



Industrielle Aufbereitung von Körnerleguminosen für die Fütterung

Dr. Heinrich Graf von Reichenbach

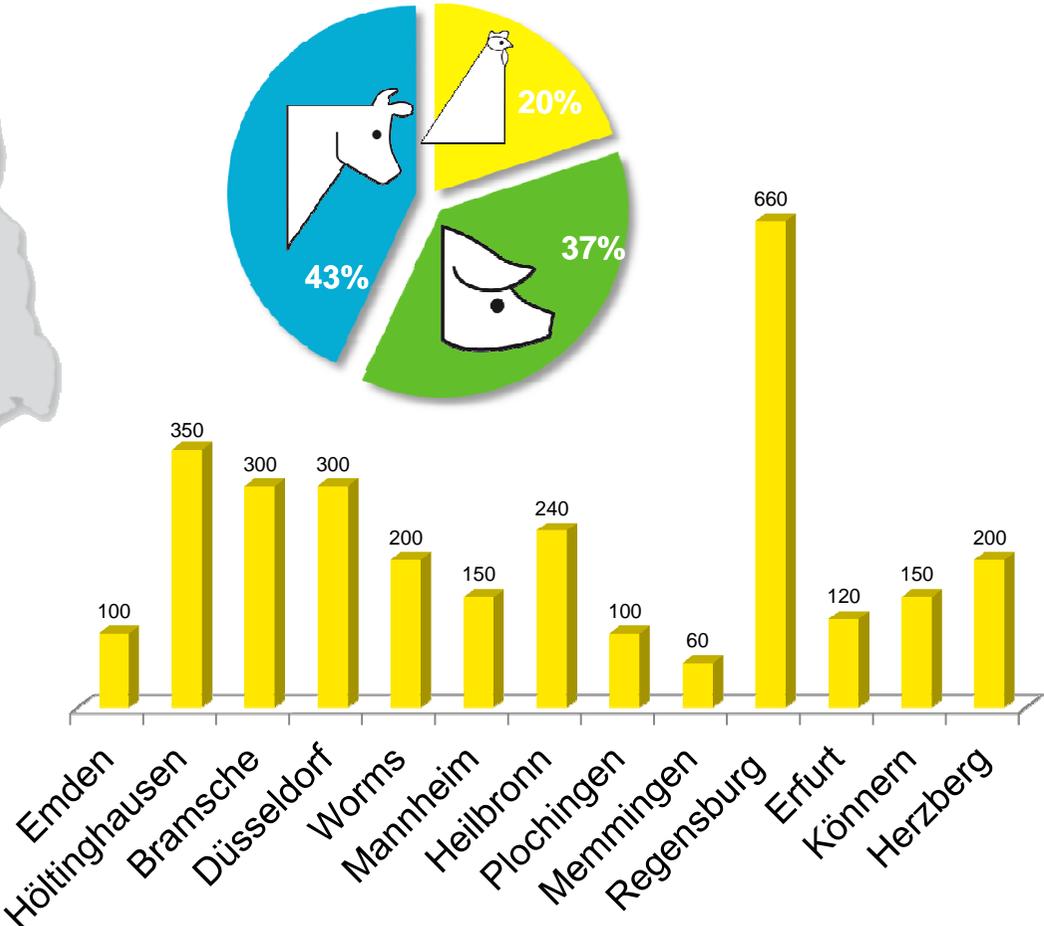
Forschung & Entwicklung

- im April 2017 -

Deutsche Tiernahrung Cremer (DTC)



Die DTC betreibt 15 Produktionsstätten sowie 1 Kooperation in Bremen.
Output Mischfutter knapp 3 Mio. t.



1. Leguminosensaat und ihre Inhaltsstoffe

- Nährstoffe



Nährstoffe einiger Leguminosensaat [% v. Tr.masse]

(Mittelwerte verschiedener Autoren, Abweichungen möglich)

| | Wiss. Name | Roh-protein | Roh-fett | Kohlen-hydrate* | Roh-faser | Mineral-stoffe |
|----------------------|-------------------------|-------------|----------|-----------------|-----------|----------------|
| Sojabohne | <i>Glycine max</i> | 39 | 19,6 | 7,6 | 16,5 | 5,5 |
| Sojaschrot HP | <i>Glycine max</i> | 46 | 0,1 | | | |
| Lupine, weiß | <i>Lupinus albus</i> | 38 | 11,6 | 36 | 6,5 | 3,5 |
| gelb | <i>Lupinus luteus</i> | 38-45 | 6 | 31 | 17 | 4,5 |
| blau | <i>L. angustifolius</i> | 35-40 | 6,6 | 20 | 16 | 4,5 |
| Ackerbohne | <i>Vicia faba</i> | 26,7 | 2,3 | 45 | 18 | 3,6 |
| Erbse | <i>Pisum sativum</i> | 25,7 | 1,4 | 53 | 19 | 2,9 |

*) Verdauliche KH (Zucker incl. NSP, Stärke)

Quelle: nach Marquard, R. (2000)

1. Leguminosensaaten und ihre Inhaltsstoffe

- Nährstoffe



Konzentration essentieller Aminosäuren in Leguminosensaaten-Protein
 [g AS/16 g N]

| | CYS | MET | LYS | ILE | LEU | PHE | THY | THR | TRP | VAL |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sojabohne | 1,3 | 1,3 | 6,4 | 4,5 | 7,8 | 4,9 | 3,1 | 3,9 | 1,3 | 4,8 |
| Lupine, weiß | 1,4 | 0,8 | 5,3 | 4,4 | 7,2 | 3,7 | 3,5 | 3,6 | 1,0 | 4,0 |
| Anden | 1,5 | 0,8 | 5,4 | 4,7 | 7,4 | 3,6 | 3,7 | 4,0 | 0,8 | 4,0 |
| Ackerbohne | 0,8 | 0,7 | 6,5 | 4,0 | 7,1 | 4,3 | 3,2 | 3,4 | 1,1 | 4,4 |
| Erbse | 1,0 | 0,9 | 7,3 | 4,2 | 7,0 | 4,4 | 3,1 | 3,8 | 1,5 | 4,7 |

Quelle: nach Marquard, R. (2000)

Die AS-Verdaulichkeit von Lupinen, Ackerbohen und Erbsen ist geringer als die von Soja !

1. Leguminosensaat und ihre Inhaltsstoffe

- Antinutritive Faktoren



ANF gehören zu verschiedenen Stoffgruppen: Kohlenhydraten, Proteinen, Phenolen, Glucosiden, Glycosiden. – Näheres s. Tabelle.

Wirkungen auf das Tier:

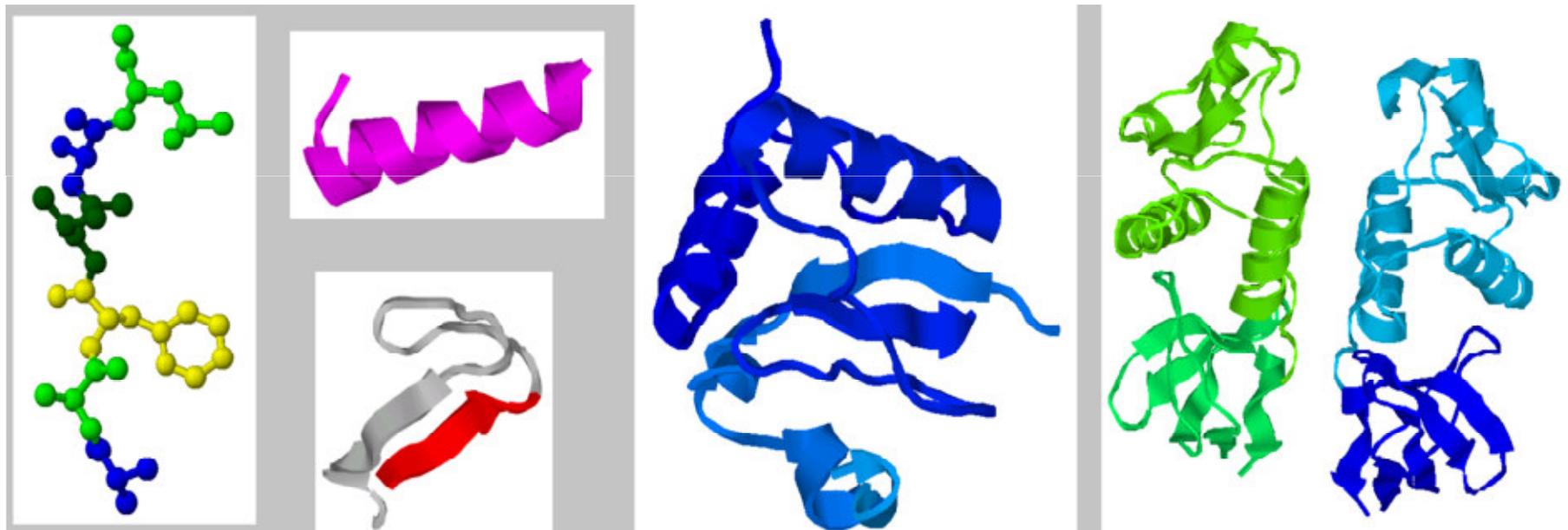
- Verminderung der Futteraufnahme,
- Verringerung der tierischen Leistung,
- Minimierung der Nährstoffverdaulichkeit
- Stoffwechselstörungen,
- teils toxische Wirkung.

| Typus | Wirkungsweise | Vorkommen | Betroffene Tierart |
|--|---|--|--------------------------------|
| Stoffgruppe: Proteine | | | |
| Proteinase-Inhibitoren | Hemmung von Trypsin / Chymotrypsin. Proteinverdaulichkeit ↓ | Soja, Phaseolusbohnen, andere Leguminosen | Küken, Ferkel, Carnivoren |
| Lectine | Bindung an Rezeptoren der intestinalen Mucosa → Resorptionsstörungen. Agglutination roter Blutzellen. | Phaseolusbohnen Ackerbohnen, Lupinen | Monogastrier |
| Glucoside/Glycoside | | | |
| Pyrimidin-Glucoside (Vicin, Convicin) | Fettstoffwechsel-Störung, verminderte Legeleistung u. Schlupf, Störung von Fruchtbarkeit u. Laktation. | Ackerbohnen Wicken | Legehennen Sauen |
| Saponine | Bitter-seifiger Geschmack, oberflächenaktiv, Anti-Vit.-D wirksam. | Ackerbohnen Erbsen Lupinen | Geflügel |
| Phenolderivate und Alkaloide | | | |
| Tannine (Phenolderivate, Gerbstoffe) | sinkende Futteraufnahme, Hemmung proteolytischer Enzyme, reduzierte Proteinverdaulichkeit. | Ackerbohnen Erbsen | Geflügel Schweine Pferde |
| Alkaloide | Bitter, Futteraufnahme-reduzierend, Toxizität. | Bitterlupinen | Monogastrier |
| Chelatbildner | | | |
| Phytinsäure | Organische Bindung von P, Chelatbildung mit 2-wertigen Kationen (Ca, Zn, Fe) ⁺⁺ und Reduzierung von deren Verfügbarkeit. | Leguminosen | Schweine Geflügel |

(Quelle:
nach JEROCH et al., 1993)

2. Proteine

Proteine sind biologische Makromoleküle, die aus Aminosäuren durch Peptidbindungen aufgebaut sind. Sie verleihen Struktur und dienen als „molekulare Maschinen“ den Lebensfunktionen.



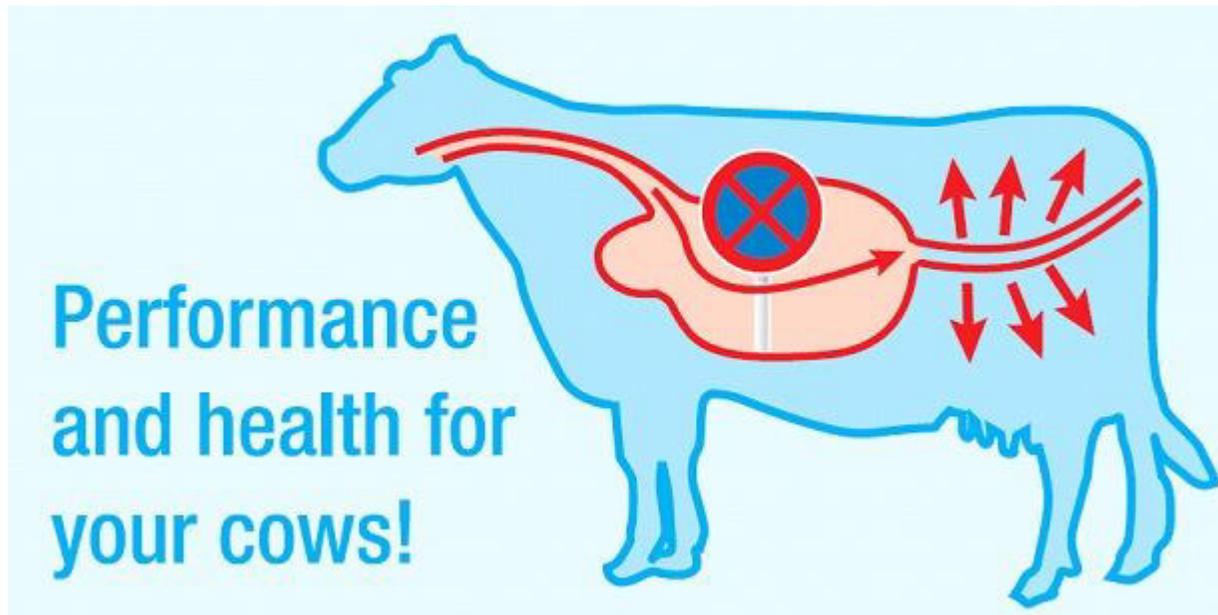
Quelle: Wikipedia

2. Proteine

- Bypassprotein



Proteine sind biologische Makromoleküle, die aus Aminosäuren durch Peptidbindungen aufgebaut sind. Sie verleihen Struktur und dienen als „molekulare Maschinen“ den Lebensfunktionen.



3. Proteinfractionierung - CNCPS



Chemische Fraktionierung des Rohproteins (Cornell Net Carbohydrate and Protein System CNCPS)

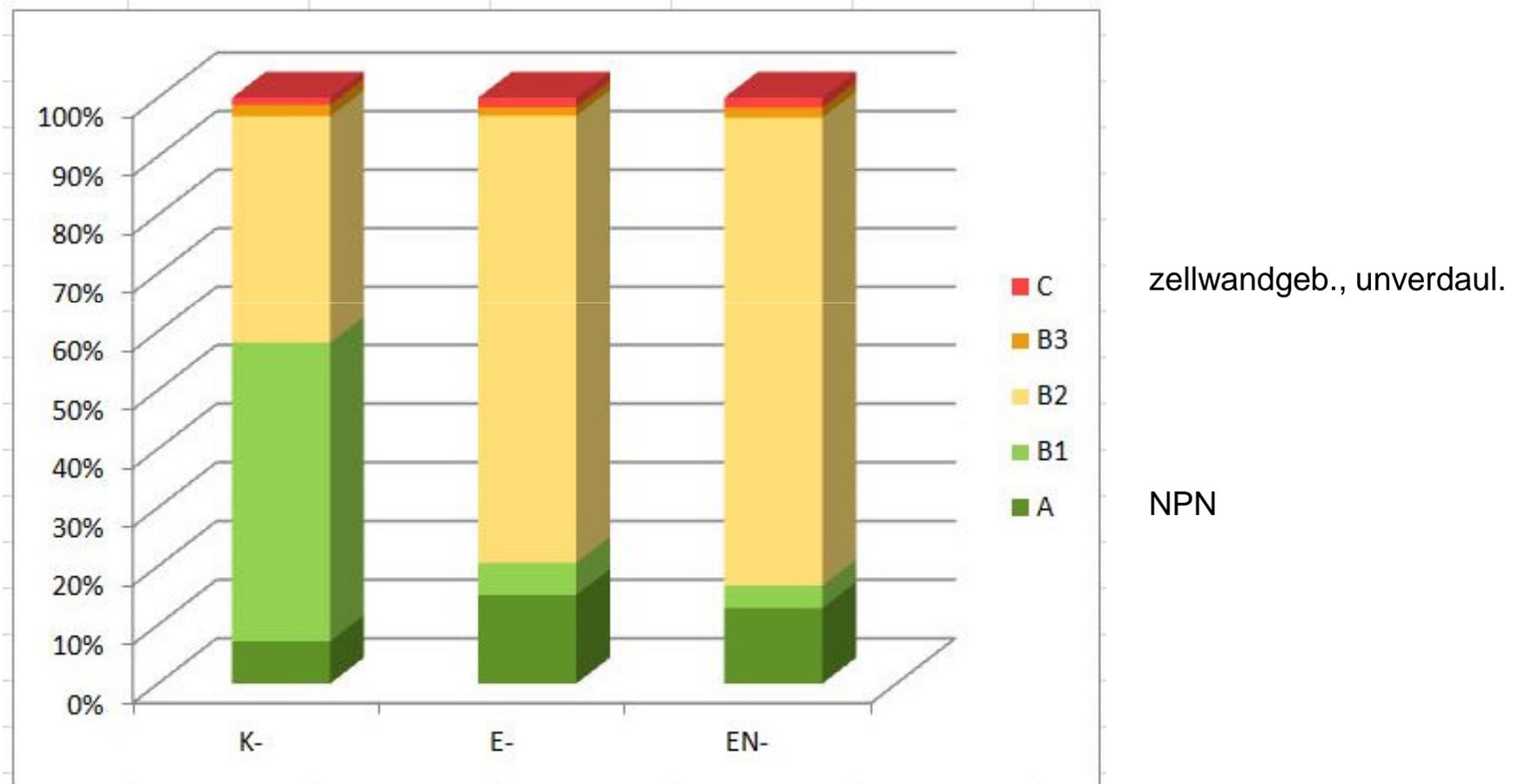
| Fraktion | Verfügbarkeit | Rohprotein-Fraktion |
|----------------------|---|---|
| A | im Pansen sofort abbaubar zu Ammoniak | NPN (Harnstoff, Peptide, Aminosäuren) |
| B₁ | im Pansen schnell abbaubar zu Ammoniak – kaum darmverfügbar | Reinprotein |
| B₂ | im Pansen mittelschnell abbaubar - mittlere Darmverfügbarkeit | Reinprotein |
| B₃ | Im Pansen langsam abbaubar - hoch darmverfügbar | zellwandgebundenes Reinprotein |
| C | im Pansen und Dünndarm nicht verfügbar | an Lignin, Tannin oder in Maillard-Produkten gebundenes Protein |

Licitra et al. 1996

3. Proteinfractionierung - CNCPS



Einfluss von moderater und von starker Expandierung auf die Proteinfractionierung (gemäß Cornell-System) von Ackerbohnen



4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung



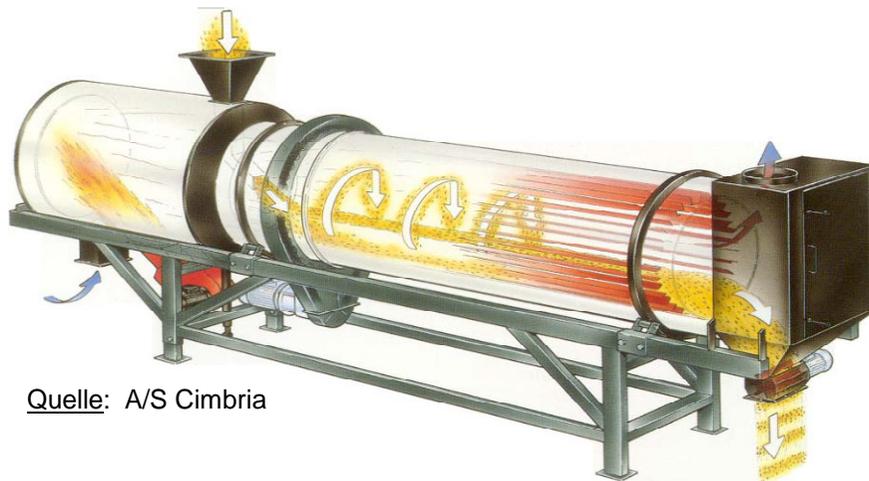
Bypassprotein-
Steigerung versus
Protein-Schädigung:

- es kommt auf die
richtige Balance an !

4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung - Röstverfahren

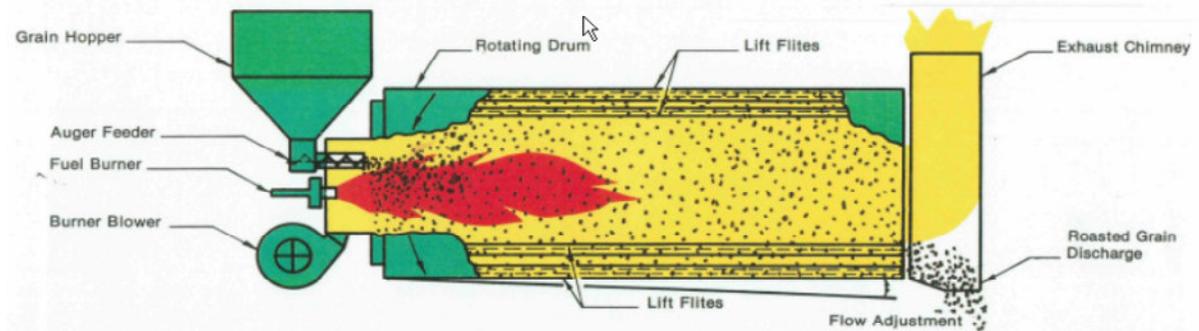


Dantoaster (Fa. Cimbia Unigrain A/S)



Quelle: A/S Cimbia

Mobile Roaster (Fa. Schnupp)



4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung

- Trockenextrusion

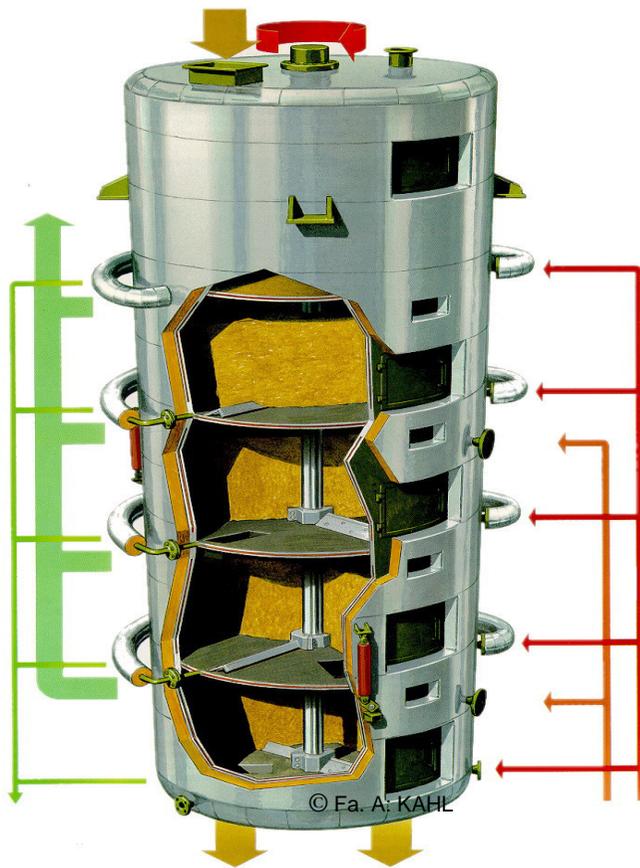


- Nicht zu verwechseln mit Naßextrusion
- Nicht zu verwechseln mit dem **opticon**[®]-Prozess

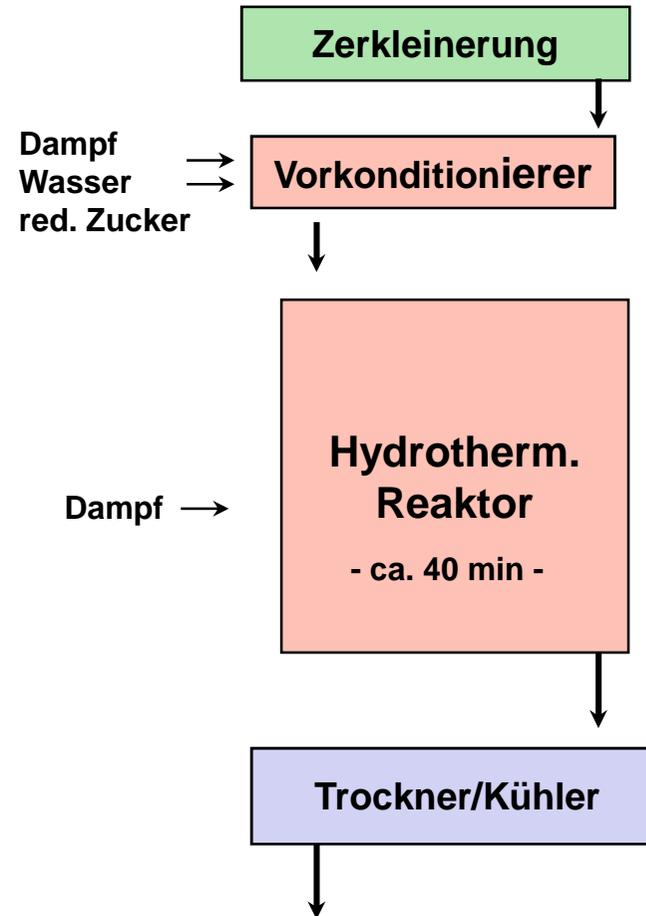


Quelle: Insta-Pro

4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung - Toast-Verfahren



**Hydrothermischer Reaktor
(„Toaster“)**

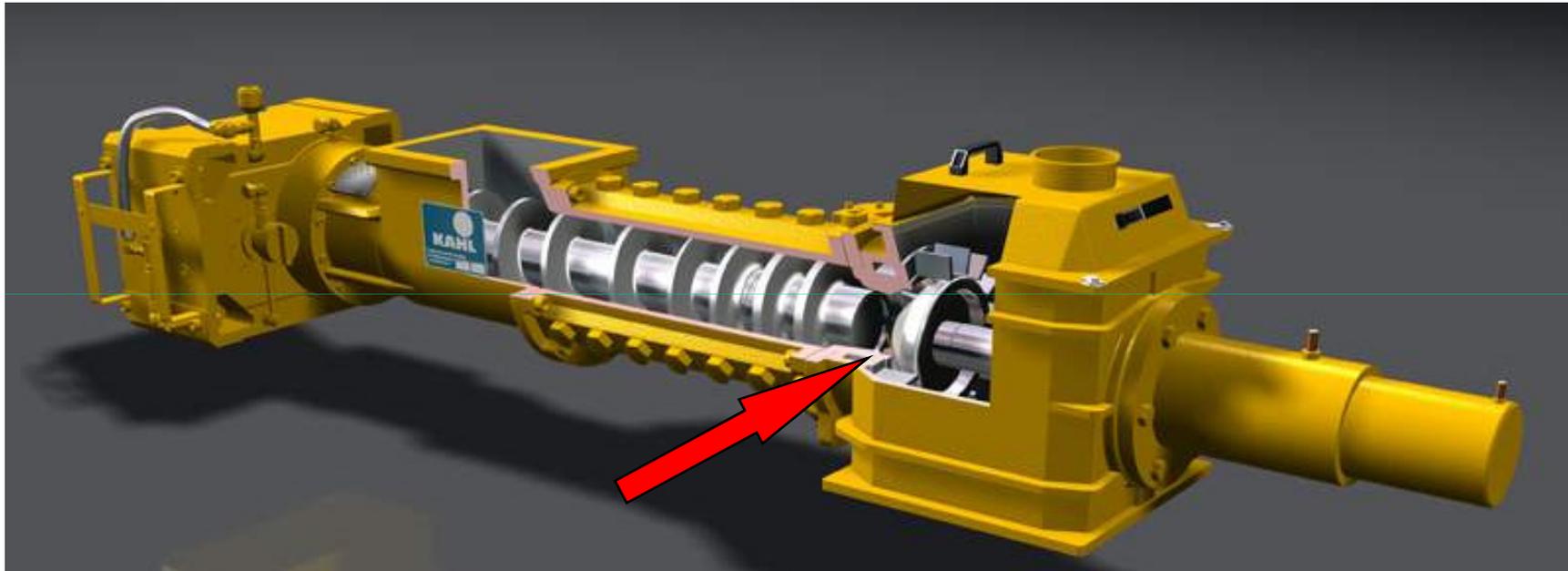


4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung

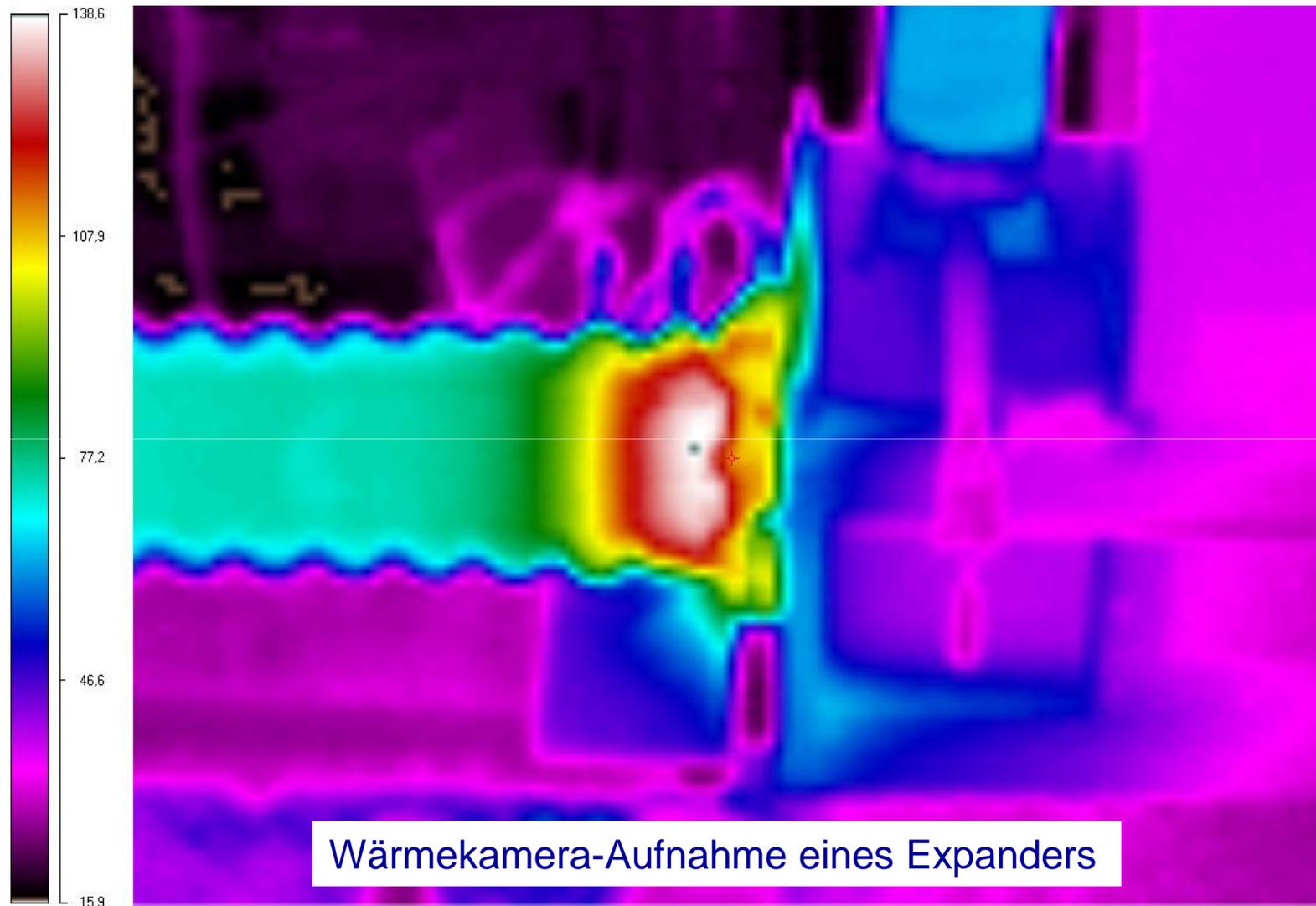
- Expansion und Extrusion (HTST, feucht)



KAHL Ringspalt-Expander



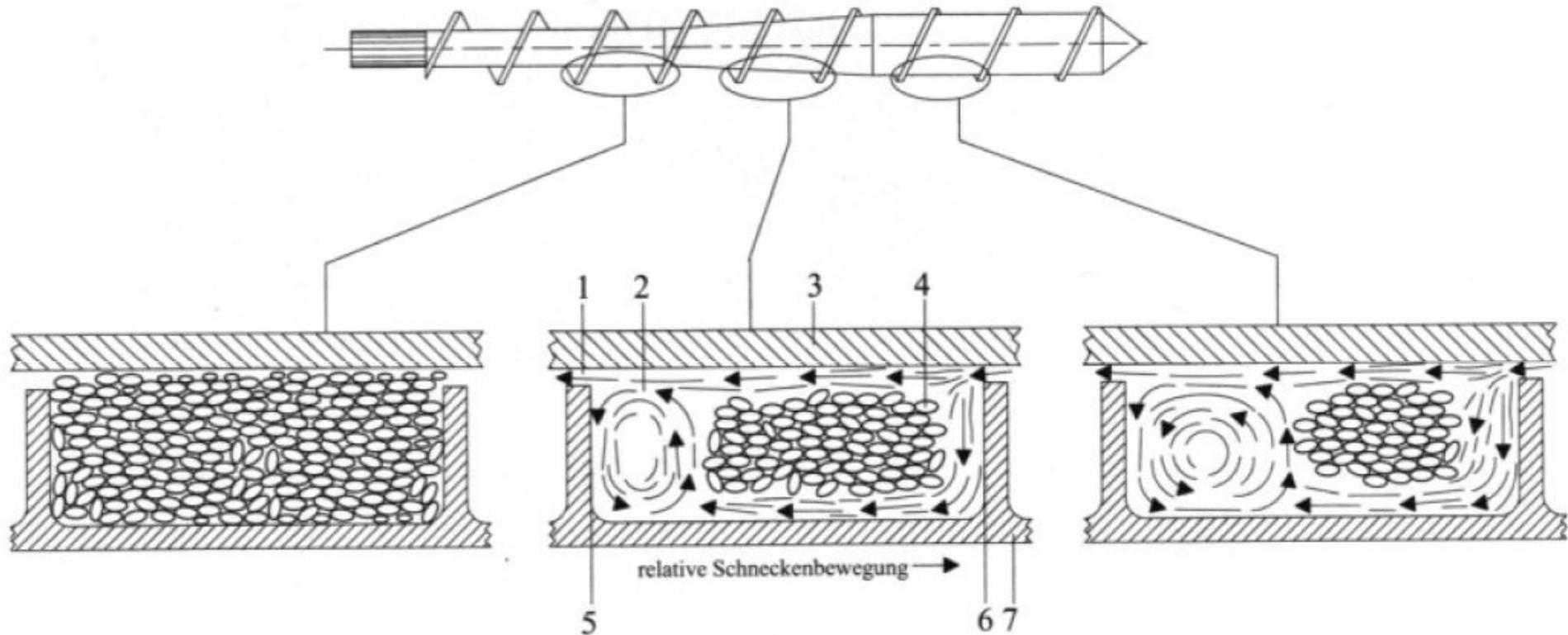
- mechanische Erhitzung – Überdruck – Knet- u. Scherwirkung
- Durchsatzleistungen von 200 kg/h bis >40 t/h



Wärmekamera-Aufnahme eines Expanders

4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung

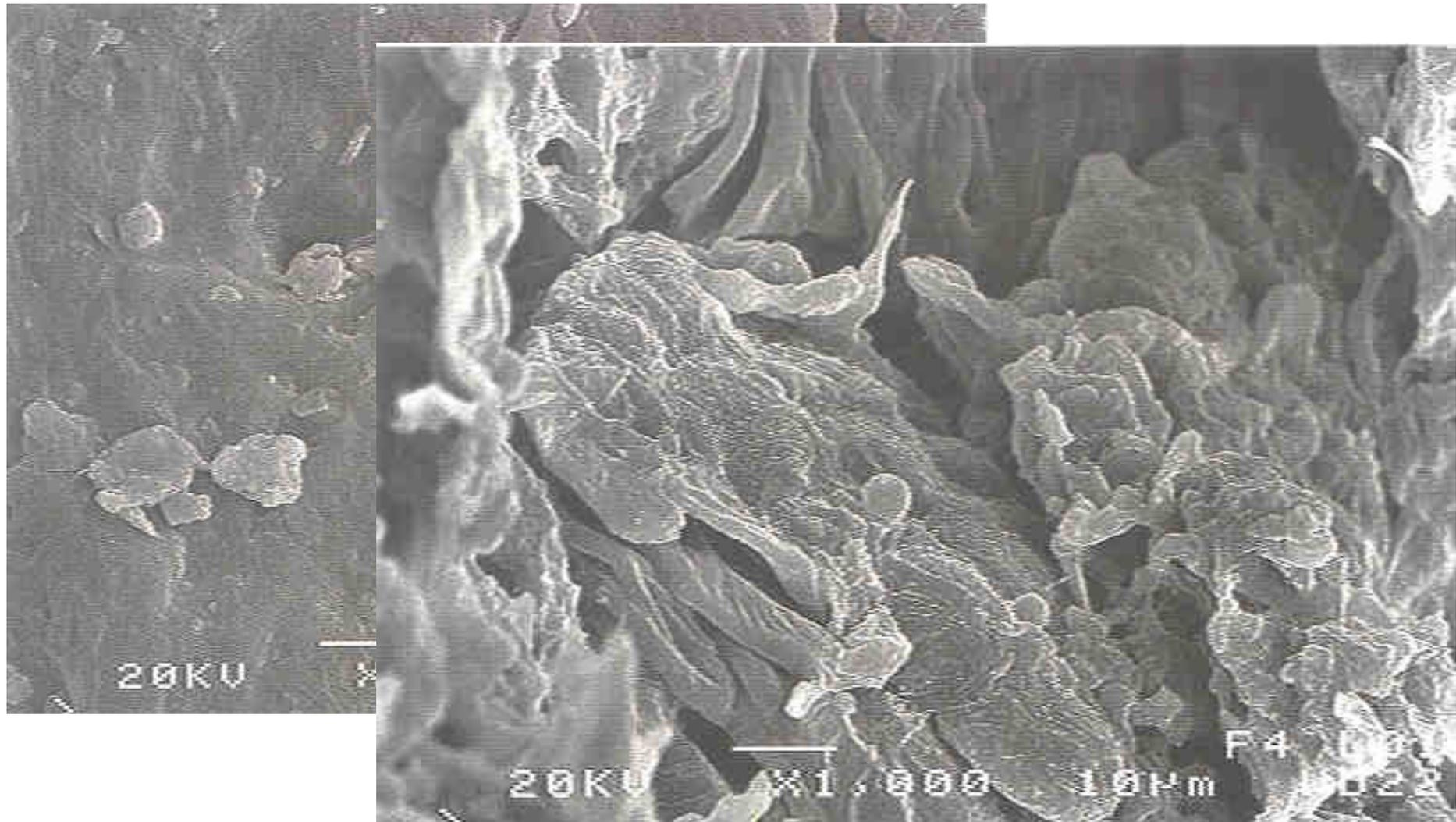
- Expansion und Extrusion (HTST, feucht)



4. UDP-Steigerung und ANF-Eliminierung - Opticon-HTST



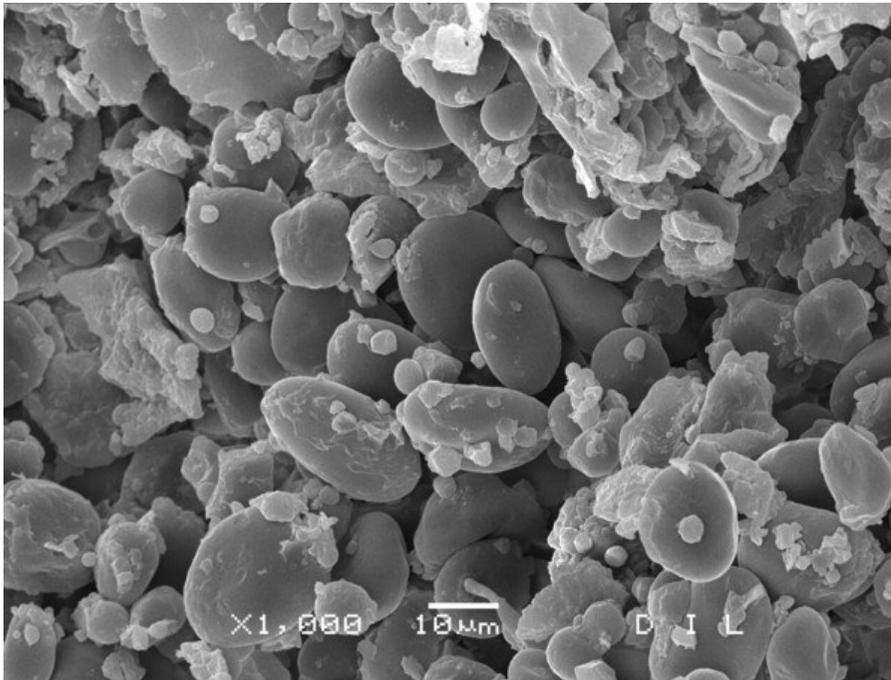
(Quelle: DTC-Forschung)



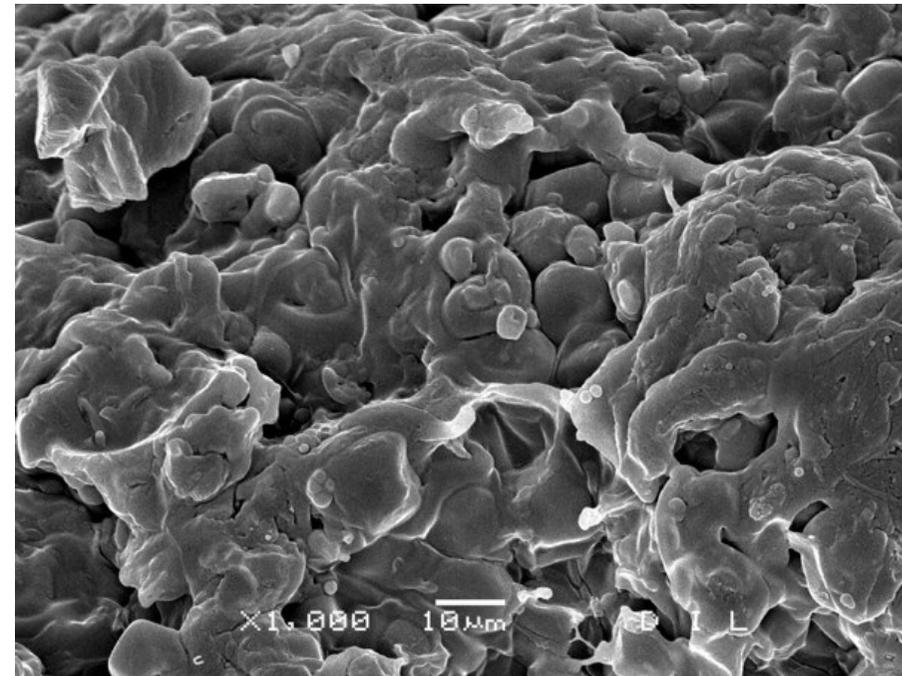
Sojaschrot, rechts opticon-behandelt (Raster-Elektronenmikroskop)

(Quelle: DTC-Forschung)

Einfluss des opticon®-Prozesses auf die Stärke- und Proteinmatrix
(hier: Getreidemischung)



unbehandelte Mischung

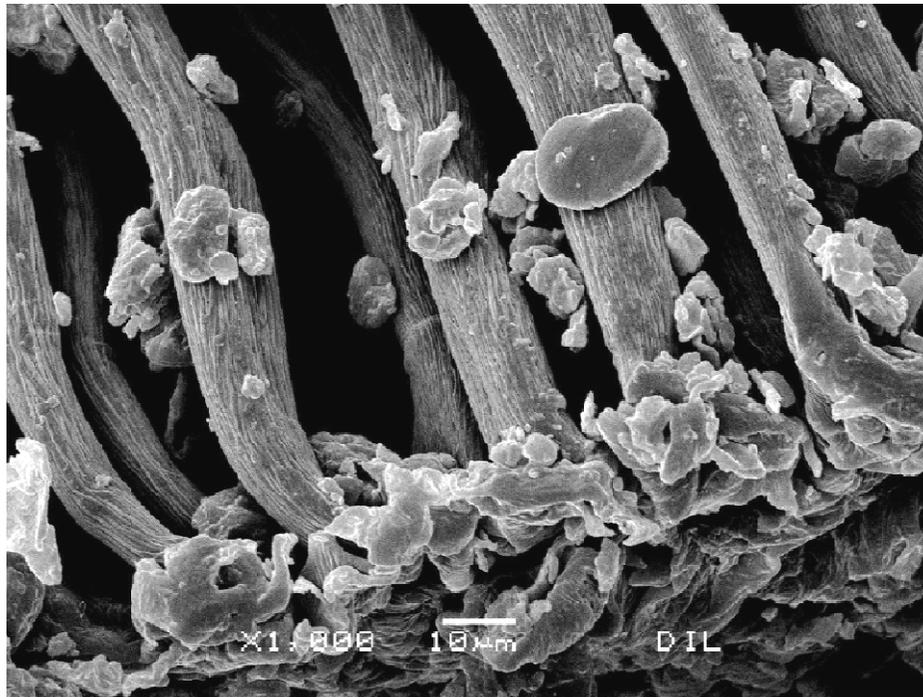


druckhydrothermisch behandelt

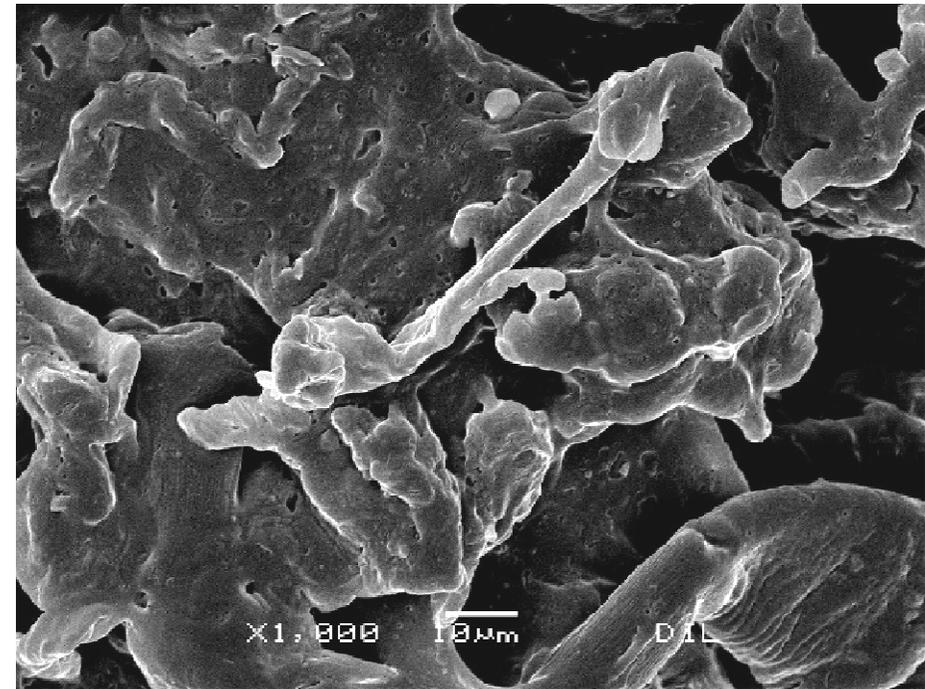
(Elektronenmikroskop-Aufnahme, 1000-fache Vergrößerung)

(Quelle: DTC-Forschung)

5. Zusatznutzen von HTST-Verfahren: - Aufschluss / Faseraufschluss



Länge des Balkens: 10 μm



Länge des Balkens: 10 μm

(Quelle: DTC-Forschung)

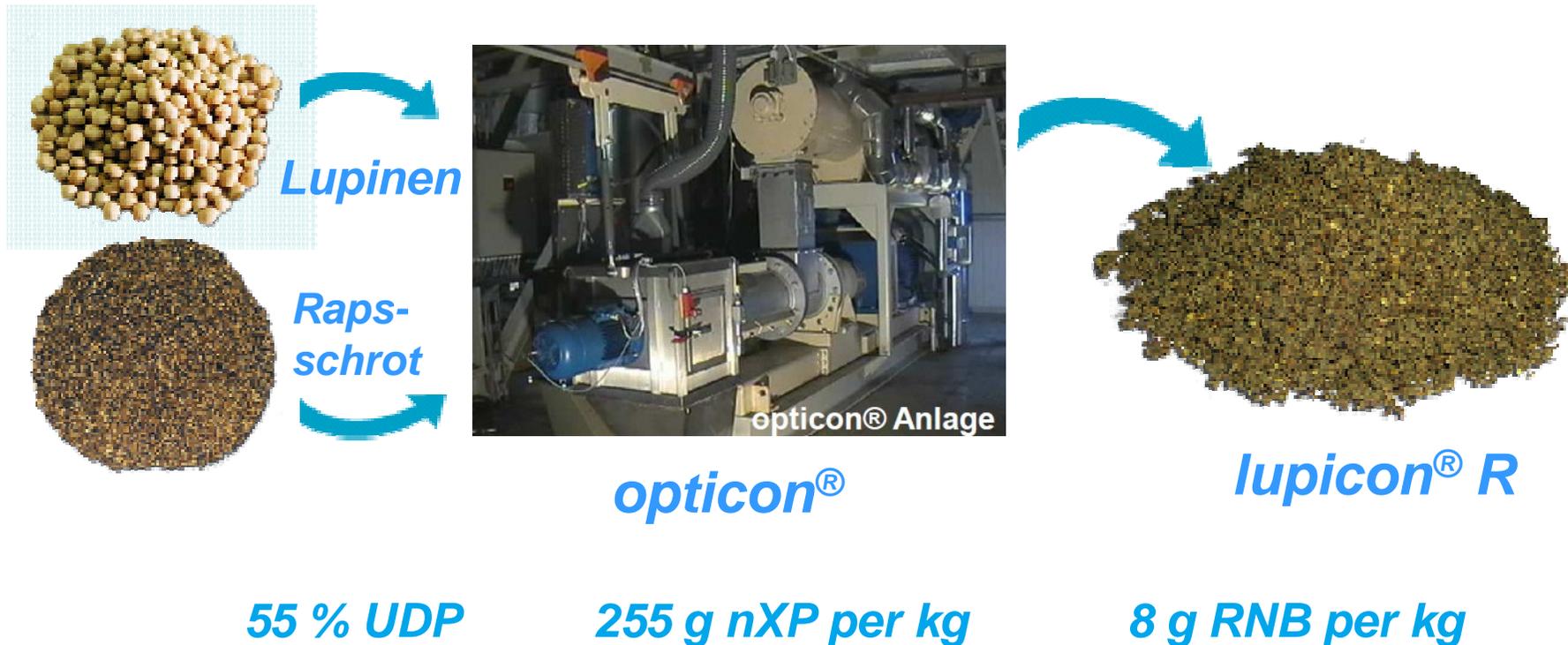
Abb. x: Einfluss des opticon-Prozesses auf die Struktur-Kohlenhydrate von Sojaschalen (REM-Aufnahmen. 1000-fach)

- Höhere / schnellere Faserverdaulichkeit,
- allgemeine Verdaulichkeitssteigerung (Minimierung des „Käfig-Effektes“)

deuka lupicon® R

D T C

50 % Lupinensaat und 50 % Rapschrot – opticon®-behandelt.



Gesteigerte Milchleistung – bestätigt in der Praxis!

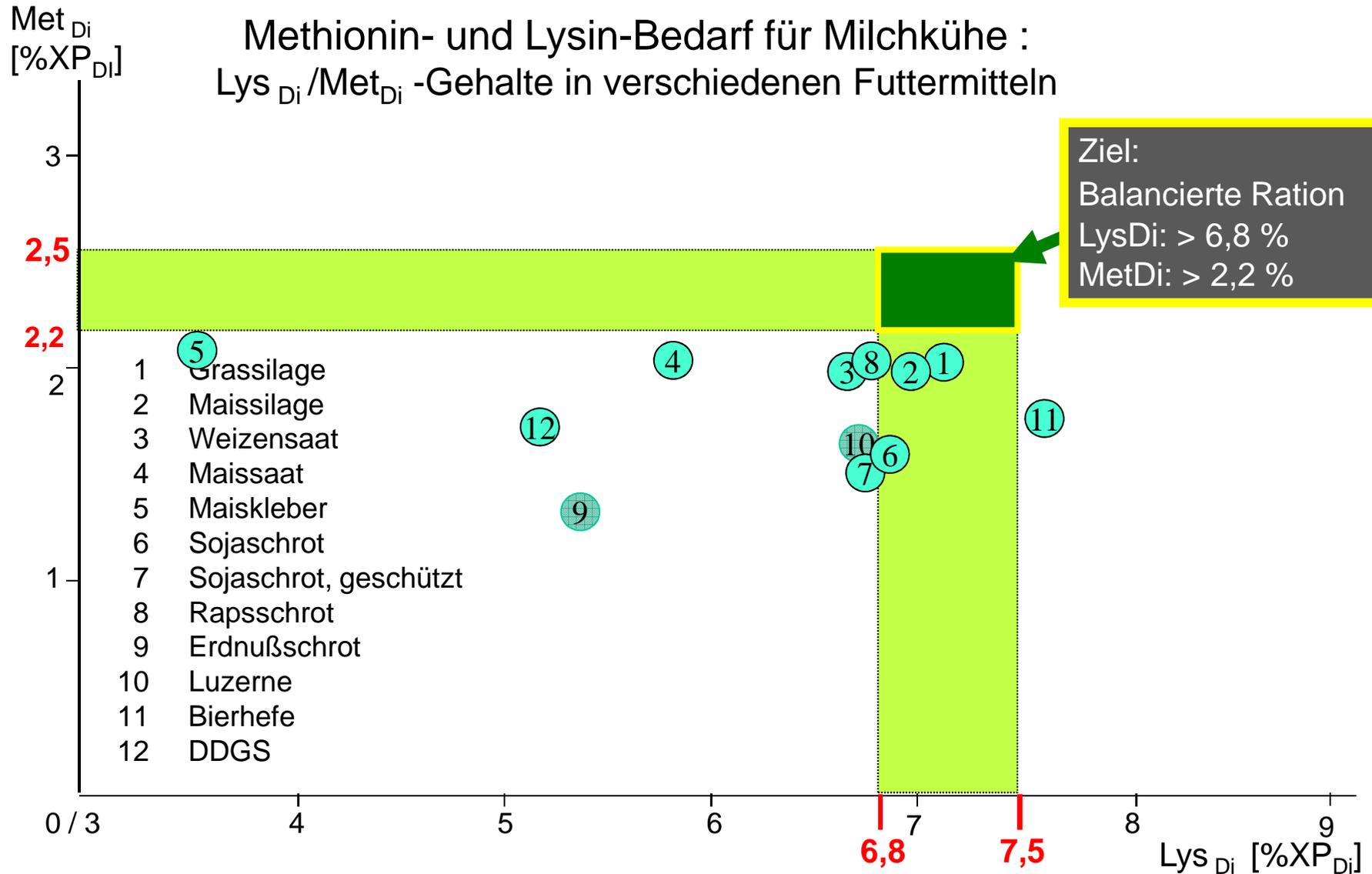
5. Aminosäuren-Versorgung der Wiederkäuer: - „Minimum-Tonne“



Justus von Liebig, 1855

Methionin und Lysin wurden als die beiden am häufigsten erstlimitierenden AS für laktierende Milchkühe identifiziert.

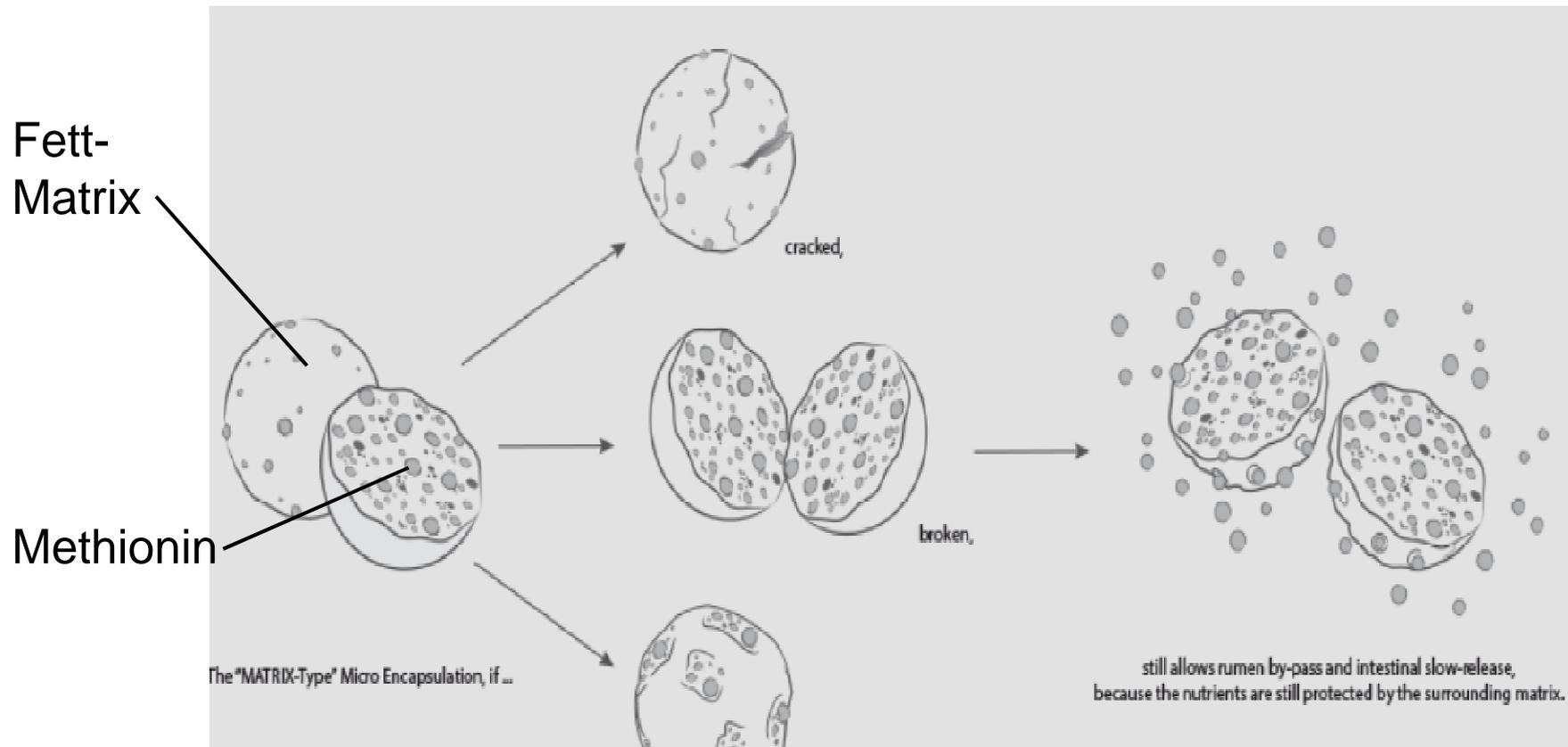
5. Aminosäuren-Versorgung der Wiederkäuer



5. Aminosäuren-Versorgung der Wiederkäuer - Pansengeschützte AS



- Pansenstabil
- Preßstabil



6. Verfütterung von Ackerbohnen und Lupinen



Tab. x: Empfehlungen zum Einsatz von Ackerbohnen in der Fütterung

| Nutztiere | | Anteil an Kraftfutter (%) bzw. Menge /Tier x Tag |
|--------------|---|---|
| Ferkel | - bis ca. 15 kg Lebendmasse - ab ca. 15 kg Lebendmasse | -- bis 5% |
| Sauen | - tragend - laktierend | bis 15% bis 15% |
| Mastschweine | - Anfangsmast - Mittel-/Endmast | bis 15% bis 25% |
| Rinder | - Milchkühe - Mastbullen | bis 4 kg bis 2 kg |
| Schafe | - Mutterschafe - Mastlämmer | bis 0,5 kg bis 30% |
| Geflügel | - Legehennen - Masthähnchen | bis 10% bis 40% |

Ackerbohne:

- Protein- und Energielieferant
- Nährstoffgehalte variierend (u.a. blühfarben-abhängig)
- wenig schwefelhaltige AS.
- AS-Verdaulichkeit niedrig (bes. Methionon)
- Tannin- u. Vicin-Gehalte (antinutritiv)
- Protein wenig pansenstabil
- Gefahr Schimmelbildung.

Quelle: ROTH-MAIER, D. et al., 2004

6. Verfütterung von Ackerbohnen und Lupinen



Tab. x: Empfehlungen zum Einsatz von Lupinen (weiß / gelb / blau) in der Fütterung

| Nutztiere | | Anteil an Kraftfutter (%) bzw. Menge /Tier x Tag |
|--------------|--|---|
| Ferkel | - bis ca. 15 kg Lebendmasse - ab ca. 15 kg Lebendmasse | bis 5% dto. |
| Sauen | - tragend - laktierend | bis 20% bis 15% |
| Mastschweine | - Anfangsmast - Mittel-/Endmast | bis 15 / 20 / 20% bis 25% |
| Rinder | - Milchkühe - Jungrinder ab 4. Mo. - Mastbullen | 3 bis 4 kg 0,2 bis 1,2 kg 1,0 bis 2,5 kg |
| Schafe | - Mutterschafe - Mastlämmer | bis 0,4 kg bis 30% |
| Geflügel | - Legehennen - Masthähnchen | bis 20 / 25 / 20% dto. |

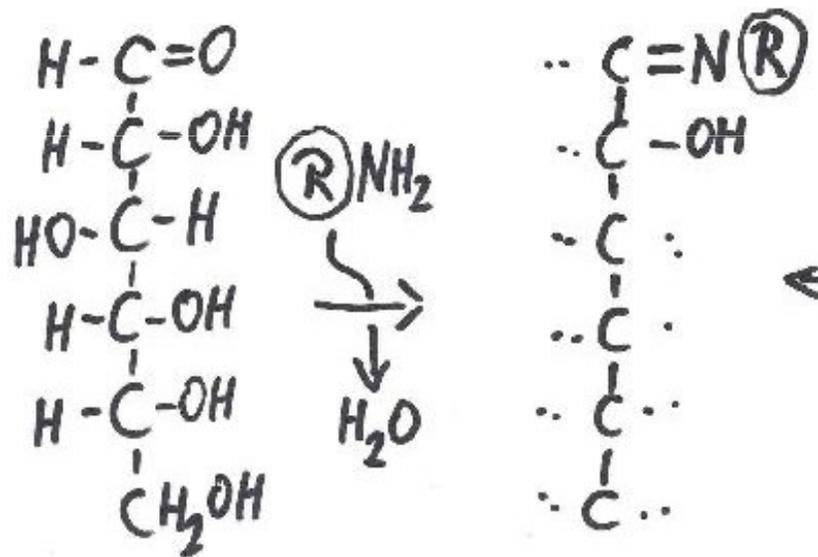
Lupinen:

- Viel Protein
- Viel Rohfaser (viel NSP, bis zu 370 g/kg TM)
- erlaubt wenig Stärke
- Nährstoffgehalte variierend (u.a. blühfarben-abhängig)
- sehr geringer Methionin-Anteil.
- unterschiedl. ANF-Gehalte (Süßlupine: Alkaloide <0,05%)
- Protein mäßig pansenstabil

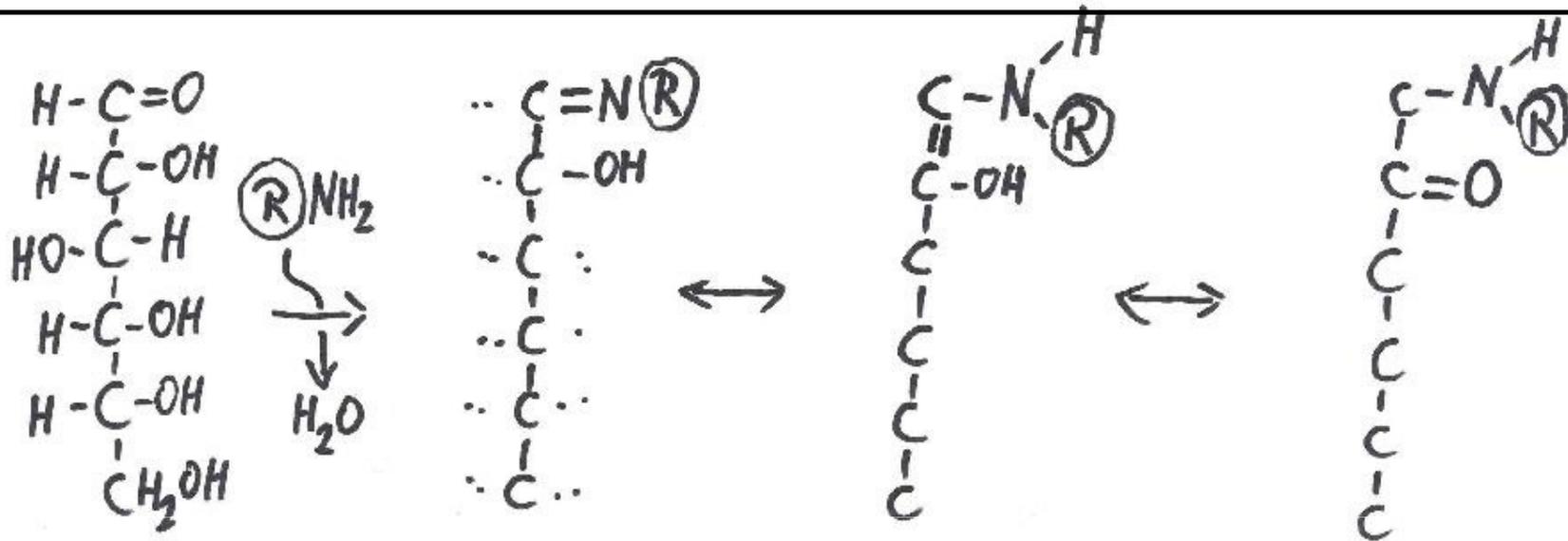
Quelle: ROTH-MAIER, D. et al., 2004

Die Frühe Maillard-Reaktion ist – im Gegensatz zu der nachgelagerten eigentlichen Maillard-Reaktion – reversibel.

Es handelt sich um eine reversible Kondensationsreaktion zwischen der Carbonylgruppe von reduzierenden Zuckern mit Amino-Gruppen von Proteinen.



Die Reaktionsprodukte sind zunächst „Schiffsche Basen“, die sich in mehreren Schritten zu sog. Amadori- oder Heyns-Komplexen umlagern, zu „substituierten Zucker-Aminen“.



Die Umwandlung der freien Aminogruppen der Proteine in die substituierte Form bewirkt eine Beständigkeit der Proteinmoleküle gegenüber mikrobiellen Proteasen.

Eine Weiterreaktion zu hochreaktiven Dicarbonyl- und heterozyklischen Verbindungen erfordert wasserfreie Hitze – Hydrothermik wirkt daher solchen Weiterreaktionen entgegen.

Im Darm lassen die Amadori- und Heyns-Kondensationsprodukte aus reduzierenden Kohlenhydraten und Protein-Aminogruppen sich dann hydrolysieren. So bilden sich die jeweiligen Ausgangsprodukte zurück, welche dann aufgeschlossen und verdaut werden.

Parameter und Grenzwerte zur Qualitätsbewertung von Sojabohnen (und anderen Leguminosensaaten)

| ANF-Indikator | Messgröße | Sojabohne unbehand. | Zielwert behandelt |
|--|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Trypsin Inhibitor Activity | TIA [mg/kg] | ca. 25 | < 2 |
| Trypsin Inhibitor Units | TIU [TIU/mg TS] | ca. 80 | < 3 |
| Urease-Aktivität | [mg N/g x min] | - | < 0,4 |
| Proteinlöslichkeit H₂O | PDI _{H₂O} [%] | > 70 | > 20 |
| Proteinlöslichkeit KOH | PDI _{KOH} [%] | > 80 | > 70 |



© H. Graf v. Reichenbach

Quellen:

1. ABEL, H., W. SOMMER und J. WEIß, 2017: *Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Ackerbohnen in der Nutztierfütterung*. UFOP-Praxisinformation. www.ufop.de/agrar-info/erzeuger-info/fuetterung/inhaltsstoffe-futterwert-und-einsatz-von-ackerbohnen-in-der-nutztierfuetterung/
2. JEROCH, H., G. FLACHOWSKY und F. WEISSBACH, (Hrsg.), 1993: *Futtermittelkunde*. Verlag Gustav Fischer, Jena u. Stuttgart
3. MARQUARD, R., 2000: <http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2000/uni/p000003/nutritiv.htm> (Aufruf v. 03. 04. 2017)
4. ROTH-MAIER, D. et al., 2004: *Inhaltsstoffe, Futterwert und Einsatz von Lupinen in der Nutztierfütterung*. UFOP-Praxisinformation. www.ufop.de/files/4113/4080/8202/RZ_Praxisinfo_Lupine_071004.pdf
5. ZENTEK J. und P. HELLWEG, ohne Datum: *Antinutritive Substanzen in Futtermitteln*. – Präsentation des Instituts für Tiererernährung, Freie Universität Berlin

Abbildungen:

1. A/S Cimbria: www.cimbria.com/Files/Images/Brochurer_filer/Dantoaster-GB_web.pdf (Aufruf am 04. 04. 17)
2. Möhler-Toaster: www.mobilersojatoaster.de/toaster.php (Aufruf am 04. 04. 17)
3. Insta-Pro: www.insta-pro.com/en/products-services/extruders/ (Aufruf am 04. 04. 17)
4. Amandus Kahl: www.akahl.de , Firmenbroschüren

Empfohlene Literatur:

1. LINDERMAYER, H., W. PREIßINGER und G. PROBSTMEIER, 2011: *Schweinefütterung mit heimischen Eiweißfuttermitteln*. LFL-Information. Hrsg.: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan. www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/informationen/p_39080.pdf