



Avocado



Granatapfel



Kokosnuss



Papaya

Nutzpflanzen

Vorlesung

Bickel SoSe 2008

2: Senfölglycoside in Brassicacea



Karambole



Lychee (Litschi)

Die Vorlesung gehört zum A-Modul gleichen Namens und befasst sich mit den folgenden Lehrinhalten:

- ◆ 1. Phycokolloide aus Rot- und Braunalgen
 - ◆ **2. Senfölglycoside in Brassicaceen**
 - ◆ 3. Inulin liefernde Pflanzen
 - ◆ 4. Farbstoffe aus Pflanzen
 - ◆ 5. Etherische Öle aus Gewürz- und Arzneipflanzen
 - ◆ 6. Kautschuk und andere Isoprenoide
 - ◆ 7. Genussmittelpflanzen (Coffein)
 - ◆ 8. Chemische Fallen: Alliaceae
 - ◆ 9. Cyanogene Glycoside
 - ◆ 10. Alkaloide und Herzglycoside
-
- ◆ Berücksichtigt werden: Einordnung in das Pflanzenreich, spezielle Botanik der angesprochenen Pflanzen, Züchtung, Pflanzenkultur und Biotechnologie, Biosynthese, Biochemie und Gewinnung der Inhaltsstoffe, Anwendungen, Toxikologie und Pharmakologie, Geschichte der Nutzpflanzen.

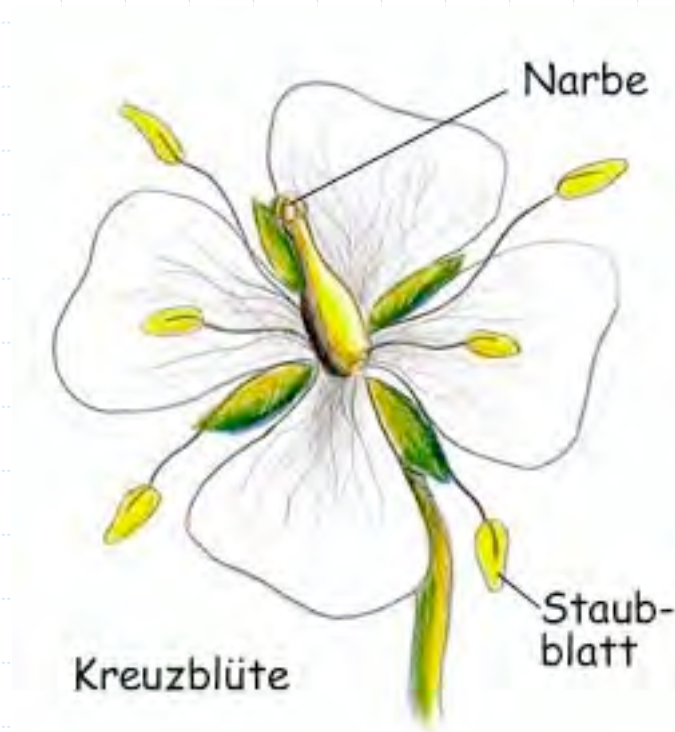
Brassicaceae

Die Kohlgewächse gehören zu einer sehr variablen Familie.

An ihr kann man zeigen, dass alle Pflanzenteile einer Metamorphose unterliegen können, die sie zu Speicherorganen werden lässt.



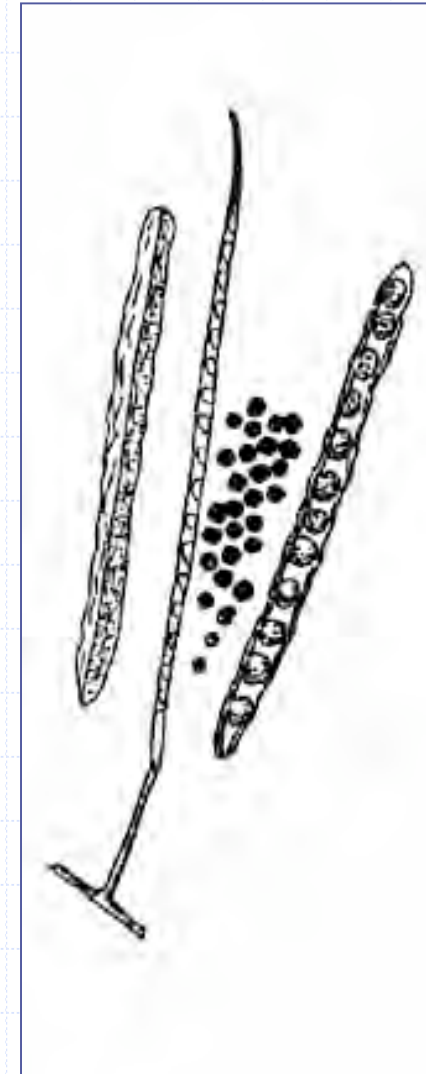
Kreuzblütengewächse



Familienmerkmale der Brassicaceae

Ihre Früchte sind Schoten:

Die Schote ist eine Sonderform der Kapsel. Bei der Schotenbildung verwachsen zwei Fruchtblätter miteinander, wobei sie aber durch eine Scheidewand in zwei Fächer geteilt werden. Die zwei Fruchtblätter trennen sich voneinander, wobei die Samen an ihrer Plazentarleiste am Fruchtsiel bleiben.

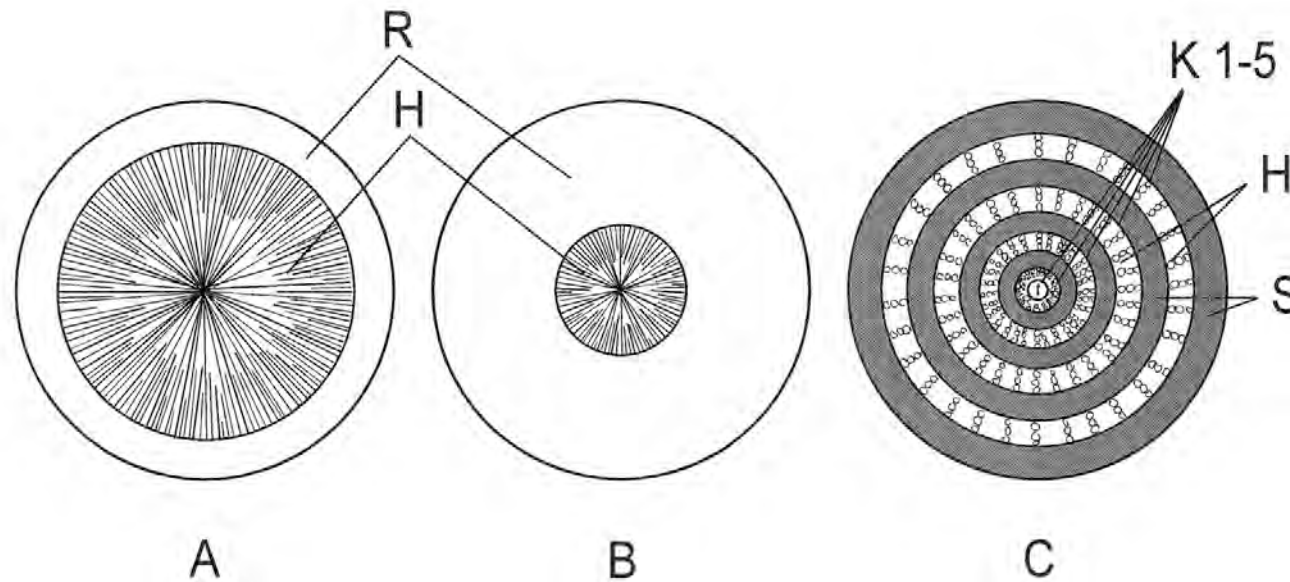


Die Wurzel: Rettich (*Raphanus sativus*)



Rübe aus der Hauptwurzel und Hypokotyl.

Sekundäres Dickenwachstum



- ◆ Rettich ist eine Holzrübe (A), der sekundäre Xylemanteil überwiegt. Dadurch erhält man eine sehr wasserreiche Rübe mit großen Gefäßen.

Strandrettich x Schnabelrettich

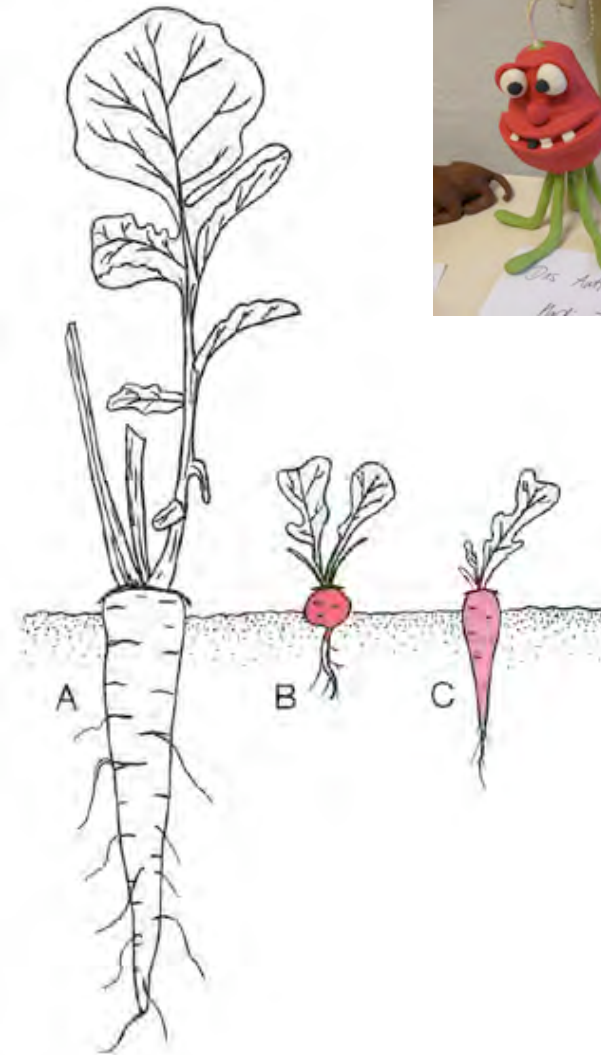


Raphanus maritimus x *R. rostratus*

Radieschen (*Raphanus sativus*, var. *sativus*)



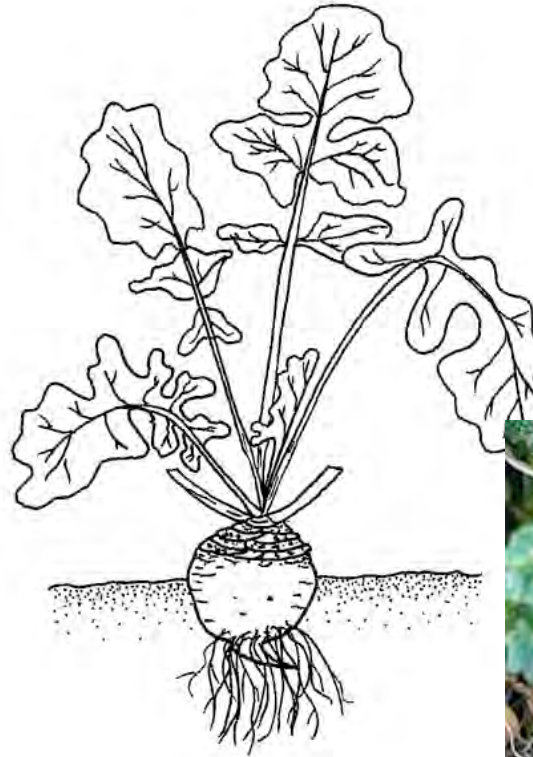
Hypokotylknolle, Hauptwurzel nur gering beteiligt. Das Radieschen ist einjährig.



Kohlrübe, Steckrübe (*Brassica napus*)
Weiße Rübe, Mairübe (*Brassica rapa*)



Steckrübe



Mairübe



Kreuzungen

Kohlrabi \times Weiße Rübe = Steckrübe (Bastard)

Brassica oleracea \times *B. rapa* = *B. napus*

convar. acephala, var. gongylodes

n=18

n=20

n=38

Wildkohl \times Rübsen = Raps

B. oleracea \times *B. rapa* = *B. napus*

Teltower Rübchen



- ◆ *Brassica rapa* subvar. *pygmaea*
- ◆ (Zwergform der weißen Rübe)

Inhaltsstoffe essbarer Rüben

Inhaltsstoffe essbarer Rüben (nach Souci und Mitarbeitern, 1994)

Inhaltsstoffe (g/100g essbarem Anteil	Rettich	Radieschen	Steckrübe	Weißer Rübe	Möhre	Pastinak	Schwarzwurzel
Wasser	93,5	94,4	83,3	90,5	88,2	80,2	78,6
Protein	1,05	1,05	1,16	0,99	0,98	1,31	1,39
Fett	0,15	0,14	0,16	0,22	0,2	0,43	0,43
Kohlenhydrate	1,9	2,3	7,24	4,7	4,8	2,9	1,6
Rohfaser	2,5	1,6	1,37	3,5	3,6	13,5	17
Mineralstoffe	0,75	0,9	0,77	0,73	0,86	1,18	0,99
Vitamine	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Carotin	0,001	0,004	0,02	0,012	1,6	0,003	0,003
Vitamin B ₁	0,03	0,033	0,05	0,04	0,069	0,08	0,11
B ₂	0,03	0,03	0,058	0,05	0,053	0,13	0,035
Vitamin C	27	29	33	20	7,1	18	4

Meerrettich (*Armoracia rusticana*)

Die Wurzel ist mehrköpfig und trägt im ersten Jahr eine kräftige Blattrosette, im zweiten Jahr einen traubigen Blütenstand mit weißen Kreuzblüten. Genutzt werden die einjährigen Rüben.



Meerrettich



Man schneidet von den einjährigen Rüben kräftige Seitenwurzeln ab und setzt sie im März ins Freiland.

Im Juni werden sie wieder ausgegraben und alle Seitenwurzeln und Sprossknospen entfernt.

Ende Oktober kann man daumendicke Stangen ernten.

Spross: Kohlrabi (*B. oleracea* *convar. acephala*, *var. gongylodes*)



Die knollenförmige Verdickung der Hauptachse erfolgt beim Kohlrabi nach dem vierten Internodium. Es handelt sich um eine echte orthotrope Sprossknolle.

Blatt: Kopfkohl (*Brassica oleracea convar. capitata, var. capitata, f. alba, f. rubra*)



Kopfkohlsorten stellen überdimensionale Knospen dar.

Ihre Blätter entfalten sich nicht (außer den äußeren); schon bei jungen Pflänzchen ist die Einwärtskrümmung der Blätter sichtbar.

Der Spross bleibt stark gestaucht. Erst im zweiten Jahr löst sich der Kopf auf zur lockeren Rosette und gibt einen beblätterten Infloreszenzspross frei.

B. rapa, var. chinensis
(Chinakohl)

Wirsing: *B. oleracea*, convar. *capitata*, var. *sabaudia*
Spitzkohl: *B. oleracea*, convar. *capitata*



Wirsing besitzt krause Blätter mit blasenartig gewellter Struktur.

Spitzkohl (Filderkraut) ähnelt dem Weißkohl, ist aber milder. Er ist frostempfindlich. Will man Samen gewinnen, muss man ihn einlagern und im März wieder aufs Feld pflanzen.

Rosenkohl: B. oleracea, convar. oleracea, var. gemmifera



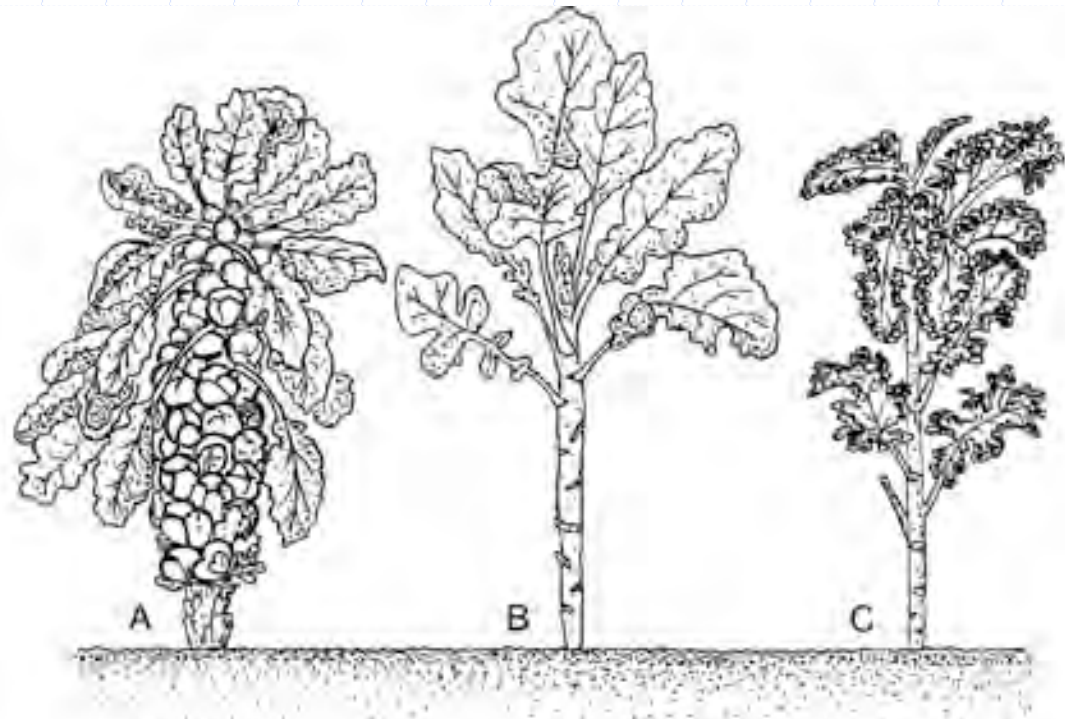
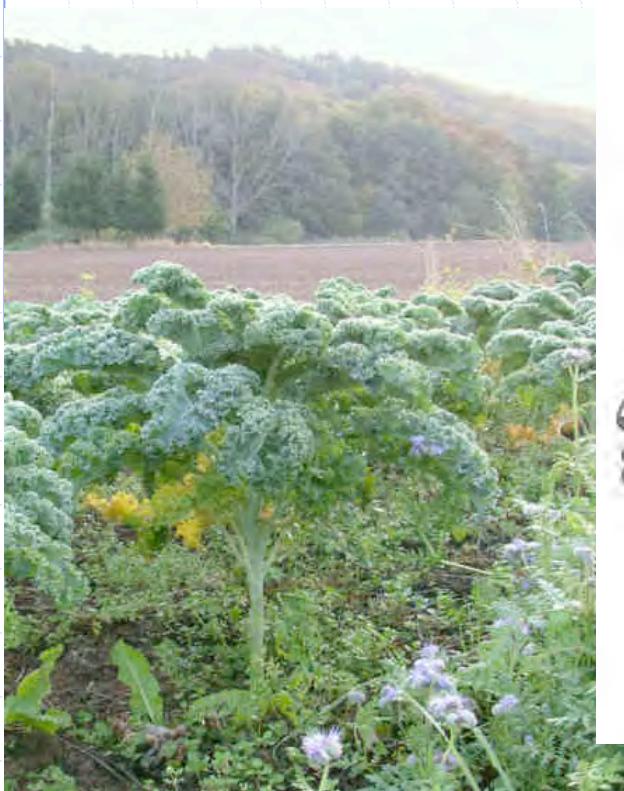
Rosenkohl (Brüsseler Kohl) ist die jüngste aller Züchtungen (im 18. Jhdt.). Die Röschen sind stark gestauchte Seitensprosse, die in den Blattachseln des Hauptsprosses stehen. Rosenkohl wird 1 m hoch. Er ist frostresistent und kann bis in den Winter hinein auf dem Feld bleiben.

Rosenkohl



Grünkohl: *B. oleracea*, convar. *acephala*, var. *sabellica*

Markstammkohl: *B. oleracea*, convar. *acephala*, var. *medullosa*



Rosenkohl

Markstammkohl

Grünkohl

Meerkohl (seakale): *Crambe maritima*



Heimisch an Nord- und Ostseeküste, wird in England gegessen. Blaugrüne Blätter, weiße Kreuzblüten. Stiele werden gebleicht gegessen.

Blüte: Blumenkohl (*B. oleracea*, convar. *botrytis*, var. *botrytis*)

Broccoli (*B. oleracea*, convar. *botrytis*, var. *italica*)



Seit 1542 in Deutschland bekannt
Mächtige, stark gestauchte, traubige Infloreszenzen

Inhaltsstoffe

Inhaltsstoffe von Gemüse-Blütenständen (nach Souci und Mitarbeitern, 1981)

Inhaltsstoffe (g/100 g essbarem Anteil)	Blumenkohl	Broccoli	Artischocke
Wasser	91,60	89,70	82,50
Protein	2,50	3,30	2,40
Fett	0,30	0,20	0,10
Kohlenhydrate	3,90	4,40	12,20
Rohfaser	0,90	1,30	1,50
Mineralstoffe	0,80	1,10	1,30
Vitamine	mg	mg	mg
Carotin	0,03	1,90	0,10
Vitamin B ₁	0,11	0,10	0,14
B ₂	0,10	0,20	0,01
Vitamin C	69,80	114,00	7,60

Samen: Weißer Senf (*Sinapis alba*)
Brauner Senf (*B. juncea*)
Schwarzer Senf (*B. nigra*)



Die Senfsorten unterscheiden sich in der Samenfarbe (weißlich-gelb, braun, schwarz) und in der Schärfe des Geschmacks.

Weißer Senf ist milder als brauner und schwarzer. Man mischt die Samen um verschiedene Senfsorten herzustellen.

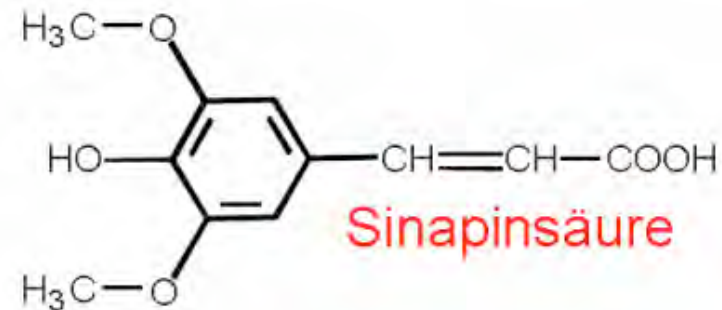
Schärfe: 4-Hydroxybenzylisothiocyanat

Inhaltsstoffe von Senfsamen

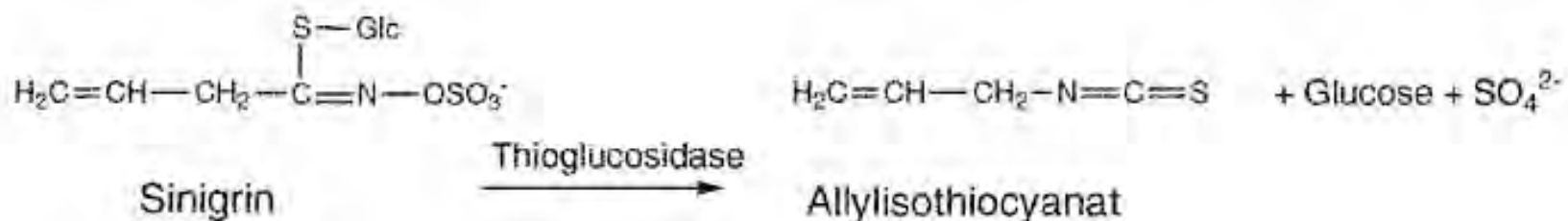
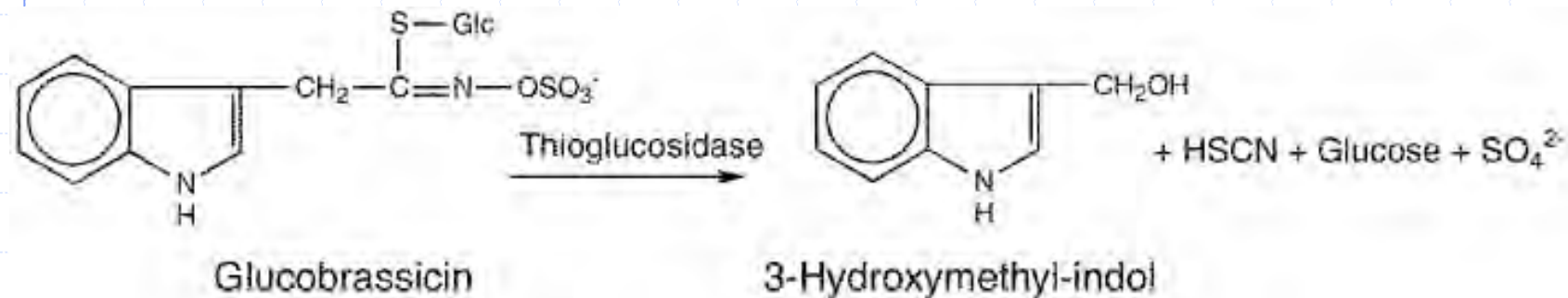
- ◆ 30% fettes Öl
- ◆ 25% Protein
- ◆ 35% Kohlenhydrate
- ◆ 0,6 - 2,5 % Etherische Öle
 - Hauptanteil: Sinapinsäure

Schärfe-Prinzip:

Sinalbinsenfolglicosid +
Myrosinase ergibt 4-
Hydroxybenzylisothiocyanat



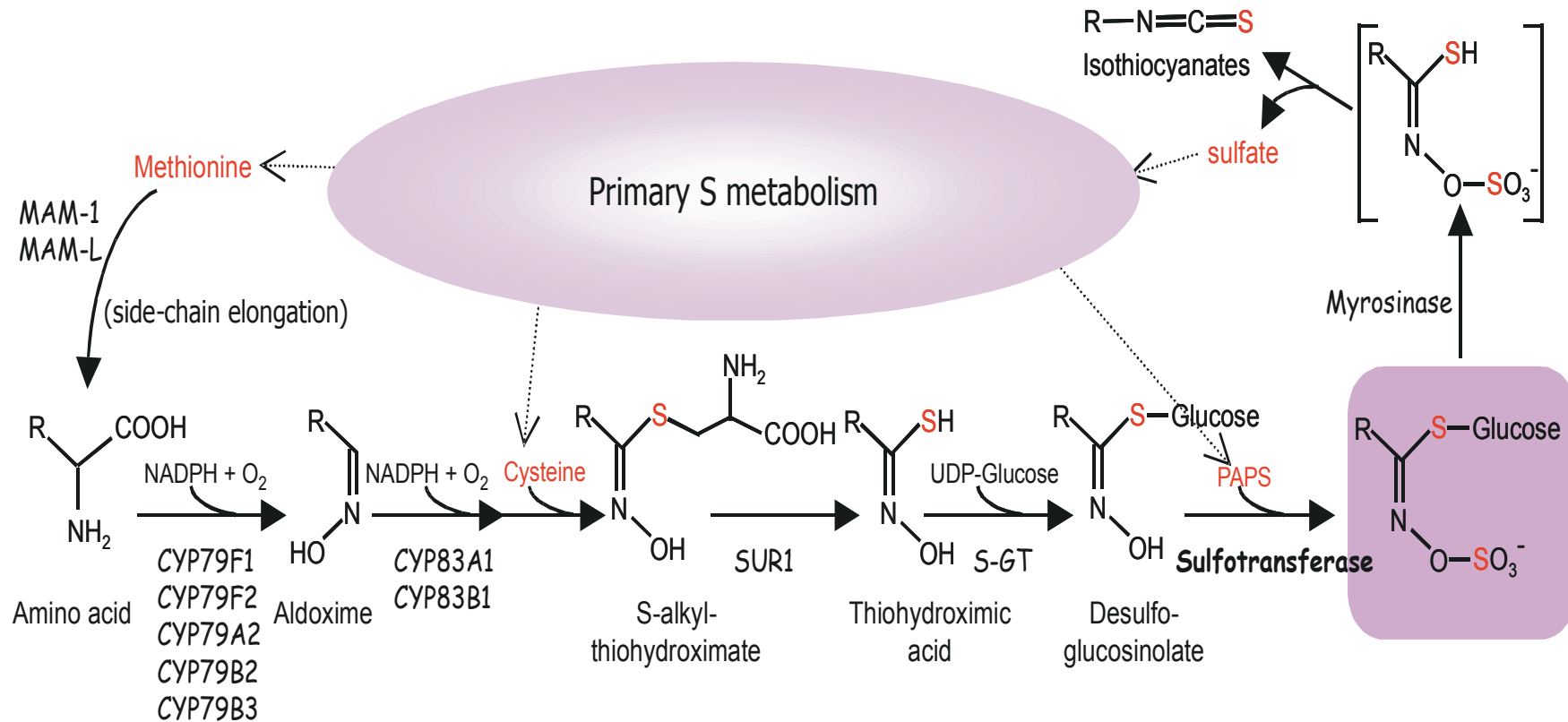
Chemie der Senfölglycoside



Beispiele: Glucobrassicin kommt in allen Kohlsorten vor, Sinigrin ist in Senf und Rettich enthalten.

Glucosinolate entstehen aus Aminosäuren, die decarboxyliert und N-hydroxyliert werden.

Sulfotransferasen in der Glucosinolatbiosynthese



- Sulfotransferase-Sequenzen in allen bisher sequenzierten Genomen (außer Archaea)
- Alle Sulfotransferase-Sequenzen enthalten PAPS-Bindedomäne
- Klassifizierung nach Ähnlichkeit, Rückschluss auf Substratspezifitäten?

Prinzip zusammengefasst:

- ◆ Senfölglycoside (Glucosinolate) werden in der Vakuole gespeichert.
- ◆ Erst bei Verletzung kommen sie mit dem Enzym Myrosinase (Thioglucosidase) zusammen.
- ◆ Diese spaltet den Glucoserest ab.
- ◆ Das entstandene Produkt verliert seinen Sulfatrest und wird umgelagert zu einem N-substituierten Isothiocyanat.
- ◆ Physiologische Funktion: Fraßschutz
- ◆ Entstehung: Aus Aminosäurestoffwechsel, Einführung des Schwefelatoms durch die Aminosäure Cystein.

Toxikologie

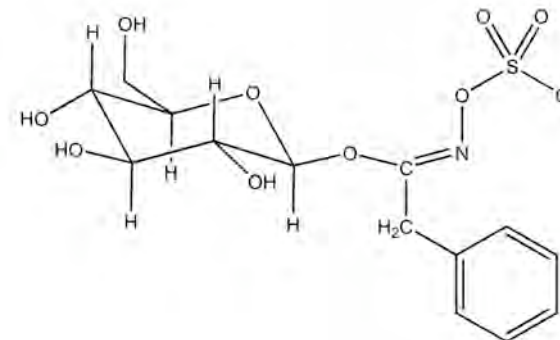
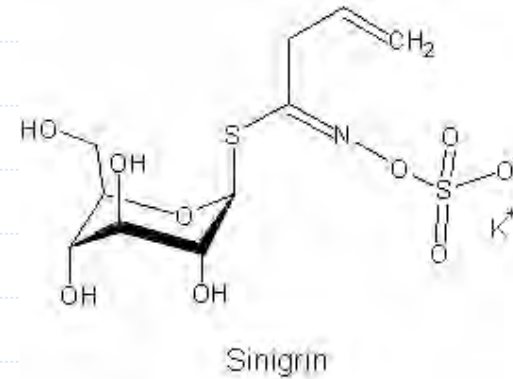
Strumigene Wirkung: Kropfbildung durch Jodmangel.

In der Schilddrüse wird das Jod verdrängt durch Thiocyanat. Dieses besitzt einen ähnlichen Radius wie das Iod und eine höhere Affinität zum Schilddrüsenepithel.

Außerdem: Thionderivate (zB Goitrin aus Progoitrin) beeinträchtigen die Oxidation vom Jodid zu Jod und damit die Hormonproduktion in der Schilddrüse. (Thyroxin steigert die Enzymaktivität in den Mitochondrien und aktiviert die Na⁺K⁺-ATPasen an den Nervenzellen = Steigerung des Energieumsatzes)

Häufig vorkommende Derivate

Glucobrassicin (Kopfkohlsorten),
Sinalbin (weißer Senf),
Sinigrin (Schwarzer Senf, Meerrettich),
Progoitrin (Broccoli u. andere),
Glucocapparin (Kapern),
Glucotropäolin (Kapuzinerkresse): unten



Vorkommen von Glucosinolaten

Glucosinolat	Alkylrest	Beispiele
Glucocapparin	Methyl-	Kaperngewächse
Glucoerucin	4-Methylthiobutyl-	Kohlarten, Öltraute
Glucoraphanin	4-Methylsulfinyl-3-butyl-	Brokkoli, Rettich
Glucoiberin	3-Methylsulfinylpropyl-	Weißkohl, Blumenkohl, Brokkoli, Schleifenblumensamen
Sinigrin	Allyl-	Schwarzer Senf, Kohlarten, Rettichsamen, Meerrettichwurzel
Progoitrin	2-Hydroxy-3-butenyl-	Raps, Kohlarten
Glucotropaeolin	Benzyl-	Garten- und Kapuzinerkresse
Gluconasturtiin	Phenethyl-	Garten- und Brunnenkresse, Schwarze Senfsamen
Glucosinalbin	4-Hydroxybenzyl-	Weißer Senf
Glucobrassicin	3-Indolylmethyl-	Kohlarten, Senf, Rettich

Glucosinolate und Krebs



Frage 2 aus dem Raum

Den Glucosinolaten werden folgende gesundheitsrelevante Wirkungen zugeschrieben:

- ◆ antikanzerogen: Hemmung der Entstehung verschiedener Krebsarten,
 - ◆ antioxidativ: abhängig von Sorte und Art der Zubereitung, Ergebnisse teilweise widersprüchlich,
 - ◆ antibiotisch,
 - ◆ immunmodulierend (Aus: DGEinfo 08/2006 - Beratungspraxis)
 - ◆ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez>; Eingeben: Glucosinolate
- ◆2007 J. Agric. food.chem: Aqueous extract from Spanish black radish (*Raphanus sativus* L. Var. niger) induces detoxification enzymes in the HepG2 human hepatoma cell line.
 - ◆J. Nutr. 2007: Consuming broccoli does not induce genes associated with xenobiotic metabolism and cell cycle control in human gastric mucosa.
 - ◆2007 (Carcinogenesis) Preclinical and clinical evaluation of sulforaphane for chemoprevention in the breast.
 - ◆J Agric Food Chem. 2006 Antioxidant and choleric properties of *Raphanus sativus* L. sprout extract

Samen: Raps: *B. napus*, ssp. *napus*
Rübsen: *B. rapa*, ssp. *oleifera*



Raps: geschlossene Blüten an der Spitze, blaugrün, langer, lockerer Blütenstand.
Rübsen: oberste Blüten öffnen sich zuerst, niedriger, Blütenstand gedrungener, hellgrün.

Biotechnologie

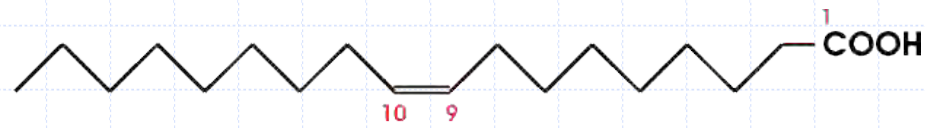
- ◆ Rapszüchtung: begann vor 100 Jahren
- ◆ Kälteverträglichkeit (Winterrapsformen aus Osteuropa) + Schnellwüchsigkeit der westeuropäischen + hohe Erträge der mitteleuropäischen Sorten.
- ◆ Reduktion des Erucasäuregehaltes
- ◆ Reduktion der Glucosinolate
- ◆ Es entstanden die sog. 00-Sorten.

Industrieraps (Gentechnik)

- ◆ erucasäurereicher Raps
 - Schaumbremse in Waschmitteln
 - Kälteverhalten des Öls
- ◆ kurzkettige Fettsäuren (C18 bis C12)
 - Tensidherstellung für Waschmittel (zB Laurinsäure)
- ◆ Veränderung des Fettsäuremusters
 - (Trierucin, durch rapsfremde Acyltransferasen)
 - Produktion von Laurinsäure (C12) durch fremdes Gen für Lauryl-Thioesterase
 - Produktion von Stearinsäure durch Blockierung einer Ölsäure-Desaturase

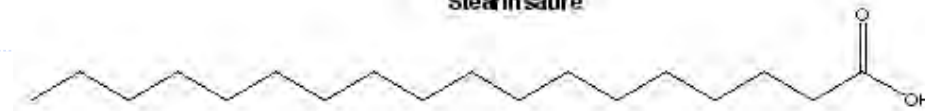
Fettsäuren

- ◆ Ölsäure
- ◆ Stearinsäure
- ◆ Laurinsäure
- ◆ Erucasäure

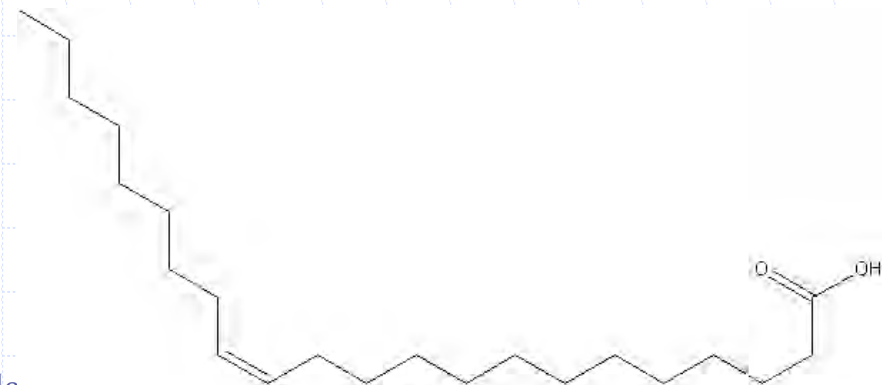


Ölsäure ($C_{18}H_{34}O_2$)

Stearinsäure



Laurinsäure ($C_{11}H_{23}COOH$) n-Dodecanolsäure



Erucasäure

Fettsäuren



Frage 1 aus dem Raum

<http://www.margarine-institut.de/presse2/index.php3?rubrik=1&id=108>

Sehr ordentliche Ausführungen!

Ausschnitt:

Abhängig ist der Schmelzpunkt einer Fettsäure sowohl von der Kettenlänge als auch von der Anzahl der Doppelbindungen. Je kürzer die Kohlenstoffkette einer Fettsäure ist, desto niedriger ist ihr Schmelzpunkt. Bei der kurzkettigen Buttersäure (C4:0) liegt er z.B. bei -8°C und bei der langkettigen Stearinsäure (C18:0) bei $+70^{\circ}\text{C}$. Gleichzeitig gilt aber auch, dass der Schmelzpunkt einer Fettsäure mit zunehmender Zahl der Doppelbindungen sinkt.

	Fettsäuren	Anzahl der C-Atome	Anzahl der Doppelbindungen	Schmelzpunkt $^{\circ}\text{C}$
Gesättigte Fettsäuren	Buttersäure	4		$-8,0$
	Capronsäure	6		$-3,9$
	Caprylsäure	8		$+16,3$
	Caprinsäure	10		$+31,3$
	Laurinsäure	12		$+43,2$
	Myristinsäure	14		$+54,4$
	Palmitinsäure	16		$+62,8$
	Stearinsäure	18		$+69,6$
Ungesättigte Fettsäuren	Ölsäure	18	1	$+13$
	Linolsäure	18	2	-5
	Linolensäure	18	3	-11

bedeutet für die Kraftstoffzusammensetzung im Dieselmotor:

Bei geringen Temperaturen verdampft der Treibstoff nicht schnell genug, die Zündung kann nicht erfolgen (oder verspätet)

Rapsöl

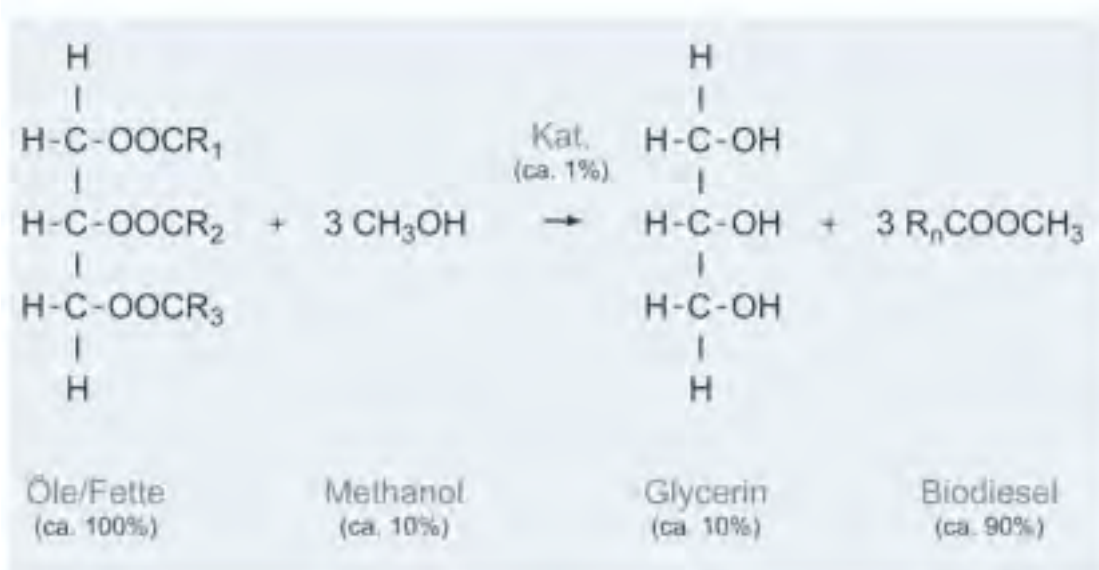
Fettsäurezusammensetzung von Raps-, Rizinus-, Sonnenblumen- und Sesamöl

Fettsäuren in %	Rapsöl (b)	Rapsöl (c)	Rizinusöl (b)	Sonnenblumenöl (a)	Sesamöl (a)
Arachinsäure	0,6 - 1,8	0,0 - 1,0	-	0,1 - 0,8	0,50
Behensäure	0,6 - 2,1	0,5 - 2,0	-	-	-
Docosadiensäure	0,9 - 1,5	-	-	-	-
Eicosensäure	3,5 - 6,0	1,0 - 3,0	-	-	-
Erucasäure	45,0 - 52,0	0,0 - 2,0	-	-	-
Lignocerinsäure	0,5 - 0,8	-	-	0,4 - 0,8	-
Linolsäure	12,0 - 15,8	15,0 - 30,0	3,1	19,1 - 74,8	32,0 - 56,0
Linolensäure	6,5 - 9,9	5,0 - 13,0	-	0,1 - 1,9	0,0 - 1,9
Ölsäure	12,3 - 24	50,0 - 65	7,4	13,3 - 68,8	31,4 - 51,4
Palmitinsäure	1,9 - 2,8	1,0 - 5,0	2,4*	2,9 - 13,9	6,7 - 14,3
Palmitoleinsäure	-	-	-	0,0 - 0,5	-
Ricinolsäure	-	-	86,5	-	-
Stearinsäure	1,0 - 3,5	1,0 - 4	2,4*	1,0 - 9,6	4,0 - 5,0

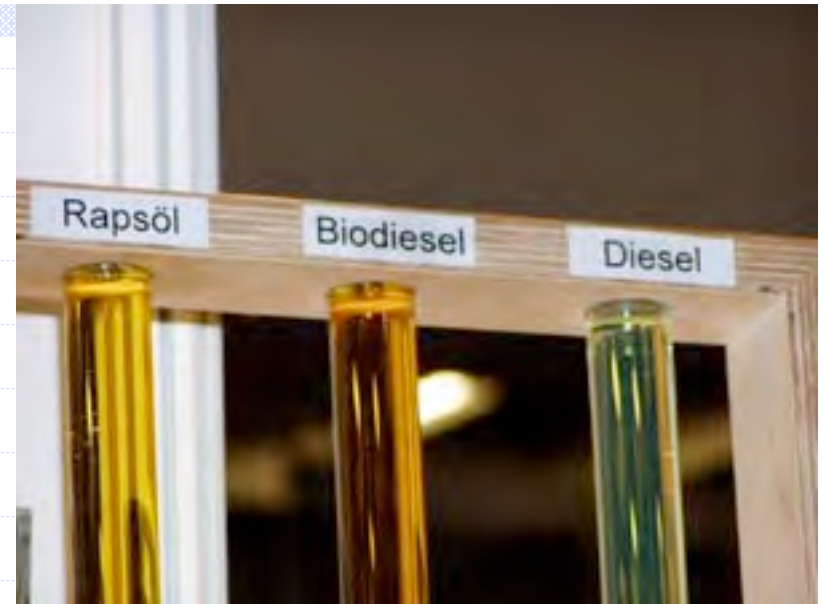
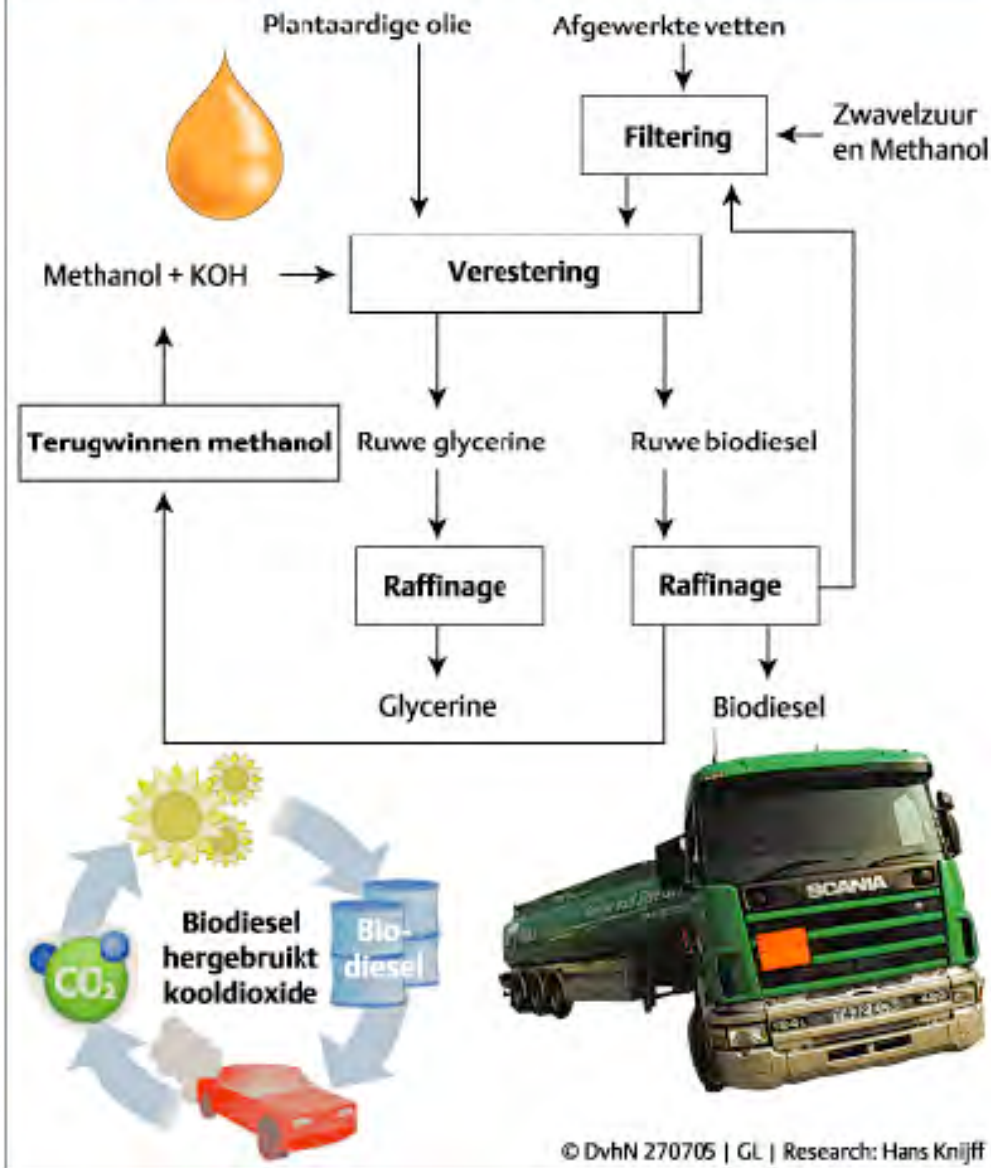
a = nach SOUQI et al. 1994; b = nach SCHORMÜLLER 1968; c = erucasäurearmer Raps, nach SCHUSTER 1992;

* Relativ zu den anderen Fettsäuren

Biodiesel



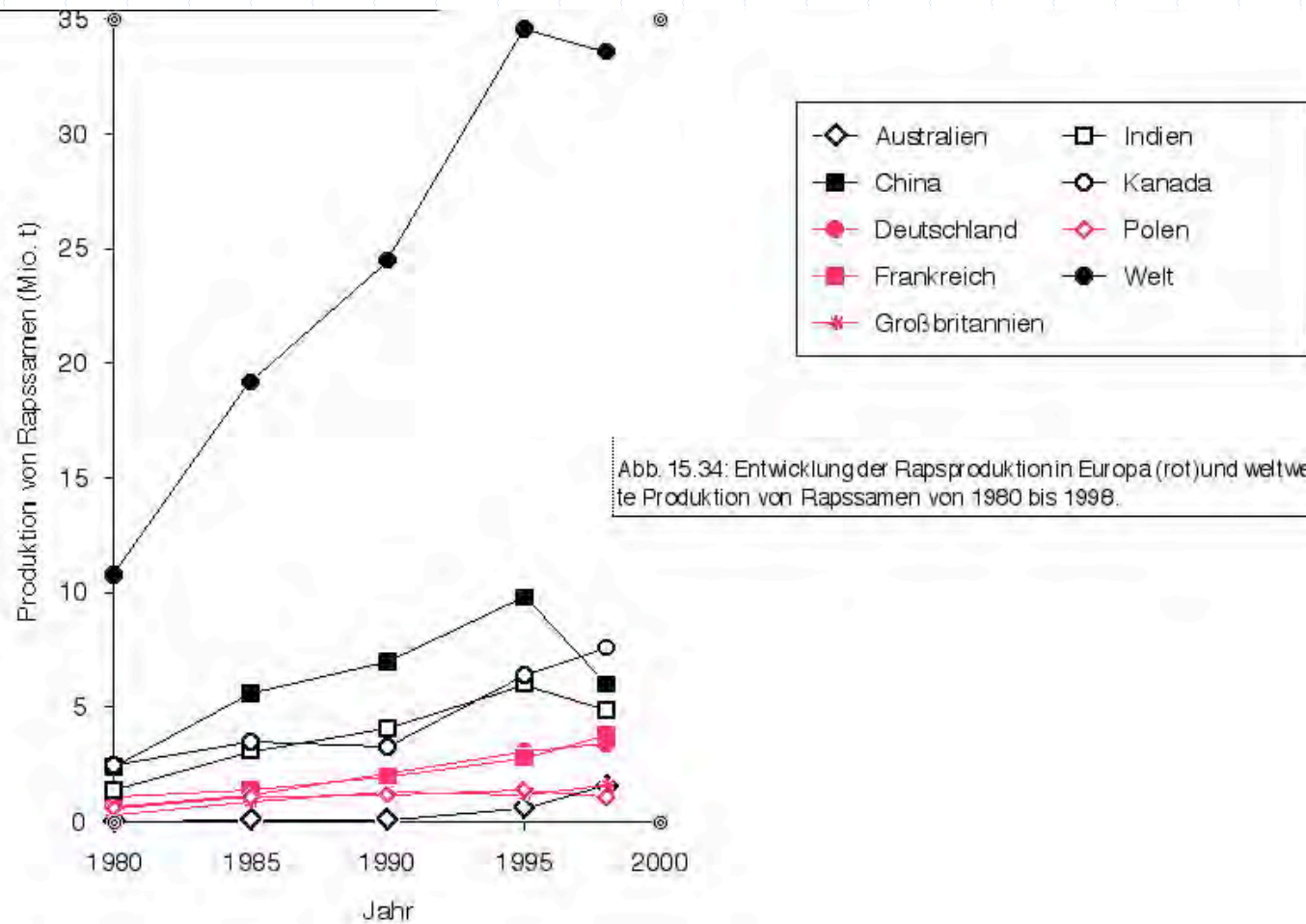
Basistechnologie productie biodiesel



Biodiesel

Rapsölmethylester =
RME

Rapsproduktion



Rapsanbau

Frage 3 aus dem Raum



Raps (*Brassica napus*) wird weltweit in den wintermilden Gebieten der gemäßigten Klimaregionen angebaut. Hauptanbauländer sind China, Kanada, Indien, Deutschland, Frankreich, England und Australien. 2005 wurden weltweit auf 27 Millionen Hektar Anbaufläche 45,3 Millionen Tonnen Rapskörner geerntet.

Näheres dazu: <http://www.transgen.de/datenbank/pflanzen/63.doku.html>

http://www.ufop.de/downloads/Rohstoffpotenziale_021006.pdf

**Rohstoffpotenziale
für die Produktion
von Biodiesel** – eine Bestandaufnahme

Dieter Bockey

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V., Berlin
Claire-Waldoff-Straße 7, 10117 Berlin, d.bockey@ufop.de