

Chemische Grundlagen in der Düngung

1. Isotope und Atome...
in der landw. Forschung und Zulassungsverfahren von PSM

z.B. Wirkstoffverteilung
in Pflanzen (Fungizide)
S. Seite 4 + 5!

Nährstoff-
dynamik
 $\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$

z.B. Wie verteilt sich
das PSM in der Um-
welt?

⇓
Firmennachweise
werden verlangt!

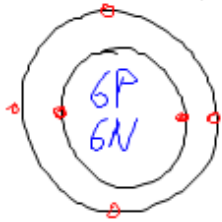
Wird untersucht mit Isotopentechnik
Isotope sind „Marker“

⇓
Was sind Isotope?

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

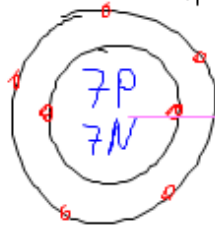
Atomaufbau und Isotope:

Kohlenstoff



^{12}C

Stickstoff



^{14}N

Kalium



^{39}K

Schalen...

K: $2e^-$

L: $8e^-$

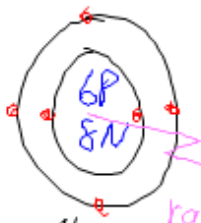
M: $8e^-$

N: $1e^-$

= $19e^-$

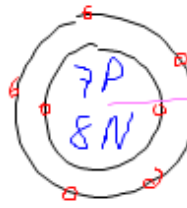
Außere Schale bestimmt die chem. Eigenschaften (Bindung, Ionenladung) z.B. K^+

Isotope:



^{14}C

radio-aktiv
Halbwertszeit 5300 J.



^{15}N

verschieden schwer

Isotope:

Skript S. 6-8 u. 10

s. dazu Skript Chemie14, Seite 6-10 (Atomaufbau) und Seite 36 (Periodensystem der Elemente)

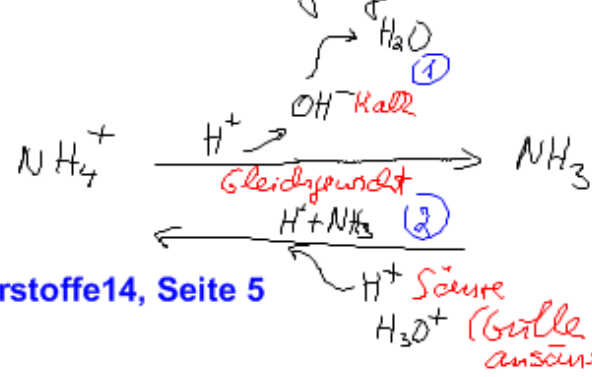
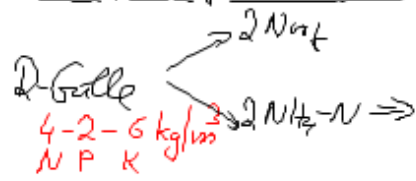
Isotope sind Atome des gleichen Elements mit...

- ① verschiedenen physikalischen Eigenschaften (Masse, Radioaktivität)
- ② gleiche chem. Eigenschaften

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

N-Dynamik, Atombindung, Dipole...

Gasförmige Verluste in der Güllebehandlung



s. dazu Skript Nährstoffe 14, Seite 5

① Kalkhaltige Böden oder Kalk in Gülle erhöhen die Umsetzung von NH₄⁺ zu NH₃ ⇒ höhere Verluste

② Stabilisierung der NH₄-Phase durch Ansäuerung der Gülle ⇒ weniger Verluste!

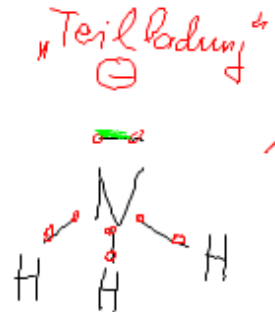
Chemie



s. dazu Skript Chemie 14, Seite 15-18 (EN, Dipol)

+ Säure H⁺

hier fehlt eine e⁻, deshalb NH₄⁺



Dipol: ↑
e⁻ in Richtung des N verschoben

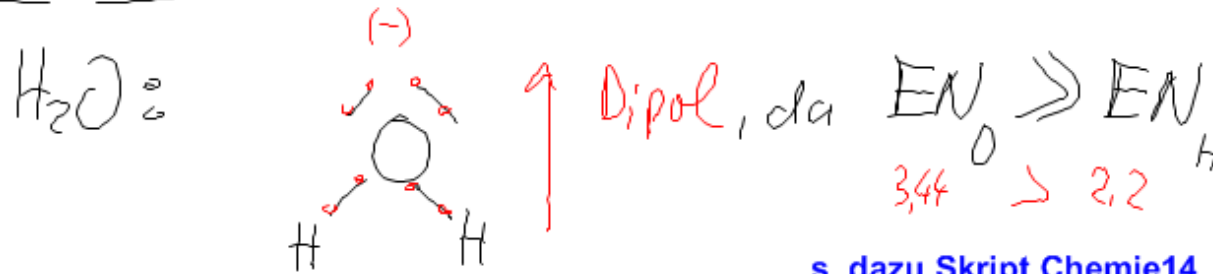
⊕ da EN_N > EN_H

Dipole entstehen aufgrund der EN-Unterschiede im Molekül. Hier: N zieht die e⁻ stärker zu sich heran

Ein wichtiger Dipol ist Wasser

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Wasser ist ein Dipol

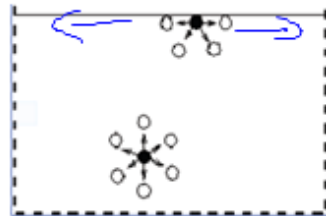


s. dazu Skript Chemie14, Seite 17
 (Wasser = polares Lösungsmittel)

Bedeutung in der Natur:

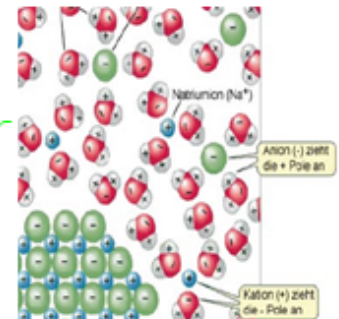
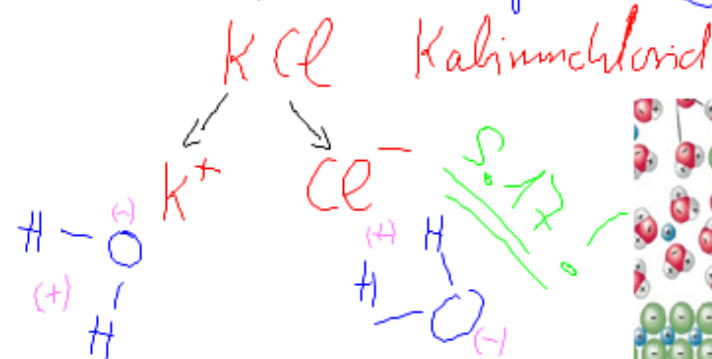
- Wasser als polares Lösungsmittel: Löslichkeit der Düngesalze

- Wasser hat eine Oberflächenspannung wichtig in der



PS-Technik:

- Tropfenverteilung
- Benetzung
- Zusatz von Additiven



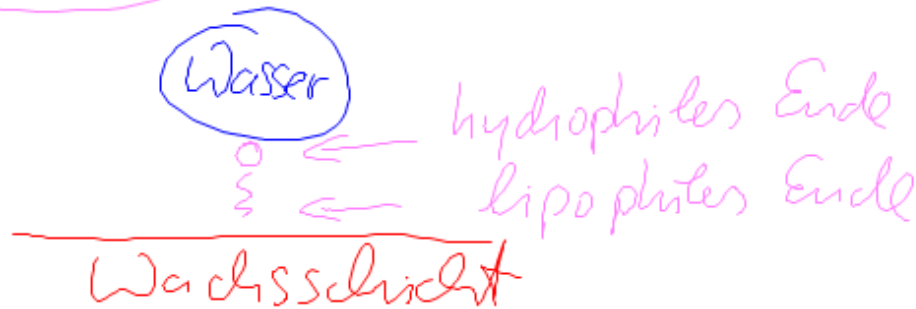
Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Additive (Zusätze in der Pflanzenschutzspritze zur Herabsetzung der Oberflächenspannung und damit zur Verbesserung der Benetzung wirken als Tenside.

Was sind Tenside und wie wirken diese?

Tenside:

Tenside haben ein fettliebendes und ein wasserliebendes Ende. Damit entsteht eine bessere "Verbindung" zwischen der Spritzbrühe und der wachsartigen Blattoberfläche.



Fragestunde

Was ist ein Dipol?

- Molekül mit ungleichmäßige e^- -Verteilung
- der N ist der "stärkere" Partner und zieht die e^- etwas mehr zu sich heran $\Rightarrow$ ungleichmäßige Verteilung e^-

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

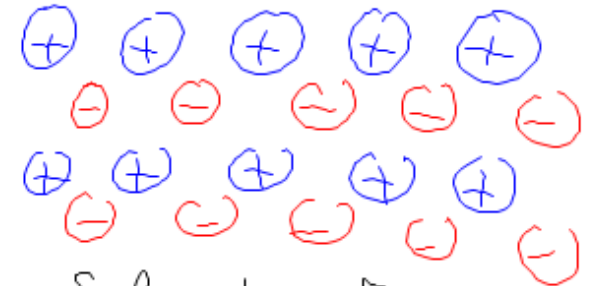
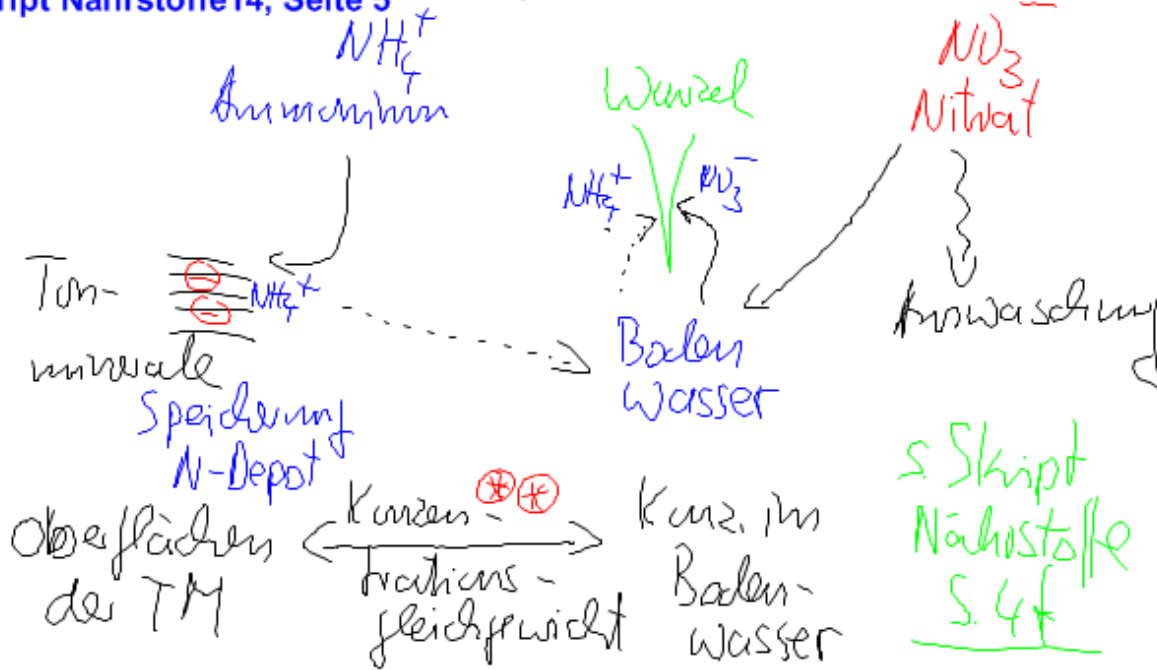
Düngemittel und ihre Salze

1. Kaliumammonsalpeter: 27%N, davon $\frac{1}{2} \text{NO}_3^-$ u. $\frac{1}{2} \text{NH}_4^+$



$*$ Salz ist ein Ionenpaar
Chemie Skript S. 19!

s. dazu Skript Chemie 14, Seite 19
und Skript Nährstoffe 14, Seite 5



Salz ist ein Ionenpaar aus

+ = Kationen

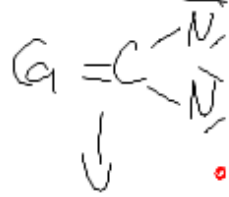
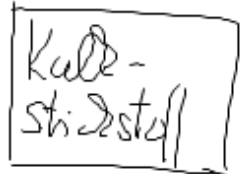
- = Anionen

s. Skript
Nährstoffe
S. 4f

genauer s. nächste Seite!

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

N-Dynamik in Boden



Nachstoff-Skript S.6

- nitrifi & hummed

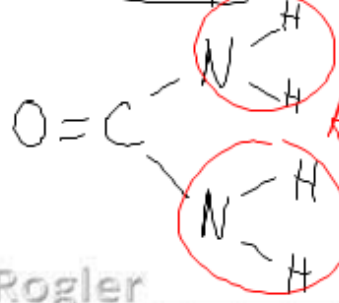
- herbicide

of my slide

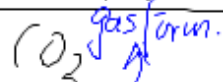
- mollusks

- Insektizide (Diatomaceen)

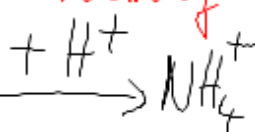
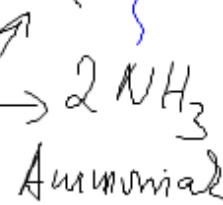
Widney



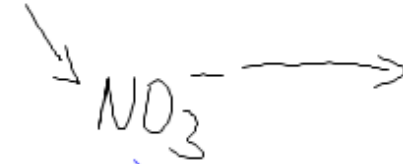
Audio-snippets



Einsparung



Bakterien! 
pH, Temp ↑



Answering

Wozel

s. Skript Nährstoffe14, Seite 5

Endung

Urease

 $+H_2O$ 

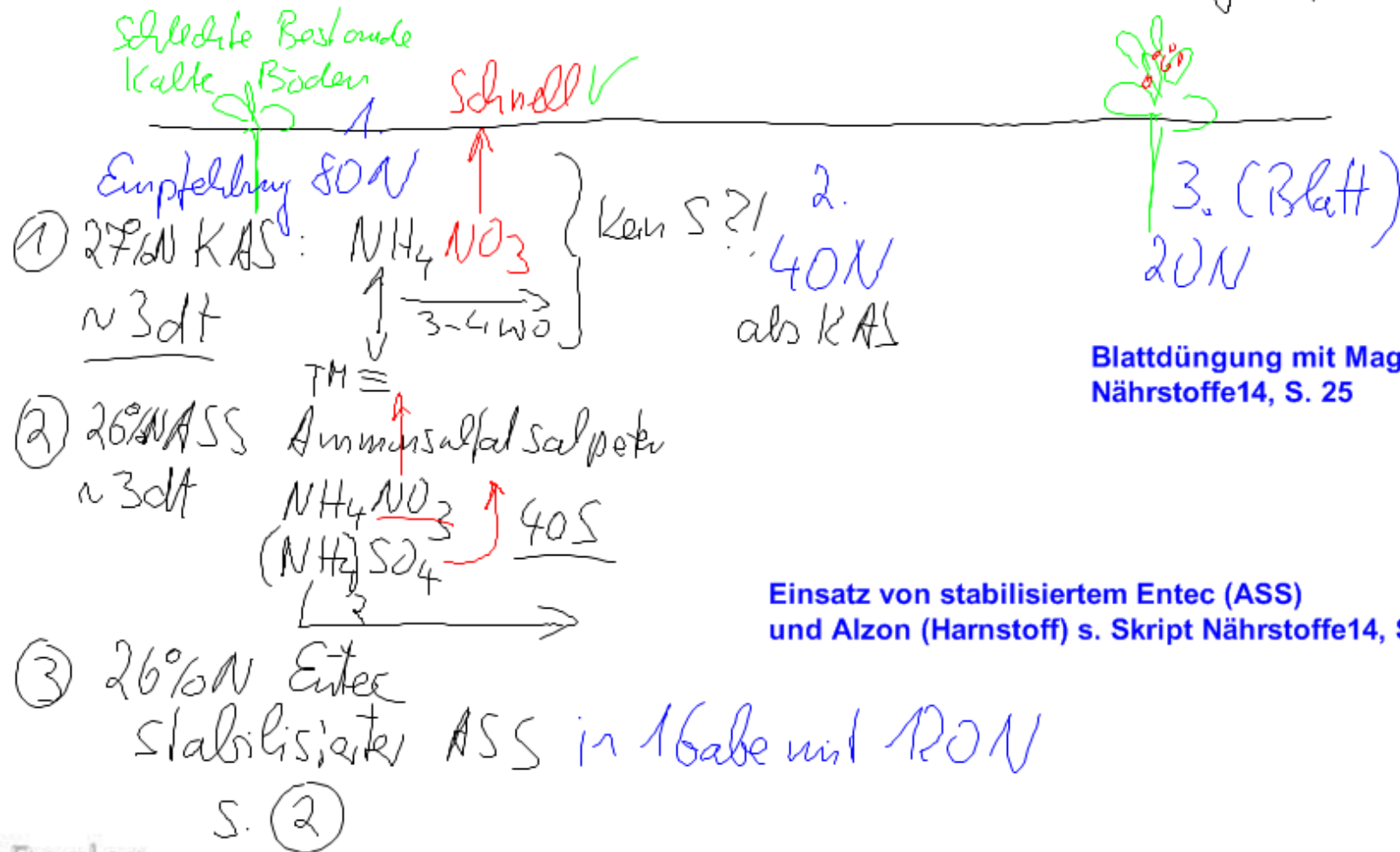
Bakterien nitrifizieren Ammonium zu Nitrat, insbesondere unter günstigen Bedingungen wie hoher pH-Wert, hohe Temperaturen, gute Durchlüftung und Bodenfeuchte. s. Skript Nährstoffe S.

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Praktischer Einsatz versch. N-Dünger - Magnesiumsulfat

Rapsdüngung im Frühjahr:

Bittersalz $MgSO_4$ (+Mn)



Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Herstellung der N- Düngersalze

① Haber-Bosch-Verfahren stellt die Lauge NH_3 her

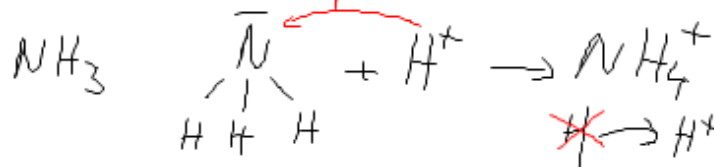
Was ist eine ...

NaOH Natronlauge

① Lauge:

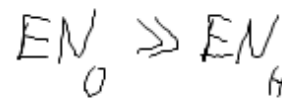
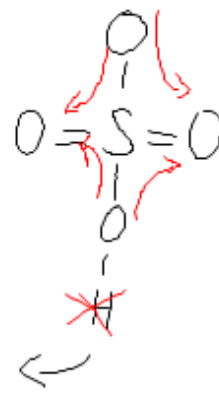
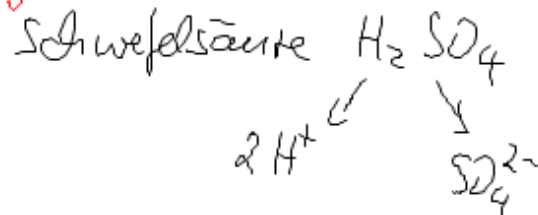
gibt OH^- -Ionen ab, z.B. KOH Kalilauge
 $\text{K}^+ \quad \text{OH}^-$

oder nimmt H^+ -Ionen auf:



② Säuren:

gibt H^+ -Ionen ab



s. dazu Skript Chemie14, Seite 20-23

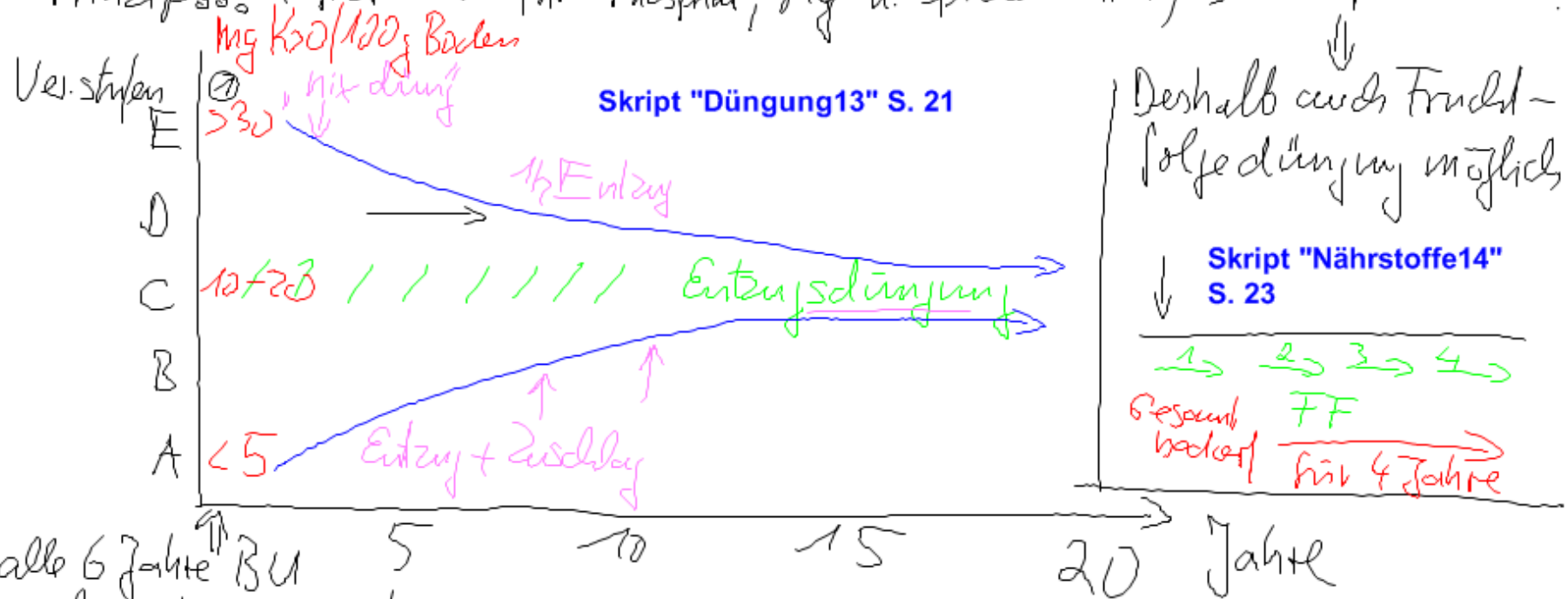
Laugen geben OH^- -Ionen ab oder nehmen H^+ -Ionen auf. Sie neutralisieren somit Säure und es bildet sich ein Salz.

Säuren geben H^+ -Ionen ab. Diese H^+ -Ionen sind das "eigentlich Saure" einer Säure.

Säuren geben deshalb H^+ -Ionen ab, weil in dem Molekül sehr starke Elektronegativitätsunterschiede herrschen. Sauerstoff zieht die Elektronen an, dadurch bricht die Bindung zu den H-Ionen.

Kalium - Düngung und Nährstoffdynamik

1. Düngung nach Bodenuntersuchung BU
Prinzip... (gilt auch für Phosphat, Mg u. Sp. elementen) $\Rightarrow$ sind speicherbar!



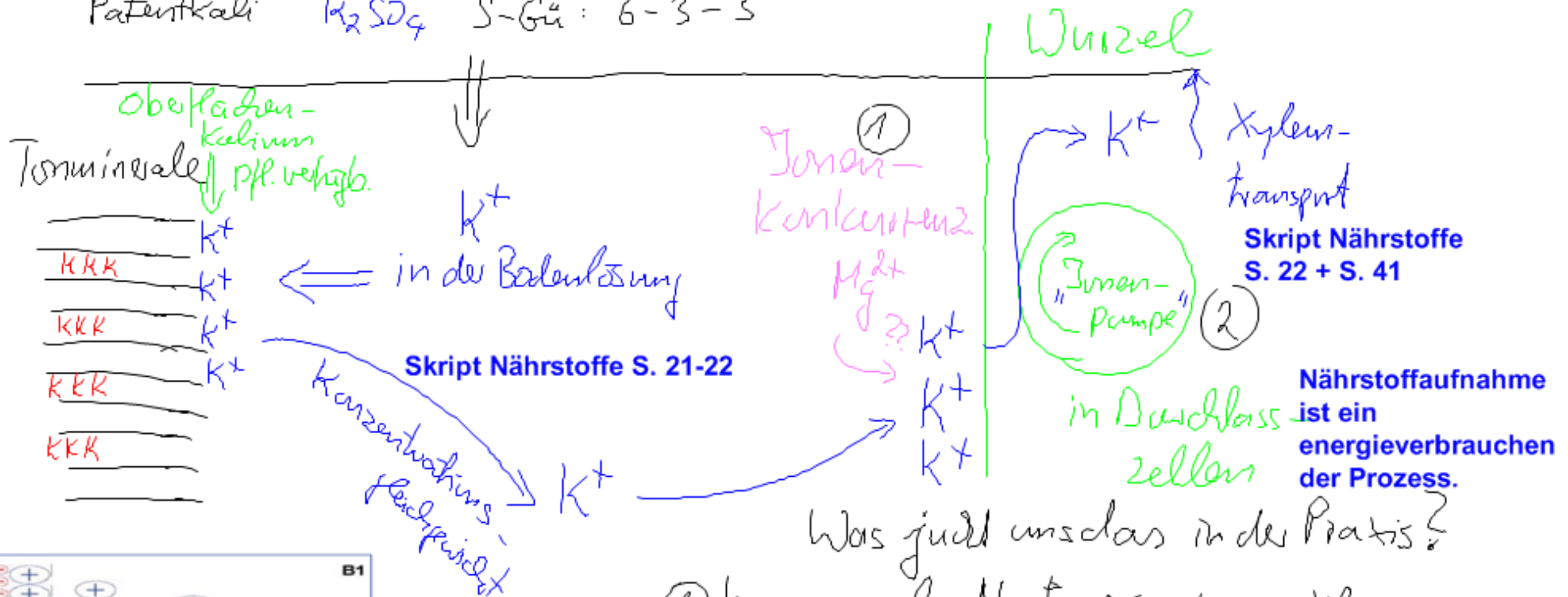
- ① Was bedeuten 30 mg K_2O /100g pro Hektar
25 cm Ackerkrume
 $\rightarrow$ 2500 m³/ha
 $\rightarrow$ 3500 t/ha $\Rightarrow$ 1050 kg K_2O pfl. verfügbar / ha

Dieses Rechenergebnis zeigt, dass der Boden ein enormes Pufferungsvermögen hat, so dass eine "kg-genaue" regelmäßige Düngung nicht unbedingt notwendig ist. Deshalb auch FF-Düngung möglich (s. oben)

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

2. Kaliumdynamik:

z.B. 60% Kornkali KCl R-Gü: 4-2-6 kg/m^3 als K^+ gelöst
 Patentkali K_2SO_4 S-Gü: 6-3-3



Was gibt uns das in der Praxis?

- ① harmonische N.st.versorgung ver-
hindert Mg-Mangel
Deshalb optimale Bodenbedingungen wichtig!
- ② Optimale Bodensituation (Struktur, pH, Temp, Sauerstoff) fördert die N.st.-aufnahme

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Standorte mit Kalifixierung ...
Was passiert da?



Prozess über 10.000 te Jahre
→



TM haben ~ 5% Kalium (Illite)
20 t/ha
Zw.-schicht Kalium

Heute:

Sehr Kali-
arme
TM, die
starke in
Zw.-schichten
einlagern

daraus folgt für
die Düngung:



überbetonte,
gezielte
K-Düngung



Absälgung
der Zw.-schichten

s. Skript "Nährstoffe14" S. 23 und "Boden13" S. 46)

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Phosphat - Düngemittel, - dynamik

1. Düngemittel

Übertageabbau (Nordamerika)

↓
schwerlösliche (P)-Salze
"Apatite" (Polphosphate) (Weichsedimente)

① Rohphosphat ←

↓
wird mit Säure löslicher gemacht (auflösen)

↓
Labor: ② Ameisensäure - ③ Zitronensäure -
Untersuchung und Deklaration

④ wasserlösliche (P)

zunehmende Löslichkeit im Boden →

Praktische Schlussfolgerungen

① langfristige Grundversorgung mit weichen Rohphosphaten (Ackerbaubetriebe)

Für eine Sofortwirkung ist wasserlösliches Phosphat wichtig.

Beispiel Mais:
Unterfußdüngung zur Saat oder Reihendüngung



Für eine nachhaltige Grundversorgung sind weniger wasserlösliche (und billigere) Formen geeignet.

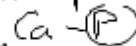
④
- Superphosphat oder NP
- Reihenhacke ⇒ Luft, biol. Aktivität

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Phosphatdynamik

1. P-Formen

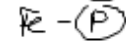
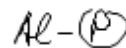
... in Düngemitteln



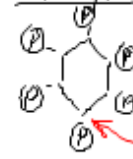
Kalziumphosphat

z.B. $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_7$

... im Boden



vor allem im Getreide
Phytin

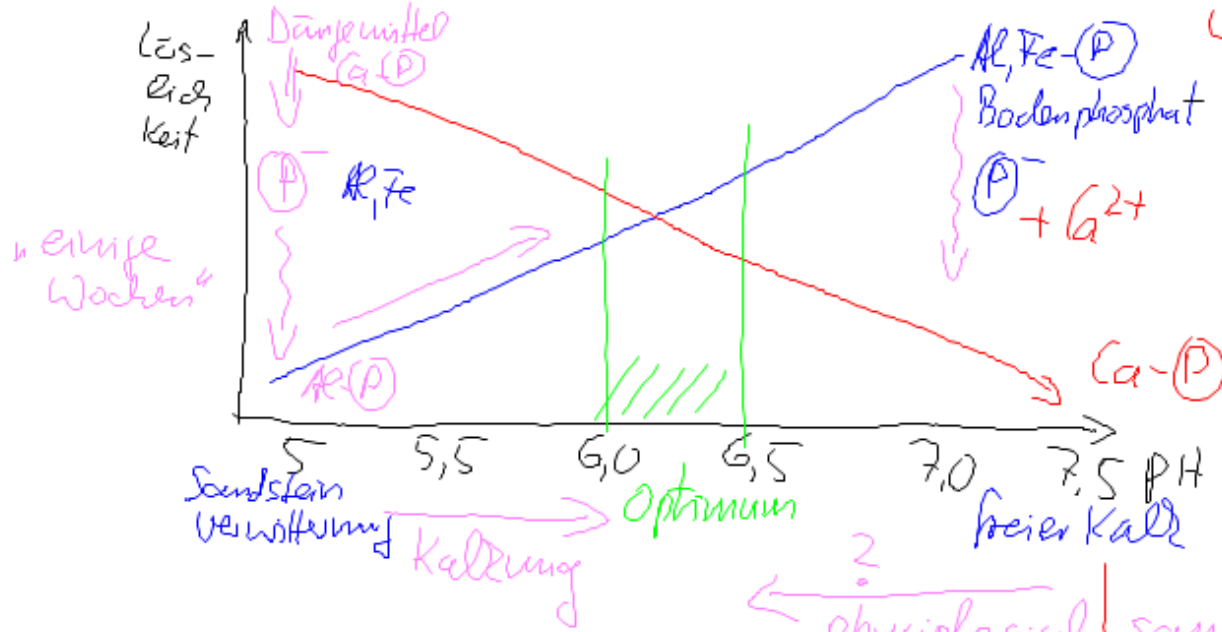


Enzyme

Phytase

im Geflügel- und Schweinefutter!

2. Löslichkeit im Boden:



Skript Nährstoffe S. 15-16

- physiologisch sauer düngen: $\text{NH}_4^+ \xrightarrow{\text{H}^+} \text{NO}_3^-$
- in Wurzelnähe pH ~ 3,0 (Einarbeiten!)
- hohe biol. Aktivität = guter Humateffekt

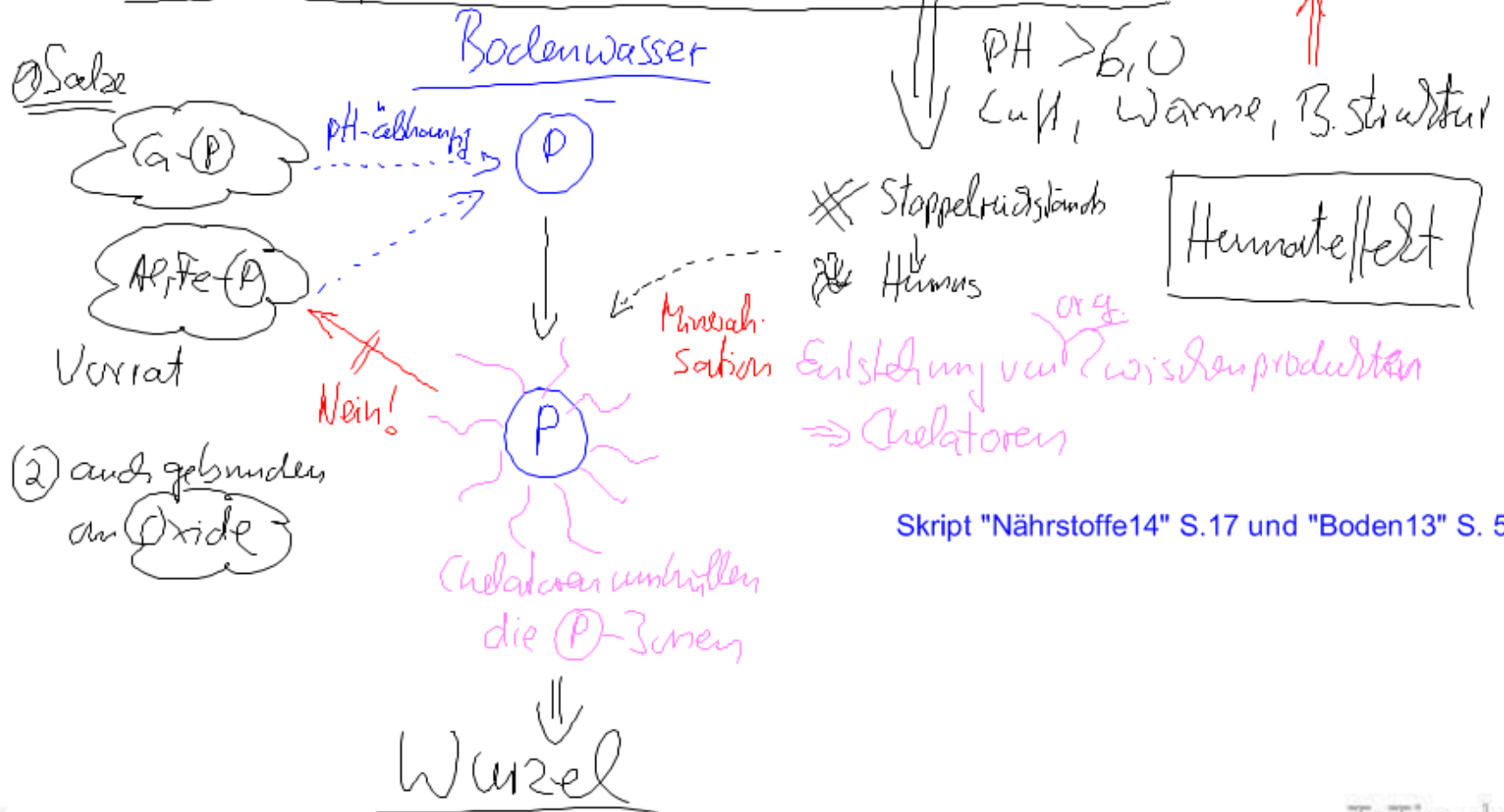
Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

③ Humateffekt Was ist das?

Düngung: Ca-P Gülle
Min. Dg. P wasserlöslich
↓
Phykn

Zwischenfruchtanbau
Org. Düngung

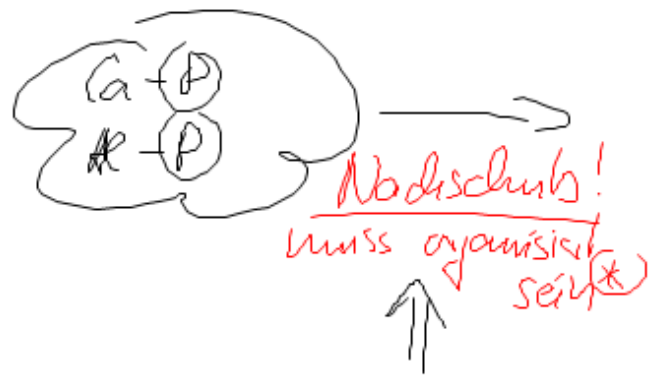
deshalb
Mais haben!



Skript "Nährstoffe14" S.17 und "Boden13" S. 55

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Unter optimalen Bedingungen sind etwa im Boden gelöst o. in Bodenwasser



täglicher Austausch
des gelösten
Boden-(P)

2 kg (P) / ha
gelöst

← täglicher Verbrauch
von 1-2 kg



Entzüge
Faustzahl
2 - 1 - 2 / dt
N P K Getreide
mit Stroh

80 kg/ha - 100 kg
in Veg. Zeit von
80 - 170 Tagen

- (*) • pH-Wert optimieren!
- Bodenstruktur (Luft!)
- Zw. frucht, org. Düngung

Skript "Nährstoffe14" S.16 unten

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Magnesium dynamik und -düngung

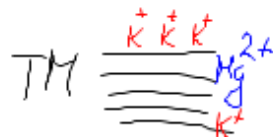
Skript "Nährstoffe14"
S. 24 und Skript "Boden13" S.46

Skript Nährstoffe S. 25

- Schlussfolgerung:
- (1) Kohlens. Mg-Kalk (fett!)
 - (2) Min. Dü mit Mg (*)

(3) Blattdüngung
 $MgSO_4$ (Bittersalz) + B, Mn

Quellen:



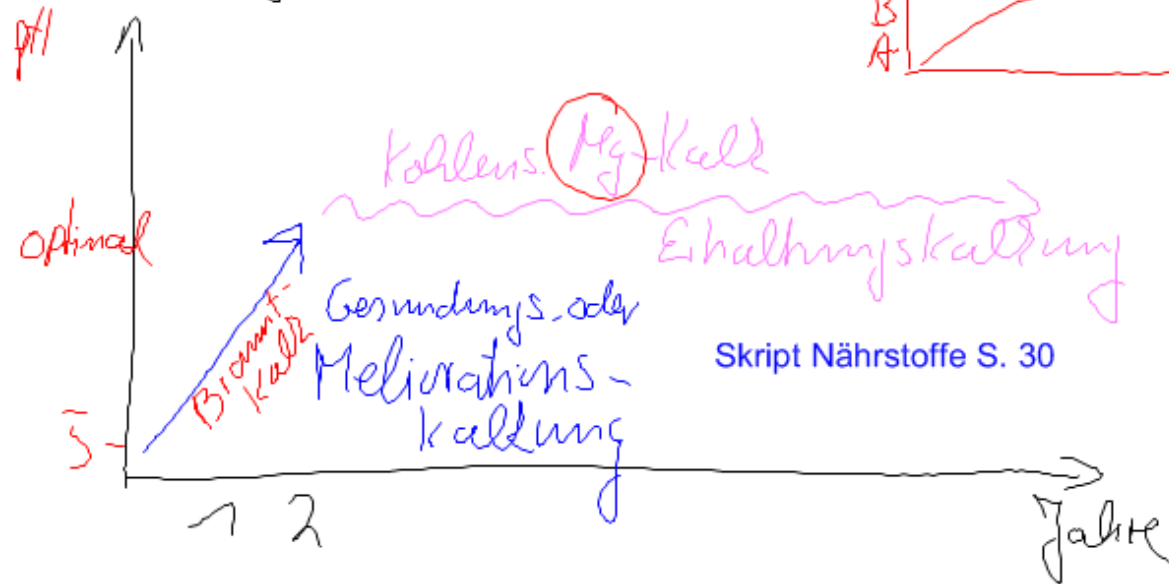
Mangelstandorte sind

- Saure
- Sandige und
- Kaliumüberver-
sorgte Böden

(*) Gelbes Blatt S. 40!
nach BL (so wie Kalium u. Phosphat)

Kalkung:

Skript Nährstoffe S. 26



Skript Nährstoffe S. 30

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion Empfehlung:

Kalkung: BU-Ergebnis: (1) Bart 03 (LS), pH 5,5, 20 dH_{Ca}

Skript Chemie14 und Nährstoffe14 jeweils S. 30!

(2) Bart 05 (tL), pH 6,0, 20 dH_{Ca}

Welche Kalkdüngung und warum? Erläuterung und Grundlagenwissen.

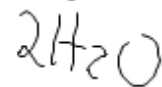
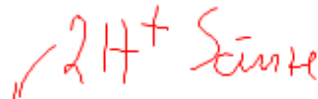
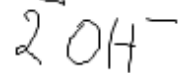
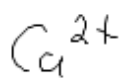
zu (2): Metalloxyd + Wasser $\rightarrow$ Lauge

Kohlendioxid
(Kohlensäure)

Salz
Kohlens. Kalk



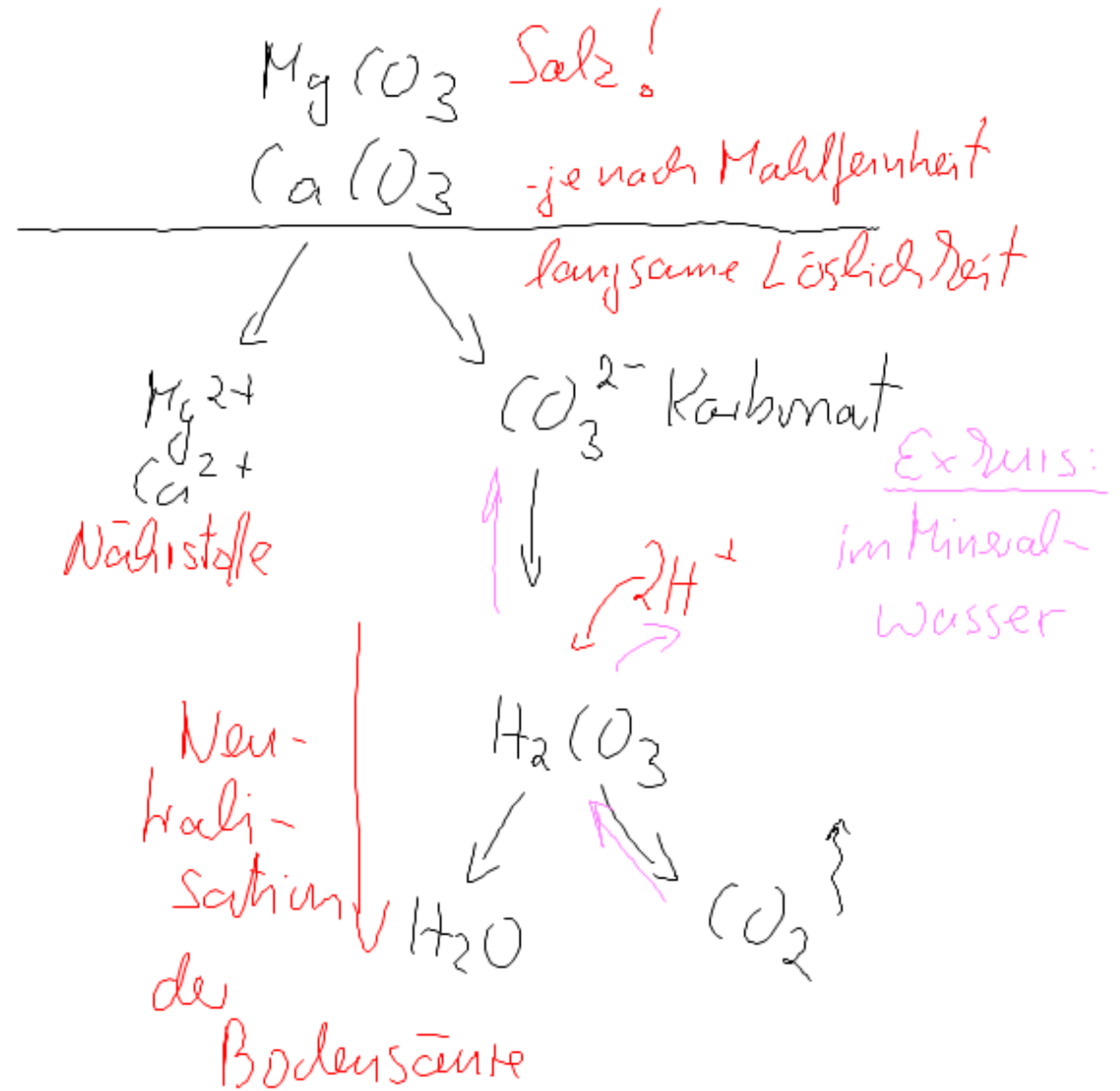
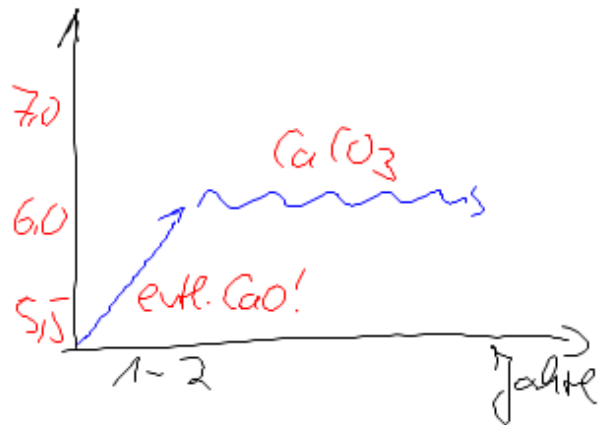
Stabili-
sierung
des
Krümel
struktur



Neutralisation
der Bodensäure

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Zur ①:



Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

„Säureschäden“ wegen geringe pH-Werte:

WG-Schlag



platten-
weise
vergilbte
pflanzen

evtl. verwechselbar mit

- Verfärbungsmosaik
(bodenbürtiger Virus)
- Verzweigungsstern
(Blattlausübertrag)

↳ im Frühjahr
unterschiedlich
Schossphase!

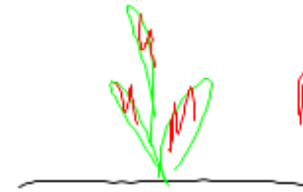
Raps



- fehlende
N. st. dynamik
- Verdichtung
- Staunässe

Skript Nährstoffe 14 S. 29!

Mais



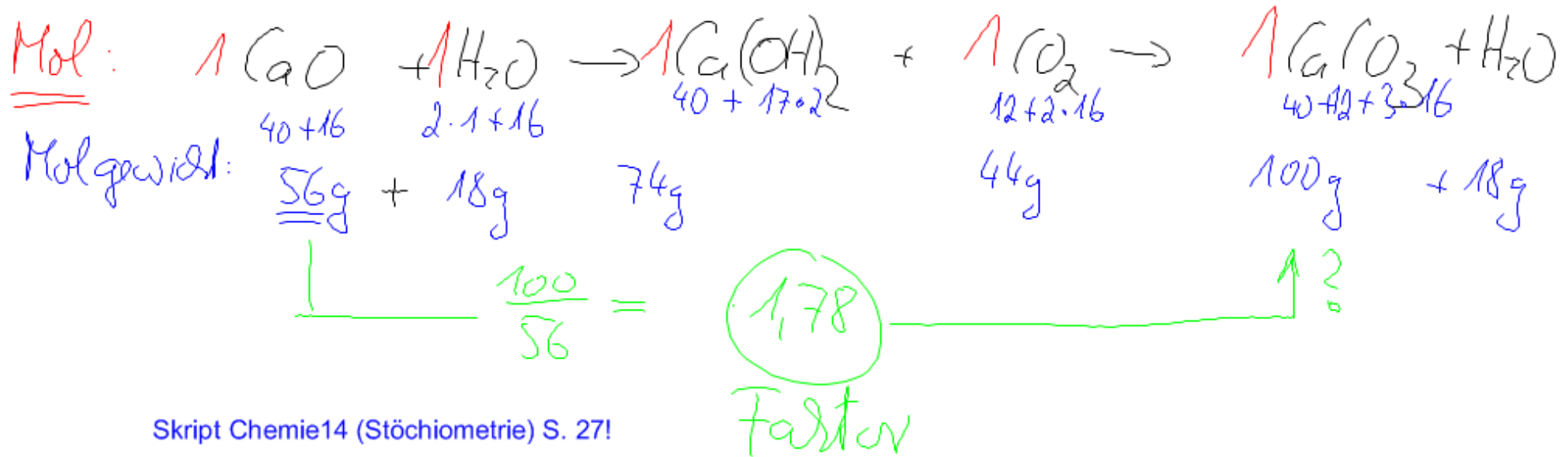
phosphormangel

- verkrautete
- verdichtete Böden

↓↓
Humateffekt?!

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Wieviel Ca(OH)_2 sind „20cl CaO -Empfehlung“:



Skript Chemie14 (Stöchiometrie) S. 27!

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Rückgabe 1. Ex vom 4.11.13

- 1, a) ① . TM: Schichtstruktur, Zw-schichten, Oberflachen-Kalium 7P
• Kurz. gleichgew. TM $\leftrightarrow$ BL
② prod. Düngung, Vers. stufen 3P

- b) ① Innenantagonismus 5P
② Innenpumpe in der Wurzel, prod. Düngung 5P

- 2 a) ① Reaktionsphase 5P
② Düngephase (N-Dynamik) 10P

- b) ① Beschreibung von Entec (ASS und seine N-Formen) 7P
② Nitrifikation und deren Hemmung (Bedingungen, Dauer...) 8P

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche ^{Blattdüngung} Produktion

Schwefel dynamik

Skript Nährstoffe 14 S. 34-38

Herbst-
Düngung

Schwefel-
kalk

Kohlens.
kalk mit
dem. S:

Quellen

Org. Subst.

Humus

Düngung
↓
Gülle 0,5% S/l³
Mist 1% S/l⁶

Mineralisation

Humus als
Anionenaustauscher
Anwaschung

Vor allem
ÜberN-Düngung
ASS, SSA

SO_4^{2-}
Sulfat

Bitter-
salz

$HgSO_4$

Netzschwefel
(elementarer Schwefel)

S $\xrightarrow{\text{Bakterien}}$ SO_4^{2-}

Pflanze

Blattaufnahme

Schwefel wie Stickstoff
genauer: Sulfat wie Nitrat

gilt auch für Mangelsymptome
Schwefelmangel jedoch an jungen
Pfl. bei

①-③: mögliche
Düngungsverfahren

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Dünge-VO und ihre gesetzl. Rahmenbedingungen

Skript Düngung 14 S. 5f.

1) EU-Recht:

Wasserahmen-RiLi

- Gewässerschutz

Nitrat-RiLi

- Grund- und Trinkwasserschutz

2. Nationales Recht: • Erstellung von Situation, berichten

• Dünge-VO

tendenzielle Verbesserung
in den letzten 20 Jahren

3) Länderebene:

Ausführungsbestimmungen
⇒ Beratungsaussagen und
Maßnahmen

politischer
Druck zur
Novellierung
2014

s. Checkliste: z. B. Sperrfrist, Bilanzierung,
Herbst max 80N, Einarbeitung, anhydridehaltige Böden

Betriebskontrollen im Rahmen von Cross compliance

allen od?

Ja

Nein → evtl. Subventions-
kürzungen

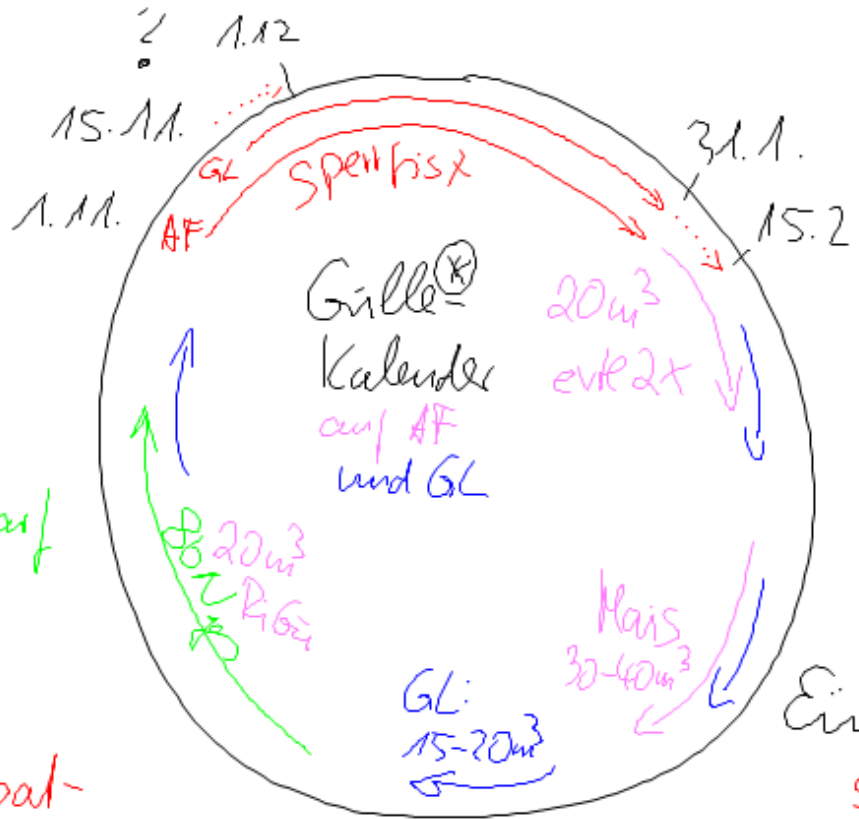
Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Maßnahmenüberblick

Skript Düngung 14, S. 12-19

Herbst:

max 80 Ngen
nur wenn Bedarf
- WG, Raps
- zw. Frucht
- Stroh
~ bis 1.10 Saat-
termin



Aufnahmefähigkeit des Bodens?
Nst. müssen einsickern können

Schlagbezogene N-Bilanzie
nach Sollwert/Eintag
und Nmin, Abblief
⊗ unter Anordnung der Gülle
⇒ Nst-gehalte sollten bekannt sein

Einarbeitung, bodennahe
Ausbringung
≤ 4 Std!

Gewässerabstände

Gesamtbetriebl. Bilanzierung

Skript Düngung 14, S. 10-12

Viehobergrenze

170 / 230-Regelung
N_{ges}

Nährstoffsalddierung
beurteilt das Düngerverhalten
des Betriebes für P und N
Bilanzüberschuss 60 N
20 P 25

Beispielrechnung:

	Auscheidung		
	N	P	K
60 MK	129 7740	97 2820	165 10.140
40 JV	40 1600	14 560	54 2160
25 Kälber	14 350	5 125	13 325
	9690	3505	12.625

Gülle:

$$5 \text{ m}^3/\text{Tag} = \cancel{5.3!}!$$

$$\sim 2000 \text{ m}^3/\text{J.}$$

$$\downarrow$$

$$4,85 \text{ N} / 1,75 \text{ P}_2\text{O}_5 / 6,3 \text{ K}_2\text{O}$$

N-st. gehalt der Gülle

s. eigene TA

$$\rightarrow \text{abzüglich } 30\% \text{ Verlust}$$

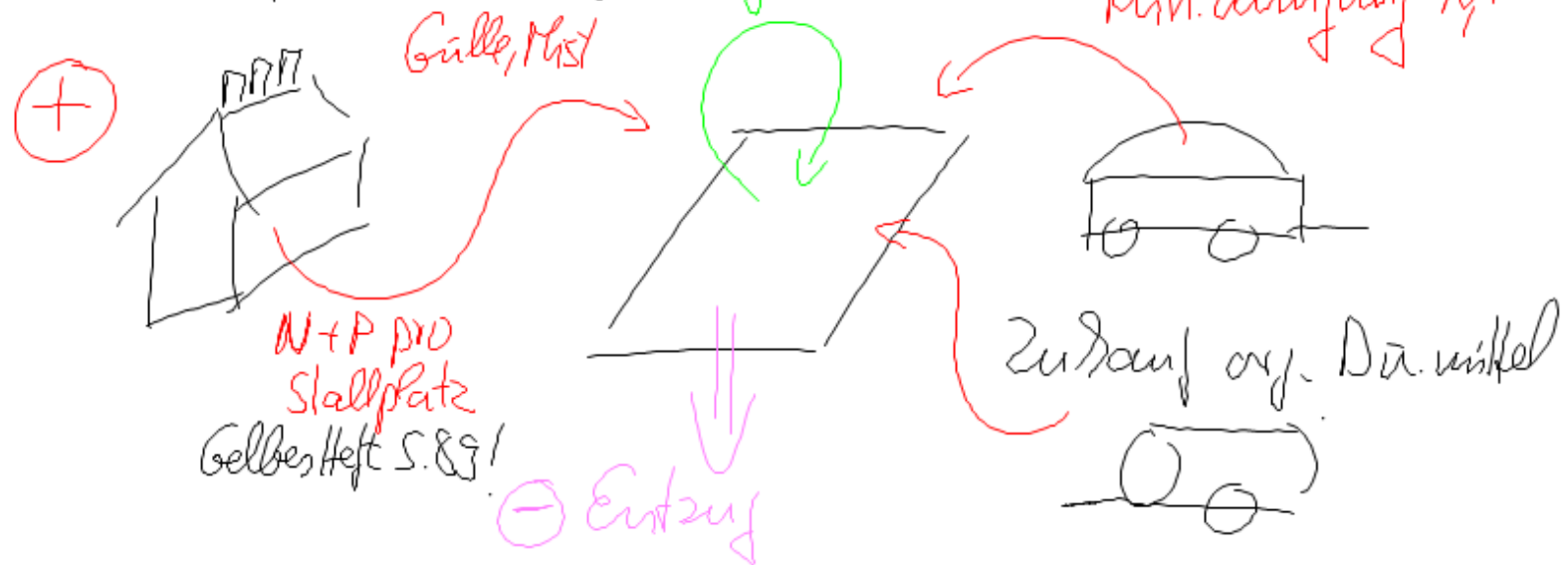
$$\rightarrow \div 80 \text{ ha} = 12,1 \text{ kg N brutto/ha}$$

$$84,7 \text{ kg N/ha}$$

Nährstoff/Saldierung

Faundzahlen:
S83 GH
Leguminosen-N

Feld-Stall-Bilanzierung



3-jähriger bis 2013 $\leq 60 \text{ N/ha}$ und $\leq 20 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$
Durchschnitt

2014: Novellierung: ≤ 60

Differenzierung nach BU

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Nährstoffgehalte org. Dünger müssen bekannt sein: ~~S 31 f~~

Faulzahlen
(Gelbes Heft)

Ri-Gü 4-2-6
2 Norg 2 NH₄-N

S-Gü 6-3-3
2 Norg 4 NH₄-N

Gärsubst. ϕ ähnlich wie Ri-Gü
Stand fütterungsabhängig

betriebl. Bilanzierung
mit Faulzahlen
pro Stallplatz
(s. TA vorher)

⇓
unzureichend genau
für betriebl.
Situation

Labruntersuchung

Stichprobe sehr
unsicher
evtl. große Streubreite.

Skript Düngung 14, S. 14-15

Schlagbezogene N-Bilanzierung

Alfennen ...

Gesamtbedarf

- Min

+ Zu-/Abschläge
(Standardsituation)

= Düngedarf
- org. Düngung

BY: „Sollwert“ (Gelbes Heft)

BW: Entzug + Zuwachs
• Paps + 50N
• andere + 20N

- GV-Besatz
- Vorfrucht

Nachlieferung aus
Norg

Norg der
Grille

Anrechenbar: • P und K zu 100%
• $\text{NH}_4\text{-N}$ abzgl. gasf. Verl.

min. Ergänzungsdüngung

im Getreide:

1. N

Vef. bef.

2. N

EC 29/31

3. N

EC 37/49

(4. N)

im Mais

Paps

Vef. bef. Frühjahr

Reherdigung

Knospe

(„Blüte“)

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Rechenbeispiel:

80dt WW (Amit 15%RP); 1,6 GU/ha, Vorfrucht SM, SL (04⁹)

BY (Gelbes Heft)

BaWi (Blanes Heft)

Gesamtbedarf:

270

2,5/dt = 220 N

- Nmin

-40 (aus Internet oder ER-Rundschreiben) ~40

- Nachreifung
Vorfrucht SM
und Keimkehlrost
Gülle

-30 (1,6 GU!)

-10 (GU-Bericht)

Düngerbedarf

200N

Düngerbedarf 170

- 20m³ Gülle

-40N

- 20m³ Gülle 40

4-2-6
2Norg 2NH₄-N

min. Ergänzung 160N



Beispiel: K&R, 45 dt/ha, Herbstfröhe, 1,5 GV/ha, SL

Gesamtbedarf

BY
210

BW
 $4,5 \cdot 45 = 202 + 50$ 250

Beispiel aus der 1C

N_{min}: - 50
Nachlieferung: - 30

130

(*) 3 ch ASS $\uparrow$ NO_3^-
 $\rightarrow 80 \text{ N} \rightarrow \text{NH}_4^+$
 $\rightarrow 40 \text{ S}$
50
60
140

Grille

$20 \text{ m}^3 = 40 \text{ N NH}_4\text{-N}$
 40 N org



Saat

Winter

Vej. beg.

1. N

Längenwachstum

2. N

vor Blüte

(3. N)

Stroh-
management

$\rightarrow 40 \text{ N}$

z.B. 80*

50

Norg

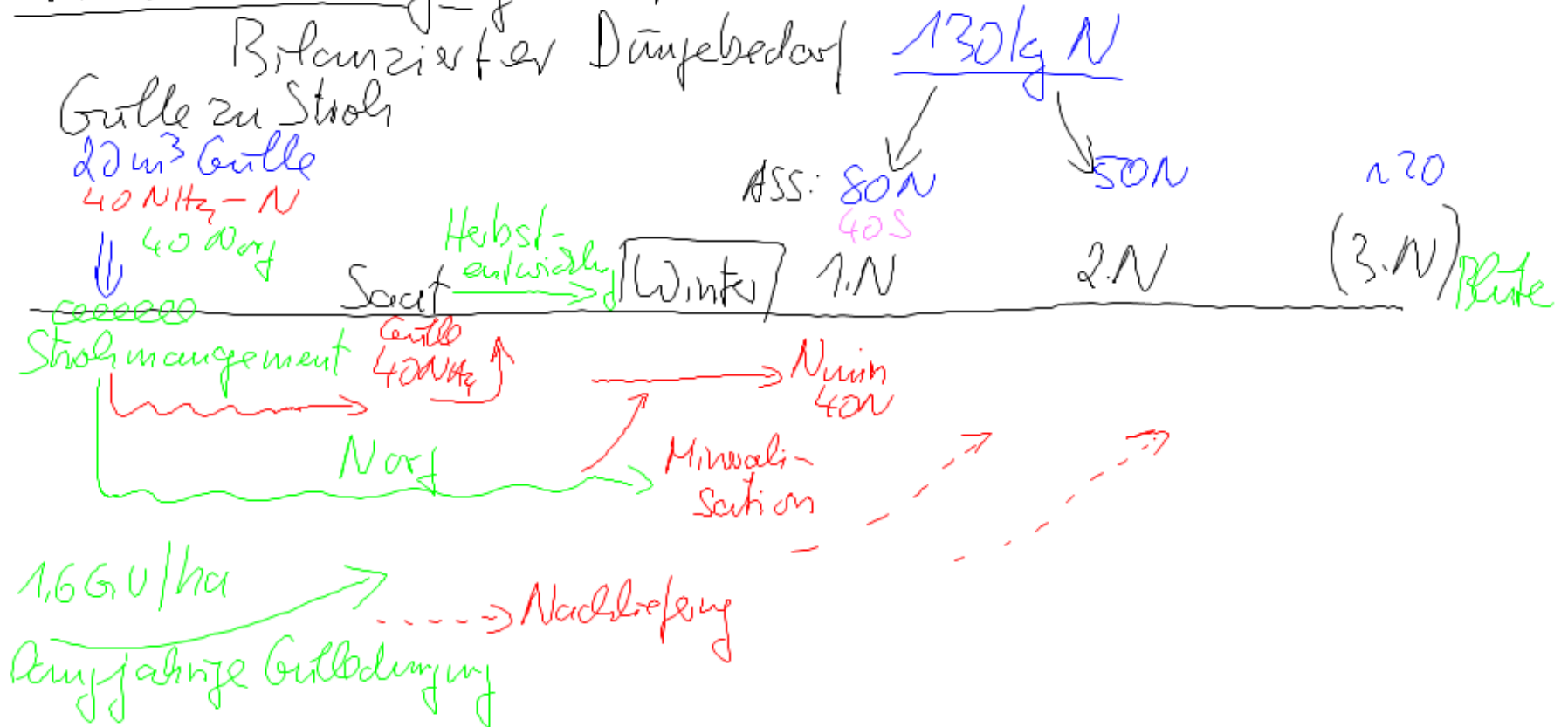
Nachlieferung

- Mineralisierung aus Grille

Stroh / Vorfrucht

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion

Praktische Düngung Beispiel Korntraps

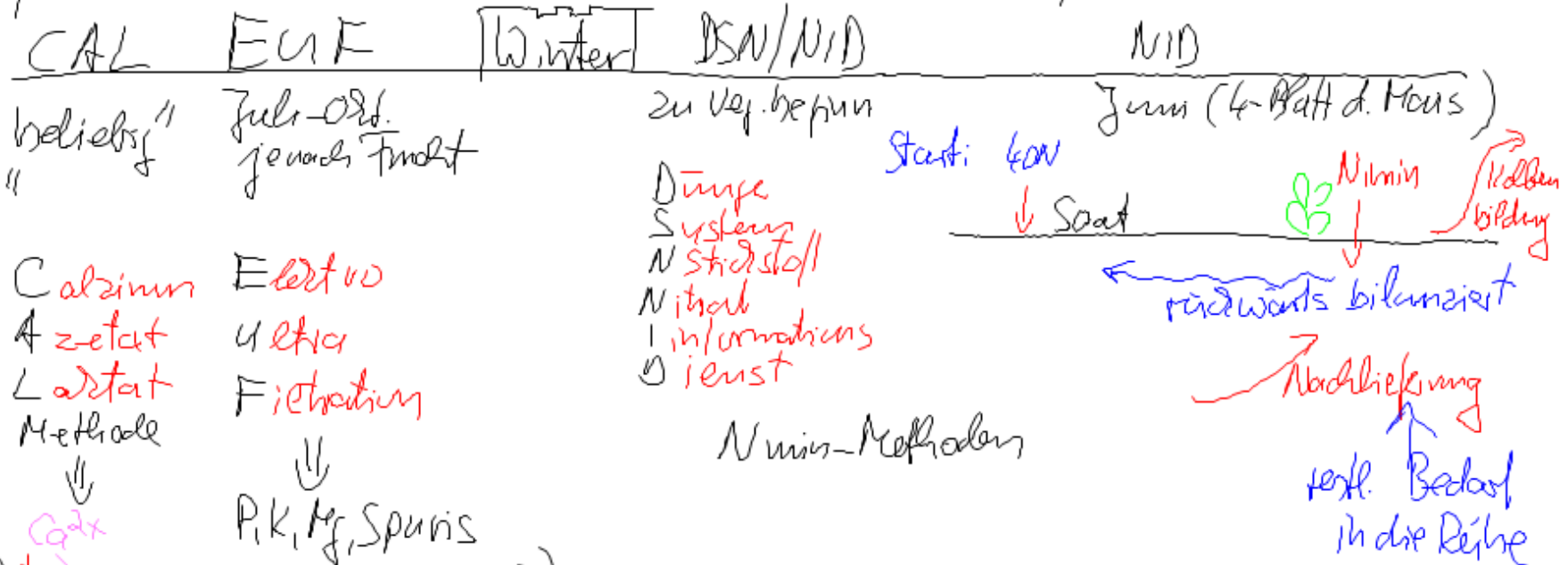


Bodenuntersuchungsmethoden

Skript Düngung 14, S. 20 f.

Probenahme:

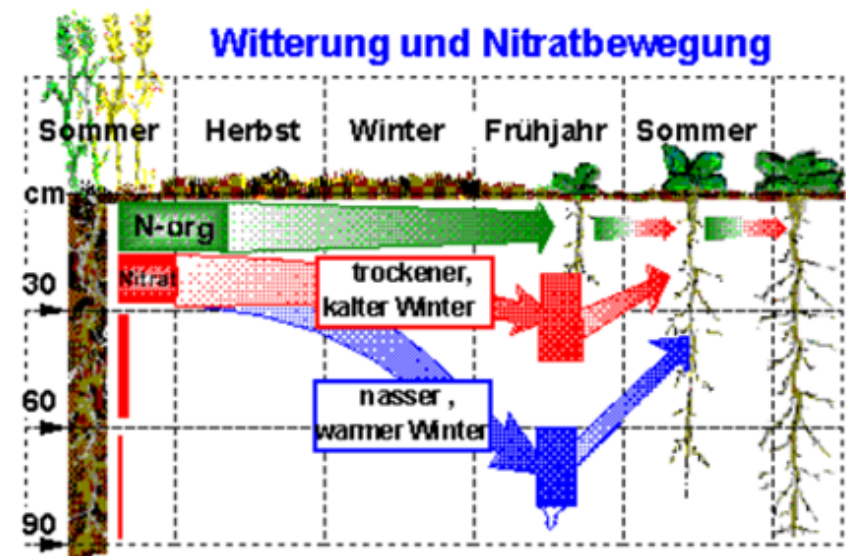
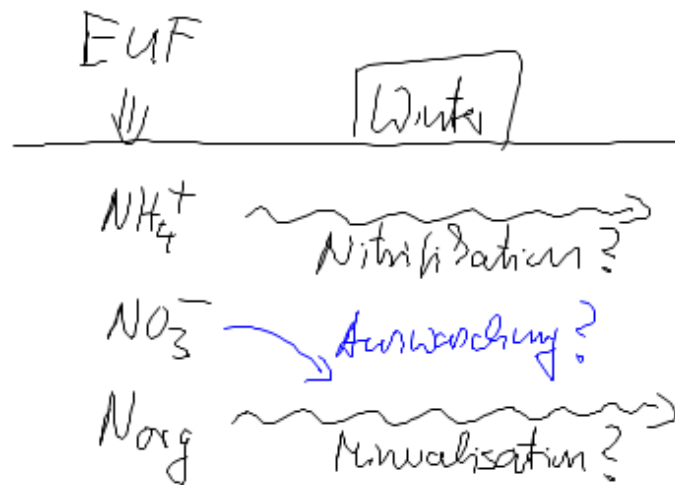
„Späte Nmin“



Die "Späte Nmin-Methode" ist in BaWü in
Wasserschutzgebieten vorgeschrieben

Skript Düngung 14, S. 29

Technikerschule Triesdorf Pflanzliche Produktion Nährstoffdynamik (Grundständliches) zur EUF-Methode: Skript Düngung 14, S. 23



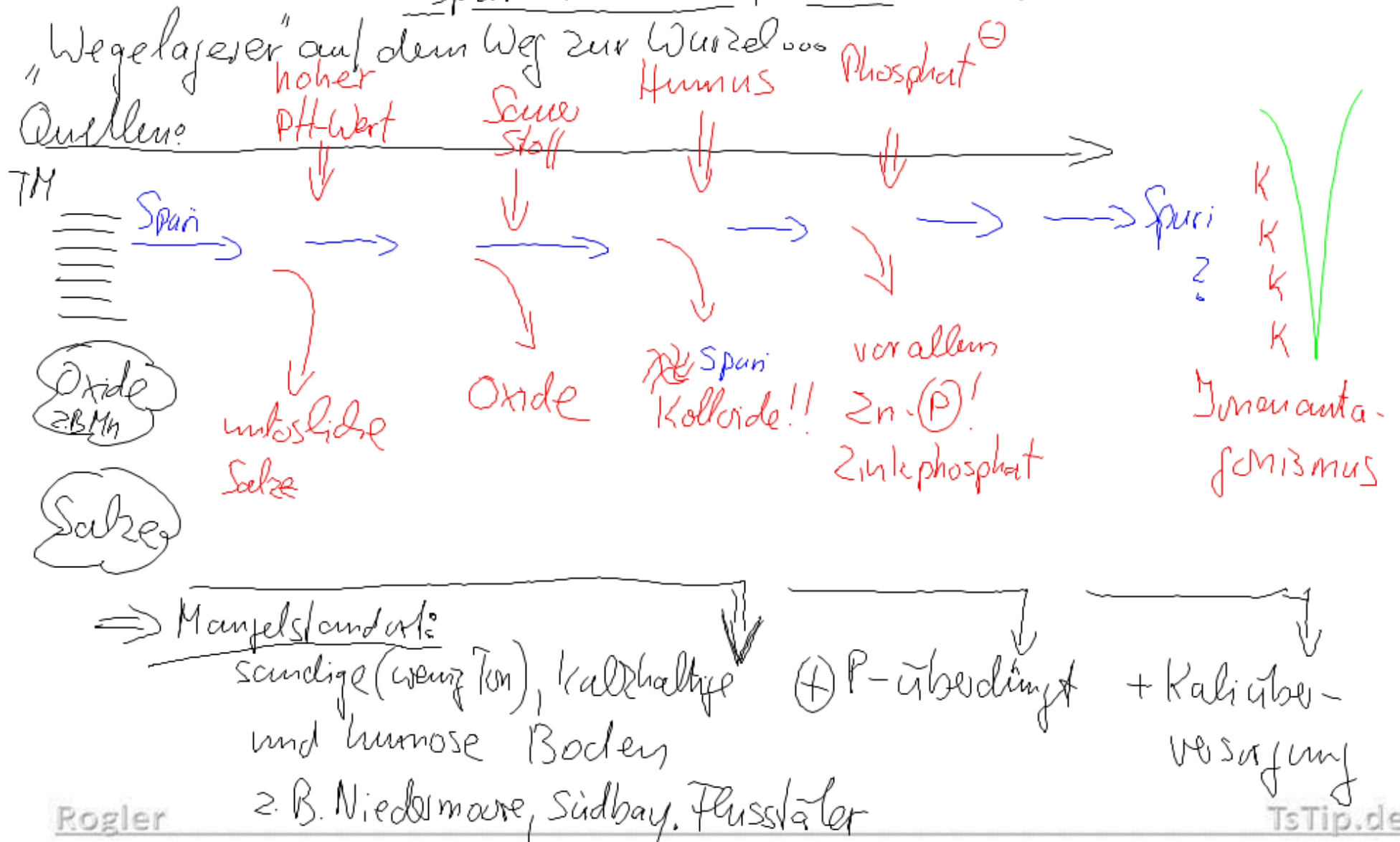
Quelle:

http://bisz.suedzucker.de/Bodengesundheitsdienst/Erklaerungen/EUF_Probenahme/

Die EUF-Methode hat den Vorteil, eigentlich "alle" Nährstoffe analysieren zu können, auch den leicht mineralisierbaren Norg-Anteil. Dieser Norg dient zur Abschätzung der Nachlieferung im kommenden Jahr. Unter Berücksichtigung der Wintersituation (Verlagerung, Nitrifikation..) wird die Verfügbarkeit der im Herbst gemessenen N-Werte prognostiziert.

Spurenelementdynamik

Skript Nährstoffe 14, S. 39



Borddüngung —
In Raps und Zuckerrüben ...

Bodendüngung:

BlaHDüngung
z.B. EPso-Mikrotop
(Bittersalz mit 0,9% Bor)

bei „optimalen“ Bodenbe-
düngungen:
pH 6-6,5
SL

Gesamtbedarf/
500-1000 g

Firmenangabe:
5%ige Lösung in 400 l Wasser

80 kg N als Bor-ASS (=30lt) (*)
⇒ 40 kg S
⇒ 900 g B

20 kg ←

+0,9%

2 Spritzungen

180 g / Spritzung

⊗ 0,3% Bor in ASS

Borversorgung größtenteils
auch über Blatt möglich