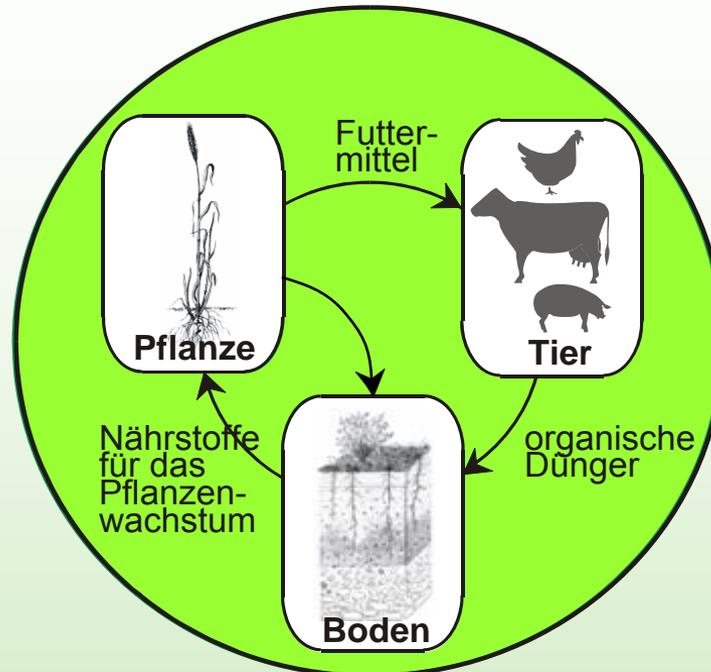




Das Lebensministerium



Ökologischer Ackerbau Fruchtfolgegestaltung und Düngungsplanung

Dr. H. Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft



Die Fruchtbarkeit und biologische Aktivität sowie
die Humusgehalte
des Bodens sind zu erhalten
oder in geeigneten Fällen zu erhöhen

Bundes-Bodenschutzgesetz
Cross Compliance
EU-Verordnung 2092/91 zum Ökologischen Landbau
„Gute fachliche Praxis“

Gliederung

- Fruchtfolge

- Phosphor und Kalium

- Kalk

- Humus

- Stickstoff

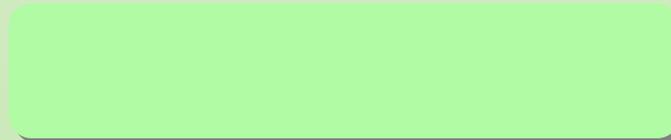
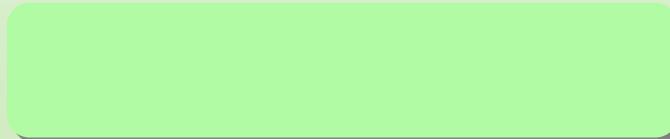
- Nährstoffmanagement

Strategie zum Nährstoffmanagement im Ökobetrieb

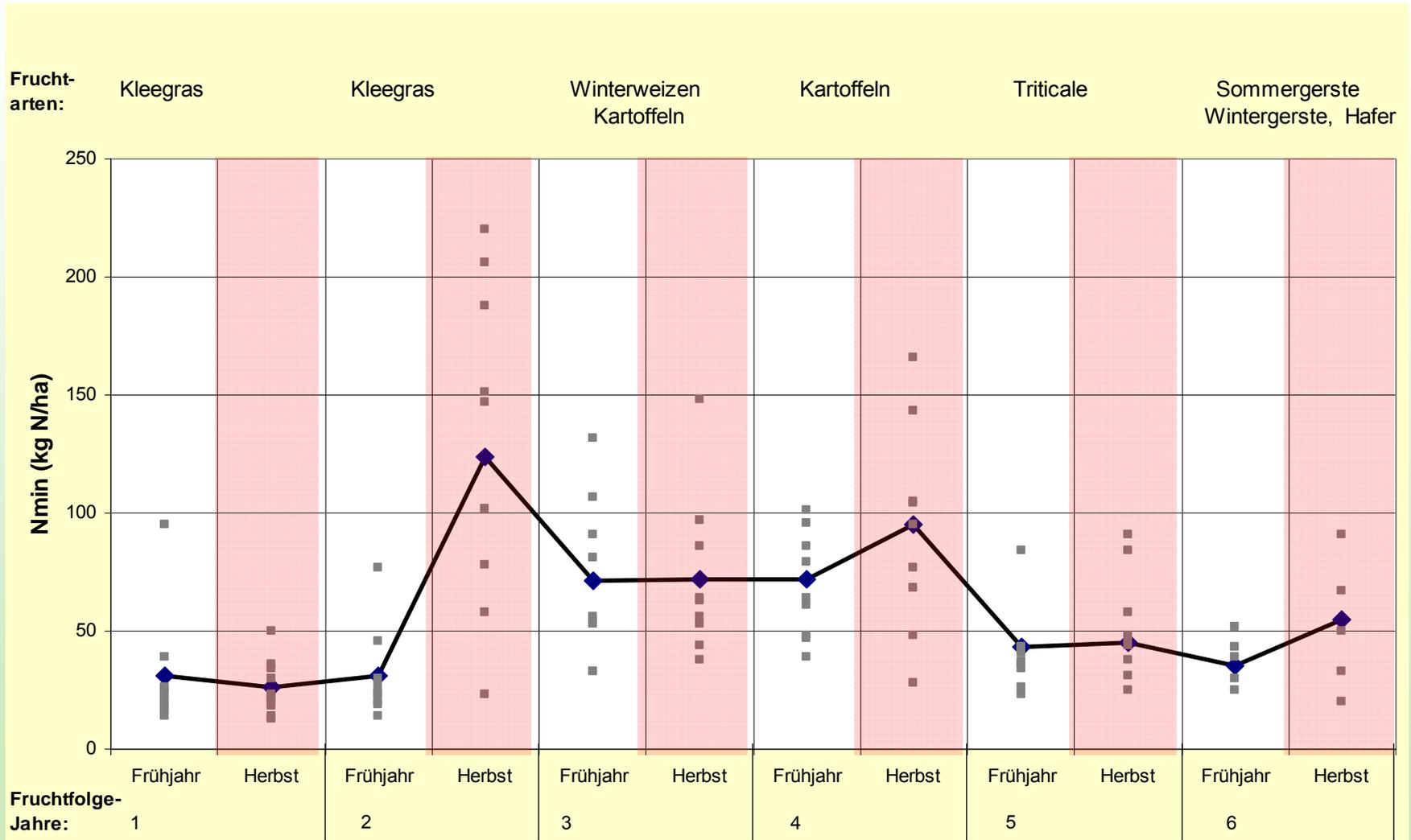
- **Fruchtfolgegestaltung**
Fruchtfolgegrundschemata (drei Phasen) und N-Verfügbarkeit (neben Krankheits- u. Unkrautaufkommen)
- **Bodenbeurteilung** (Spatendiagnose), **Bodenbearbeitung**, **Berechnung**
- **Schlagkarteiführung**
- **Grunddüngung (P, K, Mg, S)**
Bodenuntersuchung, Düngungsbemessung, Nährstoffbilanzierung
- **Mikronährstoffversorgung**
Bodenuntersuchung, Boden- u. Blattdüngung
- **Kalkversorgung**
Bodenuntersuchung (pH-Wert), Kalkung
- **Humus, Versorgung mit organischer Substanz**
Humusbilanzierung
- **Stickstoff**
 N_{\min} , N-Dynamik, N-Bilanzierungsformen (Hof-, Schlag-, Stallbilanz),
Düngungsbemessungsverfahren

Gliederung

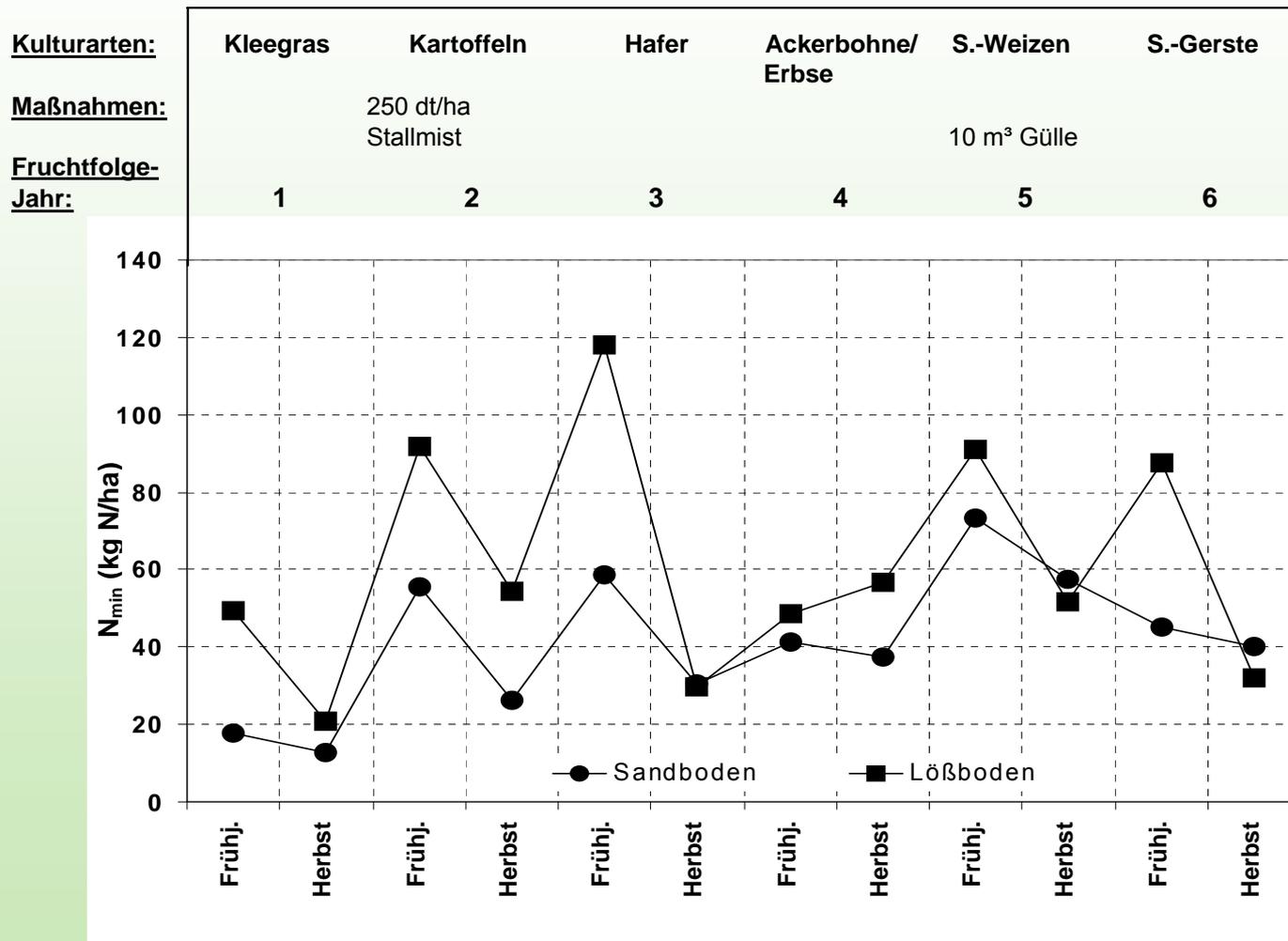
- Fruchtfolge



Fruchtfolgeverlauf des N_{\min} auf dem Ökofeld in Roda



Verlauf der N_{\min} -Werte (kg N/ha, 0 – 90 cm Bodentiefe) in 6-feldrigen Fruchtfolgen mit Klee gras sowie Körnerleguminosen (Ackerbohne auf Lößboden; Erbse auf Sandboden; ökologische Exaktversuche, Sachsen)



Fruchtfolgegrundgerüst

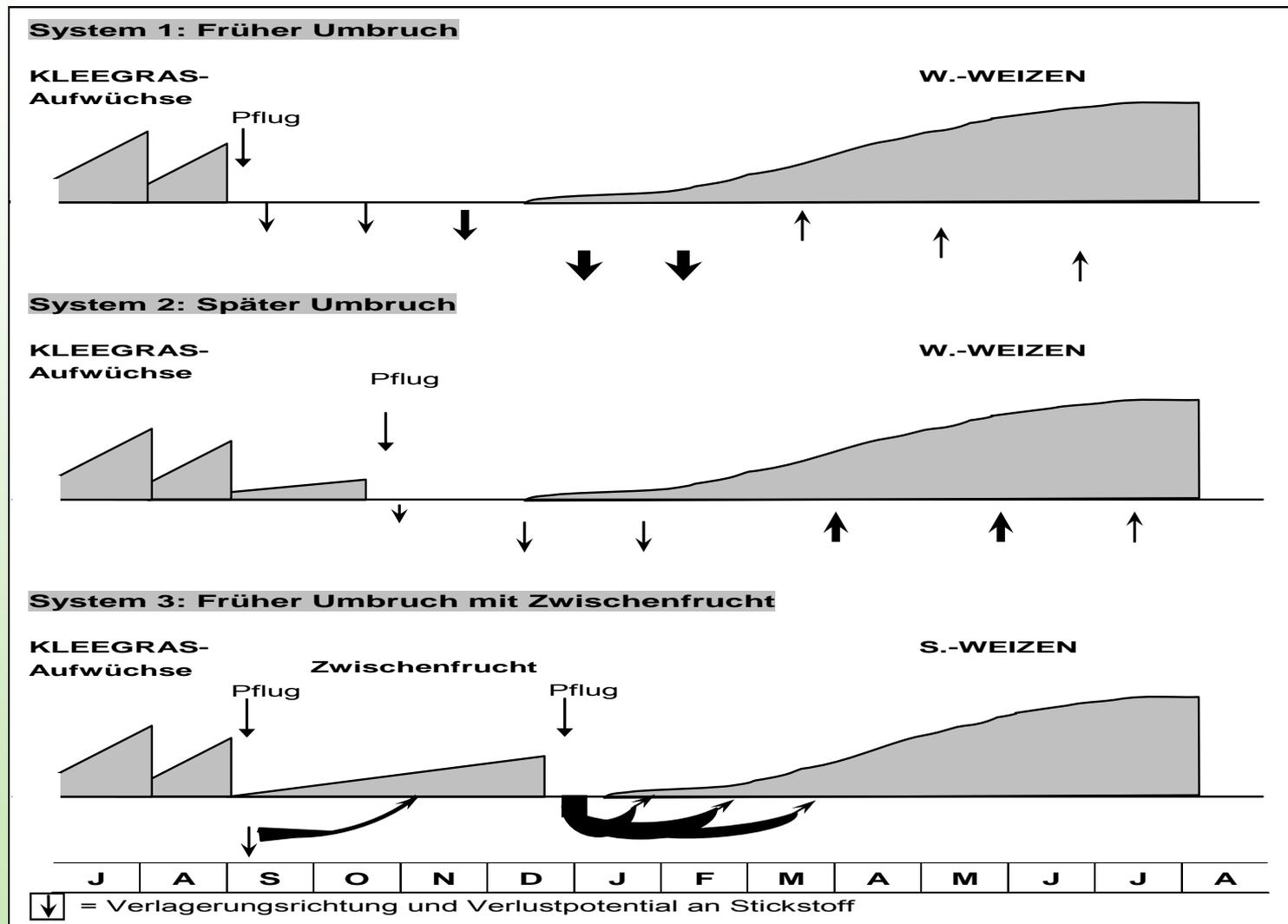
Abfolge d. Hauptfrüchte i. d. Fruchtfolge	Wirkung	Anbaujahre	geeignete Fruchtarten	
			leichte Böden (S - SI)	mittlere – schwere Böden (IS – T)
1a Feldfutter-, Gründungsleguminosen oder:	Stickstoff-Zufuhr durch symbiotische N-Bindung, Humusmehrer, Bodenstruktur aufbauende Kulturen, Unkrautregulierung	(1) – 2 – (3)	Kleearten (Rotklee), Luzerne Serradella Leguminosen-Gemenge Leguminosengras-Gemenge	Luzerne Rotklee (andere Kleearten) Leguminosen-Gemenge Leguminosengras-Gemenge
1b Körnerleguminosen		1	Erbsen Lupinen	Ackerbohnen Erbsen
2 Anspruchsvolle Nichtleguminosen	Stickstoff zehrende, Bodenstruktur und Humus abbauende Kulturen (Halm- oder Hackfrüchte)	1 – (2)	Kartoffeln (+) Mais (+) Futtermülsen (+) W.-Raps (+) Triticale (+) W.-Roggen (+) W.-Gerste (+) Hafer (+) Dinkel Ackergräser (+)	W.-Weizen (+) S.-Weizen (+) Mais (+) W.-Raps (+) Kartoffeln (+) Futtermülsen (+) Triticale (+) W.-Gerste W.-Roggen Ackergräser
3 Anspruchlosere Nichtleguminosen	Humus zehrende, Bodenstruktur abbauende, abtragende Halm- oder Hackfrüchte	1 – (2)	Kartoffeln + S.-Gerste (+) Dinkel (+) W.-Roggen + Hafer + Sonnenblumen (+)	Kartoffeln + Zuckerrüben Brauweizen Triticale + W.-Gerste + W.-Roggen + Dinkel (+) S.-Gerste (+) Hafer (+) Sonnenblumen

Düngung: + = organische Düngung günstig; (+) = organische Düngung im 2. Anbaujahr bzw. bei Getreide ab 1. Anbaujahr nach Leguminosen günstig; Anbaujahre: 1 – (2) = Fruchtfolgeelement umfasst in der Regel ein bis höchstens zwei Anbaujahre

Vorfruchteignung der Kulturarten im ökologischen Landbau

Nachfrucht Vorfrucht	Eignung der Vorfrüchte für die Nachfrüchte																									
	Luzerne, Klee, Leguminosengras (mehrjährig)	Luzerne, Klee, Leg.-gras Serradella (ein- b. überjähr.)	Ackerbohne [s]	Erbse, Linse	Lupine, Wicke, Sojabohne	Gräser (ein- bis mehrjährig)	W.-Weizen [s] (Back- u. Futterqualität)	S.-Weizen, Durum [s] (Back- u. Futterqualität)	Weizen (Brauqualität)	Dinkel	Triticale [t]	W.-Roggen [t]	W.-Gerste (Futterqualität)	S.-Gerste [t] (Futterqualität)	S.-Gerste (Brauqualität)	Hafer	Silo- u. Körnermais	Futtermübe	Zuckerrübe [s]	Frühkartoffel (Speisequalität)	Mittelfrühe Kartoffel (Speisequalität)	Späte Kartoffel (Verarbeitungsqualität)	W.-Raps [t]	Sonnenblume		
	Einstufung																					Ertrags- u. Qualitätsleistung (\bar{x} = 100 %)				
Luzerne, Klee, Leguminosengras (mehrjährig)	ce	ce	ce		ce	e	a	i	f	ag	ag _k	ag _k	ag _k	eg _i	ef _g	ag _{ik}	ik	ai _k	f	ef	fik	fik	ab	e	sehr günstig	110 - 120 %
Luzerne, Klee, Leg.-gras Serradella (ein- b. überjähr.)	ce	ce	e	e	e	en	i	f	g		bk	bk	eg _{ik}	ef _g	ik	i	ei _k	f	f	fik	ik	b	e	günstig	100 - 110 %	
Ackerbohne [s]	ce	e	c	c	e	bm	h	h	fh	gh	bh	b	b	eg _h	fh	eh	h	h	fh	eh	h	h	b	e	ungünstig	90 - 100 %
Erbse, Linse	ce	e	c	c	e	n	i	hi	fi	gi	i	i	i	fi	i	i	i	ei	efi	ei	ei _k	ei _k	c	ei	sehr ungünstig, unmöglich	80 - 90 %
Blaue Lupine, Weiße Lupine, Wicke	ce	e	e	e	ce	bn	i	f	gk	k	k	bk	g _{ik}	fi	ik	ik	ei _k	fi	ei _k	ei _k	ik	b	ei	Besondere Hinweise a = Vorsicht bei starker Trockenheit b = Vegetationszeiten überschneiden sich (klimatische Randlagen) c = Förderung bestimmter Krankheiten und Schädlinge, geringe Selbstverträglichkeit d = Förderung bestimmter Unkrautarten e = Vorfruchtwert wird schlecht ausgenutzt (Luxusfolge), mit Zweit- oder Zwischenfrucht eventuell vertretbar f = Verminderung der Qualität der Nachfrucht möglich g = Lagergefahr der Nachfrucht h = Zwischenfrucht als Untersaat in Vorfrucht möglich bzw. günstig, insbesondere auf Standorten mit hoher Nährstoffauswaschung i = Zwischenfrucht als Stoppelsaat oder Winterzwischenfrucht möglich bzw. günstig, insbesondere auf Standorten mit hoher Nährstoffauswaschung k = Auf leichten Böden günstig l = Organische Düngung zur Nachfrucht günstig m = Vorfrucht als Deckfrucht gut geeignet n = Vorfrucht als Deckfrucht bedingt geeignet o = Günstige Vorfrucht zur Reinsaat von Hauptfrüchten als Gründungs- u. Futterpflanzen p = Durchwuchsgefahr in der Nachfrucht (Saatgutvermehrung) r = Vor Saatterfurchung (intensive) Stoppelbearbeitung in Getreidefolgen möglich (Unkrautkur) [s] = Auf leichten Böden ungeeignet [t] = Sommerform in Höhenlagen geeignet		
Gelbe Lupine	ce	e	e	e	ce	b					k	bk	ik	fi	ik	ik	ei _k	i	ek	ei _k	ik	b				
Sojabohne	ce	e	e	e	ce	b	b			b	b	b	b	g	g				e				bc		ce	
Gräser (ein- bis mehrjährig)	e						ab _l	ail	b	ab	ab _l	ab _l	ab _l	i	i	i	il	il	fi	efi _l	efi _l	fik _l	ab _l			
W.-Weizen [s]			di	di	di	in	cd _p	ci	cd _p	cd _{pr}	dhl _{pr}	ch _{pr}	cd _{pr}	ci	ci	i	il	il	i	hl	il	il	b		i	
S.-Weizen, Durum [s]			i	i	i	in	c	ci	c	cir	ilr	cir	ch	cd _i	cd _i	cd _i	il	il	i	hl	il	il	b		i	
W.-Roggen, Triticale [t]	m	m	ch _i	hi	hi	m	cdh _{pr}	ch _{il}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cd _i	ch _i	ch _i	hil	hil	hil	hi	hil	hil	hil		hi	hi
W.-Gerste, Dinkel	m	m	hi	hi	hi	m	cdh _{pr}	ch _{il}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cdh _{pr}	cd _i	ch _i	ch _i	hil	hil	hil	hi	hil	hil	hil	hi		hi	
S.-Gerste [t]	m	m	dh _i	dh _i	dh _i	m	ch _r	ch _r	ch _r	ch _r	ch _r	ch _{lr}	ch _r	ch _i	ch _i	ch _i	hil	hil	hi	hil	hil	hil	hi		hi	
Hafer	n	n	cd _{hi}	hi	dh	n	fh _l	ch _{il}	hr	h _{lr}	hl	hl	hl	ch _i	ch _i	ch _i	hil	hil	hi	hil	hil	hil	bi		hi	
Silo-Mais	n	n	h	h	h	m	cf _{hl}	ch _l	ch	bh	bh _l	bh	b	h	hk	h	cd _{hl}	hl	h	hl	hl	hl	b	h		
Körner-Mais	n	n	h	h	h	n	bcf _{hl}	ch _l	bc _h	bh	bh	b	b	h	hk	h	cd _{hl}	hl	h	hl	hl	hl	b	h		
Zucker- [s] u. Futtermübe	eo	eo	e	e		eo	b _{fl}	l	b	b	b	b	b		l	l	c	c	e _l	de _l	de _l	b	e			
Frühkartoffel	o	o	ei	ei	ei	o	e _{il}	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	ei	eil	ei	ei	cd	cd	cd	il	ei		
Mittelfrühe Kartoffel	eo	eo	ei	ei	ei	eo	il	e _{il}	l	l	l	l	b	ei	ei	ei	eil	ei	ei	cd	cd	cd	b	ei		
Späte Kartoffel	eo	eo	e	e	e	eo	l	l				b	b		l	l	l		cd	cd	cd	b	e			
W.-Raps [t]	en	en	eh	eh	eh	em	hil	eh	hi	hi	hi	hi		eh	e	eh	eh	c	c	eh	eh	eh	c	hi		
Sonnenblume	hn	hn	h	h	h	hn	fh _l	fh _l	h	bh	bh	bl	bl	hp	hp	hl	hl	hl	h	hl	hl	hl	b	c		

Möglichkeiten zur Verhinderung von Auswaschungsverlusten beim Umbruch von Futterleguminosen



Quelle: nach HESS (1987)

Gliederung

[Empty box]

- Phosphor und Kalium

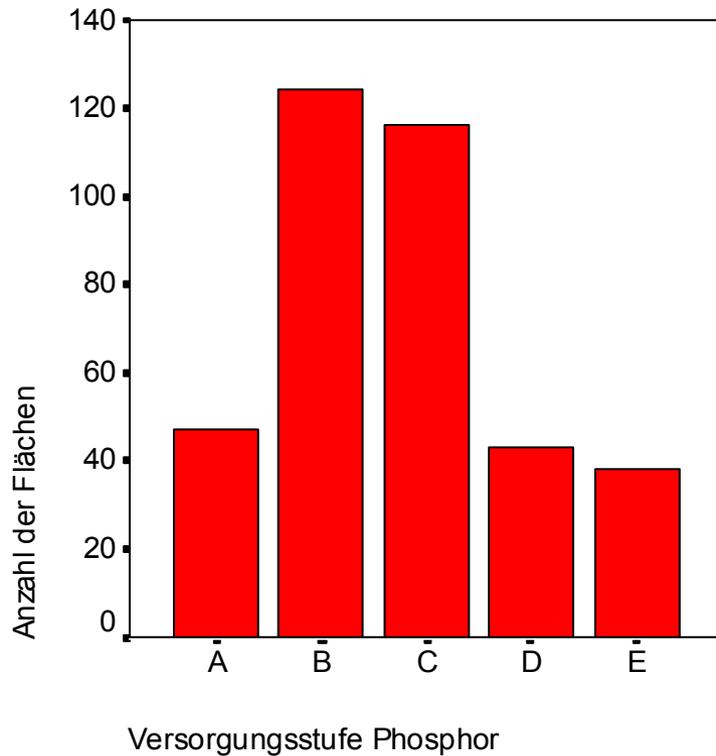
- Kalk

[Empty box]

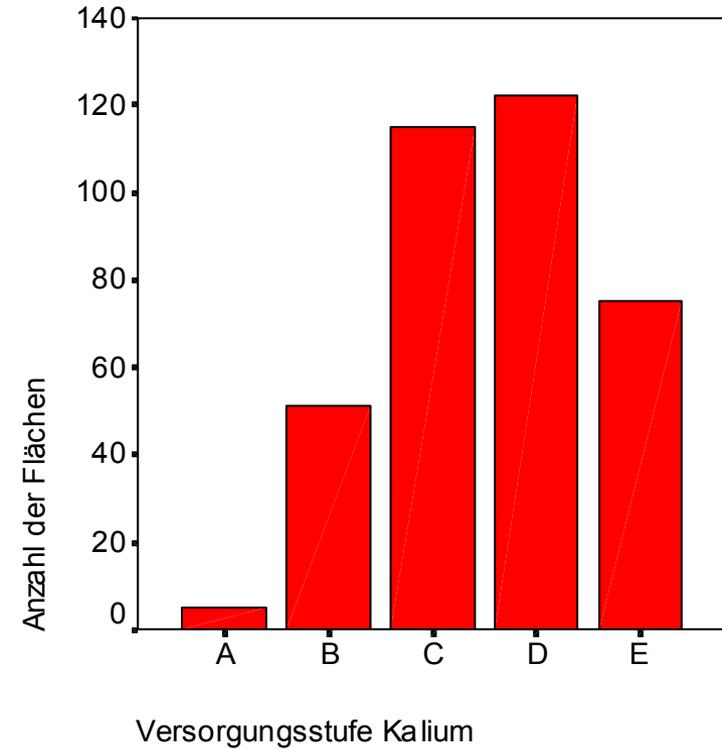
[Empty box]

[Empty box]

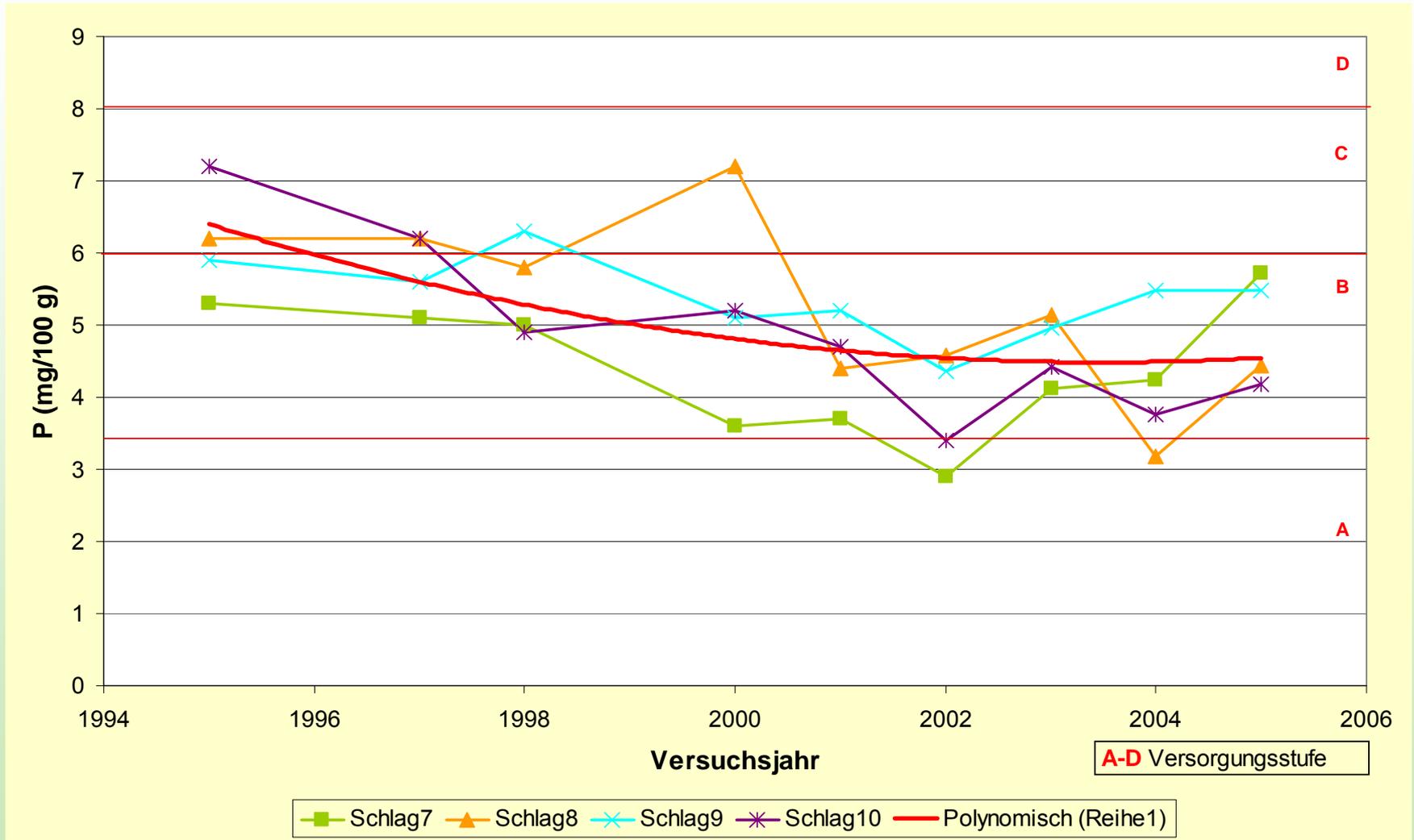
Einstufung der P – Nährstoffversorgung nach Versorgungsstufen



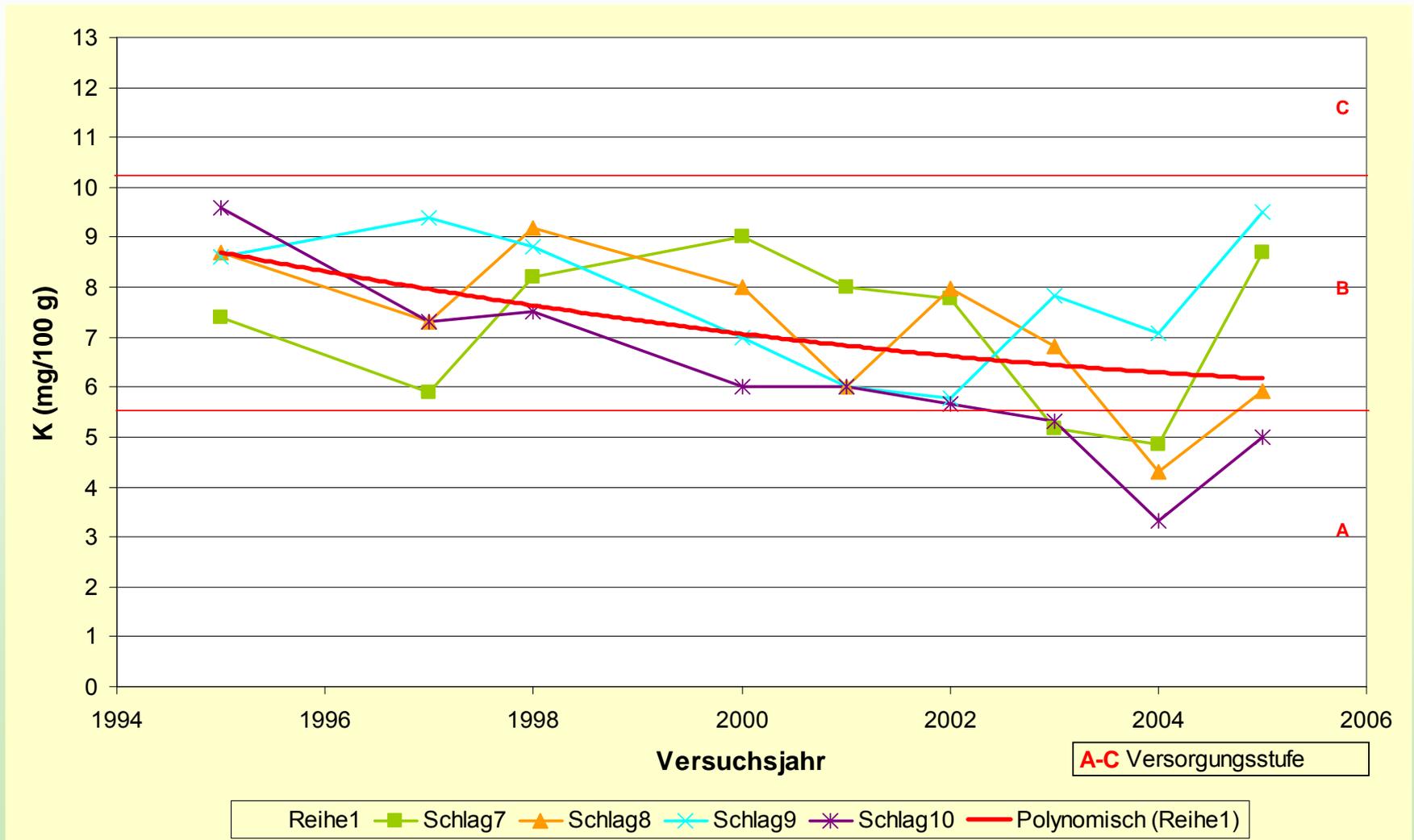
Einstufung der K – Nährstoffversorgung nach Versorgungsstufen



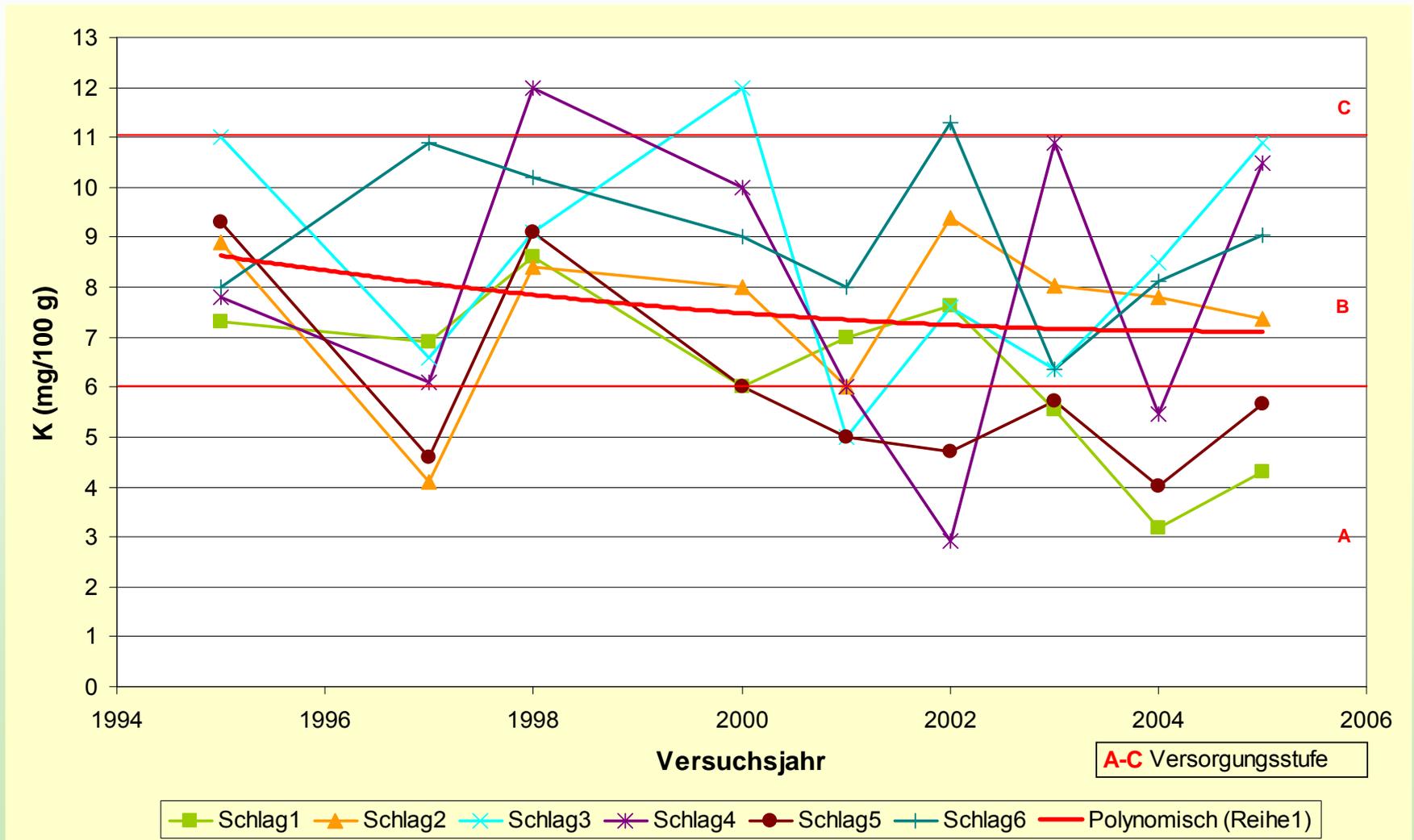
Verlauf der P-Gehalte (DL) im Boden auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge II, ohne Viehbesatz



Verlauf der K-Gehalte (DL) im Boden auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge II, ohne Viehbesatz



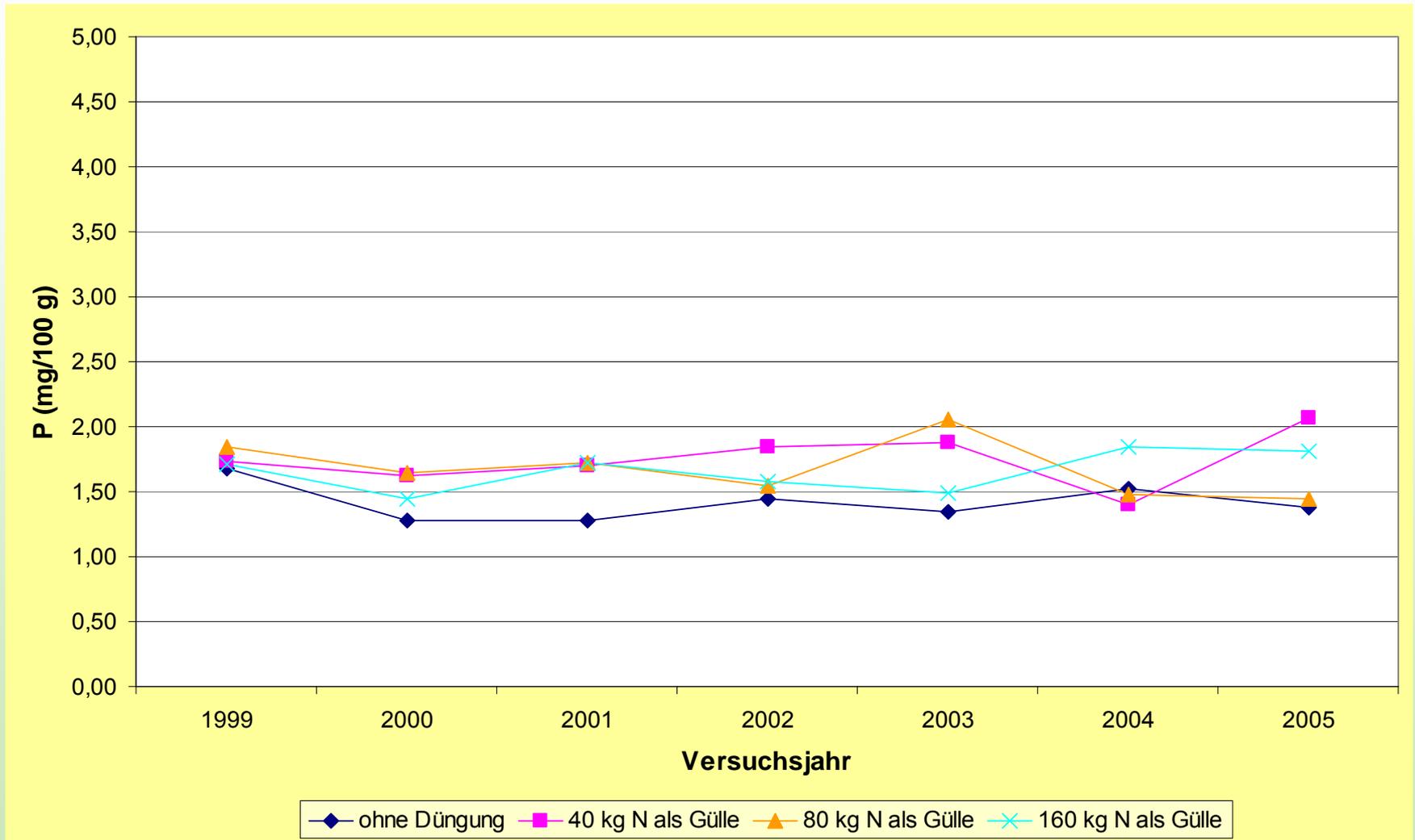
Verlauf der K-Gehalte (DL) im Boden auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge I, 1 GV/ha



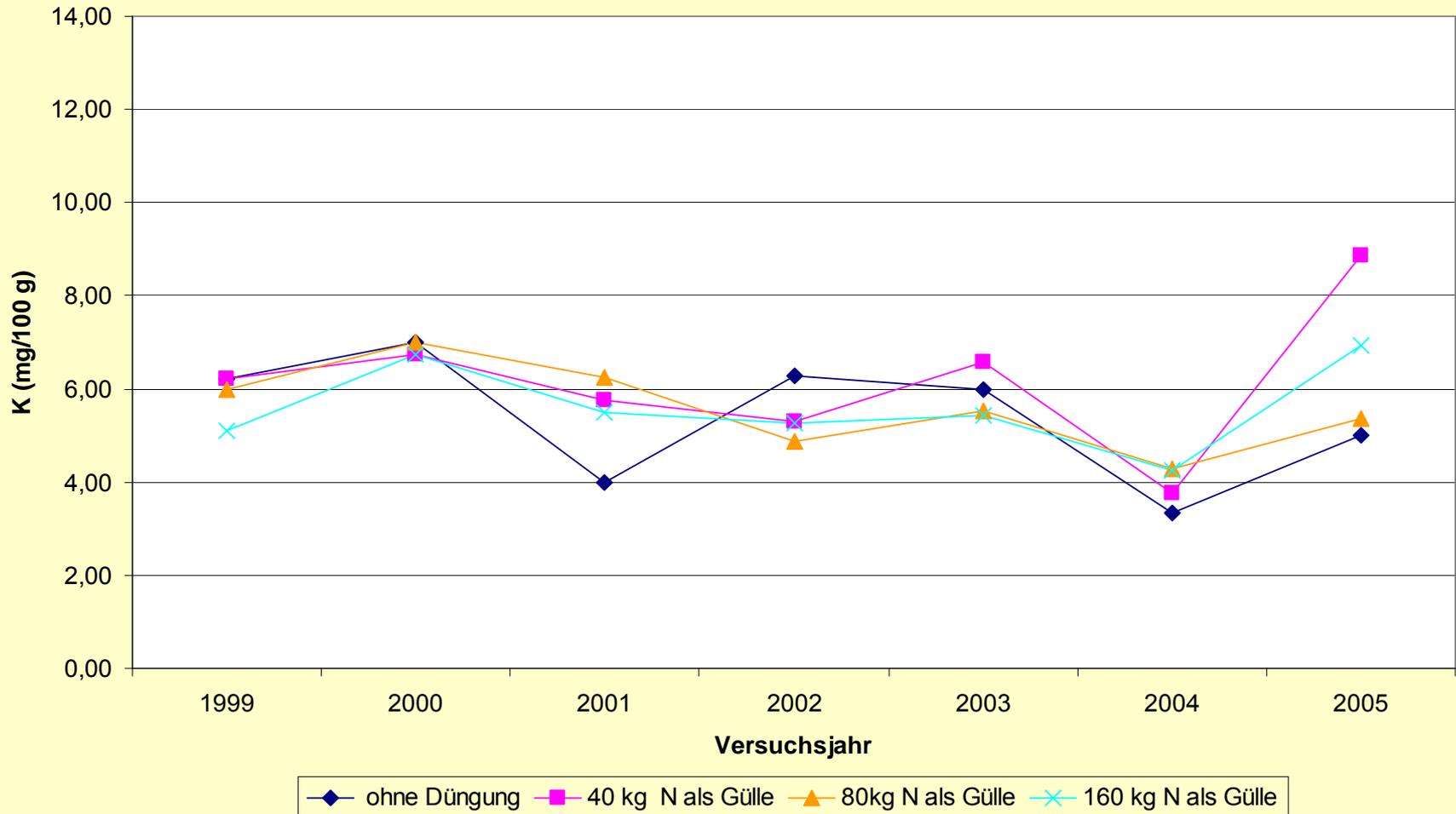
Nährstoffbilanzen für P und K des Ökofeldes in Roda

Feld	P-Bilanz (kg P/ha x a)			K-Bilanz (kg K/ha x a)		
	Zufuhr	Abfuhr	Saldo	Zufuhr	Abfuhr	Saldo
viehreiche Fruchtfolge (1996 – 2001)						
1	12,2	20,9	-8,7	64,1	108,2	-44,1
2	13,1	21,9	-8,8	77,6	114,4	-36,8
3	42,0	25,6	+16,4	95,0	150,7	-55,7
4	18,5	20,9	-2,4	39,6	98,5	-58,9
5	16,7	22,8	-6,1	103,8	135,2	-31,4
6	11,9	27,1	-15,2	71,7	166,2	-94,5
Mittelwert	19,1	23,2	-4,1	75,3	128,9	-53,6
viehlose Fruchtfolge (1996 – 2001)						
7	0,0	6,8	-6,8	0,0	12,1	-12,1
8	0,0	6,9	-6,9	0,0	9,9	-9,9
9	2,2	17,5	-15,3	16,6	51,0	-34,4
10	0,0	11,2	-11,2	0,0	22,9	-22,9
Mittelwert	0,6	10,6	-10,0	4,2	24,0	-19,8

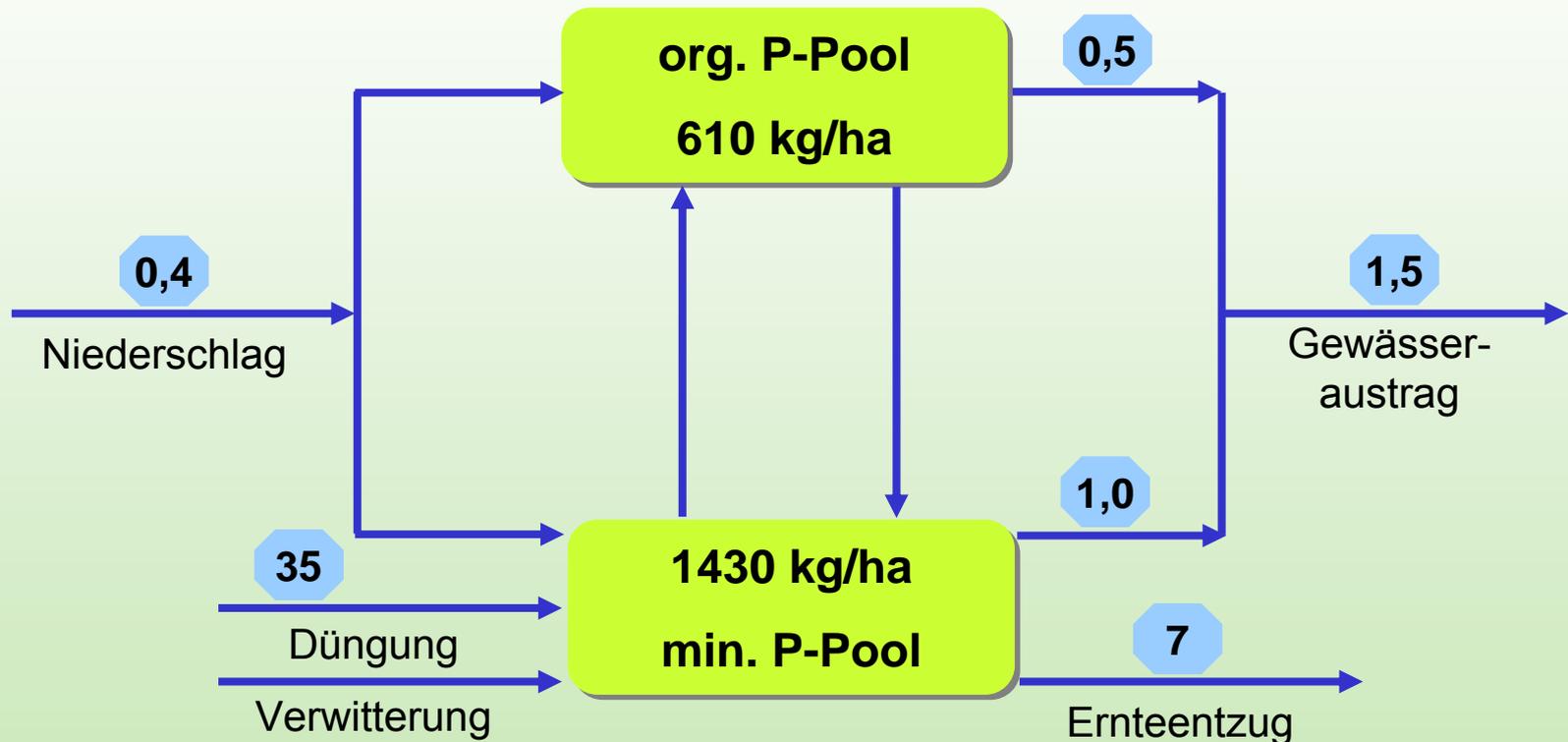
P-Gehalte im Boden (DL-Methode) nach steigender organischer Düngung (Dauerversuch Ro 11)



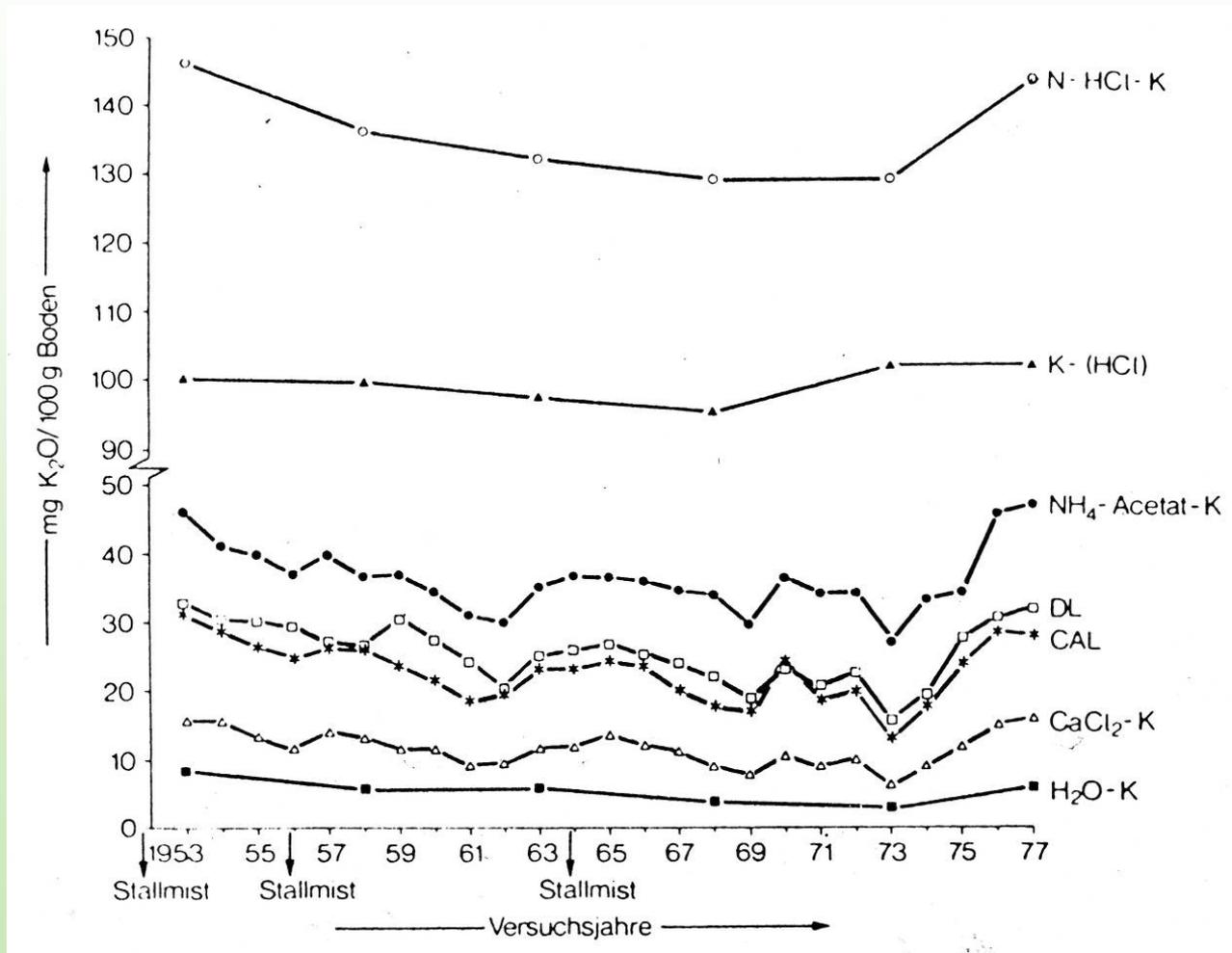
K-Gehalte im Boden (DL-Methode) nach steigender organischer Düngung (Dauerversuch Ro 11)



Organische und mineralische P-Vorräte in ackerbaulich genutzten Oberböden und mittlere P-Flüsse (in kg/(ha*a)) in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1986 (n. AUERSWALD et al., 1993)



Verlauf der K-Gehalte im Krumboden, nach verschiedenen Methoden ermittelt Versuch I, Geldersheim, BUCHER et al., 1981)



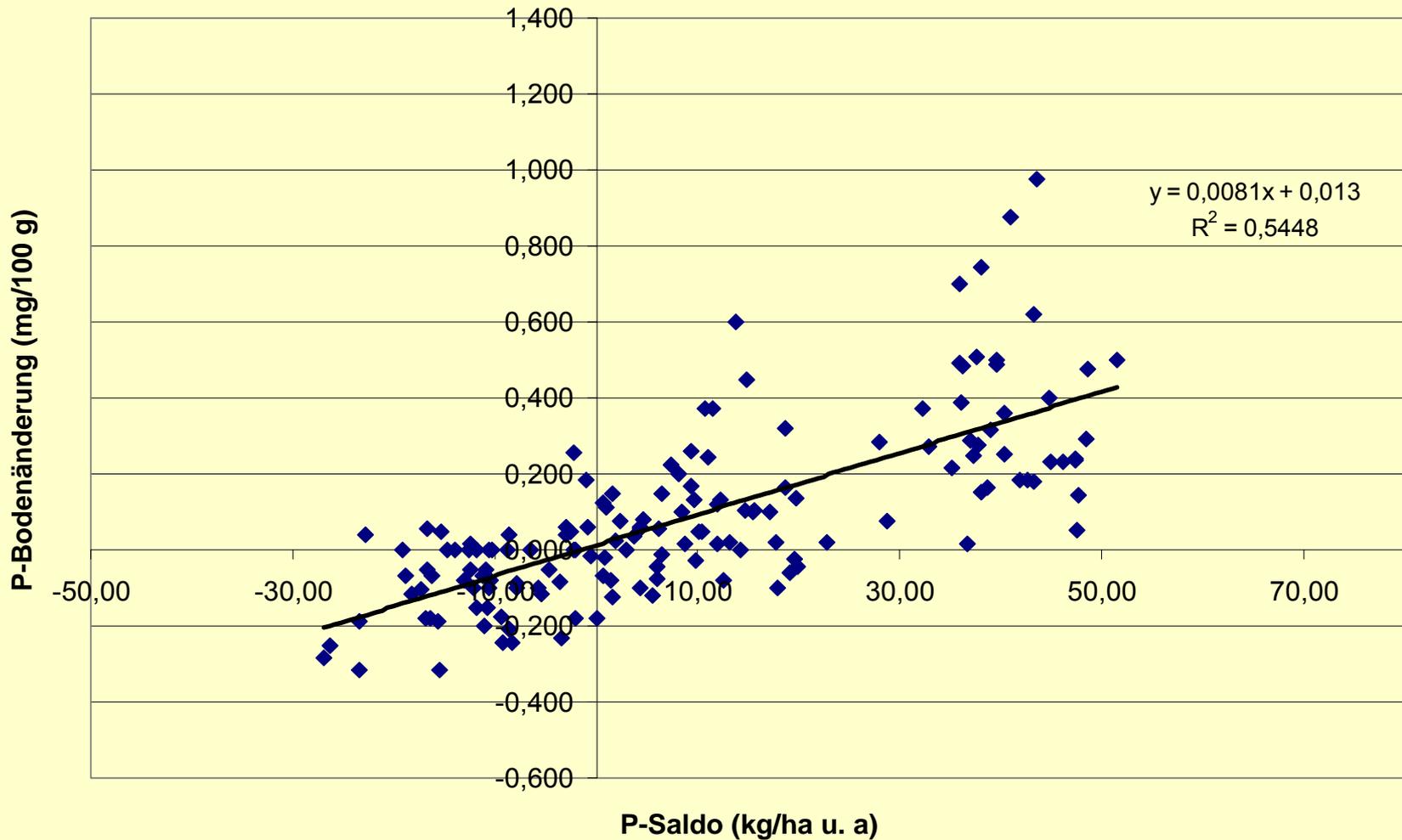
Multiple Regressionsanalyse zum Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die löslichen P-Gehalte (DL, CAL)

(Dauerversuche, Varianten-Anzahl = 349)

Faktor	Multpl. Bestimmtheitsmaß r^2 (%)	
	Modell ohne WW-Glieder	Modell mit WW-Glieder
P-Bilanz	41,2	
WW P-Bilanz x Temperatur		42,8
Temperatur	6,2	4,0
Temperatur ²	1,5	
WW P-Bilanz x N-Düngung		1,8
N-Düngung	0,5	
N-Düngung ²	6,1	7,1
WW P-Bilanz x Humusgehalt		0,2 n.s.
P-Gehalt Versuchsanfang ²	4,8	5,6
Bodenart ¹⁾	0,8	0,7
Niederschlag	0,3 n.s.	0,6
Summe	61,4	62,8

1) 1 = S; 2 = SI; 3 = IS; 4 = SL; 5 = sL; 6 = L; 7 = LT; 8 = T; 9 = M
Kein Einfluss: pH-Wert, (Humusgehalt)

Beziehung zwischen P-Saldo und P-Bodenänderung (Dauerversuche Ostdeutschland, nach KERSCHBERGER & MARKS, 1974)



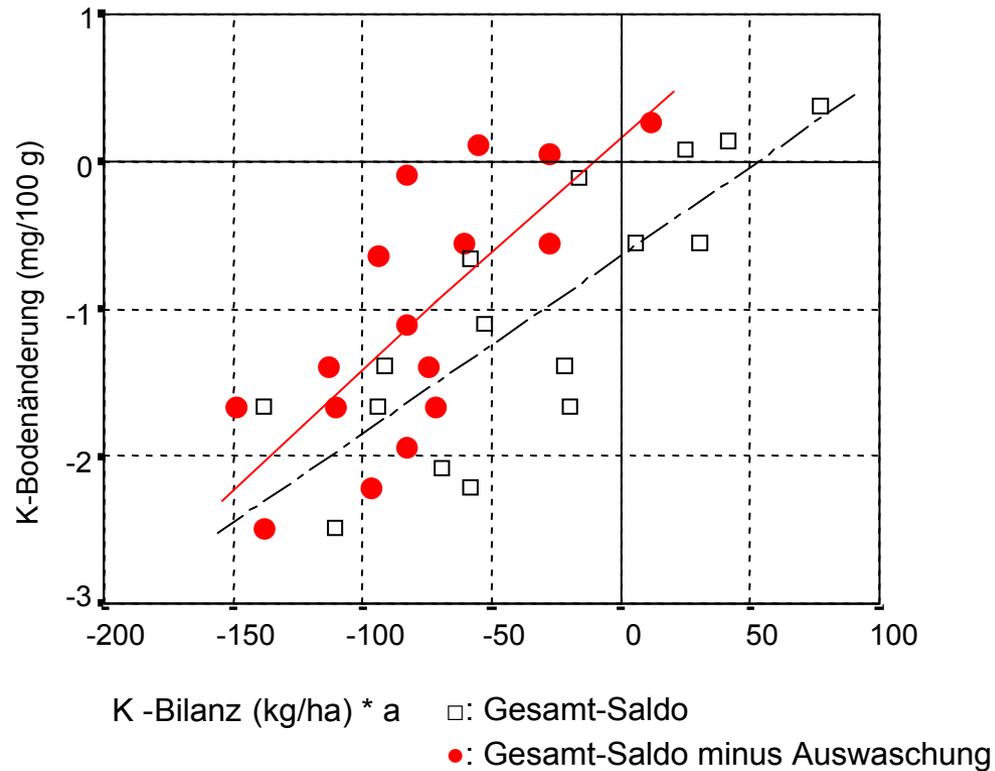
Multiple Regressionsanalyse zum Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die löslichen K-Gehalte (DL, CAL)

(Dauerversuche, Varianten-Anzahl = 306)

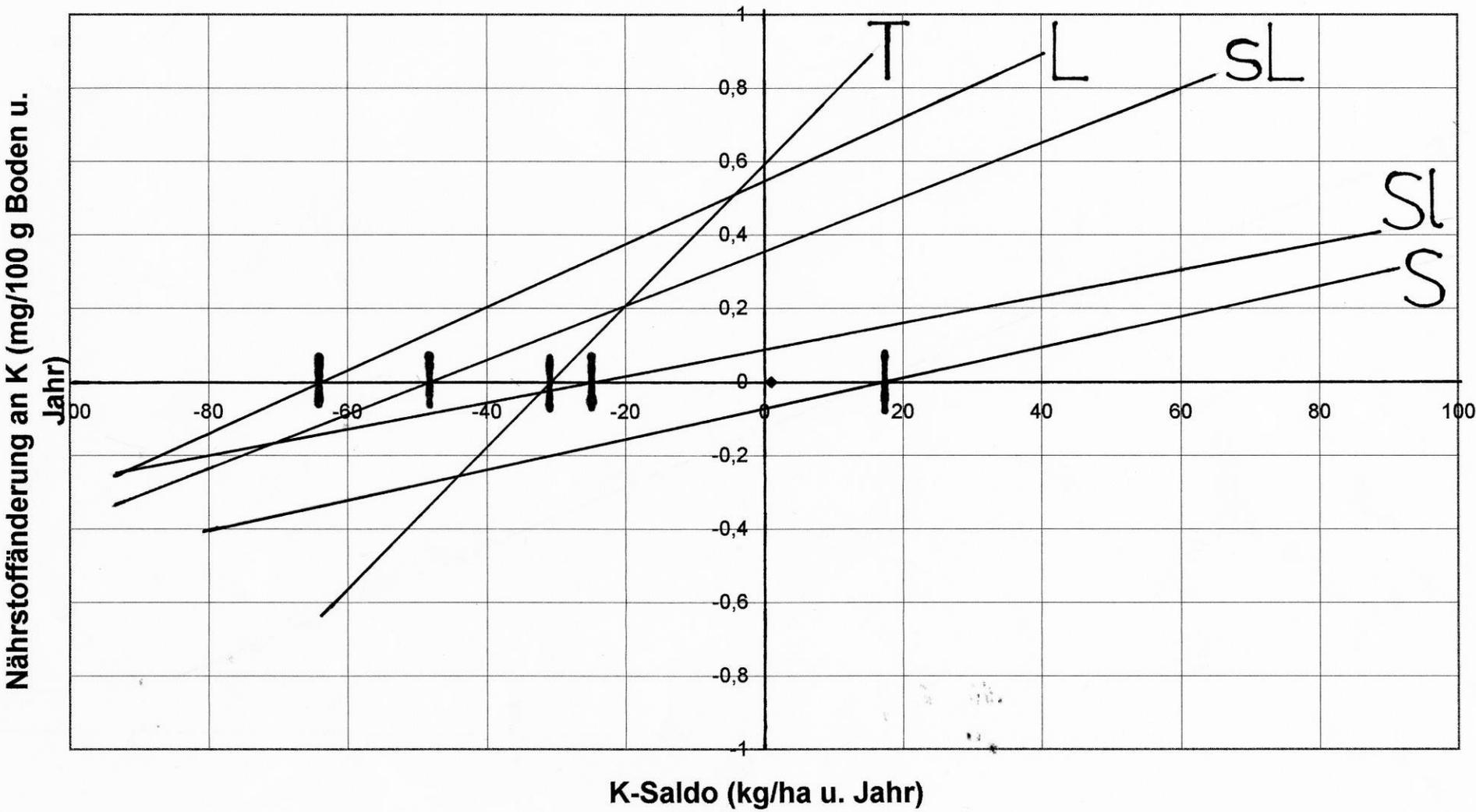
Faktor	Multpl. Bestimmtheitsmaß r^2 (%)	
	Modell ohne WW-Glieder	Modell mit WW-Glieder
WW K-Bilanz x Bodenart ¹⁾		33,3
K-Bilanz	24,8	1,1
K-Bilanz2		18,0
Bodenart ¹⁾	1,0	0,3
Bodenart2 ¹⁾		0,8
WW K-Bilanz x Humusgehalt		8,1
Humusgehalt	9,9	
Humusgehalt2		0,9
WW Bilanz x Niederschlag		7,2
Niederschlag (mm)	1,0	1,0
WW Bilanz x Temperatur		1,4
Temperatur	1,9	10,4
Temperatur2		1,1
WW K-Bilanz x pH-Wert		0,5
pH-Wert2		0,9
K-Gehalt Versuchsanfang	2,7	1,4
K-Gehalt Versuchsanfang2		0,9
Summe	41,3	87,3

¹⁾ 1 = S; 2 = SI; 3 = IS; 4 = SL;
 5 = sL; 6 = L; 7 = LT; 8 = T; 9 = M
 Kein Einfluss: N-Düngung

Einfluss der Feldbilanz auf die Änderung der Bodengehalte an Kalium auf Sandböden (Daten aus SCHULZ, 1994)



Beziehung zwischen K-Schlagbilanz und K-Gehalt des Bodens



Prinzip zur Berechnung der P- und K-Grunddüngung

Berechnung der Fruchtfolge-Schlagbilanz

Nährstoffzufuhren:

- + Vorfrüchte (Haupt-Zwischenfrüchte, Nebenprodukte, Gründüngung)
- + Mineral-Düngemittel (Haupt- u. Nebenbestandteile)
- + Wirtschaftsdünger (Stallmist, Kompost, Gülle, Jauche, etc.)

Nährstoff-Abfuhr/-Entzug:

- Hauptfrüchte (Aufwuchs bzw. Abfuhr von Haupt- und Nebenprodukten)
- Zwischenfrüchte (Aufwuchs bzw. Abfuhr)

= \pm **Nährstoffsaldo**

Berechnung der Boden-Ausgleichs-Düngerhöhe

- Bodenarten
- Versorgungsstufen-Zielgehalte (= Versorgungsstufe B, C)

- Versorgungsstufenausgleich
- Jahres-Ausgleich
- Boden-Ausgleich

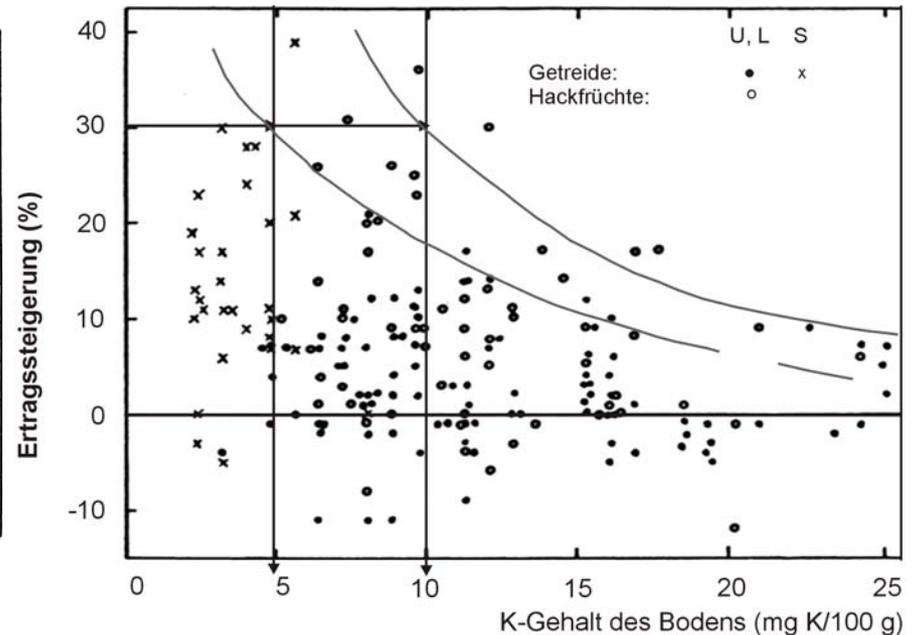
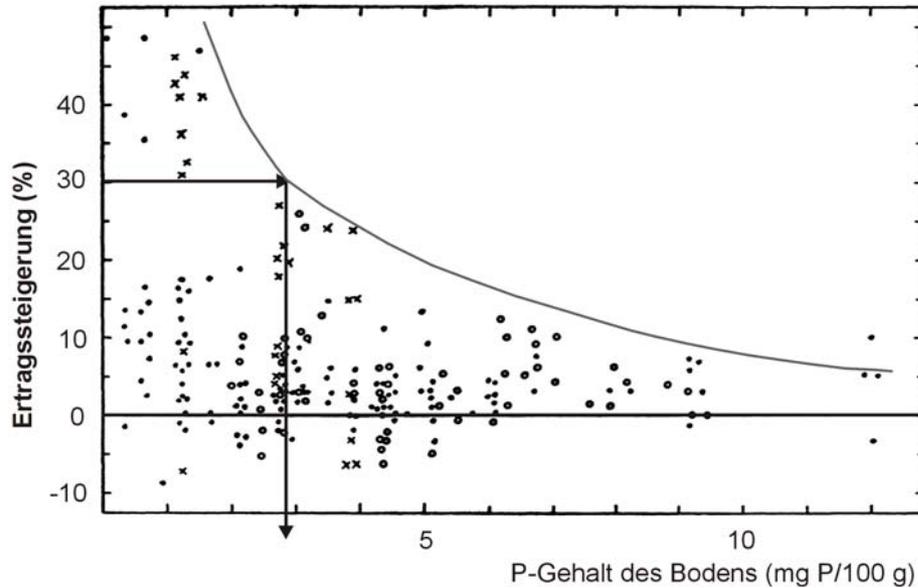
= \pm **Boden-Ausgleichs-Düngerhöhe**

Berechnung der Düngungshöhe

Bodenausgleich — Nährstoffsaldo = Düngungshöhe

Zusammenhang zwischen den durch P- und K-Düngung bedingten Ertragssteigerungen und den Gehalten an löslichen P- und K-Nährstoffen im Boden

(nach SCHACHTSCHABEL et al., 1976; konventionelle Versuche)



Versorgungsstufen für lösliche Bodennährstoffe (P, K, Mg) von Ackerland und Grünland

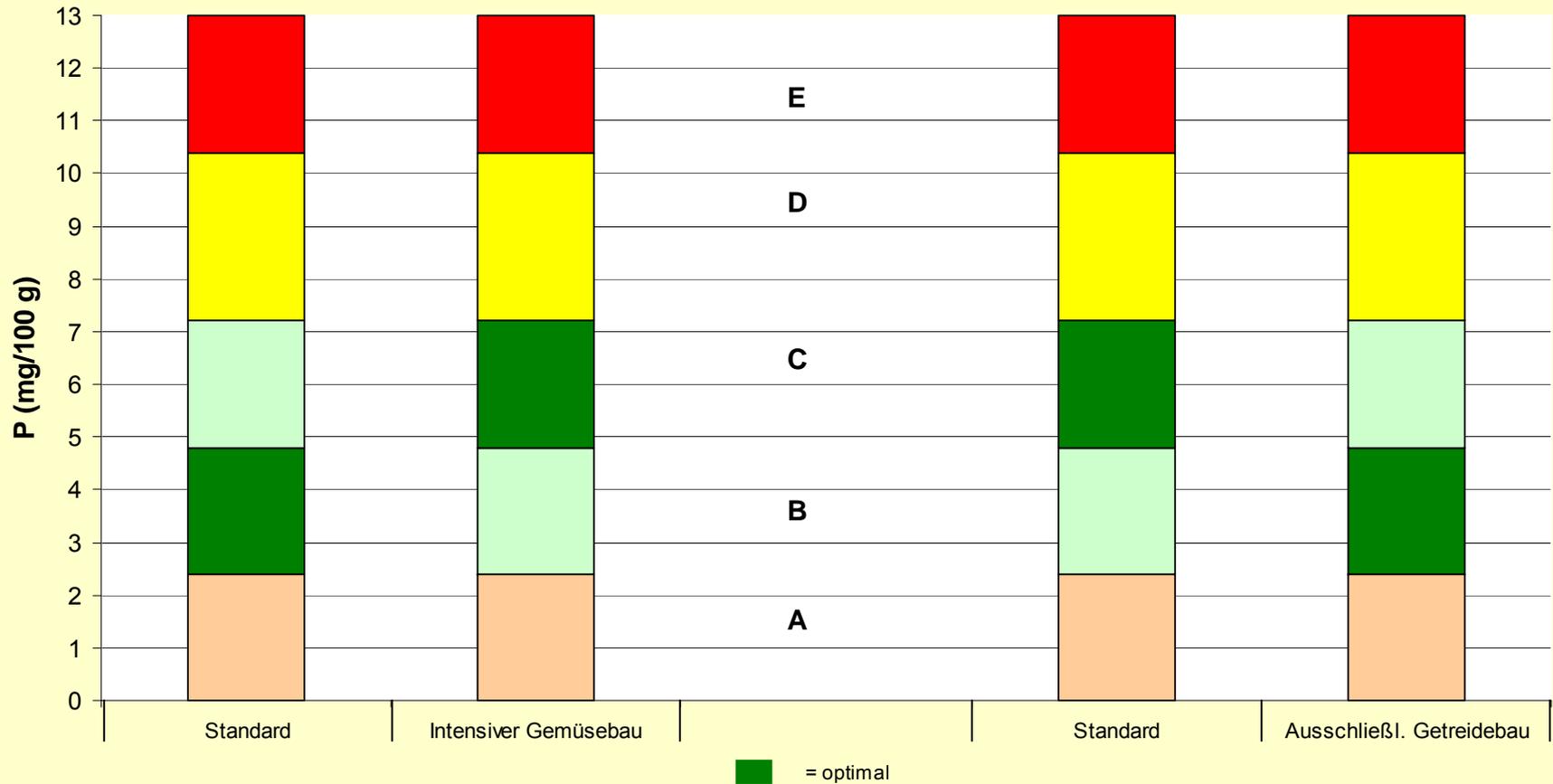
Gehaltsklasse	Einstufung	Anmerkung für den ökologischen Landbau
A Sehr niedrig	Ertrags- und Qualitätsmängel, sehr guter Umwelt- und Ressourcenschutz, geringe Effizienz bei singulärem Mangel	Zufuhr an Grundnährstoffen von außen in der Regel notwendig
B Niedrig	Optimal für ökologischen Landbau: Ertrag, Qualität, Umwelt- und Ressourcenschutz	Zufuhr an Grundnährstoffen von außen ggf. langfristig notwendig
C Mittel	Optimal für konventionellen Landbau bezüglich Ertrag aber verringerter Umwelt- und Ressourcenschutz	Zufuhr an Grundnährstoffen von außen begründungsbedürftig
D Hoch	Maximaler Ertrag, Luxuskonsum, geringer Umwelt- und Ressourcenschutz	Keine Zufuhr an Grundnährstoffen von außen
E Sehr hoch	Ertrags- und Qualitätsdepressionen möglich, Luxuskonsum, kein Umwelt- und Ressourcenschutz	Keine Zufuhr an Grundnährstoffen von außen (Vorsorge- und Sanierungsmaßnahmen erwägen)

Versorgungsstufen für Phosphor

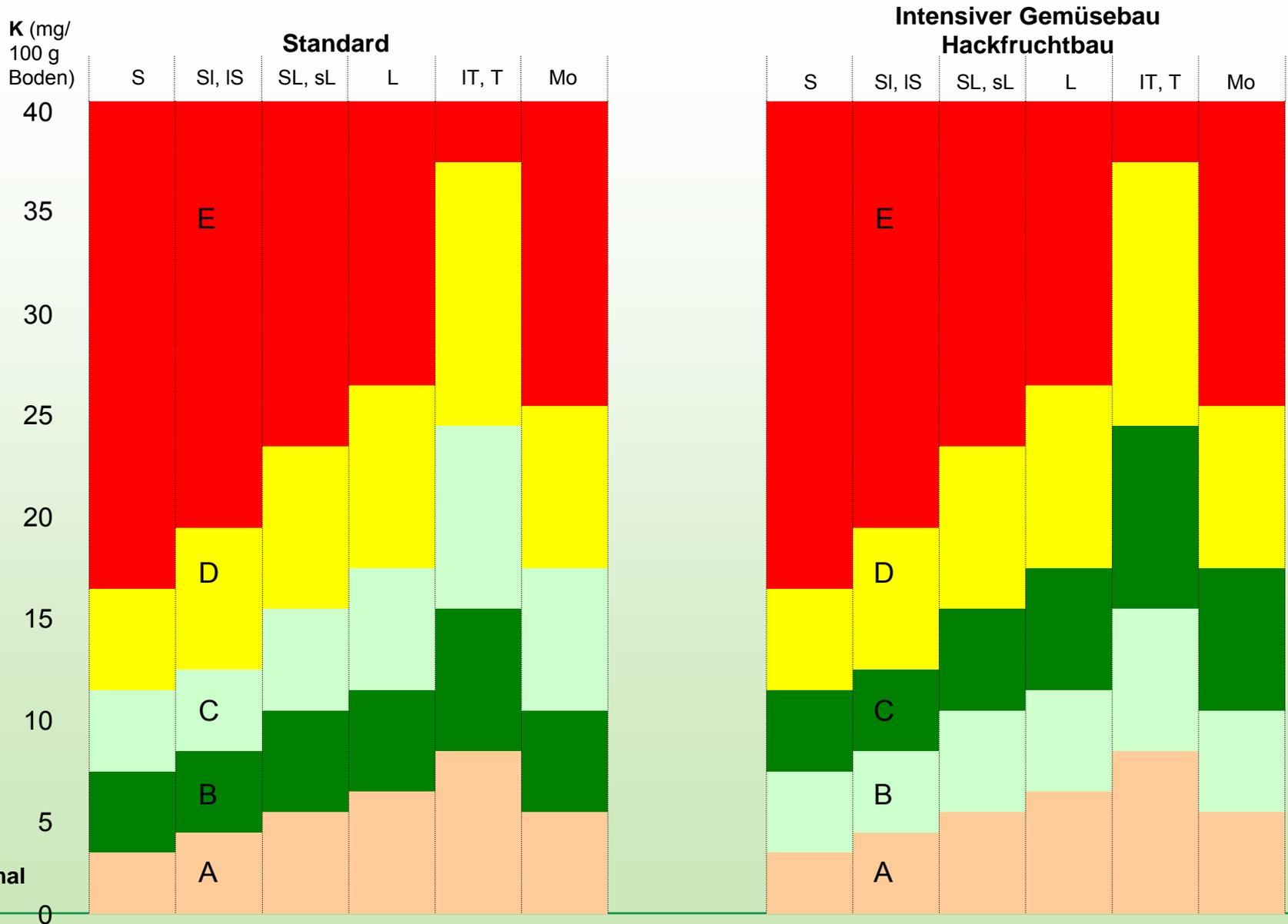
VDLUFA

Ökologischer Landbau

Konventioneller Landbau



Versorgungsstufen für Kalium Ökologischer Landbau



Lösungsvorschläge für Problemregionen und bei besonderen Nährstoffansprüchen

Probleme

- + Vorgebirgelagen mit niedrigen pH-Werten und schwere Böden mit pH-Werten über 7 neigen zur P-Festlegung
- + Geeignete mineralische P-Düngemittel fehlen weitgehend
- + Hohe Anteile bestimmter Tonminerale im Boden führen zur K-Fixierung
- + Erhöhter Bedarf bestimmter Nährstoffe zur Absicherung von Sonderfunktionen erforderlich (z.B. K-Versorgung zur Qualitätssicherung im Kartoffelbau)

Lösungsmöglichkeiten

- + Nährstoffmobilisierung durch Anbau von Tiefwurzeln und Gründüngung
- + Einsatz P- und K-reicher organischer Düngemittel
- + Erhöhung des organischen P-Pools und des Humusumsatzes gewährleisten Absicherung des Nährstoffbedarfs
- + Organische Düngemittel (Stallung, Kompost) zeigen hohe K-Freisetzung (bis zu 80 % im Anwendungsjahr) und sind zur Absicherung besonderer Qualitätsbedürfnisse bestimmter Fruchtarten z.T. besser geeignet als entspr. Mineraldünger

Gliederung

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

- Humus

[Empty box]

[Empty box]

Prinzip der Humusbilanzierung

Humussaldo	=	Humuszufuhr	—	Humusabbau
Veränderung der Humusvorräte im Boden		Menge und Qualität der Ernte- und Wurzelreste incl. Rhizodeposition sowie der organischen Düngemittel		Wirkung von Bodenart, Klima und Anbauverfahren (z.B. Bodenbearbeitung) auf die Mineralisation

Bei der VDLUFA-Methode (KÖRSCHENS et al., 2004) wird ein Saldo aus dem Humusverlust (Anbau humuszehrender Kulturarten) und der Humuszufuhr (Anbau humusmehrender Kulturarten, organische Düngung) errechnet.

VDLUFA-Methode

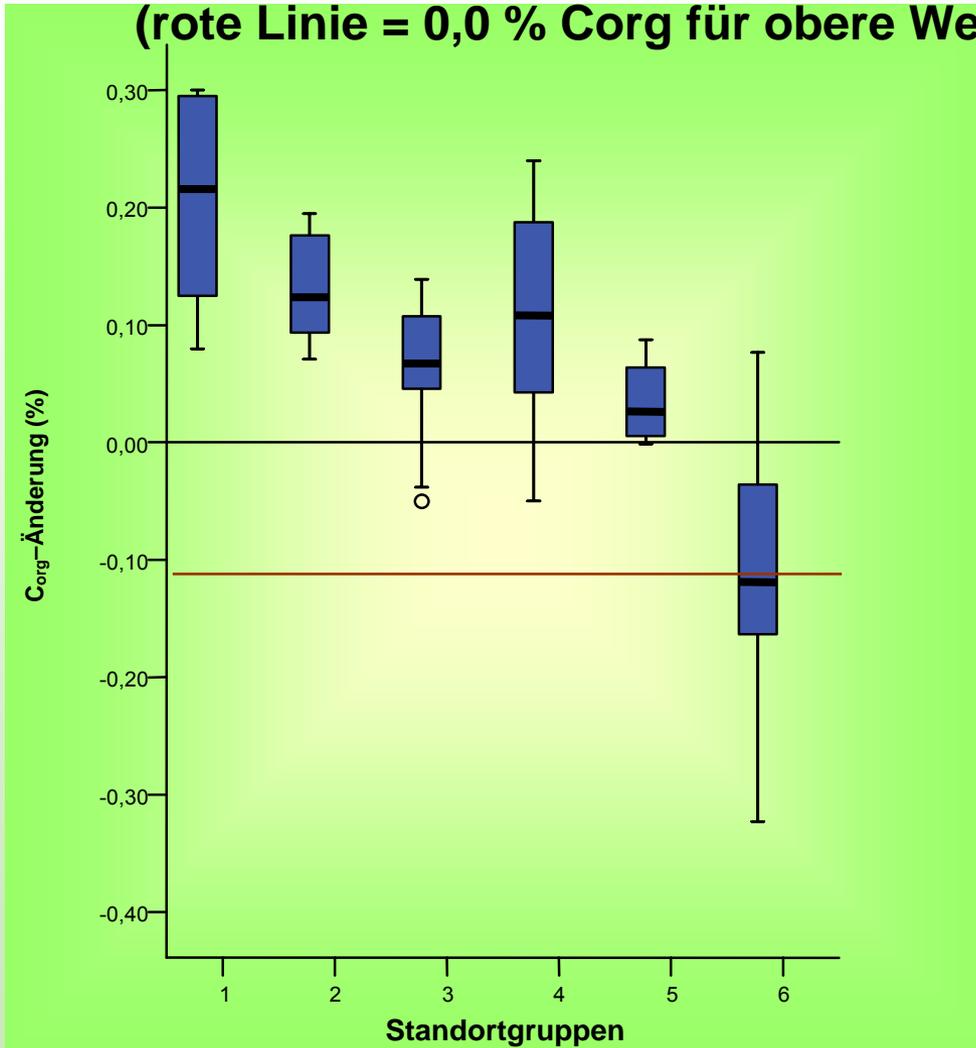
Die VDLUFA-Methode ist aus folgenden Verfahren entstanden:

- der **ROS-Methode** (**R**eproduktionswirksame **O**rganische **S**ubstanz) (AUTORENKOLLEKTIV, 1977; KÖRSCHENS & SCHULZ, 1999) für die **unteren Werte**, die für die „**einfache Humusproduktion**“ steht
- der **HumusEinheiten-Methode** (**HE**) (LEITHOLD et al., 1997) für die **oberen Werte**, die für Produktionsbedingungen mit „**erweiterter Humusproduktion**“ steht.

In Anlehnung an die HE-Methode wurde eine **ÖKO-Methode** für die Bedingungen des ökologischen Landbaus zur **stark erweiterten Humusproduktion** erstellt (LEITHOLD & HÜLSBERGEN, 1998).

Einfluss des Standortes auf die Ergebnisse der Humusbilanzierung bei 100 % Bedarfsdeckung, berechnet mit den unteren Werten (ROS) der Fruchtarten der VDLUFA-Methode (KÖRSCHENS et al., 2004)

(rote Linie = 0,0 % C_{org} für obere Werte, HE)



Multiple Regressionsanalyse über den Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die C_{org} -Gehalte des Bodens

(Dauerversuche, Varianten-Anzahl = 1479)

Rang	Merkmal	Multipl. Bestimmtheitsmaß r^2 (%)
1	WW Feinanteil x Niederschlag	48,9
2	Temperatur, Temperatur2	12,3
3	Feinanteil, Feinanteil2	6,2
4	Niederschlag, Niederschlag2	5,2
5	Getreideanteil	4,3
6	N-Saldo	1,5
7	Bodenart, Bodenart2 ¹⁾	1,5
8	Leguminosenanteil, Legumin.-Anteil2	0,7
9	Gesamt-Trockenmasse-Zufuhr	0,3
	Insgesamt	80,9

1) 1 = S; 2 = SI; 3 = IS; 4 = SL; 5 = sL; 6 = L; 7 = LT; 8 = T; 9 = M

Nicht aufgenommen: Hackfruchtanteil, N-Abfuhr, Gesamt-N-Zufuhr, pH-Wert

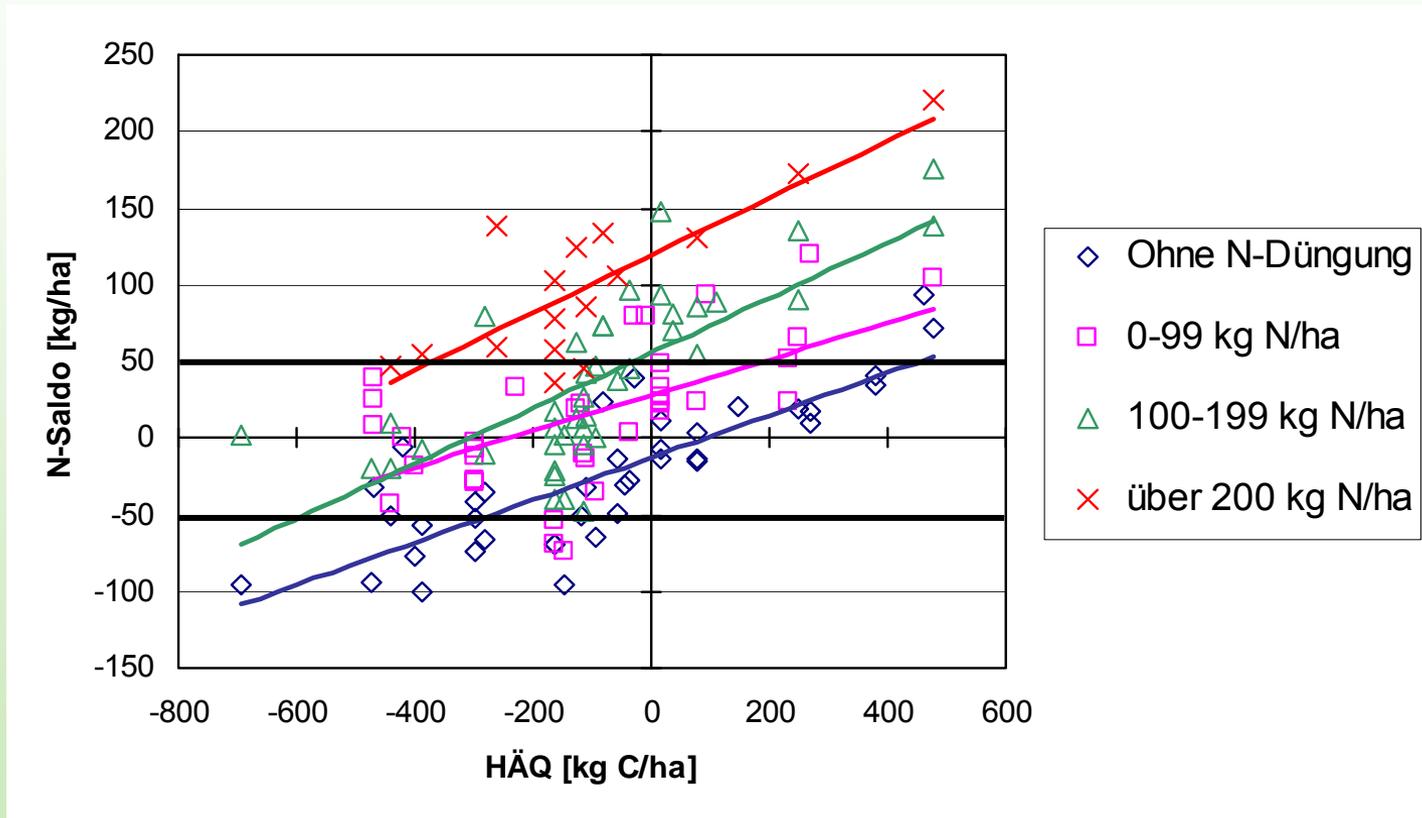
Anforderungen an die Humusbilanzierung

- ✓ Ausrichtung auf die Kalkulation der Veränderung der **Humusgehalte im Boden**.
- ✓ Differenzierung der Koeffizientensätze nach **Standorten** (Bodenart, Klima).
- ✓ Erstellung eines möglichst breiten Handlungsrahmens (**VDLUFA-Versorgungsgruppen C - D**), in dem der Versorgungsgrad mit organischer Substanz als optimal angesehen wird.
- ✓ Ausweisung einer unteren Grenze der Versorgung mit organischer Substanz (**Versorgungsgruppen A/B**), die nicht unterschritten werden darf, damit standorttypische Humusgehalte und die Nachhaltigkeit der Betriebe gewährleistet werden.
- ✓ Ausweisung einer oberen Grenze der Versorgung, damit Belange des Umwelt- und Ressourcenschutzes gewahrt werden (Übergang zur **Gruppe E**).

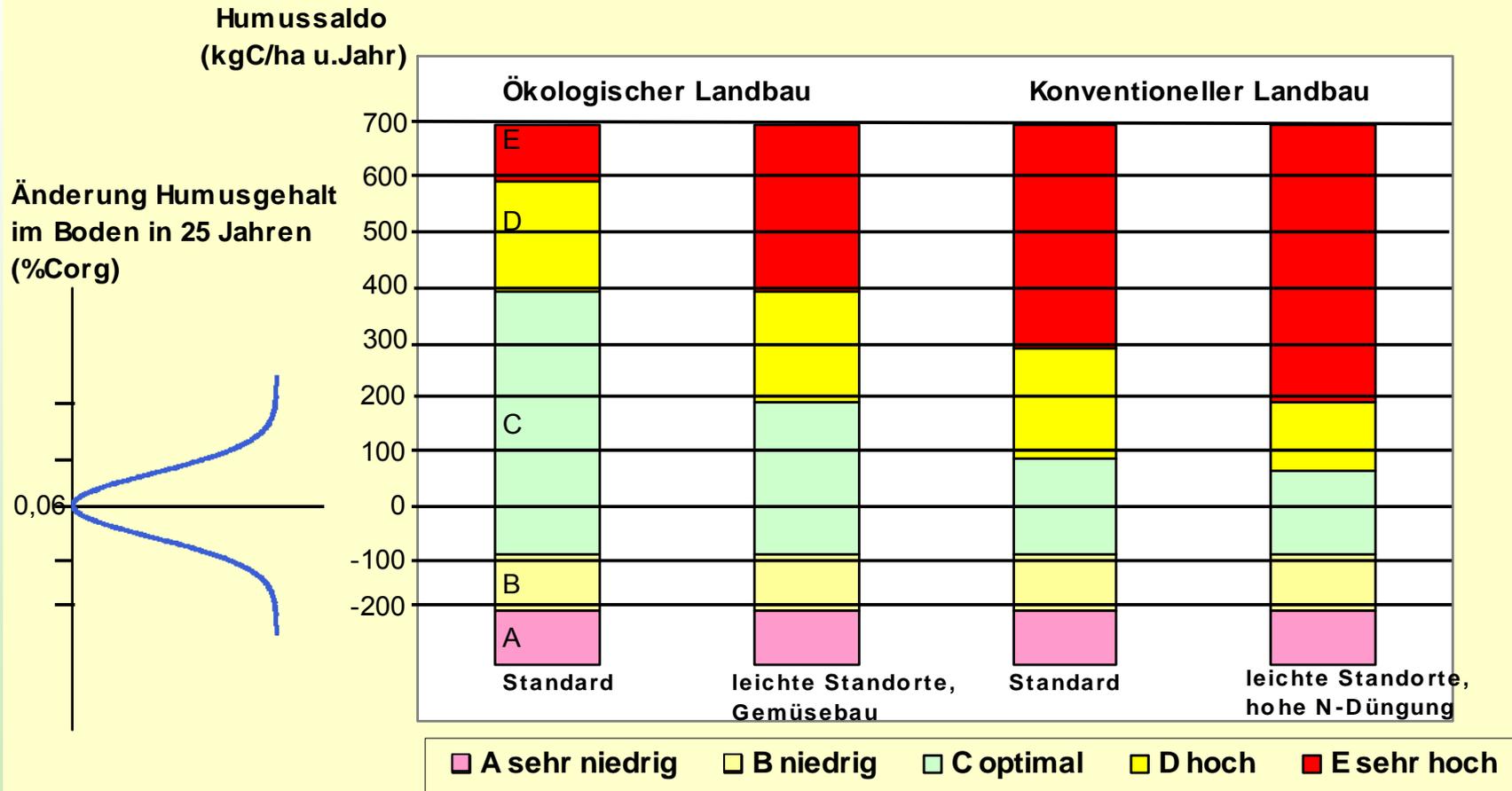
Standortgruppen mit ähnlicher Reaktionsfolge

- Standortgruppe 1:** - Schwarzerden,
- Tonböden (über 700 mm Niederschlag/Jahr),
- Sandböden (C/N-Verhältnis über ca. 12-15)
- Standortgruppe 2:** - Sand, anlehmiger Sand u. lehmiger Sand
(unter 8,5 °C Durchschnittstemperatur)
- toniger Lehm, Tonböden
- Standortgruppe 3:** - Sand, anlehmiger Sand u. lehmiger Sand
(über 8,5 °C Durchschnittstemperatur)
- Standortgruppe 4:** - stark sandiger Lehm, sandiger Lehm
(unter 8,5 °C Durchschnittstemperatur)
- Standortgruppe 5:** - stark sandiger Lehm, sandiger Lehm
(über 8,5 °C Durchschnittstemperatur)
- Standortgruppe 6:** - Lehm

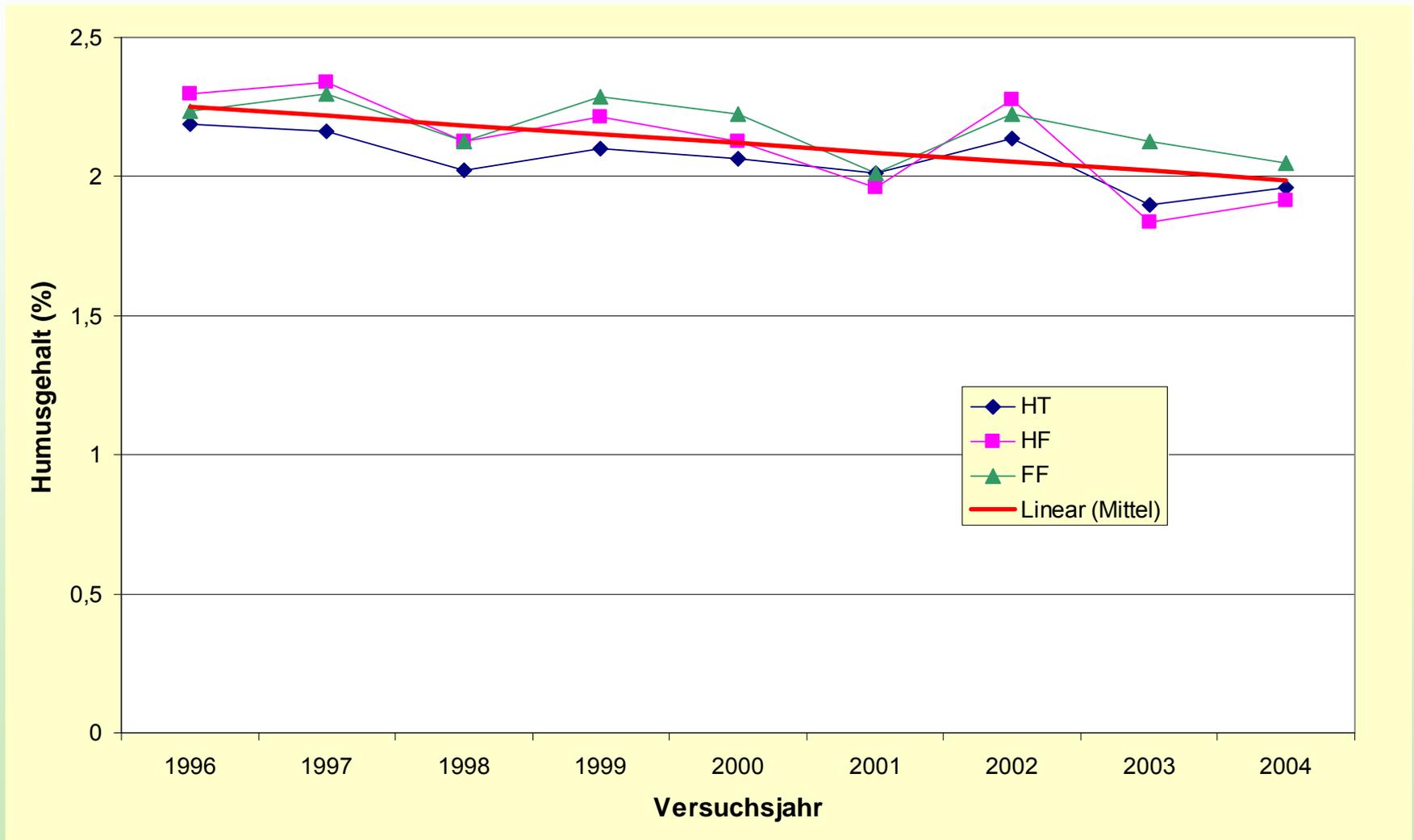
Zusammenhang zwischen Humussalden (HÄQ), der Höhe der N-Mineraldüngung und den berechneten N-Salden ermittelt aus Dauerversuchen einer Standortgruppe (N-Saldo-Grenzen = ± 50 kg N/ha)



Bewertungsschema für die Humusversorgung



Entwicklung der Humusgehalte im Dauerversuch RO 6



Sicherung eines angemessenen hohen Ertragspotenzials durch Bewertung und Ausrichtung der Humussalden entsprechend der Betriebsgestaltung

Betriebe mit hohem Anteil Futterbau und Tierhaltung (Veredlungsbetriebe):

- + Relativ hohe Zufuhr an organischer Substanz über Ernte- und Wurzelrückstände der Futterpflanzen und durch Wirtschaftsdünger
- + Z.T. deutlicher Anstieg der Humusgehalte
- + Hierdurch Erhöhung der Mineralisationsmenge an Nährstoffen (N)
- + Sicherung des Ertragspotenzials
- + Versorgungsgruppe D sollte aber nicht überschritten werden (Umweltsicherung durch Begrenzung positiver N-Salden)

Marktfruchtbetriebe mit hohen Anteilen an Hackfrüchten, Gemüsearten oder NaWaRos in der Fruchtfolge:

- + geringere Zufuhr organischer Substanz mit Humuswirkung
- + intensive Gründüngung (viel Leguminosen, junge Pflanzenbestände)
- + Zufuhr von organischen Düngern mit hohen Nährstoffgehalten und rel. engen C/N-Verhältnissen (Handelsdüngemittel)
- + hohe Aktivität der Bodenbearbeitung, gute Kalkversorgung
- + hohe Umsetzungsrate der organischen Substanz und Nutzung von Priming-Effekten führt zur Sicherung des Ertragspotenzials bei nur geringen Auswirkungen auf die Humusgehalte
- + Mindestens Versorgungsgruppe C sollte eingehalten werden, da sonst standorttypische Humusgehalte und die Nachhaltigkeit der Betriebe nicht gewährleistet werden können (z.B. negative N-Salden)

Gliederung

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

[Empty box]

- Stickstoff

[Empty box]

Multiple Regressionsanalyse über den Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf die N_t -Gehalte des Bodens

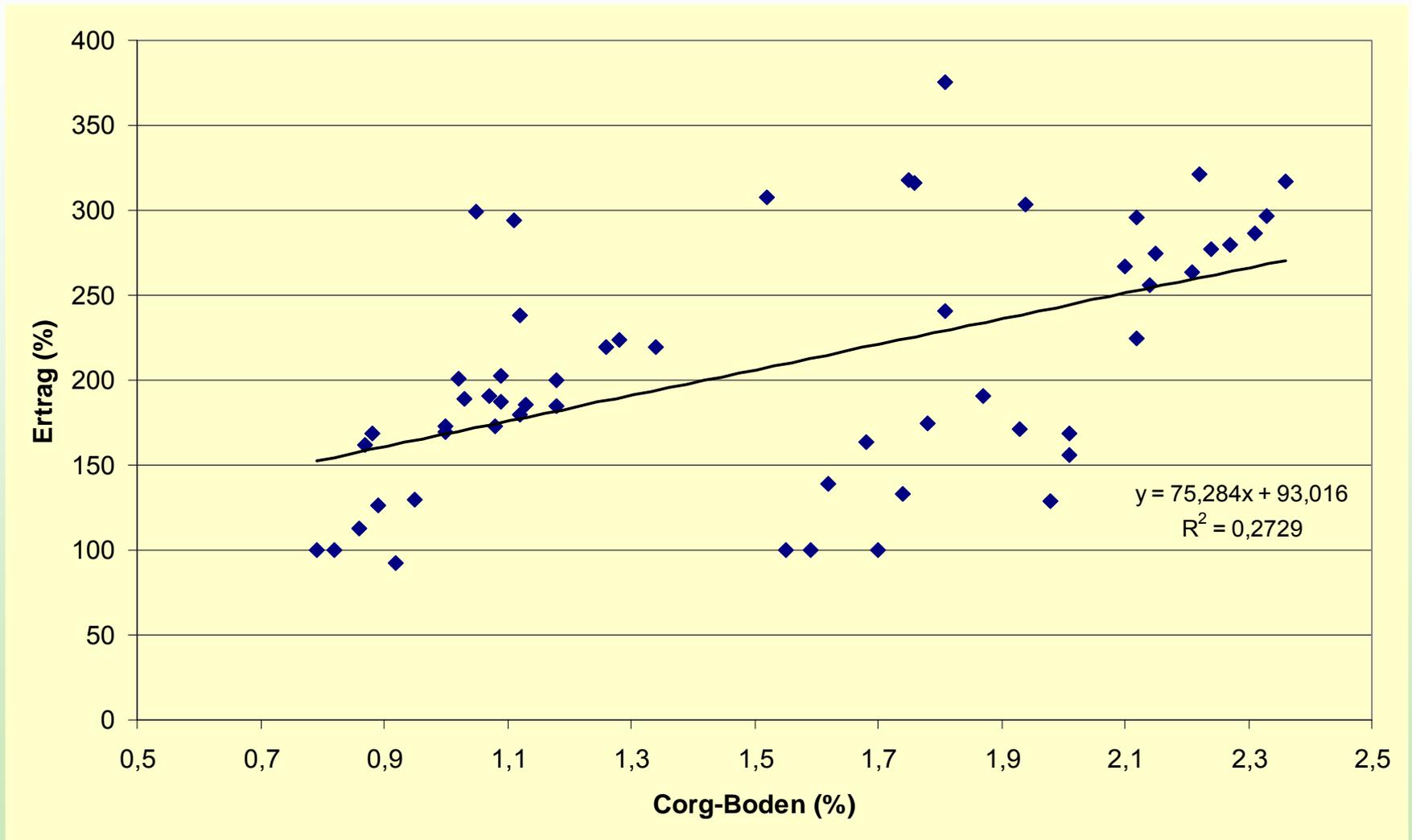
(Dauerversuche, Varianten-Anzahl = 1236)

Rang	Merkmal	Multipl. Bestimmtheitsmaß r^2 (%)
1	Temperatur, Temperatur2	71,1
2	Feinanteil	10,7
3	Getreide, Getreide2	2,6
4	Gesamt-N-Zufuhr	1,7
5	Niederschlag, Niederschlag2	1,1
6	Bodenart ¹⁾	1,0
7	Leguminosenanteil, Legumin.-Anteil2	0,3
8	Gesamt-Trockenmasse-Zufuhr	0,2
9	Hackfruchtanteil, Hackfruchtanteil2	0,1
10	pH-Wert2	0,0
	Insgesamt	88,8

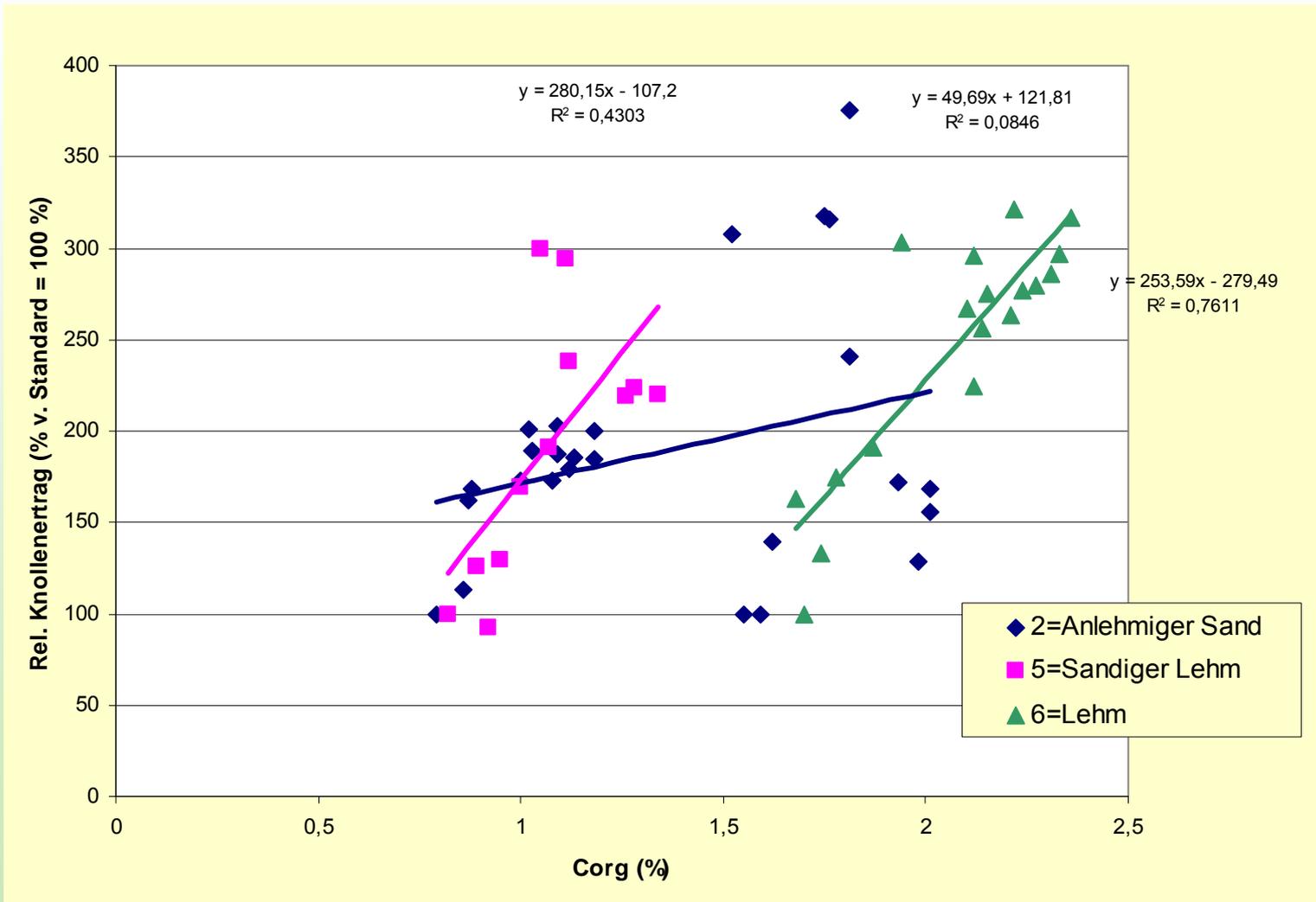
1) 1 = S; 2 = SI; 3 = IS; 4 = SL; 5 = sL; 6 = L; 7 = LT; 8 = T; 9 = M

Nicht aufgenommen: N-Abfuhr, N-Saldo

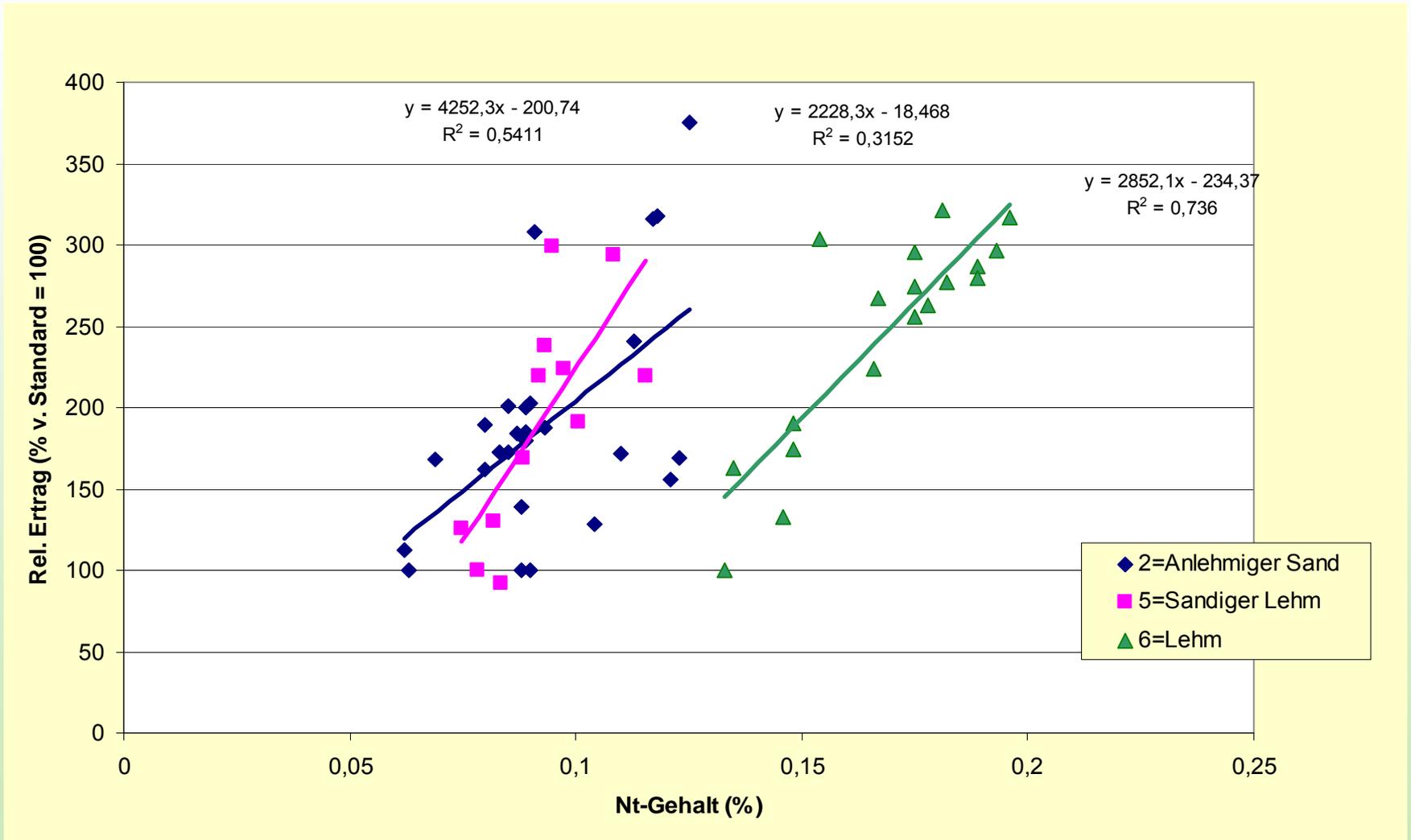
Einfluss des Humusgehaltes auf den Relativertrag von Kartoffeln (ökolog. u. konvent. Dauerversuche)



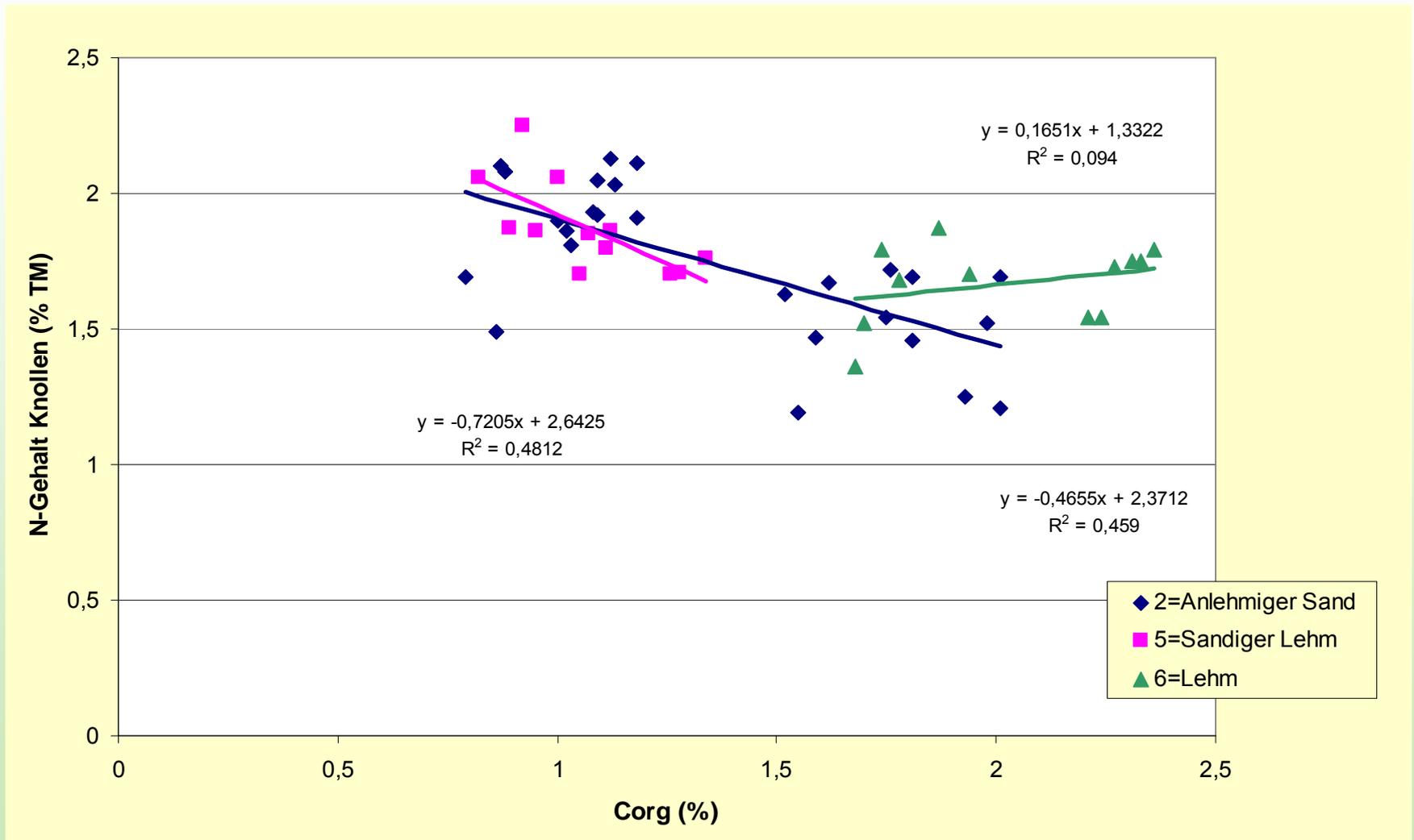
Einfluss des C_{org}-Gehaltes und der Bodenart auf den Knollenertrag bei Kartoffeln (ökologische und konventionelle Dauerversuche)



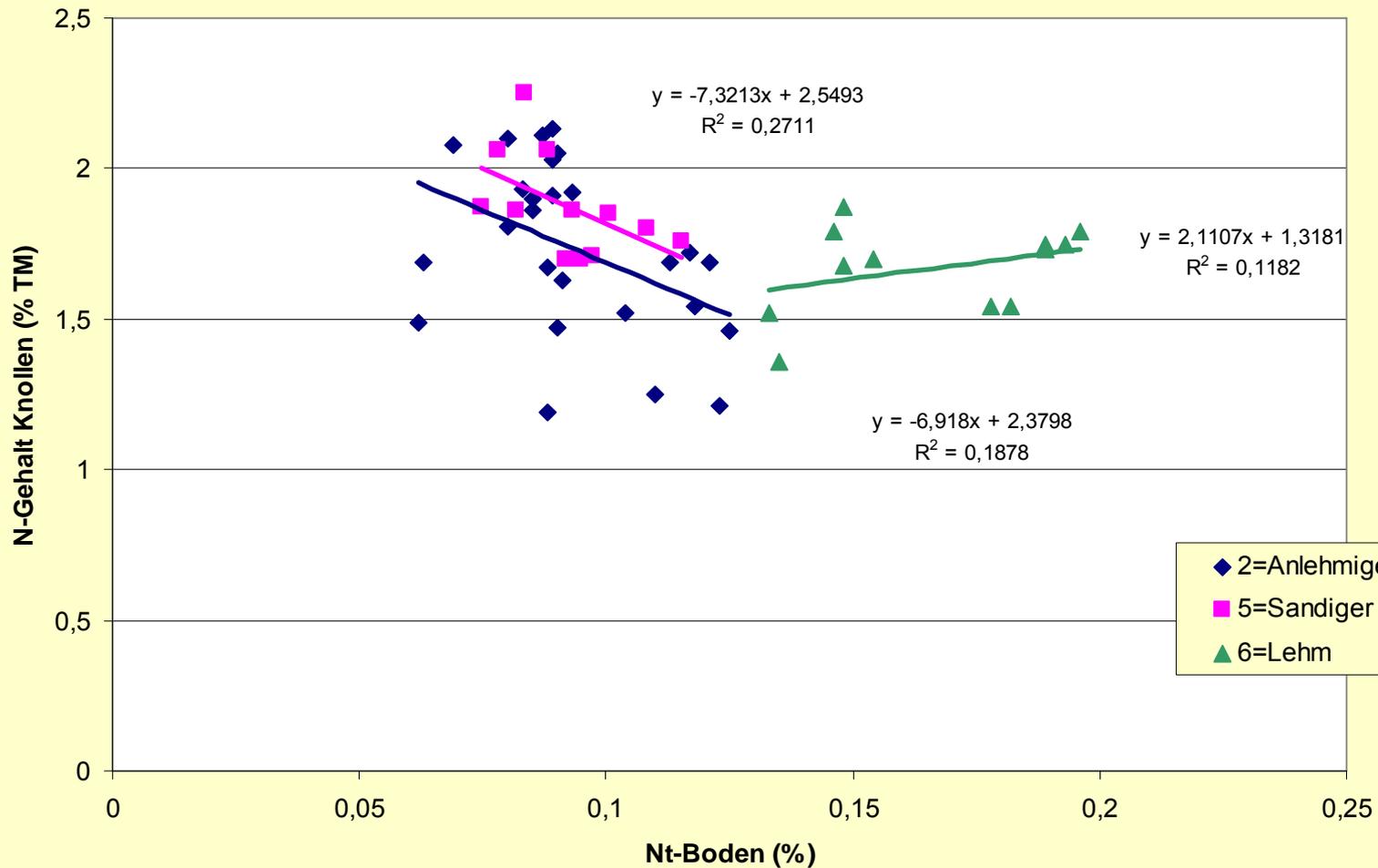
Einfluss des N_t-Gehaltes und der Bodenart auf den Knollenertrag bei Kartoffeln (ökologische und konventionelle Dauerversuche)



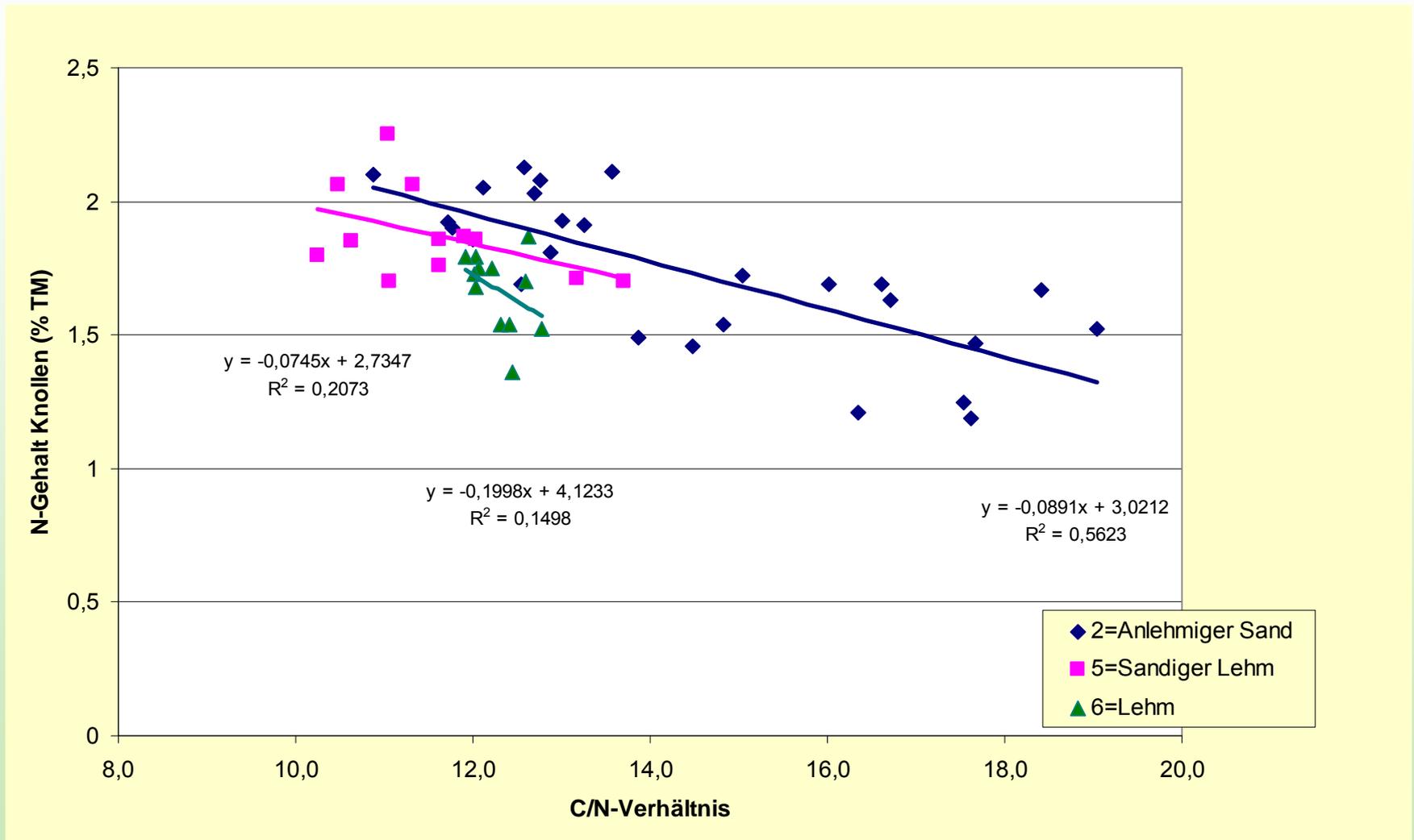
Einfluss des C_{org}-Gehaltes und der Bodenart auf den N-Gehalt von Kartoffelknollen (ökologische und konventionelle Dauerversuche)



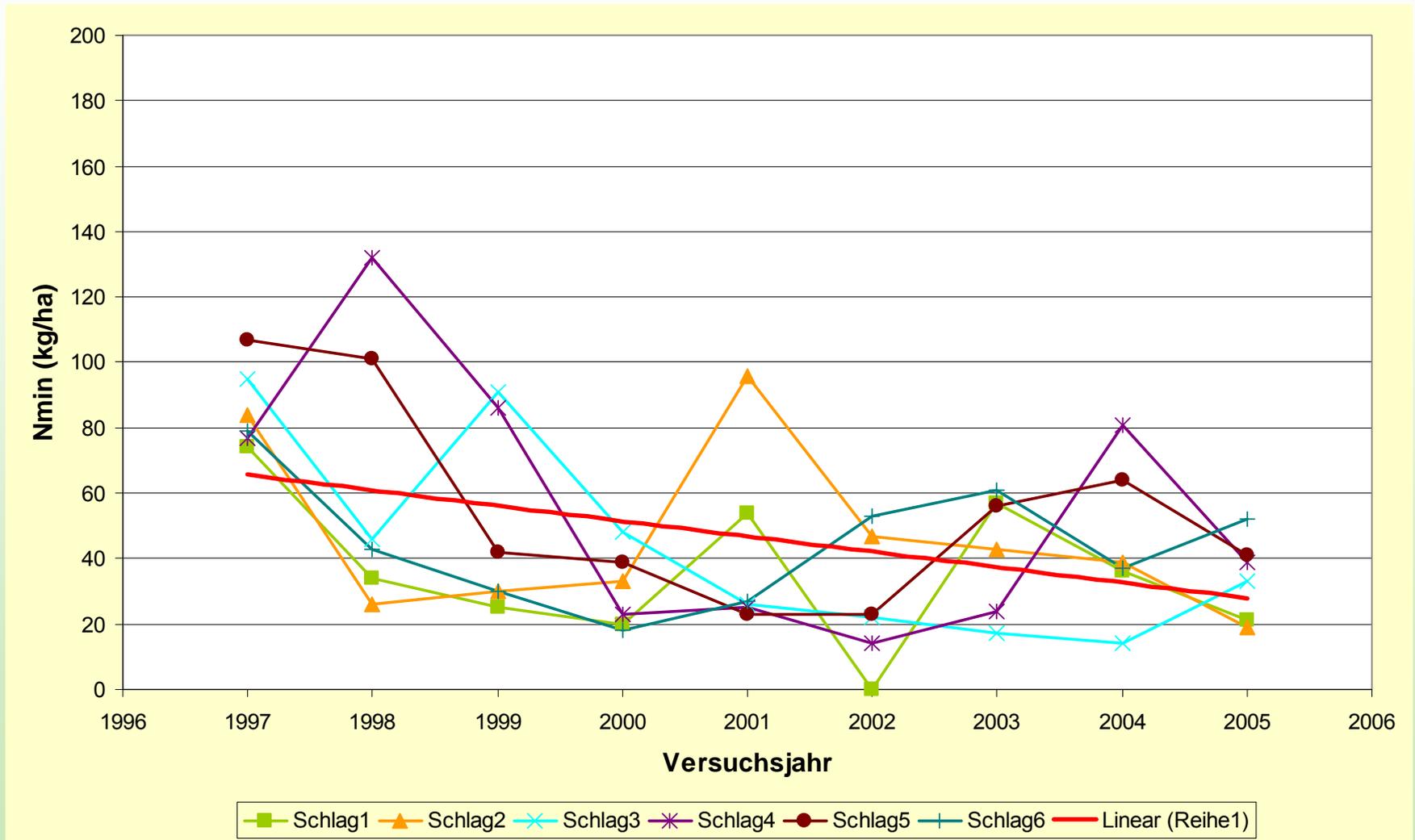
Einfluss des N_t-Gehaltes und der Bodenart auf den N-Gehalt von Kartoffelknollen (ökologische und konventionelle Dauerversuche)



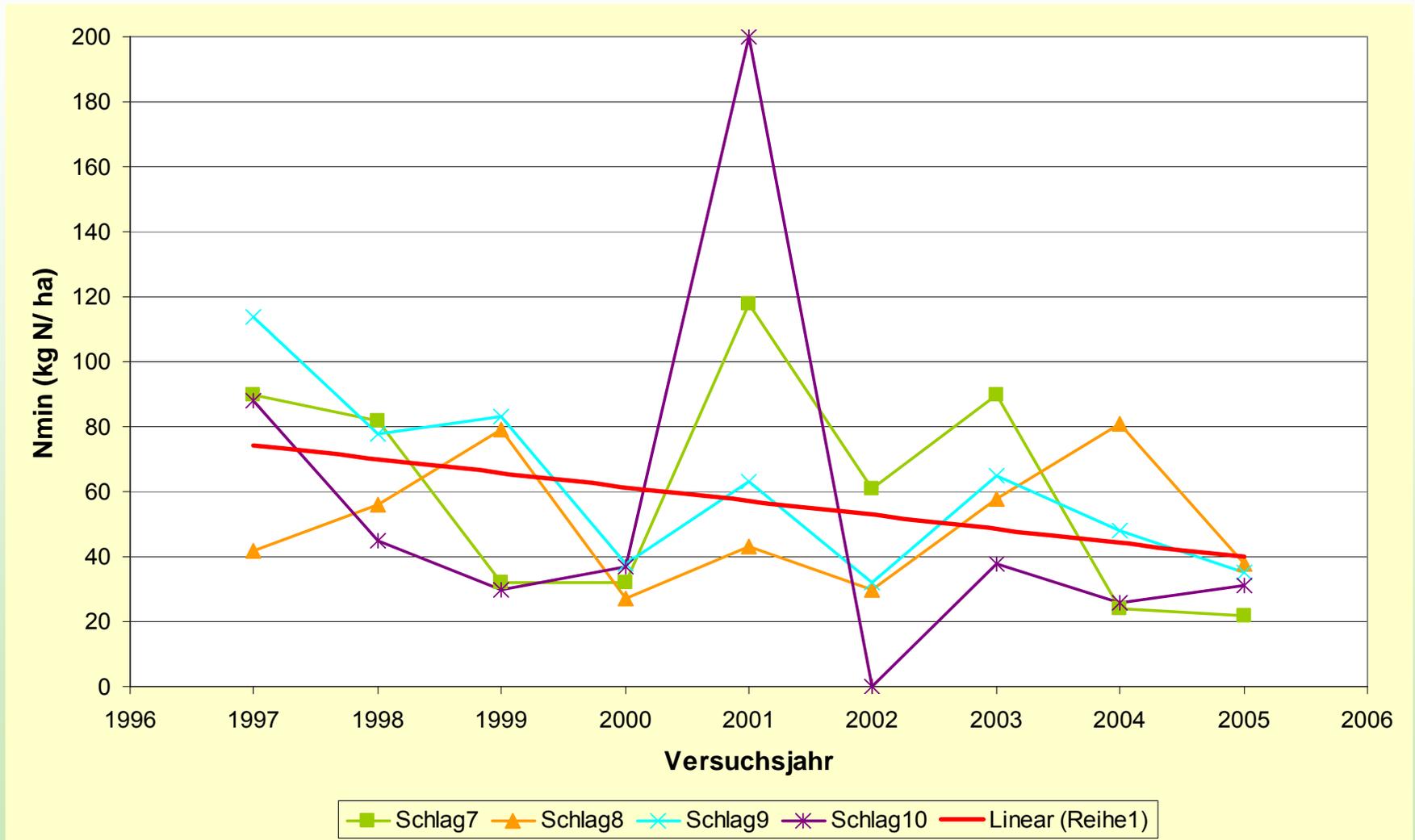
Einfluss des C/N-Verhältnisses und der Bodenart auf den N-Gehalt von Kartoffelknollen (ökologische und konventionelle Dauerversuche)



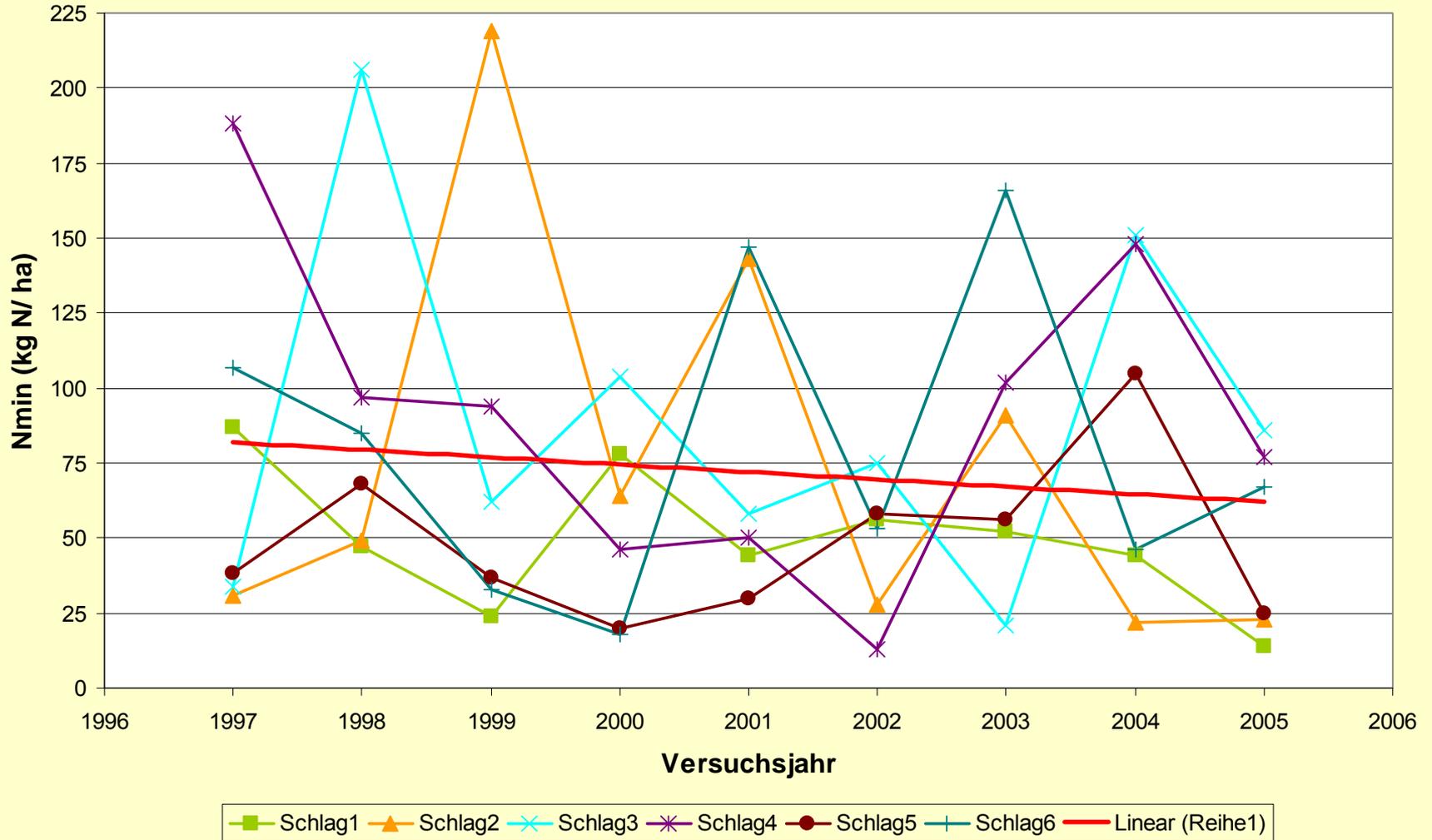
Verlauf des Frühjahrs-N_{min} auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge I, Viehbesatz 1 GV/ha



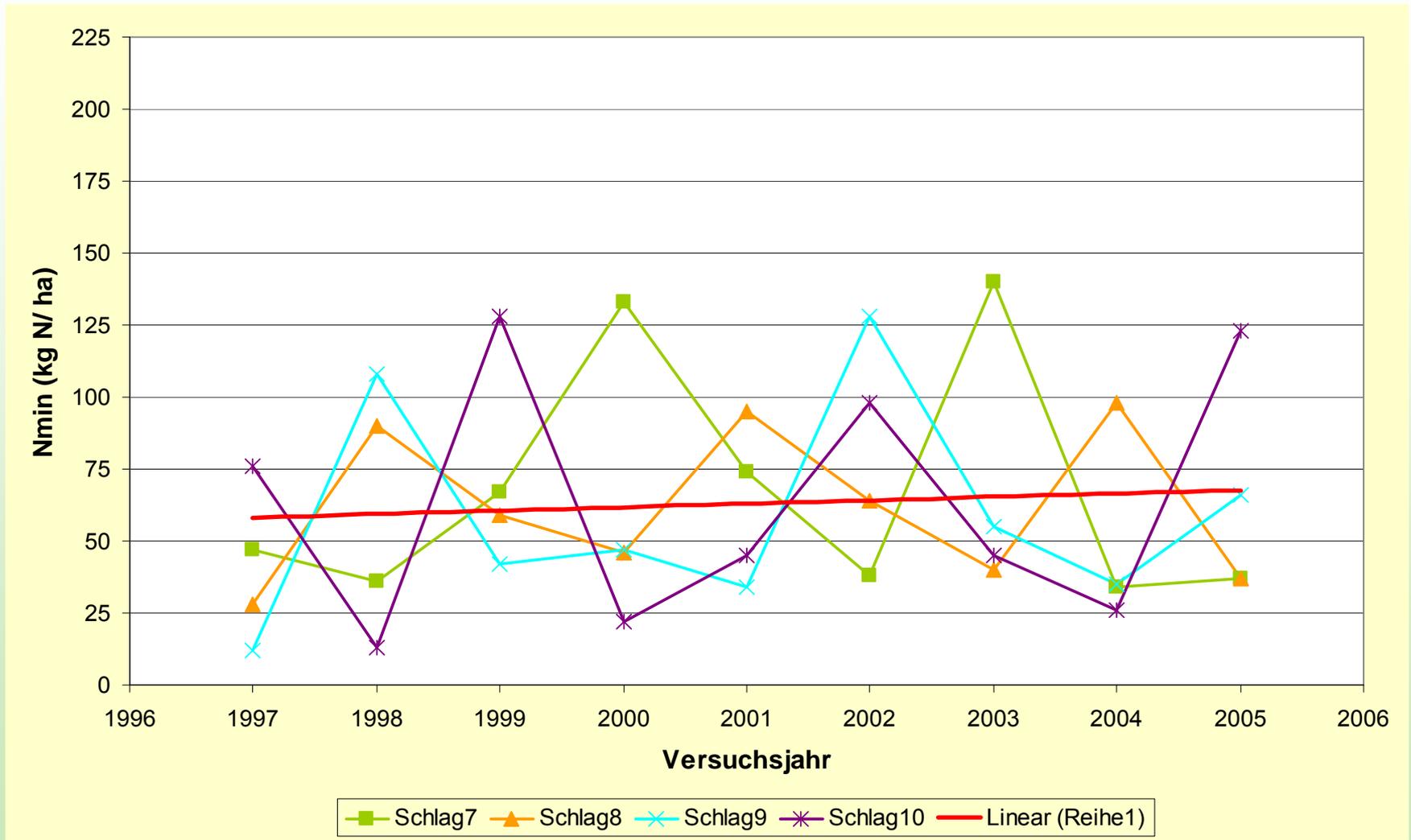
Verlauf des Frühjahrs-N_{min} auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge II, ohne Viehbesatz



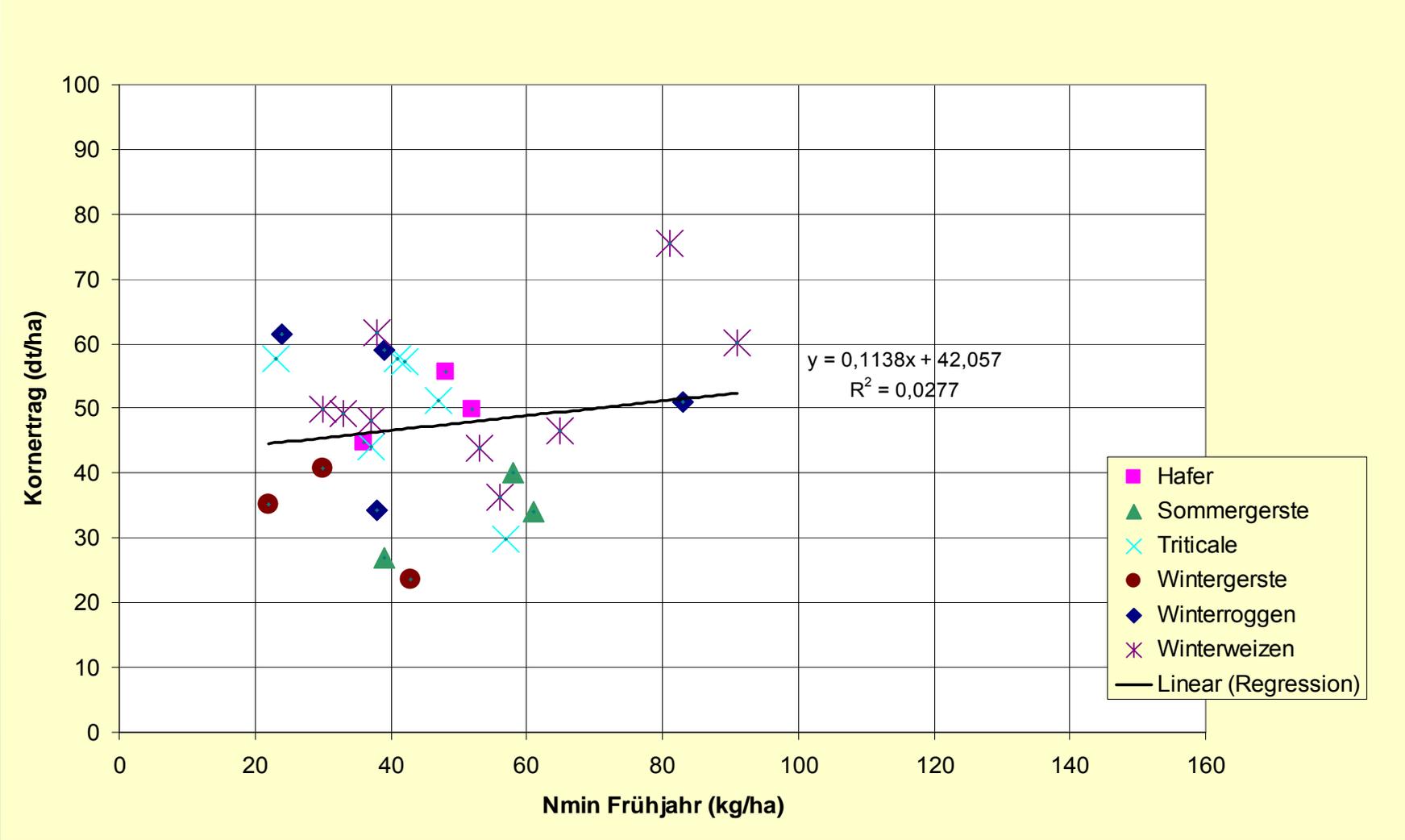
Verlauf des Herbst-N_{min} auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge I, Viehbesatz 1 GV/ha



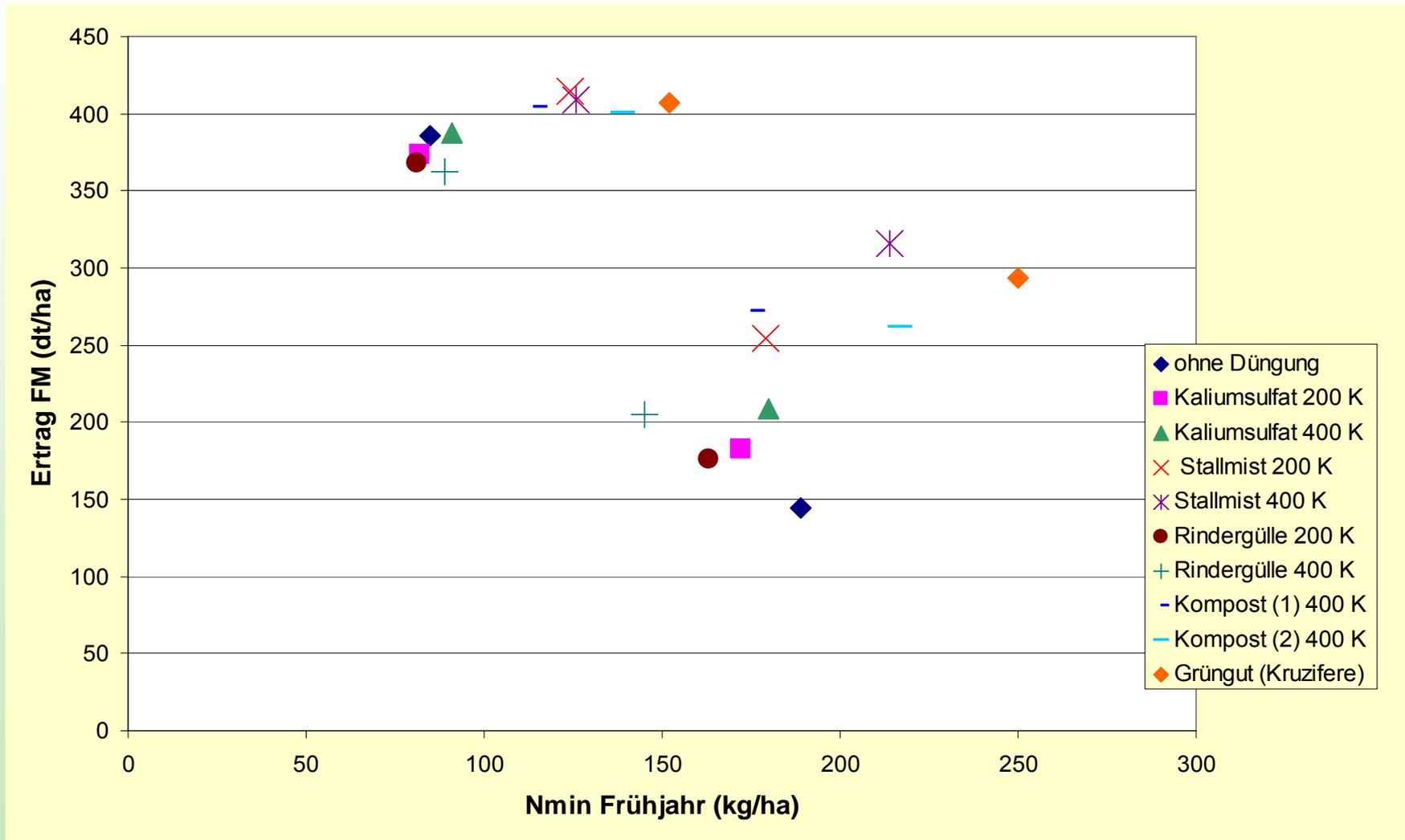
Verlauf des Herbst-N_{min} auf dem Ökofeld Roda Fruchtfolge II, ohne Viehbesatz



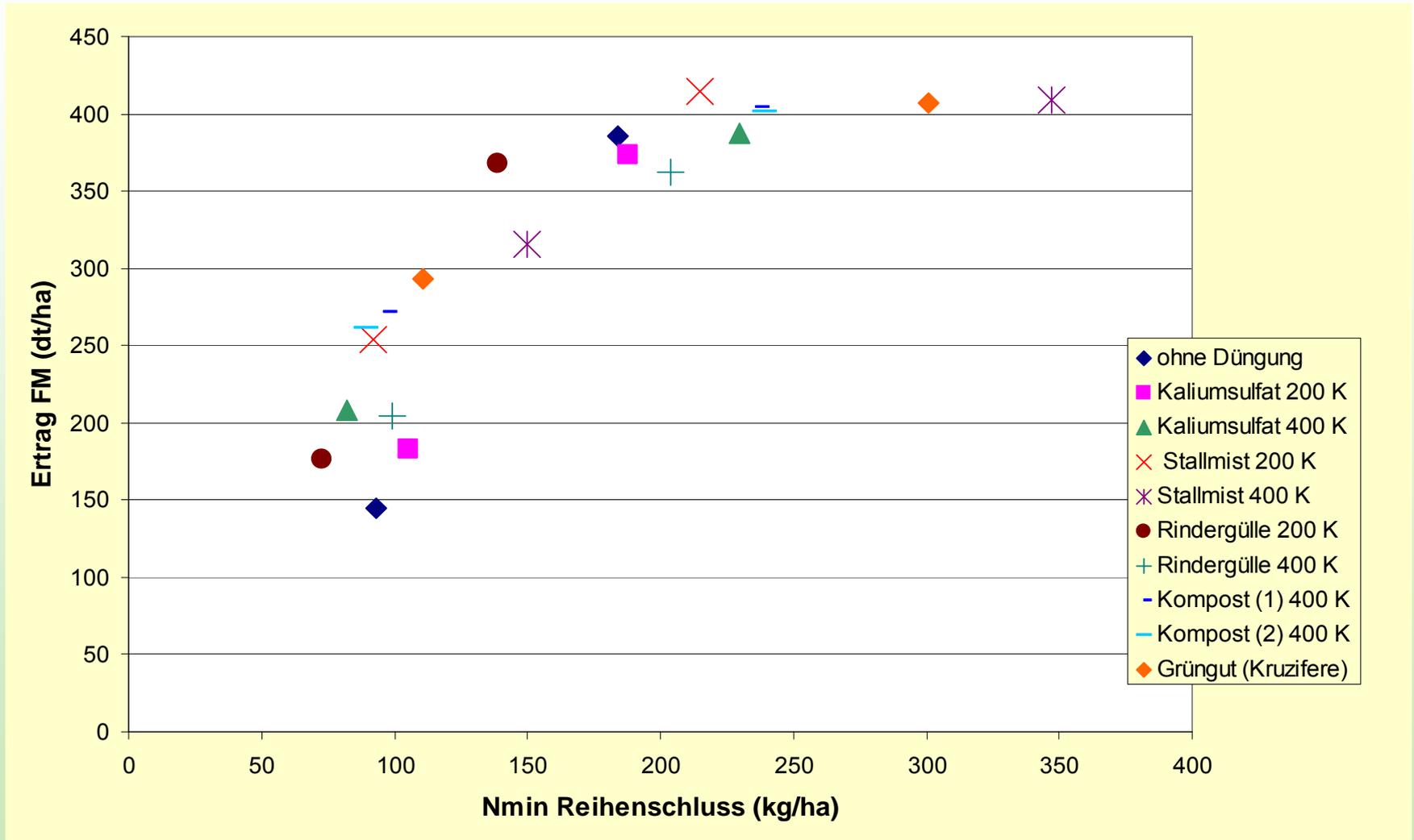
Beziehung zwischen Frühjahrs-N_{min} und den Kornerträgen auf dem Ökofeld in Roda



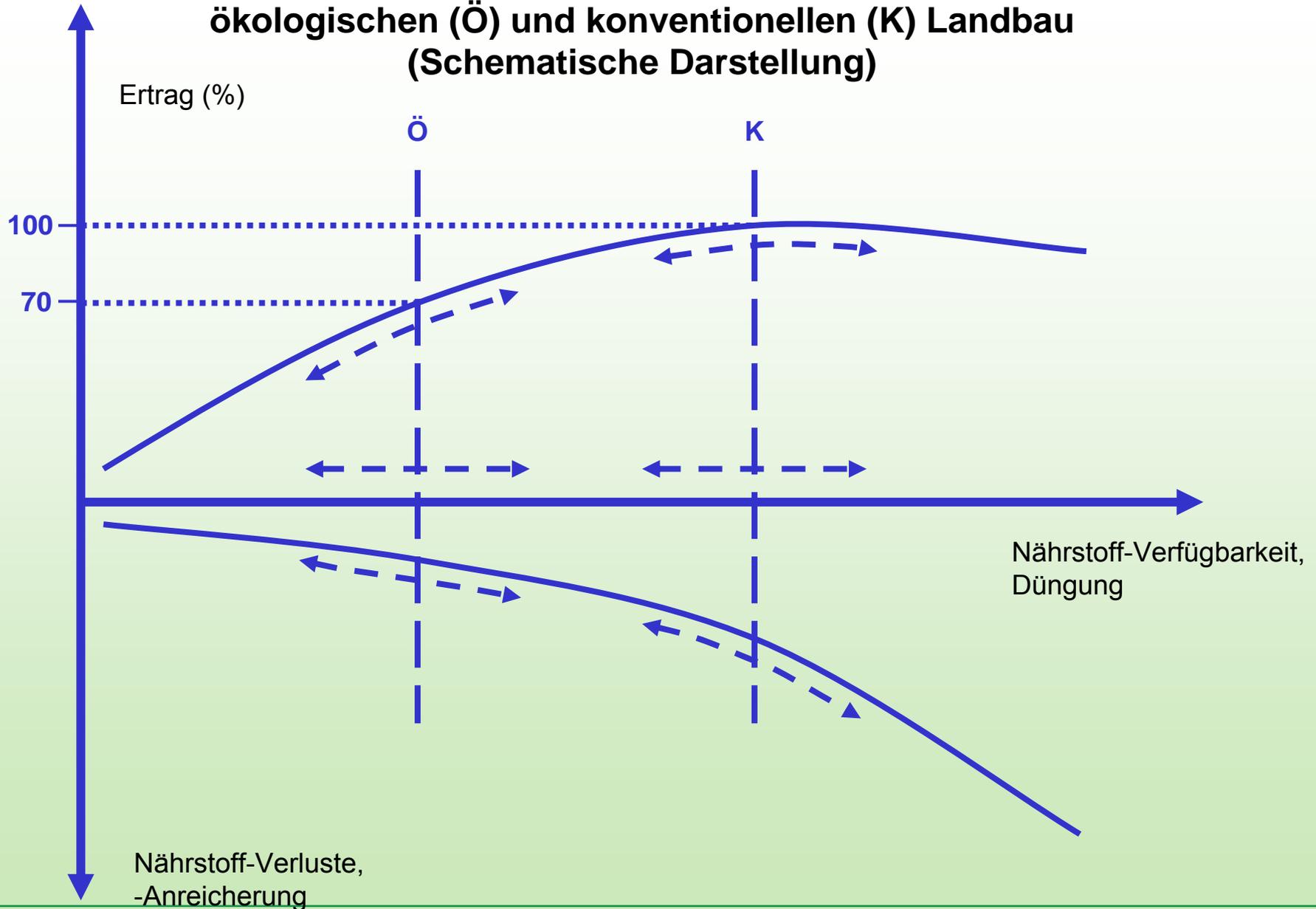
Zusammenhang zwischen Frühjahrs-N_{min} und dem Knollenertrag bei Kartoffeln (Versuch RO 34, 2004 – 2005)



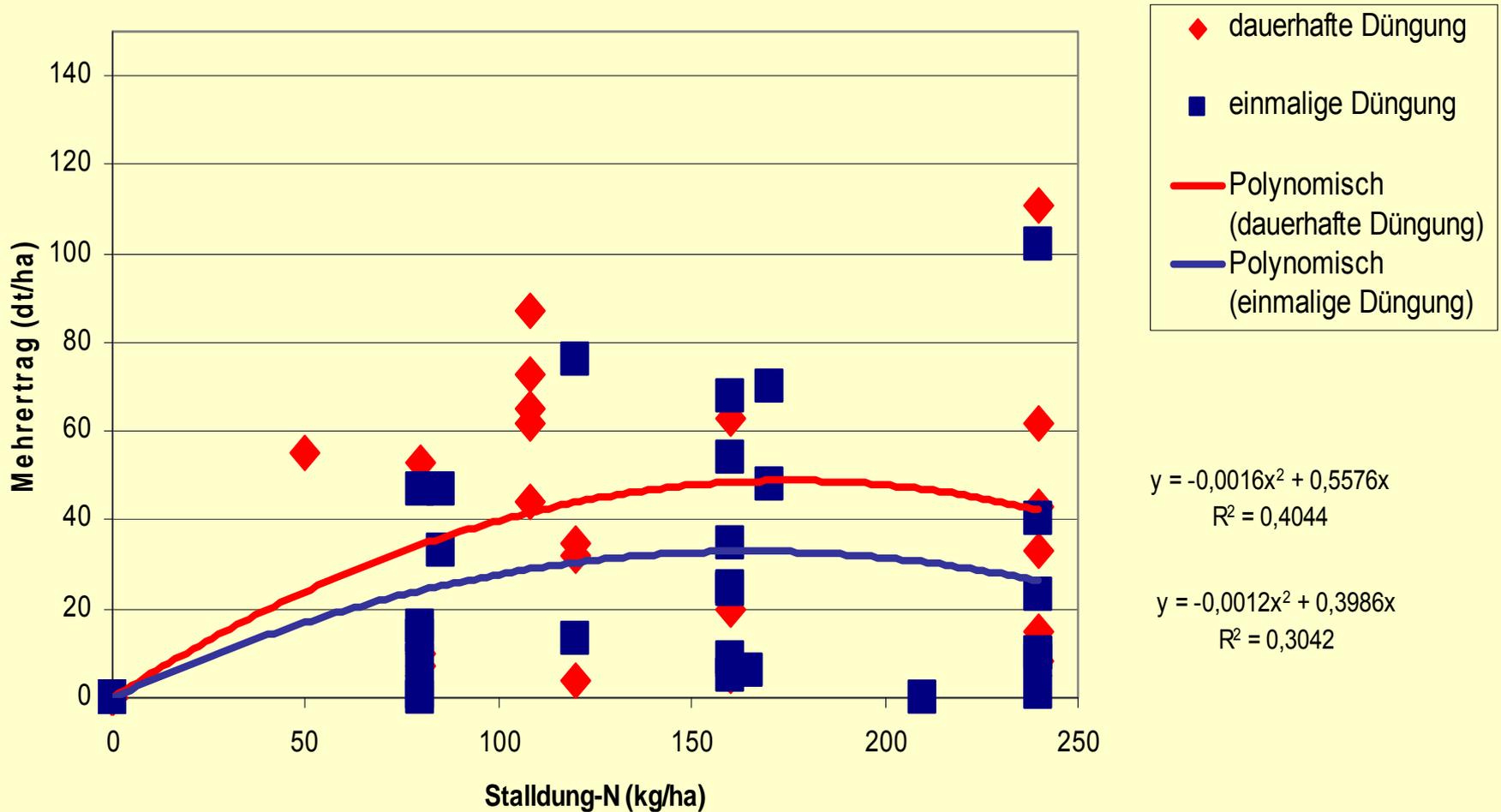
Zusammenhang zwischen Reihenschluss-N_{min} und Knollenertrag bei Kartoffeln (Versuch Ro34, 2004 – 2005)



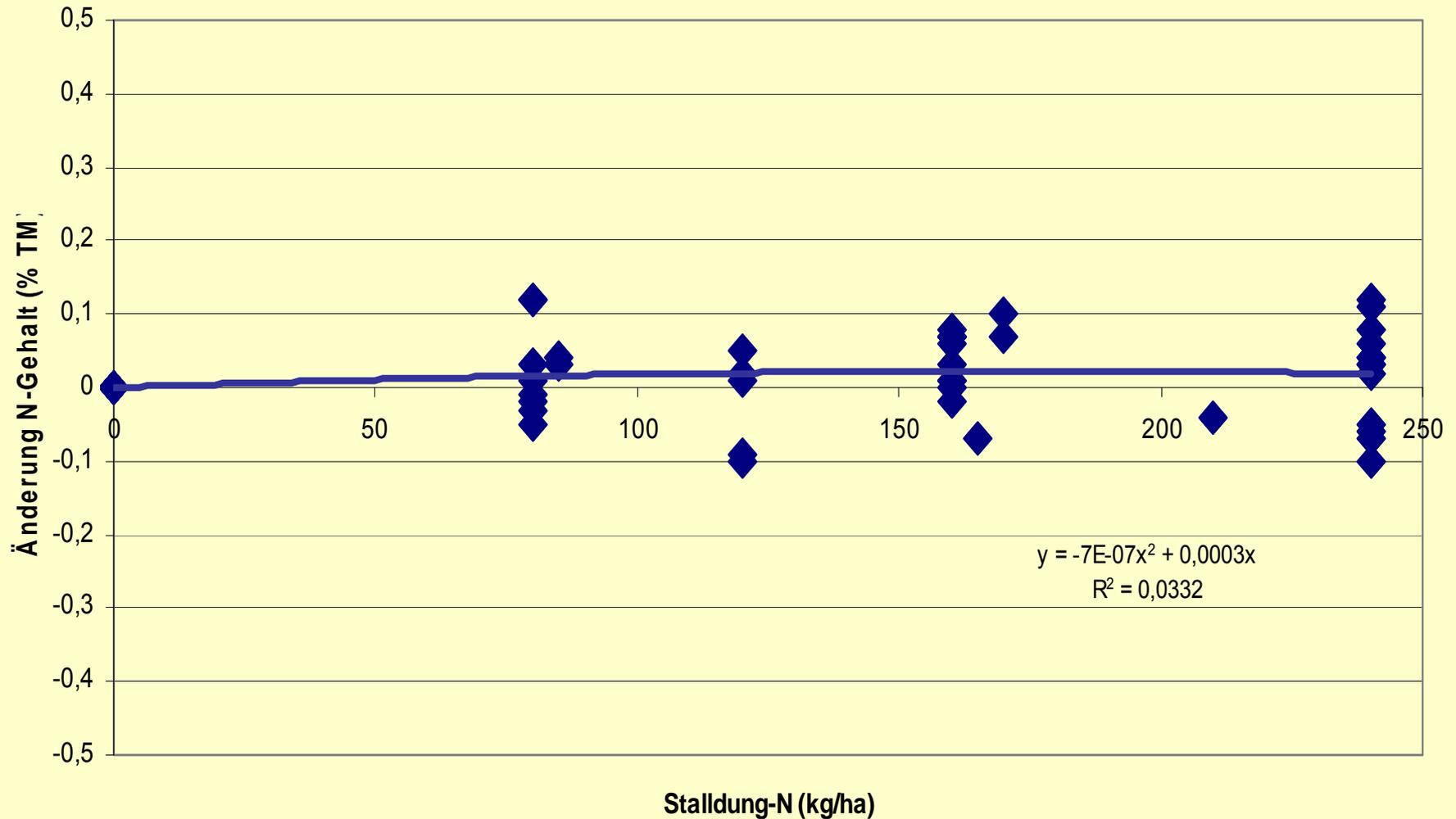
Zusammenhang zwischen Nährstoffversorgung und Ertragsniveau im ökologischen (Ö) und konventionellen (K) Landbau (Schematische Darstellung)



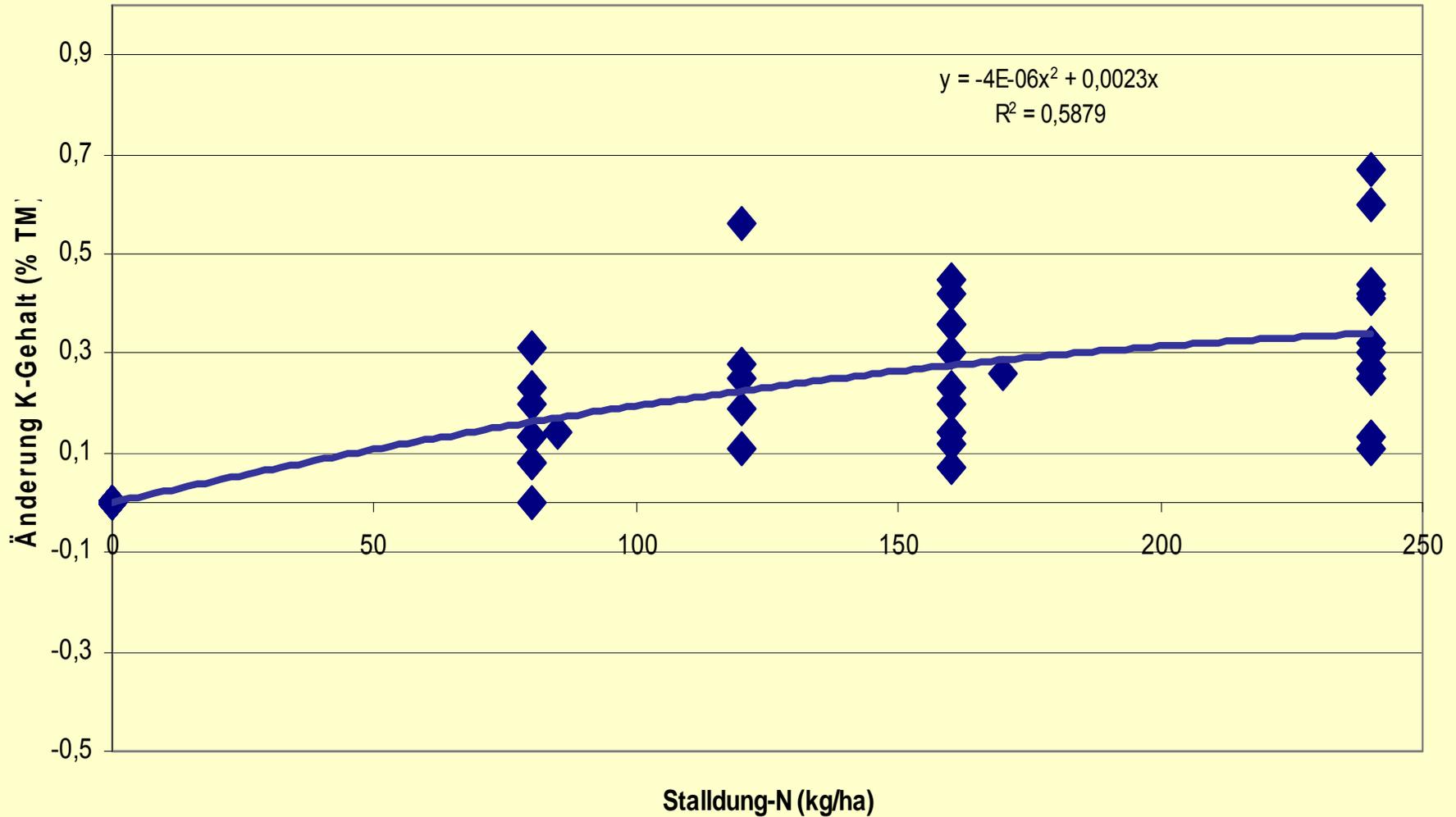
Einfluss einmaliger und dauerhafter Anwendung von Stalldung auf den Mehrertrag von Kartoffelknollen (ökolog. Feldversuche)



Einfluss der Stallung-Anwendung auf die N-Gehalte von Kartoffelknollen (ökolog. Feldversuche)

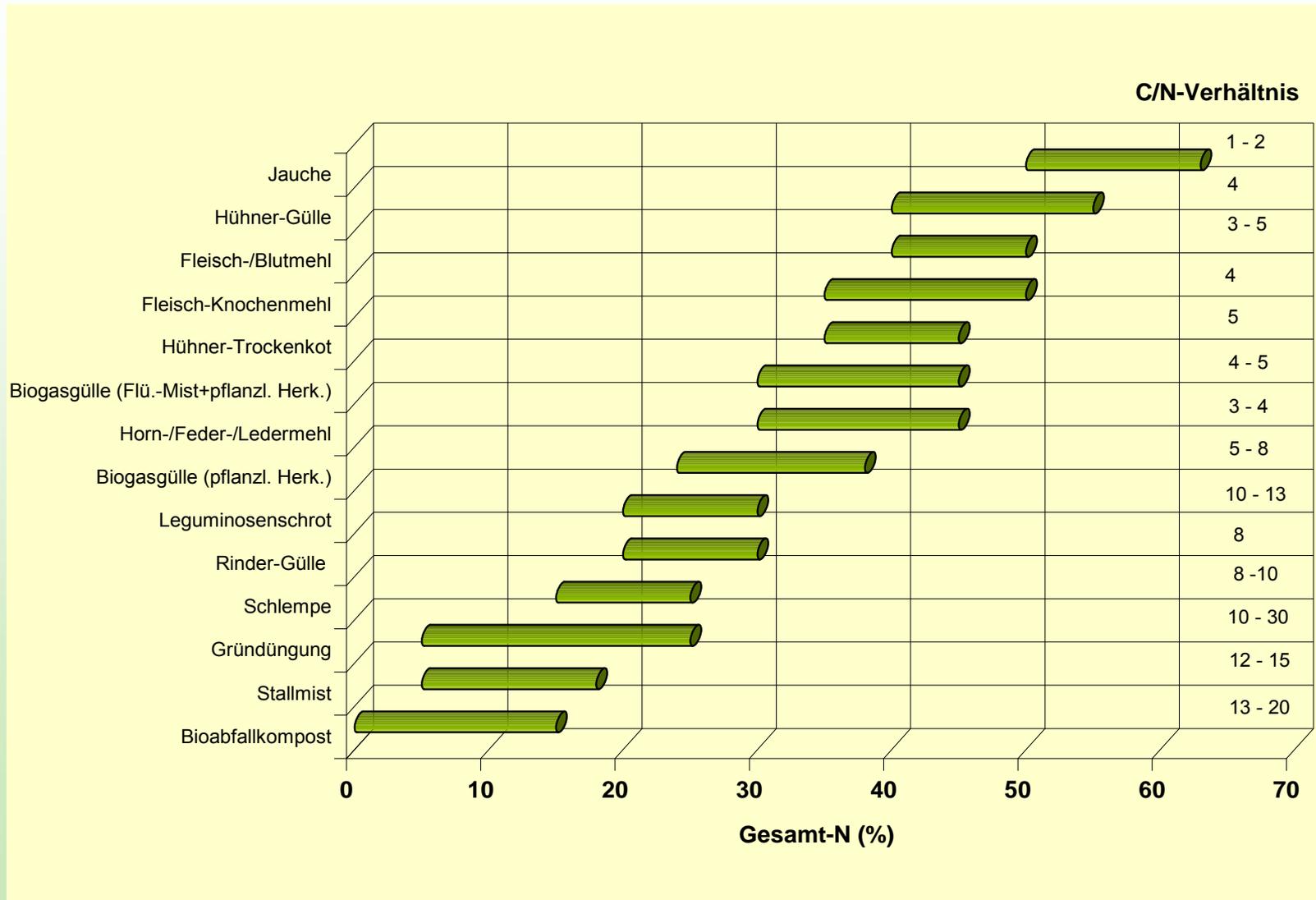


Einfluss der Stallung-Anwendung auf die K-Gehalte von Kartoffelknollen (ökolog. Feldversuche)

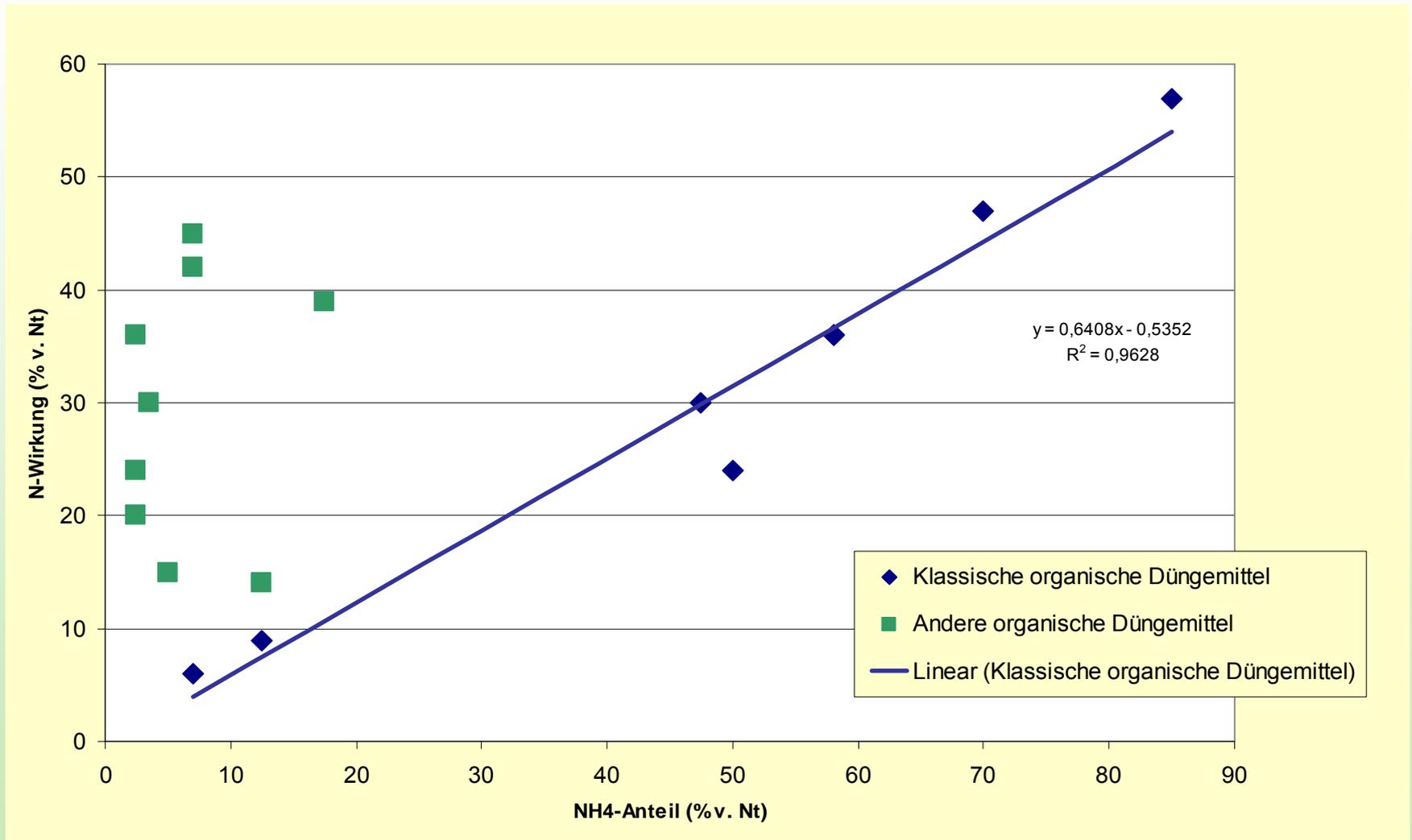


N-Verfügbarkeit organischer Dünger im Jahr der Anwendung

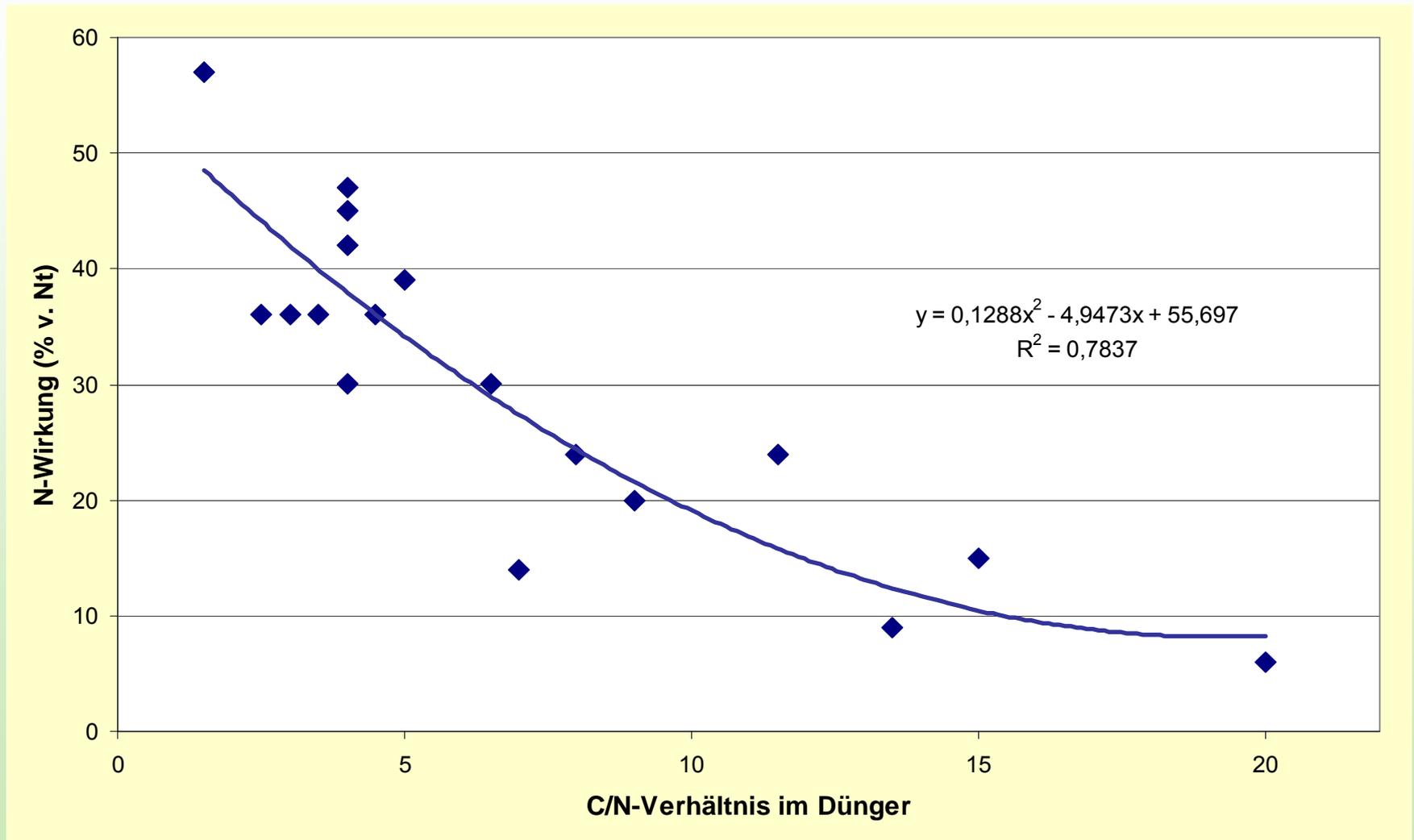
(nach GUTSER et al., 2005)



Beziehung zwischen NH4-Anteil und der N-Wirkung von organischen Düngemitteln



Beziehung zwischen C/N-Verhältnis und N-Wirkung organischer Düngemittel



Überblick über optimale Aufwandmengen von organischen Düngern, die Nährstoffeffizienz sowie die Ertrags- und Qualitätswirkung bei Kartoffeln

Düngerart	Anwendung	Optimale Aufwandmenge		Wirkung auf Ertrag und Gehalte an Inhaltsstoffen						
		Dünger-FM (dt/ha bzw. m ³ /ha u. Jahr)	Gesamt-N (kg/ha u. Jahr)	Knollenmehrertrag (dt/ha FM)	N-Effizienz (dt FM/kg N-Gesamt je ha)	N	P	K	TM	Stärke
Kompost	Kurz	100 – 300	75 – 200	20 – 30	0,20 – 0,17	0	0	+	-	(+)
	Lang	75 – 220	50 – 150	ca. 35 – 75	ca. 0,70 – 0,50					
Stalldung	Kurz	150 – 300	75 – 150	25 – 35	0,28 – 0,22	0	+	++	--	-
	Lang	100 – 300	50 – 150	25 – 50	0,48 – 0,32					
Rindergülle	Kurz	15 – 35	50 – 100	30 – 50	0,58 – 0,50	+	-	+	-	0
	Lang	ca. 15 – 40	ca. 50 – 120	ca. 40 – 60	0,85 – 0,60					
Hühnerkot	Kurz		50 – 100	ca. 25 – 45		(++)		(+)	(-)	
Pell. Rinderdung	Kurz		50 – 100	ca. 20 – 30		(+)		(+)	(-)	
Vinasse	Kurz		50 – 100	ca. 35 – 45		(+)	?	(+)	(-)	?
Raps-Expeller	Kurz		50 – 100	ca. 55 – 65		(+)		(-)	?	
Hornspäne	Kurz		50 – 100	ca. 15 – 35		(++)		(-)	(+)	
Haarmehl-Pellets	Kurz		50 – 100	ca. 30 – 70		(++)		(-)	(+)	

Legende: 0 = keine Wirkung; + = positive, erhöhende, ++ = positive, deutlich erhöhende Wirkung; - = negative, verringernde, -- = negative, deutlich verringernde Wirkung; (), ? = Wirkung noch unklar

Ertragswirkung organischer Düngemittel bei einmaliger und wiederholter Anwendung am Beispiel von Kartoffeln

- Mehrertrag bei einmaliger Anwendung zur Fruchtart:

+	Kompost	100 % (= 20 – 30 dt/ha Mehrertrag)
+	Stalldung	115 – 130 %
+	Gülle	150 – 165 %
+	Handelsdünger	125 – 200 %

- Mehrertrag bei jährlicher Anwendung im Vergleich zur Einmal-Anwendung (= 100 %):

+	Kompost	150 – 200 %
+	Stalldung	130 – 150 %
+	Gülle	120 – 140 %

Einsatzmöglichkeiten von organischen Düngemitteln bei unmittelbarer Anwendung

	Geflügel- mist	Frischmist		Rottemist		Kompost	Gülle	Jauche
		Schwein	Rind	Schwein	Rind			
Ackerland								
Körnerlegumi- nosen	-	+	+	++	++	++	-	-
Klee gras, Luzern gras	-	+	+	++	++	++	+	-
Acker gras	++	++	++	++	++	+	+++	++
Mais	++	++	++	+++	+++	++	+++	++
Kartoffeln, Rüben	-	+	++	+++	+++	++	++	+
Kohl	-	-	-	+	++	++	+	+
Wintergetreide	++	+	+	++	++	++	+++	++
Sommergetreide	++	++	++	++	++	+	+	+
Braugerste	-	-	-	+	+	++	-	-
Grünland								
Weide feucht	+	-	-	+	+	+++	+	+
Wiese feucht	+	+	+	+	++	+++	++	++
Wiese trocken	-	-	-	+	+	++	-	-

Quelle: stark verändert nach REDELBERGER (1996)

Eignung: +++ = sehr gut; ++ = gut; + = weniger gut; - = nicht geeignet

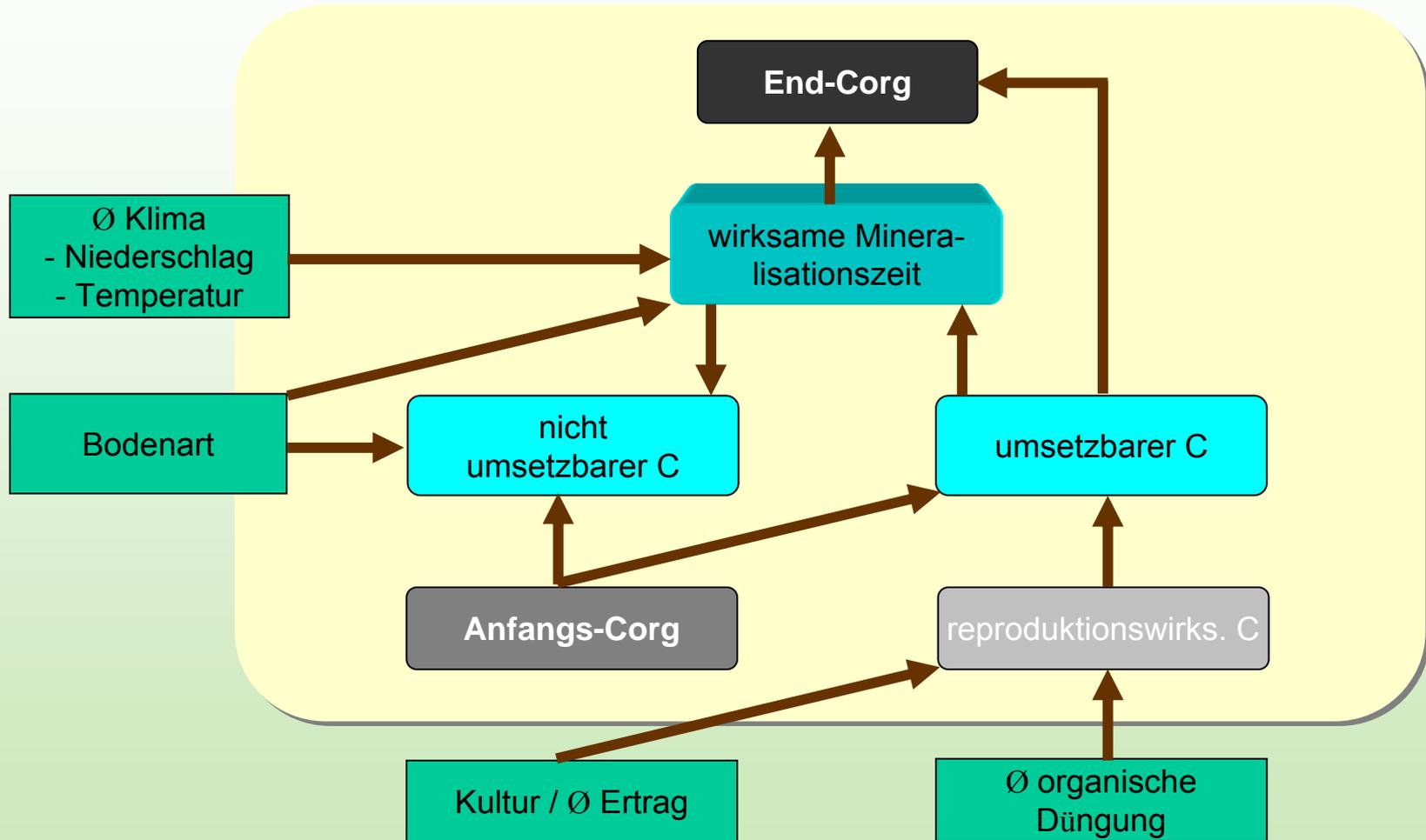
Düngebedarfsermittlung für Stickstoff

Das Ertragspotenzial der Fruchtarten kann aus der Summe nachfolgend genannter N-Mengen berechnet werden:

- N_{\min} -Vorrat zu Vegetationsbeginn (eventuell in Abhängigkeit von Fruchtfolgeposition und Standortbedingungen)
- N-Nettobereitstellung während der Vegetationszeit in Abhängigkeit von der Fruchtfolgeposition bzw. von der Vorfrucht, der Bewirtschaftung und den Rest- N_{\min} -Werten nach der Ernte
- N-Bereitstellung aus der organischen Düngung zur Fruchtart
- Abschläge bzw. Zuschläge entsprechend den Standort- und Klimabedingungen und durch Bewässerung.

Die erhaltene Nährstoffsumme wird durch den N-Gehalt der Fruchtart dividiert. Der erhaltene Wert stellt eine Orientierungsgröße für den zu erwartenden Ertrag der Fruchtart dar.

Schematische Darstellung des Modells CCB (nach FRANKO, 2005)



Auswirkungen unterschiedlich vollständiger Flächen- bzw. Schlagbilanzierungen auf die Stickstoff-Bilanz am Beispiel für zwei verschieden intensive Anbauverfahren

	Integrierter Landbau			Ökologischer Landbau		
	Nährstoffvergleich	Zusätzlich: + Ausbr.-verluste	Zusätzlich: + Asymb. N-Bdg. + Satgut + N-Deposit.	Nährstoffvergleich	Zusätzlich: + Ausbr.-verluste + genaue Nährstoffgeh., + genaue symb. N-Bdg.	Zusätzlich: + Asymb. N-Bdg. + Satgut + N-Deposit.
Zufuhr N-Düngg. (min)	100	100	100	0	0	0
N-Düngg. (org.)	30	38 (+20 %)	38	22	24 (+ 20, -10 %)	24
Symb. N-Bdg.	10	10	10	36	38 (+5 %)	38
Asymb. N-Bdg.			5			5
Saat-/Pflanzgut			6			6
N-Deposition (gesamt)			30			30
Summe	140	148	189	58	62	103
Abfuhr	135	135	135	83	75 (-10 %)	75
Saldo - Ammon-Verl.	+5	+13 8	+54 8	-25	-13 5	+28 5

Legende: Ausbringungsverluste organ. Düngung = 20 %; Nährstoffgehalte ~ 10 % geringer im ÖLB; Symb.- N-Bdg = etwas höher im ÖLB; Saat- u. Pflanzgut: 2 dt/ha Getreide ~ 4 kg N, 30 dt/ha Kartoffeln ~ 11 kg N, 2 dt Ackerbohnen ~ 8 kg N.

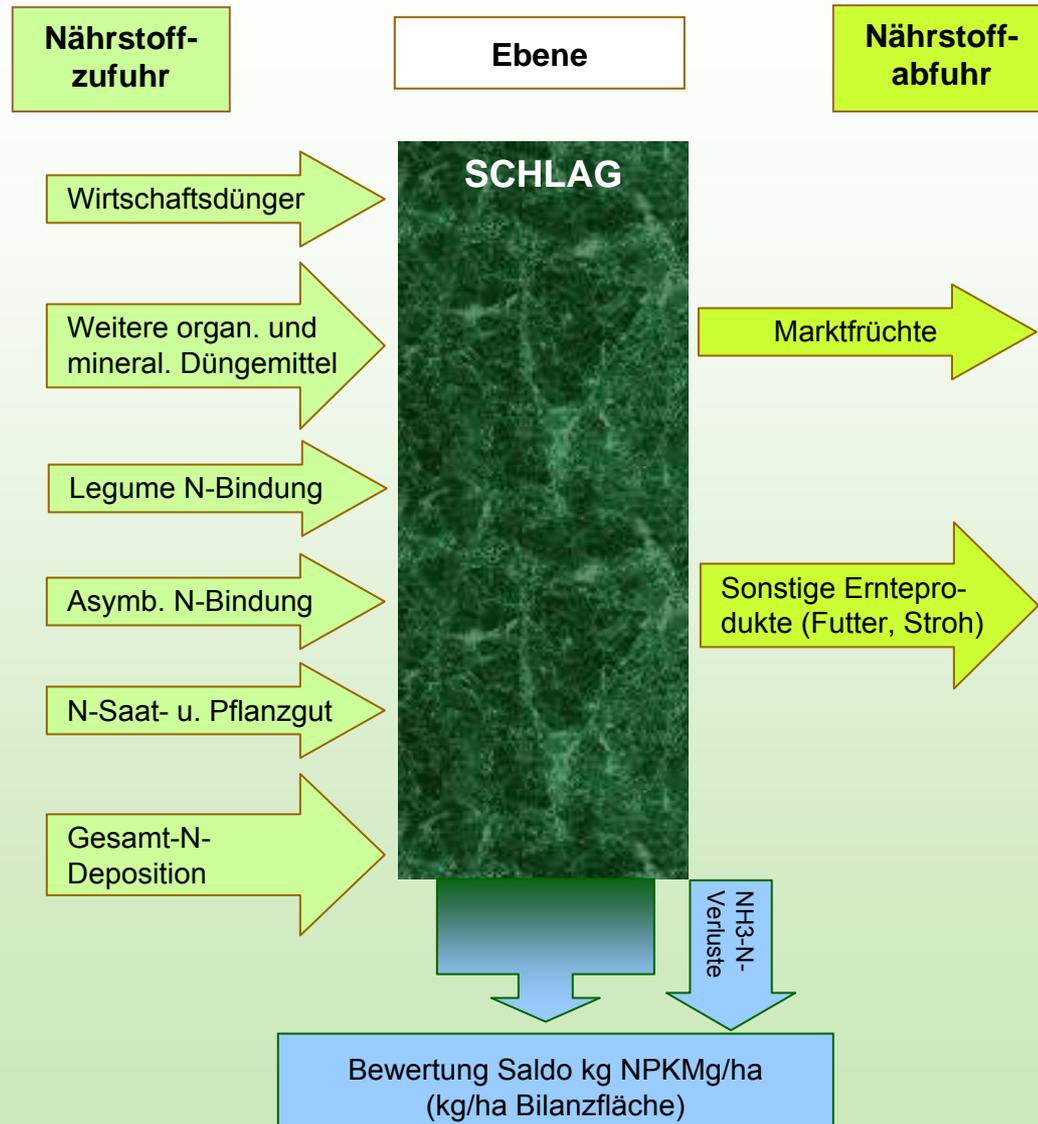
Bilanzgrößen der Hofter-, Flächen- und Stallbilanz für Stickstoff

(nach BACH & FREDE, 2005)

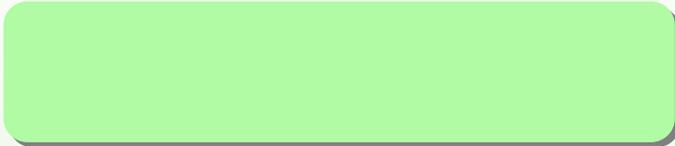
Bilanzglieder	Gesamt-, Hofter-Bilanz	Flächen- Bilanz	Stall- Bilanz
ZUFUHREN			
Mineraldünger	X	X	
Wirtschaftsdünger	X	X	
Sekundärrohstoffdünger	X	X	
Saatgutzukauf	X	X	
Futtermittelzukauf	X		X
Zukauf Vieh	X		X
Atmosphärische N-Immission (Netto)	X	X	
NH ₃ -Immission aus landwirtschaftl. NH ₃ -Emission ^{a)}		X	
Symbiot. Stickstoff-Bindung	X	X	
Asymbiot. Stickstoff-Bindung	X	X	
ABFUHREN			
Ernteabfuhr zum Verkauf (Pflanzliche Marktprodukte)	X	X	
Tierische Marktprodukte	X		X
Ernteabfuhr zur innerbetriebl. Verwertung (Futter, Streu)		X	
Abgabe von Wirtschaftsdüngern	X		X
NH ₃ -Emission ^{a)} , Rückfluss auf Landwirtschaftsflächen			X
SALDO			
Bilanzsaldo (Überschuss), Menge abs.	X	X	X
Bezugsfläche (Saldierte Fläche, SF)		÷ SF	
Bilanzsaldo (Überschuss), pro ha LF	X	X	X

^{a)} NH₃-Emission aus Stall-, Lagerungs- u. Ausbringungsverlusten

Schlag-Brutto-Bilanz



Gliederung



- Nährstoffmanagement



Vorstellung eines Kalkulationsprogramms für den
ökologischen Landbau

Freistaat  Sachsen

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Zielstellungen

Hoher Kalkulationsaufwand auf dem Biobetrieb:

- Umstellungsplanung (Fruchtfolge, Dünger- u. Futterplan)
- Spezielle Betriebsberatung (Betriebsentwicklung)
- Nährstoffmanagement (Entwicklung d. Bodenfruchtbarkeit, Düngungsbemessung)
- Ökokontrolle
- Gesetzliche Bestimmungen (EU-Öko-Vo, DüVo, CC, BBodSchG)



Anwenderkreis

- Landwirtschaftliche Praxis
- Beratung
- Verbände
- Behörden
- Kontrollstellen
- Labore u. a. Dienstleister
- Schule u. Ausbildung

Anwendungsgebiete

- Freistaat Sachsen (besonderes Serviceangebot: ausführlichere Datengrundlagen)
- Deutschland, Mitteleuropa (individuelle Einstellmöglichkeiten)

Programm-Varianten im BEFU, Teil Ökologischer Landbau (kurz: Öko-BEFU)

Kurzfassungen:

- Geringer Erhebungs- u. Datenaufwand
- Entspr. d. gesetzl. Mindestanforderungen
- Vergleichende Szenarienrechnungen
(z.B. Fruchtfolge I – Fruchtfolge II)

Erweiterte Fassungen:

- Tiefergehender Erhebungs- u. Datenaufwand
- Geeignet f. umfassende Betriebsplanungen
- Durchführung v. Systemvergleichen und
Szenarienrechnungen mit größerer Sicherheit
- Kontrolle d. Bodenfruchtbarkeit und Umweltwirkung

Programm-Komponenten im Öko-BEFU:

- **Schlagkartei:** Aufzeichnungen über Anbauinformationen, Fruchtarten, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Bodenuntersuchung, etc. (Fa. AGRO-CAD)
- **Datenbank:** Datengrundlage f. Fruchtarten u. Düngemittel (z.B. Nährstoffgehalte, Korn/Stroh-Verh.), Sonderformen (z.B. GPS, Stilllegung, Mulchen, Weide) (AG d. Versuchsansteller im ÖLB)
- **Grunddüngung:** Standortangepasste Methoden z. Düngungsbemessung auf Grundlage d. Bodenuntersuchung (P, K, Mg, Kalk)
- **Humusbilanz:** Methoden zur Humusbilanzierung nach VDLUFA sowie unter Berücksichtigung v. Standortfaktoren
- **Legume N-Bindung:** Verfahren zur Berechnung d. symbiot. N-Fixierung (Haupt-, Zwischenfrüchte, Körnerleguminosen inkl. Sonder-Nutzung als Mulch, Weide, etc.)
- **Nährstoffbilanzierung:** Nährstoffvergleiche sowie Bilanzierungsverfahren auf der Ebene Schlag, Stall, Feld-Stall u. Hoftor (N, P, K, Mg)

Berechnung der legumenen N-Bindung

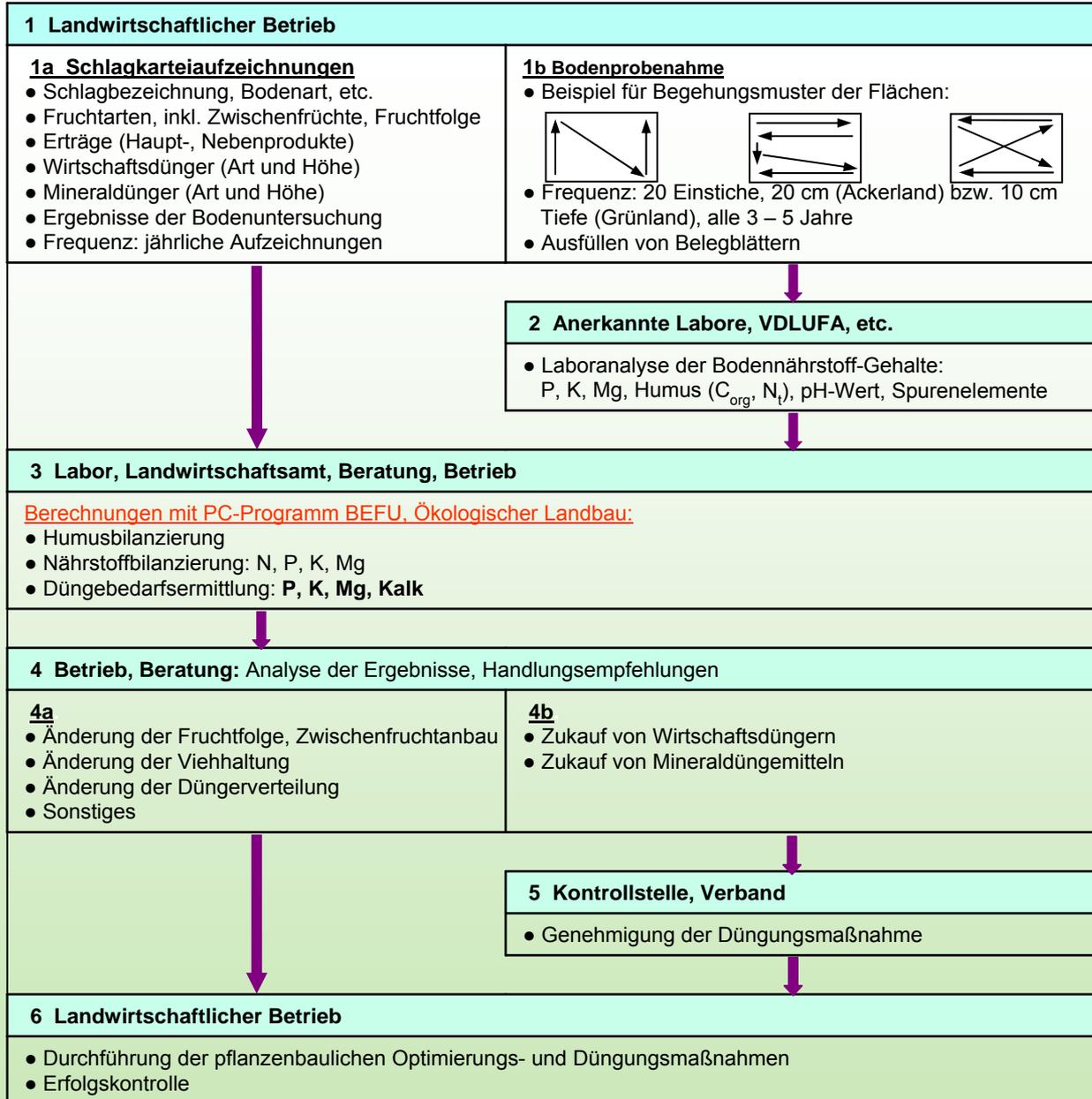
Methoden (alle sehr ungenau!):

- Einfache Verfahren der Ländereinrichtungen (z.B. auch REPRO)
- AG Univ. Göttingen (ISIP) und Univ. Kiel
- AG ZALF, Müncheberg

Merkmalsgrundlage zur genauen Berechnung im Öko-BEFU:

- Pflanzenart, Pflanzenstadium
- Ertrag
- Leguminosenanteil im Gemenge (nicht einfach zu schätzen!)
- N_{\min} -Gehalt im Frühjahr
- Nutzungsart u. -anzahl (Mulch, Aberntung, GPS)
- Starke Trockenheit
- Ernteverluste

- N-Rhizodepositon (N-Abgabe d. Leguminosen an Boden)
- N-Harvest-Index (indirekt berechnet über Ertrag u. N_{\min})



Checkliste

zur Bodenuntersuchung, Grunddüngung und Kalkung im ökologischen Landbau

Leistungsfähigkeit von Merkmalen zur Bodenfruchtbarkeit und zum Nährstoffmanagement

Methode	Bekannt- heits- grad (Prinzip)	Erhe- bungs- aufwand	Kalkulation		Bemessungsziel			Berechnungs- sicher- heit	Bewertung	
			Von Hand	PC	Boden	Frucht- art (Ertrag)	Frucht- folge		VD- LUFA	Gesetz (DüV, CC)
Phosphor, Kalium										
DL-, CAL-Methode	hoch	gering	X		X			mittel ¹⁾	X	
Schlagbilanz/ Nährstoffvergleich	mittel	mittel	X	X	(X)	(X)	X	hoch (K = mittel)		X
Verfahren Bodenausgleich + Schlagbilanz	mittel	mittel		X	X	(X)	X	hoch ¹⁾	X	
Humus										
ROS, untere Werte	mittel	gering	X	X		(X)	X	gering	X	X
HE, obere Werte, ÖKO	gering	gering	X	X		(X)	X	gering	X	
ROS, standort- angepasst	--	mittel	X	X	X		X	mittel	X	
CCB (vorläufig)	--	mittel		X	X		X	(hoch)	(X)	
Stickstoff										
N _{min} -Methode	hoch	gering	X	X	(X)	(X)	(X)	gering		(X)
Nährstoffvergleich	mittel	mittel	X	X		(X)	X	gering		X
Schlagbilanz (brutto)	mittel	mittel	(X)	X	(X)	(X)	X	mittel - hoch		
Schätzwerte zur Mineralisation	mittel	gering	X			X		mittel		X
Verfahren Minera- lis.-Berechnung CCB (vorläufig)	--	mittel		X	X	X	X	(hoch)		X

¹⁾ Ausnahmen: K-Fixierungsböden, P-Festlegung bei extremen pH-Werten, Methodenunsicherheiten (auf schwereren Böden)

Nährstoffmanagement im Ökobetrieb

(unter Einbindung des Kalkulationsprogramms Öko-BEFU)

Parameter	Methode	Frequenz / Zielstellung
Aufzeichnungen über: Anbauinformationen, Fruchtarten, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Erträge, Bodenunterschg.	Schlagkarteiführung (z.B. AGRO-CAD, kompatibel zum Programm BEFU)	- Zu jeder angebauten Fruchtart, jährlich; - Erforderlich für: Dokumentation, Öko-Kontrolle, Buchführung, Humus- u. Nährstoffbilanzierung; - Ziel: Bereitstellung von Informations- u. Dokumentations-Unterlagen
Organische Substanz, Humusversorgung des Bodens	Humusbilanzierung mit dem Programm BEFU (möglichst mit einer standortangepassten Methode)	- Umstellung: Planung v. Fruchtfolge u. Dunganfall; - Bei deutlicher Änderung d. Betriebsausgestaltg.; - 1 x je 1 – 2 Fruchtfolgerotationen; - Ziel: Versorgungsgruppen C – D
Humusgehalt u. -qualität des Bodens	Bodenuntersuchung der Ackerkrume auf: C _{org} , N _t , C/N-Verhältnis	- 1x je Fruchtfolge (4 – 8 Jahre)
Grundnährstoffe des Bodens (ggf. Mikronährstoffe)	Bodenunterschg. der Ackerkrume auf ver- fügbare Nährstoffe: P (DL-, CAL-Methode), K (DL-, CAL-Methode), Mg (CaCl ₂ -Methode)	- Alle 3 – 5 Jahre bzw. 1 x je Fruchtfolge; - Ziel: Versorgungsstufe B (Standard) – C
Kalkversorgung des Bodens	Bodenuntersuchung der Ackerkrume: pH- Wert (CaCl ₂ -Methode)	- Alle 3 – 5 Jahre (1x je Fruchtfolge); - Ziel: Versorgungsstufe C
Stickstoff (N)	Nährstoffbilanzierung mit dem Programm BEFU (Methoden Schlagbilanz mit Brutto- Saldierung, Hoftor-, Stall-Bilanz)	- Umstellungsplanung; - 1 x je Fruchtfolge; - Ziel: 5 – 40 kg N/ha u. J.
Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg)	Nährstoffbilanzierung mit dem Programm BEFU (Methoden Schlag-, Hoftor-, Stall- Bilanz)	- 1 x je 1 – 2 Fruchtfolgerotationen; - Ziel: P ≥ 0 kg, K (je nach Bodenart verschieden)
Phosphor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg)	Düngebedarfsermittlung mit dem Programm BEFU (mit standortangepasster Methode)	- Alle 3 – 5 Jahre (unter Einbeziehung der Ergebnisse d. Bodenuntersuchung); - Ziel: Sicherung d. Zielversorg.-Stufen d. Bodens)

Literaturquellen

<http://forschung.oekolandbau.de/wissensdatenbank.html>

<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/lfl/inhalt/4905.htm>