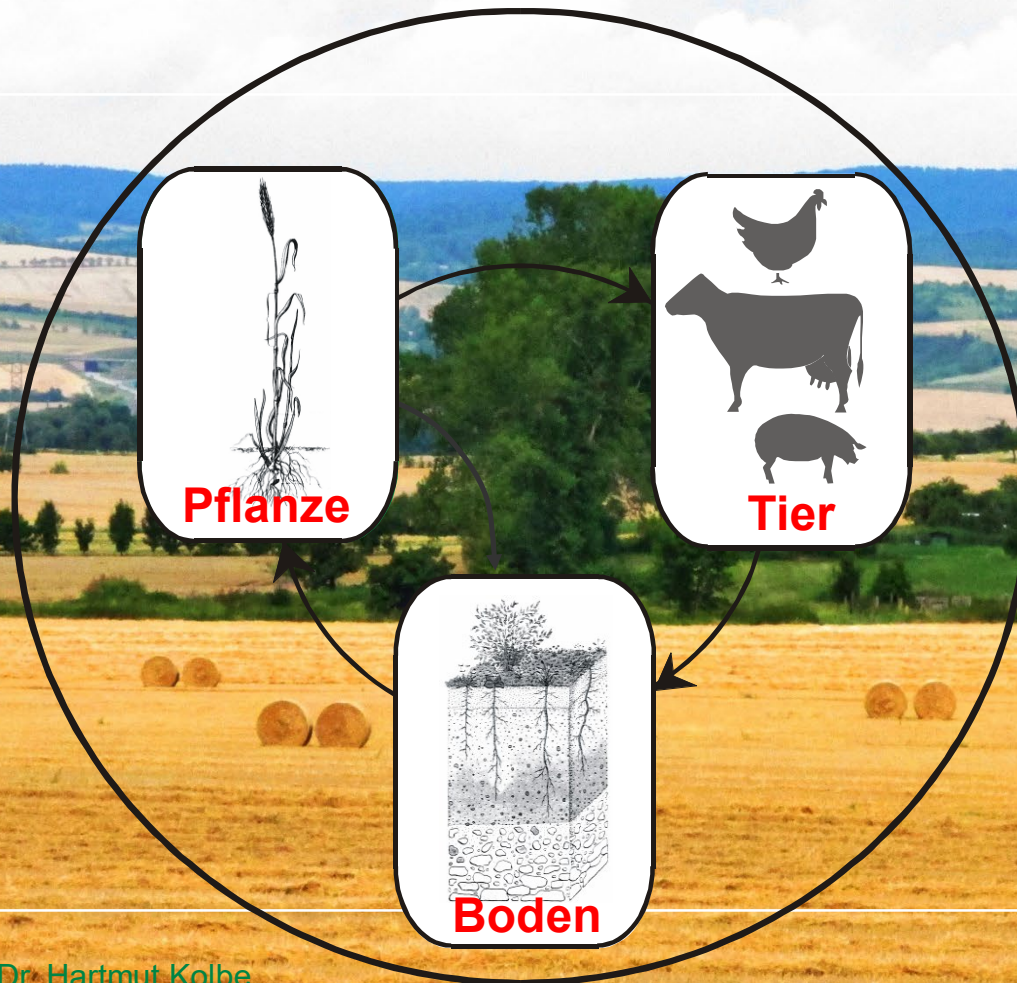


Nährstoffmanagement – Untersuchungen zur Bodenfruchtbarkeit und Umsetzung in die Praxis



Gliederung

I Fachliche Grundlagen:
Regeln, Gesetzmäßigkeiten

II Merkmalsbestimmung:
Beispiel Humus

III Regionale Zuständigkeit:
Forschung, Umsetzung, Kontrolle

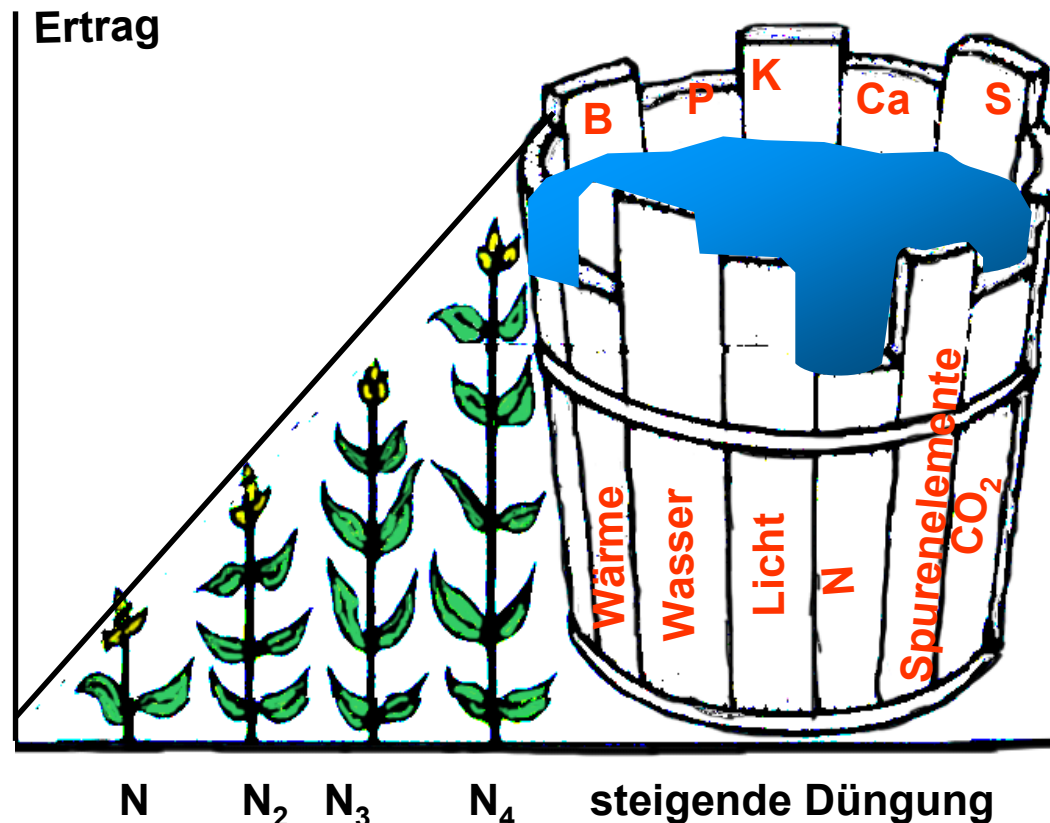
IV Untersuchungsprogramm:
Bodenuntersuchung, Bilanzierung,
Düngebedarfsermittlung

V Merkmalskatalog: Humus, Stickstoff,
Schwefel, Kalk, Grund- u. Spurennährstoffe

VI Technische Umsetzung: Betrieb,
Labor, Beratung

Gesetz vom Minimum:

Ertragsbegrenzung durch den Nährstoff, der im Minimum vorhanden ist (Mitscherlich, 1909)



Ertrag als Füllung
der Minimumtonne

Die kürzeste Daube
(= Minimumfaktor)
begrenzt den Inhalt
(=Ertrag)

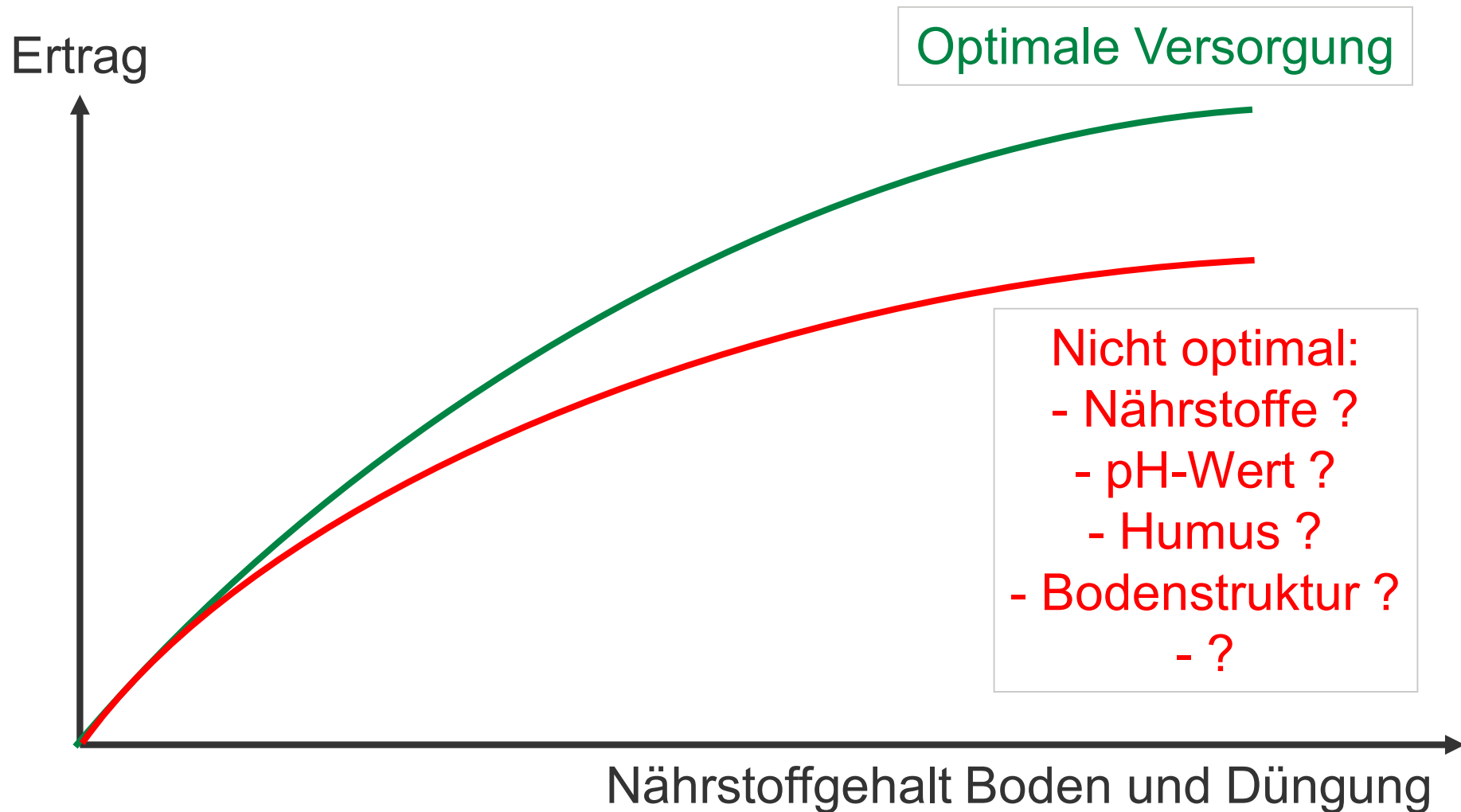
Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs (Mitscherlich, 1909)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Einfluss vieler Faktoren

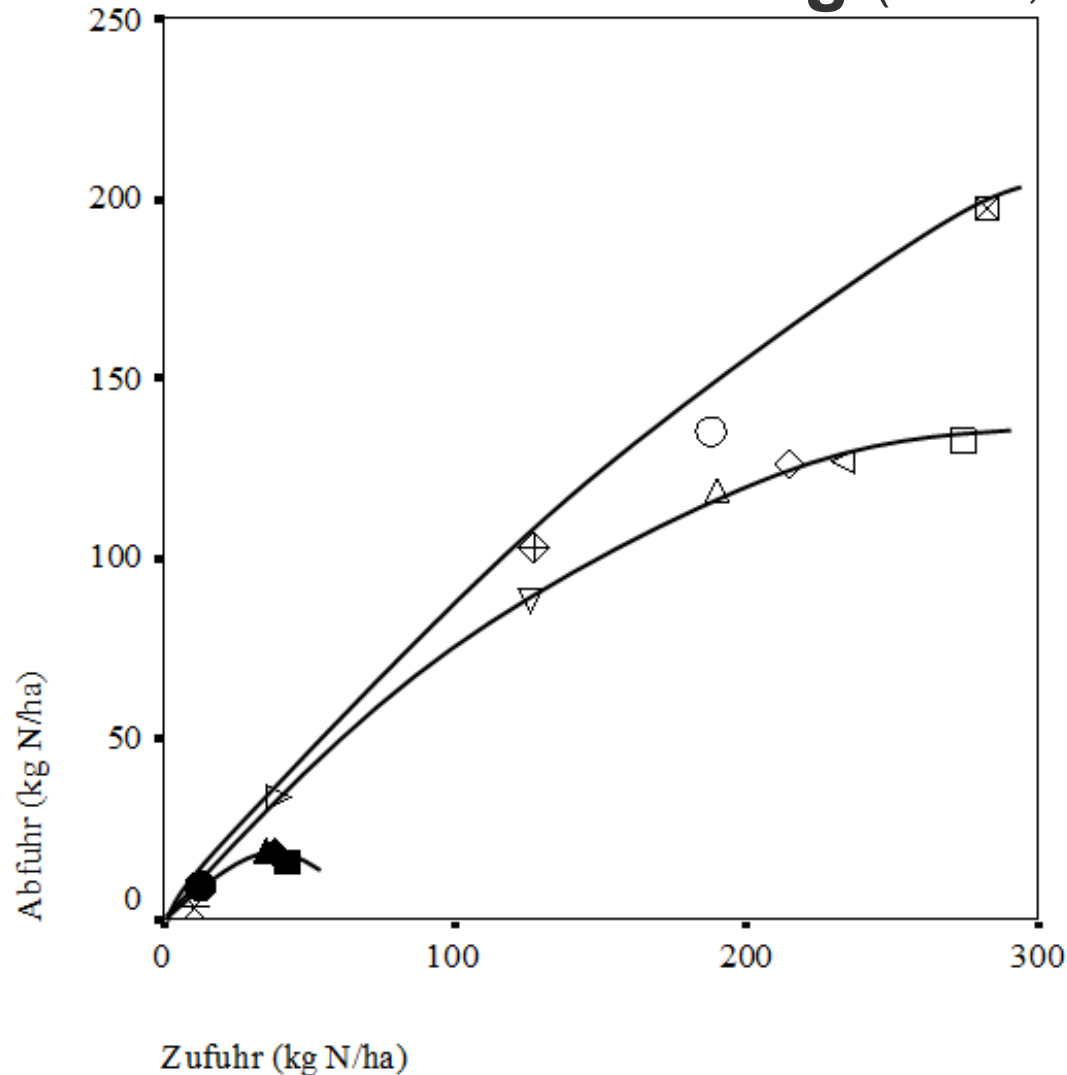


Steigende N-Zufuhr auf Ertrag und N-Abfuhr bei Forsten, Grünland und Ackernutzung (Kolbe, 2000)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Dauergrünland:

- ⊠ Konventionell-intensive Verfahren
- ⬠ Konvent.-extensiv, ökolog. Landbau
- * Naturland (unbelastet)

Ackerland:

- Feldgemüse
- ◁ Konventionell-intensive Verfahren
- ◇ Integrierter Landbau
- △ Wasserschutzgebiete
- Beste konventionelle Verfahren
- ▽ Ökologischer Landbau
- ▷ Dauerstilllegung

Forsten:

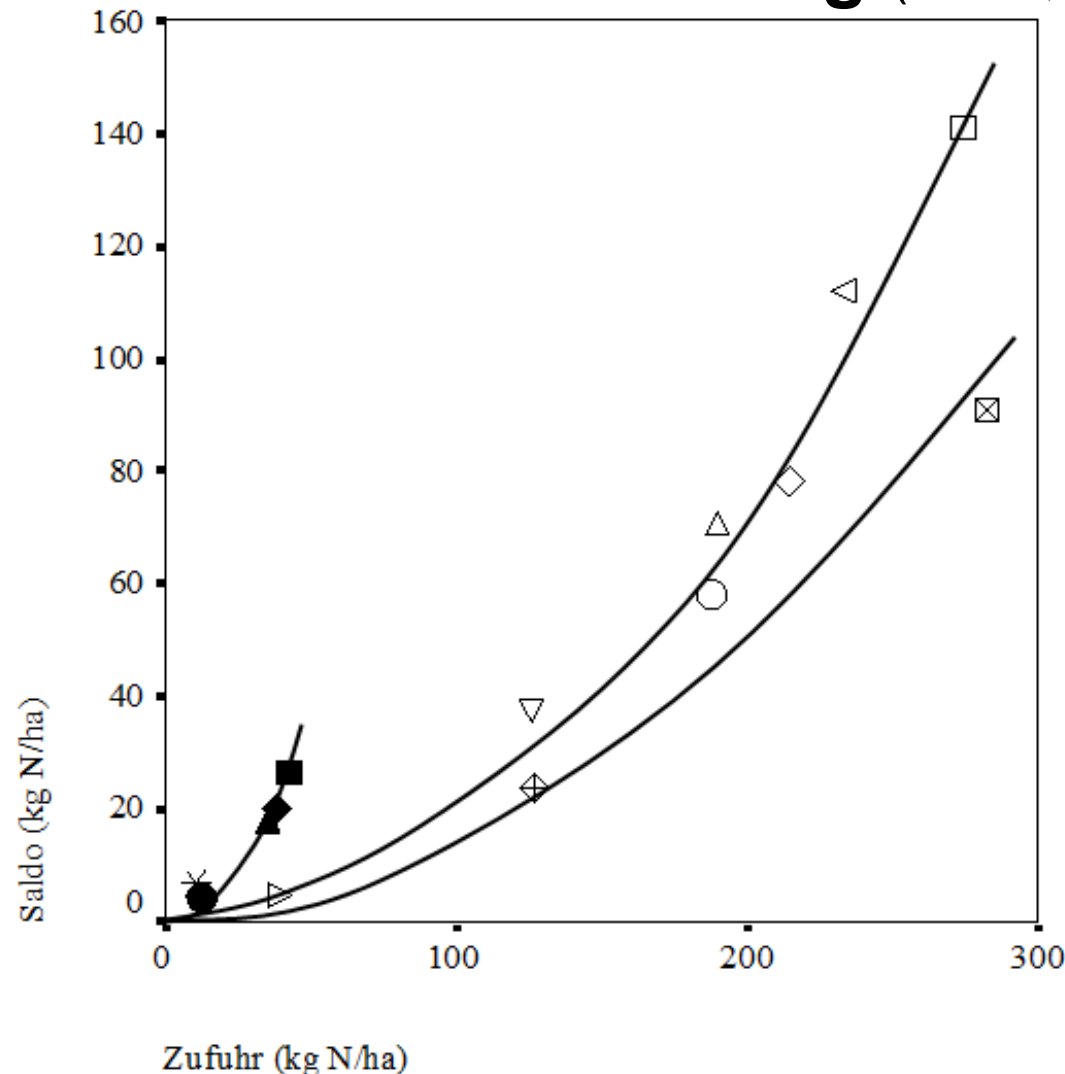
- ◆ Nutzwald (incl. Dauerstilllegung)
- ▲ Laubwald
- Nadelwald
- Naturwald

Steigende N-Zufuhr auf N-Saldo bei Forsten, Grünland und Ackernutzung (Kolbe, 2000)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Dauergrünland:

- ⊠ Konventionell-intensive Verfahren
- ◊ Konvent.-extensiv, ökolog. Landbau
- * Naturland (unbelastet)

Ackerland:

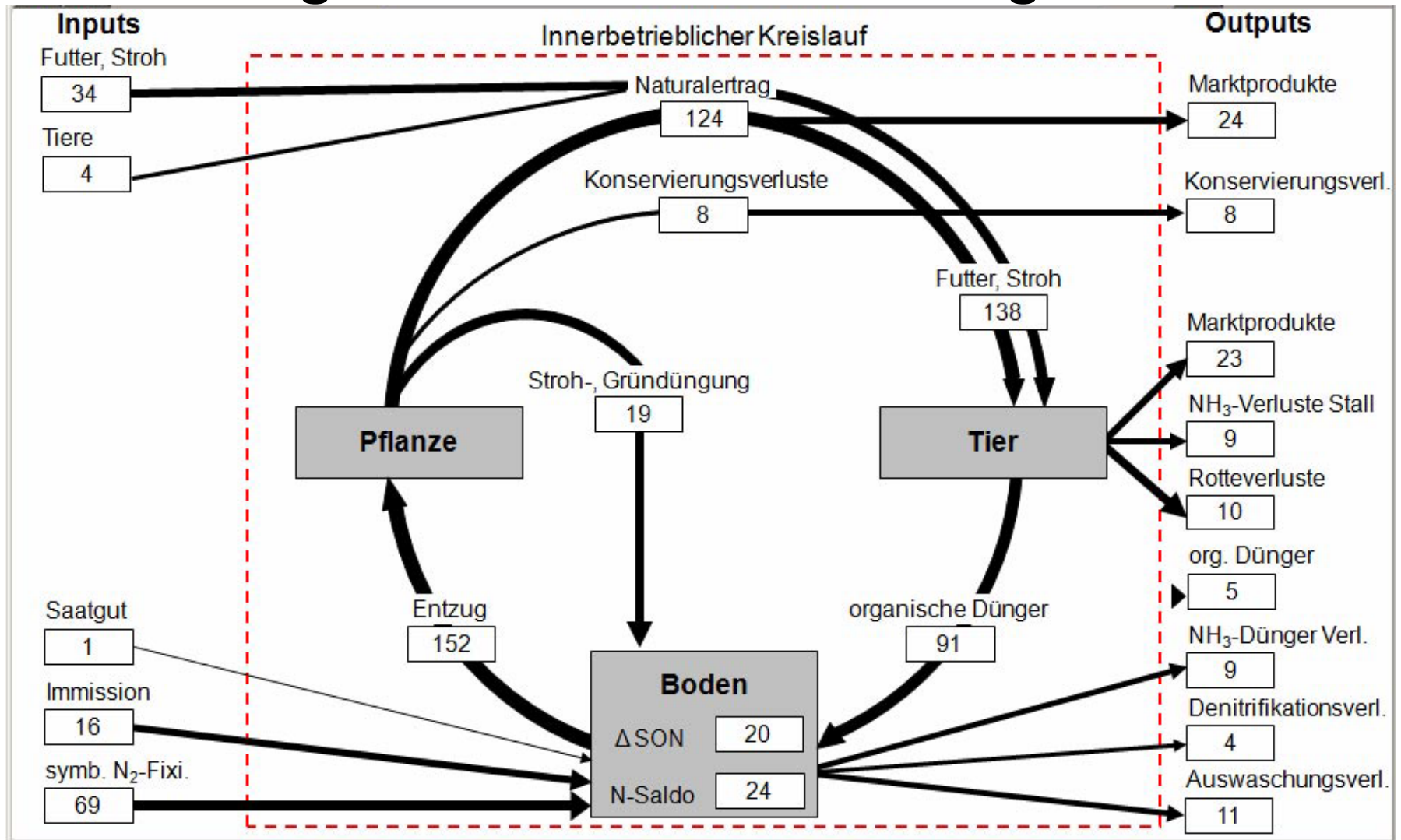
- Feldgemüse
- ◁ Konventionell-intensive Verfahren
- ◊ Integrierter Landbau
- △ Wasserschutzgebiete
- Beste konventionelle Verfahren
- ▽ Ökologischer Landbau
- ▷ Dauerstilllegung

Forsten:

- ◆ Nutzwald (incl. Dauerstilllegung)
- ▲ Laubwald
- Nadelwald
- Naturwald

Kontrolle der Geschlossenheit des Nährstoffkreislaufes durch Bilanzierung und Effizienzberechnung

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Verfahren der Nährstoffbilanzierung

(Beispiel Stickstoff, N)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Hofter-, Betriebsbilanz (Brutto), Stoffstrombilanz

Nährstoffzufuhr (in den Betrieb): + Zukauf von Vieh + Zukauf von Futtermitteln + Zukauf organ. und mineral. Düngemittel + Zukauf von Wirtschaftsdüngern + Zukauf von Saat- und Pflanzgut + legume N-Bindung + asymbiotische N-Bindung + N-Deposition (Netto)	—	Nährstoffabfuhr (aus dem Betrieb) - Verkauf tierischer Produkte - Verkauf pflanzlicher Produkte - Verkauf Wirtschaftsdünger und sonstiger Produkte - Abgleich Bestand ($\pm$ Vieh, Dünger, Futter, Marktprodukte)	=	Nährstoffsaldo $\pm$ (Überhang bzw. Defizit) NH ₃ -Verluste (extra ausweisen)
---	---	---	---	--

Flächenbilanz (Netto, DüVo, Nährstoffvergleich)

Nährstoffzufuhr (auf die Gesamtfläche): + Zukauf organ. und mineral. Düngemittel + Berechnung Nährstoffanfall anhand der Stallplätze (Nährstoffausscheidungen) + legume N-Bindung	—	Nährstoffabfuhr (von der Gesamtfläche): - Marktfrüchte - Futter, Grünland - Abgabe Wirtschaftsdünger, Stroh - N-Verluste Wirtschaftsdünger	=	Nährstoffsaldo $\pm$ (Überhang bzw. Defizit)
---	---	---	---	---

Schlagbilanz (Brutto)

Nährstoffzufuhr (auf den Einzelschlag) + organische Düngung mit Wirtschaftsdüngern, Bodenverbesserungsmitteln etc. + mineralische Düngemittel + legume N-Bindung + asymbiotische N-Bindung + Zukauf von Saat- und Pflanzgut + Gesamt-N-Deposition	—	Nährstoffabfuhr (vom Einzelschlag): - Marktfrüchte - sonstige Ernteprodukte (Futter, Stroh)	=	Nährstoffsaldo $\pm$ (Überhang bzw. Defizit) NH ₃ -Verluste durch organische Düngung (extra ausweisen)
--	---	--	---	---

VDLUFA-Schema zur Ableitung der Düngung für optimale Erträge in Abhängigkeit von der Nährstoff-Bodenversorgung (Albert et al., 2007)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Gehaltsklasse	Höhe der Düngung	Zielstellung	
A Sehr niedrig	stark erhöhte Düngung gegenüber der Abfuhr	deutliche Erhöhung der verfügbaren Gehalte	
B Niedrig	erhöhte Düngung gegenüber der Abfuhr	Erhöhung der verfügbaren Gehalte	
C Mittel, optimal	abfuhrorientierte Erhaltungsdüngung	Aufrechterhaltung der verfügbaren Gehalte	
D Hoch	reduzierte Düngung gegenüber der Abfuhr	langsame Abnahme der verfügbaren Gehalte	
E Sehr hoch	keine Düngung	Abnahme der verfügbaren Gehalte	

Erhaltungsdüngung

Beispiel Humus

Prinzip der Humusbilanzierung

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

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

Berechnungsweg (z.B. VDLUFA-Methode)

+	Humifizierungsleistung humusmehrender Fruchtarten in Humusäquivalenten (HÄQ/ha)
+	Humifizierungsleistung organischer Dünger in HÄQ/ha
-	Humifizierungsleistung humuszehrender Fruchtarten in HÄQ/ha
=	Humussaldo in HÄQ/ha

Bewertung der Humussalden (Ebertseder et al., 2014)

Versorgungsklasse	Bewertung	Konventioneller Landbau HÄQ/ha	Ökologischer Landbau HÄQ/ha
A	Sehr niedrig	≤-200	≤-200
B	Niedrig	-200 bis -76	-200 bis -1
C	Optimal	-75 bis +100	0 bis +300
D	Hoch	101 bis +300	+301 bis +500
E	Sehr hoch	≥+300	≥+500

Organischer Substanz im Boden

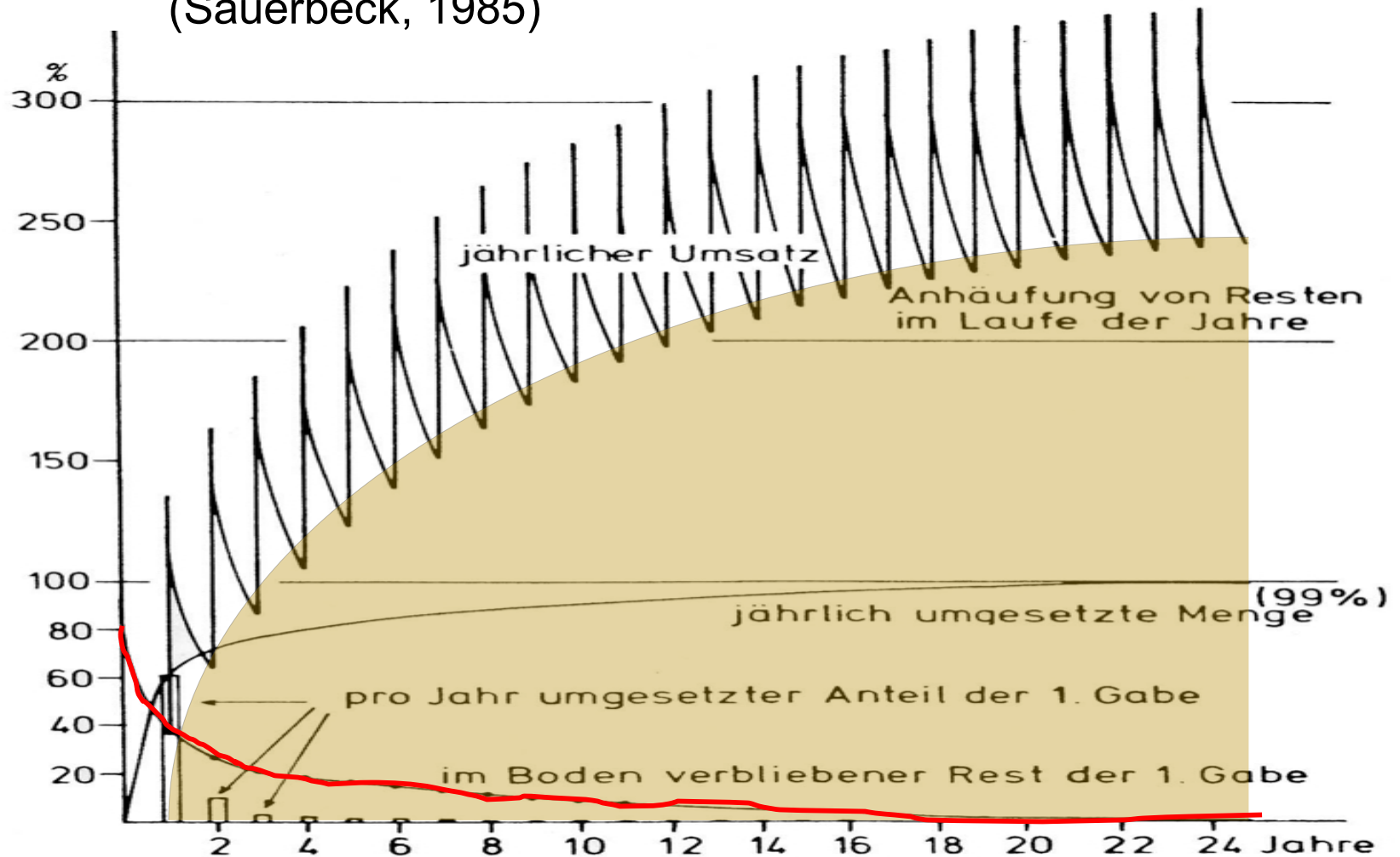
Anhäufung, Umsatz, Abbau

(Sauerbeck, 1985)

AMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Mit der Zeit wird die gesamte aufgebrauchte organische Substanz wieder abgebaut!

Beziehung zw. Humusbilanz und C_{org}

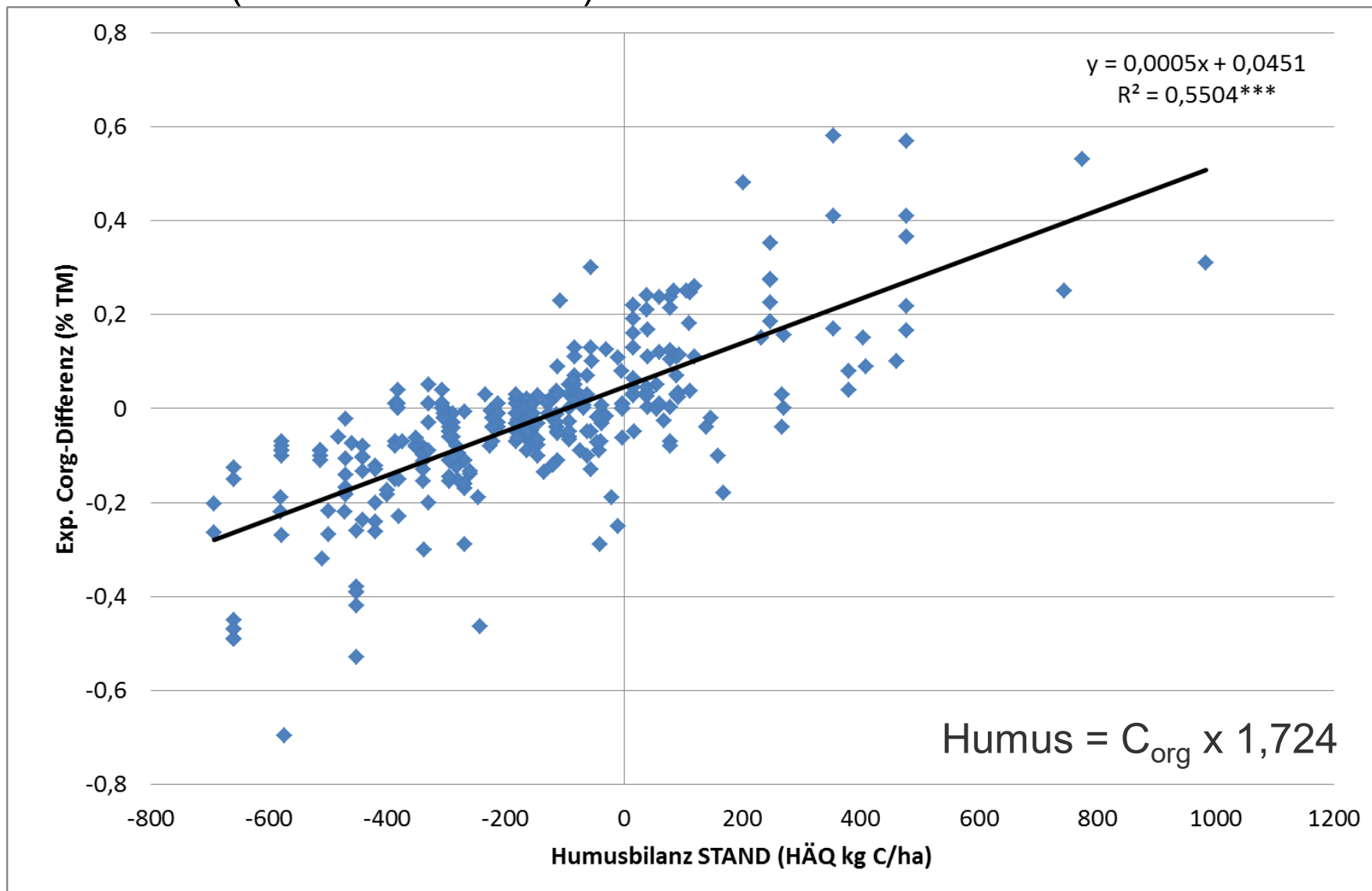
Differenz im Boden aus Versuchen

(39 Dauerversuche)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Zusammenhang zwischen Humusbilanz und N-Saldo_{brutto}

(39 Dauerversuche, Mitteleuropa)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE

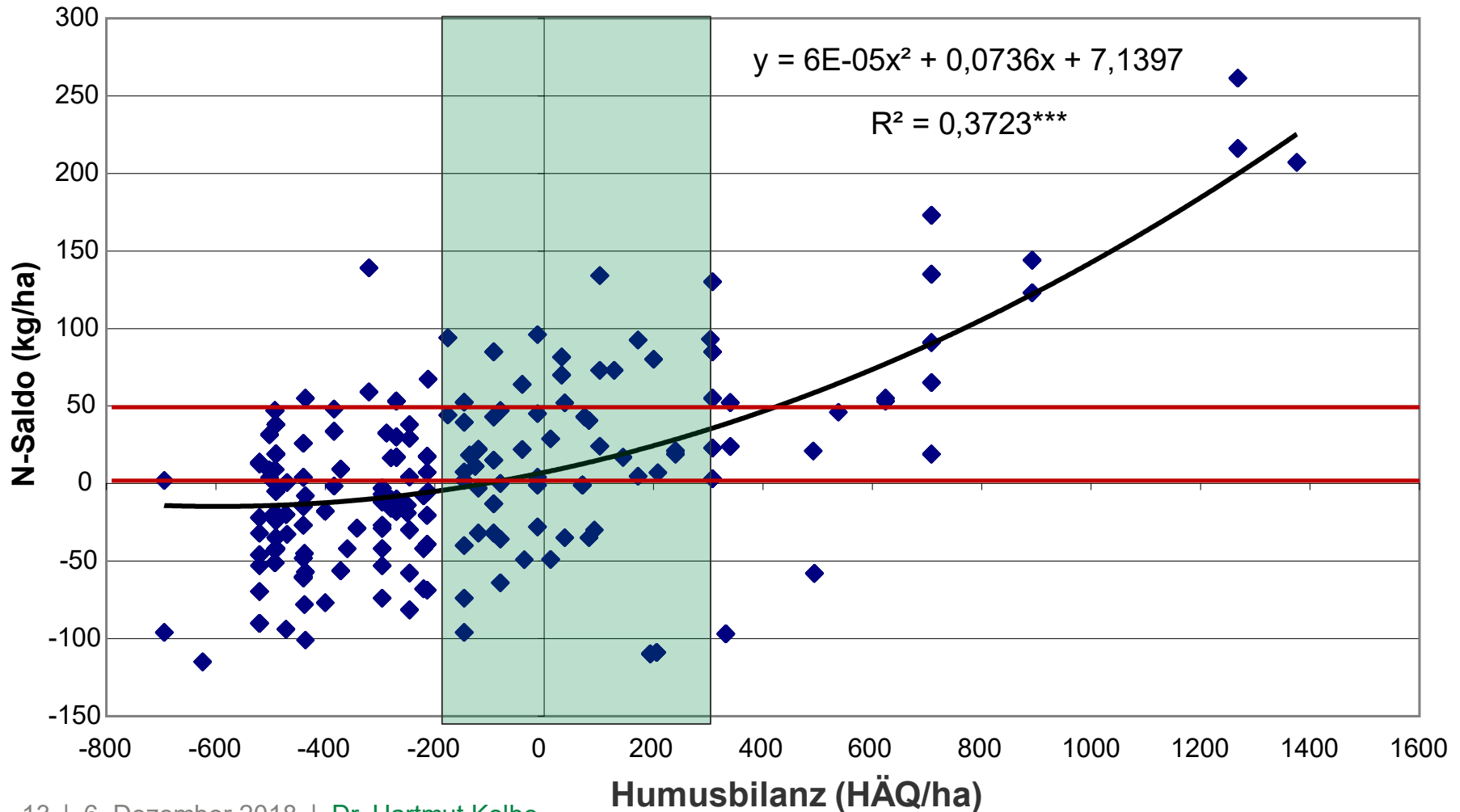


VDLUFA-

Versorgungsgruppen:

A/B

D/E

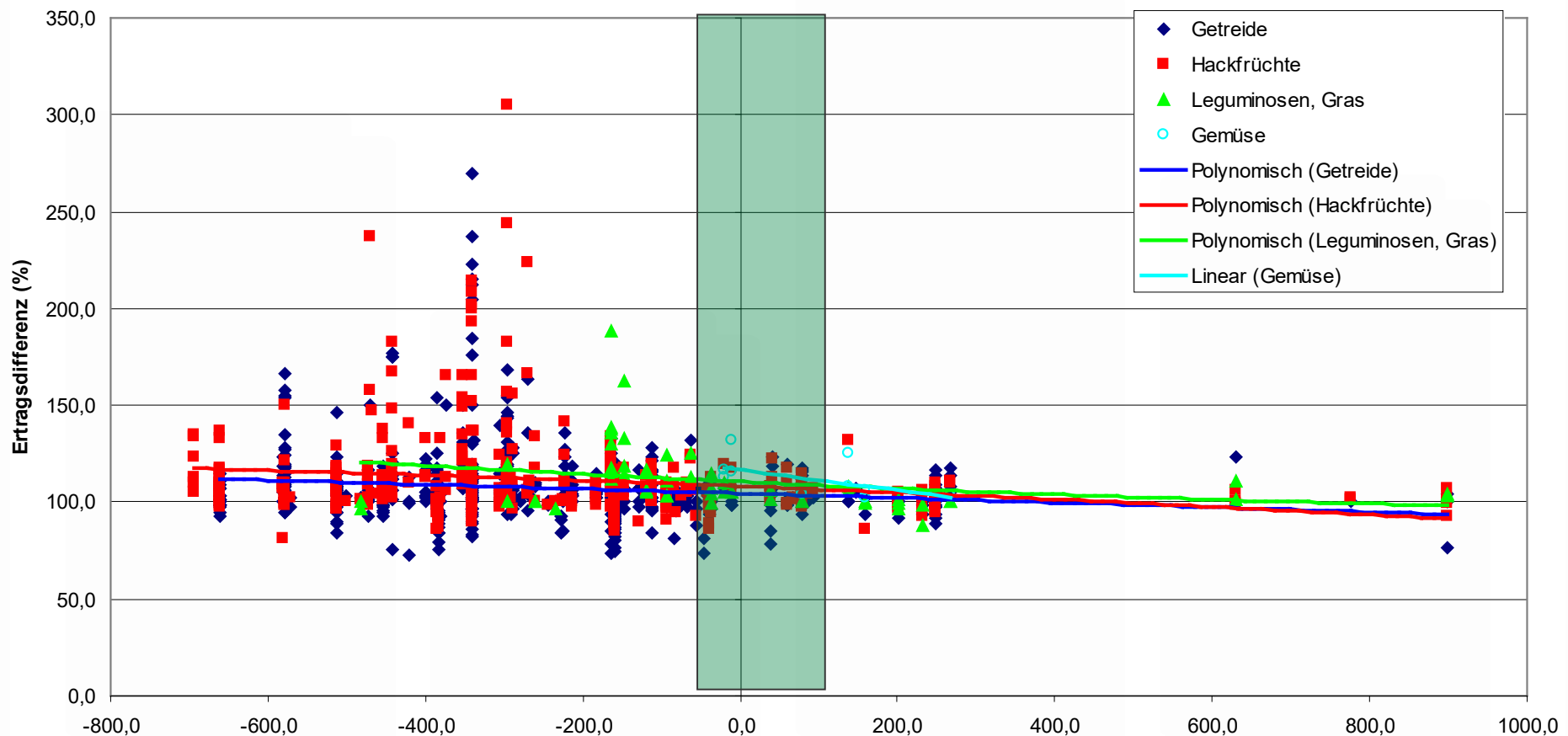


Einfluss der Grundversorgung mit organischer Substanz auf die Ertragswirkung nach zusätzlicher Düngung (39 Dauerversuche, 100 % = ohne Düngung)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Versorgungsgruppen: A B C D E

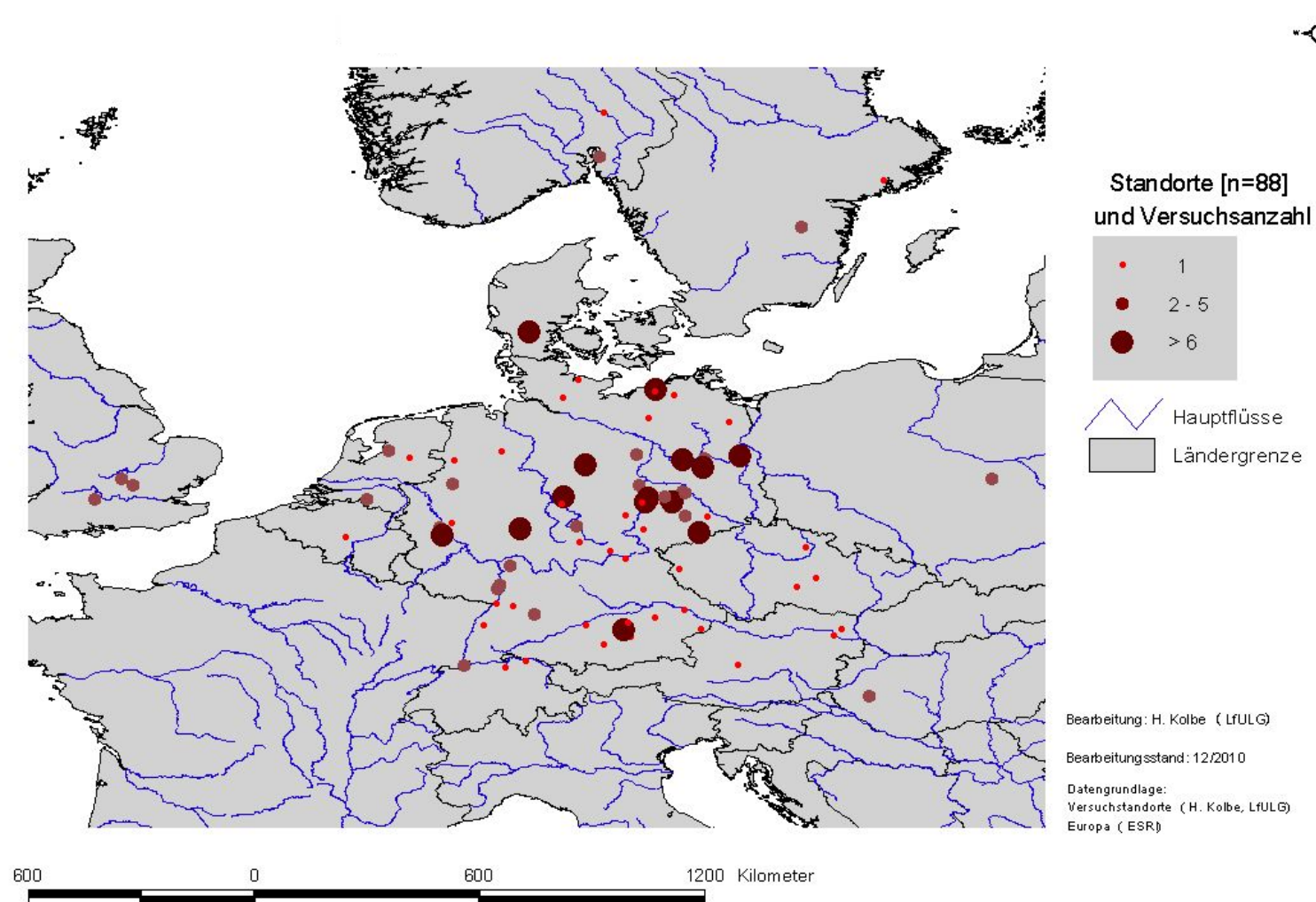


Lage und Häufigkeit der einbezogenen Dauerversuche des Ackerbaus

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Tragende Einrichtungen und Zuständigkeiten in Deutschland zum Nährstoffmanagement

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

- Landesämter, Landesforschungsämter
- Landesanstalten
- Landwirtschaftskammern
- ...
- VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten)
- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft)
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft)
- ...
- Bundesforschungsinstitute
- Hochschulen und Universitäten
- ...

Vergleich von Nährstoffmanagement-Systemen

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Parameter	VDLUFA (u. a. Systeme i. Deutschland)	BALZER- System (Ökolandbau)	KINSEY- System (USA, ...)
Standardisierte Bodenprobenahme	+	+	+
Reproduzierbare, validierte (Boden)-Analytik	+	(+)	+
Laborkapazität	+	(+)	— (nur wenige außer USA)
Interpretation der Analysedaten auf Basis statistisch abgesicherter Feldversuchsergebnisse - im konvent. Landbau - im Ökolandbau	+ +	— —	— (nur USA) —
Ausreichende Zahl u. Dichte d. Versuche (Klimaregion, Bodenart, Fruchtarten , etc.) - im konvent. Landbau - im Ökolandbau	+ (+)	— —	— —
Ganzheitlichkeit d. Systems	(+)	(+)	—
Expertenwissen zur Interpretation d. Ergebnisse erforderlich?	(nein)	ja	ja

Untersuchungsprogramm auf dem Betrieb

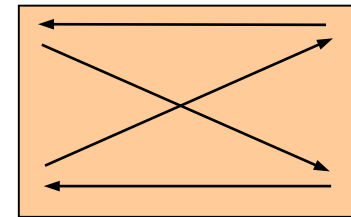
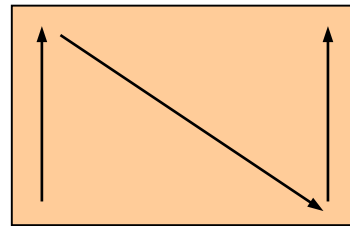
Datendokumentation und Standort

Parameter	Methode	Frequenz / Zielstellung
Datendokumentation		
Aufzeichnungen über: Anbauinformationen, Fruchtarten, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Erträge, Bodenuntersuchungsergebnisse, Tierhaltung, etc.	Führung von Schlagkartei und Stallbuch	-Zu jeder angebauten Fruchtart und Tierart, jährlich; -Ziel: Bereitstellung von Informations- u. Dokumentations-Unterlagen für Öko-Kontrolle, Buchführung, Humus- u. Nährstoffbilanzierung
Boden, Standort		
Bodenart u. –profileigenschaften u. weitere Standortmerkmale	Bestimmung d. Bodenart; Texturanalyse (Sand, Schluff, Ton); Besonderheiten des Profils (Tiefgründigkeit, Grundwasser- stand, etc.); Klima- u. Wetter-Daten	-Einmalige Erfassung; -Ziel: Bereitstellung von Informationen für Humus- u. Nährstoffbilanzierung, Düngungsbemessung

Regelmäßige Bodenuntersuchungen gehören zum Untersuchungsprogramm



Beispiel für Behebungsmuster der Flächen:



Frequenz: 20 Einstiche, 20 cm (Ackerland) bzw.
10 cm Tiefe (Grünland), alle 3 – 5 Jahre

Eckpunkte des Nährstoffmanagements

Zum Untersuchungsprogramm gehört es, die Parameter

- Humus
- Stickstoff, Schwefel
- Kalk bzw. pH-Wert
- Grundnährstoffe (P, K, Mg) und
- Spurenelemente

durch eine regelmäßige **Bodenuntersuchung, Bilanzierung** oder / und
Düngebedarfsermittlung im Auge zu behalten.

Bilanzierungs- & Empfehlungssystem Düngung

BESyD Startbildschirm

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

BESyD

Start



konventioneller und

BESyD

Bilanzierungs- & Empfehlungssystem

gewählter Nutzer:

☒ Landwirt

gewähltes Bundesland:

Brandenburg

Sachsen

Sachsen-Anhalt

Thüringen

Information zum Programm

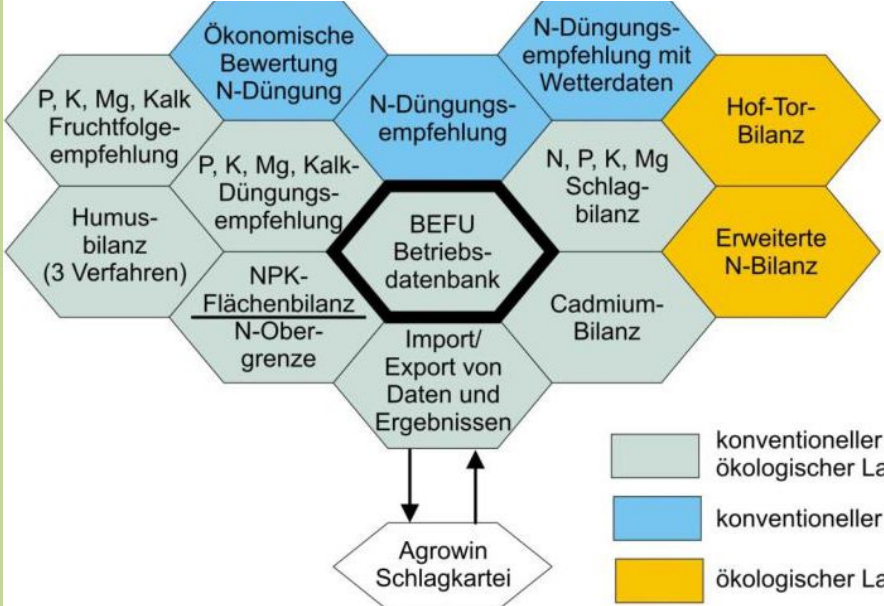
ökonomische Bewertung der N-Düngung

Start

Prüfen auf Programmupdate

Programm beenden

Ursprung: BEFU-Programm Sachsen



Legend:

- konventioneller und ökologischer Landbau
- konventioneller Landbau
- ökologischer Landbau

Berechnungen mit Programm BESyD

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



a) nach Vorgaben der neuen Düngeverordnung:

- schlagweise N- und P-Düngebedarfsermittlung
- Nährstoffbilanz/Vergleich als Feld-Stallbilanz für N, P
- Kontrolle der 170 kg N-Aufbringungsobergrenze aus organischen u. organ.-mineral. Düngemitteln

b) zusätzliche und erweiterte Berechnungen:

- fachlich erweiterte N- und P-Düngebedarfsempfehlung u.a. unter Berücksichtigung der Boden-Klima-Räume
- schlagweise Düngebedarfsermittlung für K, Mg, Ca (pH auch als Fruchtfolge-Empfehlung (letztere auch für P), Schlagbilanz N, P, K, Mg, S
- Nährstoffbilanz/Vergleich als Feld-Stallbilanz für K
- Humusbilanzierung nach VDLUFA (untere u. obere Werte) und als Standort-differenzierte Methode nach Dr. Kolbe jeweils für den Gesamtbetrieb oder Schlag
- alle Nährstoff- und Humusbilanzen mit wählbarem Bilanzierungszeitraum
- Hoftor-Bilanz (aktuell nur für Öko-Betriebe).

Alle Berechnungen für konventionell und ökologisch wirtschaftende Betriebe.
z.T. werden unterschiedliche Hintergrunddaten und Nährstoffgehalte verwendet.



Anwenderkreis



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

Anwendungsgebiete

- besonderes Serviceangebot durch ausführliche Datengrundlagen:
Sachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Thüringen
- Deutschland, Mitteleuropa (individuelle Einstellmöglichkeiten)

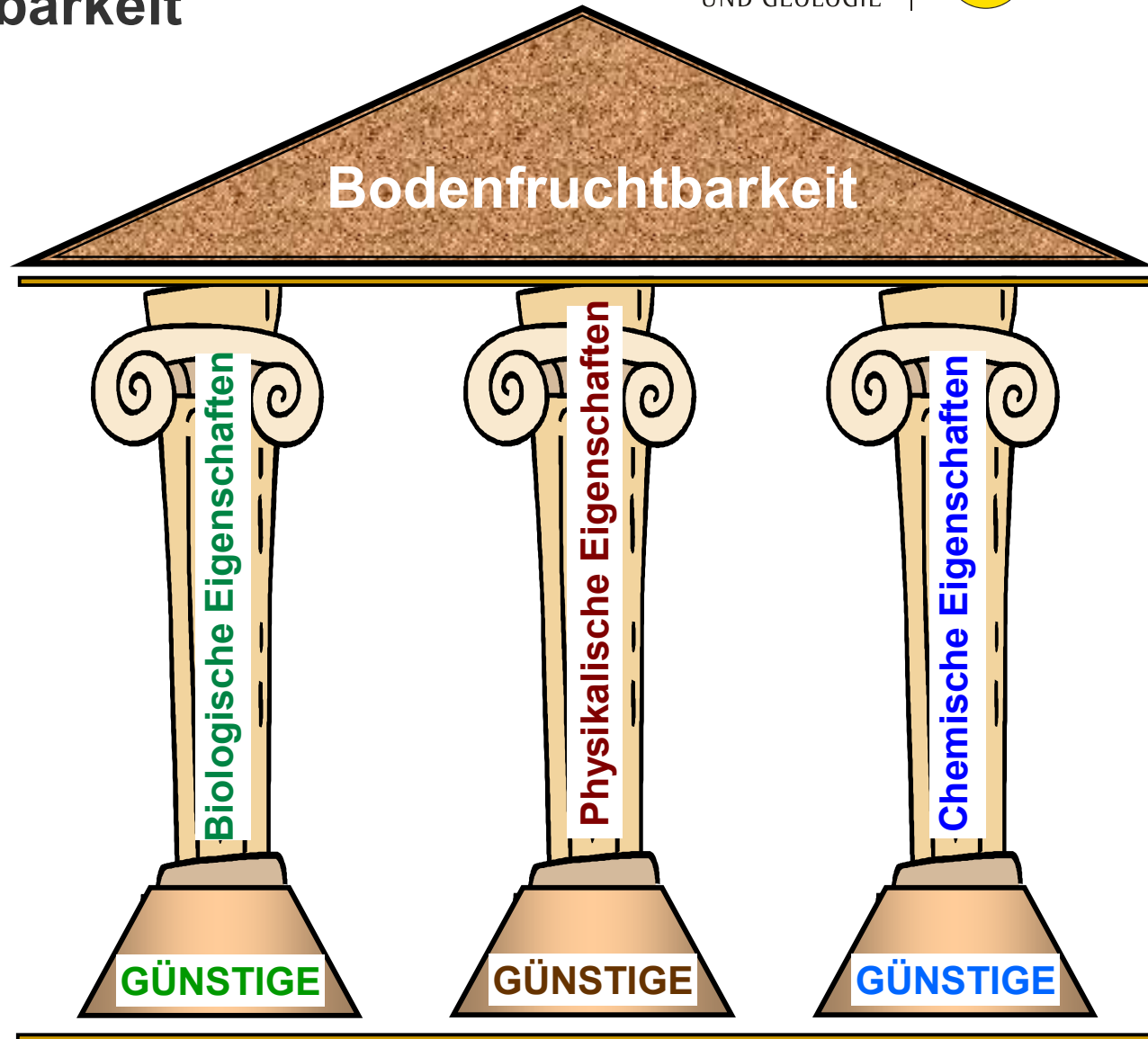
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Die tragenden Säulen der Bodenfruchtbarkeit

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Grundnährstoffe

Parameter	Methode	Handhabung
Phosphor (P),	Bodenuntersuchung der Ackerkrume auf pflanzenverfügbare Nährstoffe: P (DL-, CAL-Methode), K (DL-, CAL-Methode), Mg (CaCl ₂ -Methode)	- alle 3 – 5 Jahre bzw. 1 x je Fruchtfolge
	Düngebedarfsermittlung für P, K, Mg (mit standortangepassten Methoden)	- alle 3 – 5 Jahre (unter Einbeziehung der Ergebnisse d. Bodenuntersuchung) - Ziel: Erreichung u. Sicherung d. Gehaltsklasse*) B (Standard) – C (intensiver Gemüsebau)
	Nährstoffbilanzierung für P, K, Mg (Methoden Schlag-, Hoftor-, Stall-Bilanz, Nährstoffvergleich)	- 1 x je 1 – 2 Fruchtfolgerotationen bzw. entspr. d. Düngeverordnung - Ziel: P ≥ 0 kg;

*) VDLUFA-Versorgungsklassen: A = sehr niedrig; B = niedrig; C = mittel; D = hoch; E = sehr hoch

N-Düngebedarfsermittlung

berücksichtigte Faktoren nach DüV und fachlich erweitert

	N-Düngebedarfs- ermittlung nach DüV	fachlich erweiterte N-Empfehlung
Berechnungszeitpunkt	vor erster N-Düngung	
Zielertrag	identisch	
Gesamtsollwert	identisch (Bezug auf Zielertrag)	
Humusgehalt	Faustzahl	über Bodenart (Nachlieferung)
Boden-Klima-Raum	-	Korrektur des Sollwertes
Höhe über NN	-	ja
N _{min} in drei Tiefen	als Summe	Anrechnung auf N-Teilgaben
Vorfrucht	einfache Werte	differenziertere Werte
Pflanzenentwicklung	-	ja
Vegetationsbeginn	-	ja
organische Düngung	10 % des Nt der gesamten organischen Düngung des Vorjahres	differenzierte Anrechnung je nach - Düngung zur Fruchtart (Herbst) u. Vorfrucht - Düngemittelart
Ergebnis	Gesamt-N-Düngebedarf	- Gesamt-N-Empfehlung (≤ nach DüV) - konkrete Empfehlung 1. Gabe - Orientierungswerte für 2./3. Gabe

Ausgabebericht Humusbilanz

Bsp: VDLUFA untere Werte für 3 Jahre

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

auch möglich: VDLUFA obere und mittlere Werte, standortdifferenzierte Methode

Konventioneller Landbau - gute fachliche Praxis				<i>BESyD 2017</i>	
Humusbilanz von				2011	bis 2013
Betrieb: Musterbetrieb Brandenburg		09999 Musterdorf		19.10.2016	

Humusbilanzierung nach Cross Compliance (VDLUFA untere Werte)

Feldstück-Schlag	Schlagname	ha	Anzahl Jahre	Bedarf(1) kg	Reproduktion(2) kg	Saldo kg	Saldo kg/ha/a	Humusgruppe
1 - 1	Schlag 1-1	20,00	3	-32000	38740	6740	112	D

(1)Veränderung der Humusvorräte durch den Fruchtartenanbau / (2)Humusreproduktionsleistung verschiedener organischer Materialien

Durchschnittliche Humusbilanz

Summe von	2011	20,00	-11200	6000	-5200	-260
	2012	20,00	-15200	17500	2300	115
	2013	20,00	-5600	15240	9640	482
	Summe	60,00	-32000	38740	6740	
Durchschnitt		20,00	-10667	12913	2247	112

Fehlen Flächenangaben für die Schläge, so kann die durchschnittliche Humusbilanz nicht korrekt berechnet sein !

Der Humusbilanzsaldo soll im Bereich zwischen -75 kg Humus-C/ha/Jahr und +125 kg Humus-C/ha/Jahr liegen und darf den Wert von -75 kg Humus-C/kg/ha/Jahr im dreijährigen Durchschnitt nicht unterschreiten.

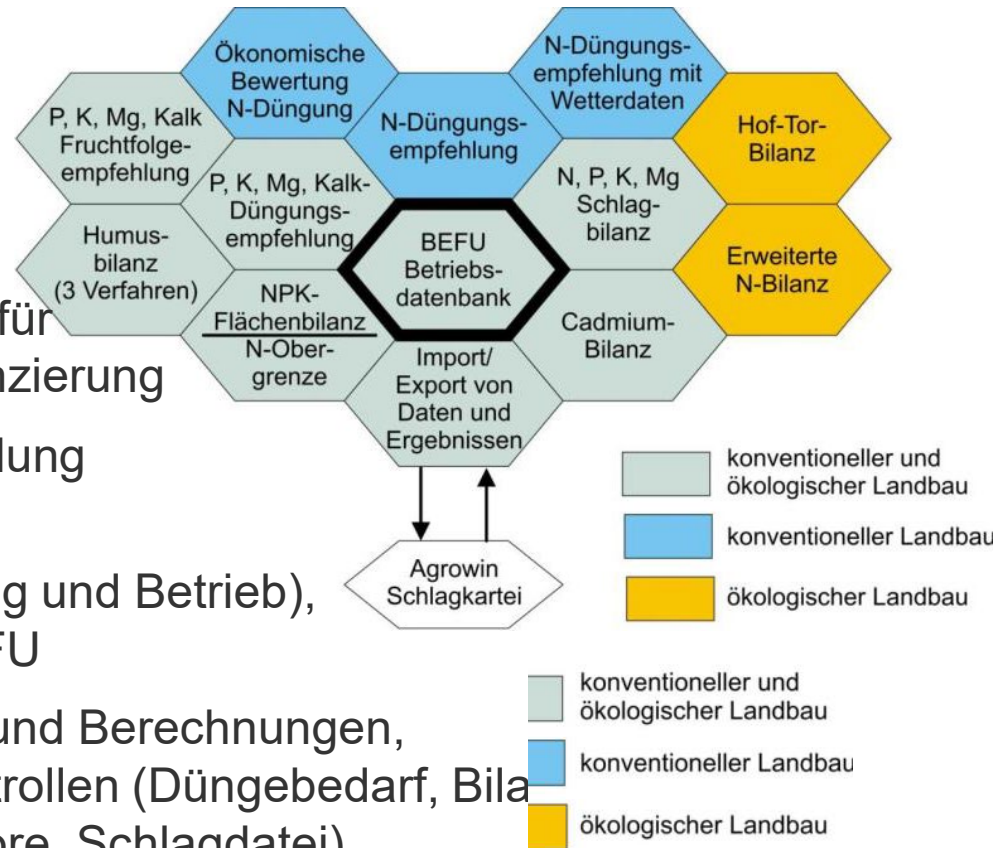
Was wird im Programm umgesetzt?

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

- alle Bausteine des Programms BEFU (mit Auswahlmöglichkeit für Bundesländer)
- alle Forderungen der novellierten DüV für Düngebedarfsermittlung, Nährstoffbilanzierung
- fachlich erweiterte Düngebedarfsermittlung einheitlich nach Boden-Klima-Raum
- langjährige Datenspeicherung (je Schlag und Betrieb), weiterhin Nutzung Ihrer Daten aus BEFU
- verschiedene Ausgabelisten für Daten und Berechnungen, Ausgabeformulare zur Vorlage für Kontrollen (Düngebedarf, Bilanz Import- und Export-Schnittstellen (Labore, Schlagdatei)
- umfangreiche Hintergrunddaten für Berechnungen und als Eingabehilfe (Nährstoffgehalte von Kulturarten, Düngemitteln (miner., org.), Sollwerte ...)
- Hinweise zur Programmhandhabung



Technische Umsetzung:

PC-Programm BEFU,
Teil Ökologischer Landbau

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Programm-Komponenten im Öko-BEFU:

- **Schlagkartei:** Aufzeichnungen über Anbauinformationen, Fruchtarten, Sorten, Düngung, Pflanzenschutz, Bodenuntersuchung, z.B.: AGRAR-OFFICE)
- **Datenbanken:** Datengrundlage f. Fruchtarten u. Düngemittel (z.B. Nährstoffgehalte, Korn/Stroh-Verh.), Sonderformen (z.B. GPS, Stilllegung, Mulchen, Weide)
- **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, S)