



Räumliche Variabilität von Phosphor im Boden

Holger Lilienthal

P-Bindungsformen

In den gemäßigten Klimazonen liegt Phosphor in drei verschiedenen Formen vor:

- 1. Leicht verfügbares P**
(Extraktionsmethode: Calciumchlorid [CaCl_2], $\text{H}_2\text{O}_{\text{dest.}}$)
- 2. Reversibel verfügbares P**
(Extraktionsmethoden: Calciumlactat [CAL], Doppellactat [DL])
- 3. Wenig verfügbares P**
(Extraktionsmethode: Königswasser [KW])

Räumliche Verteilung der P-Gehalte

Die Hauptfaktoren für die räumliche Verteilung der einzelnen P-Bindungsformen sind (Gassner 2003):

1. Die Bodentextur für *leicht verfügbares P*
2. Die Alterung der Umsetzungsprodukte wasserlöslicher Dünger für *reversibel verfügbares P*
3. Das Vorkommen primärer P-Mineralien sowie die die geomorphologischen Prozesse für *wenig verfügbares P*

Verlagerungsprozesse

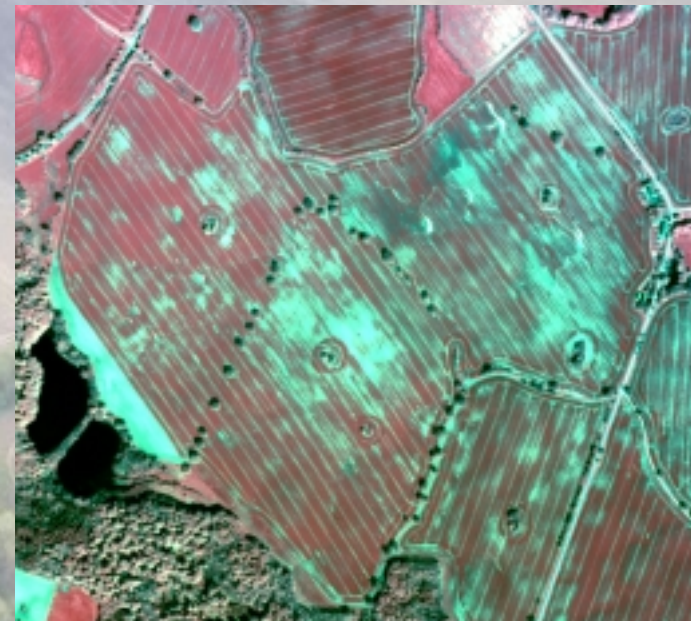
**Oberflächenabfluss und Erosion führen zur räumlichen
Verlagerung von Phosphor.**

**Auswaschung spielt aufgrund der geringen Löslichkeit der P-Verbindungen
eine untergeordnete Rolle.**



Räumliche Variabilität

Die räumliche Variabilität des Bodens innerhalb eines Schlages kann so hoch sein wie die der umgebenden Landschaft (Schnug et al. 1993).



Räumliche Variabilität von P

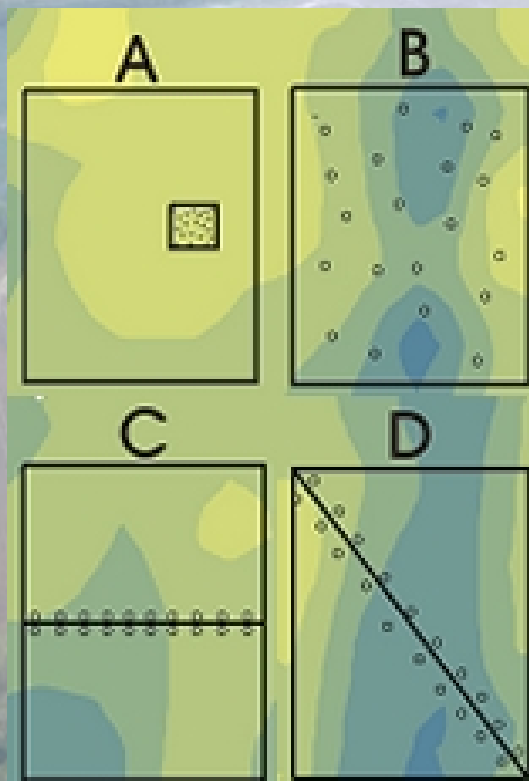
Autor	Proben Raster	Phosphor (P)		Stickstoff (N)	
		ø (mg kg ⁻¹)	C.V. (%)	ø (mg kg ⁻¹)	C.V. (%)
Mallarino et al. (1996)	15 m	45	38	51	55
Cahn et al. (1994)	25 m	74	36	6	60
Noline et al. (1996)	30 m	52	36	10	36
Schnug et al. (2002)	30 m	79	32	53	36

Management von Variabilität

- 1. Erfassung der Variabilität**
- 2. Teilflächenspezifische Bewirtschaftung
(Precision Agriculture)**

Erfassung der Variabilität durch:

Bodenuntersuchung

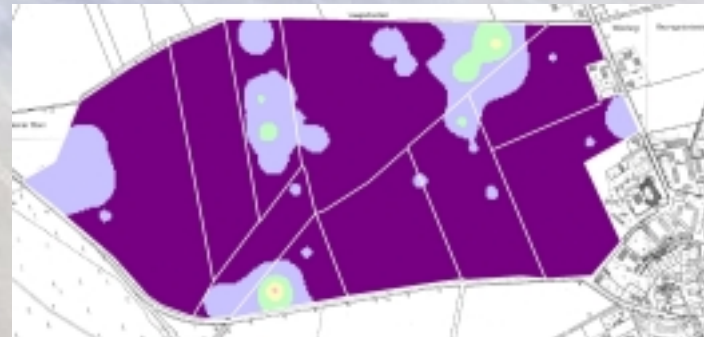


**Herkömmliche
Beprobungsstrategien
(Finck, A. 1979)**



**eigenen sich nicht zur
Erfassung räumlich
variabler Boden-
und Pflanzenparameter.**

Erfassung der Variabilität durch: Bodenuntersuchung



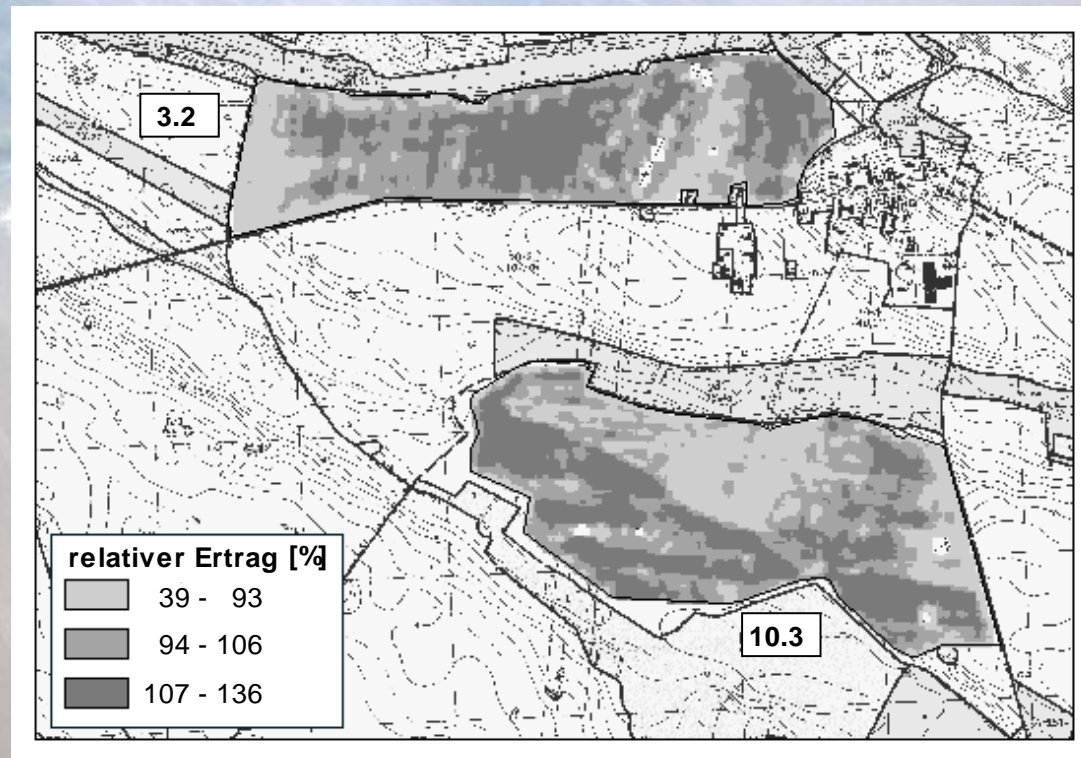
Einzelproben



Mischproben

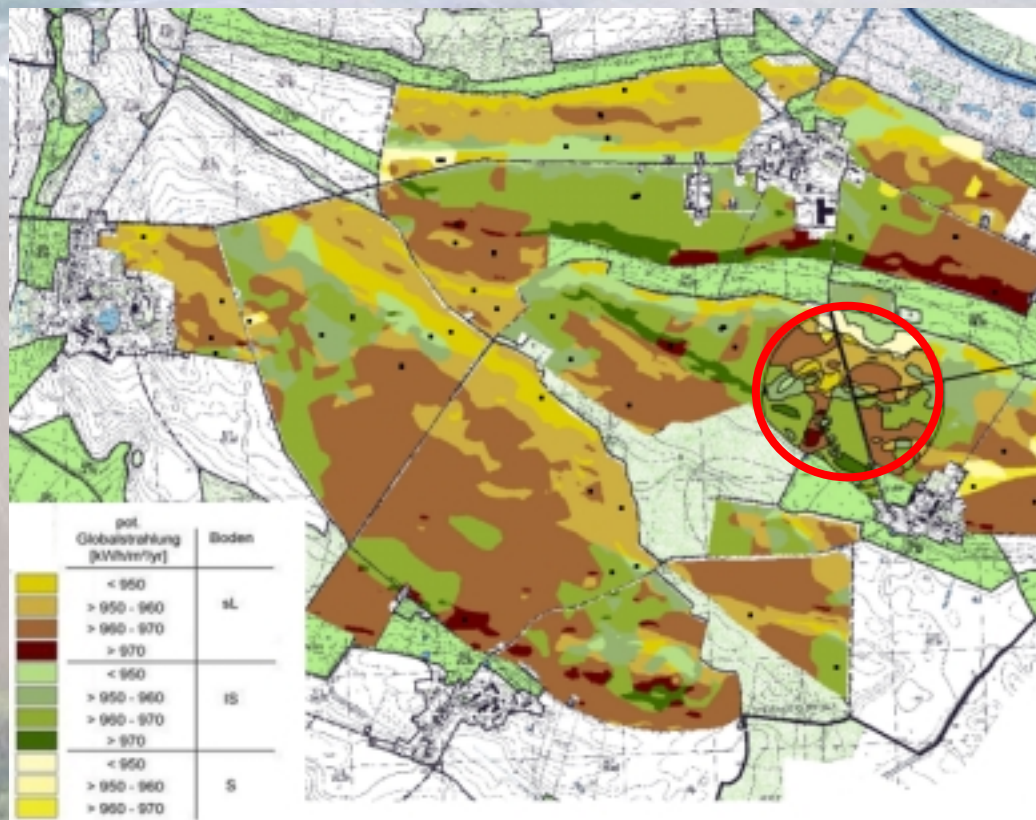


Erfassung der Variabilität durch:



Bestimmung von Equifertilen nach Ertragskarten

Ermittlung der Variabilität über: Monitorpedozellen



Teilflächenspezifische Bewirtschaftung

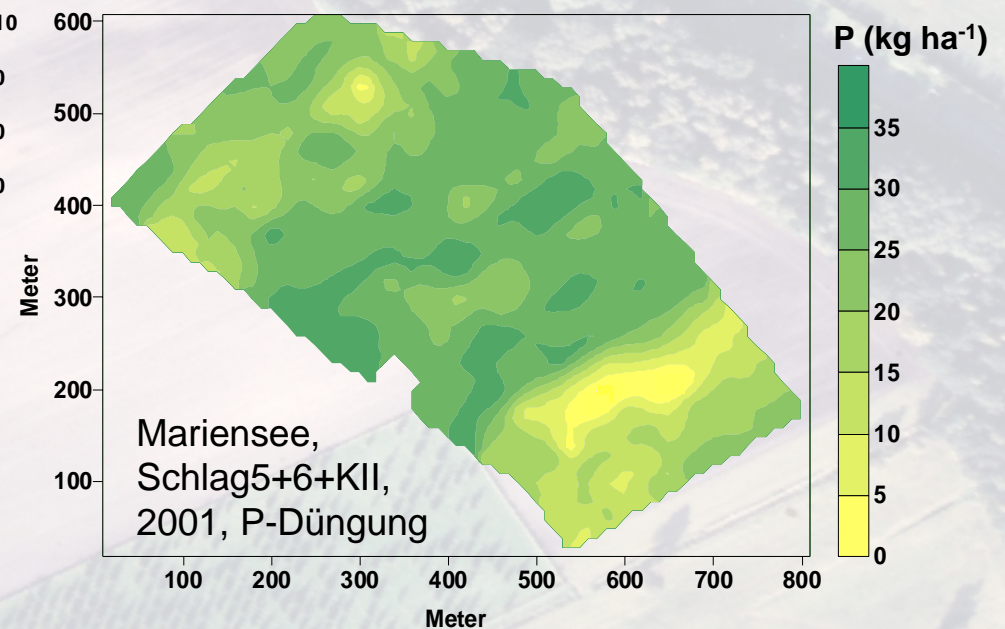
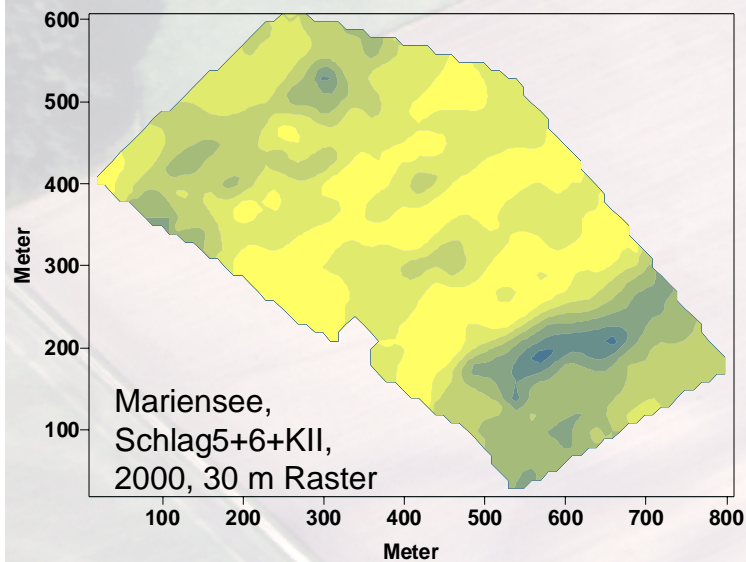
Lokales Ressourcen Management (LRM) ist u.a. ein Konzept zur Anpassung der P-Düngung an die räumliche Variabilität der P-Gehalte im Boden.

Precision Agriculture (PA) ist die technologische Umsetzung von LRM in die landwirtschaftliche Praxis.

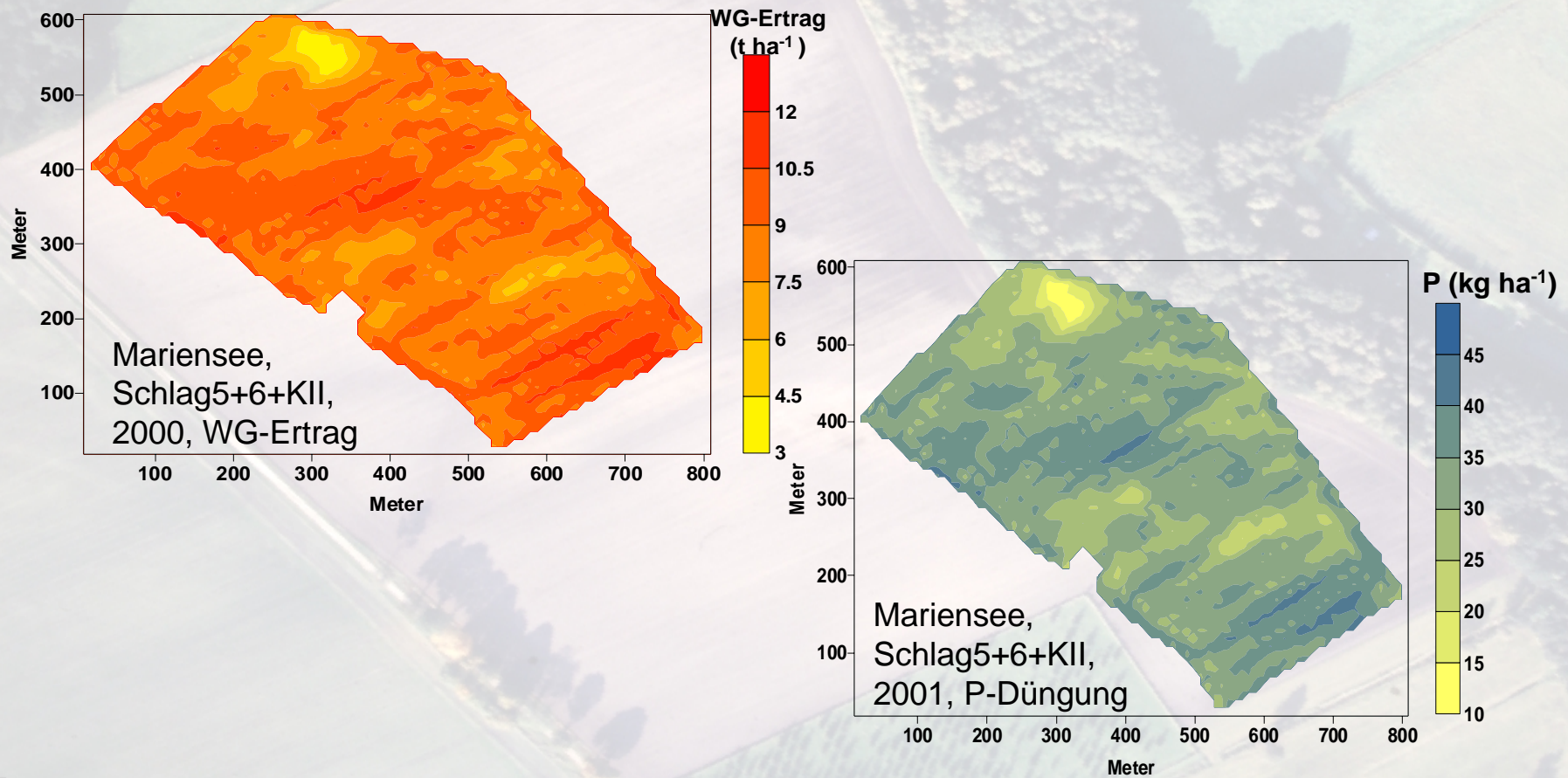
Handlungsoptionen für PA

- **Hochversorgte Bereiche reduzieren**
(verfügbare P- Gehalte halbieren sich bei 0-Düngung nach 8-10 Jahren [Johnston 2003])
- **Düngung bis optimale Versorgung erreicht ist**
- **Düngung auf Entzug**

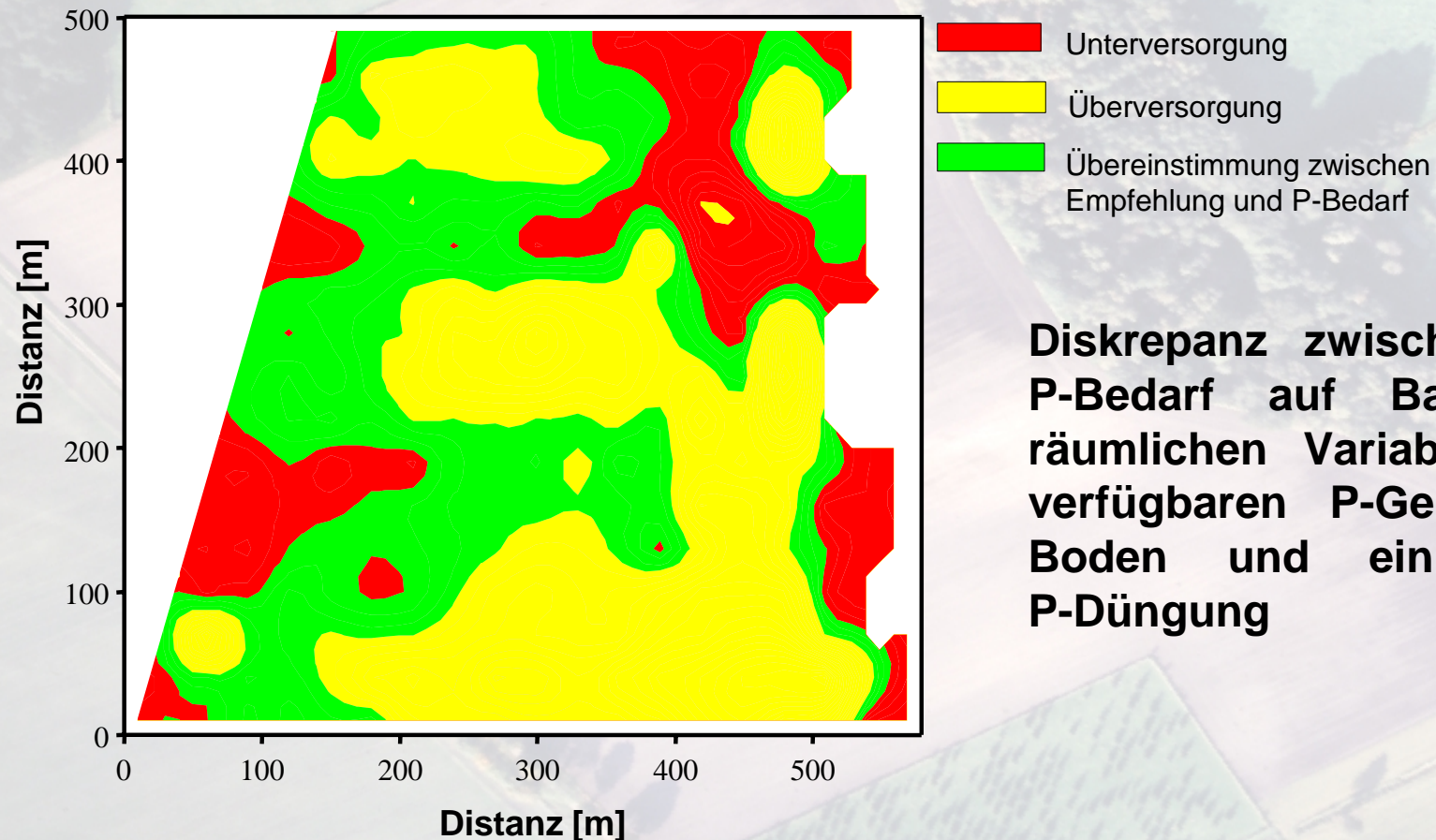
P-Düngung nach Bodenwerten (Fallbeispiel)



P-Düngung nach Entzug (Fallbeispiel)



Einheitliche P-Düngung



Diskrepanz zwischen dem P-Bedarf auf Basis der räumlichen Variabilität der verfügbaren P-Gehalte im Boden und einheitlicher P-Düngung

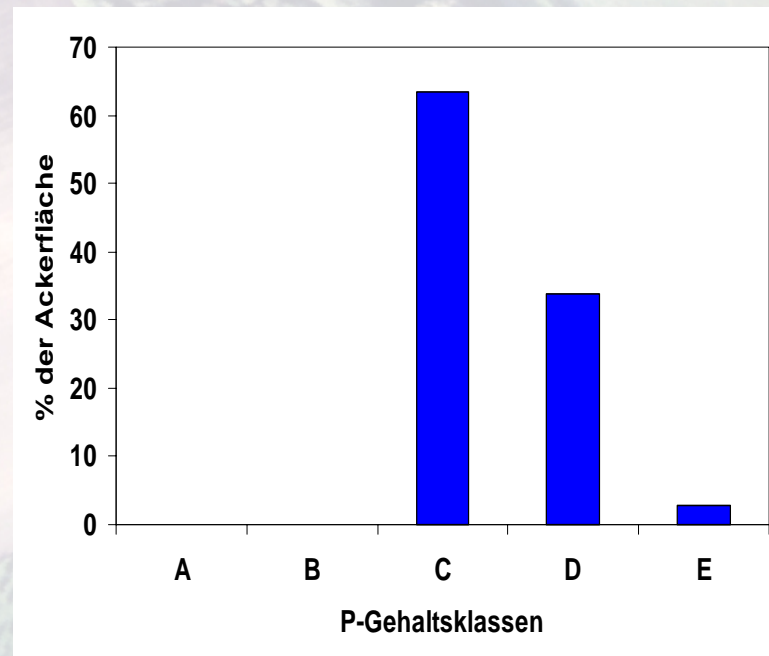
P-Düngung im Vergleich (Fallbeispiel)

Durchschnittliche P-Düngung (kg ha⁻¹)

Einheitliche Düngung	52
Variabel nach Boden	23
Variabel nach Entzug	32

Einheitliche P-Düngung basierend auf mittleren P-Gehalten im Boden aus Mischproben kann zur Überdüngung führen.

Variable P-Düngung nach Bodengehalten führt langfristig zu einer optimalen P-Versorgung.



Rechnet sich variable P-Düngung?

Ursprüngliche Idee:

Variable Düngung sollte durch die Einsparung von Düngemitteln die PA Technologie finanzieren.

PA in den USA (Daberkow et al. 2002)

PA Technologie	Jahr	Mais	Soya	Weizen	Baumwolle
(% der bewirtschafteten Fläche)					
Ertragskartierung	1998	6,7	8,8	< 1	< 1
	1999	11,6	8,5	NV ¹	< 1
	2000	10,7	8,2	1,7	< 1
VR-Düngung	1998	7,6	6,9	1,8	2,6
	1999	10,5	7,1	NV ¹	1,9
	2000	10,6	5,6	3	4,2
VR-Aussaat	1998	2	< 1	1,1	1,4
	1999	2,8	1,5	NV ¹	2
	2000	3,3	1,8	< 1	1,6
VR-Pflanzenschutz	1998	1,3	< 1	1,0	1,6
	1999	1,2	1,5	NV ¹	2,5
	2000	2,9	1,3	< 1	2,4

¹NV: Nicht verfügbar

Rechnet sich variable P-Düngung?

**Die Einsparungen von Betriebsmitteln sind viel zu gering,
um die PA Technologie zu finanzieren!**

Gibt es andere Einsparpotenziale?

Autonome, selbstfahrende Systeme



Einsparung von Personalkosten!

Rechnet sich variable P-Düngung?

Kosten für	Applikation	Kosten*	Einsparungen [€ a ⁻¹]*	
P-Dünger	einheitlich	624 €		
	variabel nach Bodenwerten	348 €	276,-	(44%)
	variabel nach Entzug	240 €	381,-	(62%)
Schlepperfahrer**			30 000,-	(100%)

* 24 ha Fallbeispiel

** gilt für 500 ha Betrieb

Fazit

Bodenuntersuchungen mittels CAL- oder DL-Extrakt spiegeln die Fraktion des reversiblen Phosphats wider.

Monitorpedozellen erfassen die räumliche und zeitliche Variabilität von Bodenmerkmalen bei minimalem Beprobungsaufwand.



Variable Düngung steht im Einklang mit einem nachhaltigen Einsatz der endlichen Ressource Phosphor.

PA-Technologien können nicht allein durch die Einsparung von Düngemitteln finanziert werden.

Erst wenn der letzte Mann geht, kommt Precision Agriculture!?!

