

# Studiengang Agrartechnik

## Modul Bodenkultur und Düngung

WS 2024/2025

Kapitel 10:

## Phosphor- und Kaliumdüngung

# Gliederung des Moduls (Vorlesung)

Teil Bodenkultur

5. Bodenmechanik

6 . Bodenschutz

- Bodenerosion
- Bodenverdichtung

7. Bodenschätzung

Teil Düngung

8. Grundlagen der Düngung

9. Stickstoffdüngung

10. Phosphor- und Kaliumdüngung

11. Schwefel-, Magnesium-, Kalzium-Düngung

12. Organische Düngung

# P- und K-Düngung: Gliederung

## Phosphor

- Phosphor in Pflanze Boden und Dünger

## Kalium

- Kalium in Pflanze, Boden und Dünger

## P-und K-Düngung

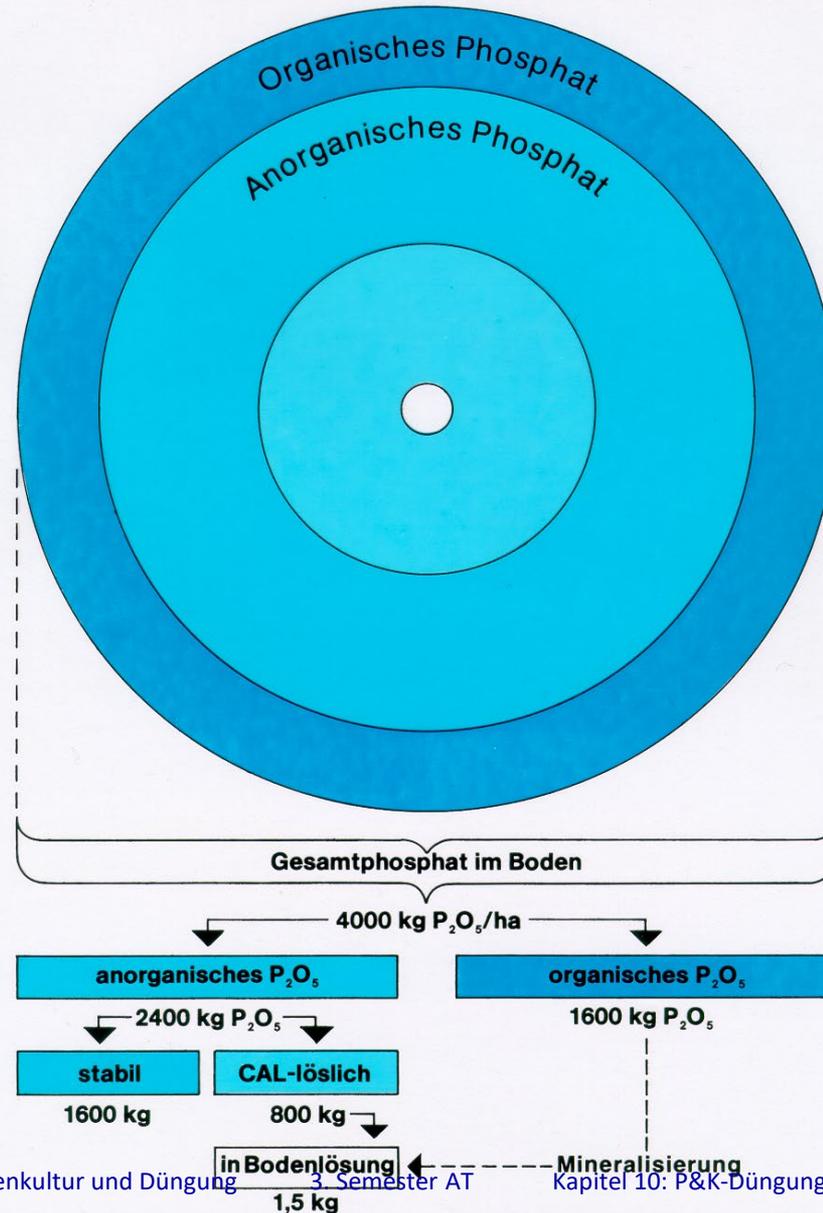
- P-+ K- Düngung nach der Bodenuntersuchung
- Besondere Aspekte der P- und K-Düngung



# Beweglichkeit/Mangelsymptome



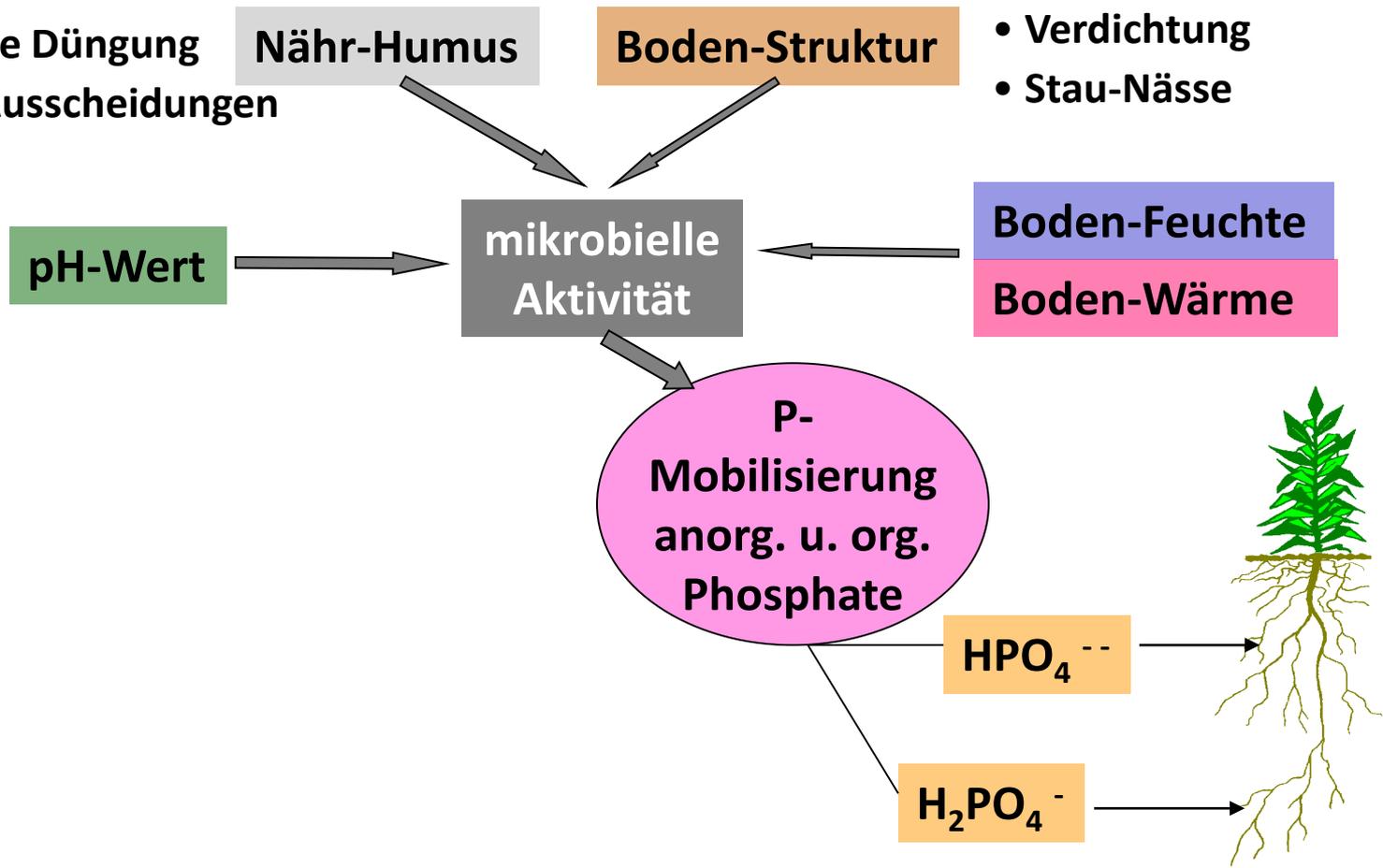
## Die Phosphatfraktionen einer typischen Löß-Parabraunerde

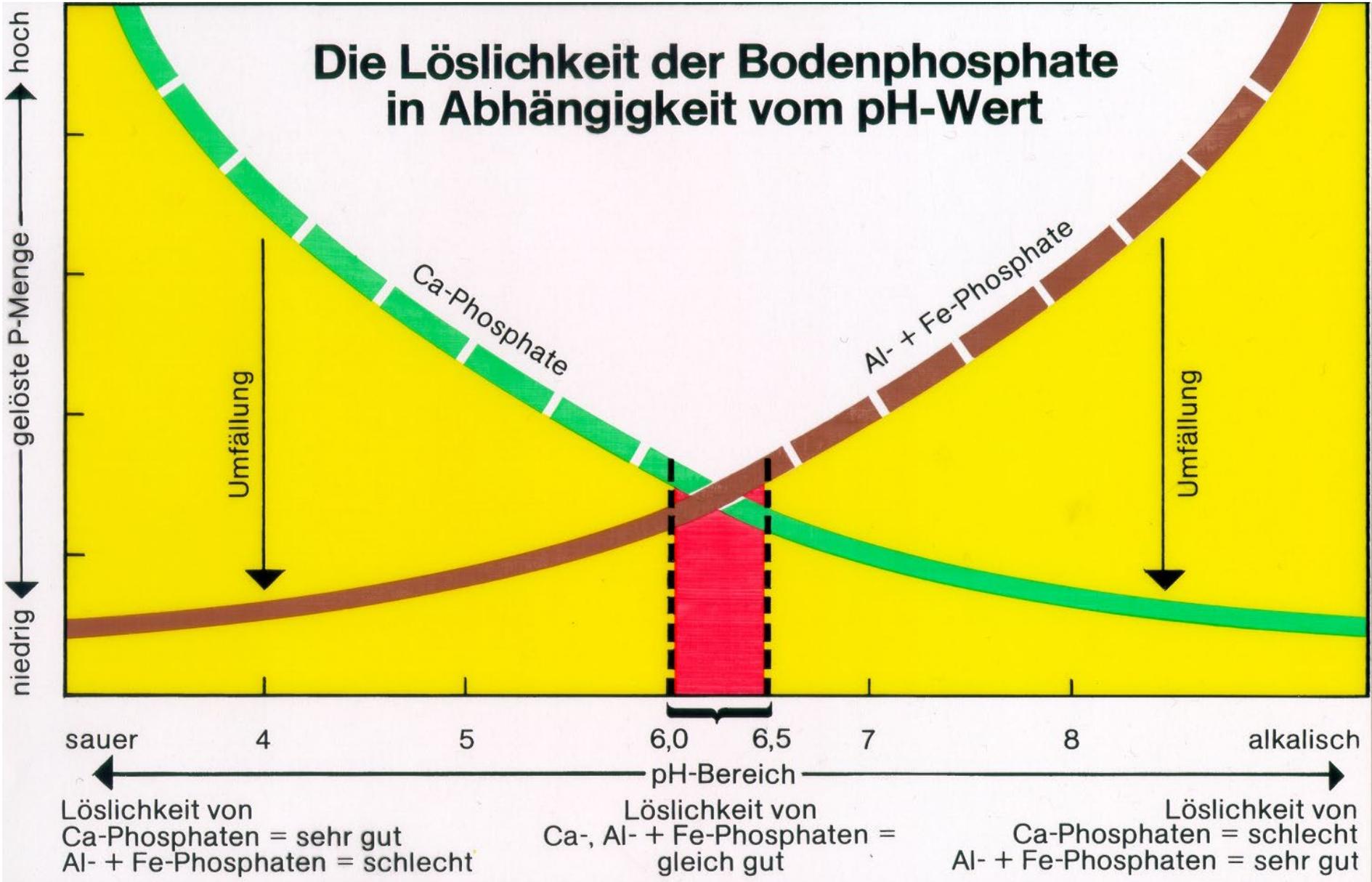


# P-Aufnahme

Welche Faktoren wirken auf die P-Aufnahme ?

- organische Düngung
- Wurzel- Ausscheidungen





# Herstellung von Phosphat-Einzeldüngern

aus **Rohphosphaten** durch

- physikalischen Aufschluß = vermahlen → **vermahlene (weicherdiges) Rohphosphat** („Hyperphos“)
- physikalischen + chemischen Aufschluß:
  - Vollaufschluß mit **Schwefelsäure** → **Superphosphat**  
Gemisch aus Monocalciumphosphat und Gips
  - Vollaufschluß mit **Phosphorsäure** → **Triple**superphosphat
  - Vollaufschluß mit **Salpetersäure** und Neutralisation mit **Ammoniak**  
→ **Ammonphosphat**
  - Teilaufschluß mit Schwefelsäure → **teilaufgeschlossene Phosphate**  
 („Novaphos“)

aus **Schlacke der Roheisenherstellung**

- ✍ Roheisen + Kalkstein + Sauerstoff (1900 °C im Konverter) → Schlacke → Mühle → **Thomasphosphat**, Thomaskalk, Konverterkalk

# Gehalte und Löslichkeiten verschiedener Phosphat-Dünger

Produkt	Gesamt- gehalt [% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ]	Wasser- löslichkeit [%]	Charakterisierung der P- Löslichkeit	Bemerkungen
Superphosphat	18	>93	Neutralammoncitrat löslich	enthält ca. 50% CaSO <sub>4</sub>
Triplesuperphosphat	50	>93	Neutralammoncitrat löslich	
Thomasphosphat	15	k.A. <sup>1</sup>	löslich in 2%iger Zitronensäure	enthält ca. 5% Ca sowie Fe, Mg, Mn
teilaufgeschlossenes Rohphosphat	>20	>40		Mindestvermahlungsgrad 98% feiner 0,63 mm 90% feiner 0,16mm
weicherdiges Rohphosphat	>25	k.A. <sup>1</sup>	mind. 55% in 2%iger Ameisensäure löslich	Mindestvermahlungsgrad 90% feiner 0,063 mm 99% feiner 0,125 mm

# P- und K-Düngung: Gliederung

## Phosphor

- Phosphor in Pflanze Boden und Dünger

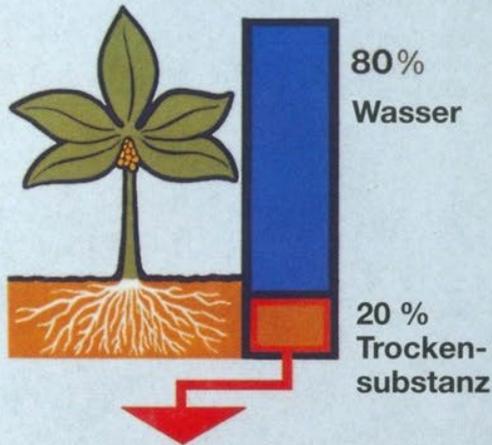
## Kalium

- Kalium in Pflanze, Boden und Dünger

## P-und K-Düngung

- P-+ K- Düngung nach der Bodenuntersuchung
- Besondere Aspekte der P- und K-Düngung

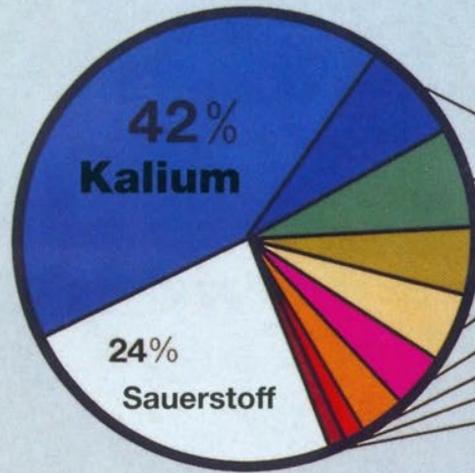
# Die durchschnittliche Zusammensetzung der Pflanze



Die Trockensubstanz setzt sich zusammen aus:

- 30% Rohfaser
- 12% Eiweiß
- 48% stickstofffreie Extraktstoffe
- 4% Fett

**6%** Asche



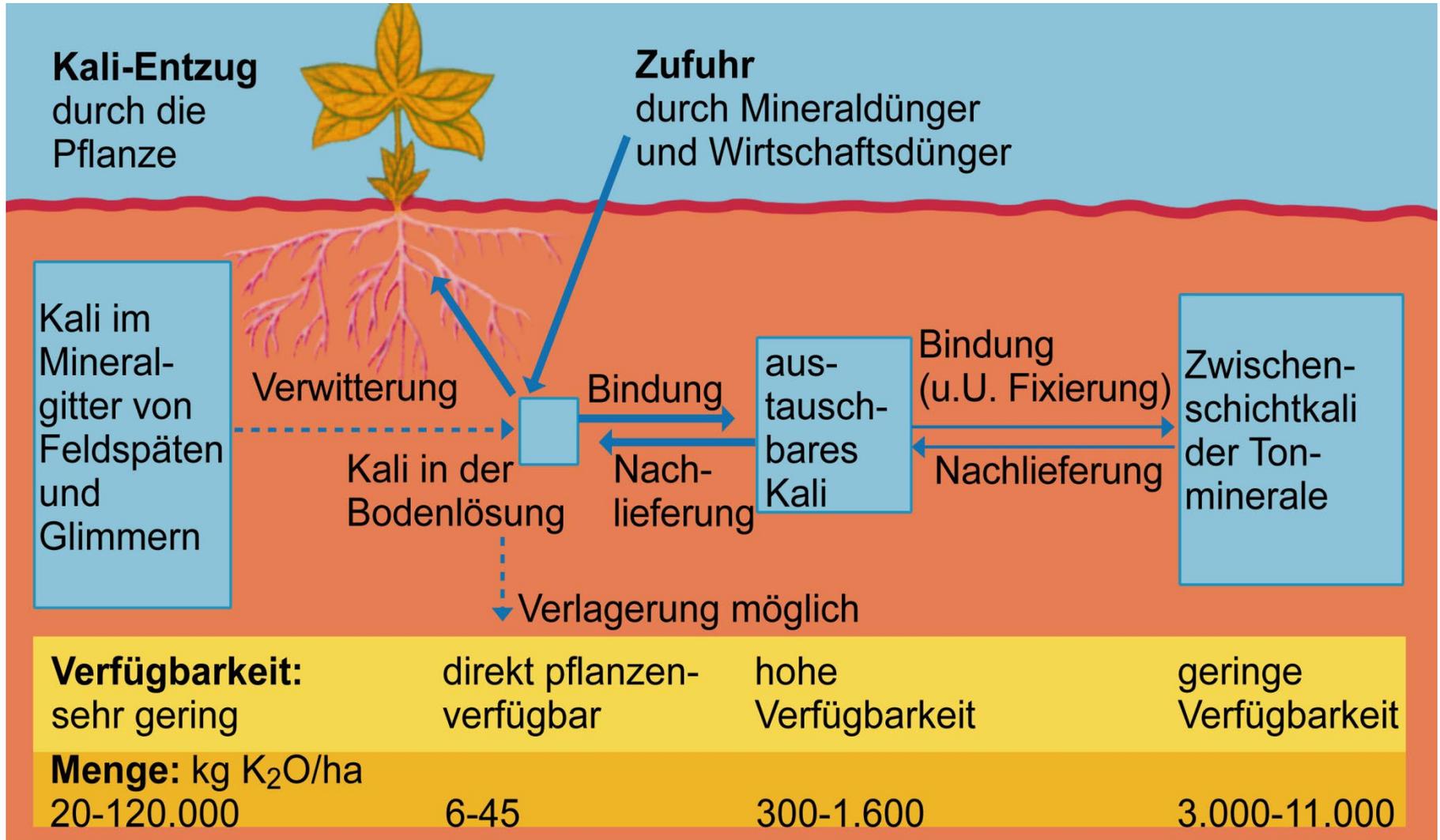
Die Asche setzt sich zusammen aus:

- 42% Kalium
- 24% Sauerstoff
- 7% Chlorid
- 7% Silizium
- 5% Phosphat
- 5% Calcium
- 4% Magnesium
- 4% Schwefel
- 1% Natrium
- 1% Spurenelemente  
z. B. Eisen,  
Mangan,  
Zink,  
Kupfer,  
Bor u. a.

Quelle: K+S-Folienserie

Auch der hohe Kalidgehalt in der Asche aller Pflanzen – die Grafik stellt eine Durchschnittsanalyse dar – weist auf den hohen Kalibedarf und damit auf die Bedeutung des Kalis für die Ernährung der Pflanze hin.

# Kali-Dynamik im Boden





# Kaliumdünger

- Kalidüngemittel werden aus Kali-Rohsalzen hergestellt
  - ✍ Zusammensetzung  $\text{KCl} + \text{NaCl} + \text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  in veränderlichen Anteilen
  - ✍ In Deutschland Abbau Untertage in 600 - 1000 m Tiefe
- Rohsalze werden zunächst vermahlen
  - ✍ „Magnesia-Kainit grob“
  - ✍ 12 %  $\text{K}_2\text{O}$ , vorwiegend als  $\text{KCl}$ ; 6%  $\text{MgO}$
- zur Herstellung höher konzentrierter Dünger müssen Begleitelemente abgetrennt werden
  - ✍ Heißlöseverfahren
  - ✍ Flotationsverfahren
  - ✍ Elektrostatisches (ESTA)-Verfahren

Produkt	K <sub>2</sub> O-Gehalt [%]	Bindungsform	Sonstige Nährstoffe
40er Kali	40	KCl	6% MgO 3% Na 4% S
60er Kali	60	KCl	
Kali- Rohsalz	11	KCl	5% MgO 20% Na 4% S
Kaliumsulfat	50	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	18% S
Patentkali	30	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10% MgO 17% S
Kali-Nitrat	45	KNO <sub>3</sub>	13% N

# P- und K-Düngung: Gliederung

## Phosphor

- Phosphor in Pflanze Boden und Dünger

## Kalium

- Kalium in Pflanze, Boden und Dünger

## P-und K-Düngung

- P-+ K- Düngung nach der Bodenuntersuchung
- Besondere Aspekte der P- und K-Düngung

# Bemessung der Phosphat- und Kaliumdüngung

## Der Düngebedarf für P und K richtet sich nach...

- ...dem Nährstoffgehalt des Bodens
  - ✍ Wird durch vorgeschriebene Bodenuntersuchung ermittelt
- ...der Nährstoffabfuhr der angebauten Fruchtarten
  - ✍ Wird durch Tabellenwerte ermittelt
- ...den Standortfaktoren
  - ✍ Bodenart
  - ✍ Humusgehalt (Gehaltsklasseneinteilung bei Moorböden anders)

## Gehaltsstufen von P und K

*Tabelle 12: Gehaltsklassen für Phosphat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) bei Acker- und Dauergrünlandböden (CAL-Methode)*

Gehaltsklasse	alle Mineralbodenarten mg/100 g Boden		Anmoor mg/100 g Boden Moor mg/100 ml Boden	
	Acker	Dauergrünland	Acker	Dauergrünland
A sehr niedrig	< 5	< 5	< 3	< 3
B niedrig	5 - 9	5 - 7	3 - 6	3 - 5
<b>C anzustreben (optimal)</b>	<b>10 - 20</b>	<b>8 - 20</b>	<b>7 - 14</b>	<b>6 - 14</b>
D hoch	21 - 30	21 - 30	15 - 21	15 - 21
E sehr hoch	> 30	> 30	> 21	> 21

Umrechnungsfaktor:  $P = P_2O_5 \times 0,436$

## Gehaltsstufen von P und K

Tabelle 13: *Gehaltsklassen für Kali (K<sub>2</sub>O) bei Acker- und Dauergrünland*

Gehaltsklasse	leichte Ackerböden (S, I'S)	mittlere Ackerböden (IS, uL) und Dauergrünland	schwere Ackerböden (tL, T)	Anmoor <sup>*</sup> /Moor <sup>**</sup> Acker und Dauergrünland
	mg/100 g Boden			*mg/100 g Boden **mg/100 ml B.
A sehr niedrig	< 4	< 5	< 7	< 4
B niedrig	4 - 7	5 - 9	7 - 14	4 - 7
<b>C anzustreben (optimal)</b>	<b>8 - 15</b>	<b>10 - 20</b>	<b>15 - 25</b>	<b>8 - 15</b>
D hoch	16 - 25	21 - 30	26 - 35	16 - 25
E sehr hoch	> 25	> 30	> 35	> 25

Umrechnungsfaktor:  $K = K_2O \times 0,830$

# Gehaltsklassen des Bodens und Erfordernisse für die Düngung

Gehaltsklasse	Düngungsempfehlung	Ziel der Düngung: Gehaltsklasse C
A (niedrig)	stark erhöhte Düngung	<p>C= Erhaltungs- düngung</p> <p>Zeit</p>
B (mittel)	mäßig erhöhte Düngung	
C (hoch)	Erhaltungsdüngung	
D (sehr hoch)	1/2 Erhaltungsdüngung	
E (besonders hoch)	z. Zt. keine Düngung	

# Bemessung der Phosphat- und Kaliumdüngung

## Der Düngbedarf für P und K richtet sich nach...

- ...dem Nährstoffgehalt des Bodens
  - ✍ Wird durch vorgeschriebene Bodenuntersuchung ermittelt
- ...der Nährstoffabfuhr der angebauten Fruchtarten
  - ✍ Wird durch Tabellenwerte ermittelt
- ...den Standortfaktoren

### Anhang 1: Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten, Stand: Juli 2011, entspricht der Düngeverordnung Anlage 1 Tabelle 1

Hauptfrucht	Ernteprodukt	Nährstoffgehalt kg/dt Frischmasse				Roh- protein % in TS	mittlerer Ertrag dt/ha	HNV <sup>2)</sup> 1:x	Grund- futter
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO				
<b>Getreide, Körnermais</b>									
Winterweizen	Korn (86%TS)	1,81	0,80	0,60	0,20	12	70	0,8	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	2,21	1,04	1,72	0,36				
Sommerweizen	Korn (86%TS)	1,81	0,80	0,60	0,20	12	60	0,8	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	1,40	0,20				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	2,21	1,04	1,72	0,36				
Wintergerste	Korn (86%TS)	1,65	0,80	0,60	0,20	12	60	0,7	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	2,00	1,01	1,79	0,27				
Sommerfuttergerste	Korn (86%TS)	1,65	0,80	0,60	0,20	12	45	0,8	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	2,05	1,04	1,96	0,28				
Braugerste	Korn (86%TS)	1,38	0,80	0,60	0,20	10	45	0,7	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	1,70	0,10				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	1,73	1,01	1,79	0,27				
Roggen	Korn (86%TS)	1,51	0,80	0,60	0,10	11	50	0,9	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	2,00	0,20				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	1,96	1,07	2,40	0,28				
Hafer	Korn (86%TS)	1,51	0,80	0,60	0,20	11	50	1,1	
	Stroh (86%TS)	0,50	0,30	1,70	0,20				
	Korn + Stroh <sup>1)</sup>	2,06	1,13	2,47	0,42				

*Tabelle 29: Düngbedarf auf Ackerflächen mit den empfohlenen Zu- und Abschlägen auf der Basis der ermittelten Gehaltsklassen des Bodens*

Gehaltsstufe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -Düngung alle Bodenarten	K <sub>2</sub> O-Düngung	
		leichte Böden (S - I <sub>S</sub> )	mittlere und schwere Böden (IS - T)
A sehr niedrig	Abfuhr + 60 kg/ha	Abfuhr + 40 kg/ha	Abfuhr + 75 kg/ha
B niedrig	Abfuhr + 60 kg/ha	Abfuhr + 40 kg/ha	Abfuhr + 75 kg/ha
<b>C anzustreben (optimal)</b>	<b>Abfuhr</b>	<b>Abfuhr</b>	<b>Abfuhr</b>
D hoch	1/2 Abfuhr	1/2 Abfuhr	1/2 Abfuhr
E sehr hoch	keine	keine	keine

**Achtung: Ab 2022 keine Differenzierung nach der Bodenart mehr!**

Bei Einsatz von **organischem Dünger** werden die damit ausgebrachten Nährstoffmengen vom ermittelten Düngebedarf abgezogen, entweder

- ...nach Durchschnittsgehalten (lt. Gelbem Heft, Anhang 7)
- ...nach individueller Analyse des Düngers



Anhang 7: Nährstoffgehalte organischer Dünger zum Zeitpunkt der Ausbringung, die anrechenbaren gasförmigen N-Verluste im Stall und im Lager sind berücksichtigt, Stand: Juli 2011 P&K-Düngung

organischer Dünger	Einheit	Nährstoffgehalt						
		kg/t bzw. m <sup>3</sup>						
		N	N o. Stroh <sup>2)</sup>	NH <sub>4</sub> -N <sup>3)</sup>	N-schnell <sup>5)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Gerstenstroh (90%TS)	t	5,0		-	-	3,0	17,0	1,0
Haferstroh (90%TS)	t	5,0		-	-	3,0	17,0	2,0
Roggenstroh (90%TS)	t	5,0		-	-	3,0	20,0	2,0
Weizenstroh (90%TS)	t	5,0		-	-	3,0	14,0	2,0
Streuwiese (90%TS)	t	6,0		-	0,9	2,5	7,0	2,0
Klärschlamm (5% TS)	m <sup>3</sup>	1,8		0,6	0,7	1,6	0,2	0,5
Klärschlamm (25 % TS)	t	4,5		0,8	1,2	6,5	0,8	2,0
Klärschlamm (50 %TS)	t	7,5		0,8	1,5	12,0	1,0	4,0
Milchviehgülle (Grünland, 7,5 % TS)	m <sup>3</sup>	3,8		1,9	2,3	1,5	5,8	1,0
Milchviehgülle (Acker, 7,5 % TS)	m <sup>3</sup>	3,5		1,7	2,1	1,4	5,0	1,0
Mastbullengülle (7,5 % TS)	m <sup>3</sup>	3,8		1,9	2,3	1,8	4,2	1,0
Mastschweinegülle (5 % TS)								
Standardfutter	m <sup>3</sup>	3,8		2,7	2,9	2,5	2,5	1,8
N-,P-reduziert	m <sup>3</sup>	3,3		2,3	2,5	2,1	2,5	1,8
Zuchtsauengülle (mit Ferkel 5 % TS)								
Standardfutter	m <sup>3</sup>	3,9		2,7	3,0	2,9	2,6	1,8
N-,P-reduziert	m <sup>3</sup>	3,7		2,6	2,8	2,4	2,4	1,8
Rindermist, Kurz-,Mittellangstand (25% TS)	t	5,0	4,3	0,8	1,2	4,3	6,9	2,0
Rindermist, Tiefstall (25% TS)	t	5,2	4,2	0,8	1,2	2,7	10,0	2,2
Schweinemist (25% TS)	t	6,0	4,9	0,9	1,4	6,5	6,5	3,0
Pferdemist (30%TS)	t	4,6	3,5	0,6	1,0	3,6	10,9	1,4
Schafmist (30% TS)	t	4,7	3,3	0,5	0,9	2,8	11,1	3,2
Hühnemist (50 % TS)	t	17,5	16,5	8,8	12,3	15,0	15,5	5,5
Hühnerkot (50 % TS)	t	17,5		8,8	14,0	15,0	13,5	5,0
Putenmist (60 % TS)	t	24,8	24,0	7,4	14,4	21,0	22,9	5,0
Masthähnchenmist (60 % TS)	t	16,4	15,3	3,3	8,3	15,5	18,1	8,8

Schlagnummer: 1

 Schlagname: Hofacker

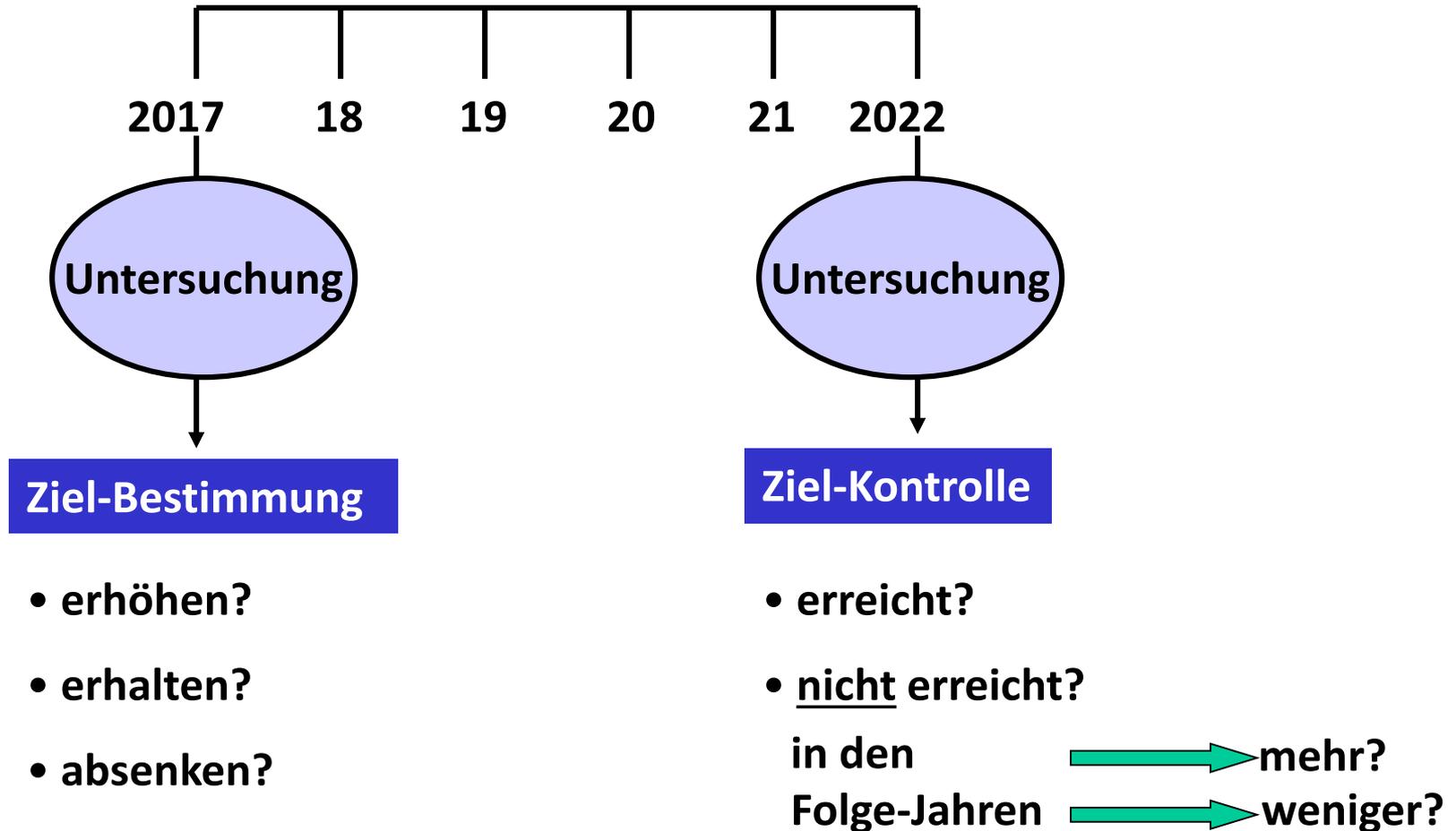
 Bodenversorgung: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> D K<sub>2</sub>O B

		2007		2008		2009				Summe der Jahre		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
<b>Berechnung Düngebedarf</b>	<b>Hauptfrucht</b> (+ abgefahrenes Nebenprodukt)	S-Mais		W-Weizen (Korn+Stroh)		W-Gerste (Korn)						
	Ertrag dt/ha	550		80		70						
	Nährstoffgehalt kg/dt (siehe Anhang 1)	0,16	0,45	1,04	1,72	0,8	0,6					
	Abfuhr kg/ha	3=1*2	88	247	83	138	56	42			227	427
	<b>Zwischenfrucht abgefahren</b>	Weidelgras										
	Ertrag dt/ha	250										
	Nährstoffgehalt kg/dt (siehe Anhang 1)	0,16	0,65									
	Abfuhr kg/ha	6=4*5	40	163							40	163
	<b>Bodenuntersuchung</b> Zu- und Abschläge, siehe Tabelle 24	7	1/2 Abfuhr	75	1/2 Abfuhr	75	1/2 Abfuhr	75			1/2 Abfuhr	225
<b>Düngebedarf kg/ha</b>	8=3+6+7	64	485	42	213	28	117			134	815	
<b>Mineralische und org. Düngung</b>	<b>Org. Düngung (Art)</b>	Gülle		Gülle								
	Menge t bzw. m <sup>3</sup> /ha	50		30								
	Nährstoffgehalt kg/t bzw. m <sup>3</sup> (siehe Anhang 7)	1,4	5	1,4	5							
	Zufuhr kg/ha	11=9*10	70	250	42	150					112	400
	<b>Min. Düngebedarf kg/ha</b>	12=8-11	-6	235	0	63	28	117			22	415
<b>Praxisempfehlung kg/ha*</b>		<b>22</b>	<b>315</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>--</b>	<b>100</b>			<b>22</b>	<b>415</b>	

\* (Fruchtfolgedüngung mit praxisgerechten Mineraldüngermengen, dabei werden die Hack- bzw. Blattfrüchte bevorzugt)

# Aufgabe der Bodenuntersuchung

Welche Aufgabe hat die P/K-Bodenuntersuchung?



## **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / K<sub>2</sub>O- Düngungs-Zeitpunkte**

- **Stoppel-Düngung**
- **zur Herbst- oder Winterfurche**
- **zu Vegetations-Beginn im Frühjahr**
  - v.a. bei schlecht versorgten Böden
- **vor der Saat der Sommerungen**

# Neuere Entwicklungen in der P + K- Düngung

- Differenzierung zwischen Hack- und Halmfrüchten
- Differenzierung nach Düngerpreisen
- Differenzierung nach Anwendungszeitpunkten

## Empfehlung der LfL

- Langfristig sollte die P- und K-Düngung so bemessen werden, dass eine Bodenversorgung von 10-15 mg/100 g Boden (CAL) erreicht bzw. erhalten wird.
- Bei einer Bodenversorgung von 10-15 mg ist die Abfuhr der Fruchtfolge zur Hackfrucht zu geben.
- Bei kurzfristig extrem hohen Düngerpreisen kann ggf. auch bei einer Bodenversorgung von unter 15 mg auf die Grunddüngung verzichtet werden. Langfristig muss aber die eingesparten Nährstoffmenge mit Düngermengen über Abfuhr wieder ausgeglichen werden.