			9,9	8,9	6,8	8,7	8,4

Tabelle 2: Versuchsplan zur Dauerstilllegung

Faktorenkombination	Bracheform (A)	Pflegemaßnahme (B)
1.1	Selbstbegrünung	Kein Schnitt
1.2	Selbstbegrünung	Mulchschnitt
1.3	Selbstbegrünung	Schnitt und Abtransport
2.1	Grasansaat	Kein Schnitt
2.2	Grasansaat	Mulchschnitt
2.3	Grasansaat	Schnitt und Abtransport

3 Ergebnisse

3.1 Pflanzenbestand und Flächenbilanz

Nach einer allgemeinen Einschätzung waren an beiden Standorten die eingesetzten Gräsergemische in der Lage, die Flächen schnell und vollständig zu begrünen. Das Auftreten von Problemunkräutern (Ackerkratzdistel, Krauser Ampfer, Gemeine Quecke) konnten bei gutem Bestandesschluss weitgehend vermieden werden. Die Selbstbegrünung war hingegen kein geeignetes Mittel zur zügigen und vollständigen Begrünung der stillgelegten Flächen. Auf den Flächen der Selbstbegrünung herrschten gute Bedingungen zum Aufwuchs zahlreicher Ackerunkräuter, im Jahr 1992 vor allen Dingen Weißer Gänsefuß. Die in der Dauerbrache unterbleibenden Störungen und die sich anhäufende Streuschicht der Varianten ohne Mähgutabfuhr führten zum verstärkten Wühlmausbesatz. Eine Beschreibung der pflanzensoziologischen Umschichtungen der Jahre 1992 – 1994 auf den Selbstbegrünungs- und den angesäten Varianten ist von JÄCKEL (1995) vorgenommen worden.

Der Pflanzendeckungsgrad, die Aufwuchsmengen sowie die Nährstoffentzüge des Aufwuchses wurden quantitativ untersucht und stehen in dieser Auswertung im Mittelpunkt. An beiden Standorten hat der Pflanzendeckungsgrad unabhängig von der Bewirtschaftungsart mit der Zeit zugenommen (Abb. 1). Die Begrünung der Grasansaatvarianten erfolgte allerdings wesentlich rascher als die des Wildaufwuchses. Im Durchschnitt der ersten beiden Jahre betrug der Unterschied im Deckungsgrad zwischen Wildaufwuchs- und Ansaatvarianten am Standort Spröda 28 % und in Methau 16 %. Erst im 3. und 4. Versuchsjahr waren kaum noch Unterschiede in den Bedeckungsgraden vorzufinden und es wurden bis zum Ende der Stilllegung auf allen Varianten Werte zwischen 96 % und annähernd 100 % beibehalten. Interessant erscheint ebenfalls, dass es besonders am Standort Methau, aber auch am Vergleichsort Spröda keine Unterschiede im Deckungsgrad durch unterschiedliche Pflegemaßnahmen mit Kein Schnitt (Sukzession), Mulchen oder Abfahren des Aufwuchses gegeben hat (Abb. 1).

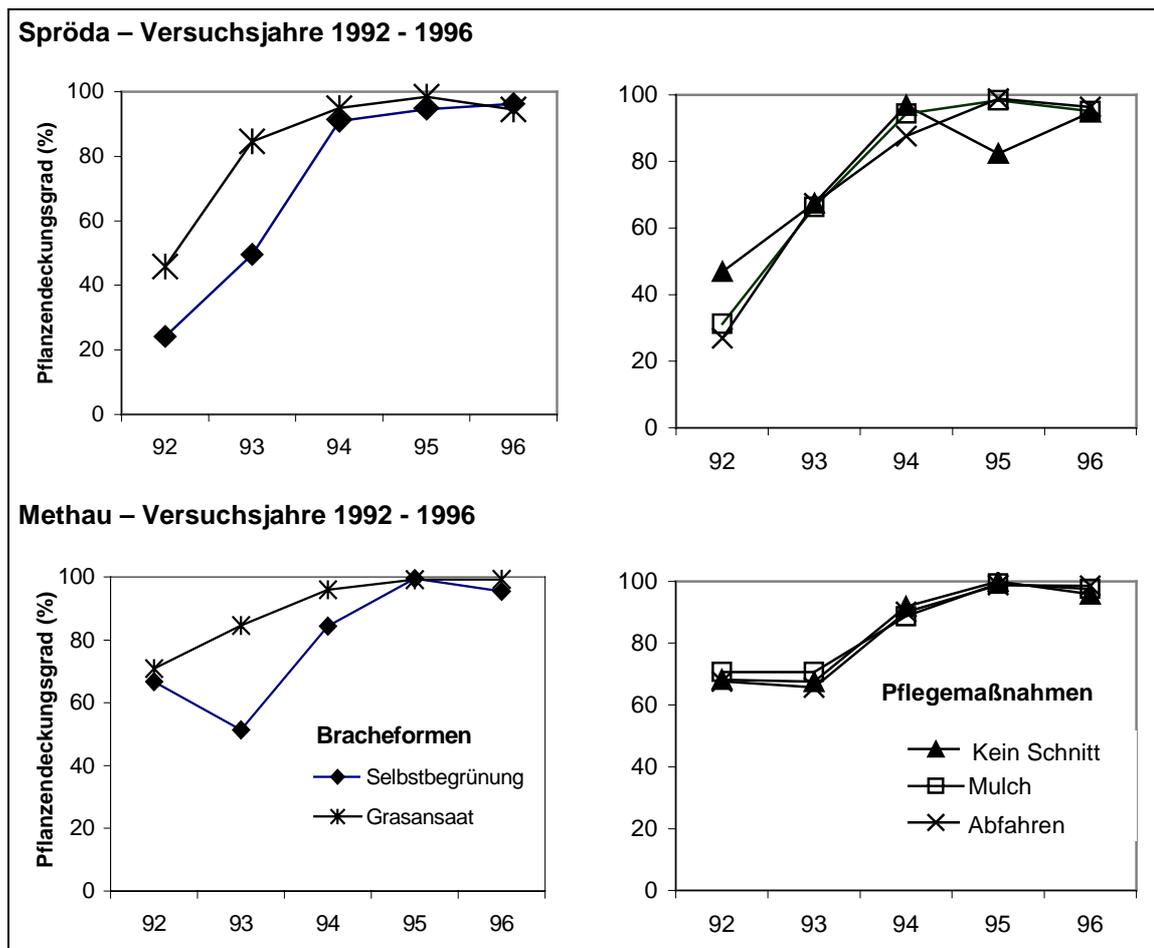


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung des Pflanzendeckungsgrades

Die Pflegemaßnahmen wurden in der Regel zwischen dem 14.07. und dem 22.07. jeden Jahres durchgeführt. Die ermittelten Aufwuchsmengen (Variante Kein Schnitt nur im Jahr 1996 zum Umbruch-Termin) waren zwischen den Prüforten und den Jahren stark unterschiedlich hoch (Abb. 2). Auf dem Sandboden in Spröda waren die Aufwuchsmengen mit durchschnittlich 16,5 dt deutlich niedriger als auf dem Lößboden in Methau, an dem Mengen von 52,2 dt Trockenmasse (TM)/ha und Jahr ermittelt worden sind.

Am Ort Spröda führte die Grasansaat zu einer durchschnittlich 2,8 dt TM/ha höheren Aufwuchsmenge als auf den Wildaufwuchs-

Varianten. Auch die Pflegevariante mit Abfuhr war mit 1,6 dt TM/ha etwas höher als die Menge auf den gemulchten Varianten. Durch Mulchen des Aufwuchses sind durchschnittlich 15,6 dt TM/ha und Jahr (und nach Sukzession ähnlich hohe Mengen) auf den Flächen verblieben. Am Ort Methau betrug die Differenz zwischen Grasansaat und Wildaufwuchs sogar 7,6 dt TM/ha, die relative Differenz war aber ähnlich hoch wie am Vergleichsort. Außerdem waren kaum Unterschiede zwischen den Pflegevarianten im Aufwuchs in Methau festzustellen. Auf den gemulchten Flächen sind mit 52,7 dt TM/ha und Jahr deutlich höhere Aufwuchsmengen verblieben als am Ort Spröda.

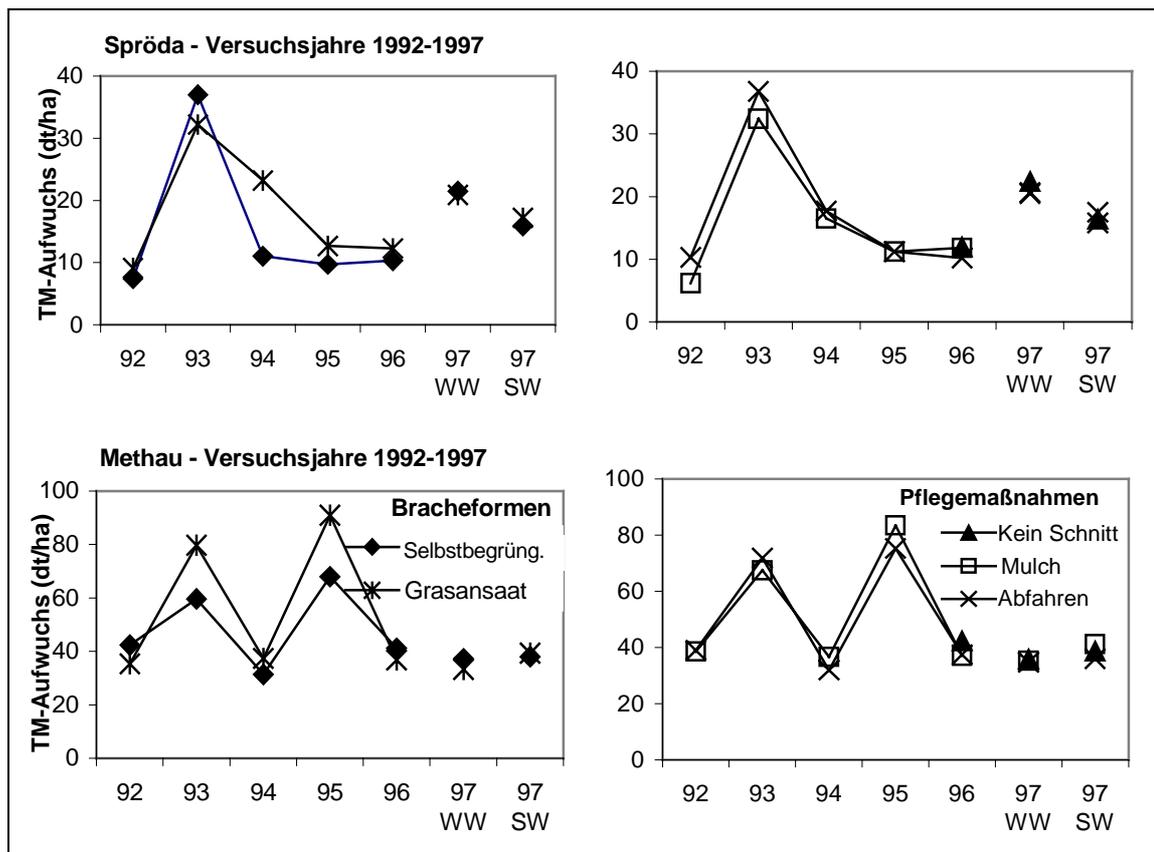


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf der Aufwuchsmengen (Stilllegung 1992 – 1996, Nachbau 1997, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen)

Die mit dem Aufwuchs dem Boden entzogenen Hauptnährstoffe folgen generell dem zeitlichen Kurs der Aufwuchsmengen. Am Ort Spröda waren demzufolge nur 1/3 der Mengen des Vergleichsortes Methau vorzufinden. Die Entzüge waren in Spröda auf den Flächen mit Grasansaat etwas höher als auf den Flächen mit Wildaufwuchs (Abb. 3). Auf den gemulchten Flächen waren im Aufwuchs durchschnittlich 14,4 kg N sowie 3,3 kg P und 28,8 kg K/ha enthalten; auf den Flächen mit Abfuhr waren es 16,1 kg N sowie 3,6 kg P und 32,0 kg K/ha.

Am Versuchsort Methau waren im Wildaufwuchs um 8,7 kg N und um 6,2 kg K/ha höhere

Nährstoffmengen als in der Grasansaat enthalten. Die P-Mengen waren in etwa gleich hoch (Abb. 4). Im Aufwuchs der Mulchvariante waren 88,1 kg N sowie 11,5 kg P und 112,5 kg K/ha und Jahr vorhanden. Auf den Parzellen mit Abfuhr waren es 70,2 kg N, 10,8 kg P und 104,9 kg K. Die Situation auf den Sukzessionsflächen dürften an beiden Orten ähnlich einzuschätzen sein. Als Entzug an sich können nur die Werte der Flächen mit Abfuhr angesehen werden, da auf den anderen Varianten der Aufwuchs auf der Fläche verblieben ist.

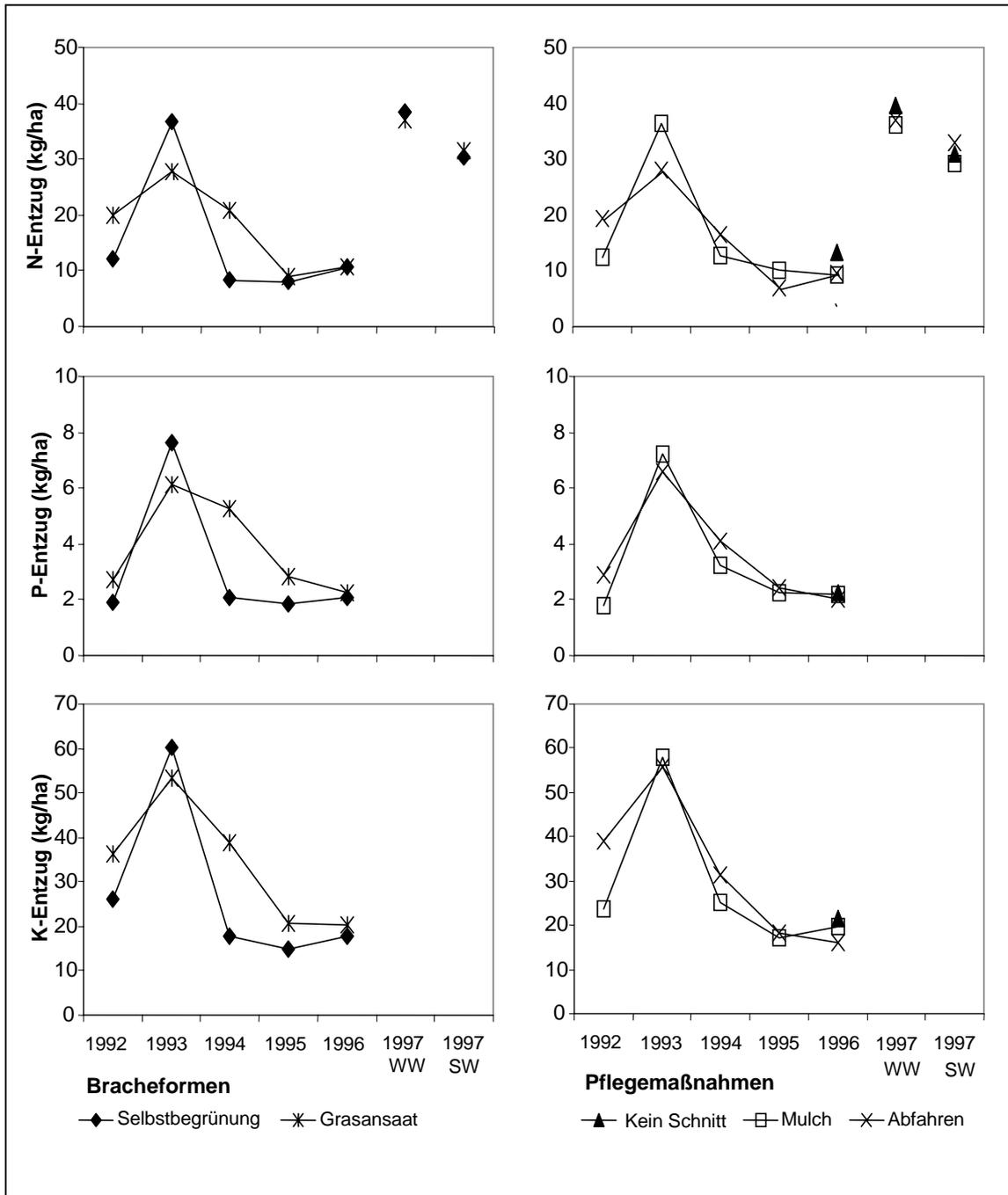


Abbildung 3: Zeitlicher Verlauf der im Aufwuchs enthaltenen Nährstoffmengen des Standortes Spröda (Stilllegung 1992 – 1996, Nachbau 1997, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen)

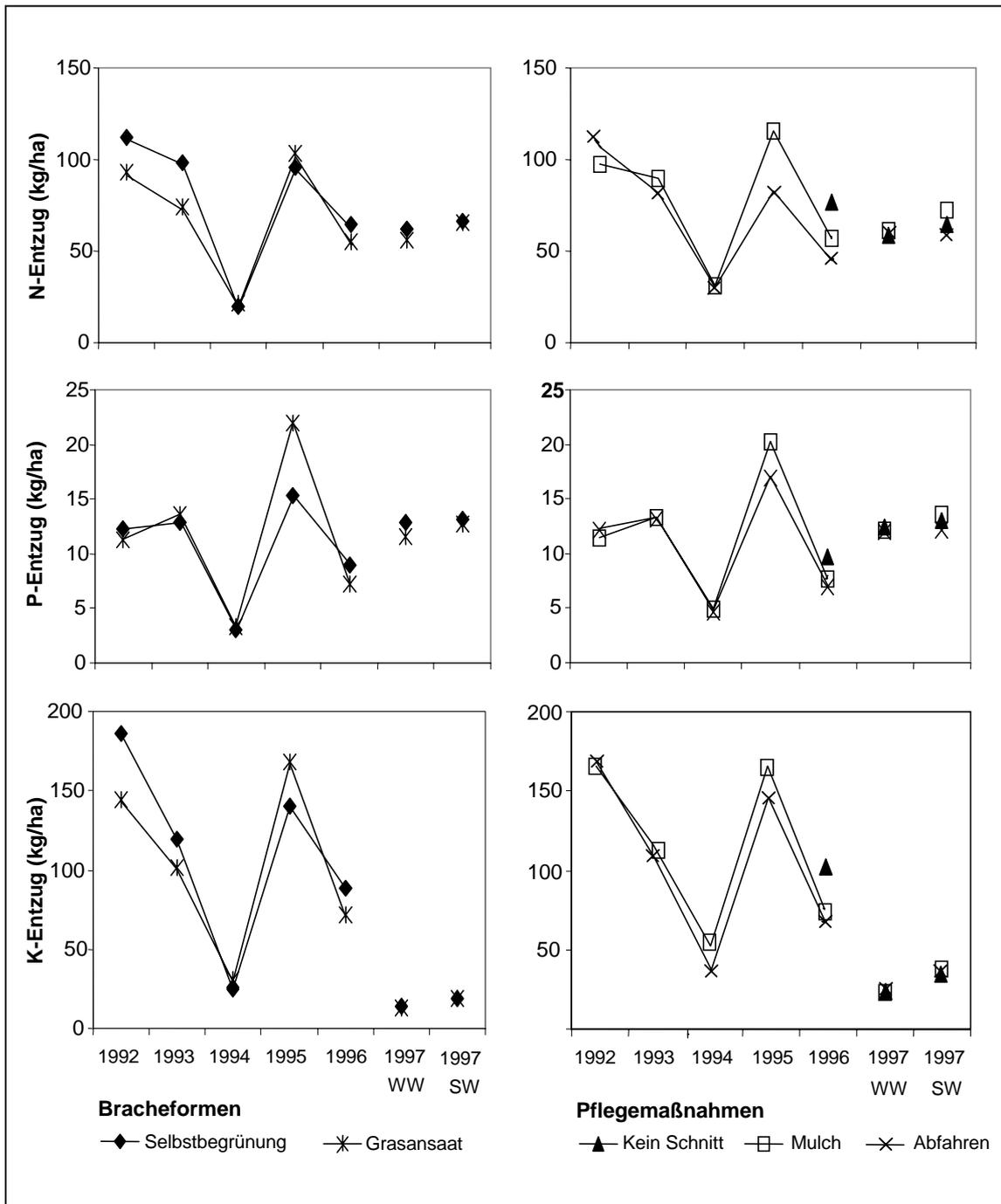


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf der im Aufwuchs enthaltenen Nährstoffmengen des Standortes Methau (Stilllegung 1992 - 1996, Nachbau 1997, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen)

Tabelle 3: Flächenbilanz für Stickstoff (kg N/ha u. Jahr) für die Standorte Spröda und Methau

Bracheformen: Pflegemaßnahmen:	Selbstbegrünung			Grasansaat		
	Kein Schnitt	Mulchschnitt	Abfahren	Kein Schnitt	Mulchschnitt	Abfahren
Standort Spröda						
Zufuhr						
Deposition	30	30	30	30	30	30
Nicht-symb. N-Bindung	10	10	10	10	10	10
Gesamt	40	40	40	40	40	40
Abfuhr	0	0	13,6	0	0	18,6
Saldo	40	40	26,4	40	40	21,4
Standort Methau						
Zufuhr						
Deposition	45	45	45	45	45	45
Nicht-symb. N-Bindung	10	10	10	10	10	10
Gesamt	55	55	55	55	55	55
Abfuhr	0	0	72,4	0	0	68,1
Saldo	55	55	-17,4	55	55	-13,1

Die unter Vernachlässigung der Auswaschung berechneten Flächenbilanzen für den Nährstoff Stickstoff können der nachfolgenden Tabelle 3 entnommen werden. Aufgrund der rel. hohen N-Zufuhren über die Luft (nasse u. trockene Deposition am Ort gemessen, n. LIPPOLD, 2000) war es offensichtlich auch bei stetiger Abfuhr des Aufwuchses nicht möglich, eine negative Feldbilanz am Standort Spröda zu erreichen. Bei entsprechend höheren Aufwuchs- und Abfuhrmengen waren die N-Salden am Ort Methau verschieden hoch. Auf Varianten ohne Abfuhr war eine N-Anreicherung von ca. 55 kg, während bei Abfuhr eine durchschnittliche Auslagerung der Flächen zwischen 13 kg und 17 kg N/ha und Jahr zu verzeichnen war.

3.2 Chemische und physikalische Merkmale des Bodens

Die N_{\min} -Gehalte ($NO_3-N + NH_4-N$) sind jeweils im Frühjahr und im Herbst im gesamten Versuchsverlauf von 0 – 30 cm und von 30 – 60 cm, sowie am Anfang vor Versuchsbeginn sowie nach Versuchsende der Dauerstilllegung auch in der Bodentiefe 60 – 90 cm untersucht

worden. Durch die Bodenbearbeitung vor Versuchsbeginn (Herbstfurche 1991, Saatbettbereitung 1992) wurde die Stickstoffmineralisierung stark gefördert. Durch die intensive Vorbewirtschaftung und die Bodenbearbeitung waren zu Beginn des Versuches 96 kg N im Bereich 0 – 60 cm und 139 kg N/ha im Bereich 0 – 90 cm Bodentiefe am Ort Spröda und 130 kg N im Bereich 0 – 60 cm und 183 kg N/ha von 0 – 90 cm Bodentiefe am Ort Methau vorhanden. Die auflaufenden Grasbestände und die sich etablierende Selbstbegrünung waren gleichermaßen zunächst nicht in der Lage, die im ersten Jahr freigesetzten Stickstoffmengen aufzunehmen und vor weiterer Verlagerung und Auswaschung zu bewahren. Am Ende des Versuches waren gegen Ende Juli 1996 am Ort Spröda in der Bodentiefe 0 – 60 cm noch 16 kg und von 0 – 90 cm Tiefe insgesamt 24 kg N/ha vorhanden. Am Standort Methau waren es am Ende der Stilllegung Anfang August 1996 von 0 – 60 cm Bodentiefe 52 kg N und etwas später nach Pflugfurche und Zwischenfrucht-Etablierung bzw. W.-Weizenansaat gegen Ende September von 0 – 90 cm Tiefe insgesamt 42 kg N/ha.

Die Entwicklung der N_{\min} -Gehalte ist durch einen charakteristischen Verlauf auf beiden Standorten gekennzeichnet (Abb. 5). Nach relativ hohen Ausgangswerten vor Versuchsbeginn sind die N_{\min} -Mengen bis zu ihren niedrigsten Gehalten im Jahr 1993 stark abgefallen. Danach sind sie dann bis zum Ende der 5jährigen Stilllegung wieder geringfügig angestiegen. Am Ort Spröda herrschte eine etwas höhere Fluktuation der Werte vor.

Es sind keine großen Differenzen zwischen den Behandlungen im Verlauf der N_{\min} -Werte festzustellen. Entsprechend der besseren Bestandsetablierung waren an beiden Orten nach Grasansaat zunächst etwas niedrigere Werte anzutreffen. Das war regelmäßig besonders

nach Abfuhr des Aufwuchses der Fall (Abb. 5). Im Durchschnitt waren die Werte nach Etablierung des Versuches bis vor dem Umbruchzeitpunkt durch folgende Zahlen zu charakterisieren (Tab. 4). Am Ort Spröda waren kaum Unterschiede in den N_{\min} -Werten zwischen Wildaufwuchs und Grasansaat vorzufinden. Am Ort Methau hat die Grasansaat die Werte um ca. 7 kg/ha reduziert. Auch das Mulchen führte dazu, dass die Werte an diesem Ort um ca. 5 kg niedriger lagen als auf den Flächen der Sukzession. Abfuhr des Aufwuchses führte hingegen an beiden Orten zu durchschnittlich niedrigeren N_{\min} -Gehalten. Im Vergleich zum Mulchen waren die Werte nach stetiger Abfuhr am Ort Spröda um fast 7 kg und am Ort Methau um 10 kg N/ha niedriger (Tab. 4).

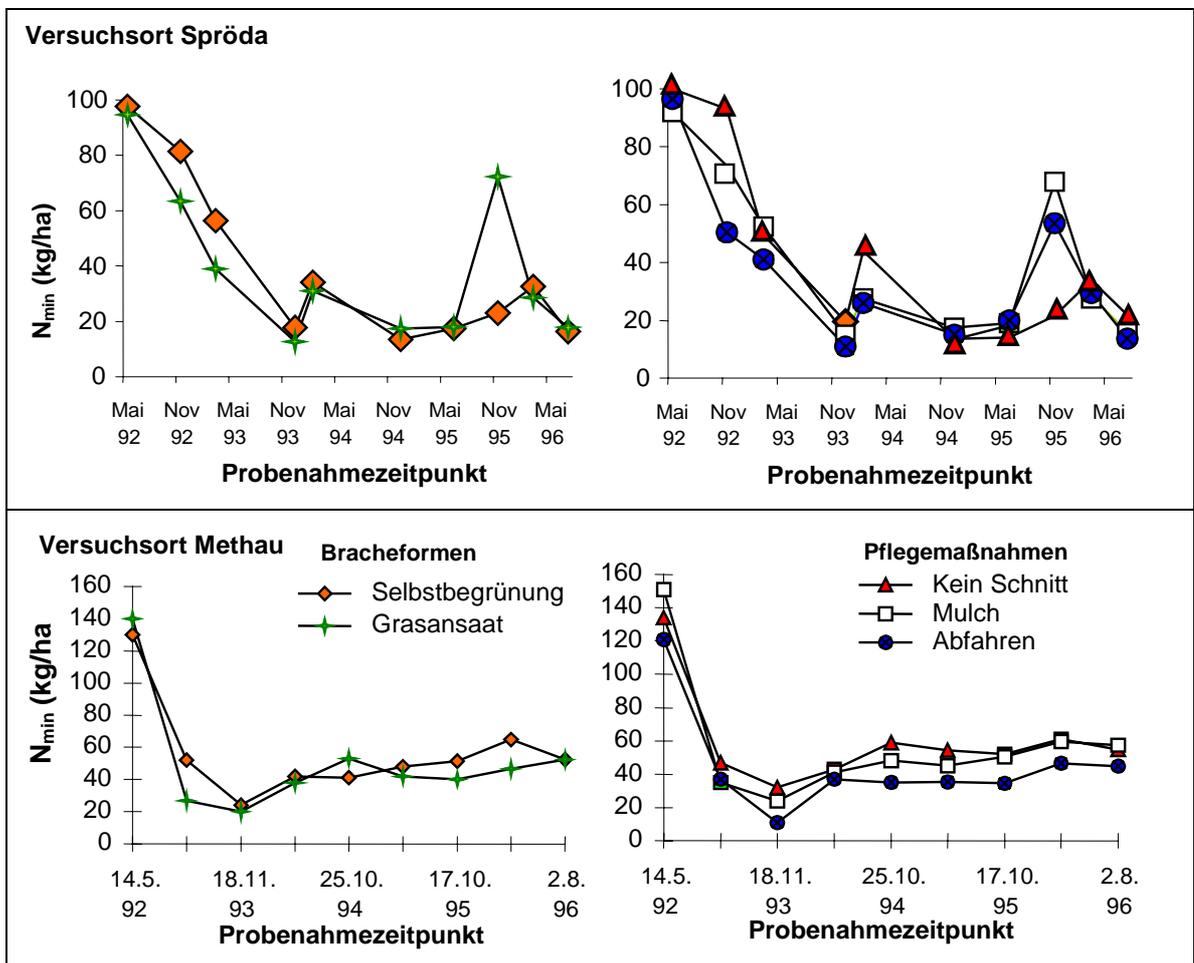


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der N_{\min} -Mengen auf den Stilllegungsflächen (kg N/ha, 0 – 60 cm Bodentiefe)

Tabelle 4: Durchschnittliche N_{min}-Mengen (kg N/ha, 0 – 60 cm Bodentiefe) auf den Stilllegungsflächen (1992 – 1996)

Variante:	Bracheformen		Pfleßmaßnahmen		
	Selbstbegrü- nung	Grasansaat	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren
Standort Spröda					
0 – 30 cm Bodentiefe Frühjahr/Herbst	22,6/19,2	20,0/22,3	23,4/21,8	21,3/24,3	19,0/16,3
Mittelwert	20,7	21,2	22,5	23,0	17,5
30 – 60 cm Bodentiefe Frühjahr/Herbst	12,7/11,3	9,2/14,5	11,9/12,2	10,8/14,0	10,2/12,6
Mittelwert	11,9	12,1	12,1	12,6	11,5
0 – 60 cm Bodentiefe Mittelwert	32,6	33,4	34,6	35,6	29,0
Standort Methau					
0 – 30 cm Bodentiefe Frühjahr/Herbst	29,5/27,9	25,4/28,3	30,7/31,6	28,3/30,8	23,3/21,9
Mittelwert	28,7	26,9	31,2	29,6	22,6
30 – 60 cm Bodentiefe Frühjahr/Herbst	22,3/14,2	13,3/13,0	21,3/17,7	16,7/14,1	15,6/9,1
Mittelwert	18,3	13,2	19,5	15,4	12,4
0 – 60 cm Bodentiefe Mittelwert	47,0	40,1	50,7	45,0	35,0

Im Verlauf des Versuches sind keine Hauptnährstoffe gedüngt worden, auch eine Kalkung ist unterblieben. Einige interessante Änderungen sind bei diesen Bodenmerkmalen festzustellen. Am Anbauort Spröda bestand allgemein die Tendenz zu fallenden DL-löslichen P-Gehalten und zu deutlich fallenden K-Werten des Bodens (Abb. 6). Die K-Gehalte des Bodens sind im Verlauf des Versuches von ausgangs ca. 19 mg um 6 mg/100 g Boden abgefallen. Die CaCl₂-löslichen Mg-Gehalte wiesen zeitweise starke Schwankungen auf, doch haben sich die Gehalte, wie auch die pH-Werte, bis zum Ende der Stilllegung nicht deutlich verändert. Die Grasansaat zeichnete sich durch geringfügig höhere P-, K- und pH-Werte aus. Zwischen den Pflegevarianten Kein Schnitt und Mulchen bestanden keine Unterschiede. Dagegen führte das ständige Abfahren des Aufwuchses auf dem Sandboden in Spröda im Vergleich zu den anderen Pflegemaßnahmen zu einer durchschnittlichen Abnahme der Ge-

halte an Phosphor um ca. 1,0 mg, an Kalium um 1,6 mg und an Magnesium um 0,3 mg/100 g Boden.

Auch auf dem Lößboden in Methau waren Veränderungen in den Nährstoffgehalten des Bodens eingetreten (Abb. 7). Es bestand eine Tendenz zu abnehmenden P-, K- und Mg-Gehalten. Der Mg-Gehalt ist z.B. im Versuchszeitraum um ca. 1,5 mg/100 g Boden abgefallen. Es bestand ebenfalls eine Tendenz zu höheren Werten an diesen Nährstoffen auf den Flächen der Grasansaat im Vergleich zu denen des Wildaufwuchses. Im Durchschnitt der Zeitdauer des Versuches waren (bei generell sehr hohem Nährstoffversorgungsniveau) nach stetigem Abfahren um 1,6 mg niedrigere Werte an Kalium im Boden vorzufinden. Die Gehalte der anderen Nährstoffe waren in der Tendenz nach Abfuhr im Durchschnitt geringfügig höher als die Werte der anderen Pflegevarianten (Kein Schnitt, Mulch).

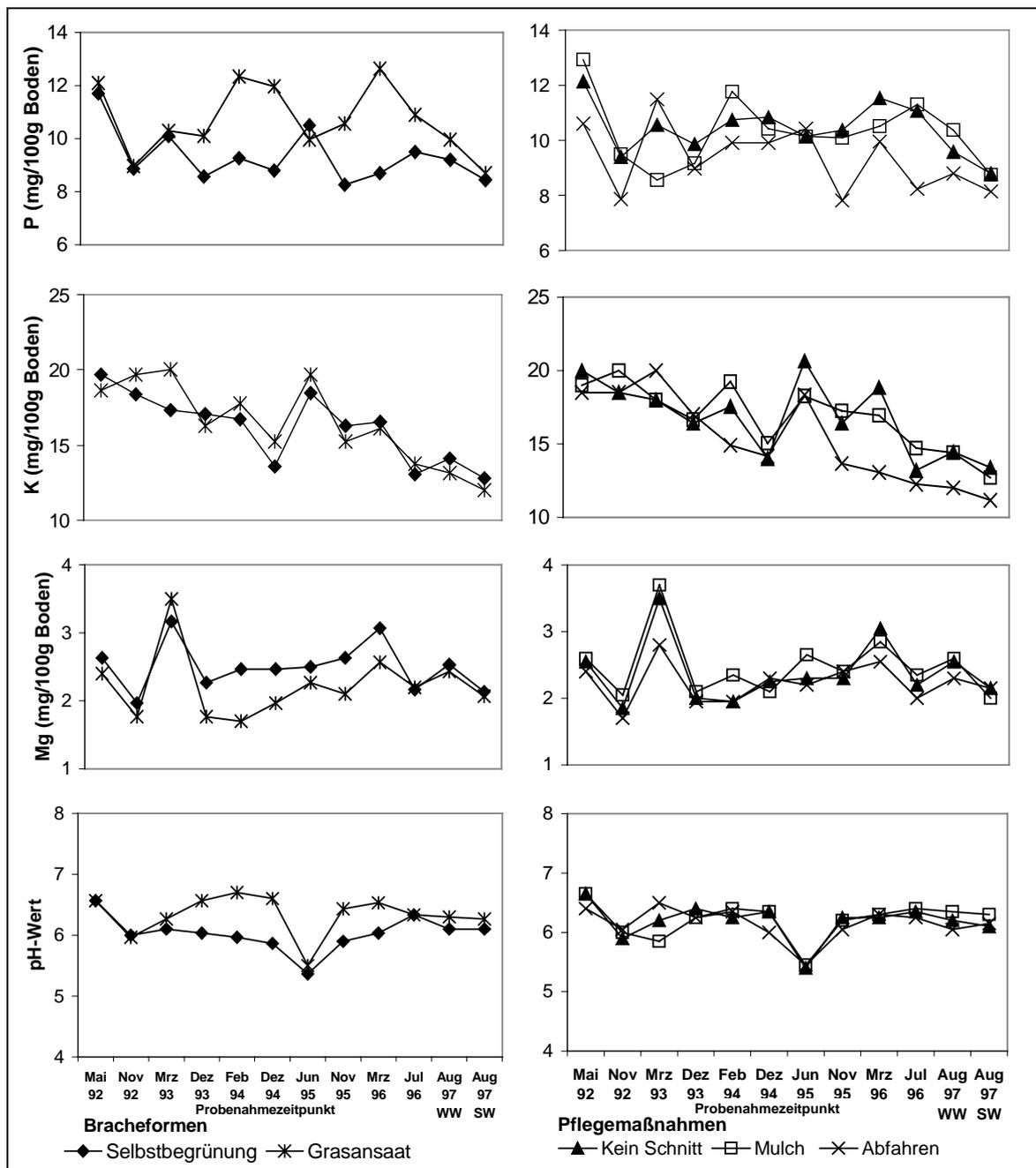


Abbildung 6: Zeitlicher Verlauf der löslichen Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium sowie der pH-Werte in der Ackerkrume (0 – 30 cm Bodentiefe) am Standort Spröda (Stilllegung 1992 – 1996, Nachbau 1997, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen)

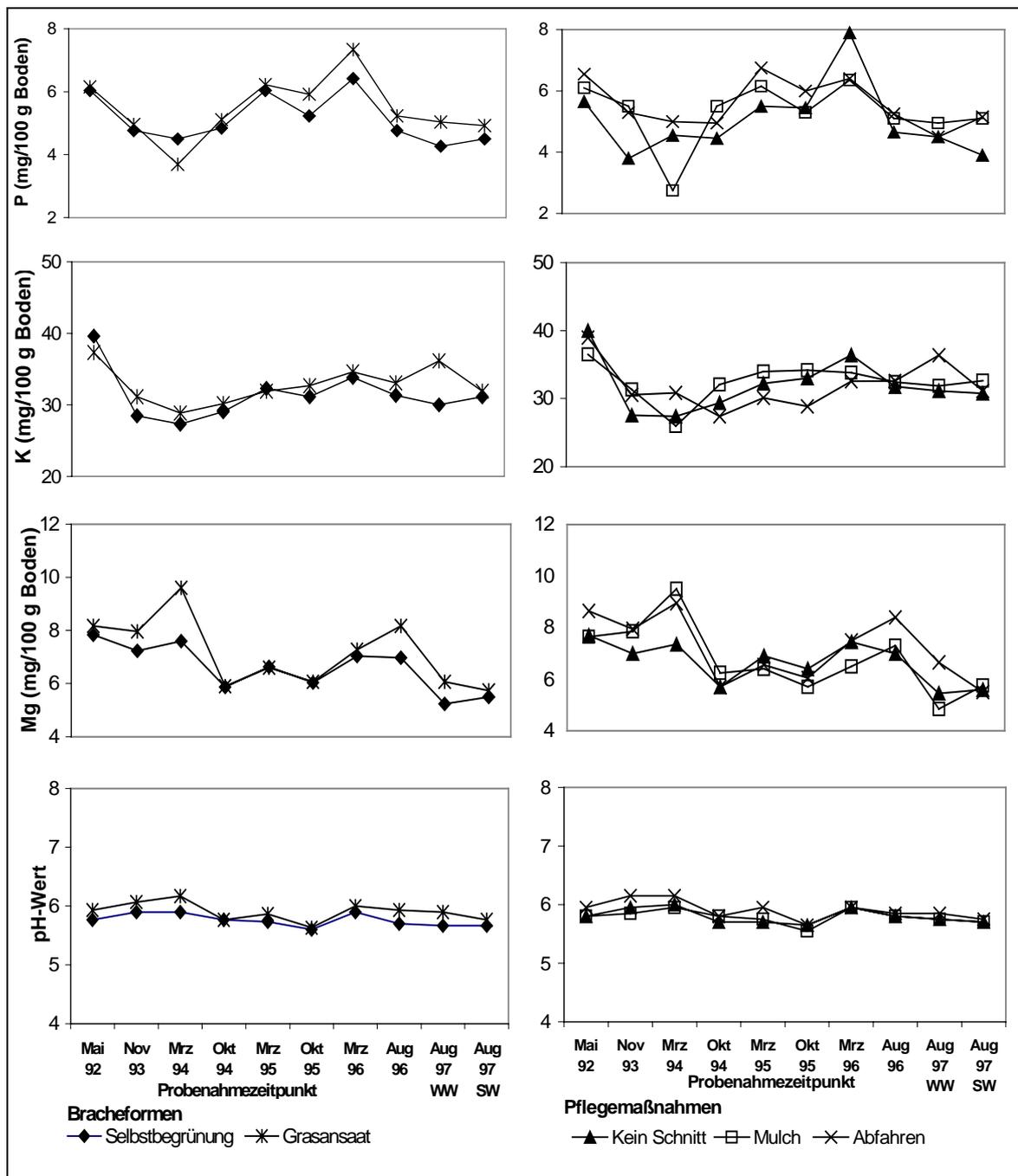


Abbildung 7: Zeitlicher Verlauf der löslichen Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium sowie der pH-Werte in der Ackerkrume (0 – 30 cm Bodentiefe) am Standort Methau (Stilllegung 1992 – 1996, Nachbau 1997, WW = Winterweizen, SW = Sommerweizen)

Weitere bodenchemische Parameter können den Tabellen 5 und 6 entnommen werden. Es sollte besonders darauf verwiesen werden, dass es zu einer tendenziellen durchschnittlichen Erhöhung der Gehalte des Bodens an Gesamt-Kohlenstoff und an Gesamt-Stickstoff gekommen ist. Für beide Merkmale ist eine

Variantenunterscheidung aber nicht möglich. In Bezug auf die untersuchten bodenphysikalischen Eigenschaften, die kurz vor Versuchsende der Dauerstilllegung untersucht worden sind, gab es keine Unterscheidung zwischen den geprüften Varianten (Tab. 7).

Tabelle 5: Überblick über chemische Merkmale des Bodens (0 – 30 cm Tiefe) zu Anfang und zu Ende der Dauerstilllegung des Standortes Spröda

Merkmale	Einzelwerte						Mittelwerte					
	Selbstbegrünung			Grasansaat			Selbstbegrünung	Grasansaat	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren	
	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren						
C_t (%)												
1992	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	
1996	1,5	1,5	1,5	1,7	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	1,6	
N_t (%)												
1992	0,07	0,07	0,08	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06	0,08	
1996	0,08	0,08	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	
C:N												
1992	18,6	18,6	16,3	15,0	24,0	15,7	17,8	18,2	16,8	21,3	16,0	
1996	18,8	18,8	18,8	18,9	18,8	17,8	18,8	18,5	18,8	18,8	18,3	
P (mg/ 100 g Boden)												
1992	11,3	12,5	11,3	13,0	13,4	9,9	11,7	12,1	12,2	13,0	10,6	
1996	10,5	11,5	6,5	11,6	11,1	10,0	9,5	10,9	11,1	11,3	8,3	
K (mg/ 100 g Boden)												
1992	21,0	19,0	19,0	19,0	19,0	18,0	19,7	18,7	20,0	19,0	18,5	
1996	12,2	15,2	11,7	14,2	14,2	12,8	13,0	13,7	13,2	14,7	12,3	
Mg (mg/ 100 g Boden)												
1992	2,7	2,6	2,6	2,4	2,6	2,2	2,6	2,4	2,6	2,6	2,4	
1996	2,1	2,3	2,1	2,3	2,4	1,9	2,2	2,2	2,2	2,4	2,0	
B (mg/kg Boden)												
1992	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	
1996	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	
Cu (mg/kg Boden)												
1992	2,4	2,4	2,0	2,5	3,3	2,6	2,3	2,8	2,5	2,9	2,3	
1996	5,4	5,0	4,7	6,8	5,1	5,1	5,0	5,7	6,1	5,1	4,9	
Mn (mg/kg Boden)												
1992	2,7	2,4	29,1	2,9	34,6	22,8	11,4	20,1	2,8	18,5	26,0	
1996	20,5	18,8	20,0	20,0	17,0	18,3	19,8	18,4	20,3	17,9	19,2	
Zn (mg/100g Boden)												
1992	6,3	4,8	7,6	5,0	5,4	4,2	6,2	4,9	5,7	5,1	5,9	
1996	3,9	3,6	3,4	4,1	3,3	3,5	3,6	3,6	4,0	3,5	3,5	
pH-Wert												
1992	6,7	6,5	6,5	6,6	6,8	6,3	6,6	6,6	6,7	6,7	6,4	
1996	6,2	6,4	6,4	6,5	6,4	6,1	6,3	6,3	6,4	6,4	6,3	

Tabelle 6: Überblick über chemische Merkmale des Bodens (0 – 30 cm Tiefe) zu Anfang und zu Ende der Dauerstilllegung des Standortes Methau

Merkmale	Einzelwerte						Mittelwerte					
	Selbstbegrünung			Grasansaat			Selbstbegrünung	Grasansaat	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren	
	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren						
C_t (%)												
1992	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
1996	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	
N_t (%)												
1992	0,18	0,15	0,14	0,14	0,15	0,14	0,16	0,14	0,16	0,15	0,14	
1996	0,16	0,15	0,14	0,17	0,16	0,15	0,15	0,16	0,17	0,16	0,15	
C:N												
1992	8,3	10,0	10,0	10,7	10,0	10,7	9,4	10,5	9,5	10,0	10,4	
1996	10,0	10,7	10,7	8,8	9,4	10,0	10,5	9,4	9,4	10,1	10,4	
P (mg/ 100 g Boden)												
1992	4,9	6,4	6,8	6,4	5,8	6,3	6,0	6,2	5,7	6,1	6,6	
1996	4,4	5,1	4,8	4,9	5,1	5,7	4,8	5,2	4,7	5,1	5,3	
K (mg/ 100 g Boden)												
1992	40,0	36,0	43,0	40,0	37,0	35,0	39,7	37,3	40,0	36,5	39,0	
1996	31,3	30,8	32,1	32,2	34,0	33,1	31,4	33,1	31,8	32,4	32,6	
Mg (mg/ 100 g Boden)												
1992	7,1	7,0	9,4	8,3	8,3	7,9	7,8	8,2	7,7	7,7	8,7	
1996	7,0	6,3	7,6	7,0	8,3	9,2	7,0	8,2	7,0	7,3	8,4	
B (mg/kg Boden)												
1992	0,56	0,63	0,75	0,74	0,74	0,8	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	
1996												
Cu (mg/kg Boden)												
1992	5	5,00	5,1	5,2	5,9	5	5,0	5,4	5,1	5,5	5,1	
1996												
Mn (mg/kg Boden)												
1992	83,3	74,90	77,4	81,7	82,8	72,9	78,5	79,1	82,5	78,9	75,2	
1996												
Zn (mg/100g Boden)												
1992	14,4	12,0	13,2	9,2	11,2	18,4	13,2	12,9	11,8	11,6	15,8	
1996												
pH-Wert												
1992	5,6	5,8	5,9	6,0	5,8	6,0	5,8	5,9	5,8	5,8	6,0	
1996	5,7	5,6	5,8	5,9	6,0	5,9	5,7	5,9	5,8	5,8	5,9	

Tabelle 7: Physikalische Eigenschaften des Bodens (0 – 30 cm Tiefe) nach 5 Jahren Dauerstilllegung

Bracheform	Pflegemaßnahmen	Trockenroh-dichte (g/cm ³)	Porenvolumen (%)	Wassergehalt (%)	Reindichte (g/cm ³)	maximale Wasserkapazi- tät (Gew. %)
Versuchsort Spröda						
Selbstbegrünung	Kein Schnitt	1,557	26,6	8,2	2,121	20,2
	Mulch	1,528	28,3	8,1	2,131	20,6
	Abfahren	1,582	26,5	7,5	2,147	20,4
Grasansaat	Kein Schnitt	1,570	26,9	8,9	2,148	20,3
	Mulch	1,540	27,9	8,0	2,134	20,4
	Abfahren	1,589	25,6	8,1	2,138	20,3
Selbstbegrünung		1,556	27,1	7,9	2,133	20,4
Grasansaat		1,566	26,8	8,3	2,140	20,3
	Kein Schnitt	1,564	26,8	8,6	2,135	20,3
	Mulch	1,543	28,1	8,1	2,133	20,5
	Abfahren	1,586	26,1	7,8	2,143	20,4
Versuchsort Methau						
Selbstbegrünung	Kein Schnitt	1,415	34,4	21,7	2,156	28,4
	Mulch	1,423	34,6	20,2	2,144	28,6
	Abfahren	1,411	34,5	21,0	2,156	28,4
Grasansaat	Kein Schnitt	1,441	33,4	22,6	2,149	28,3
	Mulch	1,394	34,7	22,9	2,134	28,8
	Abfahren	1,400	35,0	21,4	2,154	28,6
Selbstbegrünung		1,416	34,5	21,0	2,152	28,5
Grasansaat		1,412	34,4	22,3	2,146	28,6
	Kein Schnitt	1,428	33,9	22,2	2,153	28,4
	Mulch	1,409	34,7	21,6	2,139	28,7
	Abfahren	1,406	34,8	21,2	2,155	28,5

3.3 Nachbauprüfung

Nach der letztmaligen Durchführung der Pflegemaßnahmen gegen Mitte Juli des Jahres 1996 erfolgte auf allen Varianten eine Mulchung des verbliebenen Aufwuchses, Bearbeitungsgänge mit Scheibenegge, Pflug und Saatbettkombination. Dann wurden die Parzellen geteilt und auf der einen Hälfte eine Einsaat der Zwischenfrüchte sowie auf der anderen Hälfte der Flächen eine Einsaat von Winterweizen (Mitte Oktober 1996) vorgenommen. Die abfrierende Zwischenfrucht wurde im zeitigen Frühjahr gepflügt und es erfolgte eine Ansaat von Sommerweizen gegen Mitte März 1997. Die Pflege erfolgte mit dem Striegel.

3.3.1 Entwicklung der N_{\min} -Gehalte im Boden

Am Anbauort Spröda schwankten die N_{\min} -Mengen im Zeitraum nach Beendigung der Stilllegung bis zum Sommer 1997 zwischen 5 kg und 55 kg N/ha in der Bodenschicht 0 – 60 cm Tiefe (Abb. 8). Es waren kaum Unterschiede zwischen den geprüften Stilllegungs-Varianten zu erkennen. Im Durchschnitt waren auf den Varianten nach Grasansaat sowie nach der Sukzession geringfügig höhere Werte im Verlauf des Frühjahrs und des Sommers des Jahres 1997 zu verzeichnen. Die Flächen mit Winterweizen hatten etwas niedrigere Durchschnittswerte

schnittswerte aufzuweisen als die des Sommerweizens. In der Bodentiefe 60 – 90 cm waren noch Werte um durchschnittlich 3 kg vorhanden.

Am Standort Methau bewegten sich die N_{\min} -Werte des Boden zwischen 30 kg und 70 kg N/ha ab dem Zeitraum des Umbruchs der Stilllegung bis Mitte Mai des Jahres 1997 unter der Weizenkultur (Abb. 9). Zwischen den Stilllegungs-Varianten mit Wildaufwuchs und Grasansaat waren keine Unterschiede zu erkennen. Die Ansaat von Winterweizen hatte im Herbst zunächst etwas höhere N_{\min} -Werte im Boden zu verzeichnen. Im Frühjahr wurden die Werte auf den Flächen mit Winterweizen stärker reduziert als auf denen mit Zwischenfrucht und nachfolgendem Sommerweizen.

Der Verlauf der N_{\min} -Werte war auf den Varianten der Pflegemaßnahmen zwischen den beiden Weizenformen relativ gleichförmig. Im Durchschnitt (Frühjahr – Sommer 1997) waren unter dem Winterweizennachbau um 4 – 7 kg N/ha höhere Werte auf den Varianten mit Abfuhr zu verzeichnen (Abb. 9). Sommerweizen hatte im Vergleich zu Winterweizen kaum höhere Durchschnittswerte aufzuweisen. In der Bodentiefe 60 – 90 cm waren noch durchschnittlich 9 kg N/ha vorhanden. Auch in dieser Bodentiefe waren die Werte auf der Variante mit Abfuhr mit 6 kg N/ha im Vergleich zu den anderen Pflegevarianten am geringsten.

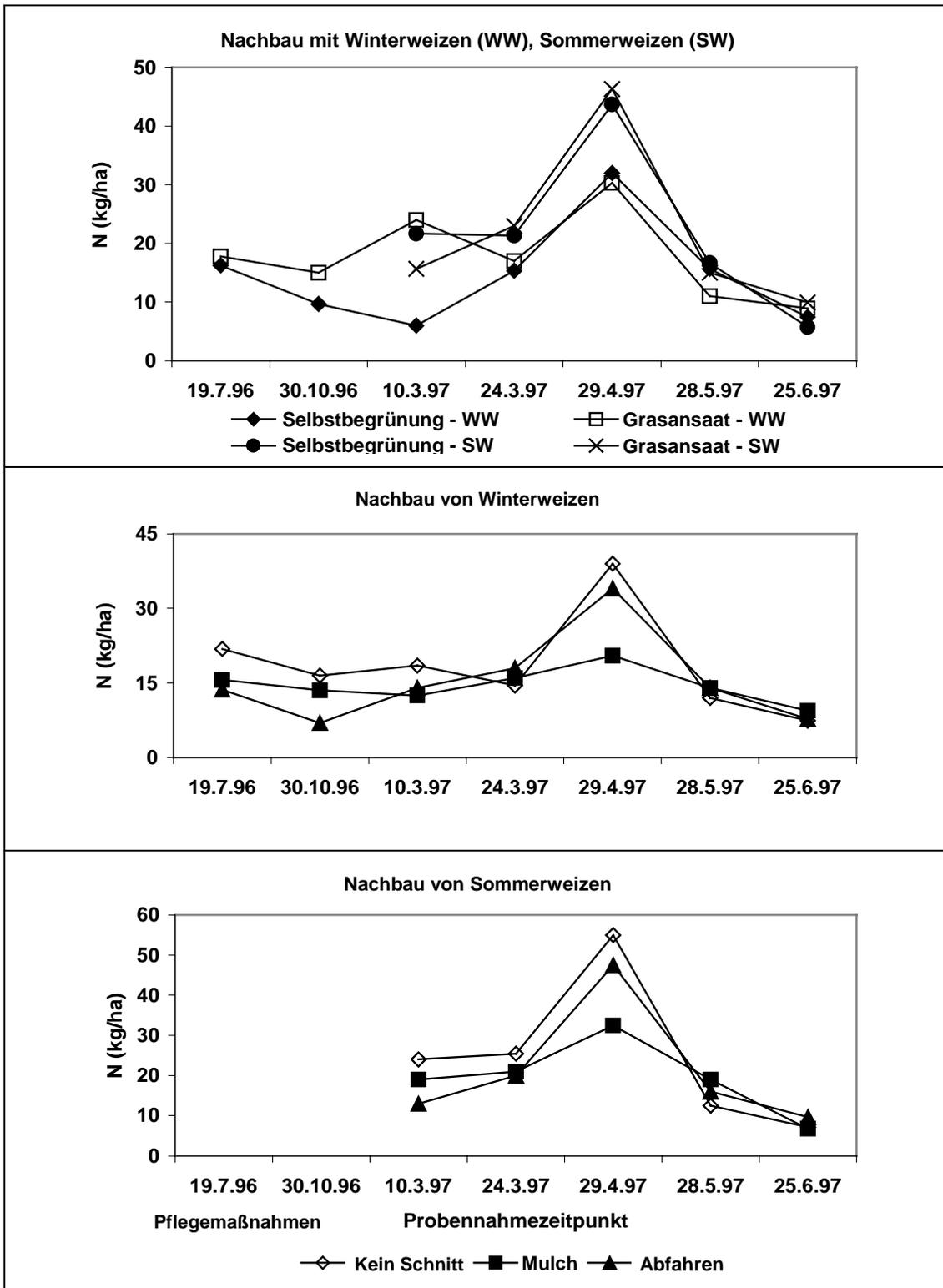


Abbildung 8: Entwicklung der N_{min} -Mengen (kg N/ha, 0 – 60 cm Bodentiefe) nach dem Umbruch und dem Anbau der Zwischenfrucht bzw. von Winter- und Sommerweizen am Standort Spröda

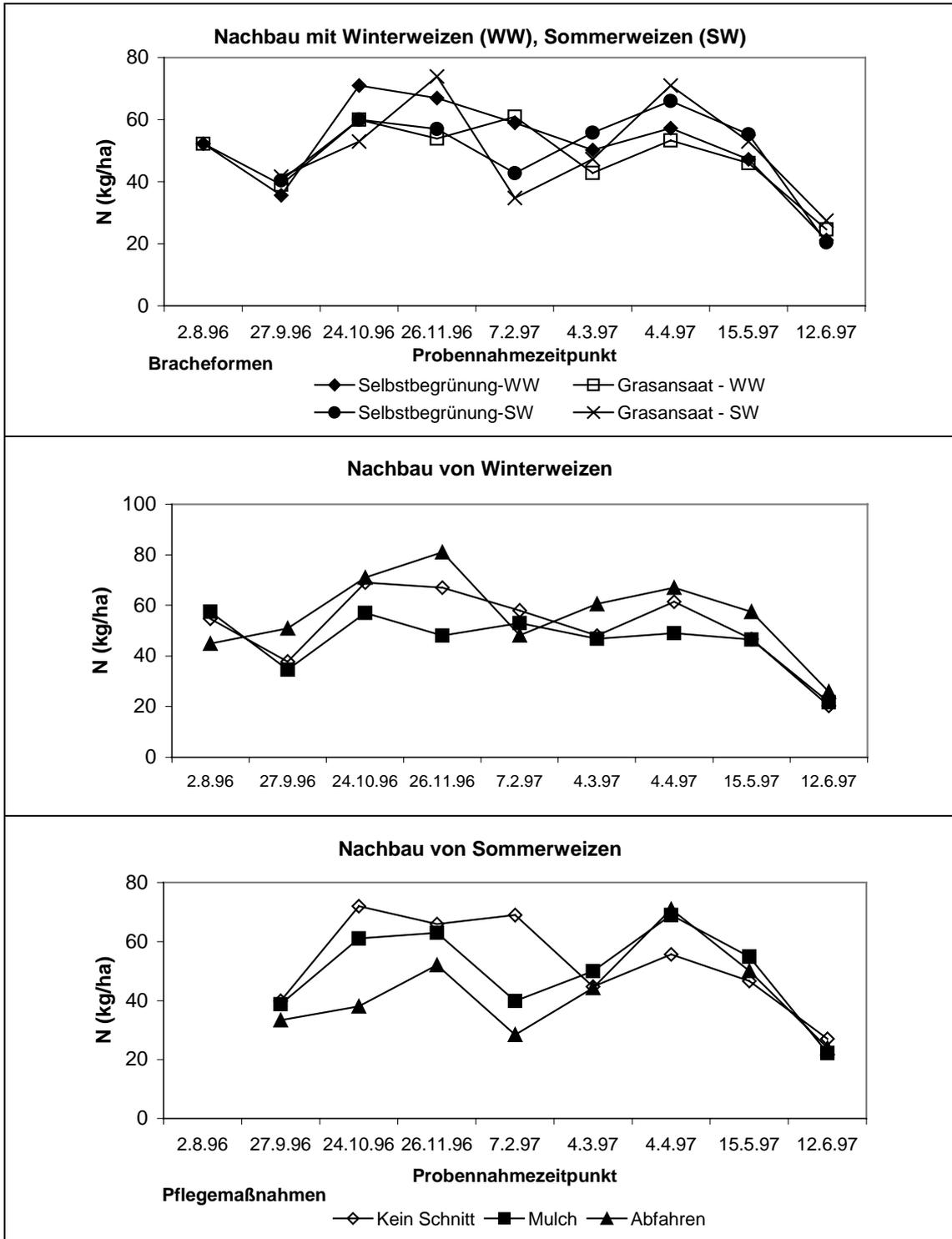


Abbildung 9: Entwicklung der N_{min} -Mengen (kg N/ha, 0 – 60 cm Bodentiefe) nach dem Umbruch und dem Anbau der Zwischenfrucht bzw. von Winter- und Sommerweizen am Standort Methau

3.3.2 Winter- und Sommerweizen-Ernte

Auf dem Sandboden am Ort Spröda lagen die mittleren Kornerträge für Sommerweizen bei 19,2 dt und für Winterweizen bei 24,6 dt/ha (Tab. 8). Auf dem Lößboden lagen die Weizen-erträge deutlich höher: Sommerweizen 45,0 dt, Winterweizen 41,1 dt/ha (Tab. 9). Im Durchschnitt der Versuche wurden an beiden Anbau-orten nach Selbstbegrünung höhere Kornerträge bei Winterweizen sowie niedrigere Erträge bei Sommerweizen als nach Grasansaat erzielt (Abb. 10). Ebenfalls an beiden Orten waren auf den ehemaligen Pflegevarianten der Stilllegung die höchsten Kornerträge nach Sukzession zu verzeichnen. Auf den Varianten mit Abfuhr des Aufwuchses waren rel. geringe Erträge vorzu-

finden. Dagegen waren zwischen den Orten recht unterschiedlich hohe Erträge an Sommerweizen auf den ehemaligen Pflegevarianten gemessen worden. Weitere Merkmale des Sommer- und Winterweizenanbaus können den Tabellen 8 und 9 entnommen werden.

Die berechneten Feldbilanzen für den Nährstoff Stickstoff unterscheiden sich stark zwischen den Standorten (Tab. 10). Der letzte Aufwuchs ist auf den entsprechenden Stilllegungs-Varianten als Zufuhr gewertet worden. Auf dem Sandboden in Spröda sind diese N-Zufuhrwerte sowie auch die Abfuhr rel. gering, während auf dem Lößboden in Methau deutlich höhere Zufuhr- und Abfuhrwerte zu veranschlagen sind.

Tabelle 8: Erträge, Nährstoffgehalte und –Entzüge der Winter- und Sommerweizenernte am Standort Spröda

Merkmale	Einzelwerte						Mittelwerte				
	Selbstbegrünung			Grasansaat			Selbstbegrünung	Grasansaat	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren
	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren					
Winterweizen											
Kornertrag (dt/ha, 86 % TM)	25,2	25,3	24,5	26,7	22,4	23,6	25,0	24,2	25,9	23,8	24,0
GD 5 %	GD(AB--->A)=5,8			GD(AB--->B,AB)=6,4			GD(A)=4,4		GD(B)=4,1		
Entzüge Korn N (kg/ha)	38,6	39,1	37,4	40,7	33,4	36,6	38,4	36,9	39,6	36,2	37,0
RP-Gehalt Korn (% i. d. TM)	10,1	10,2	10,1	10,1	9,9	10,3	10,1	10,1	10,1	10,0	10,2
Sedi.-Wert (cm³)	32	35	34	33	32	34	34	33	33	34	34
Fallzahl (sec.)	206	332	319	302	328	348	286	326	254	330	334
Strohertrag (dt/ha 86 % TM)	20,2	23,5	27,8	21,0	24,5	31,6	23,8	25,7	20,6	24,0	29,7
GD 5 %	GD(AB--->A)=2,1			GD(AB--->B,AB)=2,4			GD(A)=1,7		GD(B)=1,5		
Entzüge Stroh N (kg/ha)	7,7	10,5	12,2	10,4	9,2	12,5	10,1	10,7	9,0	9,9	12,3
N-Gehalt Stroh (% i. d. TM)	0,44	0,53	0,51	0,58	0,44	0,46	0,49	0,49	0,51	0,48	0,48
Sommerweizen											
Kornertrag (dt/ha, 86 % TM)	17,7	17,9	19,7	20,3	18,7	20,8	18,4	19,9	19,0	18,3	20,3
GD 5 %	GD(AB--->A)=4,6			GD(AB--->B,AB)=6,6			GD(A)=5,6		GD(B)=3,3		
Entzüge Korn N (kg/ha)	30,0	29,4	32,0	32,1	28,8	33,7	30,5	31,5	31,0	29,1	32,9
RP-Gehalt Korn (% i. d. TM)	11,2	10,8	10,8	10,5	10,2	10,8	10,9	10,5	10,8	10,5	10,8
Sedi.-Wert (cm³)	29	27	26	24	25	27	27	25	27	26	27
Fallzahl (sec.)	348	339	367	322	373	389	351	361	335	356	378
Strohertrag (dt/ha, 86 % TM)	21,9	23,6	21,2	17,2	23,3	27,1	22,2	22,5	19,6	23,4	24,2
GD 5 %	GD(AB--->A)=3,1			GD(AB--->B,AB)=3,1			GD(A)=3,1		GD(B)=3,1		
Entzüge Stroh N (kg/ha)	12,9	13,0	10,5	8,4	13,0	13,8	12,1	11,7	10,6	13,0	12,1
N-Gehalt Stroh (% i. d. TM)	0,68	0,64	0,57	0,57	0,65	0,60	0,63	0,61	0,63	0,65	0,58

Tabelle 9: Erträge, Nährstoffgehalte und –Entzüge der Winter- und Sommerweizenernte am Standort Methau

Merkmale	Einzelwerte						Mittelwerte					
	Selbstbegrünung			Grasansaat			Selbst- begrü- nung	Grasan- saat	Kein Schnitt	Mulch	Abfah- ren	
	Kein Schnitt	Mulch	Abfah- ren	Kein Schnitt	Mulch	Abfah- ren						
Winterweizen												
Kornertrag (dt/ha, 86 % TM)	44,3	44,3	41,5	39,1	37,9	39,3	43,4	38,7	41,7	41,1	40,4	
GD 5 %	GD(AB--->A)=12,0			GD(AB--->B,AB)=14,0			GD(A)=10,4		GD(B)=8,5			
Entzüge Korn												
N (kg/ha)	63,3	65,1	58,8	54,1	57,0	58,1	62,4	56,4	58,7	61,0	58,5	
P (kg/ha)	13,3	12,9	12,1	11,4	11,4	11,8	12,8	11,5	12,4	12,2	12,0	
K (kg/ha)	15,2	14,1	12,8	13,4	12,4	13,9	14,1	13,2	14,3	13,2	13,4	
RP-Gehalt Korn (% i. d. TM)	9,5	9,8	9,4	9,2	10,0	9,8	9,5	9,6	9,4	9,9	9,6	
P-Gehalt Korn (% i. d. TM)	0,35	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	
K-Gehalt Korn (% i. d. TM)	0,40	0,37	0,36	0,40	0,38	0,41	0,38	0,40	0,40	0,38	0,39	
Pflanzenmerkmale												
Wuchshöhe (cm)	88,2	87,7	86,3	83,8	82,8	81,5	87,4	82,7	86	85,2	83,9	
TKM (g)	43,8	43,7	43,7	42,4	42,9	43	43,7	42,8	43,1	43,3	43,4	
Ährenzahl/m ²	399	385	426	382	406	382	403	390	391	396	404	
Pflanzen/m ²	326	304	290	301	305	277	307	294	314	305	284	
Sommerweizen												
Kornertrag (dt/ha, 86 % TM)	44,8	48,7	39,0	45,2	47,2	44,7	44,2	45,7	45,0	48,0	41,9	
GD 5 %	GD(AB--->A)=14,5			GD(AB--->B,AB)=18,6			GD(A)=14,8		GD(B)=10,3			
Entzüge Korn												
N (kg/ha)	65,5	75,8	57,4	63,8	68,2	63,5	66,2	65,2	64,7	72,0	60,4	
P (kg/ha)	13,1	14,2	12,1	12,8	13,0	12,3	13,2	12,7	13,0	13,6	12,2	
K (kg/ha)	19,3	20,5	18,1	19,1	20,3	18,8	19,3	19,4	19,2	20,4	18,5	
RP-Gehalt Korn (% i. d. TM)	9,7	10,3	9,8	9,4	9,6	9,4	9,9	9,6	9,5	10,0	9,6	
P-Gehalt Korn (% i. d. TM)	0,34	0,34	0,36	0,33	0,32	0,32	0,35	0,32	0,34	0,33	0,34	
K-Gehalt Korn (% i. d. TM)	0,50	0,49	0,54	0,49	0,50	0,49	0,51	0,49	0,49	0,49	0,52	
Pflanzenmerkmale												
Wuchshöhe (cm)	96,3	99,3	95,5	98	98,2	94,8	97,0	97,0	97,2	98,8	95,1	
TKM (g)	38,4	39,4	38,1	38,6	39,3	38,4	38,6	38,8	38,5	39,4	38,3	
Ährenzahl/m ²	465	494	474	448	441	407	478	432	457	468	441	
Pflanzen/m ²	344	332	351	347	349	359	342	352	346	341	355	

Tabelle 10: Flächenbilanz für Stickstoff (kg N/ha u. Jahr) für das Jahr der Nachbauprüfung (Mittelwert für W.- u. S.-Weizen und der Stilllegungsvarianten Selbstbegrünung und Gras-aufwuchs) für die Standorte Spröda und Methau

Standort:	Spröda			Methau		
	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren	Kein Schnitt	Mulch	Abfahren
Pflegevariante:						
Zufuhr						
- Aufwuchs (1996)	13,4	9,4	0,0	76,7	56,8	0,0
- Deposition	30,0	30,0	30,0	45,0	45,0	45,0
- Nicht-symb. N-Fixierung	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Gesamt-Zufuhr	53,4	49,4	40,0	131,7	111,8	55,0
Abfuhr (Korn)	35,3	32,7	35,0	61,7	66,5	59,5
Saldo	18,1	16,7	5,0	70,0	45,3	-4,5

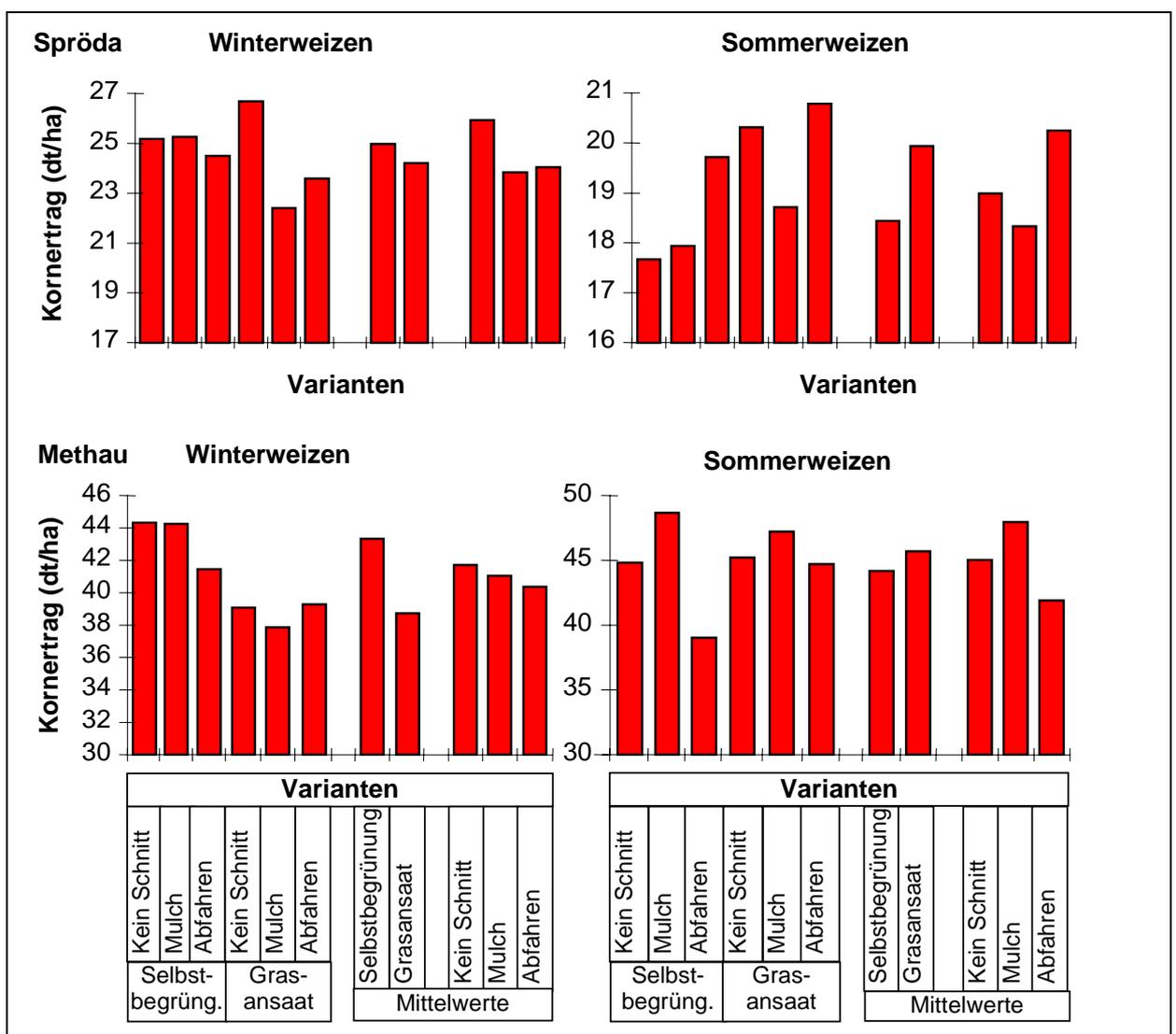


Abbildung 10: Kornerträge an Winter- und Sommerweizen am Ort Spröda (oben) und Methau (unten)

4 Zusammenfassung

Über einem Zeitraum von fünf Jahren wurden auf einem Sand- und einem Lößboden eine Selbstbegrünung sowie eine Grasansaat mit mehreren Pflegevarianten auf die Entwicklung der Aufwüchse sowie auf chemische und physikalische Bodenmerkmale geprüft.

Der Pflanzendeckungsgrad nahm an beiden Anbauorten mit der Zeit deutlich zu. Nach Grassansaat waren bereits im ersten Versuchsjahr ca. 20 % höhere Deckungsgrade als bei Selbstbegrünung zu verzeichnen. Erst im dritten Versuchsjahr näherten sich die Deckungsgrade auf einem Niveau von ca. 95 % weitgehend aneinander an. Zwischen den Pflegevarianten Kein Schnitt, Mulchschnitt und Schnitgut Abfahren gab es kaum Unterschiede in den Pflanzendeckungsgraden.

Es waren ebenfalls keine deutlichen Unterschiede in den Aufwuchsmengen und den Nährstoffentzügen zwischen den Varianten festzustellen. Auf dem Sandboden waren durchschnittlich 17 dt TM und auf dem Lößboden 52 dt/ha TM an Aufwuchsmengen gemessen worden. Aus den berechneten Flächenbilanzen ging hervor, dass unter Einbeziehung der N-Deposition eine jährliche Anreicherung auf dem Sandboden von ca. 40 kg/ha und auf dem Lößboden von ca. 55 kg N/ha in den Varianten ohne Abfuhr stattgefunden hat. Da der Aufwuchs auf dem Sandboden relativ gering war, wurden auch in den Varianten mit Abfuhr leicht positive N-Salden ermittelt. Nur auf dem Lößboden mit höheren Aufwuchsmengen war eine Aushagerung zwischen 13 – 17 kg N/ha und Jahr nach Abfuhr des Aufwuchses eingetreten.

Diese unterschiedliche Behandlung des Aufwuchses hatte auch Einfluss auf die N-Dynamik des Bodens. Die am Anfang der Flächenstilllegung vorgefundenen relativ hohen N_{\min} -Mengen zwischen 90 kg und 150 kg N/ha (0 – 60 cm Tiefe) waren im dritten Jahr auf ein Niveau um 20 kg (Sandboden) und 40 kg N/ha (Lößboden) abgesunken. An beiden Orten waren die N_{\min} -Werte auf den Varianten mit Abfuhr um 7 – 10 kg niedriger als auf den anderen Pflegevarianten.

Auch die relativ hohen Ausgangswerte an DL-löslichem Kalium (0 – 30 cm Tiefe) wurden auf dem Sandboden besonders in den Varianten mit Abfuhr im Laufe der Stilllegung abgesenkt, während bei den anderen Nährstoffen (P, Mg) sowie bei den pH-Werten nur geringe Abnahmen oder keine Änderungen eingetreten sind. Auf dem Sandboden wurden die C_T -Gehalte des Bodens (0 – 30 cm Tiefe) deutlich und die N_T -Werte etwas angehoben, so dass sich die C/N-Verhältnisse erweitert haben. Auf dem Lößboden sind demgegenüber kaum Änderungen eingetreten.

Im Anschluss an die fünfjährige Stilllegung fand eine Nachbauprüfung mit Winter- und Sommerweizen statt. Nach dem Umbruch der Stilllegung war die Entwicklung der N_{\min} -Werte relativ einheitlich und es waren keine großen Variantenunterschiede festzustellen. Die Korn-erträge lagen auf dem Sandboden für Winterweizen bei 25 dt/ha und für Sommerweizen bei 19 dt/ha. Die Gehalte an Rohprotein lagen um 10 % bei Winterweizen und zwischen 10,5 % und 11,2 % bei Sommerweizen.

Auf dem Lößboden lagen die mittleren Korn-erträge von Winterweizen bei 41 dt/ha und von Sommerweizen bei 45 dt/ha. Die Gehalte an Rohprotein lagen um 9,5 % bei Winterweizen und um 10 % bei Sommerweizen. Es waren keine großen Unterschiede zwischen den Stilllegungsvarianten in den Erträgen und den Qualitäten des Weizennachbaus aufgetreten.

5 Literatur

- JÄCKEL, U. (1995): Entwicklung von Vegetation und Nährstoffgehalt bei mehrjähriger Stilllegung. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität, Institut für Acker- u. Pflanzenbau, Halle (Saale)
- LIPPOLD, H. (2000): Mündliche Mitteilung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau, Leipzig

Impressum

Herausgeber:	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden Internet: WWW.LANDWIRTSCHAFT.SACHSEN.DE/LFL
Redaktion:	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Fachbereich Bodenkultur und Pflanzenbau Dr. Hartmut Kolbe Telefon: 0341 / 91 74 - 149 Telefax: 0341 / 91 74 - 111 e-mail: Hartmut.Kolbe@leipzig.lfl.smul.sachsen.de
Endredaktion:	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Öffentlichkeitsarbeit Thomas Freitag, Gisela Hauptmann
Redaktionsschluss:	März 2003
Bildnachweis:	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Druck:	Sächsisches Digitaldruck Zentrum GmbH Dresden
Auflage:	1. Auflage, 230 Stück
Bezug:	Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Öffentlichkeitsarbeit August-Böckstiegel-Straße 1, 01326 Dresden-Pillnitz Telefax: 0351 / 26 12 - 151 e-mail: Gisela.Hauptmann@pillnitz.lfl.smul.sachsen.de
Schutzgebühr:	12,78 EUR
ISSN:	09491597

Rechtshinweis

Alle Rechte, auch die der Übersetzung sowie des Nachdruckes und jede Art der phonetischen Wiedergabe, auch auszugsweise, bleiben vorbehalten. Rechtsansprüche sind aus vorliegendem Material nicht ableitbar.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.