

Stickstoff-Düngerformen



Werbung, 1950er Jahre

Dr. Friedhelm Fritsch, DLR R-N-H

1

Nährelemente und ihre chemischen Verbindungen						
Element	N	P	K	Mg	Ca	S
	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Magnesium	Calcium	Schwefel
Oxid (sofern bei Düngern angegeben)	-	P_2O_5	K_2O	MgO	CaO	SO_3
		„Phosphat“	„Kali“	Mg-Oxid	„Kalk“	
Multiplikation		$P \cdot 2,29 = P_2O_5$	$K \cdot 1,2 = K_2O$	$Mg \cdot 1,66 = MgO$		$S \cdot 2,5 = SO_3$
Säure Basen Salze	HNO_3 NH_4OH Nitrate	H_3PO_4 Phosphate	KOH Kalisalze	$Mg(OH)_2$ Mg-Salze	$Ca(OH)_2$ Ca-Salze	H_2SO_4 Sulfate
von Pflanzen aufgenommen als Ion	NO_3^- NH_4^+	HPO_4^{2-} $H_2PO_4^-$	K^+	Mg^{++}	Ca^{++}	SO_4^{2-}
Verbindungen in Düngemitteln (Beispiele)	NH_4NO_3 $Ca(NO_3)_2$ $CO(NH_2)_2$ $CaCN_2$ $NH_4H_2PO_4$ $(NH_4)_2HPO_4$ $(NH_4)_2SO_4$	$Ca(H_2PO_4)_2$ $(NH_4)_2HPO_4$ $Ca_5(PO_4)_3OH$	KCl K_2SO_4	$MgSO_4$ MgO $Mg(OH)_2$ $MgCO_3$	CaO $Ca(OH)_2$ $CaCO_3$	$CaSO_4$ $MgSO_4$ K_2SO_4 $(NH_4)_2SO_4$

2

Seit jeher Nutzung von **Kalk**, **Mergel**, **Pottasche**

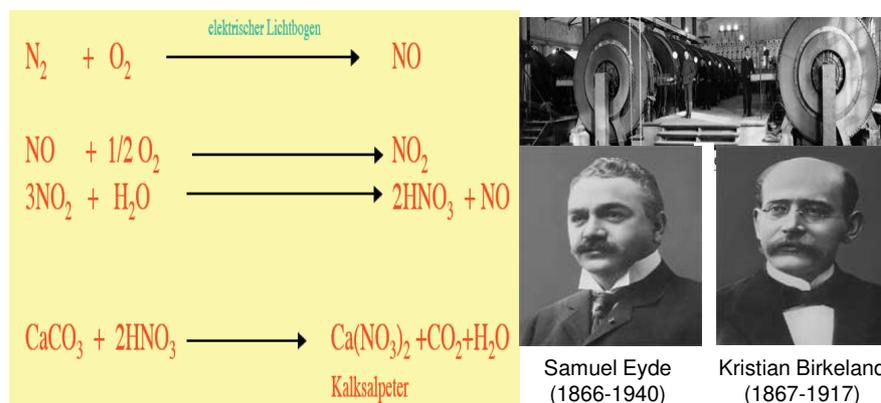
Einführung der Mineraldünger

- 1830 **Chilesalpeter** (erste Schiffsladung nach England)
- 1843 **Superphosphat** (England, ab 1855 auch in Deutschland)
- 1860 **Kalidünger** (Deutschland, Abraumsalze der Salzbergwerke)
- 1879 **Thomasphosphat** (England, Stahlerzeugung)
- 1890 **Ammoniumsulfat** (Deutschland, aus Kokereien)
- 1905 **Kalkstickstoff** (Deutschland)
- 1906 **Nitratdünger** (Norwegen, Lichtbogenverfahren, Luft-N₂)
- 1913 **Ammoniak** (Deutschland, Haber-Bosch-Verfahren, Luft-N₂)
- 1921 **Harnstoff** (Deutschland, aus Ammoniak)
- 1927 **Nitrophoska** (Deutschland, Volldünger)
- 1929 **Kalkammonsalpeter** (Deutschland)

3

3

Birkeland-Eyde-Verfahren „Lichtbogenverfahren“ um 1906



4

4

Technische Herstellung von Ammoniak „Haber-Bosch-Synthese“



Fritz Habers erste Versuchsanlage zur Ammoniak-synthese (Dt. Museum München)

zwischen 1905 und 1913
von dem deutschen
Chemiker Fritz Haber (1868-
1934) und dem Ingenieur
Carl Bosch (1874-1940)
entwickelt:

- Temperaturoptimum 500°C
- optimaler Druck: 450 Bar
- Einsatz von Katalysatoren,
welche die Reaktion
beschleunigen

Olfs, FH Osnabrück

5

5

Ammoniak-Synthese Haber-Bosch-Verfahren

PATENTSCHRIFT

1910

— № 235421 —

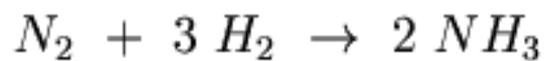
KLASSE 12A. GRUPPE 3.

BADISCHE ANILIN- & SODA-FABRIK IN LUDWIGSHAFEN A. RH.

Verfahren zur synthetischen Darstellung von Ammoniak aus den Elementen.



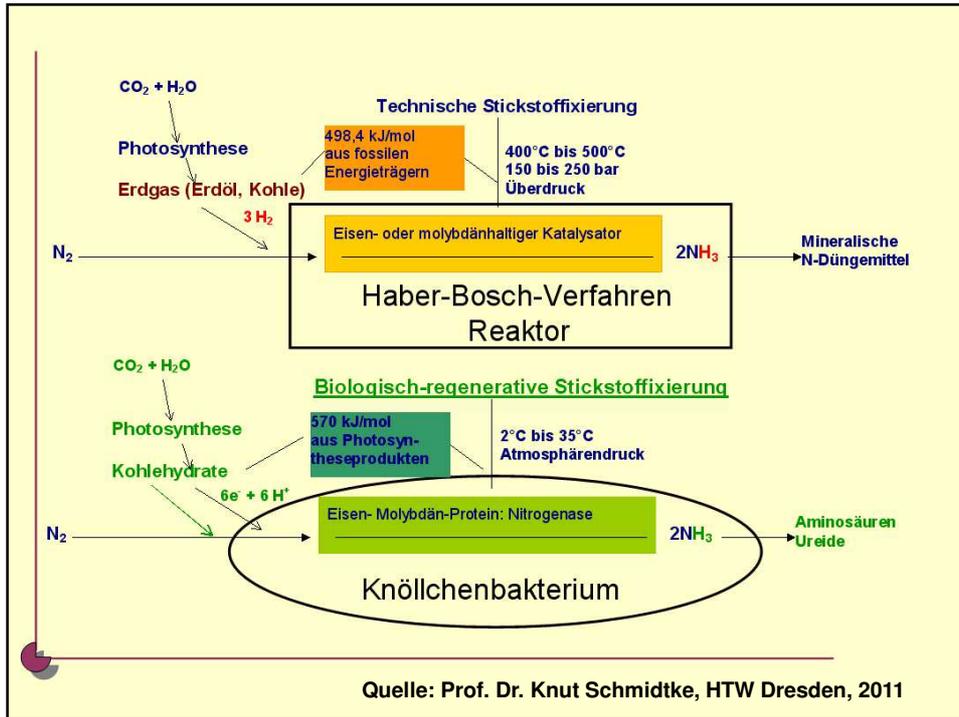
F. Haber



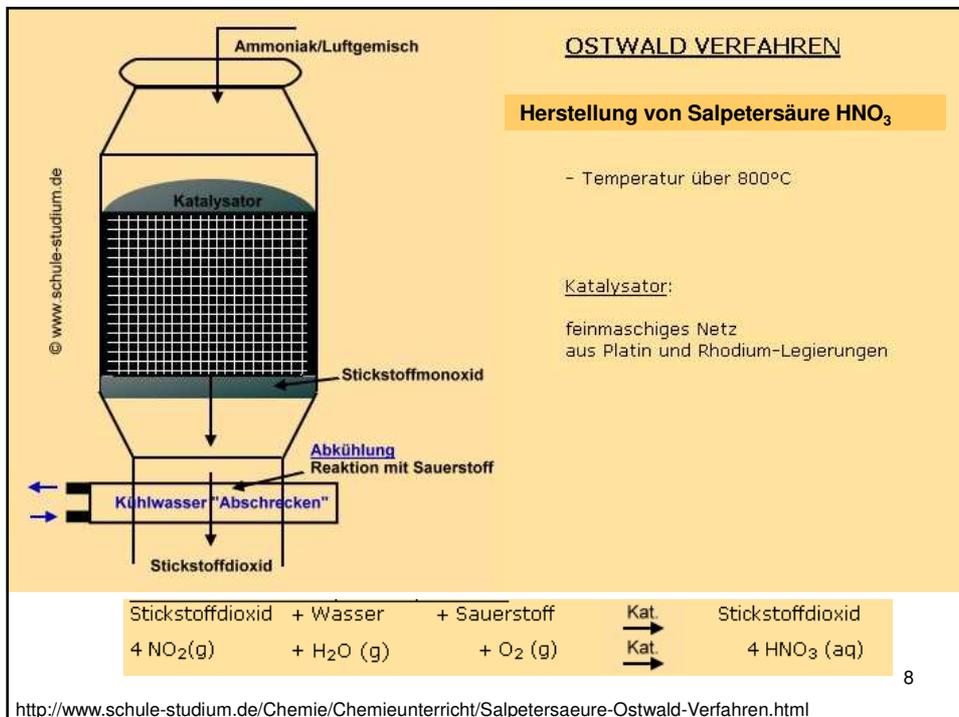
C. Bosch

6

6

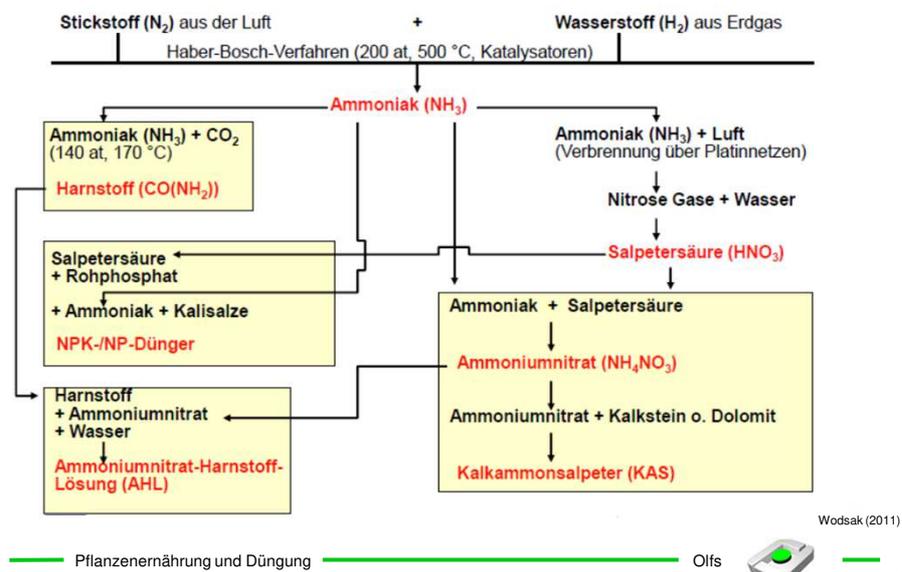


7



8

Herstellung von verschiedenen N-Düngern



9



Die Katastrophe von Oppau 1921

(KÖHLER, OTTO: ... und heute die ganze Welt; Die Geschichte der I.G. Farben und ihrer Väter – Rasch und Röhrig Verlag: Hamburg, Zürich 1986; ISBN 3-89438-010-1; S. 174.)

1921: Explosion eines Lagers aus Ammoniumnitrat und Ammoniumsulfat bei der BASF
 > 500 Tote und > 2000 Verletzte

10

10

Möglichkeiten zur Verminderung von Nitratauswaschung

N-Düngung nach Bedarf (N-Menge nach DüV,

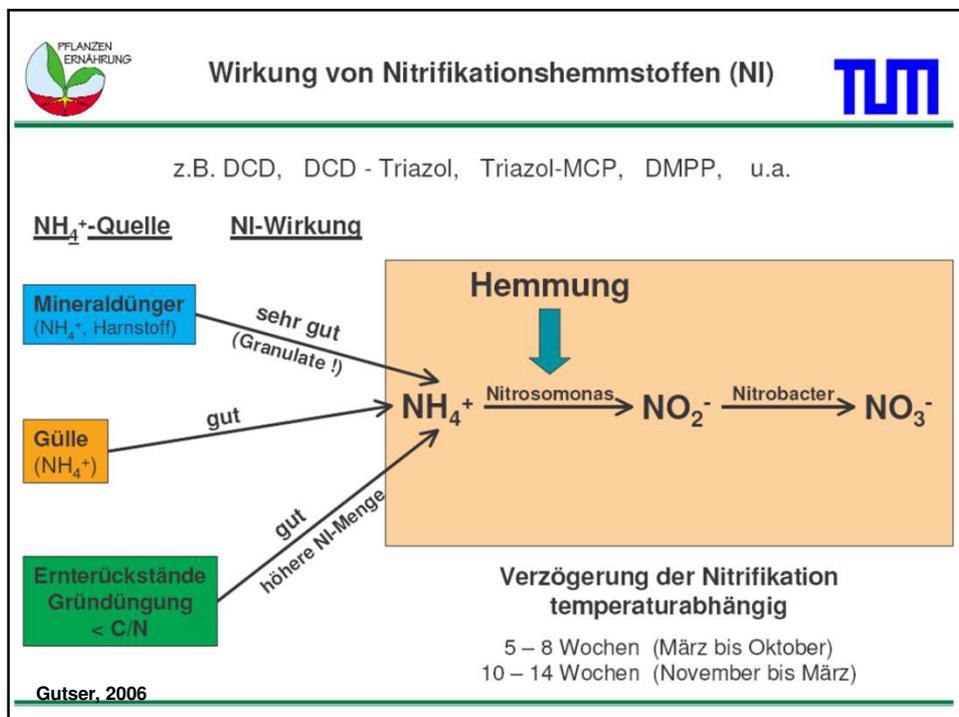
N-Nachlieferung (?), N-Form, N-Aufteilung)

N-Verfügbarkeit organischer Düngemittel

Nitrifikationshemmstoffe

Zwischenfrüchte, Untersaaten, Strohdüngung

11



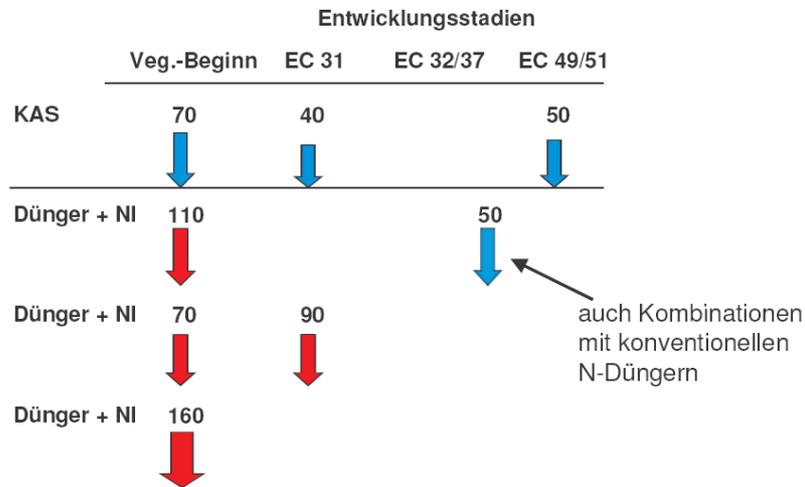
12



Beispiele für Strategien mit NI-haltigen Mineraldüngern zu Winterweizen



N-Düngung: 160 kg/ha



Gutser, 2006

13

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Weidner et al., 2004

Harnstoff und seine Verwendung

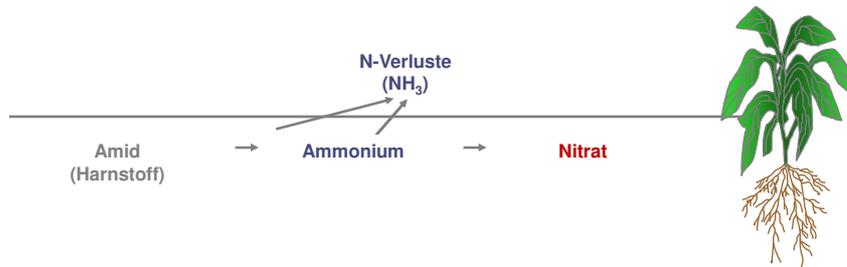
- Dünger in der Landwirtschaft: Flüssig (Blattdünger), Fest, Depotdünger (Harnstoff-Aldehyd-Kondensate)
- Eiweiß-Supplement in Futtermitteln
- Katalysator in der Automobilindustrie
- Zusatz in Treibstoff zur NO_x-Minimierung
- Chemische Industrie als Harze:
 - zu den Aminoplasten zählende, härtbare Kondensationsprodukte zur Herstellung von Klebstoffen, Lacken, Laminaten, Formteilen, Schaumstoffen, Papier-, Leder- und Textilhilfsmitteln
 - Synthese von Arzneimitteln
- Synthese von Farbstoffen
- Enteisungsmittel auf Flughäfen
- Herbizide (verschiedene Derivate)
- Pharmazie gegen Hautkrankheiten (z.B. Schuppenflechte)

Harnstoff ist weltweit der wichtigste N-Dünger („Urea“)

11

14

Umsetzung von Harnstoff und Ammonium im Boden zu Nitrat



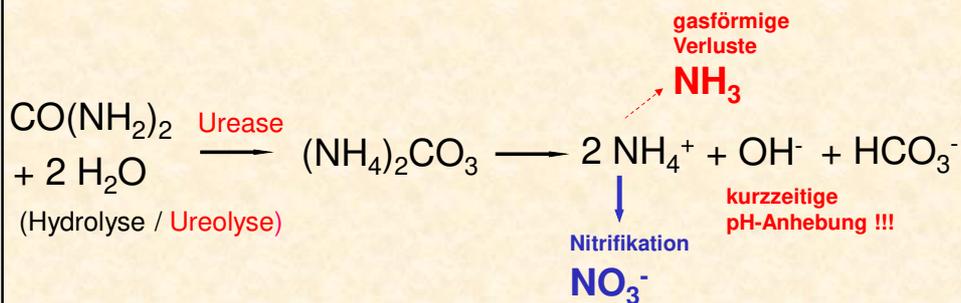
Bodentemp. °C	Umwandlungszeit von Amid zu Ammonium	Bodentemp. °C	50% des Ammoniums sind zu Nitrat umgesetzt nach
2	4 Tage	5	6 Wochen
10	2 Tage	8	4 Wochen
20	1 Tag	10	2 Wochen
		20	1 Woche

Die lange Umwandlungszeit bewirkt eine verzögerte N-Wirkung bei Harnstoff. Außerdem werden Stickstoffverluste begünstigt.

(nach AMBERGER und VILSMEIER, 1984)

15

Umsetzung von Harnstoff - im Boden, am Stallboden - in Jauche, Gülle etc.



Enzym **Urease** wird von Mikroorganismen gebildet



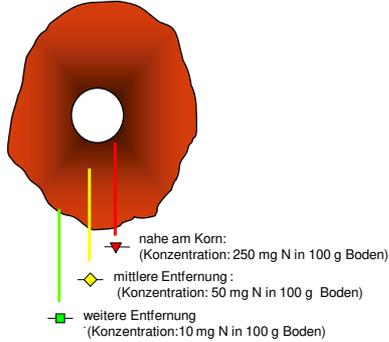
Verändert nach:
Dr. Friedhelm Herbst, 2008
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Lehrstuhl für Pflanzenernährung



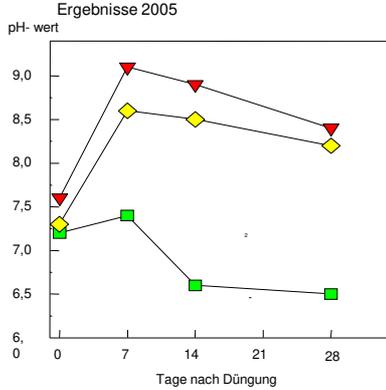
16

Änderung des pH-Wertes in der Umgebung eines Harnstoffkornes während der Umsetzung im Boden - Ursache für Stickstoffverluste

Umgebungsbereich eines Harnstoffkornes



Änderung des pH-Wertes



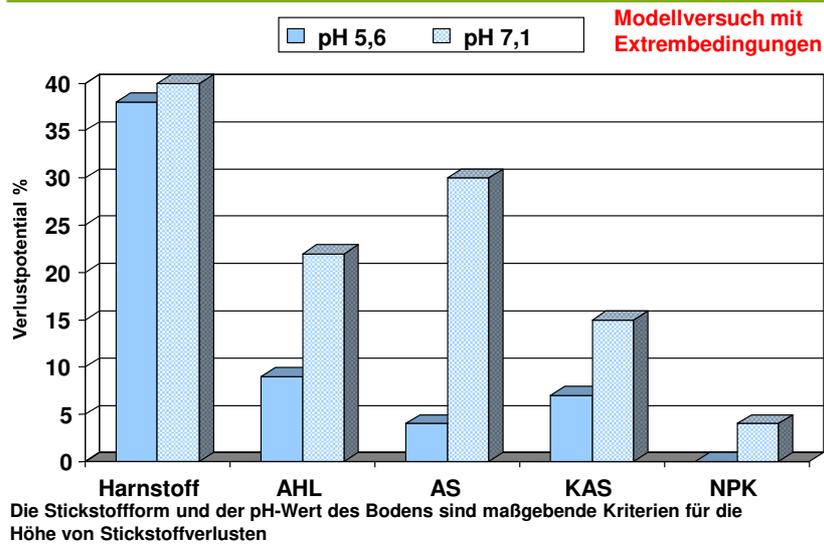
Zu Beginn der Umsetzung steigt der pH-Wert in unmittelbarer Nähe des Harnstoffkornes deutlich an, wodurch N-Verluste unabhängig vom pH-Wert des Bodens entstehen.

Quelle: Wissemeier, BASF Aktiengesellschaft

17

NH₃-Verlustpotential (%) verschiedener N-Dünger

(Ø 3 Jahre; Gefäßversuch im Windkanal, oberflächige Düngung ohne Einarbeitung)

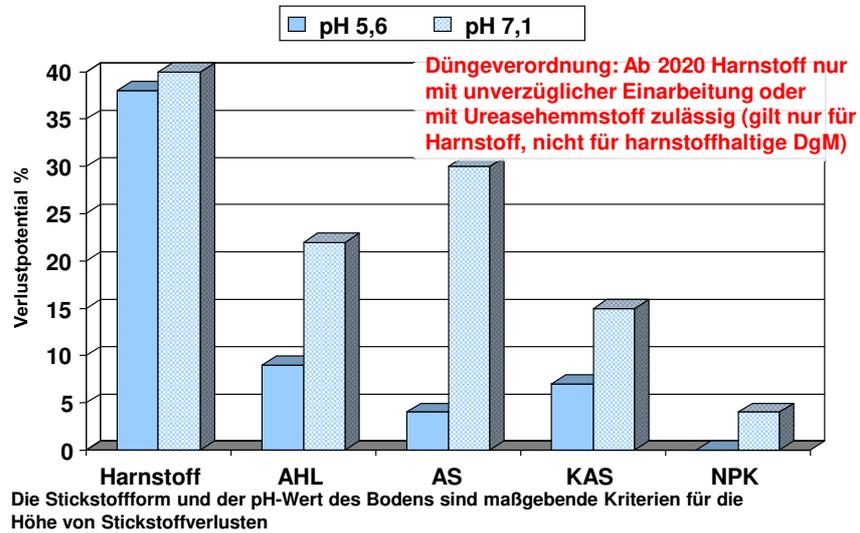


Quelle: Gutser 1991, TU München-Weihenstephan

18

NH₃-Verlustpotential (%) verschiedener N-Dünger

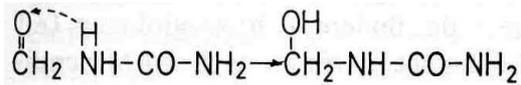
(Ø 3 Jahre; Gefäßversuch im Windkanal, oberflächige Düngung ohne Einarbeitung)



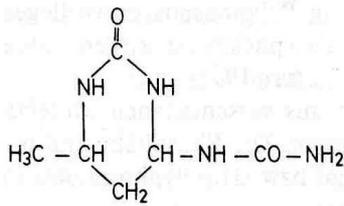
Quelle: Gutser 1991, TU München-Weihenstephan)

19

Spezialdünger: Harnstoffderivate (Langzeitdünger)

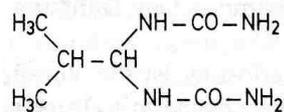


Ureaform wird aus Harnstoff und Formaldehyd hergestellt



Crotonylidendiharnstoff

Crotonylidendiharnstoff wird aus Harnstoff und Crotonaldehyd hergestellt



Isobutylidendiharnstoff

Isobutylidendiharnstoff wird aus Harnstoff und Isobutyraldehyd hergestellt

20

20

Möglichkeiten zur Verminderung von

a) Nitratauswaschung

N-Düngung nach Bedarf (N-Menge nach DüV,
N-Nachlieferung (?), N-Form, N-Aufteilung)
N-Verfügbarkeit organischer Düngemittel

Nitrifikationshemmstoffe

Zwischenfrüchte, Untersaaten, Strohdüngung

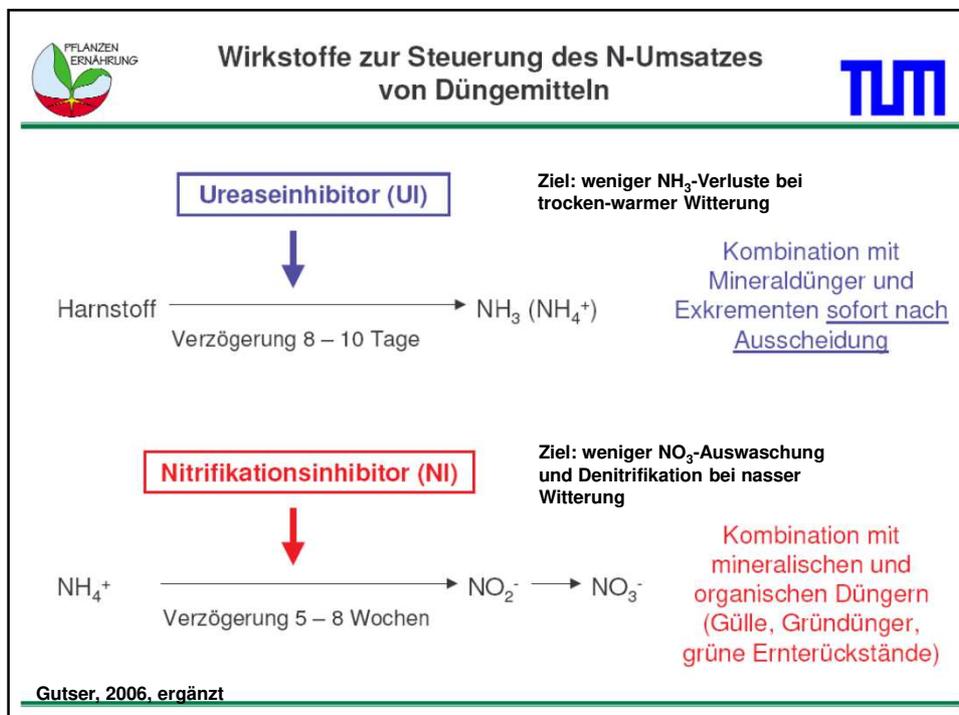
b) Ammoniakverflüchtigung

Ureasehemmstoffe

Feuchtigkeit

Einarbeitung (Kontakt mit Außenluft einschränken)

21



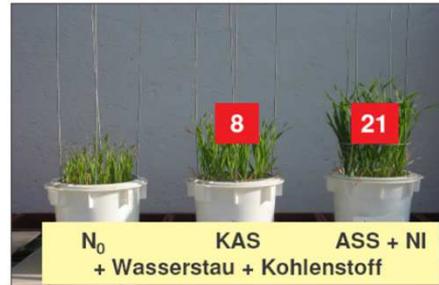
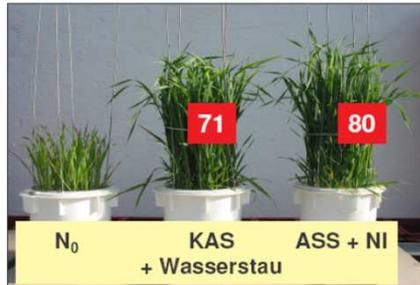
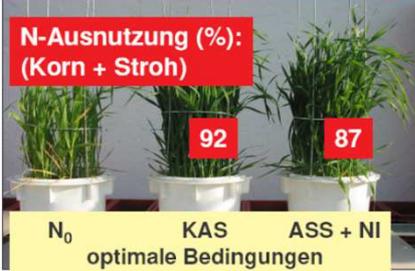
22



Einfluss der Wasserverhältnisse und der C-Verfügbarkeit im Boden auf die Effizienz von Düngemitteln



**N-Ausnutzung (%):
(Korn + Stroh)**

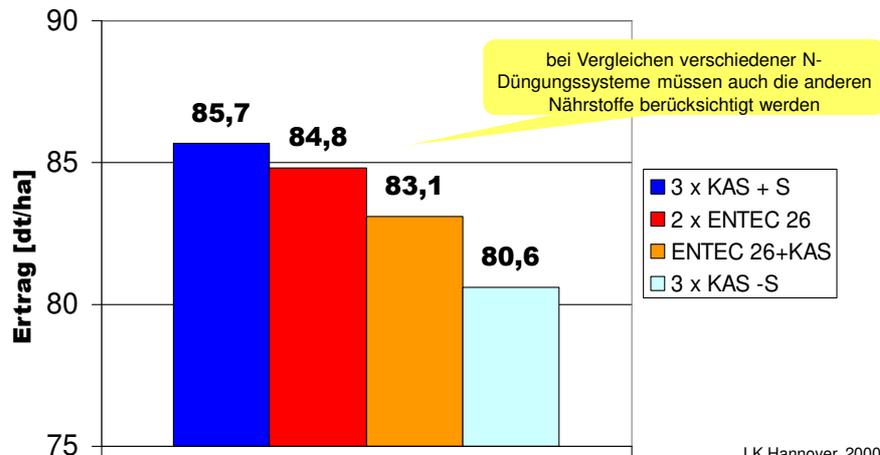


Gutser, 2006

23

Vergleich Standard-Düngungsstrategie vs. Nitrifikationshemmer-Strategie

Winterweizen (cv Drifter), Standort Königslutter, Vorfrucht WW, N-Düngung 210 kg/ha



LK Hannover, 2000
24

24

Nitrifikations- und Ureasehemmstoffe			
	Stoff	Mindestanteil in %, bezogen auf den Gesamtgehalt an Ammonium-, Carbamid- und Cyanamidstickstoff	Sonstige Bestimmungen
	1	2	3
2.1 Nitrifikationshemmstoffe			
2.1.1	Dicyandiamid	10,0	
2.1.2	Gemisch aus Dicyandiamid und Ammoniumthiosulfat	Dicyandiamid: 7,7 Ammoniumthiosulfat: 4,8	
2.1.3	Gemisch aus Dicyandiamid und 3-Methylpyrazol	2,0	Gemisch im Verhältnis 15:1. Der Gehalt an Methylpyrazol im Dünger darf 0,5 % nicht übersteigen.
2.1.4	Gemisch aus Dicyandiamid und 1 H-1,2,4-Triazol	2,0	Gemisch im Verhältnis 10:1.
2.1.5	3,4-Dimethylpyrazolphosphat	0,8	
2.1.6	Gemisch aus 1H-1,2,4-Triazol und 3-Methylpyrazol	0,2	Gemisch im Verhältnis 2:1.
2.1.7	N-((3(5)-Methyl-1H-pyrazol-1-yl)methyl)acetamid	0,05	Maximal 0,4 % bezogen auf den Gesamtgehalt an Ammonium- und Carbamidstickstoff.
2.1.8	Nitrapyrin [2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridin]		Die zugegebene Anwendungsmenge darf 500 g je ha und Jahr nicht überschreiten
2.2 Ureasehemmstoffe			
2.2.1	N-(2-Nitrophenyl)phosphorsäuretriamid (2-NPT)	Anteil, bezogen auf den Carbamidstickstoff: 0,04 % bis 0,15 %	
2.2.2	Gemisch aus N-Butyl-thiophosphortriamid und N-Propyl-thiophosphortriamid	Anteil, bezogen auf den Carbamidstickstoff: 0,02 % bis 0,2 %	Gemisch aus N-Butyl-thiophosphortriamid und N-Propyl-thiophosphortriamid im Verhältnis 3:1. Toleranz auf den Anteil an NPPT: 20 %

Düngemittelverordnung - DüMV

25



26



27



28

Physikalische Kenngrößen fester Dünger

Dünger	Schüttdichte ^{*)} t/m ³	Kornhärte ^{**)} N ^{***)}	mittlerer Korn- durchmesser mm
KAS	0,9 – 1,1	50 - 100	3,2 – 3,9
ASS	0,9 – 1,0	50 - 100	3,0 – 3,9
Harnstoff (granuliert)	0,7 – 0,8	10 - 30	3,0 – 3,5
Harnstoff (geprillt)	0,7 – 0,8	20 - 40	2,5 – 3,5
NPK (granuliert)	0,9 – 1,1	60 - 120	3,2 – 3,9
NPK (geprillt)	0,9 – 1,1	30 - 60	2,7 – 2,9

^{*)} abhängig von spezifischen Gewicht sowie Korngröße und -form

^{**)} stark abhängig vom Herstellungsverfahren; Bedeutung für Druckstabilität der Körner (maximale Schütthöhe im Lager), Abriebstabilität (Staubbildung) sowie Stoß- und Druckstabilität bei der Ausbringung

^{***)} N (Newton) [1N = 1 kg · m/s²] Maßeinheit der Kraft

29

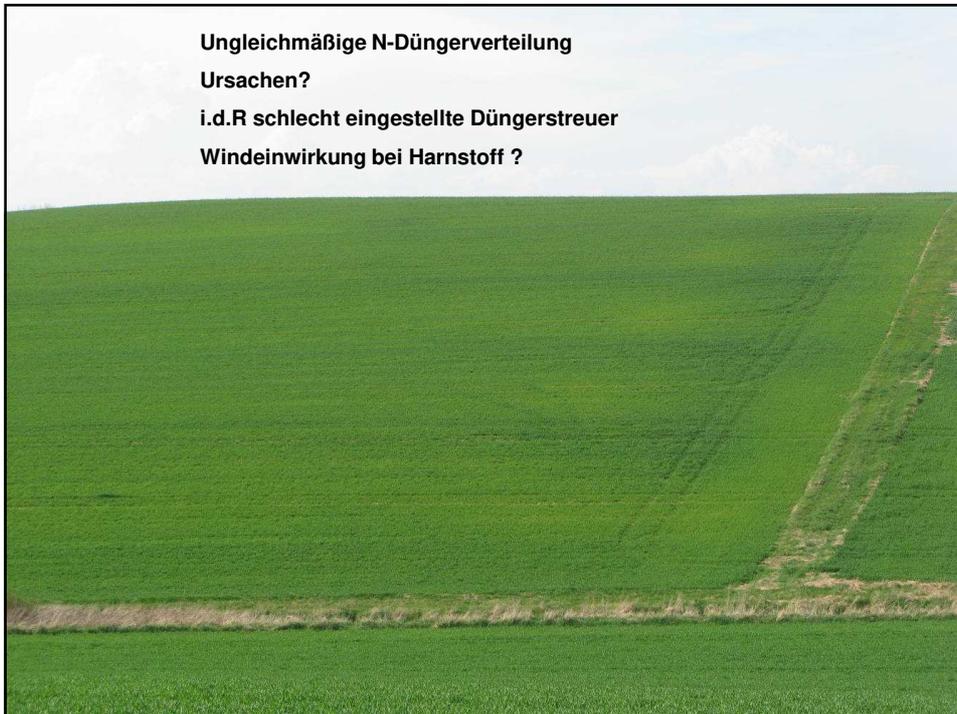
29

Ungleichmäßige N-Düngerverteilung

Ursachen?

i.d.R schlecht eingestellte Düngerstreuer

Windeinwirkung bei Harnstoff ?



30

Herstellung von Kalkstickstoff

Frank-Caro-Verfahren (1895)

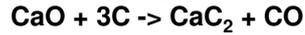
1. Stufe: Herstellung von Branntkalk

Kalkstein wird zerkleinert und zu Branntkalk verarbeitet



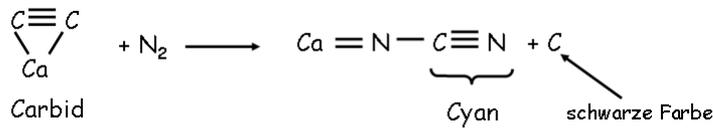
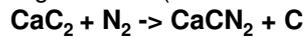
2. Stufe: Herstellung von Carbid

der Branntkalk wird zusammen mit **Koks** bei über 2.000°C zu Calciumcarbid umgesetzt



3. Stufe: Herstellung von Calciumcyanamid

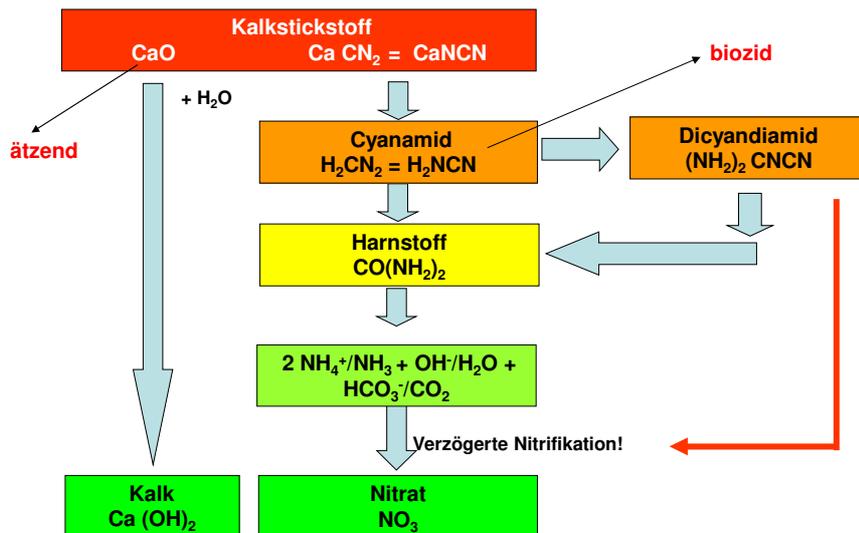
Stickstoffgas (**Luft**verflüssigung) wird über fein gemahlenes, etwa 1.100°C heißes Calciumcarbid geleitet. Dabei wird der Stickstoff chemisch gebunden (= Azotierung) und es entsteht Calciumcyanamid



31

31

Umsetzung von Kalkstickstoff im Boden



32

32

Die Zusammensetzung der enthaltenen N Formen bestimmt die Wirkungsgeschwindigkeit

	KAS	ASS ENTEC	AHL Alzon fl.	ssA	Piammon	Harnstoff
N-Gehalt (%)	27	26	28	21	33	46
Anteile der N-Form (%)						
Nitrat	50	30	25	-	-	-
Ammonium	50	70	25	100	50	-
Amid	-	-	50	-	50	100

33

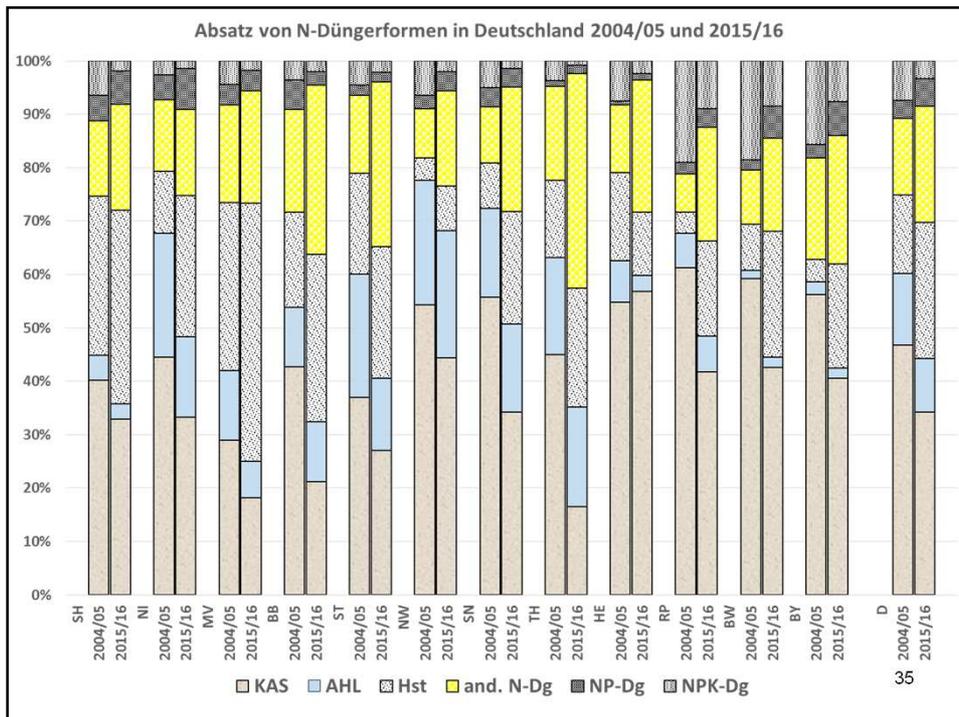
33

Eigenschaften der N-Dünger

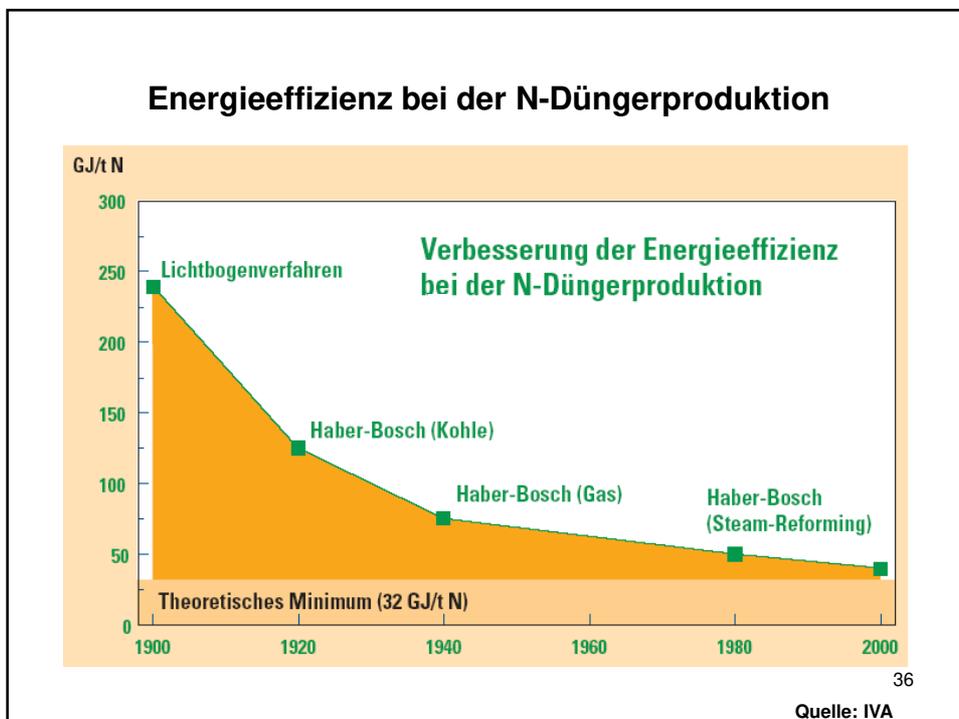
- Nitratdünger** (physiologisch alkalisch)
 - direkt verfügbar, da vollständig in der Bodenlösung, keine Sorption
 - leicht auswaschbar
- Ammoniumdünger** (physiologisch sauer)
 - nach Nitrifikation oder nach Ablage im Wurzelraum direkt verfügbar,
 - weniger leicht auswaschbar, Adsorption an Tonmineralen
- Amiddünger**
 - langsam verfügbar (Abbau: Kalkstickstoff ... Harnstoff ... Ammonium ... Nitrat)
 - Harnstoff insbes. in kalten Böden (Ureaseakt. gering) mit viel Niederschlag (auch bei zu früher Anwendung) auswaschbar
 - Kalkstickstoff: biozide Nebenwirkungen nutzen (DgM-Zulassung aktuell umstritten, PSM?)
- Organische Dünger**
 - langsam verfügbar, erst nach Mineralisation (Ammonifikation und Nitrifikation) aufnehmbar
 - mehrjährige N-Nachlieferung aus angereichertem, organisch gebundenem N beachten!!!

34

34



35



36

Energieverbrauch beim Einsatz von Stickstoffdüngemitteln

Quelle: IVA

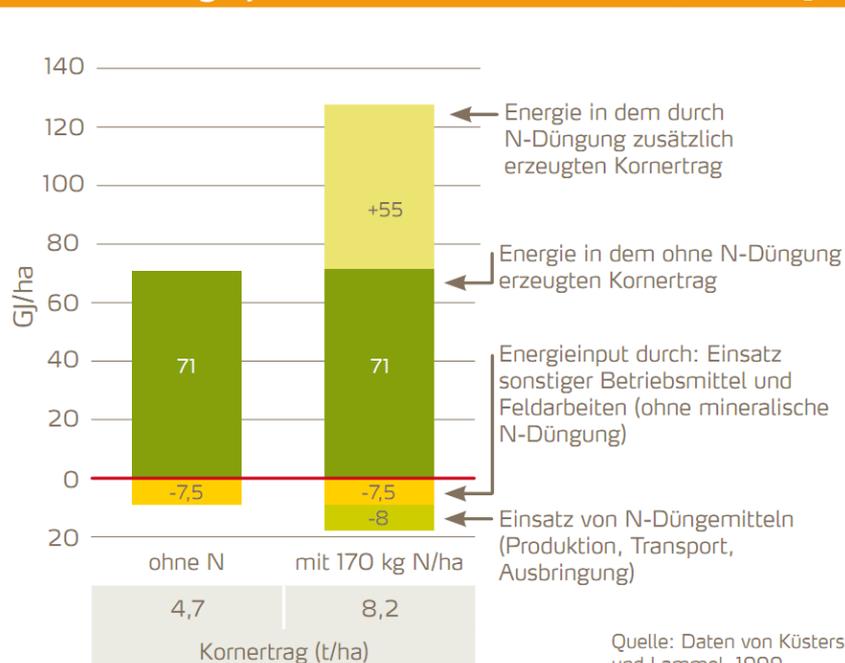


Faustzahl: 1 l Diesel/kg Mineraldünger-N-Herstellung

Der Energieaufwand für die Produktion der notwendigen Phosphat-, Kali- und Kalkdünger ist mit 3,4 GJ, 4,6 GJ bzw. 1,0 GJ pro Tonne Nährstoff deutlich geringer als bei Stickstoff.

37

Abb.2: Energieproduktion auf 1 ha Weizen (Korntrag)



38

Die Tabelle enthält wichtige Düngemittel für Acker- und Grünland. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Verwendung von *Handelsnamen* ließ sich nicht vermeiden. Abweichend von den aufgeführten Nährstoffgehalten können ähnliche Düngemittel mit anderen Gehalten angeboten werden, insbesondere bei Mischdüngern.

Düngemittel (handelsübliche Namen)	Nährstoffgehalte in % bzw. kg/dt (handelsüblich)						Hauptbestandteile und Bemerkungen	
	„Kalkwerte“ ¹ (kg CaO/kg N sowie kg CaO/dt Dünger)							
N-Dünger	N _{gesamt}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Amid-N	Kalkwert CaO	andere		
Kalksalpeter	15,5	14,4	1,1		0,8 13		Calciumnitrat Ca(NO ₃) ₂	
Kalkammonsalpeter KAS	27	13,5	13,5		- 0,6 - 15	auch mit 4 MgO	Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃ , Calciumcarbonat CaCO ₃ , auch mit MgCO ₃	
Ammoniumnitrat mit Schwefel	<i>Kemistar SAN 22</i>	22	11	11	- 0,6 - 12	3 MgO 5 S	wie KAS, jedoch mit CaSO ₄	
	<i>Sulfan</i>	24	12	12	- 0,9 - 22	6 S		
Stickstoffmagnesia	<i>Optimag 24</i>	24	12	12	- 0,2 - 4	8 MgO 6 S	Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃ , Ca-Mg-Carbonat, CaCO ₃ * MgCO ₃ , Magnesiumsulfat MgSO ₄	
Ammonsulfatsalpeter ASS		26	7	19	- 1,9 - 49	13 S	Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃ , Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄ auch mit Bor	
ASS mit Nitrifikationshemmstoff (<i>Entec 26</i>)		26	7,5	18,5	- 1,9 - 48	13 S	wie ASS, mit DMPP (Dimethylpyzolphosphat)	
Ammoniumsulfat Schwefelsaures Ammoniak (SSA) (<i>Domogran 45</i>)		21		21	- 3 - 63	24 S	Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄ kristallin oder granuliert	
Ammonsulfatharnstoff	<i>Piamon 33-S</i>	33		10,4	22,6	- 1,6 - 54	12 S	Harnstoff CO(NH ₂) ₂ , Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄
	<i>Ureas</i>	38		6,6	31,4	- 1,3 - 51	7,5 S	

39



40

Düngemittel (handelsübliche Namen)	Nährstoffgehalte in % bzw. kg/dt (handelsüblich)						Hauptbestandteile und Bemerkungen
	„Kalkwerte“ ¹ (kg CaO/kg N sowie kg CaO/dt Dünger)						
N-Dünger	N _{gesamt}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Amid-N	Kalk- wert CaO	andere	
Harnstoff (Urea, Piagran)	46			46	- 1 - 46		Harnstoff CO(NH ₂) ₂ geprillt oder granuliert
Harnstoff mit Nitrifikationshemmstoff (Alzon 46) zus. Ureasehemmstoff (Alzon neo-N)	46			46	- 1 - 46		wie Harnstoff, mit DCD (Dicyandiamid) und Triazol
Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung AHL (Liquamon, Piasan)	28	7	7	14	- 1 - 28	Dichte: 1,279	Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃ , Harnstoff CO(NH ₂) ₂
	30	7,5	7,5	15	- 1 - 30	1,302	
	32	8	8	16	- 1 - 32	1,325	
AHL mit Nitrifikationshemmstoff (Alzon flüssig)	28	7	7	14	- 1 - 29		wie AHL, mit Triazol und Methyl- pyrazol, Dichte: 1,28 kg/l
AHL mit Schwefel (Piasan – S 25/6)	25	5	9	11	- 1,2 - 29	6 S	wie AHL, mit Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄ , Dichte: 1,31 kg/l
AHL mit Nitrifikationshemmstoff und Schwefel (Alzon flüssig-S)	25	5	9	11	- 1,2 - 29	6 S	wie AHL + S, mit Triazol und Methylpyrazol, Dichte: 1,31 kg/l
Harnstoff-Ammonsulfat-Lösung HAS (Domamon)	20		6	14	-1,6 -32	6 S	Harnstoff CO(NH ₂) ₂ Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄ Dichte: 1,25 kg/l
Ammonsulfatlösung (ASL) (blueSulfate)	8	0	8		-3 -45	9 S	Dichte: 1,25 kg/l
Stickstoffdüngerlösung (RMD 15/6)	15	2	8,5	4,5	-1,7 -25,5	6 S	Dichte: 1,25 kg/l
Kalkstickstoff (Perlka)	19,8	1,5		> 15	1,5 30		Calciumcyanamid CaCN ₂ , Calciumoxid CaO, Nitrat gepert

¹ Der Kalkwert (hier für Ackerland angegeben, für Grünland ist er geringfügig höher positiv) ergibt sich theoretisch aus der Aufrechnung aller im Düngemittel enthaltenen sauren und basisch wirkenden Bestandteile.

41

Auswahl des geeigneten N-Düngers

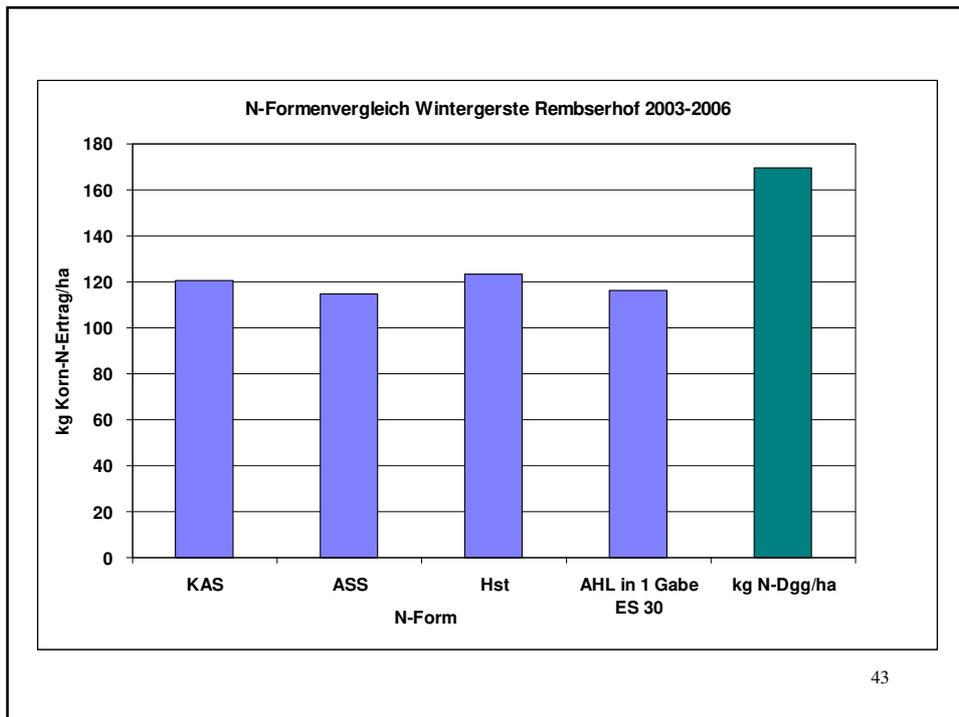
- Preis
- Wirkungsgeschwindigkeit
- Nebenbestandteile und Umsetzungsprodukte
- Ertragswirksamkeit und Ausnutzung
- pH-Effekt (Säure- bzw. Kalkwirkung)
- sonstige Effekte
 - herbizide/fungizide Wirkung [→ Kalkstickstoff]

Olfs, FH Osnabrück

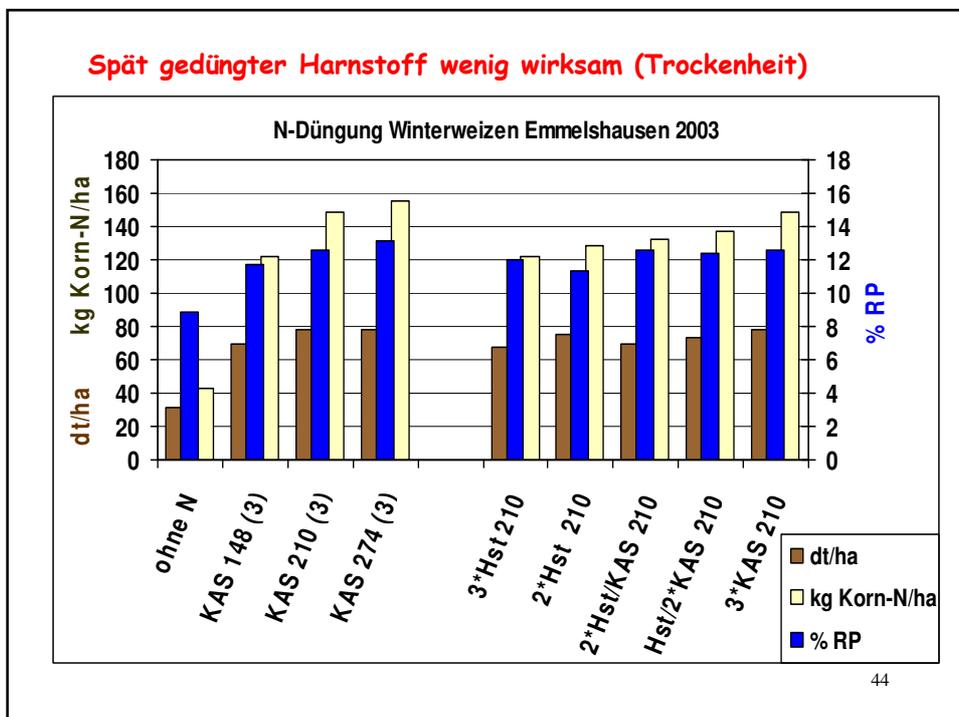
42

0

42

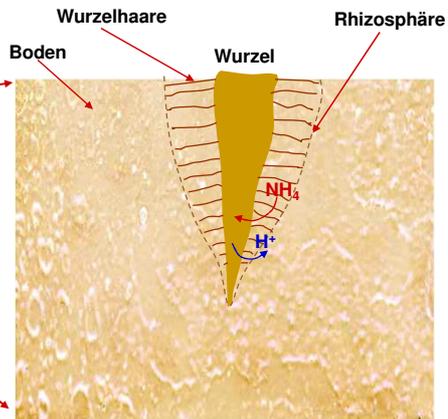


43



44

Wirkung einer Ammonium-Ernährung



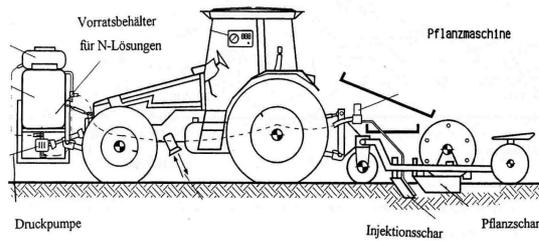
- partielle NH_4 -Ernährung bedingt H^+ -Abgabe an die Rhizosphäre
- niedrigerer pH-Wert in der Rhizosphäre erhöht die Verfügbarkeit von Fe, Mn und (?) P

Quelle: Compo

45

45

CULTAN



Controlled Uptake Long
Term Ammonium
Nutrition



Injektion von Harnstoff-
ammoniumlösung (HAL)
als Depotdüngung in die
Nähe der Wurzeln

46

46

Ammoniumdepot-Düngung

„CULTAN“-Verfahren

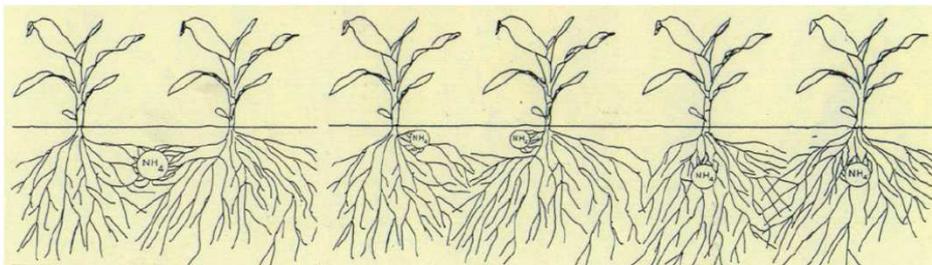
- entwickelt von Prof. Dr. K. Sommer seit Ende der 70er Jahre an der Uni Bonn
- Anwendung in Landwirtschaft und Gemüsebau
- Charakteristika
 - N-Versorgung erfolgt vorrangig über Ammonium-N
 - im (oder auf dem) Boden wird ein N-Depot angelegt, aus dem sich die Pflanzen mit N versorgen
 - i.d.R. nur einmalige N-Anwendung

47

47

Ausbringung mit Injektionsgeräten
auf Standorten mit

- unregelmäßiger Vorsommer-Trockenheit
- hohem pH-Wert (freies CaCO_3)



48

Quelle: St. Weimar

48

Cultan-Düngetechnik im Getreide

**Injektionsverfahren
mit punktförmiger
Platzierung der NH₄-Depots**



Foto: AGRO BALTIC
49

Quelle: St. Weimar

49



50



51

**Injektionsverfahren
mit linienförmiger
Platzierung der NH_4 -Depots**



Foto: Stefan Weimar

Quelle: St. Weimar

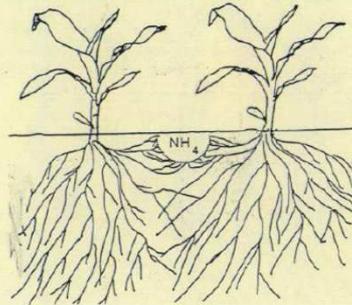
The complex block contains a title in green text on the left side. To the right is a photograph of a green agricultural machine, likely a fertilizer injector, with multiple white injection nozzles and a large circular disc. The machine is positioned in a field of green grass. Below the photograph is the credit 'Foto: Stefan Weimar'. At the bottom left of the block is the source 'Quelle: St. Weimar'.

52

Oberflächennahe Ausbringung

auf Standorten mit

- gleichmäßiger Niederschlagsverteilung
- hohem Steinbesatz



53

Quelle: St. Weimar

53



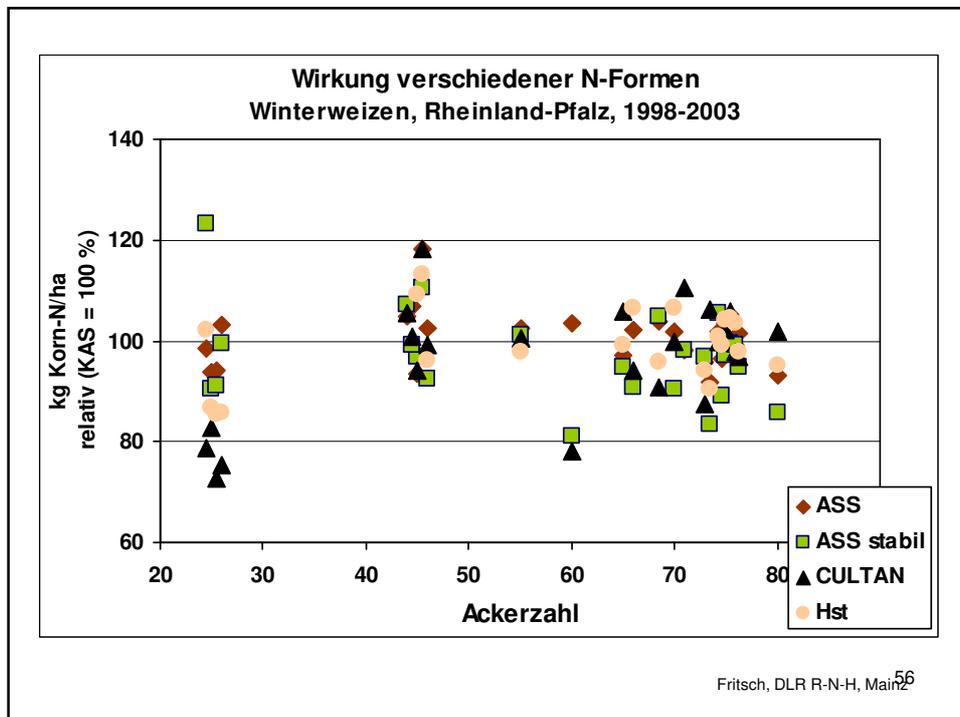
**Oberflächennahe Platzierung
Ammoniumsulfat-
Ammoniumnitrat-Harnstoff-
Lösung
in Raps
über Schleppschläuche
(25 cm-Abstand, mit
Edelstahlröhrchen)**

54

54



55



56

beispielhafte Fragen zum Teil 3:

- Beschreiben Sie den Abbau von Kalkstickstoff CaNCN im Boden?
- Warum gilt Kalkstickstoff in einigen Ländern als Pflanzenschutzmittel?
- Welcher N-Einzeldünger ist weltweit der mengenmäßig bedeutendste und welcher ist es in Deutschland?
- Warum verlangt die Düngeverordnung künftig das Einarbeiten von Harnstoff oder den Zusatz eines Ureasehemmstoffes?
- Warum entfaltet Harnstoff seine N-Wirkung langsamer als z.B. Kalkammonsalpeter?
- Unter welchen Bedingungen sollte man besser (z.B.) KAS anstatt Harnstoff verwenden?
- Zuordnung von (hier nicht, aber in der Klausur) aufgeführten Ausgangsstoffen zu DAP, AHL, ASS, KAS
- Woraus besteht Kalkammonsalpeter?
- Was bedeutet CULTAN und welchen Zweck verfolgt man damit?