

Kapitel 3c

Weitere mineralische Düngemittel

Fragenliste – Kapitel 3c

1. Nennen Sie drei mineralische Düngemitteltypen mit unterschiedlichen P-Bindungsformen.
2. Was hat die P-Bindungsform in mineralischen Düngern mit der Aufbereitung des P-haltigen Gesteins und mit der Wirksamkeit der jeweiligen P-Form im Boden zu tun?
3. Was bedeutet es wenn man von „langsam“ oder „schnell“ wirkendem P-Formen spricht? Nennen Sie dafür jeweils eine passende P-Form!
4. Wie charakterisiert man üblicherweise die Verfügbarkeit des P in mineralischen Düngern? Welche Mittel werden dazu eingesetzt und was beschreiben diese jeweils für eine P-Fraktion?
5. Im ökologischen Anbau sind nur die Rohphosphate (=mechanisch aufbereitetes, vor allem gemahlenes Gestein) als mineralische P-Dünger zugelassen. Was muss mit dem Rohphosphat geschehen, damit Pflanzen das Phosphat aufnehmen können? Welche Bedingungen im Boden begünstigen die Nutzung von Rohphosphaten, welche stehen dem entgegen?
6. Stellen Sie die prinzipiellen Reaktionsschritte des Abbaus von Rohphosphats im Boden dar und vergleichen Sie das mit Kalk!
7. Kann ein langsam wirkendes Phosphat sich aufgrund der spezifischen Umstände im Boden doch als vergleichsweise schnell wirkend erweisen? Begründen Sie Ihre Meinung!
8. Anhand welcher Informationen wählen Sie den für Ihre Situation geeigneten mineralischen P-Dünger aus?
9. Ist bei der Auswahl eines mineralischen K-Düngers die K-Form im Dünger zu berücksichtigen?
10. Warum ist das Begleitung zum Kalium in den mineralischen K-Düngemitteltypen von Bedeutung? Nennen Sie zwei Gründe und erklären Sie diese!
11. Welche Überlegungen stellen Sie an, wenn Sie Ihren mineralischen K-Dünger festlegen?
12. Welche Möglichkeiten sehen Sie um die Mg-Versorgung eines Bestandes über die Mineraldüngung effizient sicherzustellen? Stellen Sie mindestens 3 Möglichkeiten dar!
13. Welche Bindungsformen von Mg kennen Sie? Nennen Sie mindestens 3 Bindungsformen!
14. Welchen Düngertyp könnten Sie nehmen, wenn Sie Mg mit S (K, Kalk, Spritzung) kombinieren möchten?
15. Nach welchen Kriterien wählen Sie Ihren mineralischen S-Düngertyp aus?
16. Worin sehen Sie Vorteile von Mehrnährstoffdüngern? Warum ist es kritisch anzusehen, wenn man den Mehrnährstoffdünger selber aus separaten Düngemitteltypen zusammen mischt?

P-Düngemittel

P-Düngemittel – Auswahl, schnell(er) wirkend

Dünger	Gehalt % P_2O_5	Löslichkeit, Nebenbestandteile
--------	-------------------	--------------------------------

Schnell wirkend (granuliert)

Superphosphat	18	93 % wasserlöslich + 50 % Gips
Triplephosphat	45	93 % wasserlöslich

Schnell u. langsam wirkend (granuliert), teilaufgeschlossenes Phosphat

Novaphos, Carolon- Phosphat	(23-26)	30-50 % wasserlöslich + 30 % zitronensäurelöslich + 20 % Gips mit 4 % Mg (7 % MgO)
Cederan 23		
Mg-Novaphos	17	

Aus: Finck 1991

P-Düngemittel - Auswahl, langsam(er) wirkend

Dünger	Gehalt % P_2O_5	Löslichkeit, Nebenbestandteile
--------	-------------------	--------------------------------

Langsam wirkend (feinvermahlen)

Thomasphosphat	15	zitronensäurelöslich mit Fe, Mg, Mn
----------------	----	--

Sehr langsam wirkend

Weicherdiges Rohphosphat (z.B. Hyperphos, Granuphos)	(30)	mind. 55 % Ameisensäurelöslich (Hyperphos-Magnesia)
---	------	--

Langfristig wirkend

Rohphosphat	(30)	mind. 40 % Ameisensäurelöslich (mit Mg-Kalk)
-------------	------	---

Aus: Finck 1991

Übersicht zu mineral. P-Düngern (I)

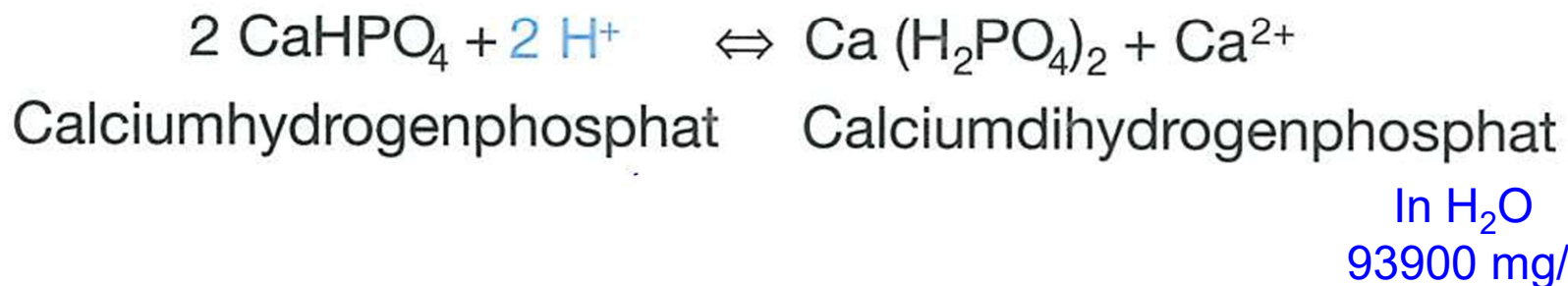
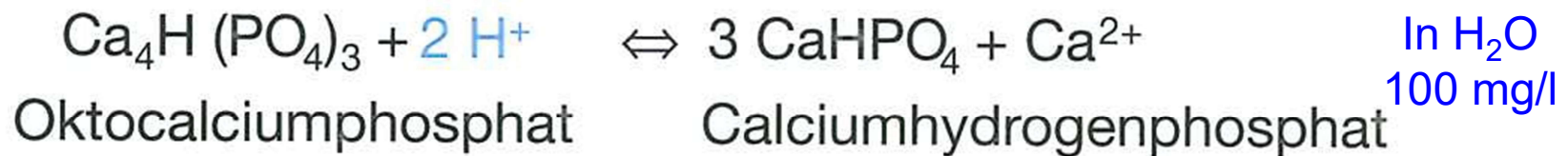
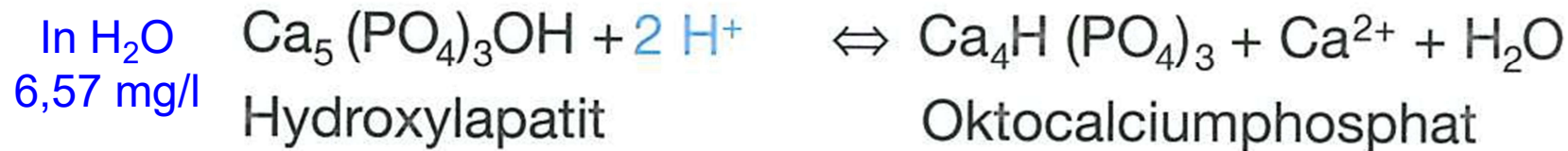
Produkt	P ₂ O ₅ -Gehalt (%)	Löslichkeit (%)				
		Wasser	Ammon- citrat	Zitronen- säure	Ameisen- säure	Mineral- säure
Hyperphos 31 Weicherdiges Rohphosphat	31				66	100
Novaphos 23 Teilaufgeschlossenes Rohphosphat	23		25	25		100
(Single) Superphosphat (SSP)	18	> 93				
Triple Superphosphat (TSP)	46	> 93				
Diammonphosphat 18+46 (DAP)	46	> 93				

$$\text{Umrechnungsfaktor P} = \text{P}_2\text{O}_5 * 0,436$$

Übersicht zu mineral. P-Düngern (II)

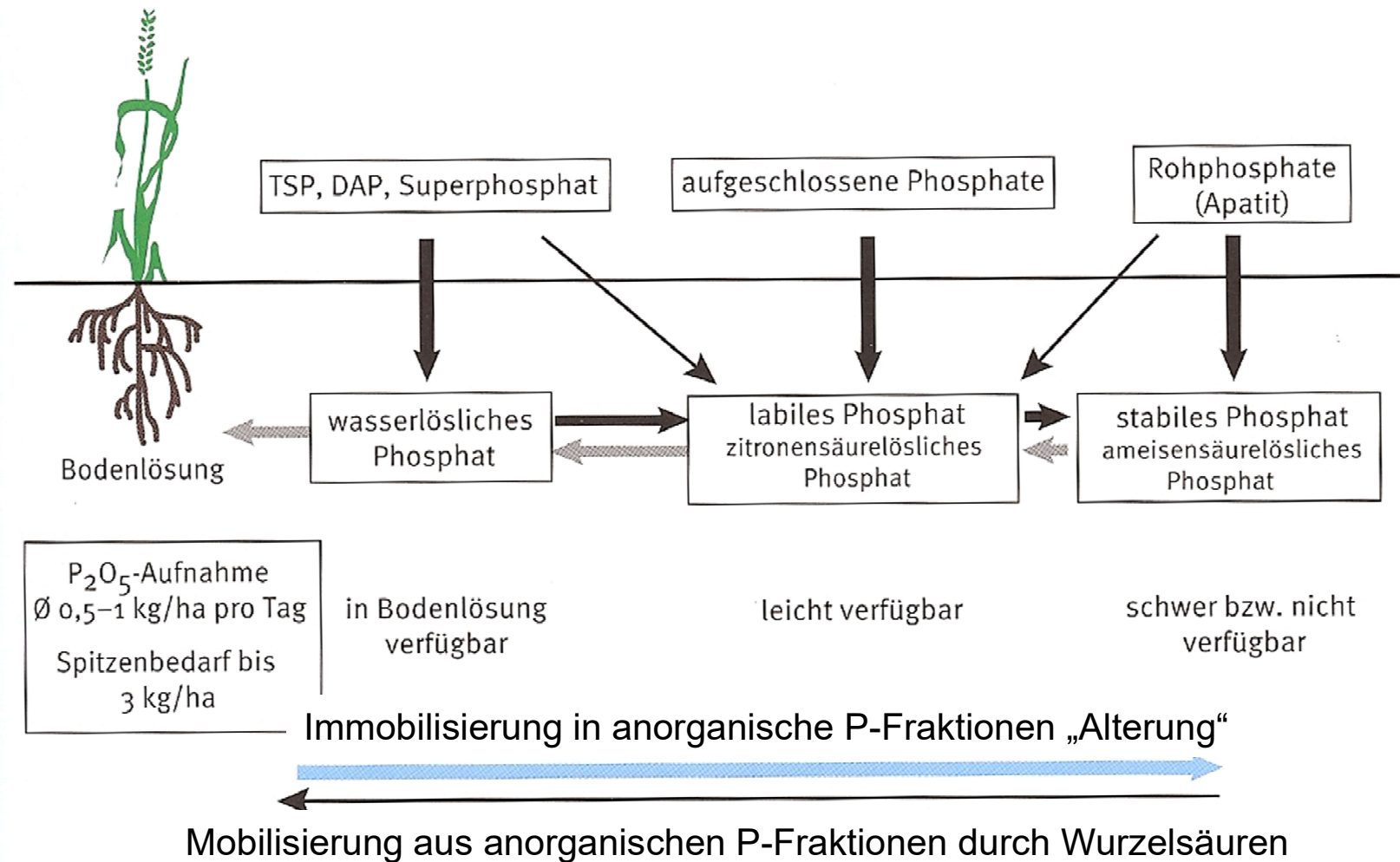
Düngemittel	Löslichkeit	% P
Hyperphos	80% Ameisensäure 20% Mineralsäure	13
Novaphos	40% Wasser 30% Citronensäure 30% Mineralsäure	10
Thomasphosphat	100% Citronensäure	7
Superphosphat	> 93% Wasser	8
Triple superphosphat	> 93% Wasser	22

Umsetzung der mineralischen P-Formen aus Düngern



Ergänzt nach Schubert, 2011

Löslichkeit von P-Düngerformen --- Anwendung



Verändert nach: Knittel et al. 2012

Ernährungszustand von jungen Winterweizenpflanzen auf Praxisflächen

Anteil in %

Ernährungs- zustand	2006 n = 133				2007 (trockenes Frühjahr) n = 47			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
niedrig	1	35	8	0	23	70	36	0
ausreichend	91	65	86	90	73	30	64	89
hoch	8	0	6	10	4	0	0	11



Entscheidungskriterien für die Wahl des P-Düngers

1. Boden:
 1. pH-Wert, Kalkgehalt
2. Kultur:
 1. Anspruch an die P-Versorgung
 2. Fähigkeiten zum Aufschluss von P-Formen (Rhizosphäre)
3. Ausbringung des Düngers: Platzierung möglich/sinnvoll?
4. Bedarf an weiteren Nährstoffen, z.B. K als Begleitung
5. Wirtschaftsweise (ökologisch – konventionell)
- ~~6. Kosten pro kg P (Reinnährstoff)~~

P-Kreislauf - Tafelbild

Recyclinggedanke: Rückgewinnung von P aus Verlustpfaden

» Klärschlamm

- › → viel in organischer Bindung
- › „Nebenbestandteile“

» Holzasche/Klärschlammmasche

- › → in anorganischer Bindung Ca-Phosphate
- › Kalkdünger
- › „Nebenbestandteile“

» Nährstoffstripping in der Kläranlage

- › z.B. als Struvit: NH_4MgPO_4

Bisher Deponierung

Nährstoffe in Holzasche (Grobaschefraktion)

Durchschnitt von Rinde-, Hackgut- und Spänefeuerungen
(Mittelwert $\pm$ Standardabweichung; nach Obernberger, 1997).

Nährstoff	Gehalt
	Ma.-% TM
P_2O_5	$2,6 \pm 1,0$
K_2O	$6,4 \pm 2,1$
bas. wirksame Stoffe (CaO)	$41,7 \pm 8,7$
MgO	$6,0 \pm 1,2$

Nährstoff	Asche von Görl
	Ma.-% TM
P_2O_5	1,15
K_2O	6,9
bas. wirksame Stoffe (CaO)	38
MgO	2,38
pH-Wert	13,1

P-Wirkung von Holzasche, Masterarbeit J. Görl

Versuchsböden	Bodenart	pH (CaCl ₂)	P ₂ O ₅ (CAL)	K ₂ O (CAL)	N _t	C _{org}
			-----mg/100g TS-----		Ma.-% TS	
NKW	Lu	4,9	1,5 (A)	4,5 (A)	0,37	3,52
BS	Ut4	6,2	4,6 (B)	18,6 (C)	0,16	1,44

() = Gehaltsklassen nach VDLUFA

P-Wirkung von Holzasche, Masterarbeit J. Görl

Holzasche + N, P, K

Kalk + N, P, K

N, P, K

CiniCal + N, P, K

ungedüngte Kontrolle

ohne Asche

mit Asche

NawaRo-Gärprodukt

NawaRo-Gärprodukt

Biogut-Gärprodukt

Biogut-Gärprodukt

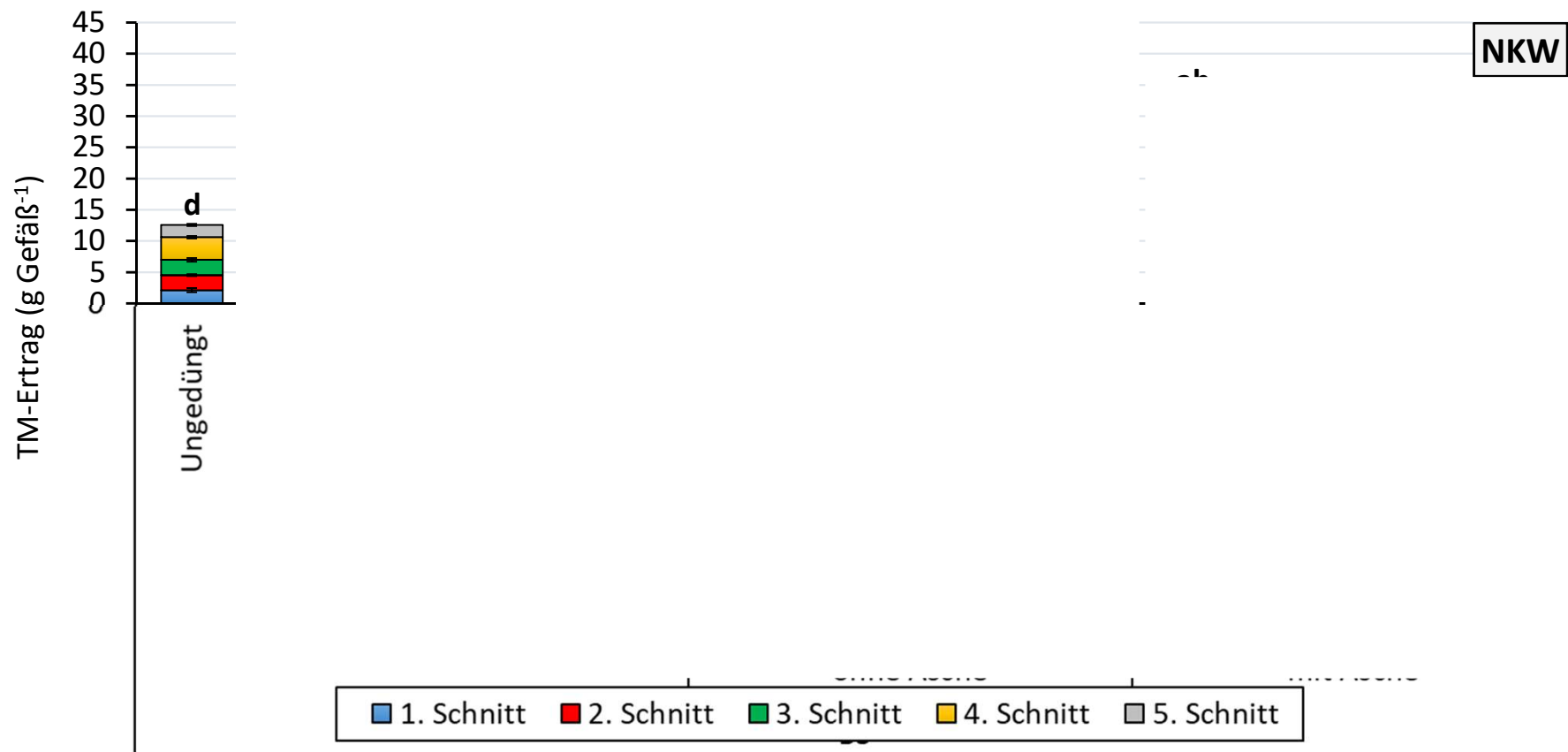
Bioabfall-Kompost

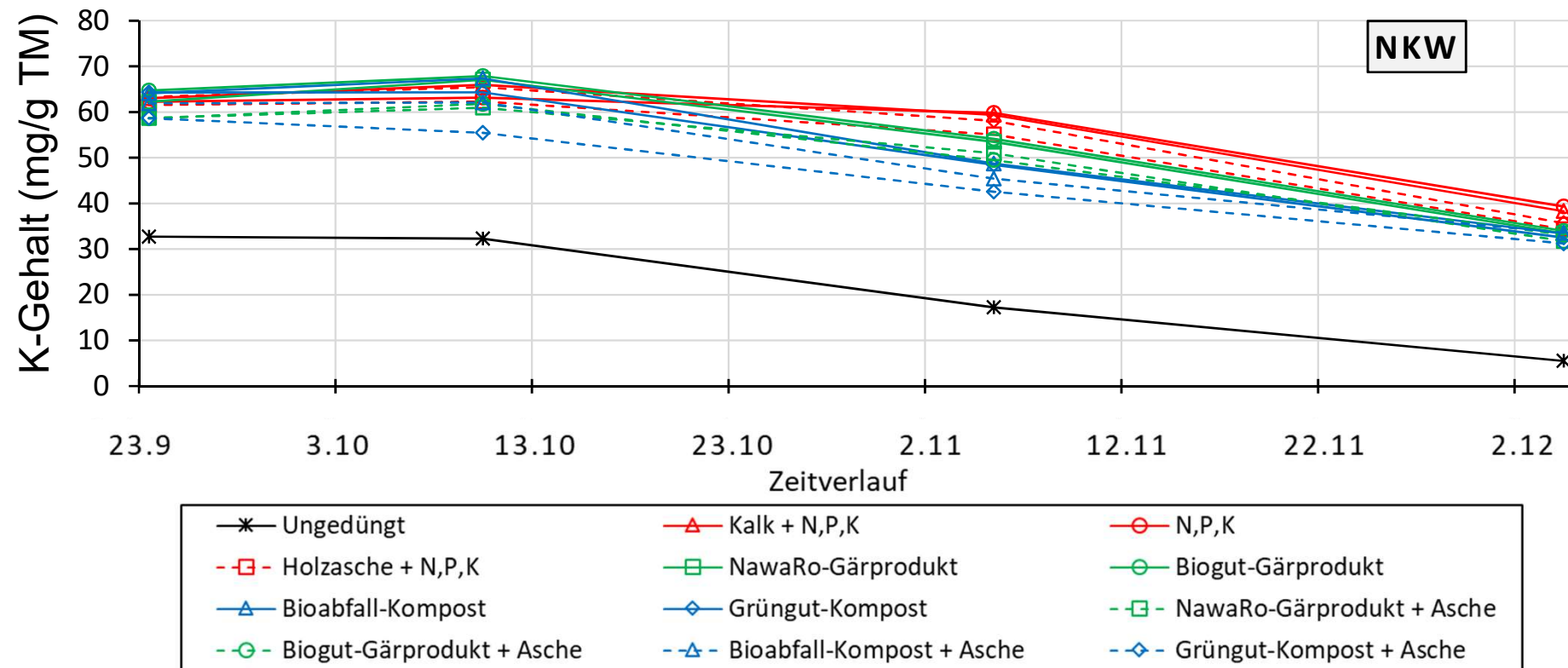
Bioabfall-Kompost

Grüngut-Kompost

Grüngut-Kompost

Ertragsbildung von Weidelgras





K-Düngemittel

K-Düngemittel - Auswahl

	% K ₂ O ca.	Kaliform	zusätzliche Nährstoffe
Magnesia-Kainit	11	Chlorid	mit 5 % MgO, 20 % Na, 4 % S
60er Kali, „gran“	60	Chlorid	—
Korn-Kali mit 6 % MgO	40	Chlorid	mit 6 % MgO, 3 % Na, 4 % S
Kalimagnesia, Patentkali	30	Sulfat	mit 10 % MgO, 18 % S
Kaliumsulfat, Hortisul®	50, 52	Sulfat	mit 18 % S
Kali-Nitrat	45	Nitrat	mit 13% N

Übersicht zu mineral. K-Düngern

Handelsname (Düngertyp)	Formel des K-Salzes	% K % K ₂ O	Nebenbe- standteile
Kalirohsalz	KCl	11 13	NaCl, (Kainit) MgCl ₂ , MgSO ₄
Kaliumchlorid (40er Kali)	KCl	33 40	NaCl
Kaliumchlorid (50er Kali)	KCl	42 50	NaCl
Kaliumchlorid (60er Kali)	KCl	50 60	NaCl
Kaliumsulfat	K ₂ SO ₄	42	Schwefel

Umrechnungsfaktor K = K₂O * 0,830

Aus: Schubert, 2011

Entscheidungskriterien für die Wahl des K-Düngers

1. Kultur:
 1. Sensibilität gegenüber Chlorid (Begleitung)
2. Bedarf an weiteren Nährstoffen
 1. z.B. S = Begleitung
 2. z.B. Mg = weiteres Mineral im Dünger
3. Kosten pro kg K (Reinnährstoff)

Weitere mineralische Düngemittel

Übersicht zu mineral. Mg-Düngern

Dünger	Formel	Mg %
Magnesiumsulfat		
Kieserit	$\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	17
Bittersalz	$\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	10
Magnesiumchlorid		
	$\text{MgCl}_2 \times 6 \text{H}_2\text{O}$	> 8
Magnesiumkalk		
Magnesiumoxid	MgO	> 42
Dolomit	$\text{MgCO}_3 \times \text{CaCO}_3$	
Magnesiumsilikat		
Mg-Gesteinsmehl	MgSiO_4	12

Umrechnungsfaktor $\text{Mg} = \text{Mg}_2\text{O} \times 0,603$

Entscheidungskriterien für die Wahl des Mg-Düngers

1. Aktueller Versorgungszustand erfordert eine Düngung über
 1. das Blatt: Bittersalz
 2. den Boden: diverse Düngesalze
2. Kultur:
 1. Sensibilität gegenüber Chlorid (Begleitung)
3. Bedarf an weiteren Nährstoffen
 1. z.B. Karbonat = Begleitung
 2. z.B. K = weiteres Mineral im Dünger
4. Kosten pro kg Mg (Reinnährstoff)

Mit was düngen?

Magnesium	MgSO₄	Schwefel
Dolomit. Kalk	KAS mit Mg	Gips
Mg-Branntkalk	Thomaskali	Elementarer S
Mg-Chlorid	Korn/Patentkali	ASS
	Kieserit	SSA
	Bittersalz	

Übersicht zu mineral. S-Düngern

Schwefelsaures Ammoniak	24	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	21 % N
Ammonsulfatsalpeter	13	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	26 % N
KAS plus S	6	CaSO_4	24 % N
Ureas	7,5	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	38 % N
Harnstoff-Ammonsulfat	11	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	33 % N
NPK 21 + 6 + 11 (+2+3)	3	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	0,02 % B
NPK 13 + 9 + 16 (+4+7)	4	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	siehe Formel
NPK 20 + 8 + 8 (+3+4)	4	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	siehe Formel
NPK 15 + 5 + 20 + 2	8	$(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$	0,02 % B, 0,01 % Zn
Korn-Kali	4	K_2SO_4	40 % K_2O 6 % MgO 3 % Na
Kalisulfat	18	K_2SO_4	52 % K_2O
Patentkali	18	MgSO_4	40 % K_2O
Magnesia-Kainit	4	MgSO_4	30 % K_2O 10 % MgO 20 % Na
Novaphos	8	CaSO_4	23 % P_2O_5
Superphosphat	11	CaSO_4	46 % P_2O_5
Thomaskali®	2–4	MgSO_4	7–14 % P_2O_5 8–21 % K_2O 3–6 % MgO 20–25 % CaO
ESTA Kieserit gran. mit S 20	20	MgSO_4	25 % MgO
Bittersalz mit 13 % S	13	MgSO_4	16 % MgO

Aus: Knittel et al. 2012

Entscheidungskriterien für die Wahl des S-Düngers

1. Aktueller Versorgungszustand bedingt eine Düngung über
 1. das Blatt: Bittersalz
 2. den Boden: diverse Düngesalze oder Elementar
2. Zeitpunkt der Düngung bestimmt die S-Form
Sulfat = sofort <-> elementar benötigt mikrobielle Oxidation
3. Einsatz von organischen Düngern
= Potenzial an organisch gebundenem S
4. Bedarf an weiteren Nährstoffen: Sulfat als Begleitung
5. Wirtschaftsweise (ökologisch – konventionell)
6. Kosten pro kg S (Reinnährstoff)

Übersicht wichtiger mineral. Mehrnährstoffdünger

Produkt	Zusammensetzung (%)				Bemerkung
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	
NP-Dünger	20–26	14–25			40 % des N als Nitrat-N
Diammonphosphat	18	46			N als Ammonium-N
Monoammonphosphat	12	54			N als Ammonium-N
NK-Dünger	18–19		16–18	0–2	50 % als Nitrat-N
NPK-Dünger	6–24	4–16	7–12	0–4	40–85 % wasserl. P
PK-Dünger		7–25	7–30	0–8	Thomaskali® Phosphatkali Rhe-Ka-Phos-Patent-PK
PMg-Dünger		17–22		7	Novaphos
NPK-Düngert mit Ammoniumstabilisator	12–20	5–12	5–17	0–5	> 50 % Ammonium-N 40–85 % wasserl. P

Aus: Knittel et al. 2012

Mineralische Mehrnährstoffdünger

Die Kombination mehrerer Nährstoffe entstand:

- entweder während der Herstellung (chemische Granulation)
= jedes Düngekorn enthält alle Nährstoffe gleichmäßig verteilt
- oder durch Mischen „fertiger“ Dünger, die
 1. anschließend nach physikalischer Mischung verklebt werden
(nasse Granulation)
= jedes Düngekorn enthält alle Nährstoffe, aber ungleich verteilt
 2. Reine physikalische Mischung
= mehrere Düngekörner sind für alle Nährstoffe nötig
(Anbieter sichert eine gleichmäßige Verteilung in der Ausbringung zu)

Gliederung –Teil 2

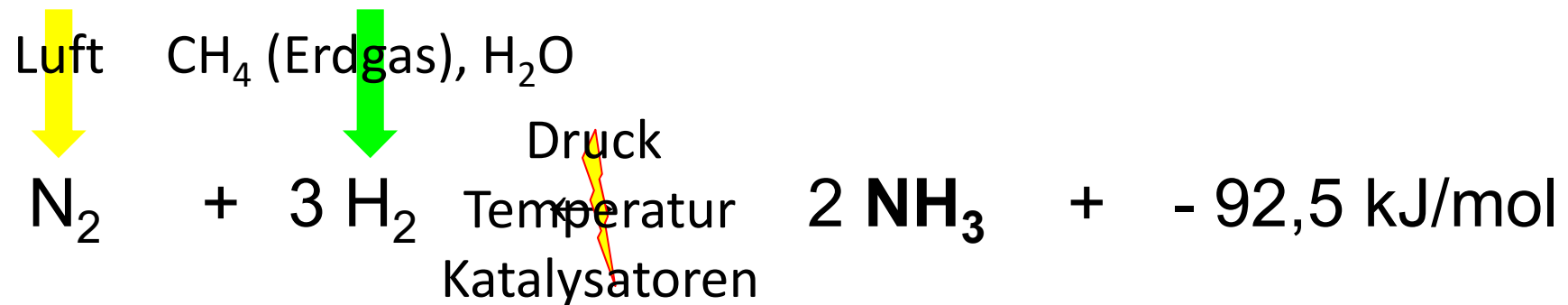
- 5. Herkunft und Herstellung der mineralischen Düngemittel
- 6. Ausbringen mineralischer Düngemittel

Gewinnung/Herstellung von Kalk-Düngern

- **Lagerstätten:** Kalkstein,
 - d.h. i.d.R. Schalen, „Skelett“ = tierisch: **Karbonate**
 - u.a. Mg-Anteil (Dolomit) variiert nach Ort, sowie Na, S, ...)
- Gewinnung im Übertageabbau
- Aufbereitung durch
 - Brechen und Vermahlen: reaktive Oberfläche steigt
 - Brennen bei 800-1000 ° C: Freisetzung von Kohlensäure
==> Reaktivität steigt stark an
- **Eisenverhüttung:** Kalzium-Magnesium-Silikate + Phosphat
 - Vermahlung: Hüttenkalk
 - Aufbereitung: Konverterkalk (Mit P: Thomaskalk)

Technische N₂-Fixierung

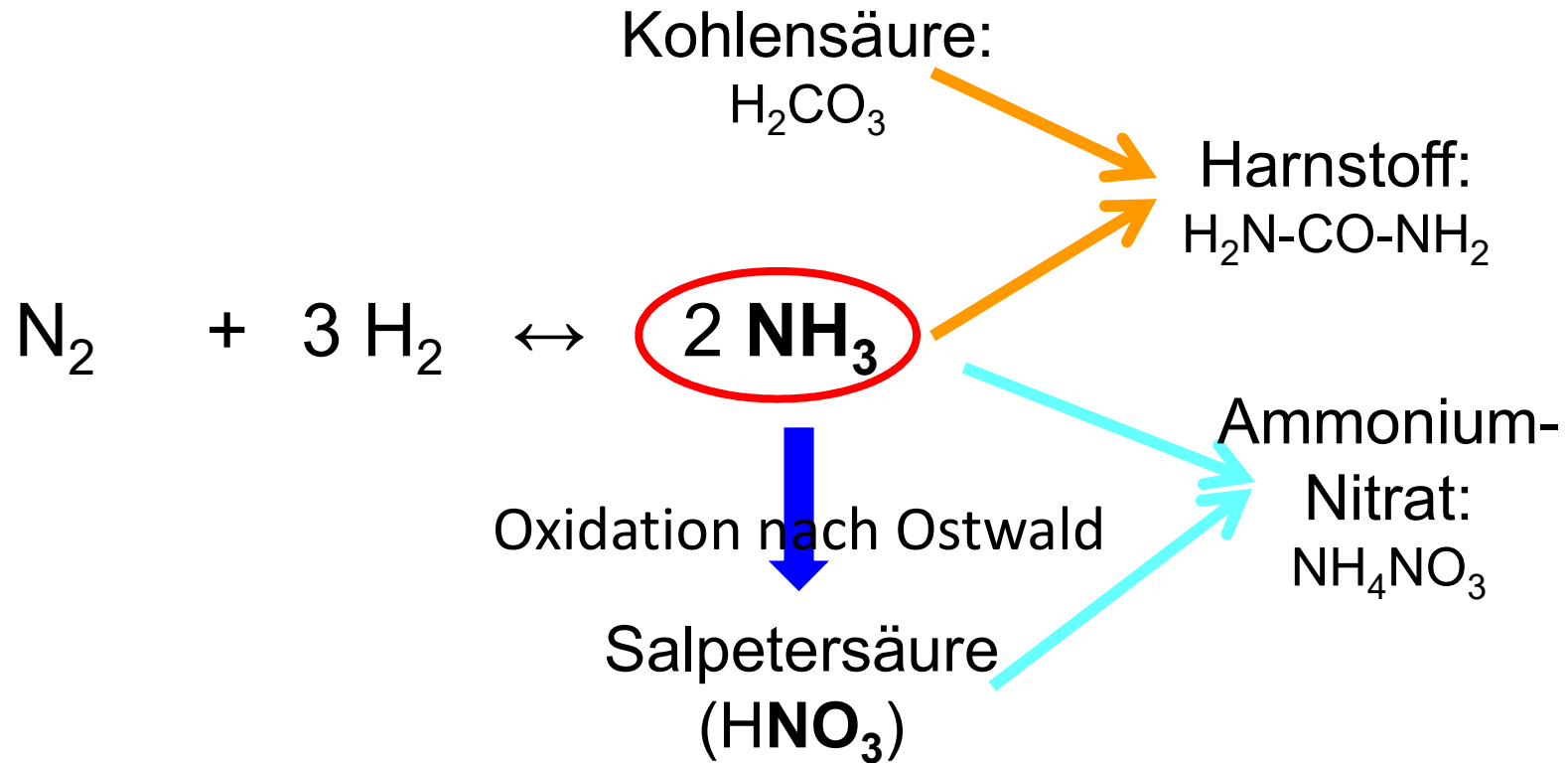
Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch



Prinzip nach Le Chatelier:

Je höher die Temperatur der exothermen Reaktion, desto mehr liegt das Reaktionsgleichgewicht auf Seiten der Ausgangsprodukte.

Herstellung wichtiger N-Formen



Hoher Energiebedarf:
0,5 bis 0,9 kg Heizöläquiv. pro kg Harnstoff- bzw. Ammoniak-N

Bedeutung der technischen N₂-Fixierung

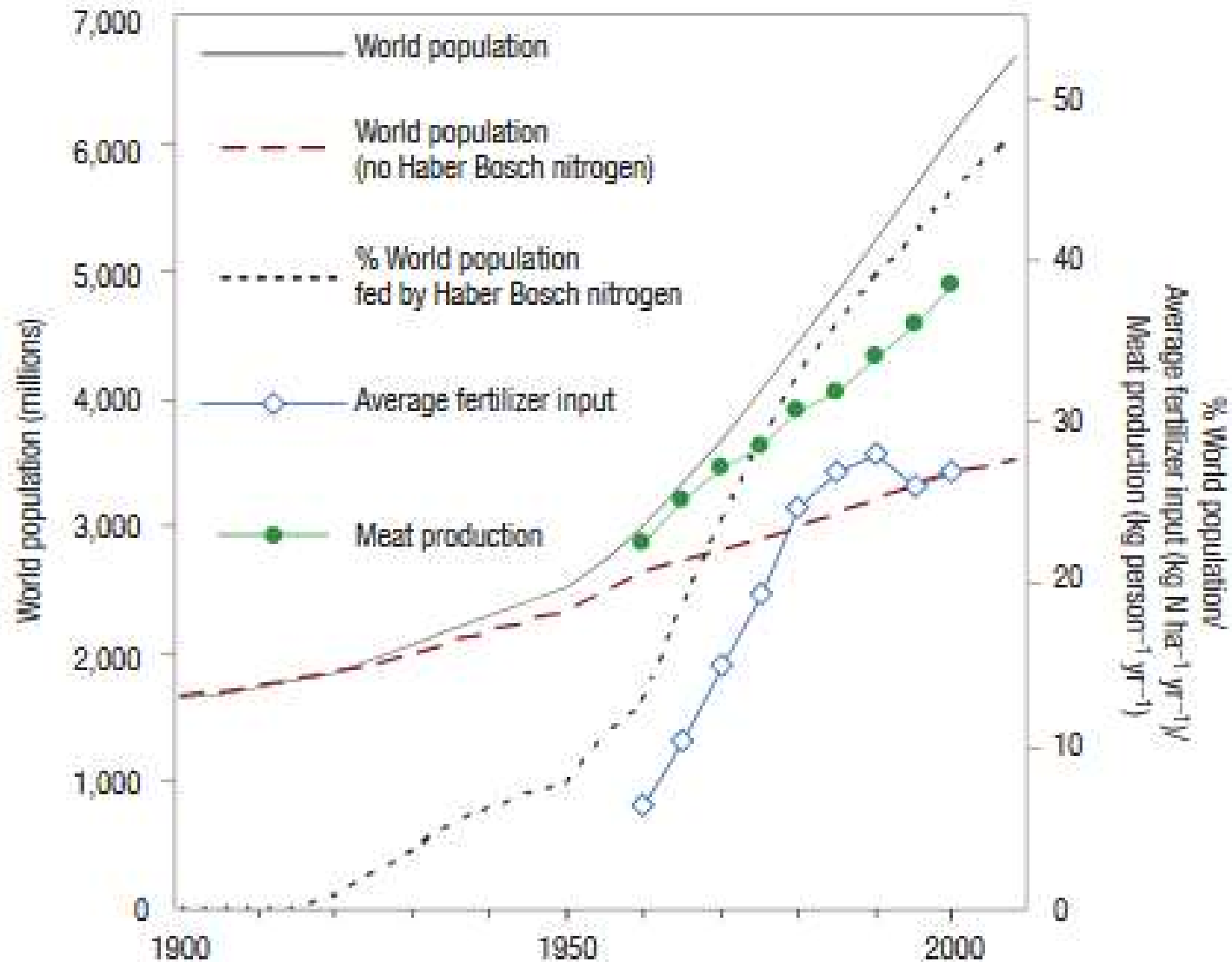
The Haber-Bosch process has "altered the global nitrogen cycle so fundamentally that the nearest suggested geological comparison refers to events about 2.5 billion years ago"

(Aus: Nature, 519(172), 2015, Diskussion zum *Anthropocaen*)

Zum Nachlesen:

<https://www.spektrum.de/magazin/weltbevoelkerung-und-stickstoffduenger/824105>

Die wichtigste Erfindung des 20. Jahrhundert?!



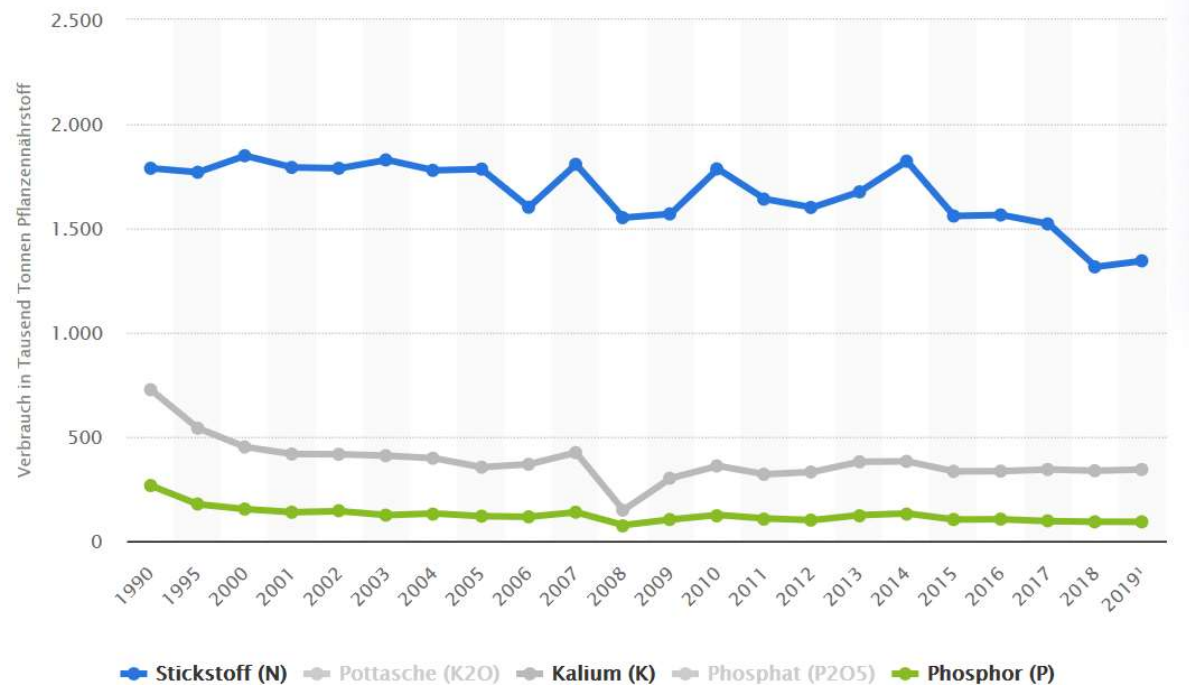
<http://knoema.de/atlas/maps/Düngemittelverbrauch>

Animierte Weltkarte zur Änderungen im Düngemittelverbrauch (mineralische N,P,K-Dünger) 2002 – 2012

Deutschland auf Platz 38

Verbrauch von Düngemitteln in der Landwirtschaft in Deutschland nach Nährstoffarten in den Jahren 1990 bis 2019 (in 1.000 Tonnen Pflanzennährstoff)

Verbrauch von Düngemittel in der Landwirtschaft in Deutschland nach Nährstoffart 2019



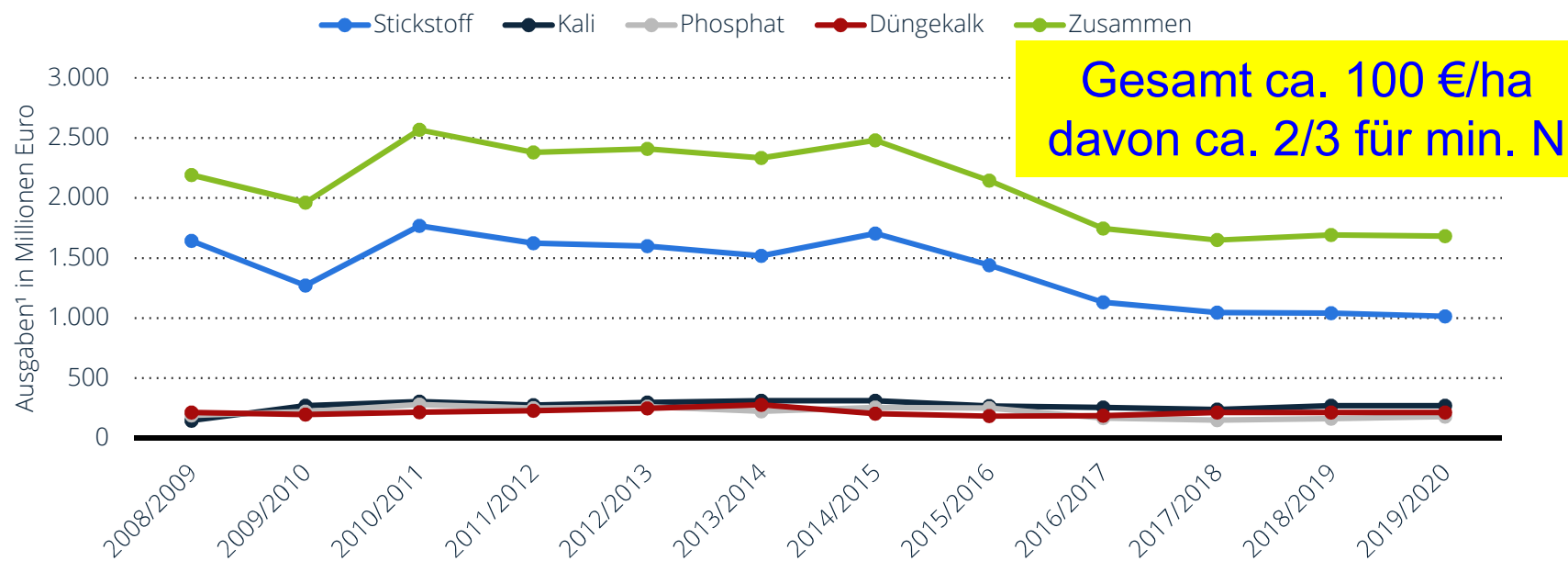
Hinweis(e): Deutschland; Schätzung

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): Fertilizers Europe; [ID 161842](#)

Ausgaben für Düngemittel in Deutschland nach Art des Düngers im Zeitraum von 2008 bis 2020 (in Millionen Euro)

Ausgaben für Düngemittel in Deutschland nach Art des Düngers bis 2020



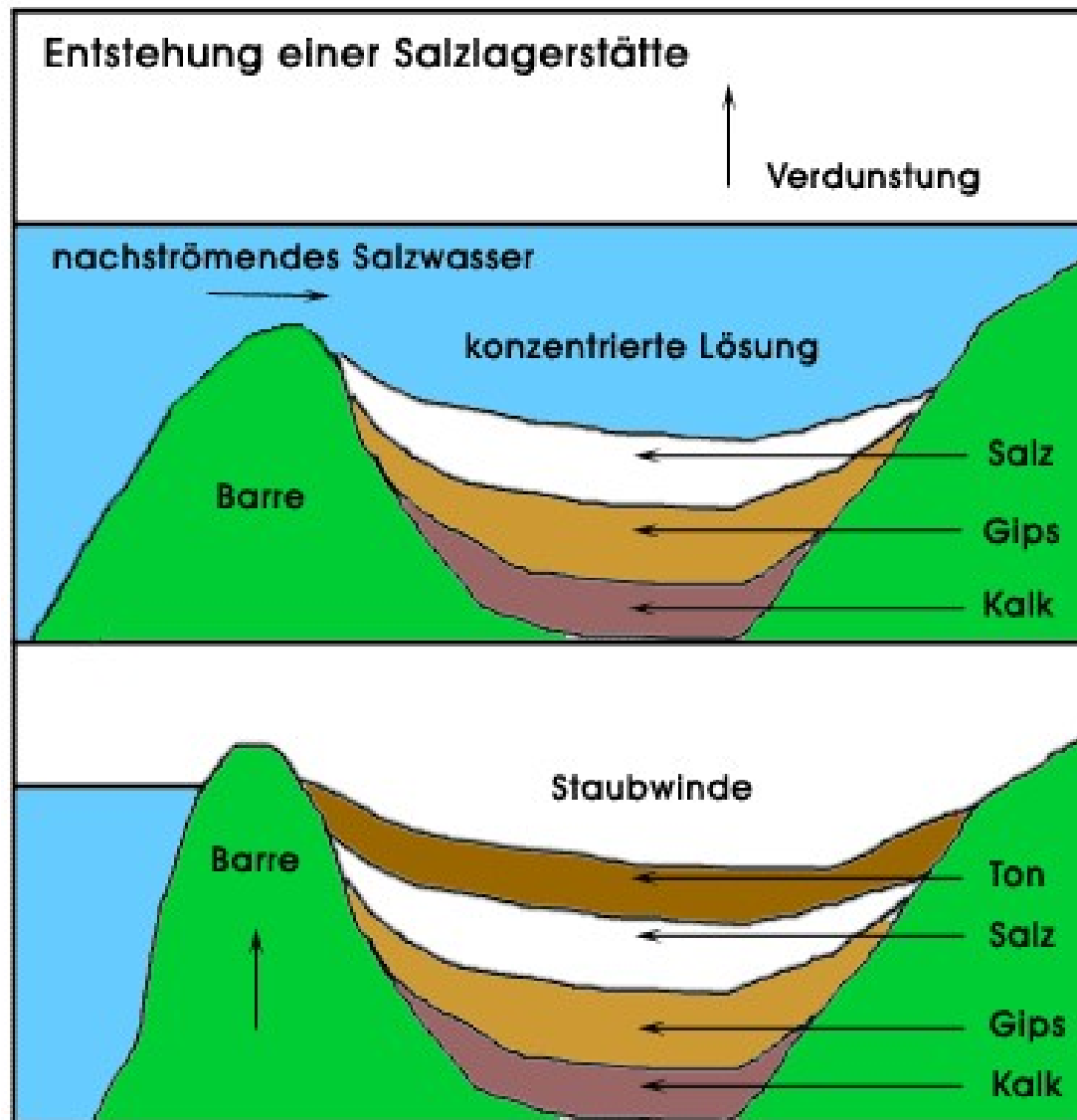
Hinweis(e): Deutschland

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): Statistisches Bundesamt; [ID 257375](#)

Gewinnung/Herstellung von K-Düngern

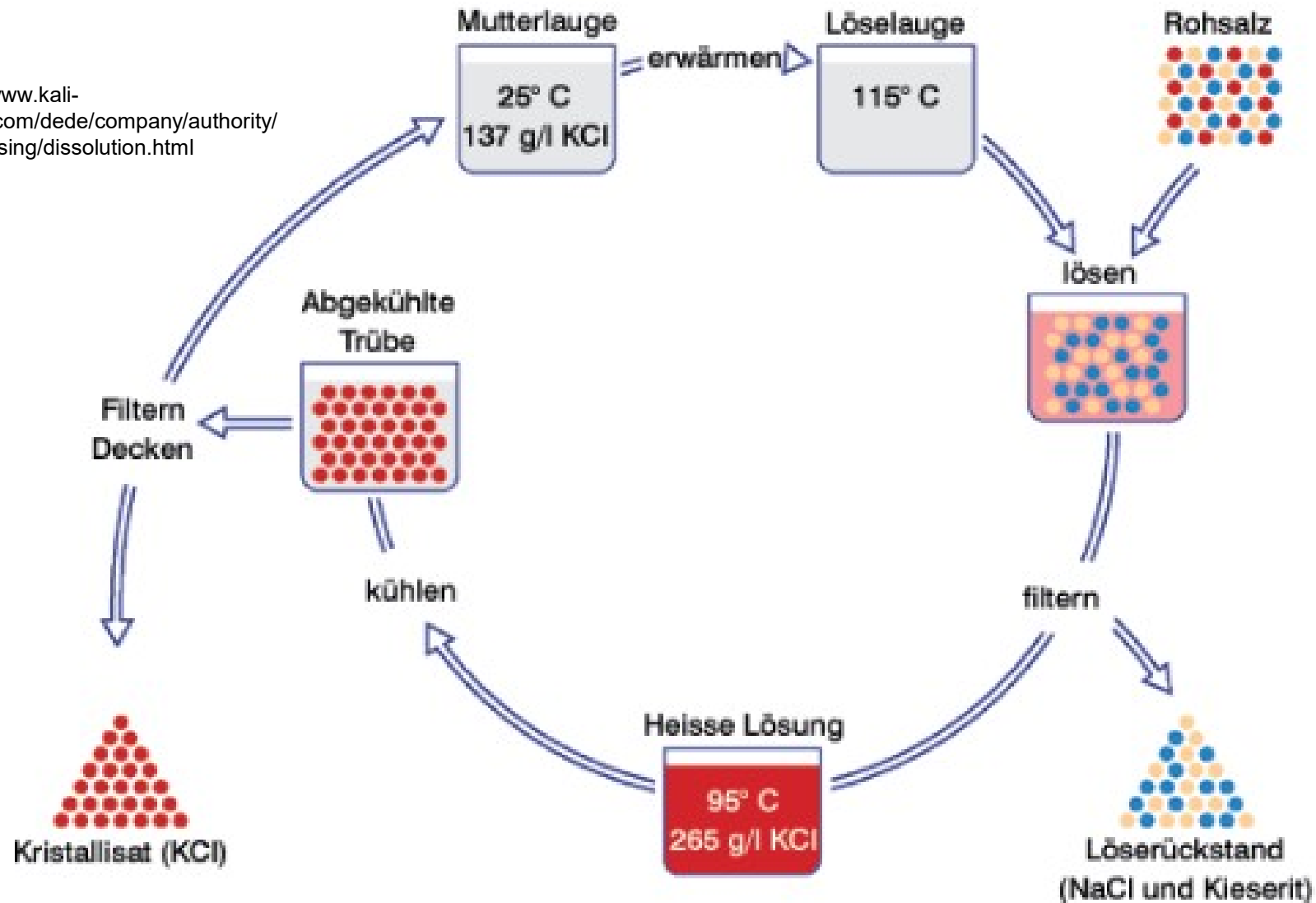
- Lagerstätten aus Chloriden und Sulfaten mit Mg, Ca und Na (ehemaliges Salzwasser)
- Gewinnung meist im Grubenbau
- Aufbereitung
 - Heißlösung
 - Flotation
 - Elektrostatische Trennung



http://www.planet-schule.de/warum_chemie/salz/themenseiten/t6/s2.html, 20.04.2016

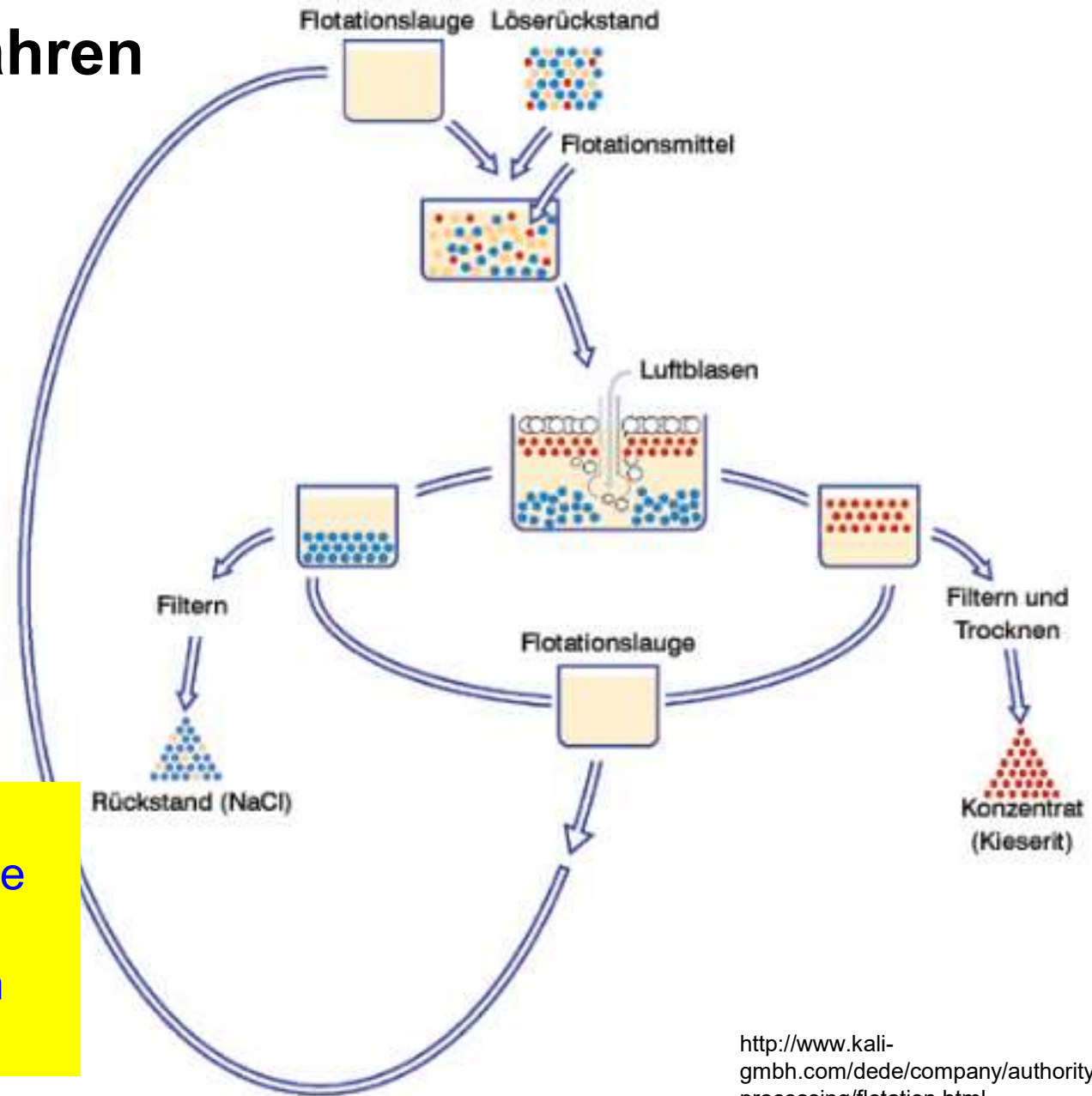
Heißlöseverfahren

<http://www.kali-gmbh.com/dede/company/authority/processing/dissolution.html>



Prinzip: KCl löst sich in heißem Wasser relativ stärker als Steinsalz

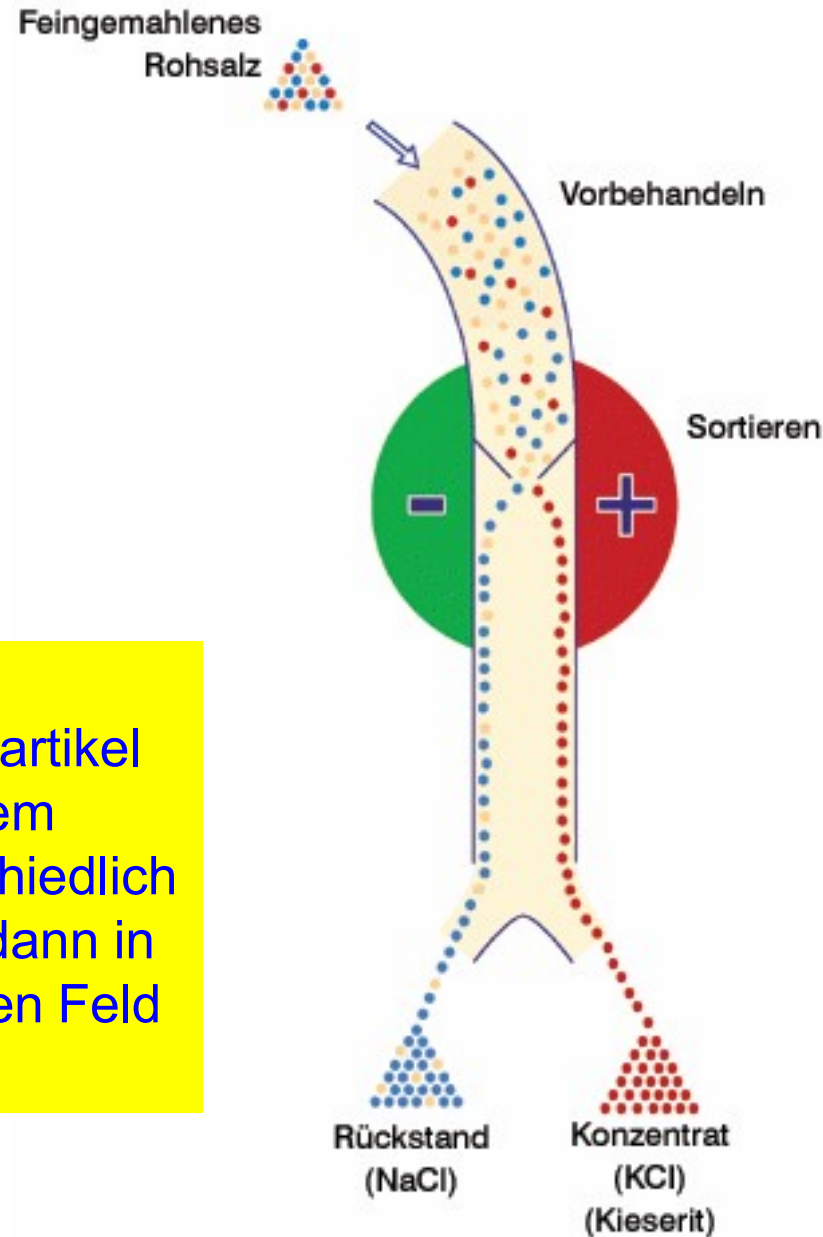
Flotationsverfahren



Prinzip:
im Wasser dispergierte
Stoffe werden durch
Gasblasen nach oben
transportiert

<http://www.kali-gmbh.com/dede/company/authority/processing/flotation.html>

Elektrostatische Trennung



Prinzip:
feingemahlene Partikel
laden sich in einem
Fließbett unterschiedlich
auf und werden dann in
einem elektrischen Feld
getrennt

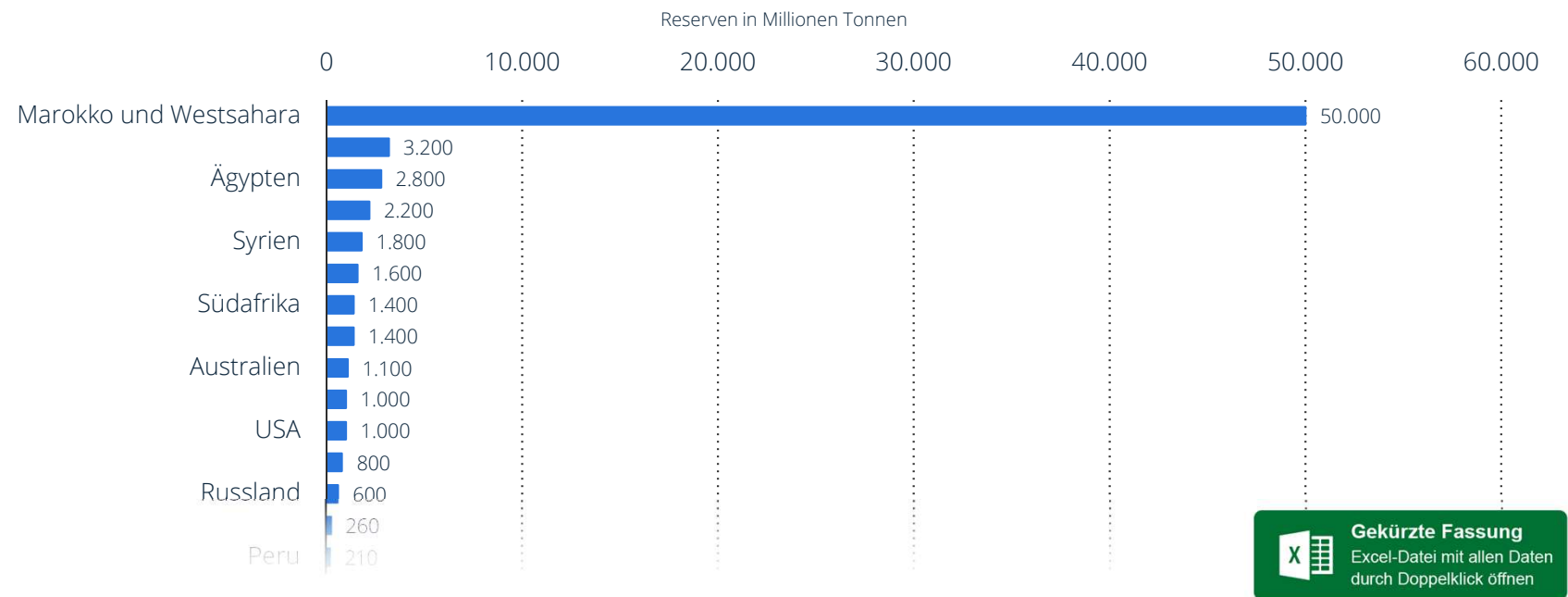
<http://www.kali-gmbh.com/dede/company/authority/processing/esta.html>

Gewinnung/Herstellung von P-Düngern

- Lagerstätten meist als Apatit: $\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})]$
 - Sedimente oder magmatischen Ursprungs; Guano
- Gewinnung im Übertageabbau
- Aufbereitung zu Rohphosphaten (höhere P-Konzentration)
 - Mahlen, Waschen, Sieben
 - Flotation

Weltweite Reserven an Phosphatgestein nach den wichtigsten Ländern im Jahr 2020 (in Millionen Tonnen)

Weltweite Reserven an Phosphatgestein nach den wichtigsten Ländern 2020



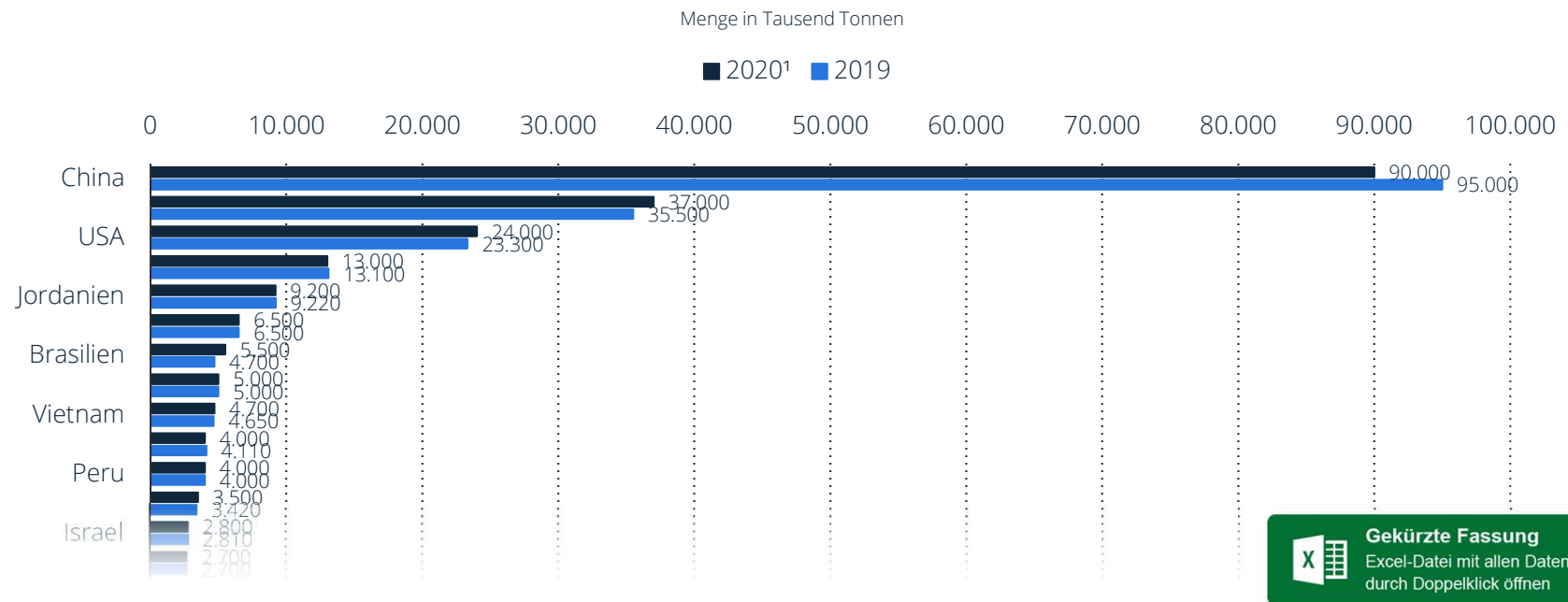
Hinweis(e): Weltweit

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): US Geological Survey; [ID 273379](#)

Minenproduktion von Phosphatgestein nach den wichtigsten Ländern in den Jahren 2019 und 2020 (in 1.000 Tonnen)

Minenproduktion von Phosphatgestein nach den wichtigsten Ländern bis 2020¹



Hinweis(e): Weltweit

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): US Geological Survey; [ID 273373](#)

Gewinnung/Herstellung von P-Düngern

- Lagerstätten meist als Apatit: $\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})]$
 - Sedimente oder magmatischen Ursprungs; Guano
- Gewinnung im Übertageabbau
- Aufbereitung zu Rohphosphaten (höhere P-Konzentration)
 - Mahlen, Waschen, Sieben
 - Flotation
- Schlacken aus der Stahlherstellung („Thomas“-Verfahren)
 - Früher an sich P-reich (aus dem Erz heraus)
 - Heute Zusatz von Ca-P (da Erz P-arm)

Phosphate aus der Eisenerzverhüttung

Verschlackung von P-Oxiden mit Karbonat = Thomasschlacke

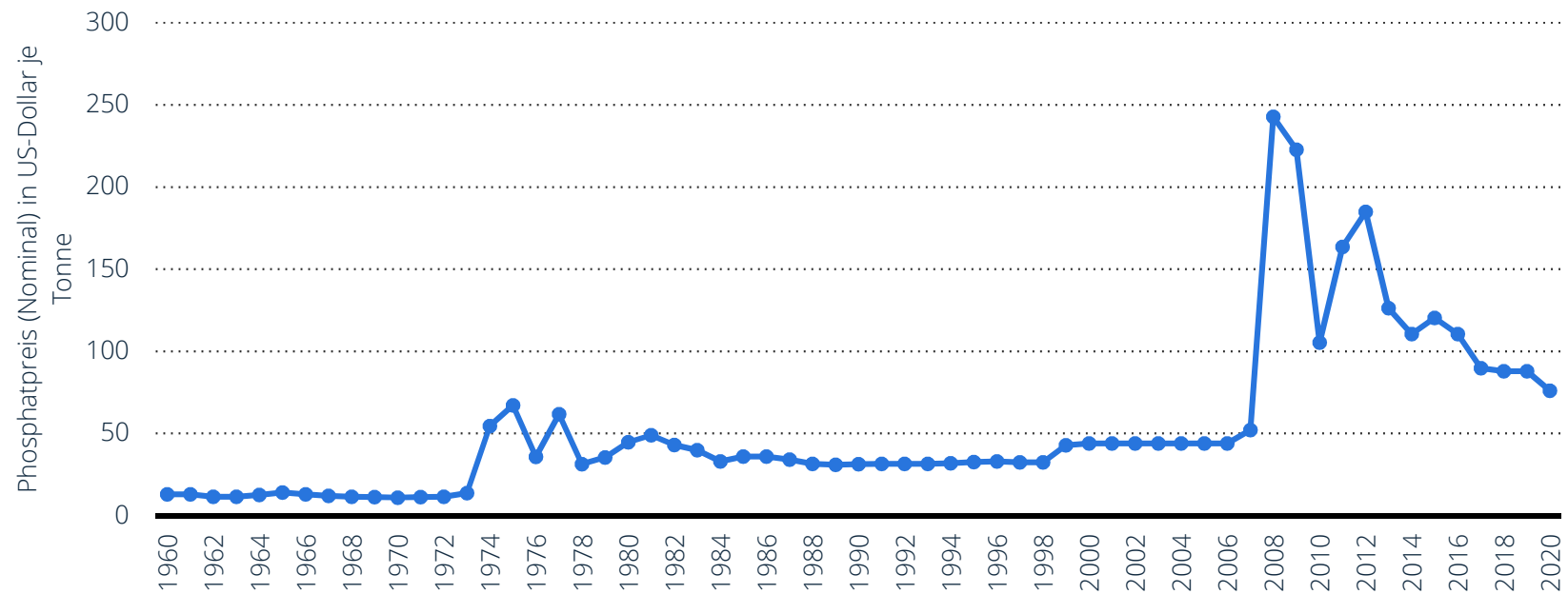
- durch Vermahlen guter Dünger: Ca-Silico-Phosphat
- $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot (\text{Ca}_2\text{SiO}_4)$ mit etwa 5% CaO und 15% P_2O_5
- gut mobilisierbar (quasi weicherdig)
- Höhere SM-Gehalte möglich: Chrom, ...
- Verfahren nicht mehr Stand der Technik

Gewinnung/Herstellung von P-Düngern

- Lagerstätten meist als Apatit: $\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})]$
 - Sedimente oder magmatischen Ursprungs; Guano
- Gewinnung im Übertageabbau
- Aufbereitung zu Rohphosphaten (höhere P-Konzentration)
 - Mahlen, Waschen, Sieben
 - Flotation
- Schlacken aus der Stahlherstellung („Thomas“-Verfahren)
 - Früher an sich P-reich (aus dem Erz heraus)
 - Heute Zusatz von Ca-P (da Erz P-arm)
- Recycling-P-Dünger meist aus Kläranlagen
 - Struvit: $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \rightarrow$ gezielte Ausfällung, auch spontan
 - Klärschlammmasche und Aufbereitungen davon

Durchschnittlicher Preis für Phosphatgestein weltweit in den Jahren 1960 bis 2020 (in US-Dollar je Tonne)

Durchschnittlicher Preis für Phosphat¹ weltweit bis 2020



Hinweis(e): Weltweit

Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf [Seite 8](#) zu finden.

Quelle(n): World Bank; CRU Group; Fertilizer International; [ID 432915](#)

Charakterisierung der P-Dünger über Löslichkeit

Löslichkeit in:

1. Wasser
2. Alkalischem Ammoncitrat (diverse Varianten über Temperatur)
3. Neutrales Ammoncitrat
4. Wasser und neutrales Ammoncitrat
5. 2%ige Zitronensäure
6. 2%ige Zitronensäure plus alkalisches Ammoncitrat
7. 2%ige Ameisensäure
8. Mineralsäure
 1. H_2SO_4
 2. HNO_3 und H_2SO_4
 3. ...



Charakterisierung der P-Dünger über Löslichkeit

Löslichkeit in:

1. Wasser
2. Alkalischem Ammoncitrat (diverse Varianten über Temperatur)
3. Neutrales Ammoncitrat
4. Wasser und neutrales Ammoncitrat
5. 2%ige Zitronensäure
6. 2%ige Zitronensäure plus alkalisches Ammoncitrat
7. 2%ige Ameisensäure
8. Mineralsäure
 1. H_2SO_4
 2. HNO_3 und H_2SO_4
 3. ...

- Typische Verfahren sind blau eingefärbt
- Verfahrenswahl ist abhängig von Düngereigenschaften

Gewinnung/Herstellung von Kalk-Düngern

- **Lagerstätten:** Kalkstein,
 - d.h. i.d.R. Schalen, „Skelett“ = tierisch: **Karbonate**
 - u.a. Mg-Anteil (Dolomit) variiert nach Ort, sowie Na, S, ...)
- Gewinnung im Übertageabbau
- Aufbereitung durch
 - Brechen und Vermahlen: reaktive Oberfläche steigt
 - Brennen bei 800-1000 ° C: Freisetzung von Kohlensäure
==> Reaktivität steigt stark an
- **Eisenverhüttung:** Kalzium-Magnesium-Silikate + Phosphat
 - Vermahlung: Hüttenkalk
 - Aufbereitung: Konverterkalk (Mit P: Thomaskalk)

Gliederung

1. Einleitung

2. Rechtliche Vorgaben und Verordnungen

1. Düngegesetz, Düngemittelverordnung, Düngeverordnung,...

1. Ermittlung des Düngebedarfs als Grundlage der Düngung

2. Nährstoffbilanzierung als Beleg für effizientes Düngen

3. Vorkommen und Herstellung der Düngemittel

4. Ausbringung von Düngemitteln

5. Düngemittel gruppiert nach Nährstoffen (Ca/Kalk, N, P, K, S, Mg, SE)

1. Wichtige Düngemittel

2. Bedeutung der Nährstoffform

3. Wirkungen neben der direkten Nährstoffwirkung

4. Anwendung

6. Besonderheiten der Anwendung von Wirtschaftsdüngern

Fragenliste – Kapitel 3

1. Durch welche Eigenschaften, die die Ausbringung beeinflussen, werden Mineraldünger beschrieben?
2. Wie werden die Formen der gekörnten Mineraldünger klassifiziert? Benennen und charakterisieren Sie diese!
3. Welche Eigenschaften der festen Mineraldünger bestimmen deren Verteilgenauigkeit mit dem Düngerstreuer? Hängt das von der Streuertechnik ab? Wenn ja/nein, erklären Sie dies mit eigenen Worten!
4. Welche Düngetechnik ist unempfindlich gegenüber Schwankungen in vielen physikalischen Eigenschaften gekörnter Mineraldünger und warum ist das so?
5. Warum ist die Kornhärte (Korngröße/Kornoberfläche/Dichte) für die Verteilgenauigkeit wichtig?
6. Warum beeinflusst das Herstellungsverfahren von Mehrnährstoffdüngern potenziell deren Verteilgenauigkeit?
7. Welche Aspekte sind bei der Flüssigdüngung zu beachten?
8. Warum entsteht zwischen der Ausbringung von Düngern und Pflanzenschutzmitteln im gleichen Arbeitsgang potenziell ein Zielkonflikt? Erläutern Sie diesen kurz mit eigenen Worten!





Verstoß gegen DüV!

Suchbild: Erkennen Sie 4 Düngefehler!

Ursachen: Anwender – Dünger – Technik – Wetter

Warum kommt es zu „Düngefehlern“

- Düngereigenschaften
 - Mineralisch
 - Fest
 - Flüssig
 - Organisch
 - Fest
 - Emulsion/Suspension
 - Flüssig
- Düngetechnik
 - Gerät: Möglichkeiten an sich
 - Einstellung, Wartung
- Ausbringung
 - Witterung
 - Fahrgeschwindigkeit etc.

Eigenschaften von Düngemitteln

mineralisch

fest

flüssig

organisch

fest

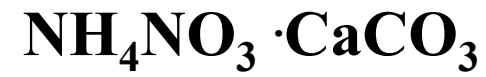
flüssig

Suspension/Emulsion

mineralisch - fest (Form, Härte, Größe):

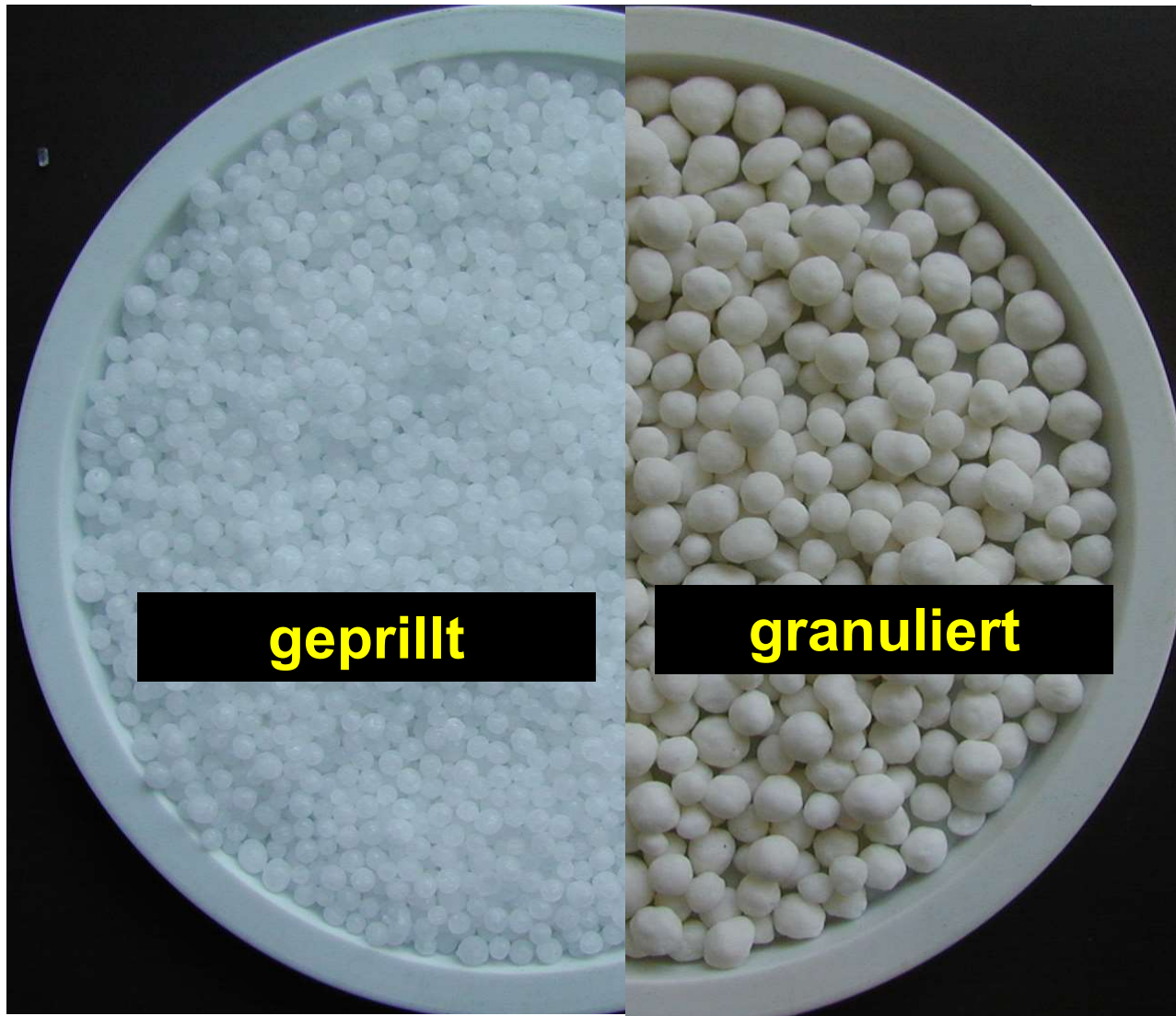
- mehlig vermahlen
- gekörnt
 - granuliert kugelähnlich, rau bis glatt
 - geprillt kugelig glatt
 - kompaktiert unregelmäßig, kantig-rau
 - kristallin
 - fein: gedrunken
 - grob: kristallin/glatt

Kalkammonsalpeter = KAS



Zum Nachlesen: https://de.wikipedia.org/wiki/Explosion_des_Oppauer_Stickstoffwerkes
Warum enthält Ammonsalpeter Kalk

Harnstoff



geprillt

granuliert

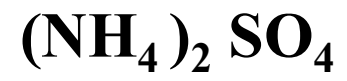
Korn-Kali



kompaktiert



Ammonsulfat



Kristallin, grob

Eigenschaften fester, mineralischer Düngemittel

1. Dichte/Raumgewicht:
 - Zusammensetzung (Fremd-/Begleitstoffe!)
2. Schüttdichte
 - Korngröße, -form, Oberflächeneigenschaften
3. Kornhärte
 - Zusammensetzung
 - Herstellungsverfahren: Granulate>Prills
4. Korngröße
 - an sich und Verteilung: i.d.R. normalverteilt
 - Mittlerer Korndurchmesser (D_{50})
 - kristalline Dünger sind meist gesiebt

Eigenschaften flüssiger Mineraldünger

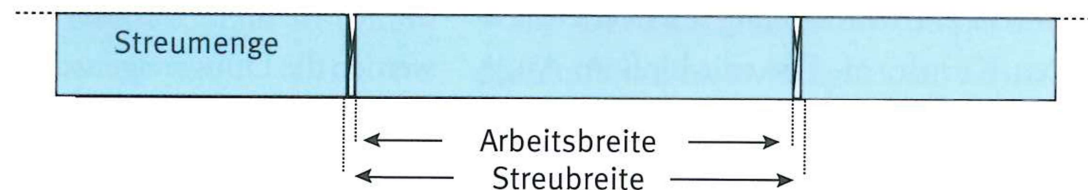
1. Dichte(!) beeinflusst :
 - Lagerbedingungen (hohe Dichte = hoher Druck)
 - Ausbringung/Dosierung
2. Viskosität:
 - Ausstoßmenge in Abh. vom Druck
3. Oberflächenspannung
 - Ziel: Tropfenbildung = Abperlen

Ausbringung fester, mineralischer Düngemittel

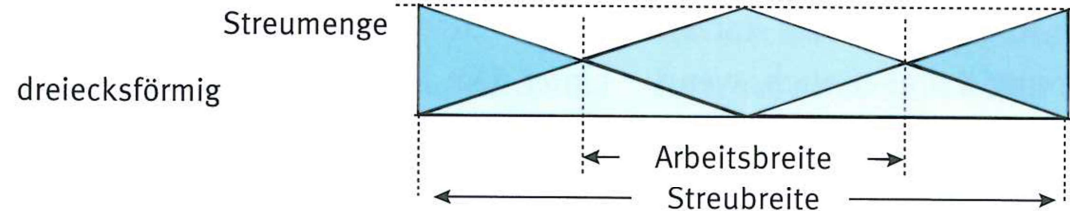
1. Mehlig: Auslegerstreuer mit Bandförderung
2. Gekörnt:
 - Schleuderstreuer: genau anpassen!
 - Dichte, Oberflächeneigenschaften
(Lagerung!), Kornform, -größe
 - Wechselwirkung mit der Streuschaufel und der Luft (Flugphase)
 - Auslegerstreuer mit pneumatischer Förderung
 - Korngröße und Dichte

Streubild je nach Ausbringtechnik

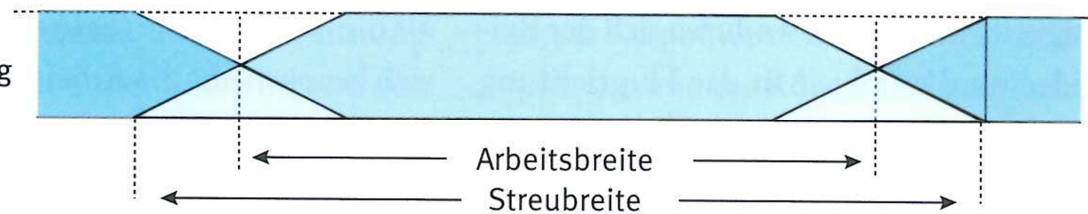
Auslegerstreuer



Schleuderstreuer

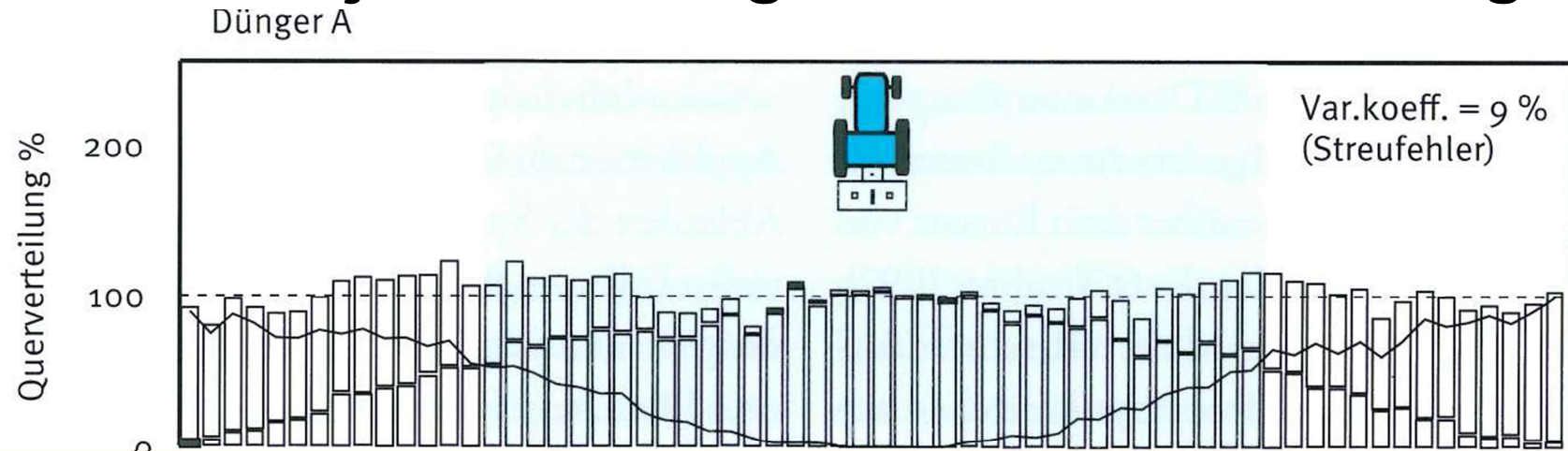


trapezförmig

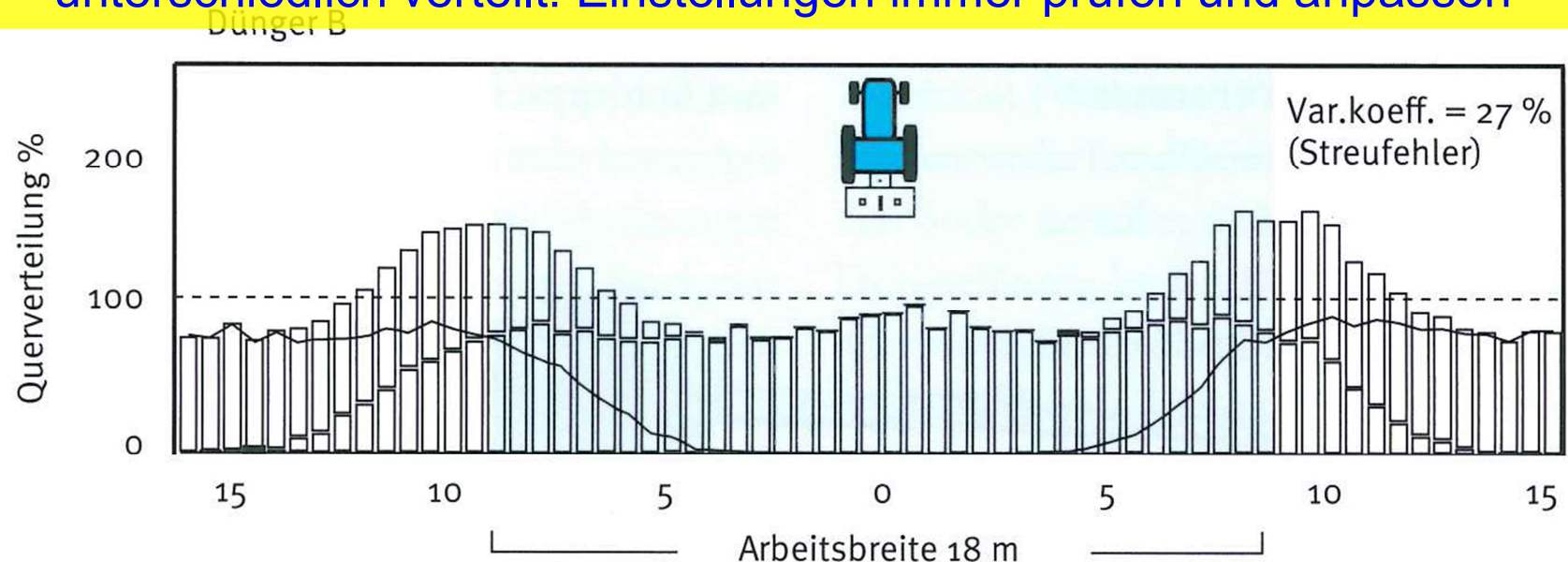


Aus: Knittel et al., 2012

Streubild je nach Düngemittelherkunft/-charge



Sogar der nominell gleiche Dünger wird im Schleuderstreuer sehr unterschiedlich verteilt: Einstellungen immer prüfen und anpassen



Aus: Knittel et al., 2012, nach Ebertseder, 1999

Ausbringung von (selbst)gemischten Düngern

...kann aufgrund vieler Aspekte eine ungleiche Verteilung ergeben:

- Entmischung während Lagerung und Transport (Größe, Dichte, Oberfläche)
 - zuerst werden kleinere Körner gestreut, am Ende größere (alle Systeme)
- Streuprozess beim Schleuderstreuer
 - Unterschiedliche Eigenschaften der Düngerkörner wirken auf der Streuscheibe und in der Luft
 - Ertragsminderungen um mehrere dt berichtet

Ausbringung von flüssiger Mineraldünger

Nutzung der Pflanzenschutzspritze -

bedingt Zielkonflikt, wenn parallel zum Pflanzenschutz:

- Pflanzenschäden durch Verätzungen vermeiden, d.h. große Einzeltropfen, die gut abperlen oder
- Hohe Verdünnung

Andere Viskosität gegenüber Wasser beachten
(=Druck!)

Bodeninjektion: eigene Technik im CULTAN-Verfahren

Merkmale DEULA-Nienburg:

- » 25 Jahre Düngerstreutest + Schulung *bundesweit*
 - › Elektronisches Prüfprotokoll
 - › Prüfplakette für getestete Maschinen
- » Beteiligung Weiterbildung „Fachkunde Düngemittel“
- » Schulungen in Deutschland, Österreich, Ukraine, ...
- » Düngerstreutests für diverse Wochenblätter und die Zeitschrift „Profi“
- » Düngerstreutest auf DLG- Feldtagen 2014, 2016, 2018

Querverteilungsmessung Praxis



Fehlerhäufigkeit beim Düngerstreuertest 2016

Querverteilung bei Erstmessung vk-Wert > 12 %	61%
Ergebnis Grenzstreueinrichtung nicht Ziel entsprechend	43%
Verschlissene Streuorgane	22%
Fehler Fahrgeschwindigkeit > 3 %	11%
ungleichmäßiger Reifenluftdruck	9%
Auslauföffnung ungleichmäßig	6%
Fehler Zapfwellendrehzahl > 3 %	4%
Sonstiges	12%

07.05.2012

DEULA-Nienburg Düngerstreuer

Typ: ZAM 1. Test

Düngerart: Harnstoff gekö.

vK-Wert

22,1 %

DEULA
Nienburg

