

Antinutritive Substanzen in Lupinen

Hans-Ulrich Jürgens

Antinutritive Inhaltsstoffe

- sind in Futtermitteln enthaltene Substanzen, die unabhängig vom Gehalt an verfügbaren Hauptnährstoffen, Vitaminen und Mineralstoffen **negative** Wirkungen auf das Tier haben können
- Vorkommen
stammen aus dem sekundären Stoffwechsel der Pflanze
keine essentiellen Funktionen im Primärstoffwechsel
jeweils nur in bestimmten Pflanzenarten
- Funktion:
Abwehr von Schädlingen und Krankheiten
Regulation des Wachstums
Färb- und Duftstoffe

Antinutritive Inhaltsstoffe

- Negative Effekte für das Tier
 - verminderte Futteraufnahme
 - verringerte Leistung der Tiere
 - Veränderungen der Verdaulichkeit der Nährstoffe
 - Stoffwechselstörungen
 - Toxizität
- Mensch „positive und negative Gesundheitswirkungen“
 - allergene Wirkungen
 - entzündungshemmende Wirkungen
 - antikanzerogene Wirkungen
 - antimikrobielle Wirkungen
 - antioxidative Wirkungen
 - Blutzucker beeinflussende Wirkungen
 - Wirkungen auf den Lipidstoffwechsel (Senkung LDL-Cholesterin)

Antinutritive Inhaltsstoffe

Alkaloide

- Chinolizidinalkaloide

Kohlenhydrate

- Unverdauliche Oligosaccharide (RFO's)
- Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP; Pentosane ; β - Glucane)

Proteine

- Proteinase-Inhibitoren (Hemmung von Trypsin und Chymotrypsin)
- Lektine (Hämagglutinine) (Resorptionsstörungen; Blutverklumpung)

Glycoside

- Saponine (Glycoside von Steroiden und/oder Triterpene)
- Pyrimidinglucoside (Vicin, Convicin)
- Glucosinolate (Thioglycosid)

Phenolderivate

- Isoflavone
- Tannine (Phenolderivate, Gerbstoffe)
- Alkylresorcinole

Chelatbildner

- Phytinsäure

Alkaloide

Chinolizidinalkaloide

•Vorkommen:

- *Lupinus, Genista, Cytisus, Baptisia, Thermopsis, Sophora*

•Wirkung:

- Agonisten an nikotinischen und muskarinischen Acetylcholin-Rezeptoren
- hemmen neuronale Na⁺, K⁺ Kanäle
- hemmen in höherer Konzentration die Proteinbiosynthese
- einige stören Membranpermeabilität
- schmecken bitter und wirken fraßabschreckend
- toxisch für Insekten, Vertebraten, Schnecken, Würmer...
- Hemmen Wachstum von Pflanzen, Pilzen, Bakterien und Viren
- Sind teratogen und führen zu foetalen Mißbildungen

Funktionen in der Pflanze:

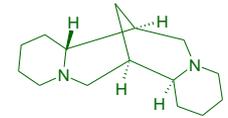
- N Speicher und Remobilisierung während der Keimung
- Chemische Abwehr von herbivoren Tieren und Pathogenen

Eliminierung :

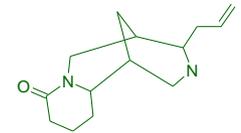
- Auskochen, Keimung, Fermentation
- Selektion von Süßlupinen

(Wink 1998)

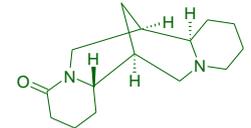
Chinolizidinalkaloide – *L. angustifolius*



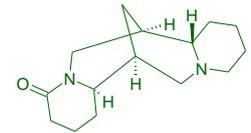
Sparteïn



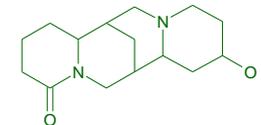
Angustifolin



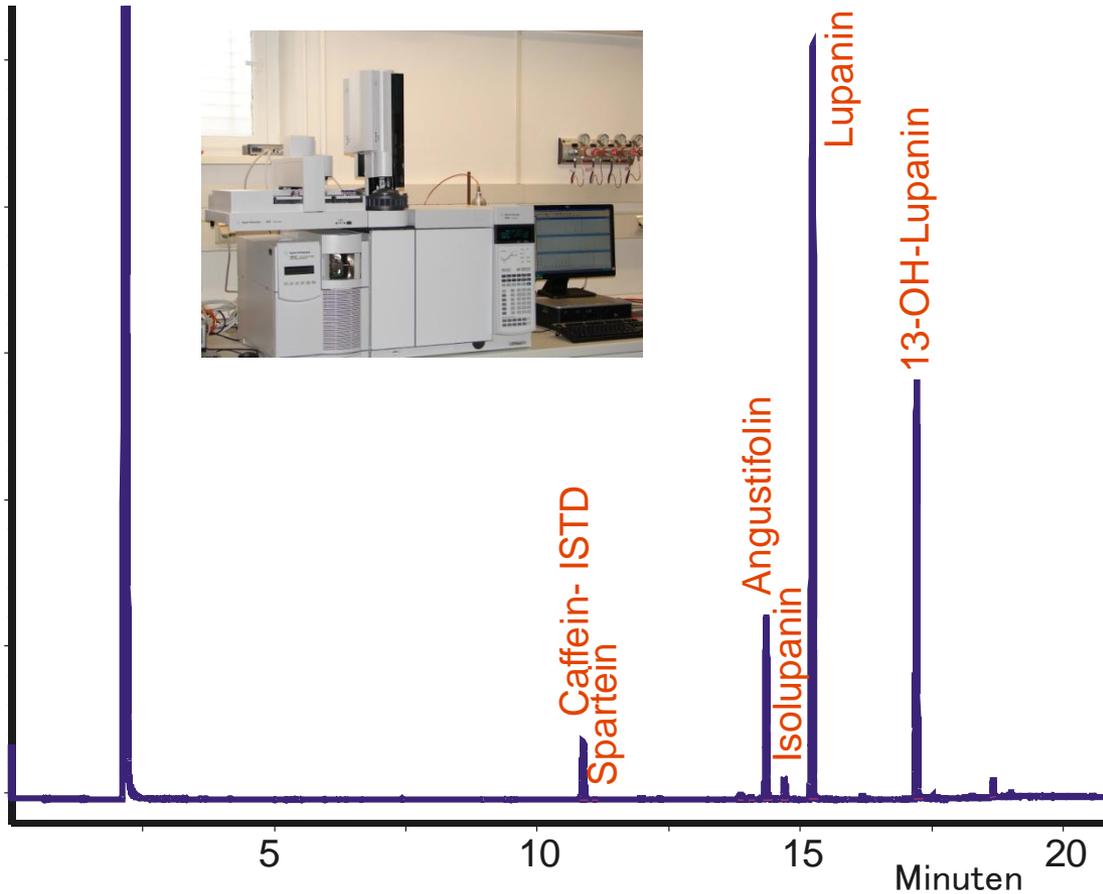
Isolupanin



Lupanin



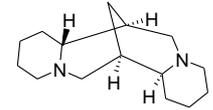
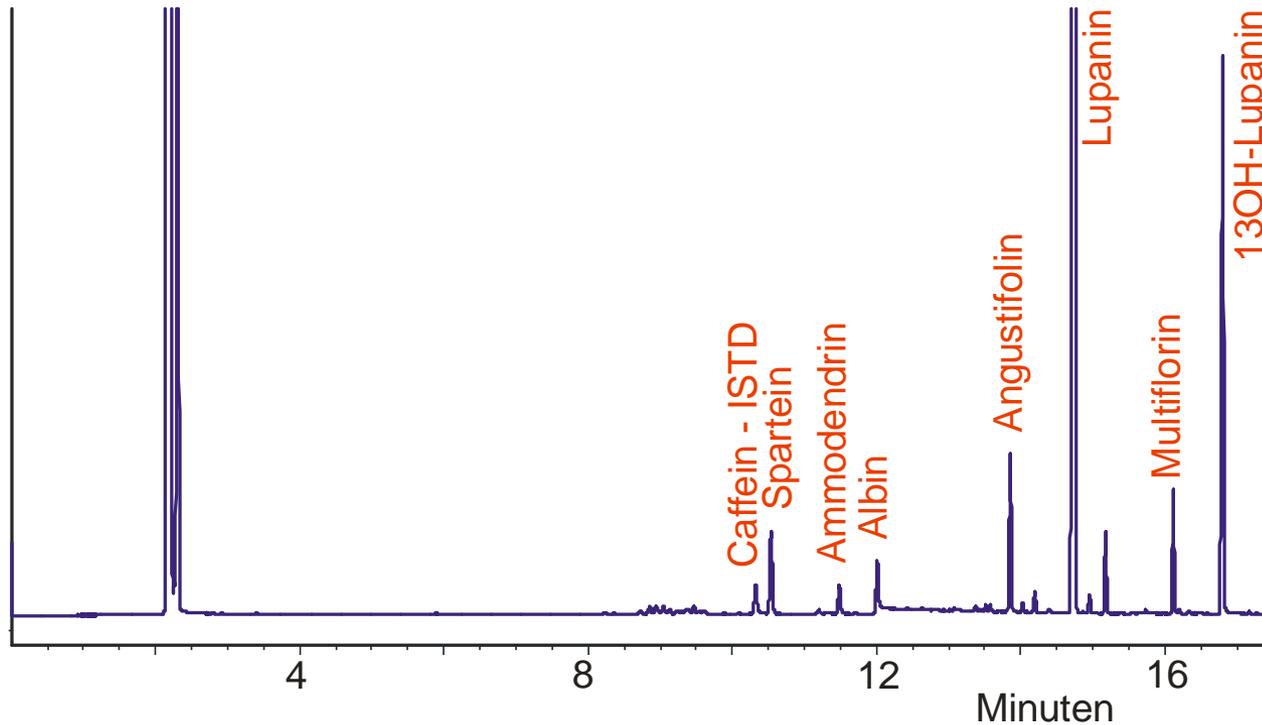
13-Hydroxy-Lupanin



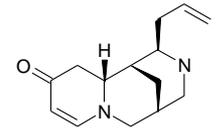
Gaschromatographische Analyse

- nach salzsaurer Extraktion
- Aufkonzentrierung (Flüssig-Flüssig-Extraktion an Kieselgur)

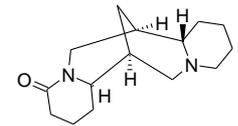
Chinolizidinalkaloide – *L. albus*



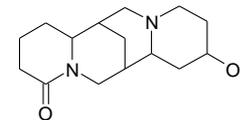
Spartein



Albin



Lupanin

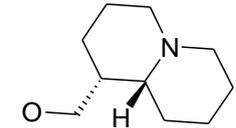
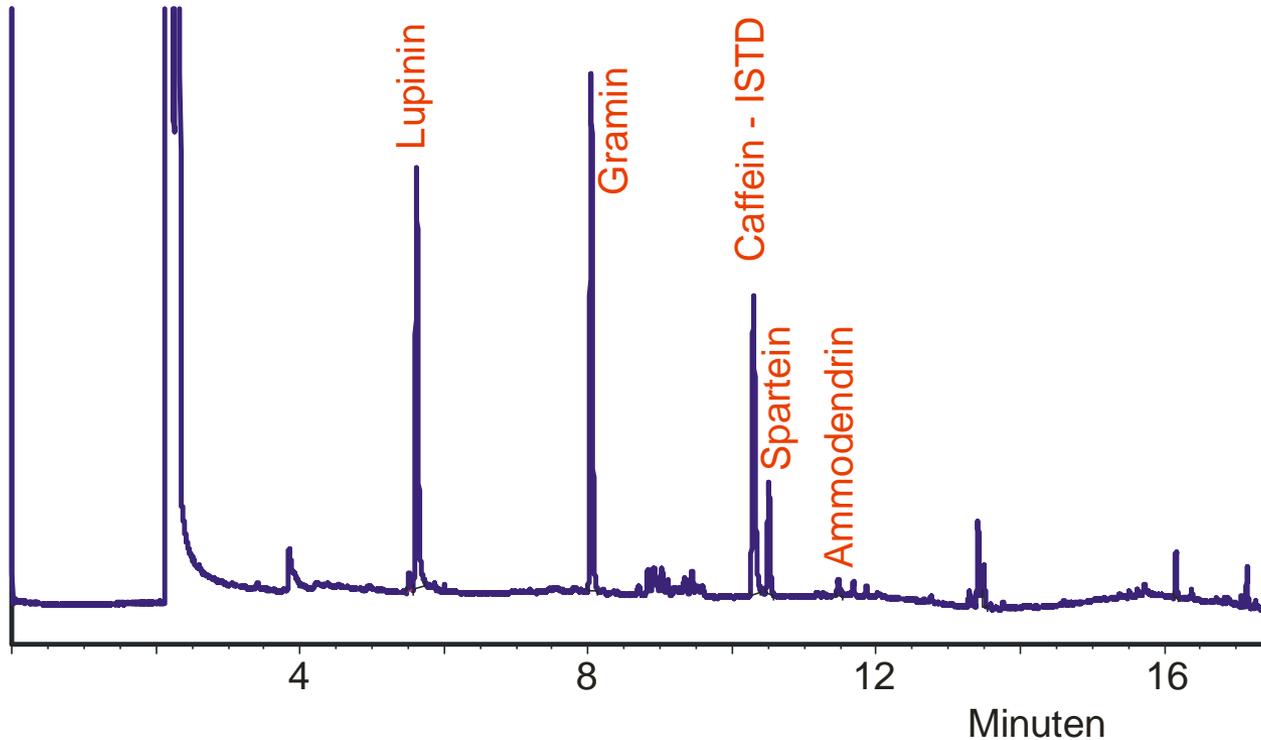


13OH-Lupanin

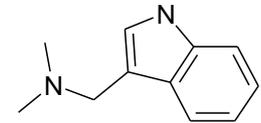
Gaschromatographische Analyse

- nach salzsaurer Extraktion
- Aufkonzentrierung (Flüssig-Flüssig-Extraktion an Kieselgur)

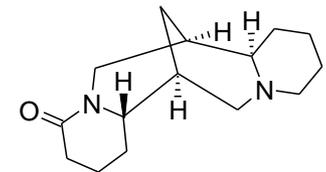
Chinolizidinalkaloide – *L. luteus*



Lupinin



Gramin



Spartein

Gaschromatographische Analyse

- nach salzsaurer Extraktion
- Aufkonzentrierung (Flüssig-Flüssig-Extraktion an Kieselgur)

Kohlenhydrate

Oligosaccharide (RFO's)

- Vorkommen: Soya, Linsen, Erbsen
Bohnen, Lupinen
- Wirkung: mikrobielle Umgesetzung
Bildung von Gasen
 - verursachen Flatulenz und andere Störungen

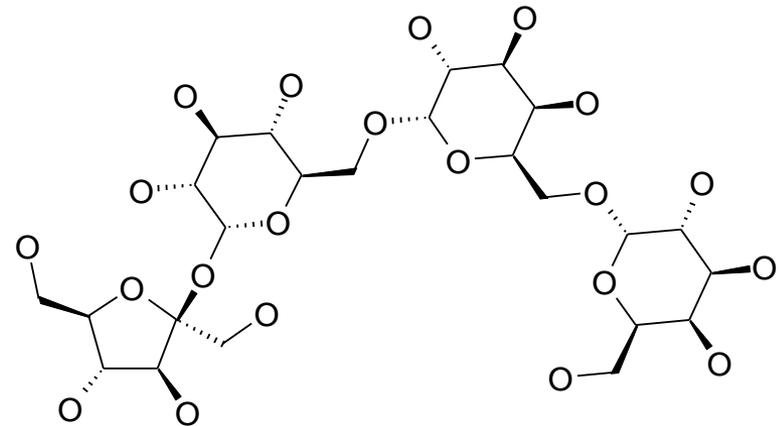
Funktionen in der Pflanze

- Kohlenstoffquelle während der Keimung
- Abwehr von Samenprädatoren

Eliminierung durch

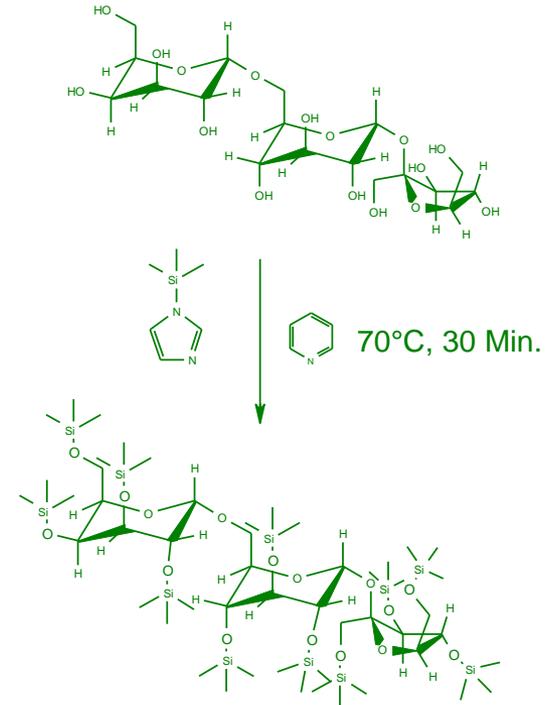
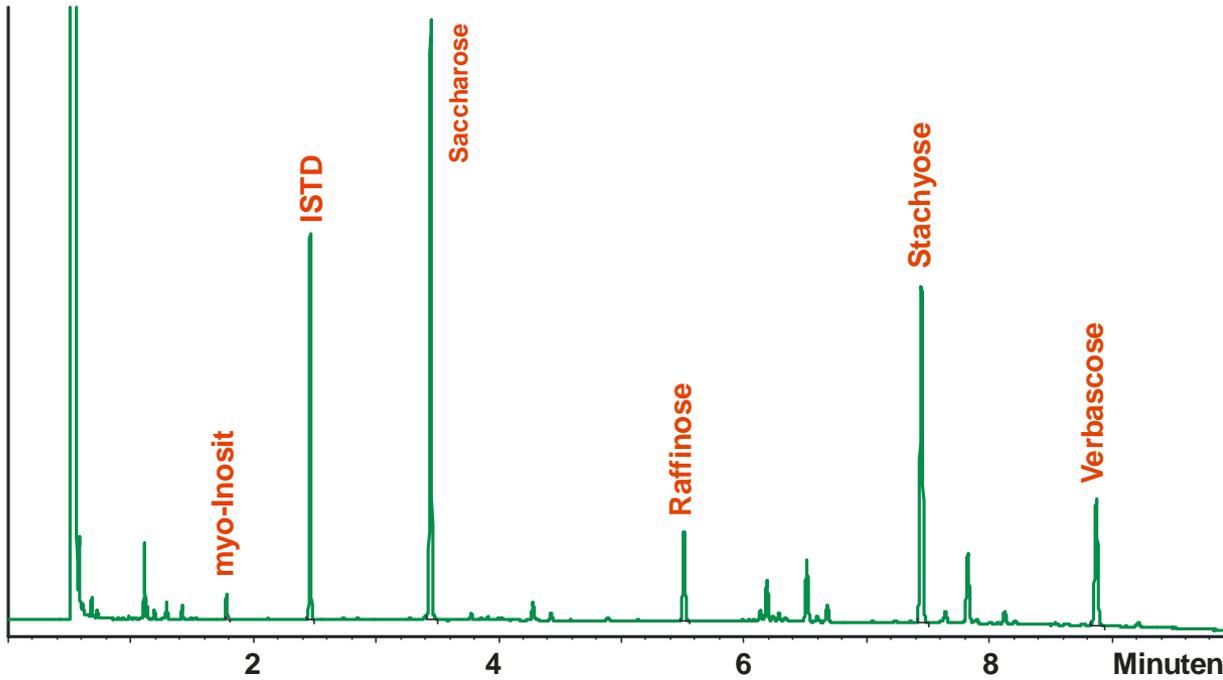
- Auskochen
- Keimung
- Fermentierung

(Wink 1998)



Stachyose

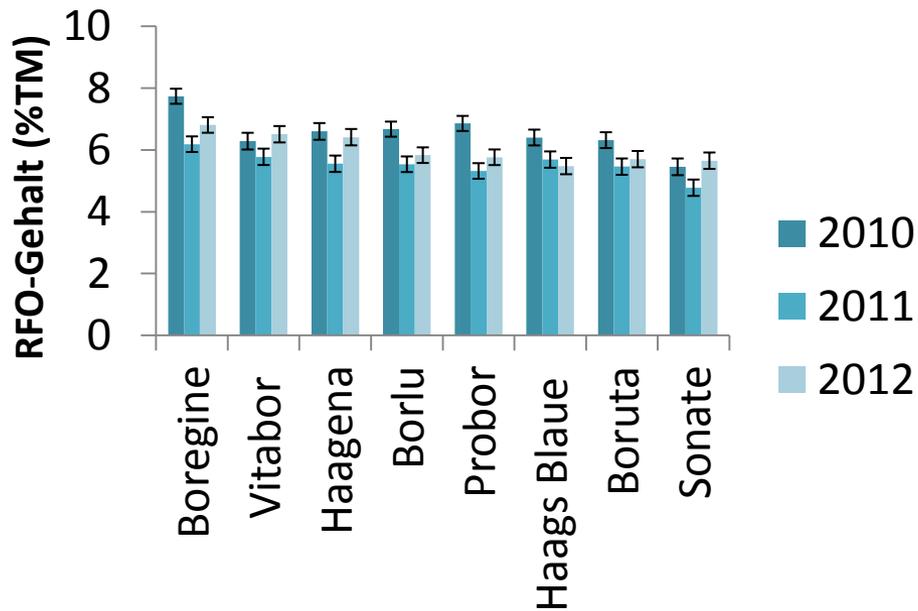
Raffinose Family Oligosaccharides (RFO's)



Lit.
Gorecki, R. J., et al.
Seed Science Research 7.2 (1997): 107-15

Kohlenhydrate

Unverdauliche Oligosaccharide (RFO's)

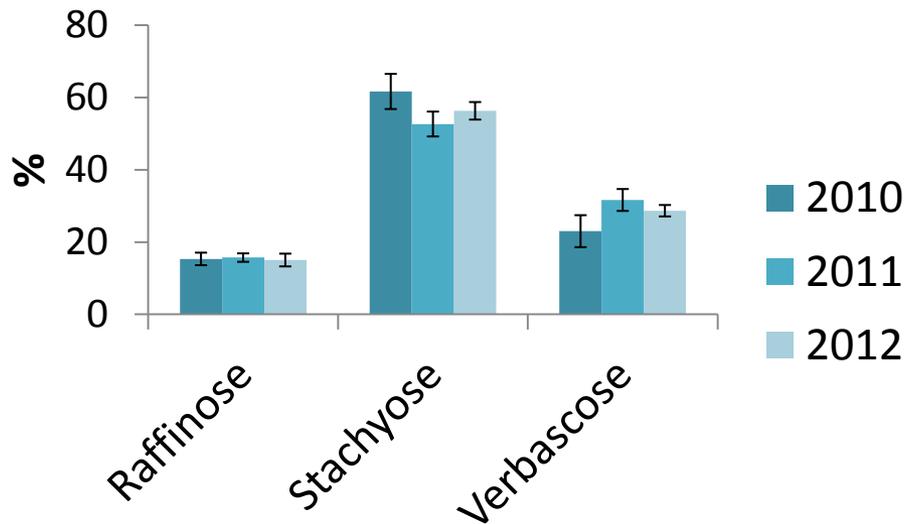


% TM	Saccharose	Raffinose	Stachyose	Verbascose	RFO's
<i>L. albus</i>	2.7	0.5	6.3	0.4	7.1
<i>L. luteus</i>	1.2	0.6	7.4	3.1	11.0
<i>L. angustifolius</i>	3.4	1.0	4.6	1.5	7.1
<i>L. albus</i>	2.4	1.0	5.3	1.4	7.7
<i>L. angustifolius</i>	2.3	0.6	4.1	1.2	5.9
<i>Glycine max</i>	7.0	1.0	4.7	0.3	6.0
<i>Pisum sativum</i>	3.0	0.5	2.3	2.2	5.0
<i>Vicia faba</i>	2.7	0.4	1.6	3.4	5.4

- a) (Martinez-Villaluenga, Frias et al. 2005)
- b) (Knudsen 1997)
- c) (Steenfeldt, Gonzalez et al. 2003)

Kohlenhydrate

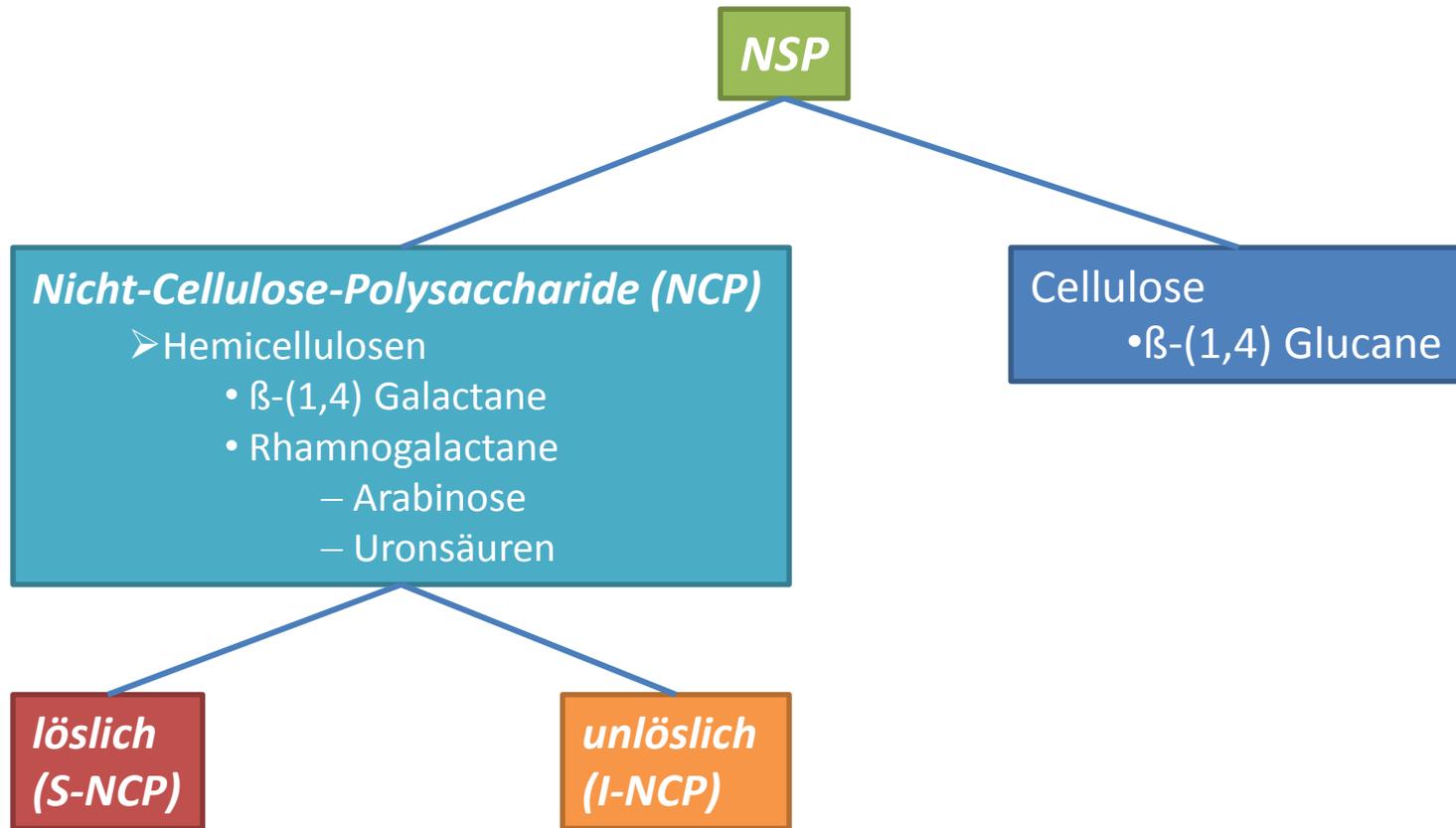
Unverdauliche Oligosaccharide (RFO's)



%	Raffinose	Stachyose	Verbascose
<i>L. albus</i>	6	88	5
<i>L. luteus</i>	5	67	28
<i>L. angustifolius</i>	14	65	21
<i>L. albus</i>	13	69	18
<i>L. angustifolius</i>	10	69	20
<i>Glycine max</i>	17	78	5
<i>Pisum sativum</i>	10	46	44
<i>Vicia faba</i>	7	30	63

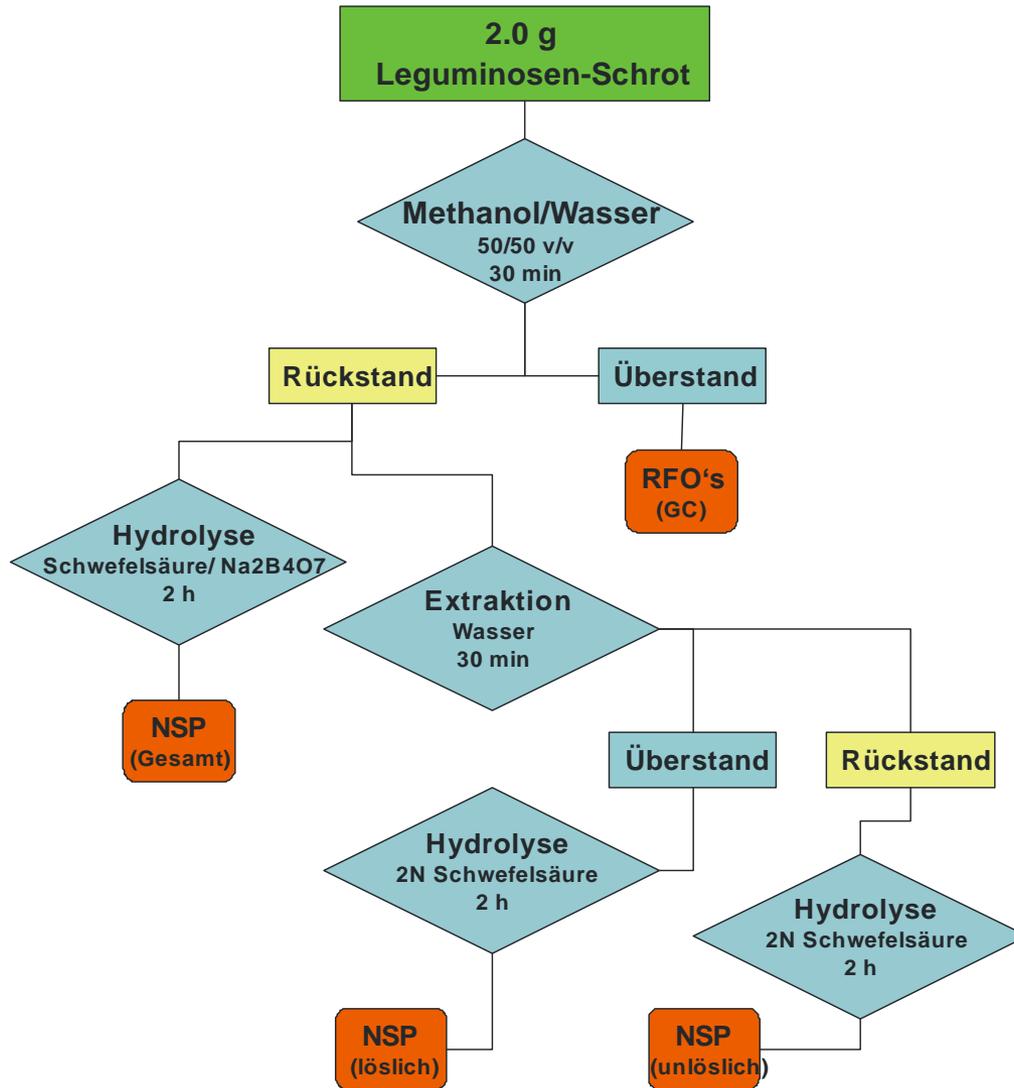
- a) (Martinez-Villaluenga, Frias et al. 2005)
- b) (Knudsen 1997)
- c) (Steenfeldt, Gonzalez et al. 2003)

Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)



(Knudsen 1997)

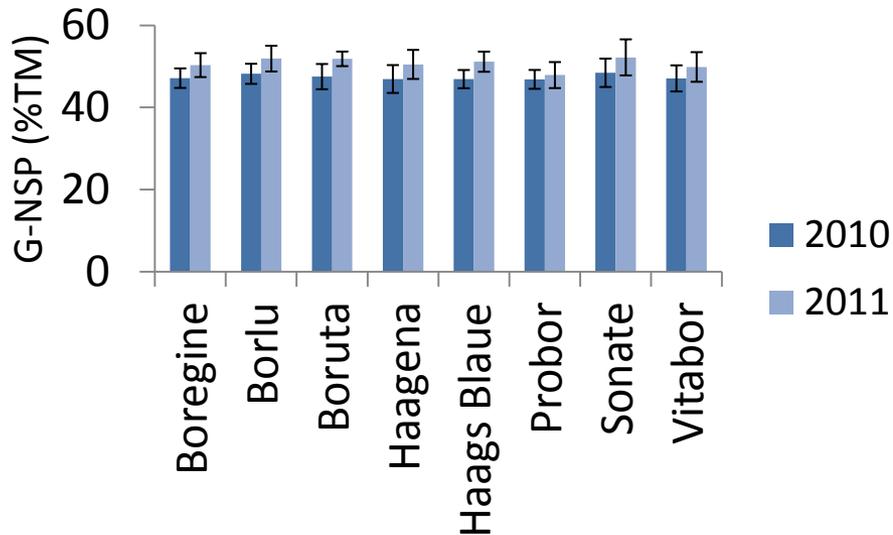
Kohlenhydrate - Analyse



(Theander, Aman et al. 1995)

Kohlenhydrate

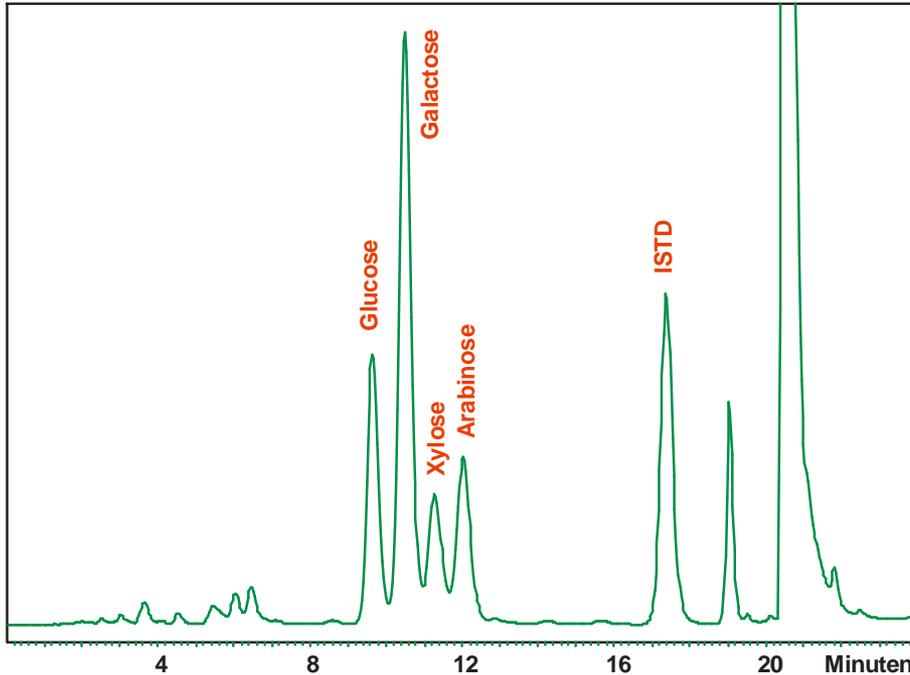
Nicht-Stärke-Polysaccharide (NSP)



%	S-NCP	I-NCP	Cellulose	G-NSP	Stärke	Lit.
<i>L. albus</i>	1.4	24.4		25.8		a)
<i>L. angustifolius</i>	2.2	22.9		25.1		
<i>L. angustifolius</i>				37.5		b)
<i>L. luteus</i>				30.7		
<i>L. albus</i>	13.4	13.9	13.1	40.5	1.4	c)
<i>L. angustifolius</i>	16.4	15.9	12.7	45.0	0.0	d)
<i>L. angustifolius</i>	6.1			34.2		e)
<i>L. luteus</i>	0.9			24.2		
<i>L. albus</i>	0.6			27.4		
<i>Glycine max</i>	6.3	9.2	6.2	21.7	2.7	c)
<i>Pisum sativum</i>	5.2	7.6	5.3	18.0	45.4	
<i>Vicia faba</i>	5.0	5.9	8.1	19.0	40.7	

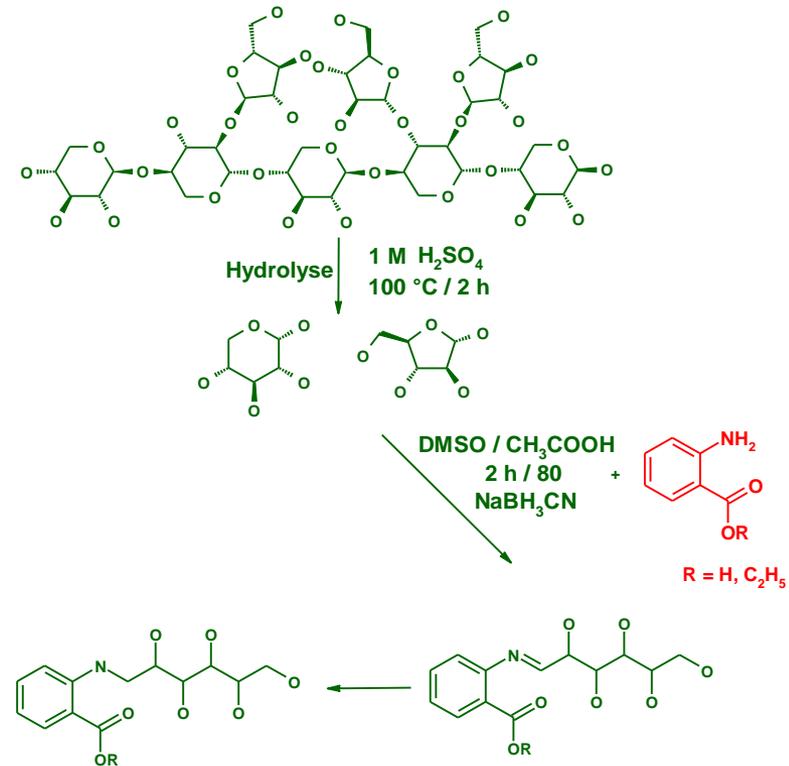
- a) (Van Barneveld 1999)
- b) (Gdala, Jansman et al. 1997)
- c) (Knudsen 1997)
- d) (Steenfeldt, Gonzalez et al. 2003)
- e) (Kluge, Hirche et al.)

Nicht-Stärke Polysaccharide(NSP)



Säule: 3 μ C18 (100 x 4,6 mm)
FL-Detektor: Ex 340 nm Em 420 nm

- Saure Hydrolyse der getrockneten Extrakte bzw. des Schrotes
- Fluoreszenz-Markierung der Monosaccharide



Glucoproteine

Lektine

- Binden an Rezeptoren des Intestinaltrakts und damit in Verbindung stehende Organen
 - Sie stimulieren die Aktivität anderer Signalstoffe
 - Hormone
- Bei Resorption der Lektine
 - Hemmung der Proteinbiosynthese
 - Agglutination der Blutzellen

Funktionen in der Pflanze

- Stickstoffspeicher (Metabolisierung bei Keimung)
- Fraßschutz gegen Herbivore

(Wink 1998)

Hämagglutinations-Aktivität	
	Units/mg
L. angustifolius	< 0.05
L. luteus	0.05
L. albus	0.1
Glycine max, entfettet	1600-3200
Pisum sativum	100-400
Vicia faba	25-100

(Valdebouze, Bergeron et al. 1980)

Glucoproteine Proteaseinhibitoren

- Sie hemmen Proteasen
 - Trypsin, Chymotrypsin Elastase ...
- Sie schwächen Energieversorgung und Stoffwechsel
- Führen zur Verarmung an Schwefel
- Verursachen andere Störungen

Funktionen in der Pflanze

- Stickoffspeicher (Metabolisierung bei Keimung)
- Fraßschutz gegen Herbivore

Eliminierung durch

- Hitzebehandlung
- Gentechnik

(Wink 1998)

Trypsin Inhibitor	
	TUI/mg DM
L. angustifolius	< 1
L. luteus	< 1
L. albus	< 1
Glycine max, entfettet	59.4
Pisum sativum	3.1-10.4
Vicia faba	3.3-6.2

(Valdebouze, Bergeron et al. 1980)

Glucoside Saponine

Triterpene oder Steroide mit amphiphilen Eigenschaften

- Interaktion mit Biomembranen von Tieren
Pilzen und Bakterien
- Komplexierung von membrangebundenem
Cholesterol
- Störung der Fluidität von Biomembranen
 - Loch- oder Porenbildung
- Reizung von Schleimhäuten und Epidermen
- Resorption von nicht diffundierenden Stoffen

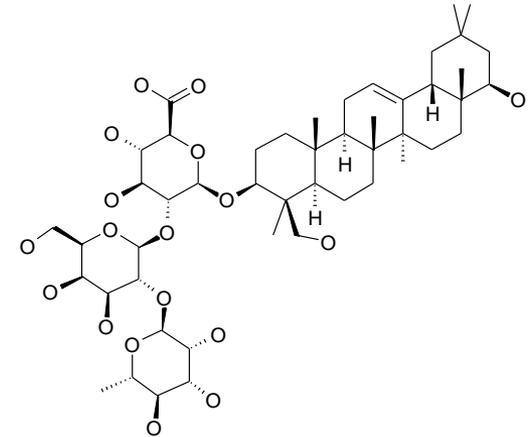
Funktionen in der Pflanze

- Chemische Verteidigung
 - Pflanzenfresser (bitterer Geschmack)
 - Pilze, Bakterien
 - Konkurrierende Pflanzen

Eliminierung

- Auskochen

(Wink 1998)

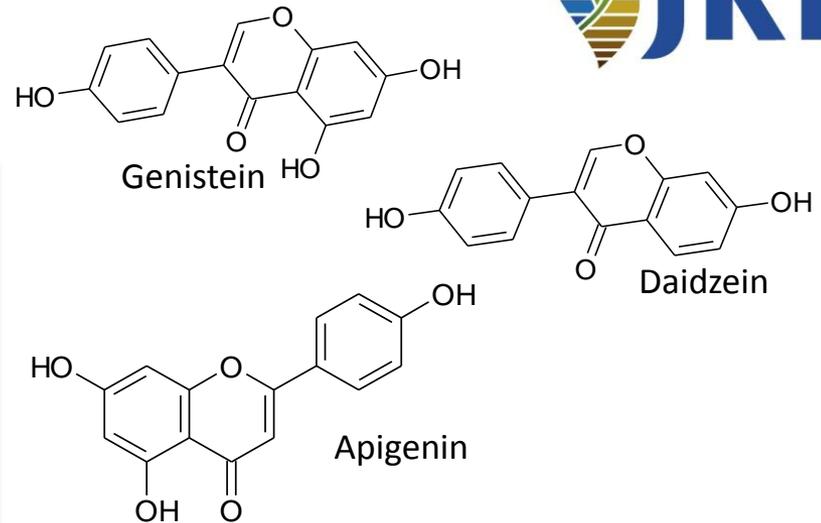


Saponine	
	mg/kg DM
<i>L. angustifolius</i>	270-470 / 520-740
<i>L. luteus</i>	57-68
<i>L. albus</i>	0
<i>Glycine max</i> , entfett.	1410-3450 / 3300
<i>Pisum sativum</i>	1400
<i>Vicia faba</i>	4300

(Muzquiz, Ridout et al. 1993; Ruiz, Price et al. 1995)

Phenolderivate

Isoflavone / Flavone



- Vorkommen:
 - Körnerleguminosen
 - Soja, Kichererbse, Lupinen
- Wirkung:
 - östrogene Aktivität
 - Vertebraten
 - Hormonstörungen
 - Hemmung von Tyrosin-Proteinkinasen
 - Krebsprävention

Funktionen in der Pflanze:

- Wirksam gegen phytopathogene Pilze
- Abwehr von Samenprädatoren

Eliminierung :

- Auskochen

(Wink 1998)

Isoflavone [mg/g TM]	
	Samen
<i>L. angustifolius</i>	0.01
<i>L. luteus</i>	<0.01
<i>L. albus</i>	0.01
<i>Glycine max</i>	0.062
<i>Vicia faba</i>	0.025
<i>Pisum sativum</i>	0.046

(Aisyah, Vincken et al. 2016; Kaufman, Duke et al. 1997)

Phenolderivate

Tannine

Wasserlösliche Polyphenole

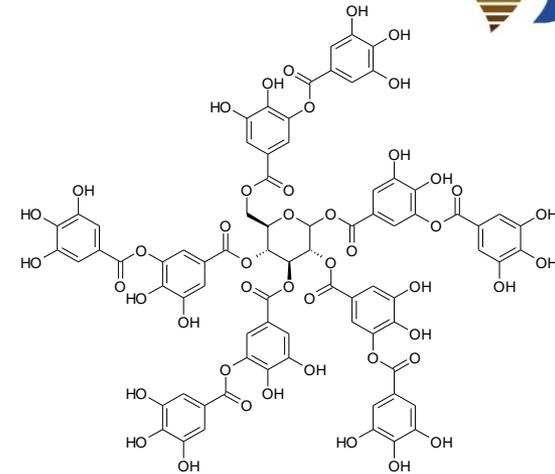
- hydrolysierbare T.
- kondensierte T.

•Vorkommen:

- Körnerleguminosen
 - Ackerbohnen, Erbsen

•Wirkung:

- Bitterer Geschmack
 - Komplexe mit Speichelproteinen
- Beeinträchtigt die enzymatische Verdauung
 - Protein-Bindung



Funktionen in der Pflanze:

- Fraßschutz

Elimenierung : Züchtung

- weißblühend
- Hellsamig

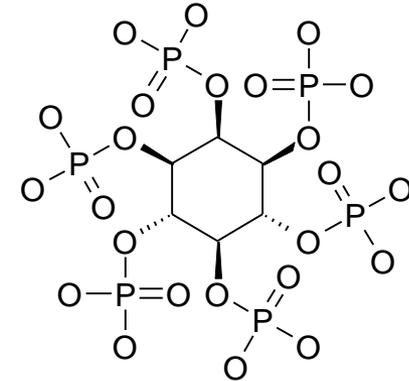
Tannine	
	% DM
L. angustifolius	0.01/0.02
L. luteus	0.02/0.03
L. albus	0.03/0.08
Glycine gelb/schwarz	0.14/0.47
Vicia faba	1.72
Vicia faba weissbl.	0.07/0.19
Pisum sativum	1.78

(Jansman 1993; Gefrom, Ott et al. 2013; Xu and Chang 2007)

Chelatbildner Phytinsäure

Inositole mit 4, 5 oder 6 Phosphatgruppen

- Bildung stabiler Komplexe mit
 - Fe, Zn, Mg und Ca-Ionen
- Herabsetzung der Verdauung



Funktionen in der Pflanze

- Speicherung von Phosphat und Mineralsalzen
- wichtig für die Ernährung während der Keimung

Eliminierung

- Zugabe von Phytasen
- Fermentierung
- Keimung (Mälzung)
- Rösten

(Wink 1998)

Phytinsäure	
	% DM
<i>L. angustifolius</i>	0.50
<i>L. luteus</i>	0.78
<i>L. albus</i>	0.31
<i>Glycine max</i>	0.43-0.62
<i>Pisum sativum</i>	0.86
<i>Vicia faba</i>	0.45-0.89

(Pettersen 2000; Delacuadra, Muzquiz et al. 1994)

Zusammenfassung

Antinutritive Inhaltsstoffe



Inhaltsstoff	<i>Lupinus</i>	<i>G. max</i>	<i>V. faba</i>	<i>P. sativum</i>
Chinolizidinalkaloide	(+/-)	-	-	-
RFO's	(+)	(≈)	(≈)	(≈)
NSP	(+)	(≈)	(≈)	(≈)
Lektine	sehr (-)	(+)	(-)	(-)
Proteaseinhibitoren	sehr (-)	(+)	(-)	(-)
Saponine	(-)	(+)	(+)	(+)
Phytinsäure	(≈)	(≈)	(≈)	(≈)
Tannine	(-)	(≈)	(+)	(+)
Isoflavone	(-)	(+)	(≈)	(+)

(-) niedrige, (≈) mittlere, (+) hohe Gehalte