

Humusumsatz und Nährstoffbilanzen



Quelle: LfULG

Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus Dauerversuchen Mitteleuropas

Aufnahme und Auswertung von Dauerversuchen unterschiedlicher Standorte und Themenstellungen aus Mitteleuropa

- **Ursprung: Entwicklung von Beratungs-Systemen zum Nährstoffmanagement im ökologischen und konventionellen Landbau (und Integration ins Programm BEFU):**
- Methoden der Grunddüngung (P, K, Mg)
 - Prüfung und Verbesserung von Methoden der Humusbilanzierung (VDLUFA, STAND)
 - Prüfung und Verbesserung von C- und N-Prozessmodellen (CCB, RothC)
 - Validierung von Methoden (VDLUFA, STAND, CCB, REPRO-basierte Verfahren)
 - Datenbasis Dauerversuche **EuroSomnet**: www.ufz.de/somnet
 - Modell REGRESS (statistisches Modell zum Einfluss v. Standort, Boden, Klima u. Bewirtschaftung auf C_{org} , N_t u. C/N-Verhältnis im Boden)

Untersuchungsmaterial: ca. 240 Dauer-Feldversuche des Ackerlandes mit über 2400 Varianten aus 88 Standorten Mitteleuropas (Schwerpunkt Deutschland)

Auswertungsmethoden:

- deskriptive Statistiken: Mittelwert, Median, Standardabweichung, Boxplot, etc.
- einfache u. multiple Regressionsanalyse nach der Grundfunktion: $y = f(x_1, \dots, x_n)$

Auswertungsschritte: (abhängig von Fragestellung)

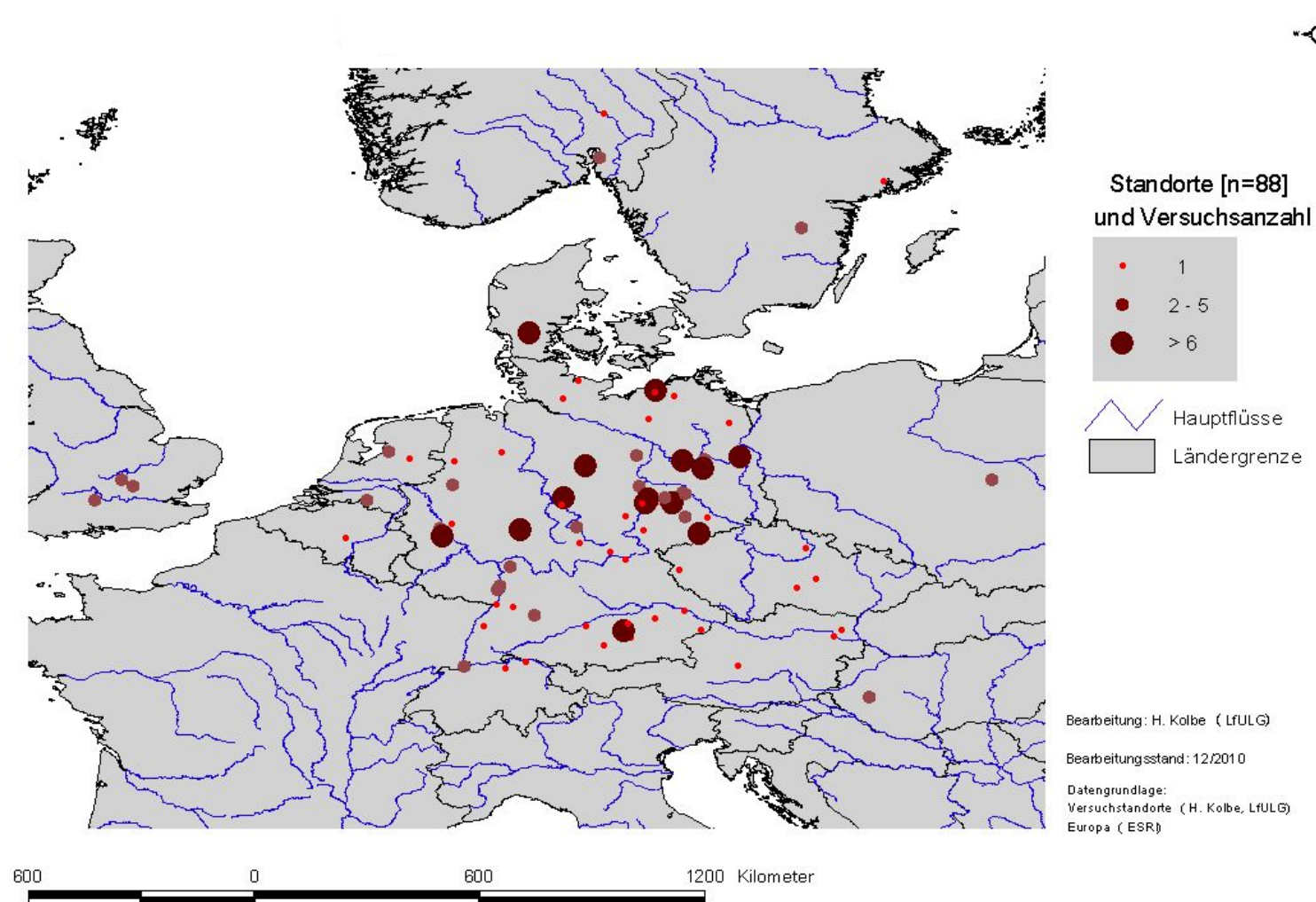
1. Bestimmung bzw. Ermittlung von sicheren Anfangs- und Endwerten für C_{org} - und N_t -Gehalte, Anzahl der Versuchsjahre, Ermittlung der C_{org} - und N_t -Differenzen je 1 Jahr
2. Zufuhrhöhe an organ. Materialien, N-Zufuhren, Fruchtfolgen, N-Abfuhren, etc.
3. Filterung von Versuchen mit jeweils Standardvarianten (z.B. ohne Düngung) und von Varianten mit entsprechender Themenstellung
4. Durchführung entsprechender Rechenoperationen
5. Darstellung der Ergebnisse als Punktediagramm, Boxplot, Tabellen u.a. Formen

Quelle:

KOLBE, H. et al., (in Vorbereitung): Einfluss von Boden, Klima und Bewirtschaftung auf C_{org} , N_t , C/N-Verhältnis und N-Effizienz – Mathematisch-statistische Auswertung von Ergebnissen aus Dauerversuchen in Mitteleuropa. Schriftenreihe des LfULG, Dresden

Lage und Häufigkeit der einbezogenen Dauerversuche des Ackerbaus

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Deskriptive Statistik der Merkmale der Dauerversuche

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



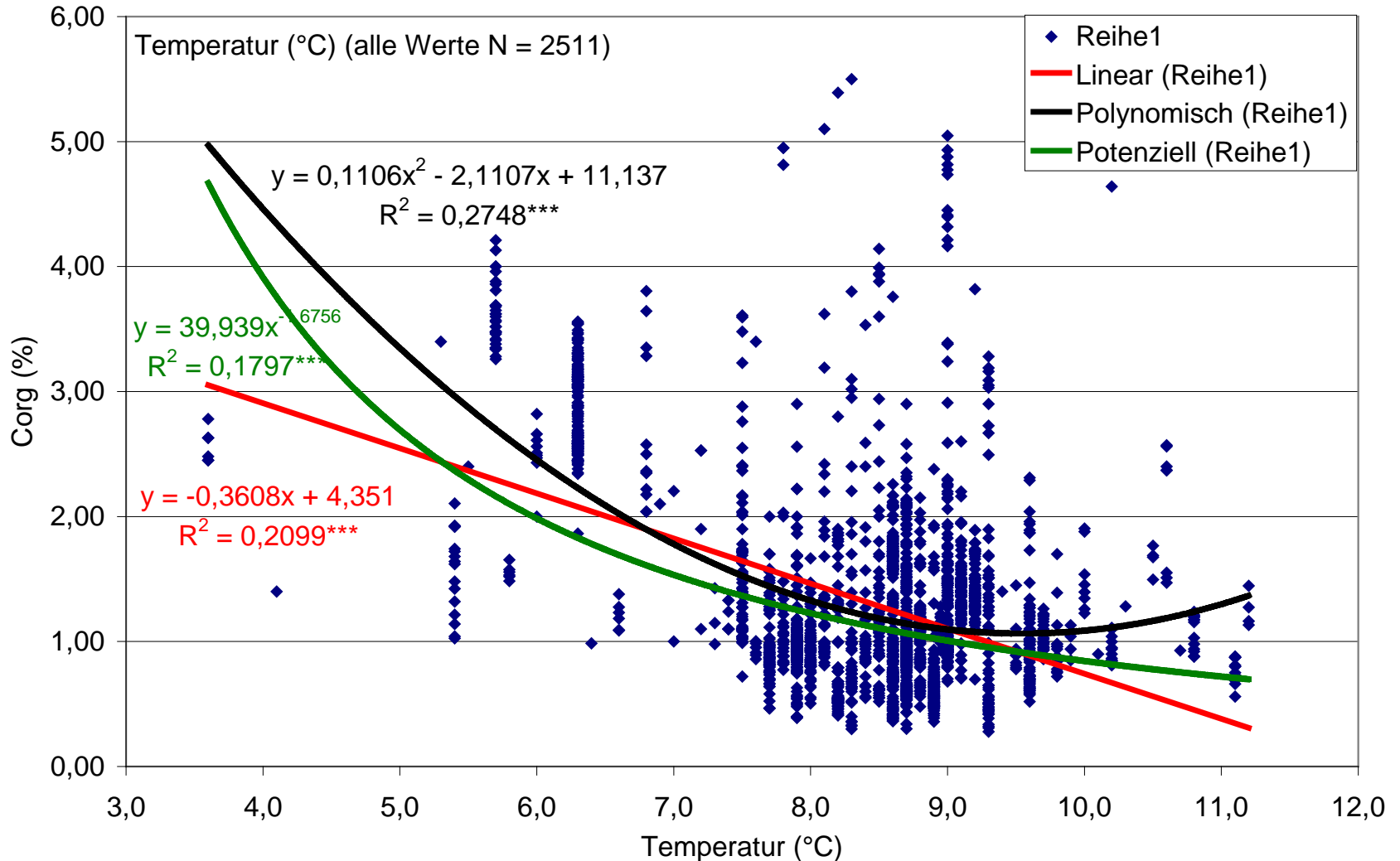
Merkmal	Varianten (N)	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
C _{org} (% TM)	2677	0,23	9,45	1,33	0,81
N _t (% TM)	1819	0,03	0,35	0,12	0,07
C/N-Verhältnis Boden	1780	6,6	30,0	11,0	2,5
pH-Wert	2734	3,1	8,2	6,1	0,7
Bodenart*	2853	1	8	4,1	2,0
Tongehalt (%)	2507	0,1	69,6	11,9	7,6
Temperatur (° C)	2681	2,4	11,2	8,4	1,0
Niederschlag (mm)	2747	300	1993	637	137
Hackfrüchte (% d. Fruchtfolge)	2644	0	100	39	22
Getreide (% d. Fruchtfolge)	2648	0	100	53	23
Leguminosen (% d. Fruchtfolge)	2440	0	100	9	19
TM-Gesamtzufuhr (dt/ha)	2657	0	600	25	41
Leguminosen-N (kg/ha)	976	0	257	23	35
N-Mineraldüngung (kg/ha)	2250	0	491	71	65
N-Gesamtzufuhr (kg/ha)	2314	0	950	128	101
N-Abfuhr (kg/ha)	2268	0	280	111	47
N-Saldo (kg/ha)	2263	-149	765	18	80

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

Programm

- I Einflussfaktoren auf C_{org} - und N_t -Gehalte im Boden (einfache und multiple Regressionsanalyse)**
- I Einfluss organischer Düngemittel auf die C_{org} - und N_t -Veränderung im Boden zur Ermittlung von Humifizierungskoeffizienten (Mittelwert- und Boxplot-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)**
- I Wechselwirkungen zwischen organischer und mineralischer Düngung auf Böden mit unterschiedlichen C/N-Verhältnissen auf die C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens (Regressionsanalyse, Modell REGRESS)**
- I Einfluss mineralischer, mineralisch-organischer und organischer Düngung auf die Komponenten der N- und C-Bilanz sowie die Nährstoff-Effizienz in Folge steigender N-Zufuhr (Mittelwert-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)**

Einfluss der Temperatur auf die C_{org} -Gehalte (Einfach-Regression)

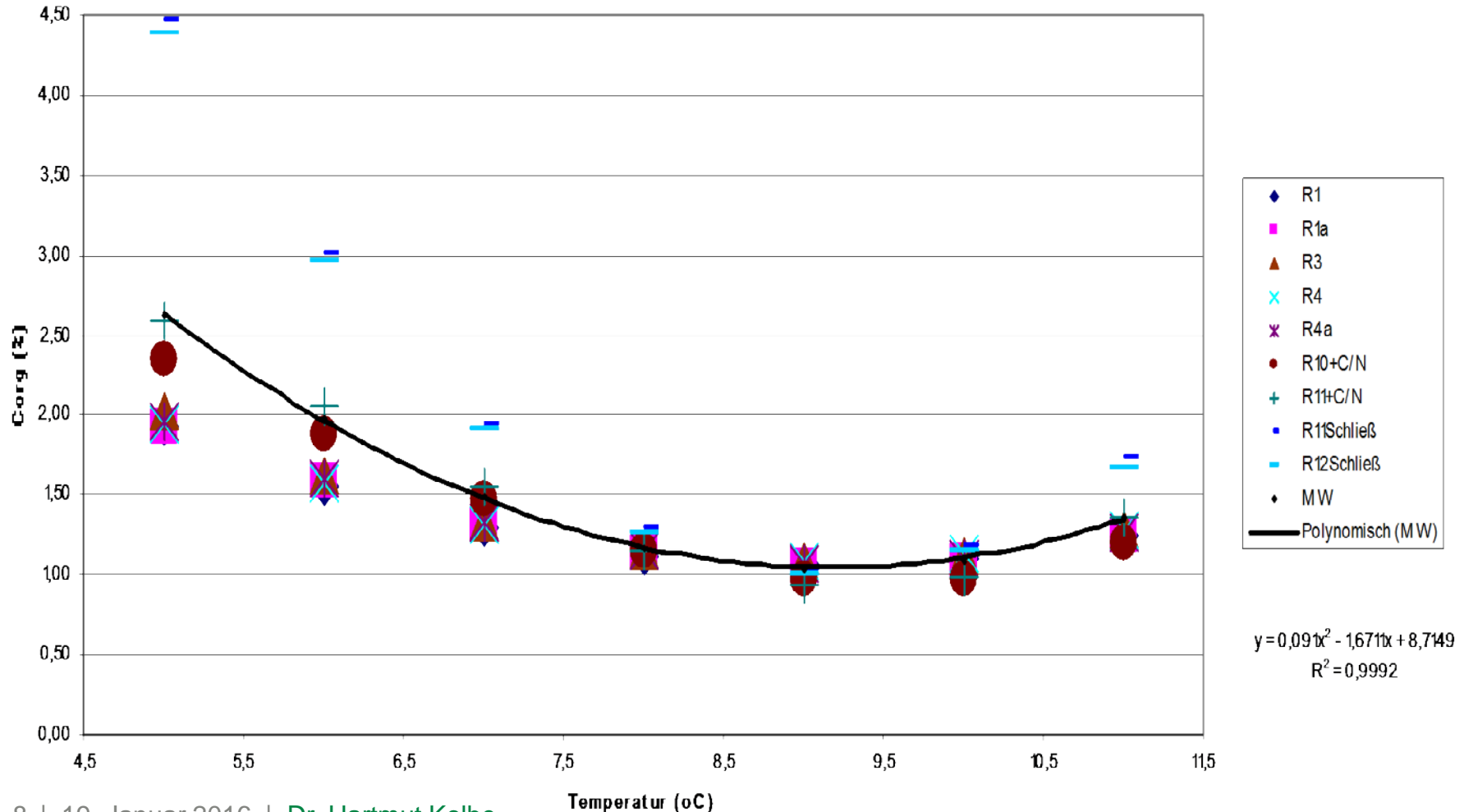


Einfluss der Temperatur auf die C_{org} -Gehalte des Bodens

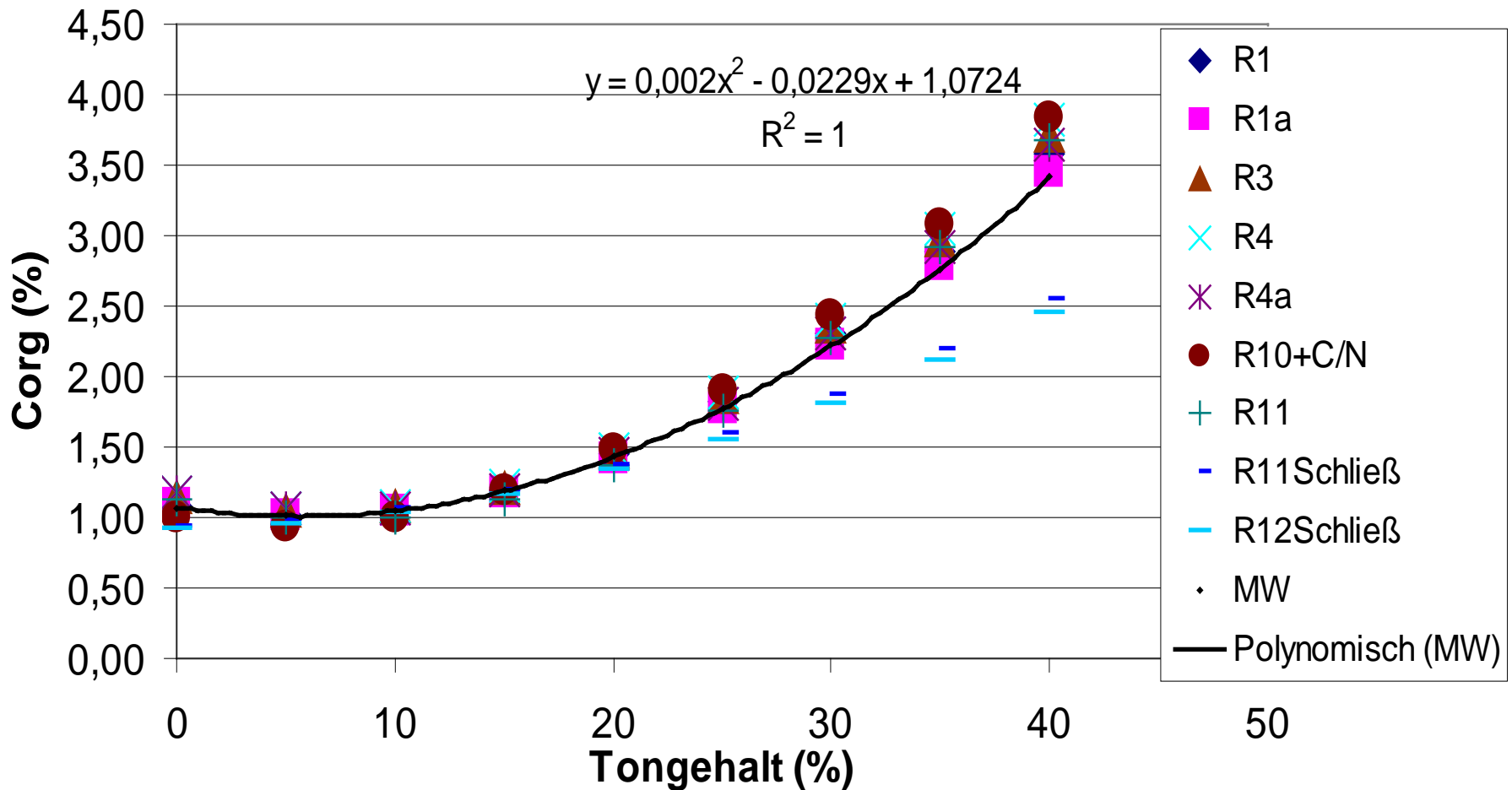
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



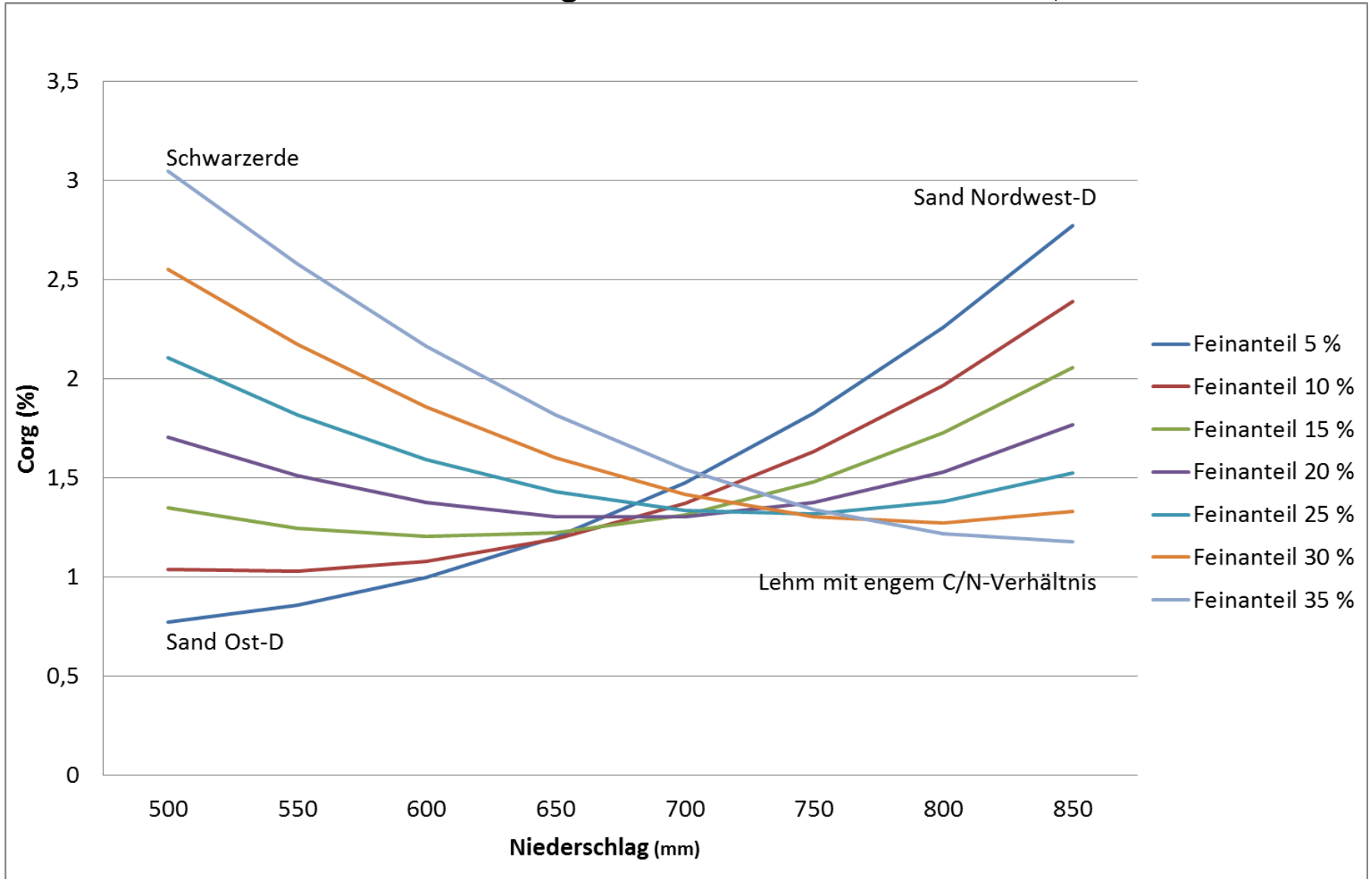
(Auswertung von ca. 240 Dauerversuchen aus Mitteleuropa)



Einfluss der Tongehalte auf die C_{org} -Gehalte des Bodens (Auswertung von ca. 240 Dauerversuchen)

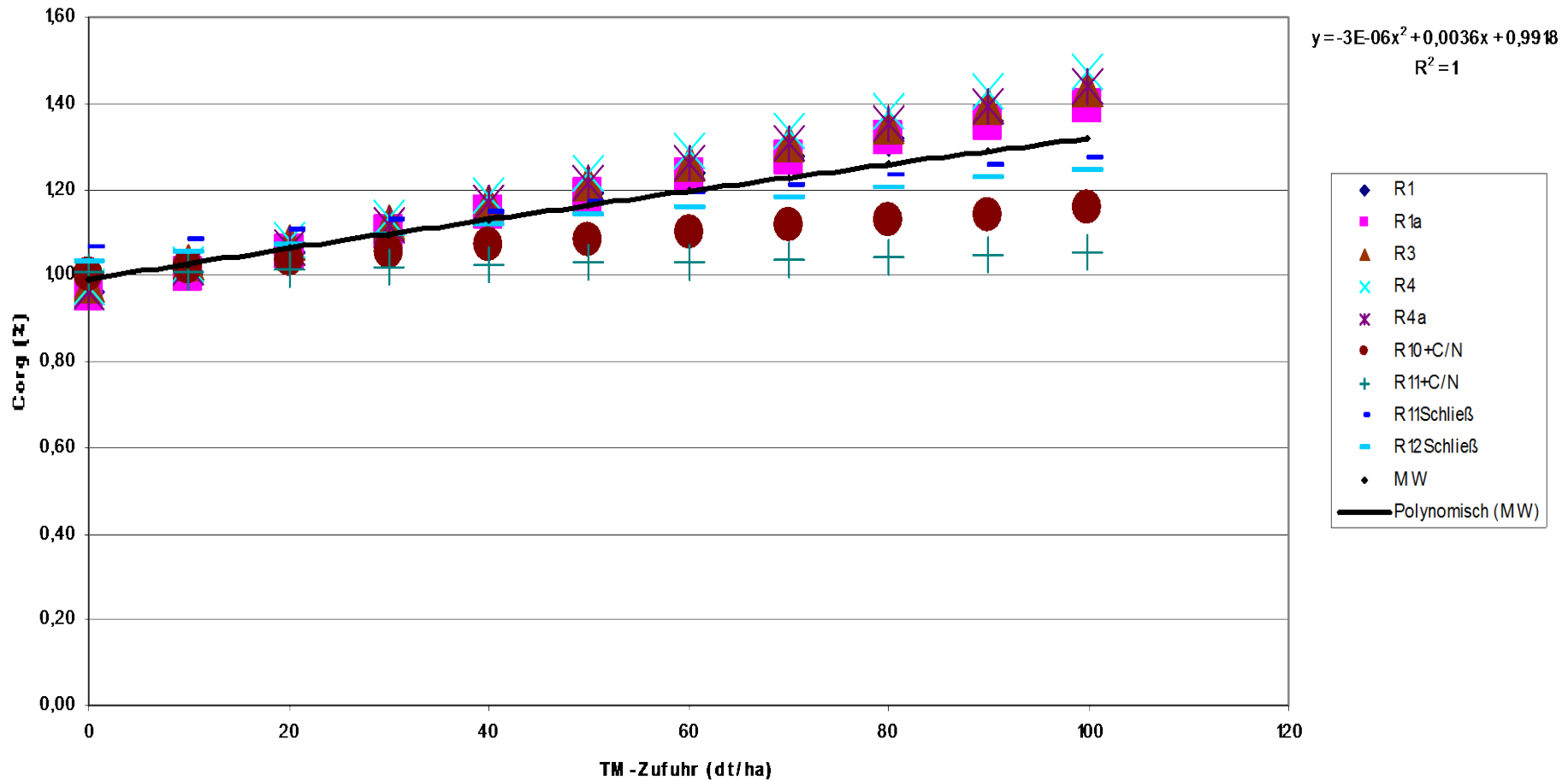


Einfluss von Niederschlag und Boden-Feinanteil auf die C_{org} -Gehalte



Einfluss der TM-Zufuhr (gesamt) auf die Humusgehalte

(Auswertung von ca. 240 Dauerversuchen)



Zusammenfassung: Einflussfaktoren

auf den C_{org}-Gehalt des Bodens

(R² in %)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Faktor	Modell ohne WW-Glieder	Modell mit WW-Glieder		Mittelwert
Temperatur, Temperatur²	65,3	12,3	65,3	ca. 48
Textur: Tongehalt, Tongehalt^{2*}	18,3	6,2	18,5	ca. 23
WW Tongehalt x pH-Wert			0,8	
WW Tongehalt x Niederschlag		48,9		
WW Tongehalt x N-Bilanz			0,2	
Bodenart, Bodenart ^{2**}		1,5		
Niederschlag, Niederschlag²	5,3	5,2	0,9	ca. 14
WW Niederschlag x pH-Wert			5,5	
Fruchtfolge				ca. 2,5
Legum.-Anteil, Legum.-Anteil ²	1,7	0,7	1,6	
Hackfrucht- u. Getreide-Anteil	0,2	4,3		
Gesamt-TM-Zufuhr	0,8	0,3	0,4	ca. 0,5
N-Bilanz: Zufuhr, Abfuhr, Saldo		1,5	0,1	ca. 0,4
WW N-Bilanz x Legum.-Anteil			0,2	
pH-Wert	0,1		0,4	ca. 0,3
Summe	91,7	80,9	93,9	ca. 89

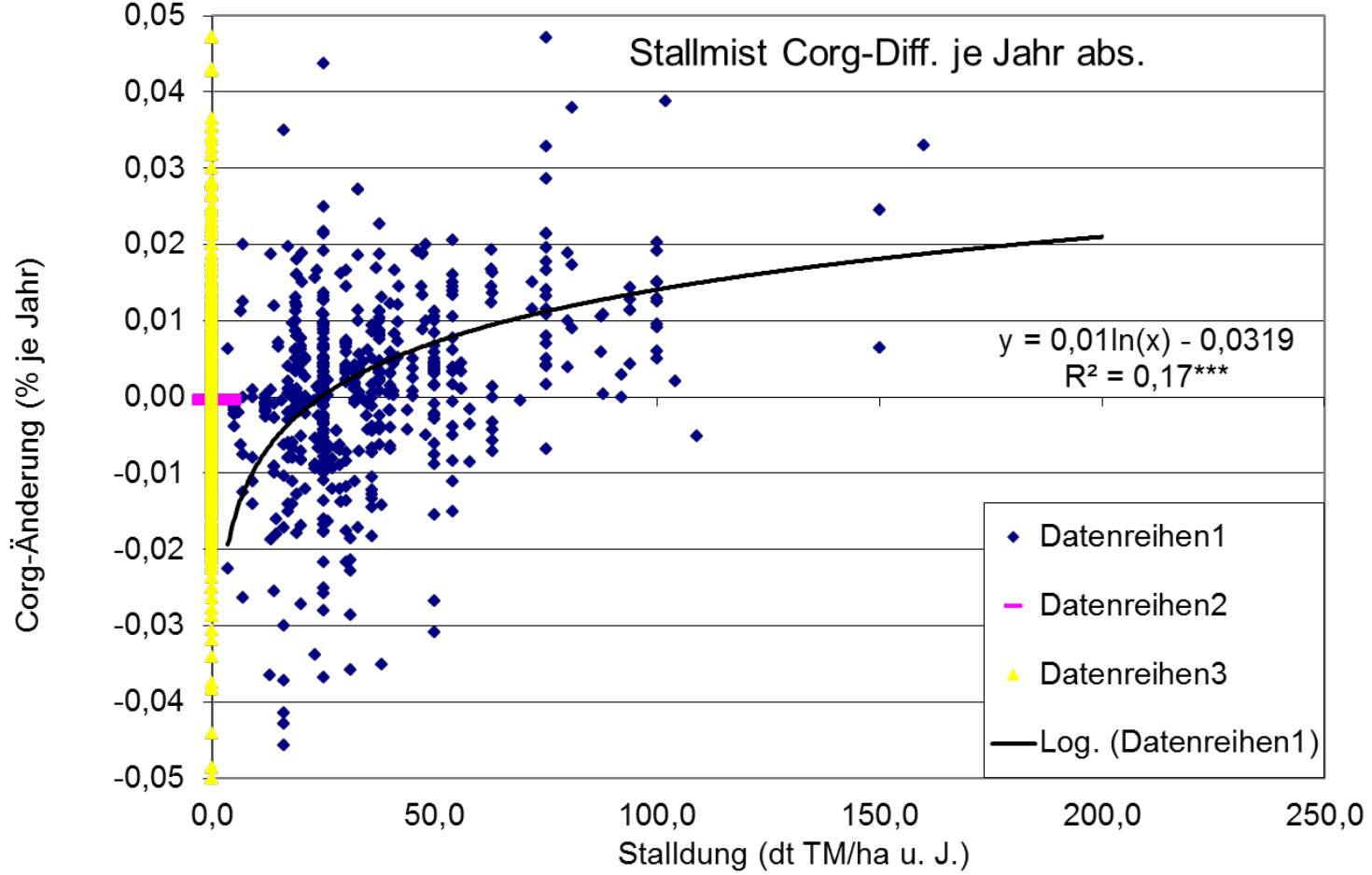
Programm

- I Einflussfaktoren auf C_{org} - und N_t -Gehalte im Boden (einfache und multiple Regressionsanalyse)
- I Einfluss organischer Düngemittel auf die C_{org} - und N_t -Veränderung im Boden zur Ermittlung von Humifizierungskoeffizienten: Kompost, Stalldung, Gülle, Stroh, Gründüngung (Mittelwert- und Boxplot-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)
- I Wechselwirkungen zwischen organischer und mineralischer Düngung auf Böden mit unterschiedlichen C/N-Verhältnissen auf die C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens (Regressionsanalyse, Modell REGRESS)
- I Einfluss mineralischer, mineralisch-organischer und organischer Düngung auf die Komponenten der N- und C-Bilanz sowie die Nährstoff-Effizienz in Folge steigender N-Zufuhr (Mittelwert-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)

Beispiel Stalldung:

Basis C_{org} -Gehalt: C_{org} -Änderung je Jahr

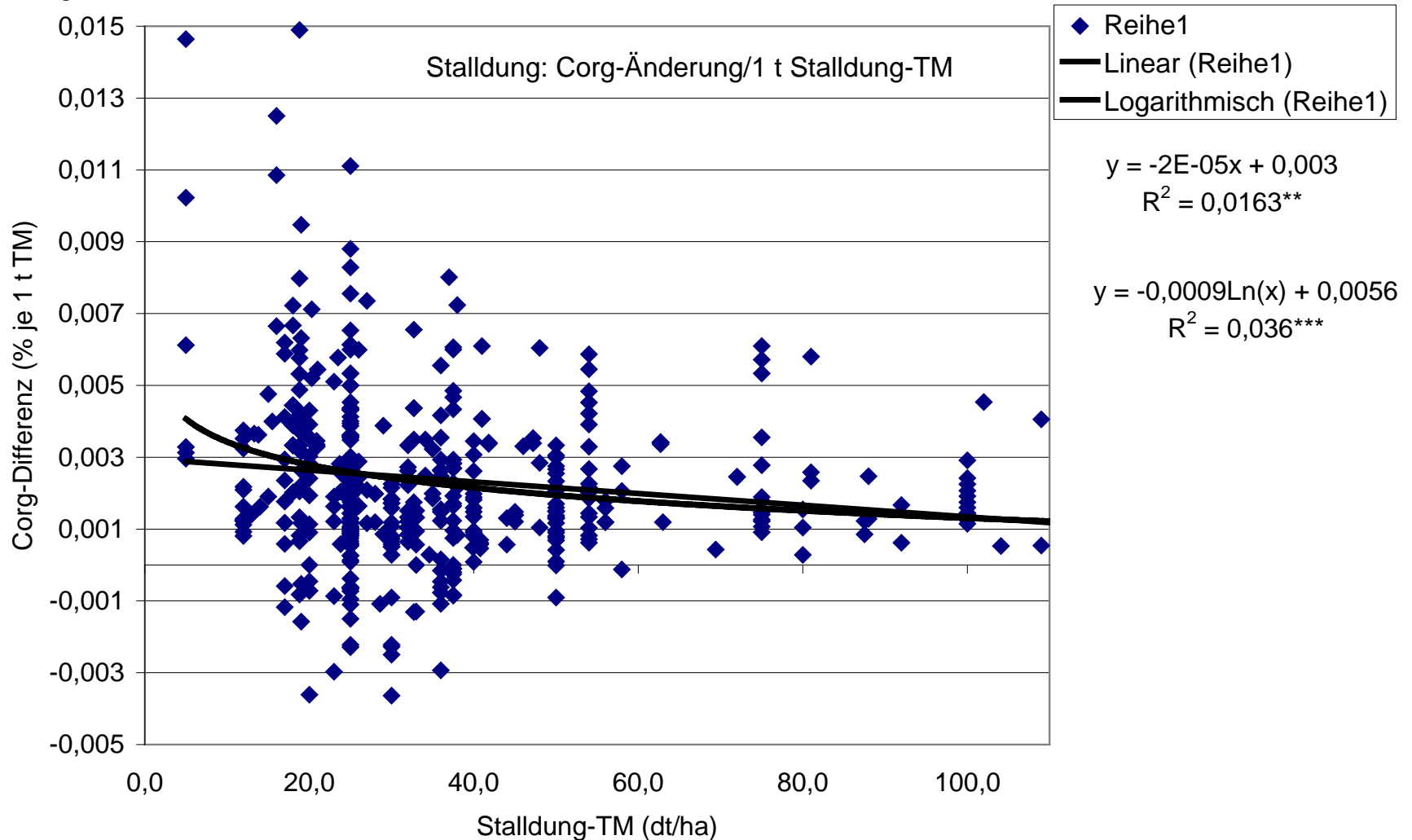
Von $n = 1541$ Varianten sind 980 Varianten ohne (\approx Standard, gelb) und 561 Varianten mit Stalldung, davon 471 Varianten in Auswertung einbezogen (blau)

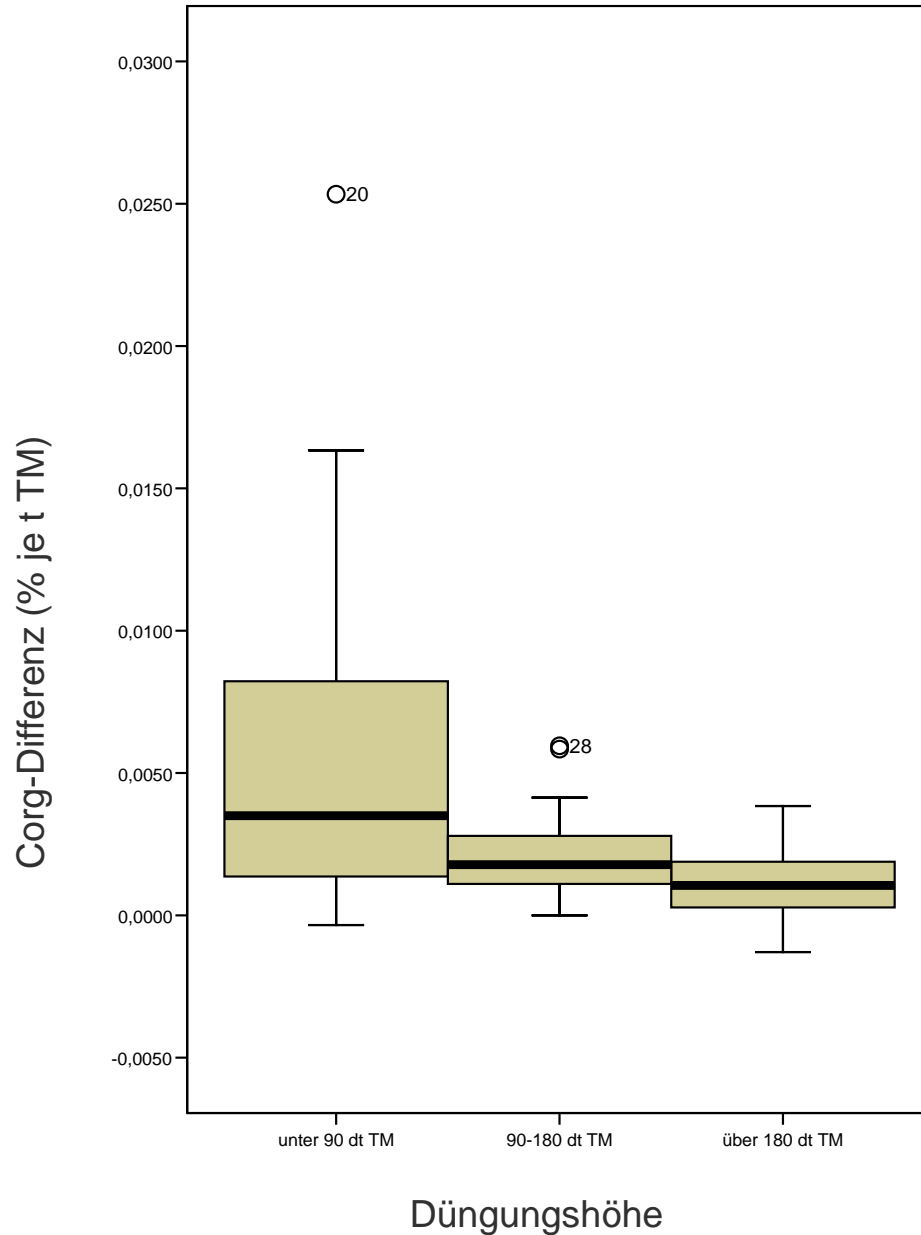


Stalldung

Basis C_{org} -Gehalt:

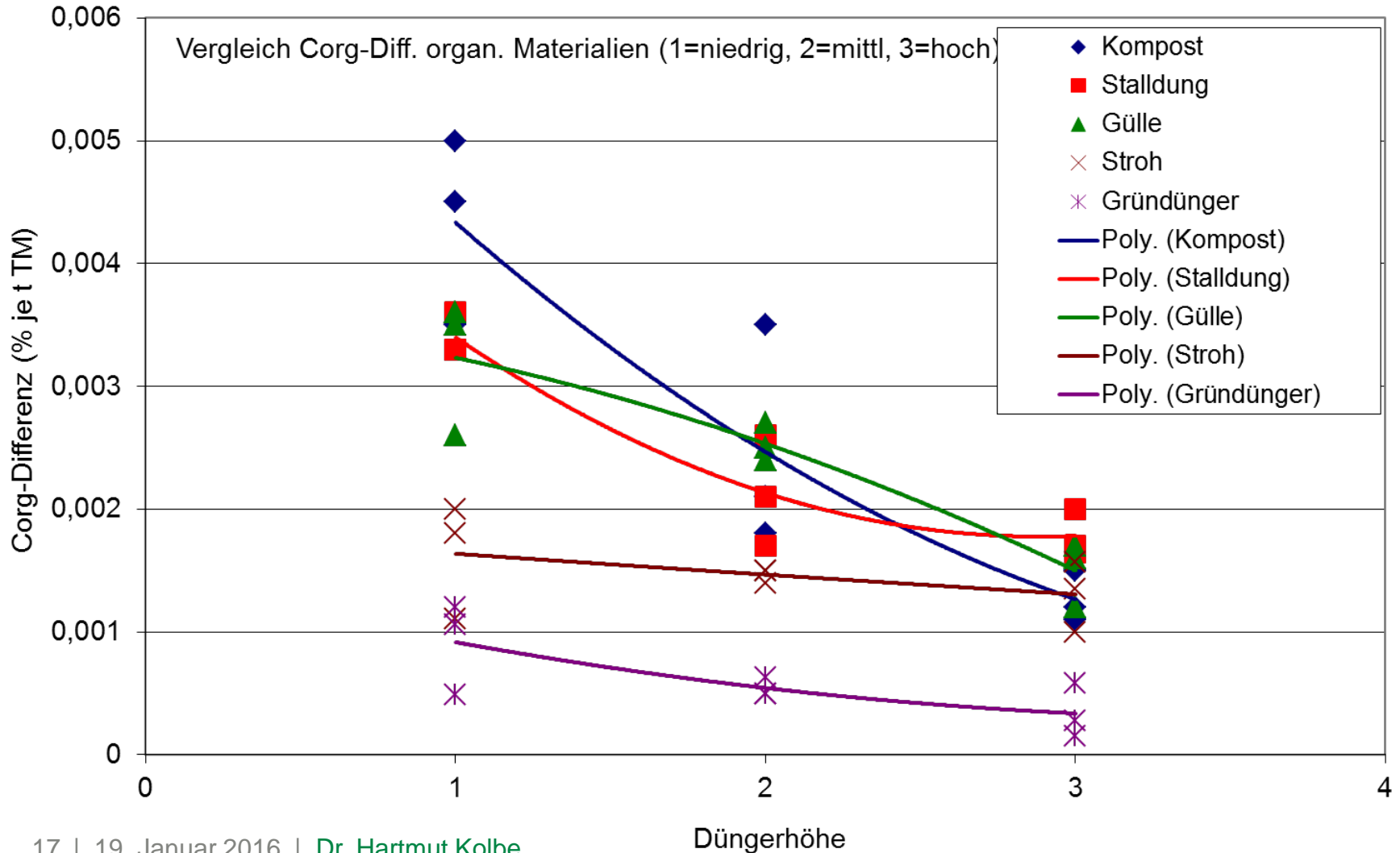
C_{org} -Änderung je Jahr je t TM)





Boxplot:
Beispiel Kompost

Zusammenfassende Darstellung: Humifizierungswirkung organ. Düngemittel



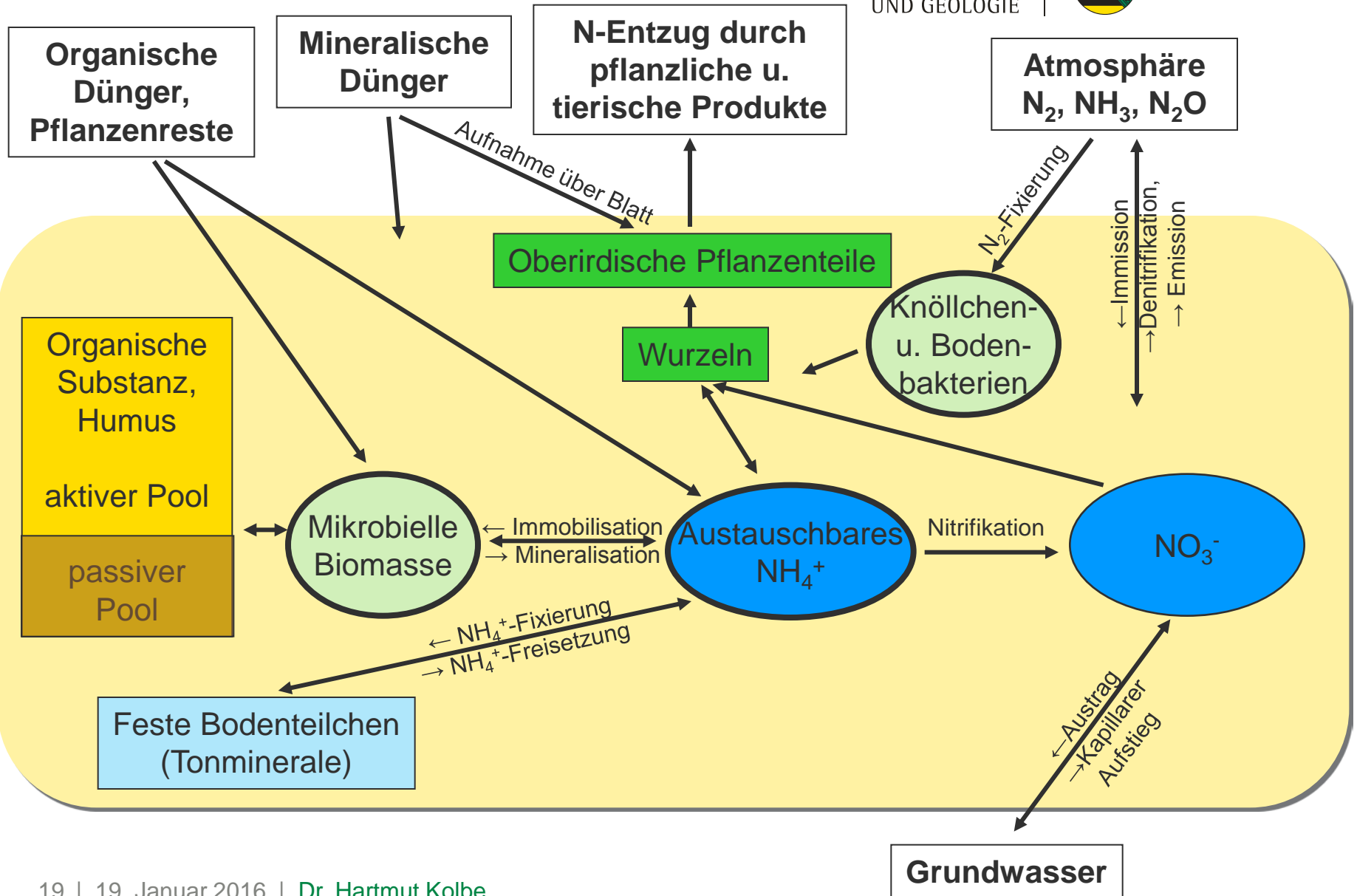
Programm

- I Einflussfaktoren auf C_{org} - und N_t -Gehalte im Boden (einfache und multiple Regressionsanalyse)
- I Einfluss organischer Düngemittel auf die C_{org} - und N_t -Veränderung im Boden zur Ermittlung von Humifizierungskoeffizienten (Mittelwert- und Boxplot-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)
- I Wechselwirkungen zwischen organischer und mineralischer Düngung auf Böden mit unterschiedlichen C/N-Verhältnissen auf die C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens (Regressionsanalyse, Modell REGRESS)

Ausgangsfrage:

Warum ist es auf bestimmten Lössböden in Sachsen nicht einfach, eine positive Humusversorgung zu gewährleisten?

Die N-Formen im Boden

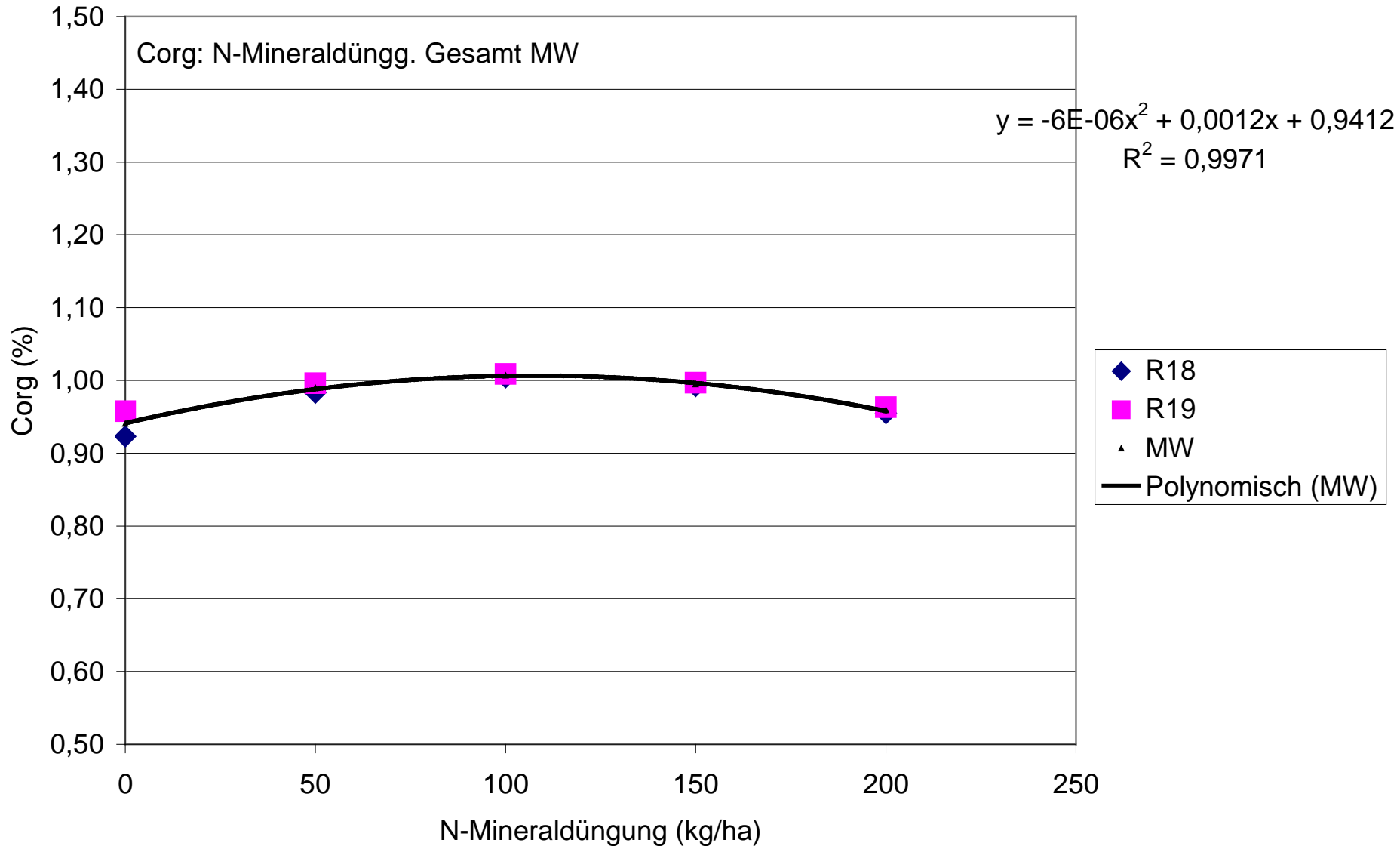


Wirkung der N-Mineraldüngung auf die C_{org}-Gehalte im Boden

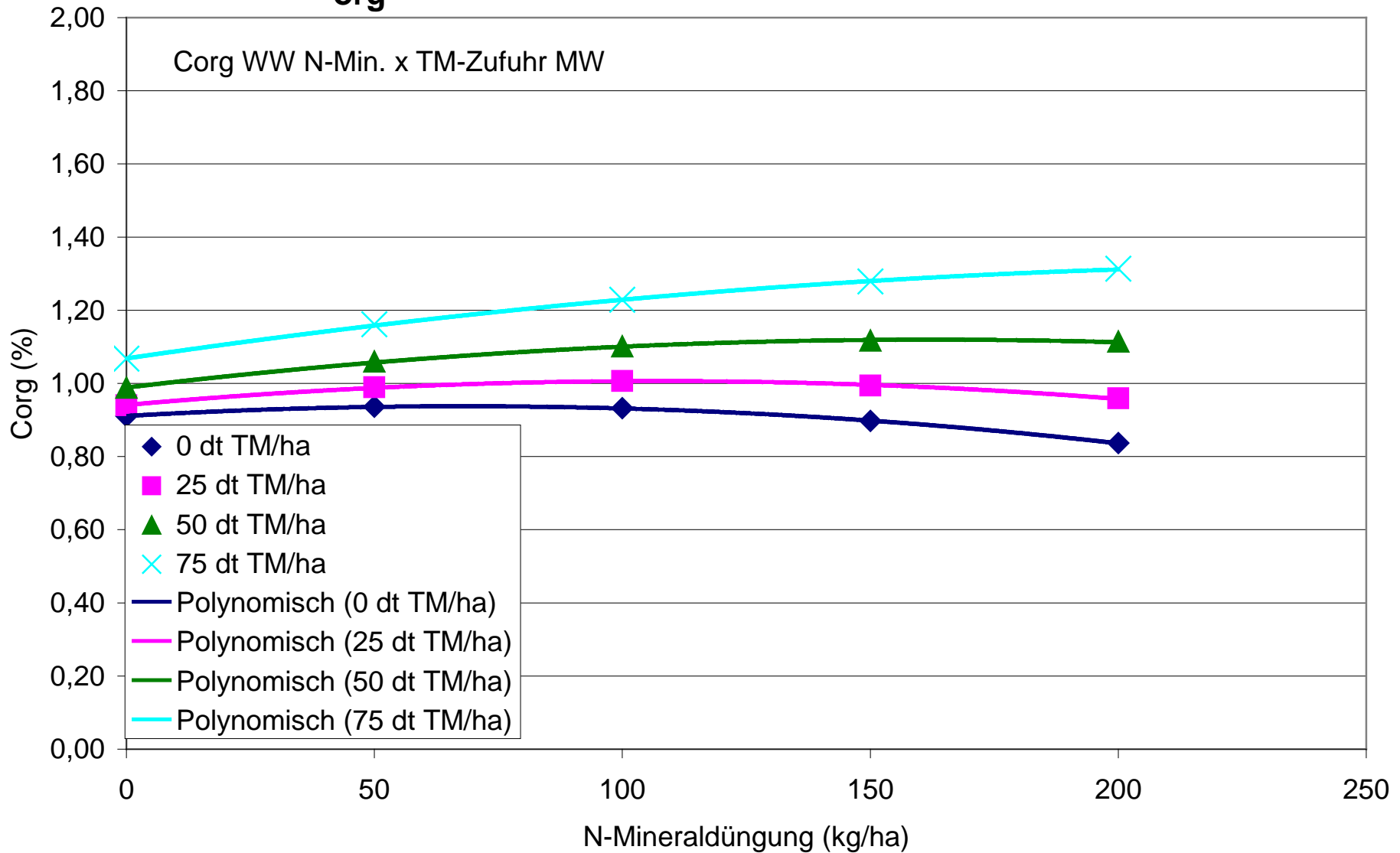
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



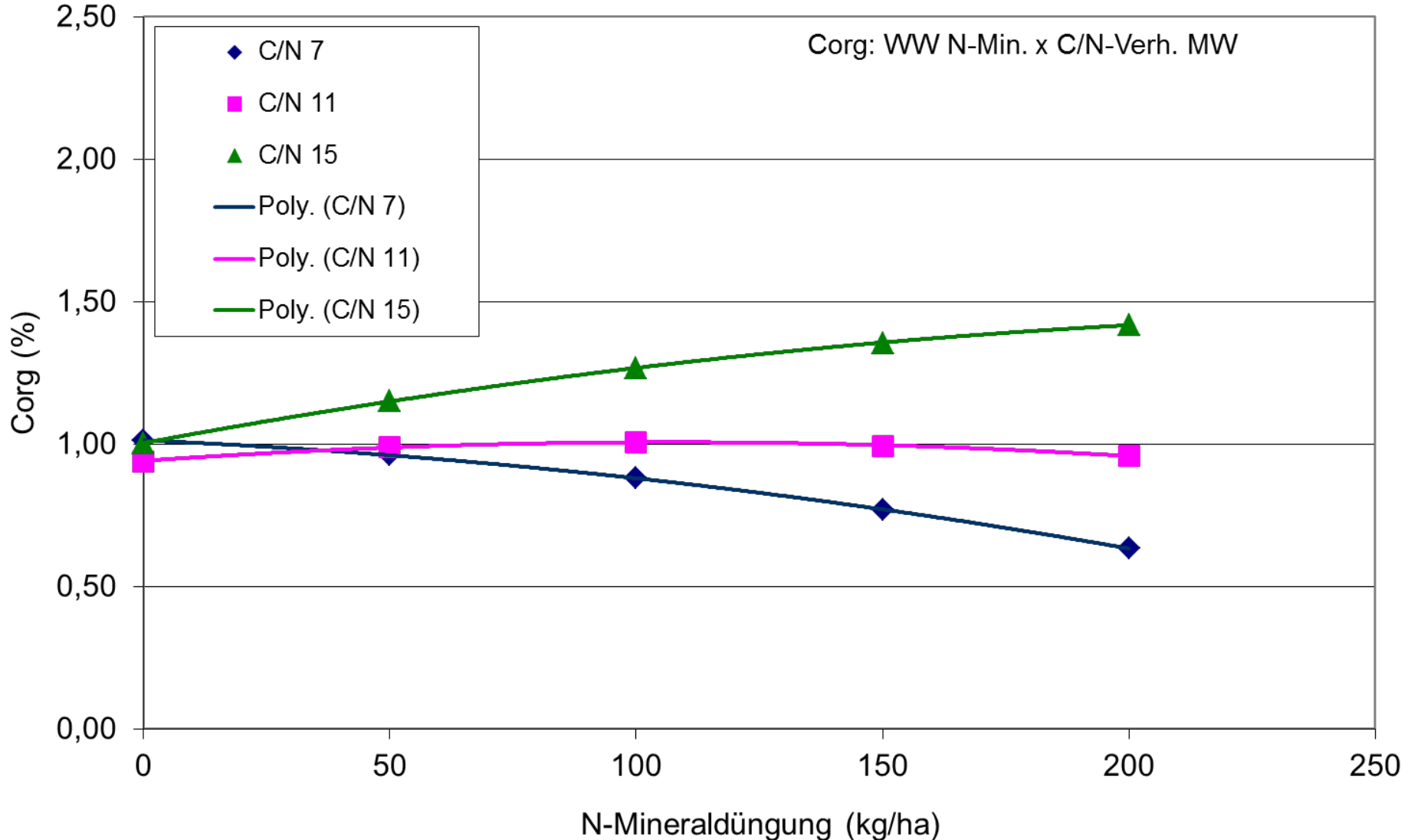
Freistaat
SACHSEN



Wechselwirkung zw. N-Mineraldüngung und TM-Zufuhr auf die C_{org} -Gehalte



Wechselwirkung zw. N-Mineraldüngung u. C/N-Verhältnis im Boden



Programm

- **Einflussfaktoren auf C_{org} - und N_t -Gehalte im Boden** (einfache und multiple Regressionsanalyse)
- **Einfluss organischer Düngemittel auf die C_{org} - und N_t -Veränderung im Boden zur Ermittlung von Humifizierungskoeffizienten** (Mittelwert- und Boxplot-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)
- **Wechselwirkungen zwischen organischer und mineralischer Düngung auf Böden mit unterschiedlichen C/N-Verhältnissen auf die C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens** (Regressionsanalyse, Modell REGRESS)
- **Einfluss mineralischer, mineralisch-organischer und organischer Düngung auf die Komponenten der N- und C-Bilanz sowie die Nährstoff-Effizienz in Folge steigender N-Zufuhr** (Mittelwert-Analysen für Gruppen unterschiedlicher Zufuhrhöhen)

Beispiel: Dauerversuch M4, Groß Kreutz, Brandenburg, Ergebnisse aus 40 Anbaujahren

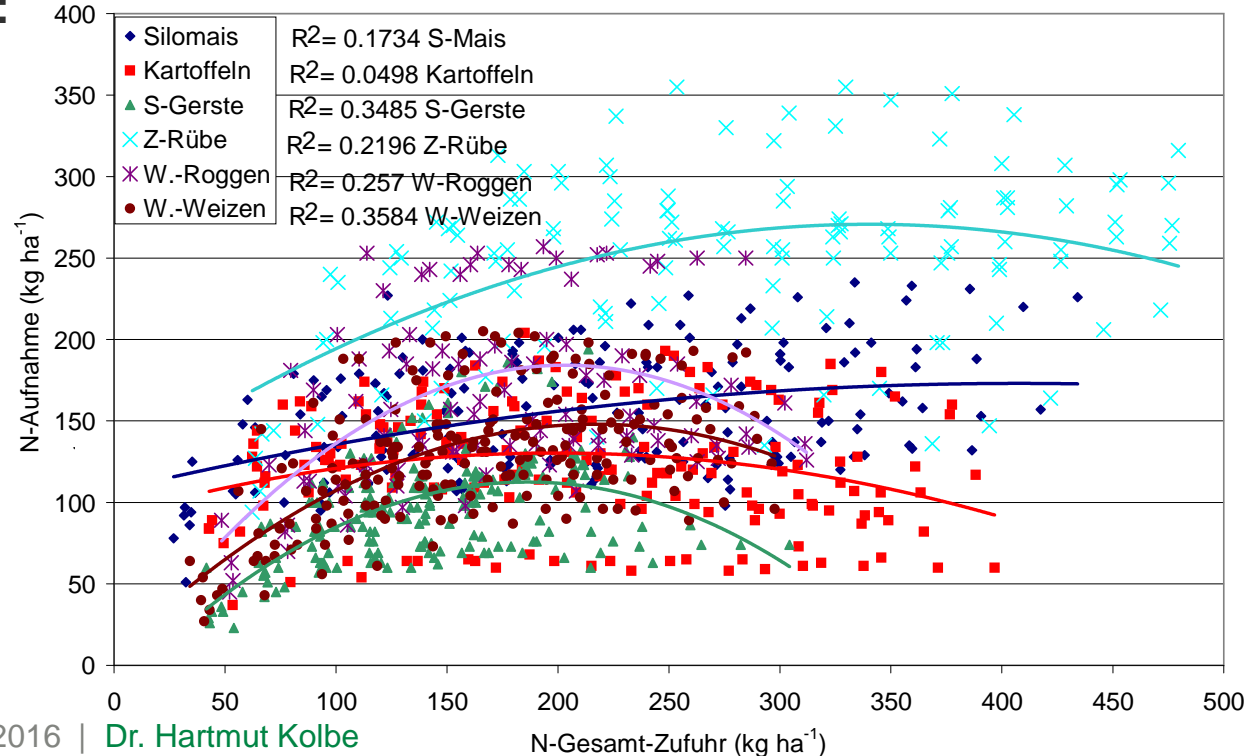
(Asmus, 1990, Zimmer, 2003)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



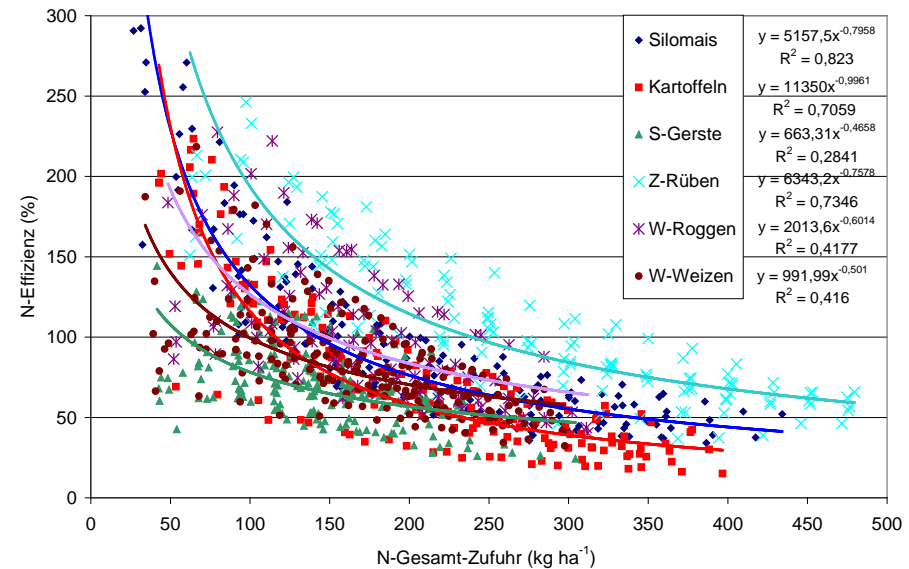
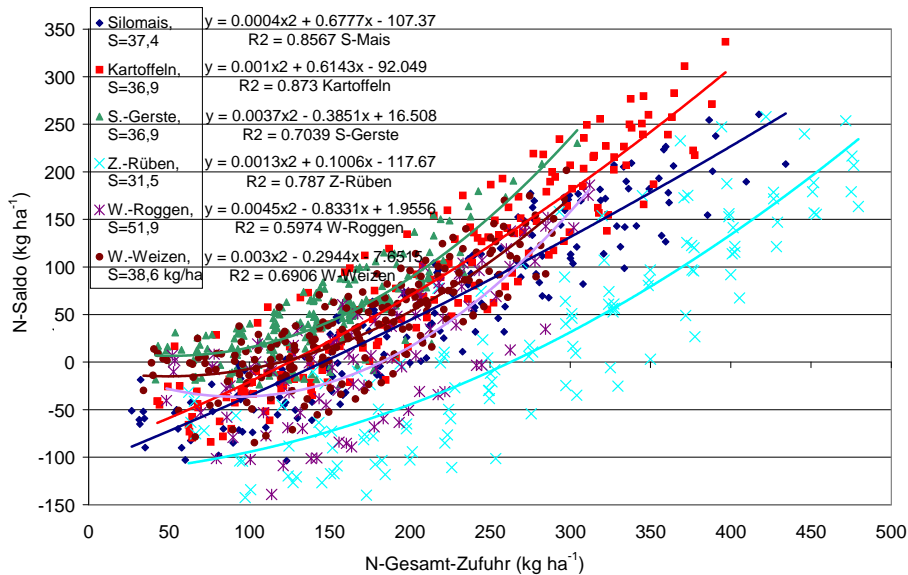
Versuchsfrage: Einfluss steigender N-Mineraldüngung (5 Stufen von 0 – 200 kg N/ha) und organischer Düngung mit Stalldung (5 Stufen von 0 – 200 kg/ha Gesamt-N) in einer Fruchtfolge auf Erträge und Bodeneigenschaften auf Sandboden

Einfluss der Gesamt-N-Zufuhr auf die N-Aufnahme der Fruchtarten (Einzelwerte):



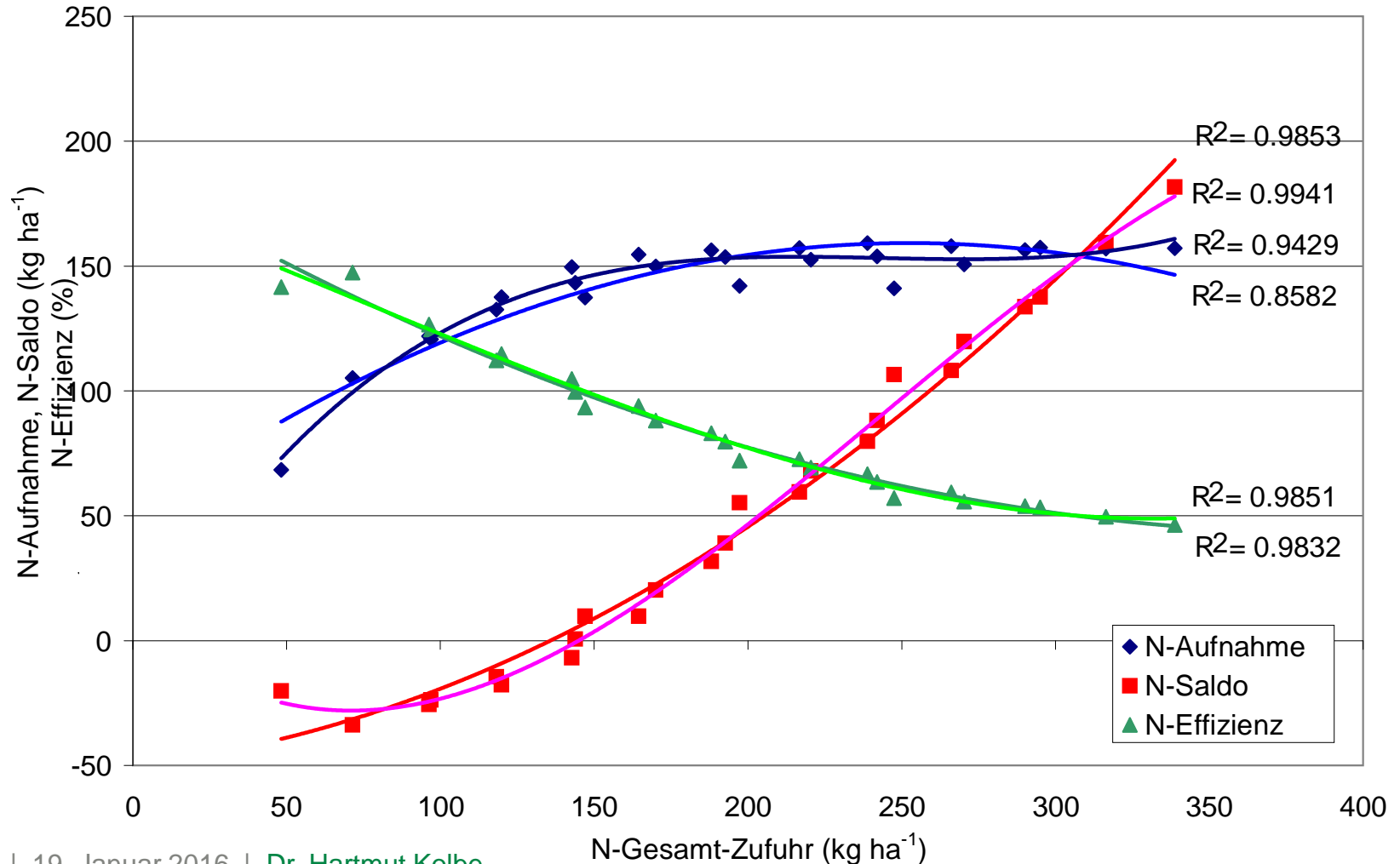
Dauerversuch M4, Groß Kreutz

Einfluss der Gesamt-N-Zufuhr auf die N-Salden (links) und die N-Effizienz (rechts) der Fruchtarten (Einzelwerte):



Dauerversuch M4, Groß Kreuz

Einfluss der Gesamt-N-Zufuhr auf N-Aufnahme, N-Salden und N-Effizienz im Durchschnitt der Fruchtfolge (aggregierte Werte):

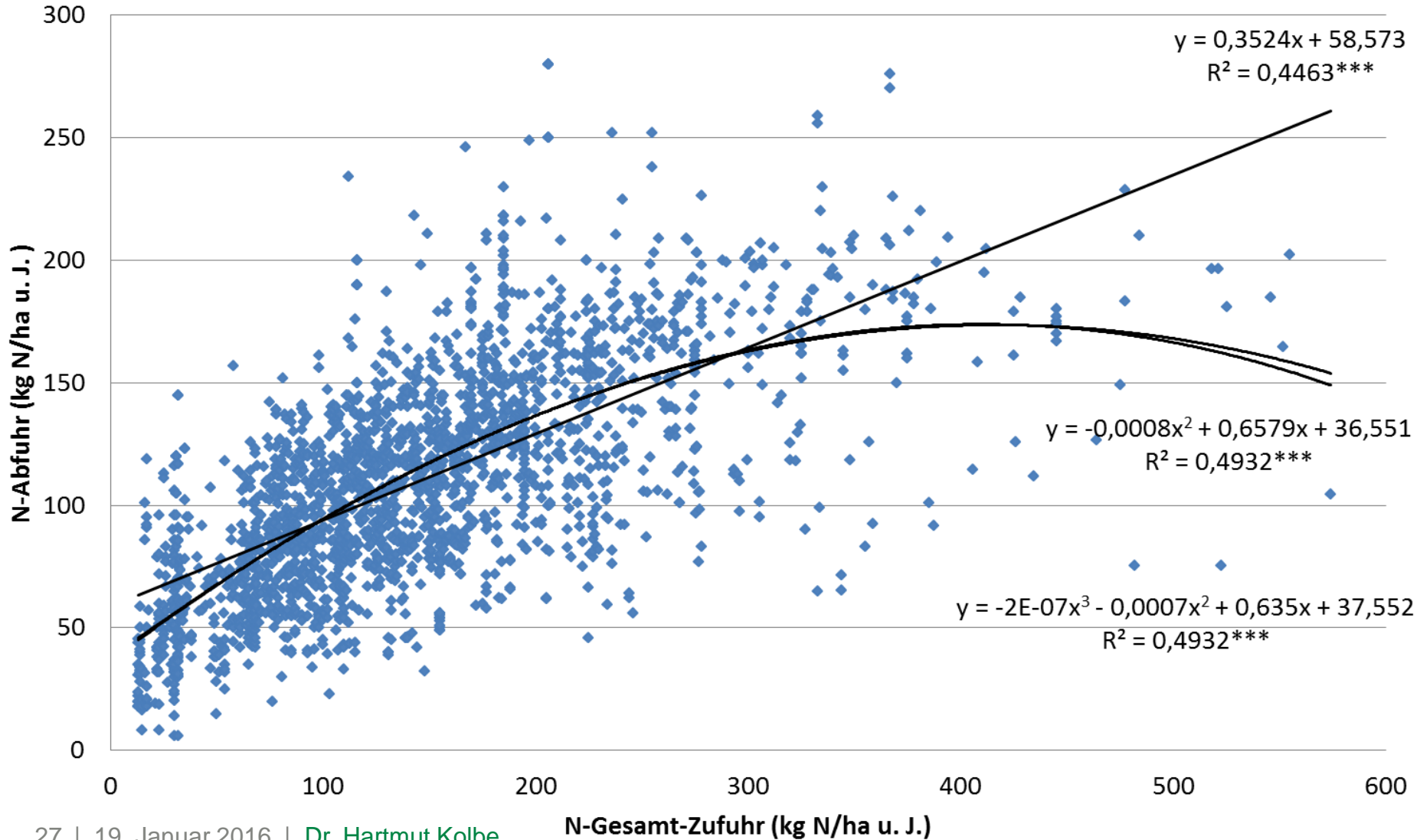


N-Abfuhr (alle Varianten 240 Versuche; n = ca. 2400)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

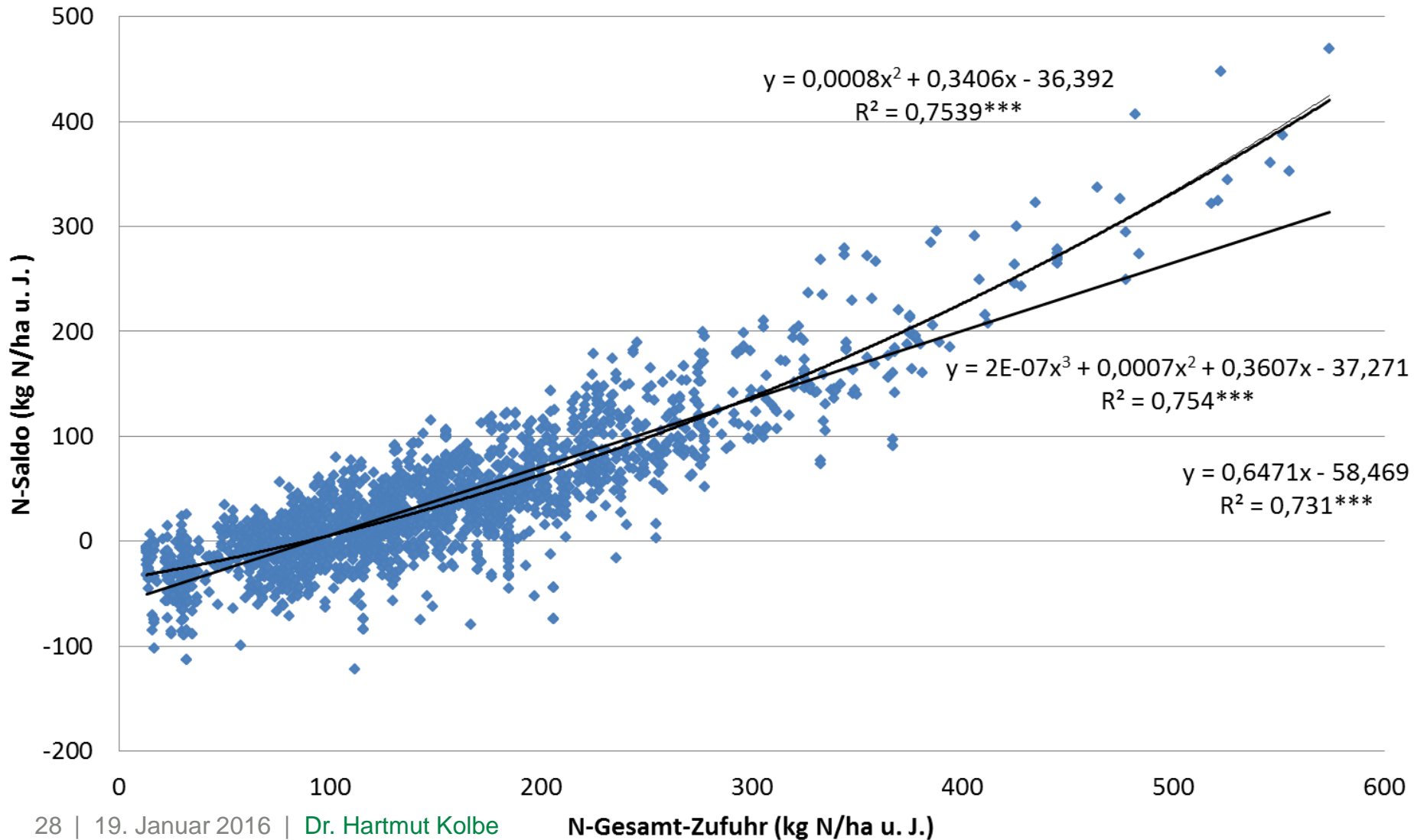


N-Zufuhr-gesinklDep. - N-Abfuhr



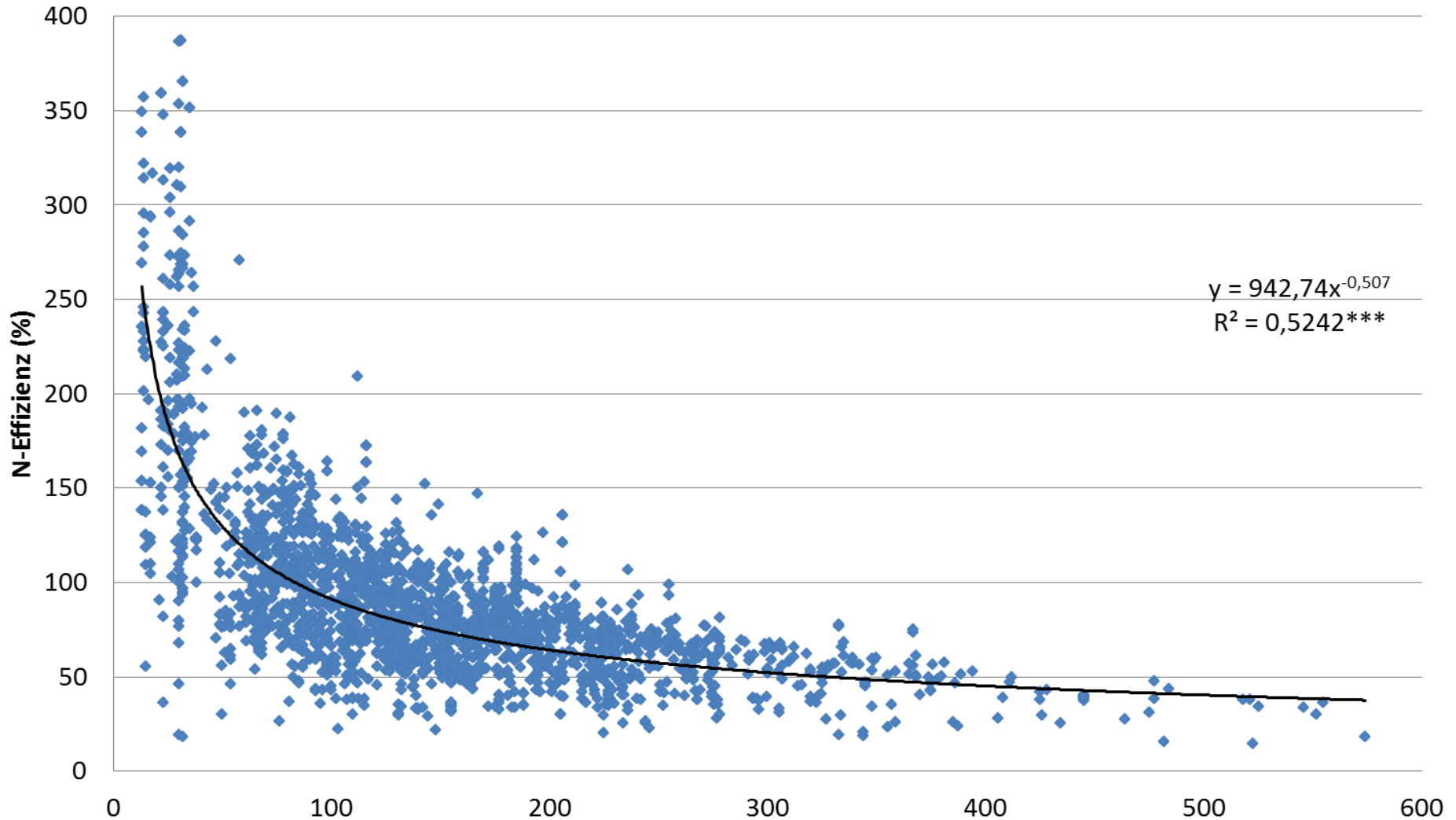
N-Saldo (240 Versuche)

N-Zufuhr-ges.inkl.Dep. - N-SaldoGesDep



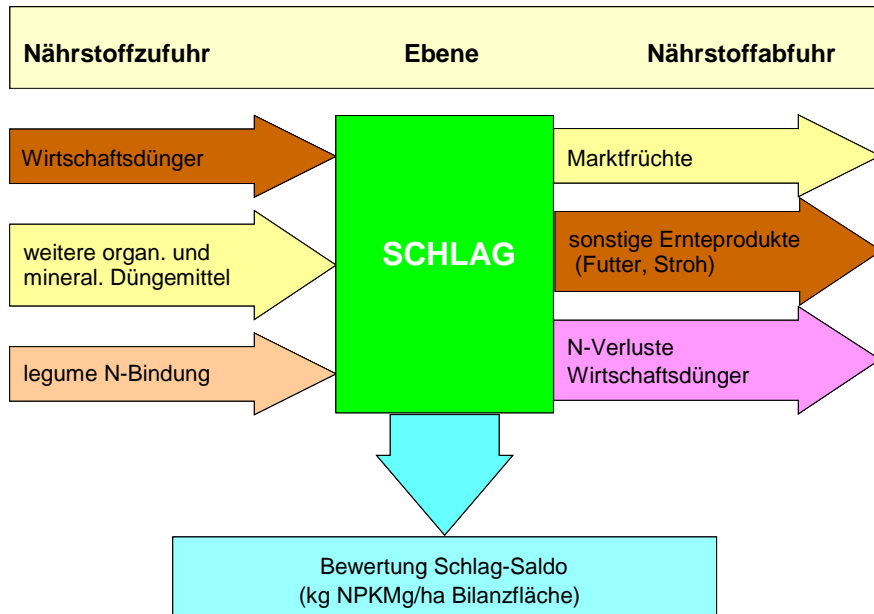
N-Effizienz (240 Versuche)

N-Zufuhr-ges.inkl.Dep. - N-SaldoGesDep



Schlagbilanz

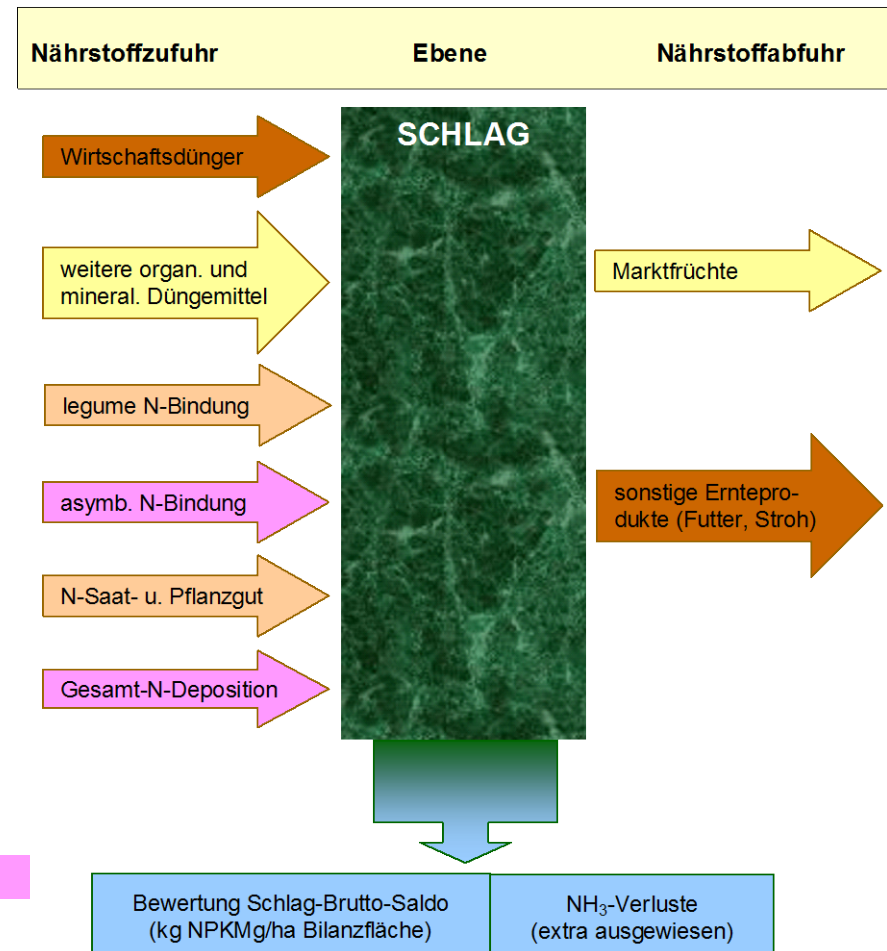
Schlag-Bilanz



Nr. 1

Legende: **berechnet** **aufgezeichnet** **geschätzt** **pauschal**

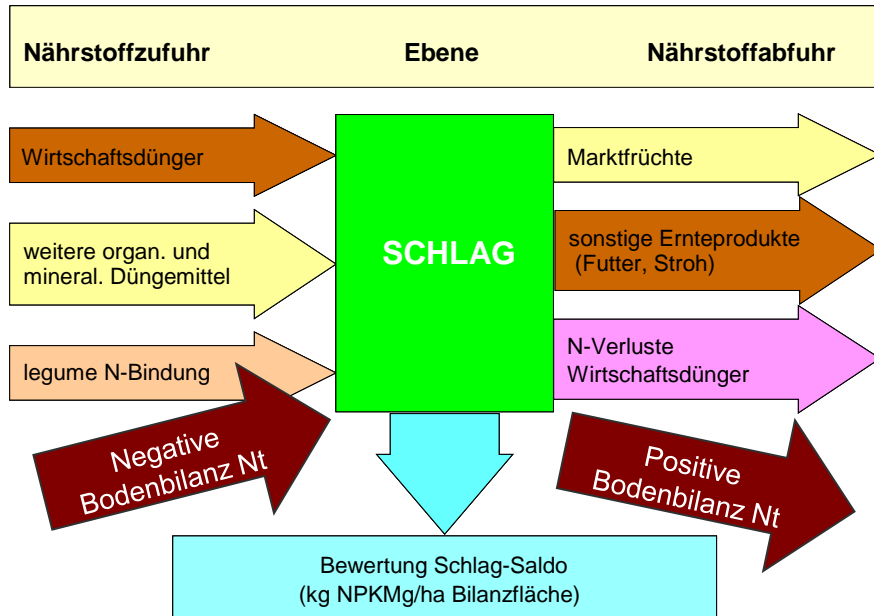
Schlag-Brutto-Bilanz



Nr. 3

Schlagbilanz

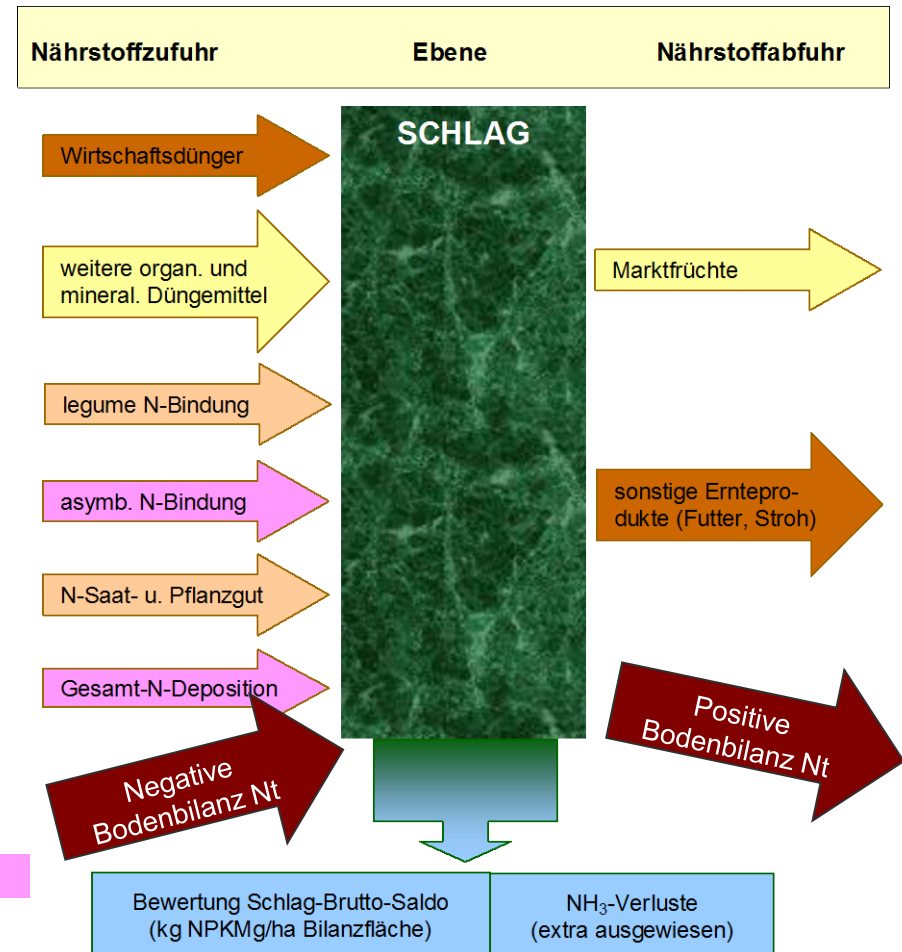
Schlag-Bilanz



Nr. 2

Legende: berechnet aufgezeichnet geschätzt pauschal

Schlag-Brutto-Bilanz



Nr. 4

Varianten der mineralischen und organischen Düngung

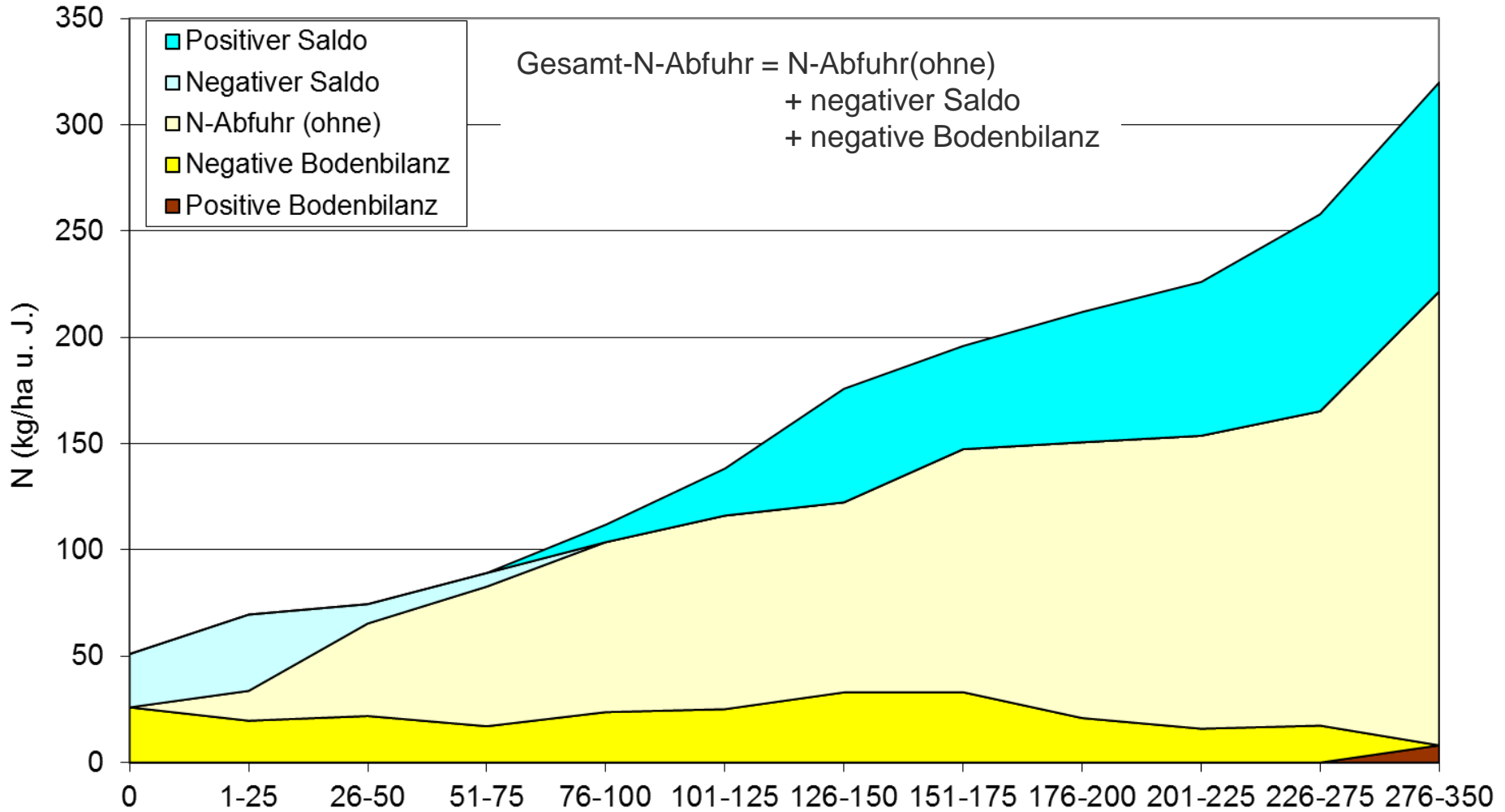
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



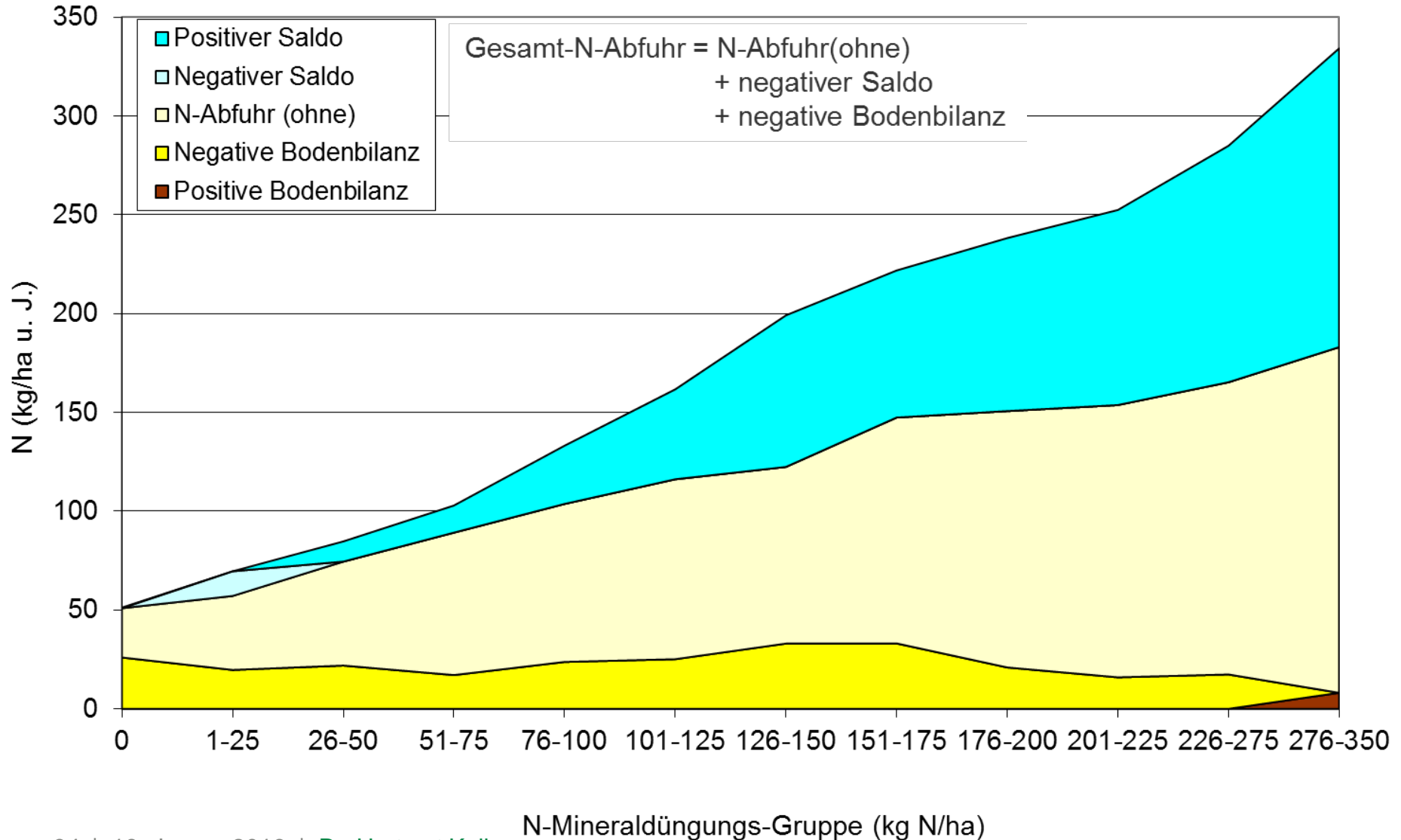
Freistaat
SACHSEN

- N-Mineraldüngung-:** Varianten mit reiner N-Mineraldüngung, ohne TM-Zufuhr über organische Materialien, keine Leguminosen (N = 901)
- N-Mineraldüngung+:** Varianten mit N-Mineraldüngung + Kombivarianten mit Zwischenfrüchte u. Gründüngung, Stroh (N = 1328)
- N-Mineraldüngung++:** nur Kombivarianten mit N-Mineraldüngung inkl. Zwischenfrüchte, Gründüngung, Stroh (N = 832)
- Organisch-Mineralisch:** Varianten mit N-Mineraldüngung + Kombivarianten mit festen oder flüssigen organischen Düngern (N = 2324)
- Organisch-Mineralisch+:** nur Kombivarianten mit N-Mineraldüngung inkl. feste oder flüssige organische Dünger (N = 1365)
- Organisch:** nur Varianten mit flüssigen und festen organischen Düngern, ohne N-Mineraldüngung (N = 710)

Gesamtbilanz: N-Mineraldüngung (ohne N-Deposition) Nr. 2



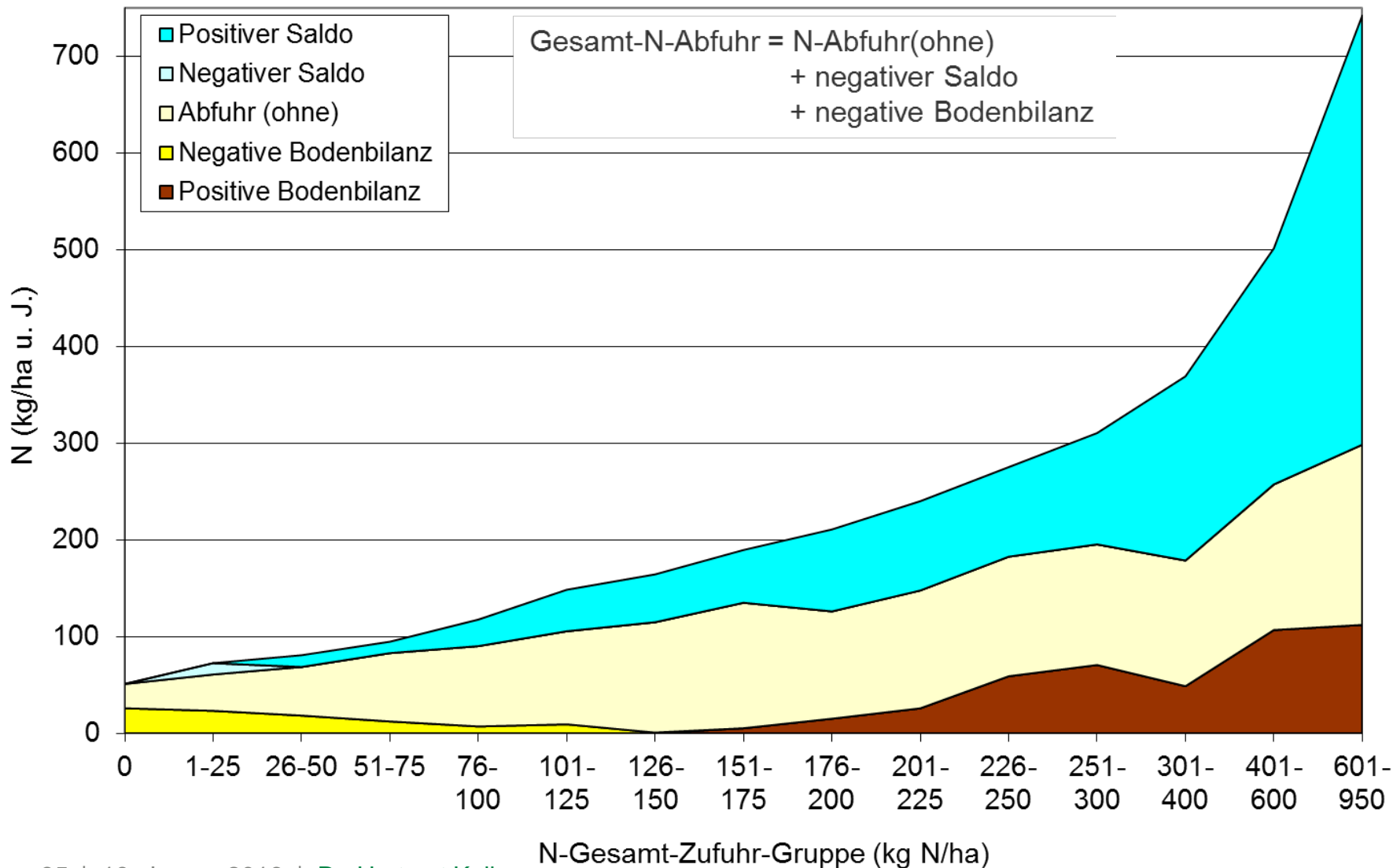
Gesamtbilanz: N-Mineraldüngung (mit N-Deposition) Nr. 4



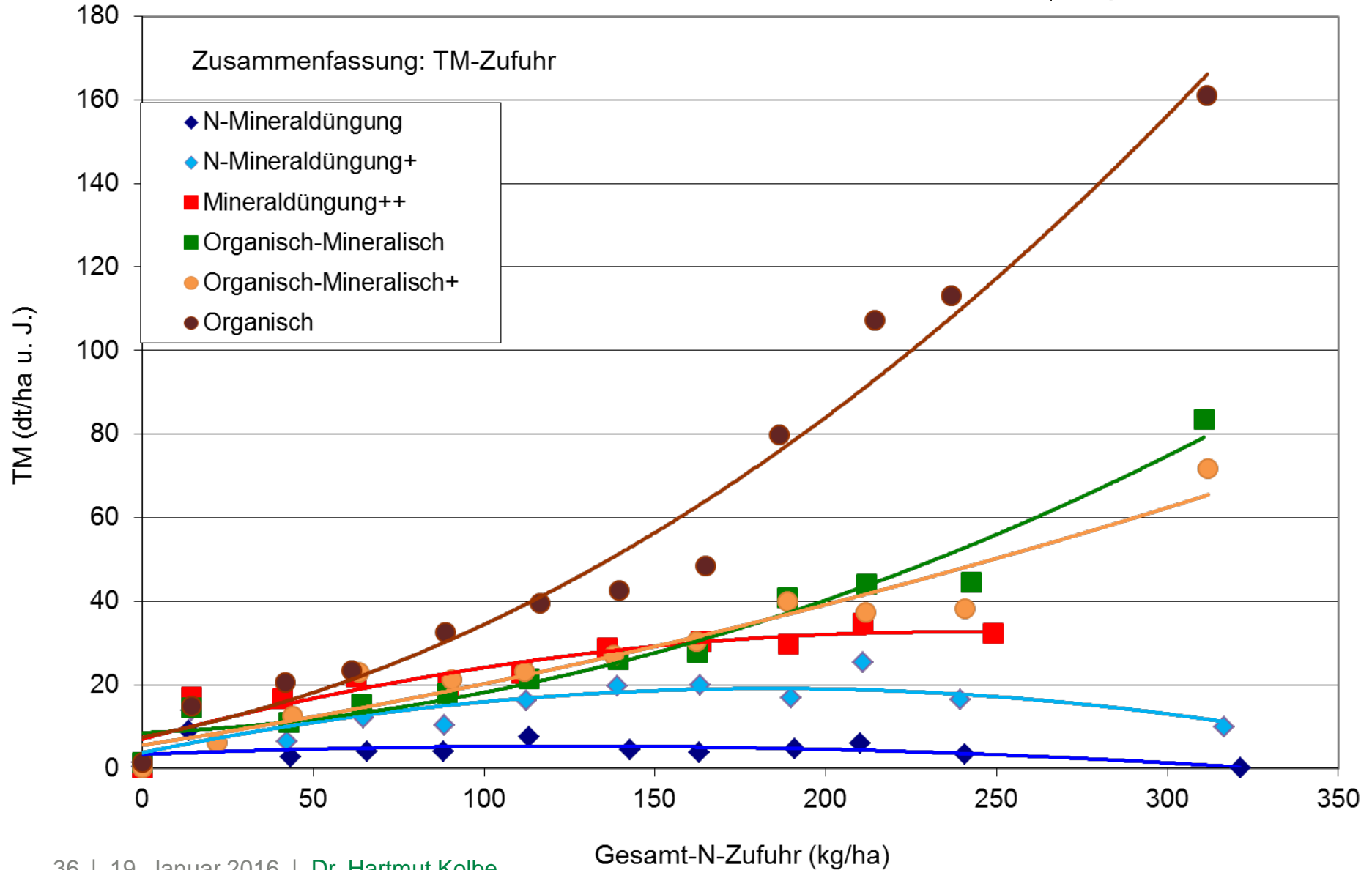
Gesamtbilanz: Organische Düngemittel

(mit Deposition, abs. Werte) Nr. 4

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

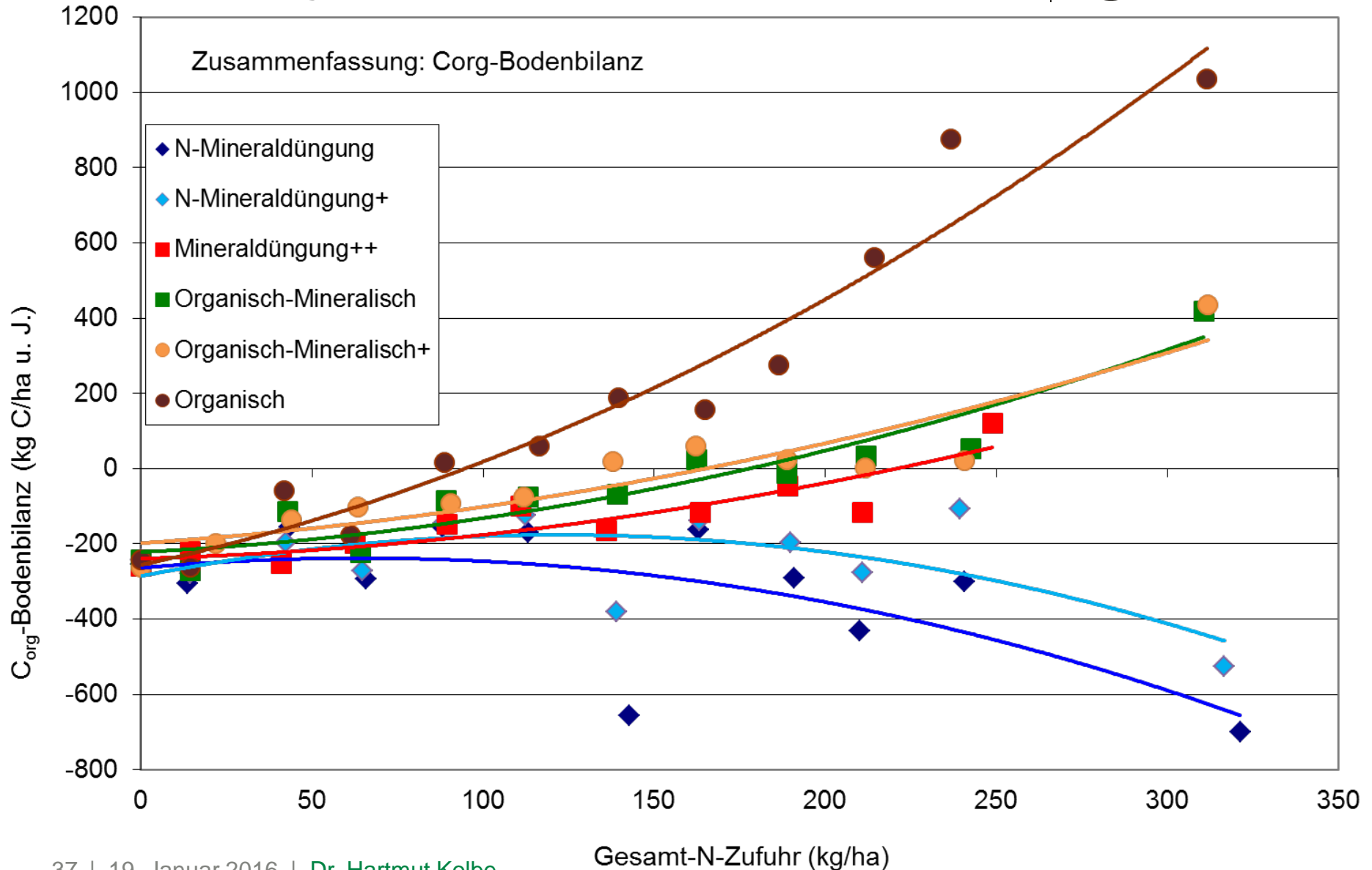


TM-Zufuhr



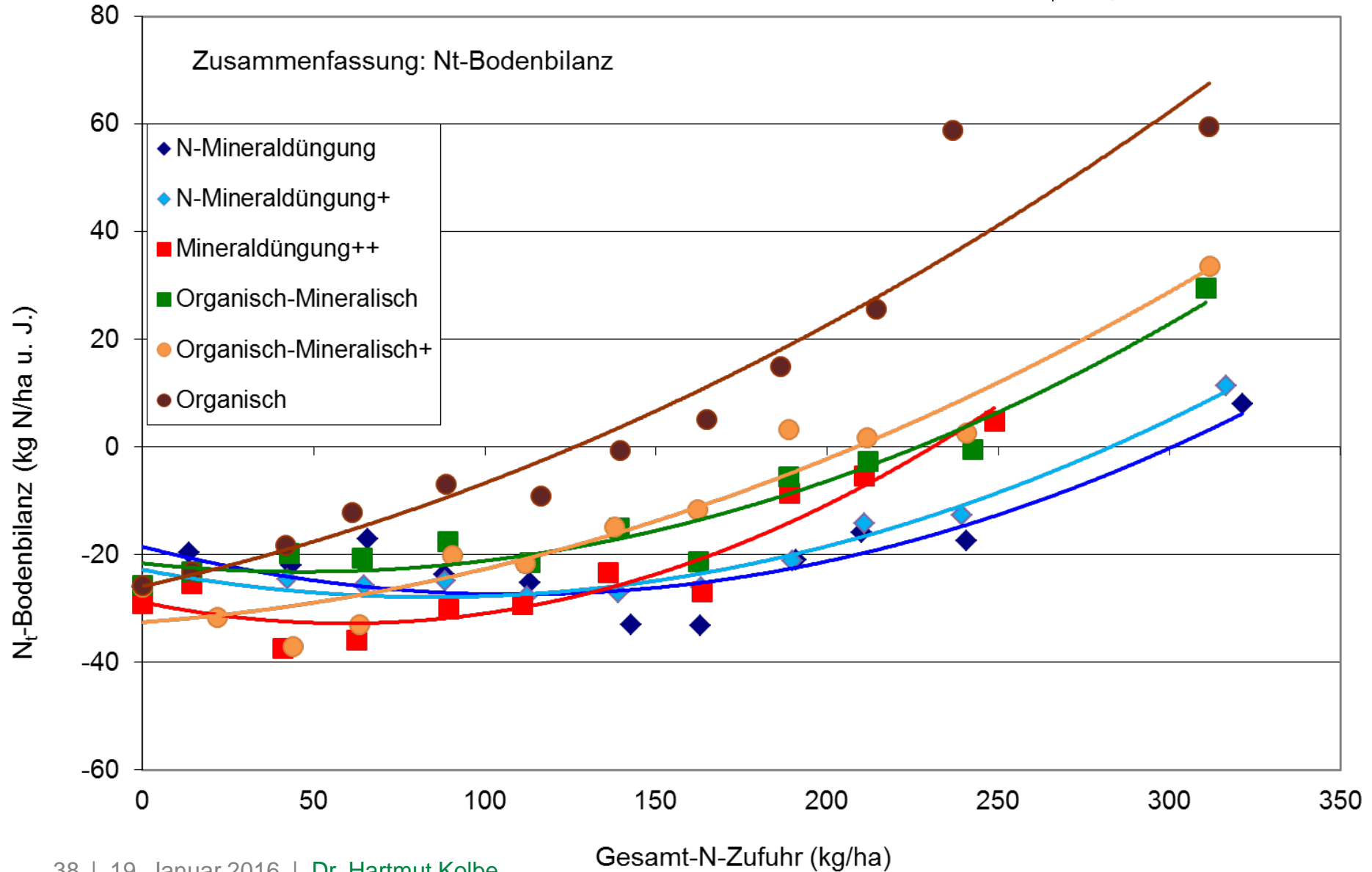
C_{org}-Bodenbilanz

Zusammenfassung: C_{org}-Bodenbilanz



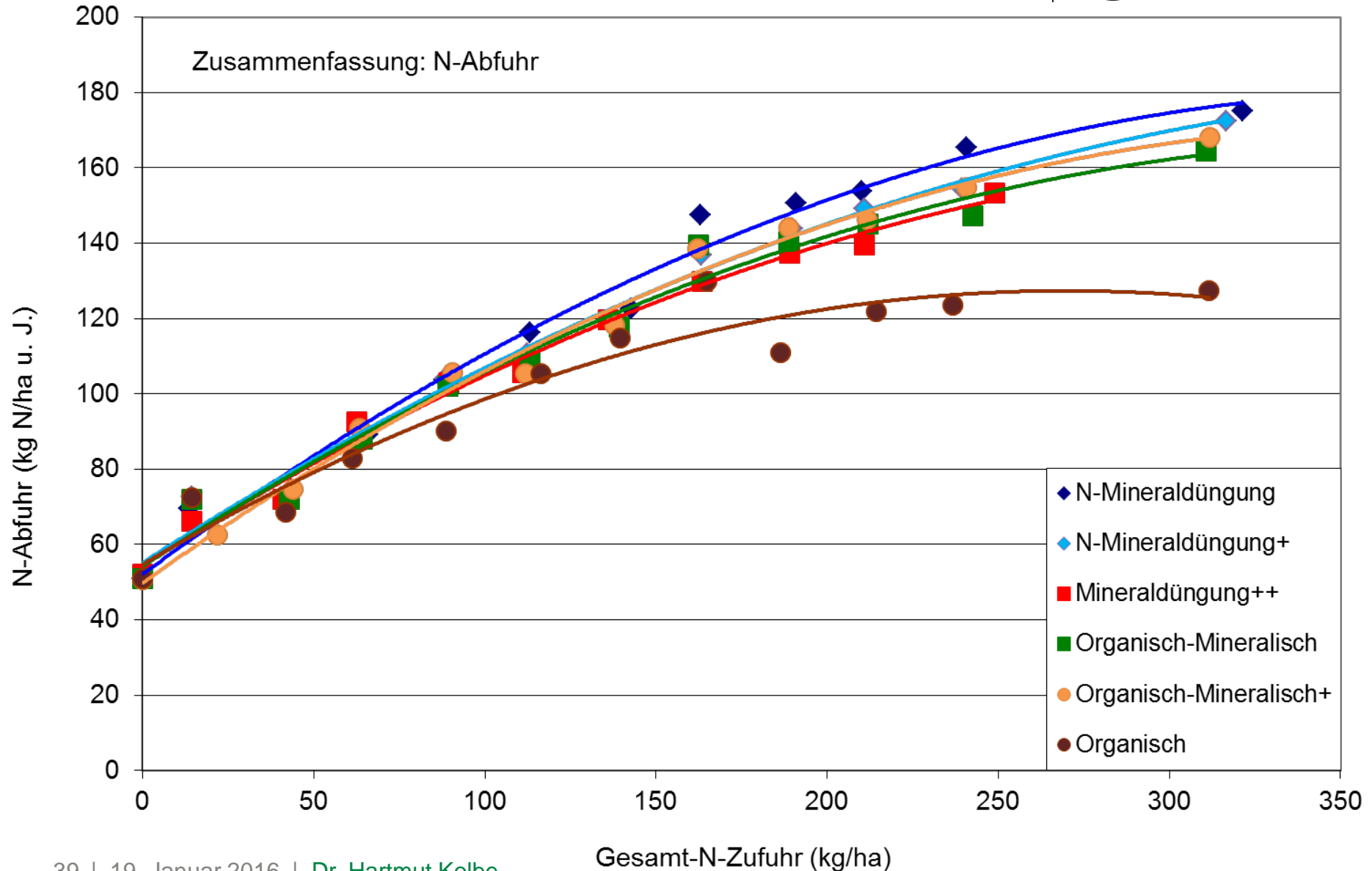
N_t-Bodenbilanz

Zusammenfassung: N_t-Bodenbilanz



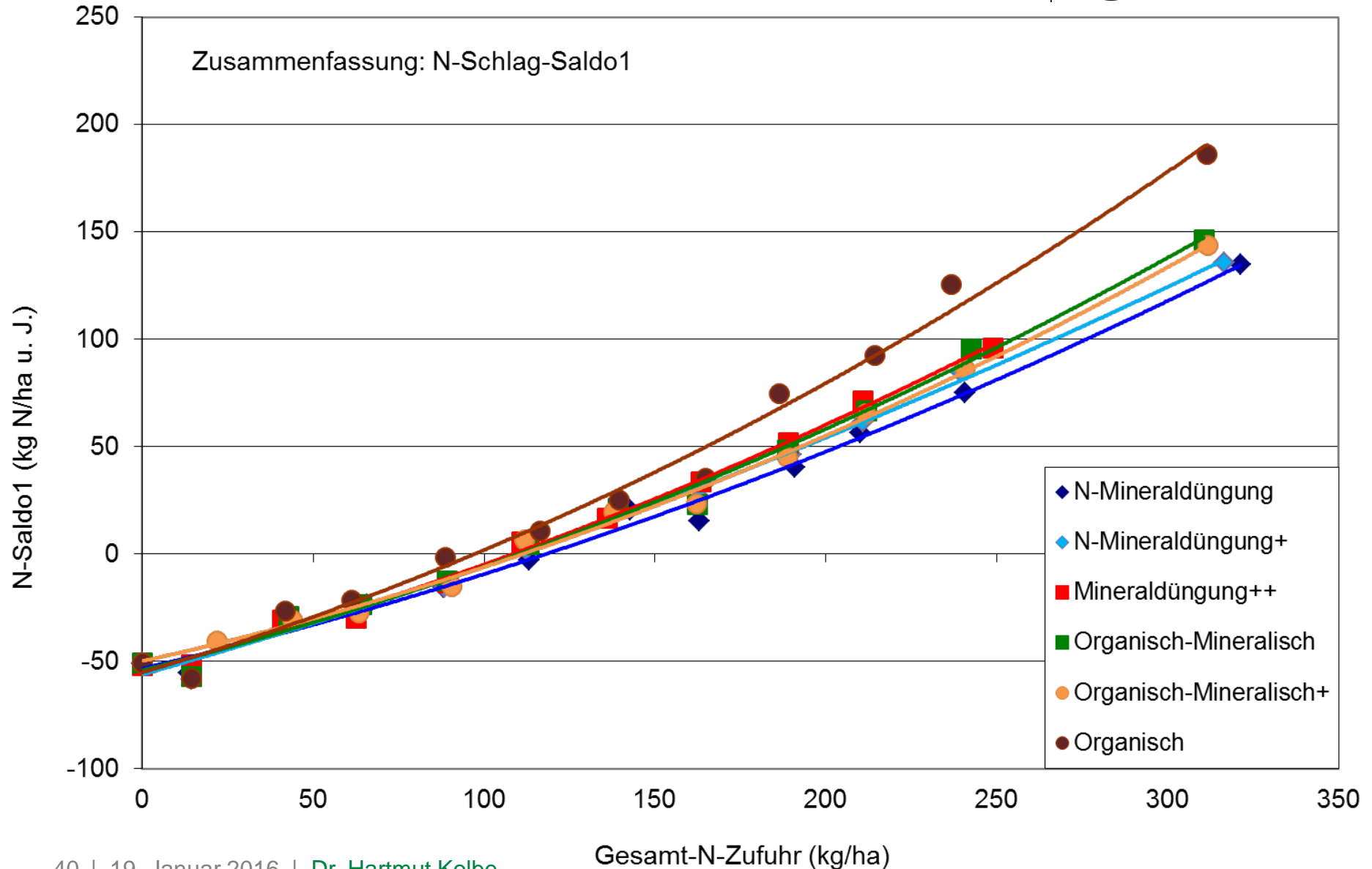
N-Abfuhr

Zusammenfassung: N-Abfuhr

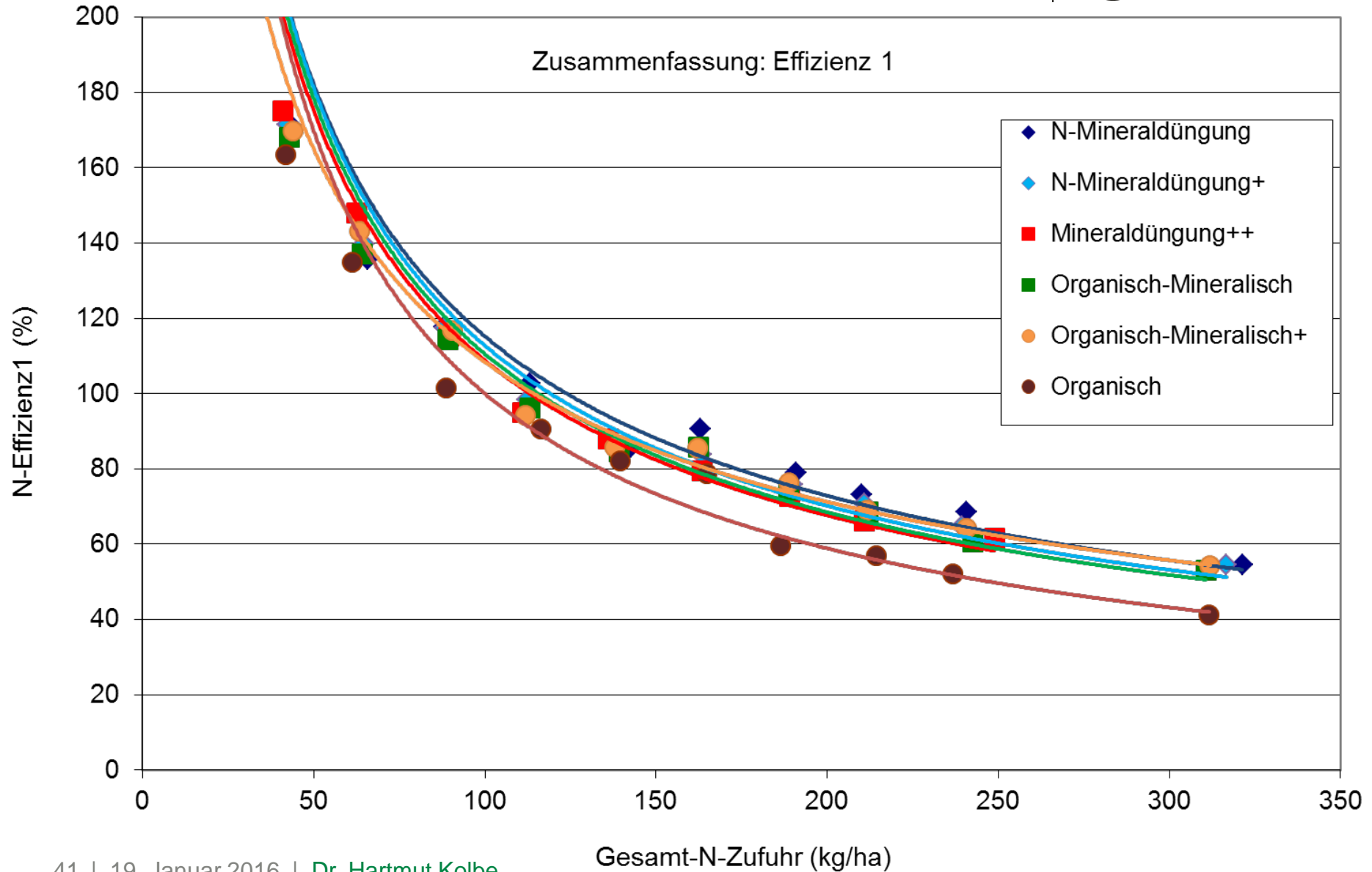


N-Saldo Nr. 1:

Zusammenfassung: N-Schlag-Saldo1

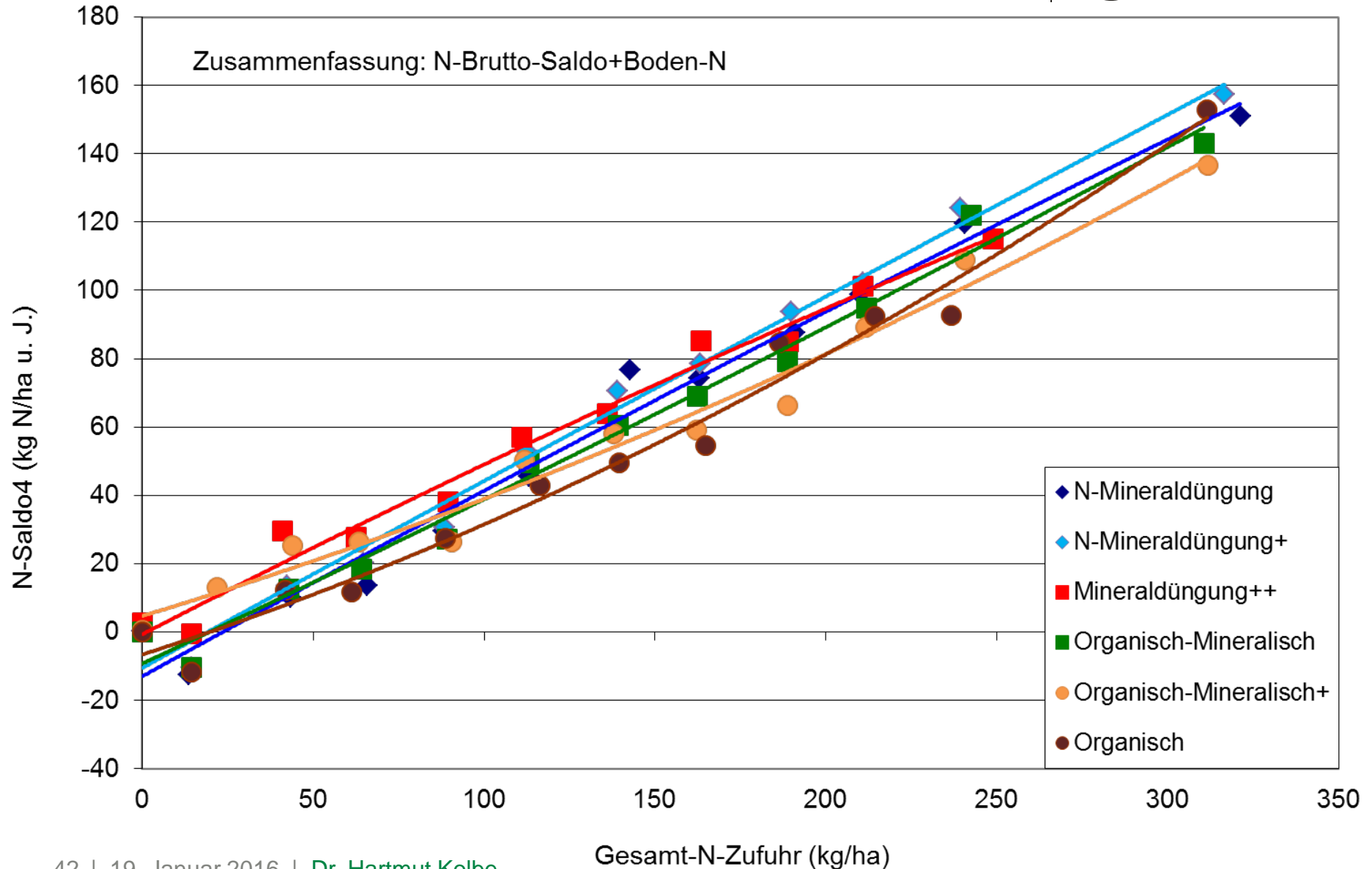


N-Effizienz Nr 1:

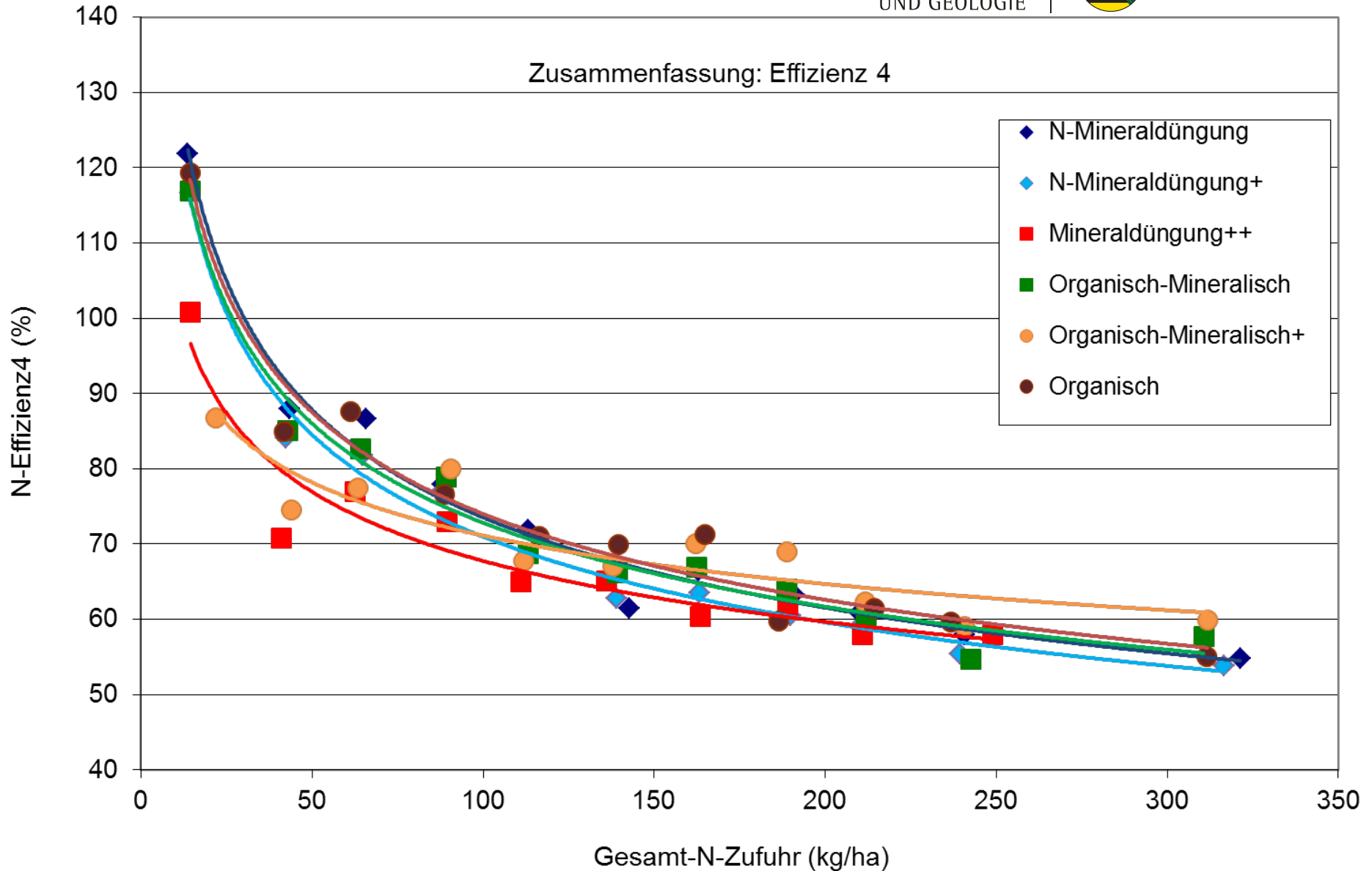


N-Saldo Nr. 4:

Zusammenfassung: N-Brutto-Saldo+Boden-N



N-Effizienz Nr. 4:



Zusammenfassung für zwei Intensitätsniveaus

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Varianten	N-Zufuhr (kg/ha)	TM-Zufuhr (dt/ha)	N-Abfuhr (kg/ha)	C _{org} -Bilanz (kg/ha)	N _t -Bilanz (kg/ha)	N-Saldo 1 (kg/ha)	N-Saldo 4 (kg/ha)	N-Effiz. 1 (%)	N-Effiz. 4 (%)
MW: 26 – 175 kg N-Zufuhr									
N-Mineraldüngung-	103	4	109	-265	-26	-6	42	117	75
N-Mineraldüngung+	102	14	106	-209	-26	-4	44	116	73
N-Mineraldüngung++	101	23	104	-164	-31	-3	50	117	69
Organisch-Mineralisch	102	20	105	-91	-19	-3	40	114	75
Organisch-Mineralisch+	102	23	106	-55	-23	-4	41	116	73
Organische Düngung	102	34	99	31	-7	4	33	109	77
MW: 126 – 350 kg N-Zufuhr									
N-Mineraldüngung-	212	4	153	-424	-19	57	101	75	61
N-Mineraldüngung+	210	18	146	-271	-15	63	104	73	59
N-Mineraldüngung++	190	31	136	-65	-12	54	90	74	61
Organisch-Mineralisch	209	44	143	74	-3	67	95	71	62
Organisch-Mineralisch+	209	41	145	94	3	64	86	73	65
Organische Düngung	209	92	121	516	27	90	88	62	63

Schlussfolgerungen

Auf Grund der Vielfalt an vorhandenen Dauerversuchen (Themenstellungen, Standorte, Klima, etc.) und den umfangreichen technischen Möglichkeiten der Datenauswertung haben Metastudien erhebliche Vorteile in Forschung und Entwicklung:

- Erstellung und Prüfung von Bilanzierungs- und Düngungsmethoden
- Herausarbeitung und Gewichtung von Einflussfaktoren auf die C_{org} - und N_t -Gehalte des Bodens: Klima = ≥ 50 , Boden = 20 – 30, Bewirtschaftung = 5 – 30 % Bestimmtheitsmaß
- Humifizierungswirkung organischer Düngemittel: Kompost \geq Stalldung \geq Gülle \geq Stroh \geq Gründünger (mit steigender Zufuhr = geringere Wirkung, Koeffizienten liegen z.T. niedriger als bei der VDLUFA-Methode zur Humusbilanzierung)
- Aufzeigung komplexer Zusammenhänge und Wechselwirkungen - Beispiel 1: WW Feinanteil x Niederschlag auf C_{org} -Gehalt verschiedener Standorte in Deutschland; Beispiel 2: WW N-Mineraldüngung x C/N-Verhältnis auf Humusbilanz bzw. C_{org} -Gehalte im Boden
- Auf Grund der experimentell ermittelten hohen Datenmenge sichere Bestimmung der Komponenten der N-Bilanzierung (Zufuhr, Abfuhr, Saldo) unterschiedlicher Düngungssysteme (mineralisch, organisch)
- Nährstoffeffizienzen sind streng abhängig von der Gesamt-N-Zufuhr und dem abnehmenden Ertragszuwachs der Fruchtarten bzw. der N-Abfuhr
- N-Effizienzen der Gesamt-Bilanzen liegen bei mäßiger bis mittlerer N-Zufuhr bei 70 - 77 % und bei hoher N-Zufuhr bei 60 – 65 %
- Auf lange Sicht gibt es nur geringe Unterschiede zwischen N-Mineraldüngung, mineralisch-organischer und reiner organischer Düngung



Dauerversuche lohnen sich!

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**