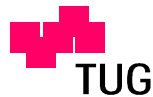


# Toxine in pflanzlichen Lebensmitteln



Michael Murkovic  
Technische Universität Graz  
Institut für Lebensmittelchemie und -technologie

## Toxische Inhaltsstoffe von Nahrungs- und Futterpflanzen

Alkenylbenzole (Safrol)	Pfeffer, Muskatnuss
Anthrachinone	Buchweizen
Capsaicinoide	Gewürzpaprika, Chili
Cumarine	Sellerie, Petersilie, Pastinake, Feigen, Waldmeister
Cucurbitacine	Kürbis
Cyanogene Glycoside	Süßkartoffel, Steinfrüchte, Limabohne
Furocumarine (Psoralen, Xanthotoxin, Imperatorin, Isoimperatorin)	Brustwurz, Pastinake, Bärenklau, Petersilie
Glykoalkaloide (Solanin, Chaconin)	Kartoffel, Tomate
Glycyrrhizinsäure	Süßholz
Gossypol	Baumwollsamensamen
Proteaseinhibitoren	Soja, Getreide, Hülsenfrüchte
Lektine (Phasin)	Getreide, Sojabohne, andere Bohnen, Kartoffel
Oxalate	Spinat, Rhabarber, Tomate
Phenylhydrazine	Kulturchampignon
Pyrrolizidinalkaloide	Sumpfdotterblume, Futterpflanzen
Chinolizidinalkaloide	Weiß-, Blau- und Gelblupine
Saponine	Quinoa, Ginseng, Kermesbeere
Sesquiterpenlactone	Zichorie, Mutterkraut
Terpene (Thujon)	Wermut
Xanthinalkaloide	Kaffee, Tee, Kakao, Guaraná

## Stickstoffhaltige Alkaloide

Piperidin-A	<a href="#">Schierlingsbecher,</a> <a href="#">Nicotiana und Lupinus</a>
Quinolidzidin-A	<a href="#">Anagrin</a>
Steroidale-A und steroidale Glyko-A	<a href="#">Veratrum, Solanum</a>
Norditerpenoide-A	Rittersporn
<a href="#">Pyrrolizidin-A</a>	Fabaceae, Asteraceae, Boraginaceae
Indolizidin-A und Polyhydroxy-A	
Tropan-A	

## Stickstoffhaltige Alkaloide

Cyanogene G	Prunus, Sambucus, Linum, Sorghum, Manniok, Bambus
Steroidale und Triterpenoide G	
Nitropropanol G	
Calcinogene G	
Östrogene G	Isoflavone, Coumestane
Cumarin G	
Goitrogene G	Glucosinolate, Brassica spp.
Andere G	

## Alkaloide in pflanzlichen Lebensmitteln

Solanine und andere Steroidalkaloide	Solanum (Kartoffel, Tomate)	Störung der Membranstruktur, Wechselwirkung mit Neurorezeptoren, Mutagenität
Pyrrrolizidinalkaloide	Symphytum (Beinwell), Honig	DNA- und Proteinalkylierung, Mutagenität, Krebs
Saxitoxin	Algen (Muschel, Fisch)	Blockade des spannungsabhängigen Na-Kanals
Lupanine und Chinolizidinalkaloide	Lupinus, Genistoide	Wechselwirkung mit Acetylcholinrezeptoren, Natrium- und Kaliumkanälen
Pelletierin	Granatapfel	Wechselwirkung mit Acetylcholinrezeptoren
Koffein, Theophyllin, Theobromin	Kaffee, Tee, Guaraná, Mate	Stimulans
Chinin	Chinarindenbaum	Bitteres Tonikum, Wechselwirkung mit Neurorezeptoren und Ionenkanälen
Ephedrin und verwandte Substanzen	Meerträubel, Kathstrauch	sympathomimetisch

## Proteine – Polypeptide – Amine

Proteine	Lectine
Polypeptide	Amanita
Amine	Lathyrus, Misteln
Aminosäuren	

## Stickstoff-freie pflanzliche Toxine

Organische Säuren	Oxalsäure
Alkohole und Polyacetylene	Cicutoxin
Phenolische Verbindungen	THC, <a href="#">Tannin</a> , Terpenoide (ätherische Öle)
Mineralische Toxine	Se (30 – 60 g einer Pflanze können letal sein)

## Raps – Canola Erucasäure

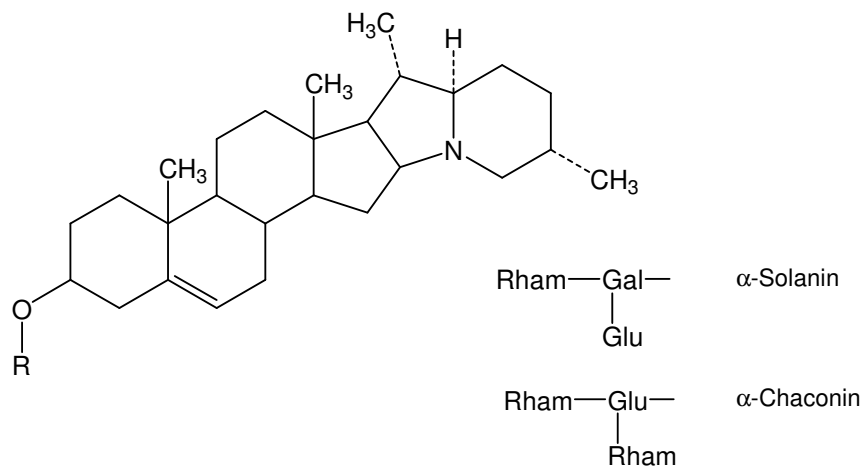


- Docosensäure (22:1)
- HEAR: high erucic acid rape seed (30 %)
- LEAR: low erucic acid rape seed ( < 5 %)
- ErucasäureVO 142/1994: 5 % als Grenze
- Kann den Herzmuskel schädigen, abgeleitet aus Tierversuchen
- Kunststoff- und Photoindustrie ein begehrter Rohstoff. Sie eignet sich zur Herstellung von Kunststoffen, Tensiden, Netzmitteln, Emulgatoren, Weichmachern, Lacken und Pharmazeutika.
- Spezifische Sorten enthalten bis zu 56 %

## Glucosinolate in Raps

- Senfölglykoside = Glucosinolate
- Hydrolysieren zu Isothiocyanaten, Oxazolidinthionen, Nitrilen
- Inhibieren die Iodaufnahme durch die Schilddrüse
- Hämorrhagisches Lebersyndrom in Geflügel
- Grenzwert: < 30  $\mu\text{mol/g}$  von 3-butenyl, 4-pentenyl, 2-OH-3-butenyl und 2-OH-4-pentenyl glucosinolate

## Solanin in Kartoffeln



## Solanin in Kartoffeln

- Produkte mit oder aus **Kartoffelhaut** weisen einen sehr hohen Gehalt an Glykoalkaloiden auf.
- Konzentrationen von weit über 200 mg/kg wurden für Produkte aus Kartoffelschalen und Chips aus ungeschälten Kartoffeln berichtet.
- Der Gehalt an Glykoalkaloiden durch das Erhitzen von Kartoffeln nicht wesentlich gesenkt.



## Glykoalkaloide



	Konzentration (mg/kg FW)
Blüten	2,150 – 5,000
Blätter	230 – 1,000
Stamm	23 – 33
Wurzeln	180 – 400
Bittere Knolle	250 – 800
Gesamte Knolle	10 – 150
Haut (2 – 3 % der Knolle)	300 – 640
Schale (10 – 12 % der Knolle)	150 – 1,070
Fruchtfleisch	12 – 100
Kortex	125
Mark	nicht detektierbar
Triebe	2,000 – 7,300

## Glykoalkaloide in kommerziellen Kartoffelprodukten

	Konzentration (mg/kg)
<b>Gekochte Kartoffel</b>	<b>27 – 42</b>
<b>Ofenkartoffel</b>	<b>99 – 113</b>
<b>Pommes frites</b>	<b>0.4 – 8</b>
<b>Gebatene Kartoffelhaut</b>	<b>567 – 1,450</b>
<b>Gefrorene Ofenkartoffel</b>	<b>80 – 123</b>
<b>Gefrorene Pommes frites</b>	<b>2 – 29</b>
<b>Gefrorene Kartoffelhaut</b>	<b>65 – 121</b>
<b>Gefrorene Bratkartoffel</b>	<b>4 – 31</b>
<b>Geschälte Kartoffel in Dosen</b>	<b>1 – 2</b>
<b>Kartoffel neu, ganz in Dosen</b>	<b>24 – 34</b>
<b>Kartoffelchips</b>	<b>23 – 180</b>
<b>Kartoffelchips mit Haut</b>	<b>95 – 720</b>

## Hämagglutininaktivität (Lektine) in Lebensmittelpflanzen

Hämagglutinin- aktivität	Phaseolus vulgaris	Lens esculenta	Pisum sativum	Vicia faba	Lupinus albus
HA	8,200	640	80		
HU/mg			100-400	25-100	
U/g	2,450 - 3,560		5,100 - 15,100		
µg			2.5 - 5.0	10 - 20	10,000

## Beispiele toxischer Lektine aus Feldfrüchten

Spezies	Gewebe	Konzentration (g/kg)	orale Toxizität	Hitze­stabilität	Aktives Lektin in Lebensmitteln	
					roh	verarbeitet
Leguminosenlektine						
Phaeolus coccineus (Stangenbohne)	Samen	1 - 10	hoch	Moderat	ja	möglich
Phaseolus lunatus (Limabohne)	Samen	1 - 10	hoch	Moderat	ja	möglich
Phaseolus acutifolius (Teparybohne)	Samen	1 - 10	hoch	Moderat	ja	möglich
Phaseolus vulgaris (Gartenbohne)	Samen	1 - 10	hoch	Moderat	ja	möglich
Typ-2 Ribosomen inaktivierende Proteine						
Ricinus communis (Rizinussamen)	Samen	1 - 5	lethal	Instabil	-	nein
Sambucus nigra (Holunder)	Frucht	0.01	nicht bestimmt	Mäßig	ja	möglich

## Gehalte von Oxalsäure in Gemüse

	Oxalsäure (g/100g)		Oxalsäure (g/100g)
Salat	0.33	Mangold	0.61
Grüne Bohnen	0.36	Kakao	0.70
Kohlsprossen	0.36	Spinat	0.97
Knoblauch	0.36	Amaranth	1.09
Sauerampfer	0.36	Maniok	1.26
Erdnussblätter	0.40	Portulak	1.31
Kohl	0.45	Schnittlauch	1.48
Rhabarber	0.46	Tee	1.15
Rettich	0.48	Koriander	1.27
Karotte	0.50	Petersilie	1.70

## Proteaseinhibitoren in Lebensmitteln

Inhibitor	Vorkommen
Trypsin-Inhibitor	Sojabohne, Mungobohne, Kartoffel, Kürbis, Mais, Reis, Hafer, Weizen, Eiklar, Milch
Chymotrypsin-Inhibitor	Sojabohne, Mungobohne, Kartoffel
Plasmin-Inhibitor	Sojabohne, Erdnuss
Elastase-Inhibitor	Sojabohne, Kartoffel
Kallikrein-Inhibitor	Kartoffel
Thromboplastin-Inhibitor	Sojabohne

## Trypsininhibitoren

- Sind innerhalb der Familie der Leguminosae und vieler anderer Familien weit verbreitet. Die TIA wurde in Leguminosen wie **Straucherbse, Gartenbohne, weiße Bohne, Augenbohne, Erdnuss, Ackerbohne, Fisole, Wicke, sowie Mungobohne, Limabohne, Spargelbohne, Kichererbse, Reisbohne und Linsen** gefunden. Im Gegensatz dazu gibt es in Lupinen keine TIA.

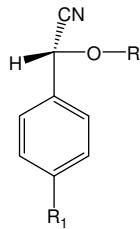
## Toxikologie der Proteaseinhibitoren

- Hypertrophie der Pankreas
- Tod der Versuchstiere
- Reduktion von 50 – 60 % der gesamten proteolytischen Aktivität
- Reduktion des Wachstums (Speziesabhängig)

## Nahrungspflanzen mit cyanogenen Verbindungen

	Vorkommen	Gehalt (mg HCN/kg)
Amygdalin	Bittermandeln; Kerne von Pfirsich, Marille,	2.5 - 5
	Kerne von Pflaume, Birne und Apfel	< 1
Prunasin	Kirschlorbeer	1.0 – 1.5
Linamarin	Maniok-Knolle	0.3 – 2.5
	Unreife Bambussprossen	< 8
	Lima-Bohne	< 3
	Leinsamen	0.5
Dhurrin	Sorghum-Hirse	0.3 – 2.5

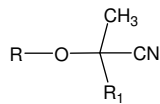
## Cyanogene Glykoside



(R)-Amygdalin: R = Gentiobiose, R<sub>1</sub> = H

(R)-Prunasin: R = Glukose, R<sub>1</sub> = H

(R)-Dhurrin: R = Glukose, R<sub>1</sub> = OH



Linamarin: R = Glukose, R<sub>1</sub> = Methyl

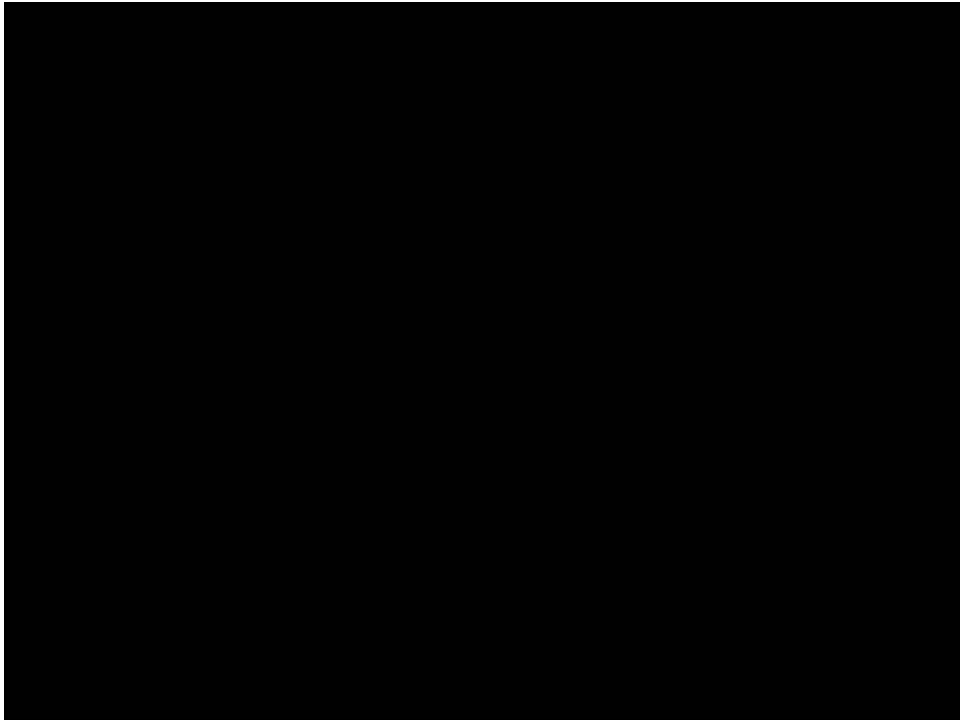
(R)-Lotaustralin: R = Glukose, R<sub>1</sub> = Ethyl

## Toxizität von Cyanid

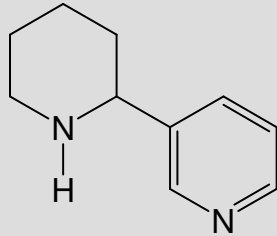
≤ 150 µmol	keine Symptome
150 - 250 µmol	Kopfschmerzen, Herzklopfen, Hyperventilation
250 - 350 µmol	metabolische Azidose und Koma
300 - 3000 µmol	tödliche Vergiftungen

## Zusammenfassung

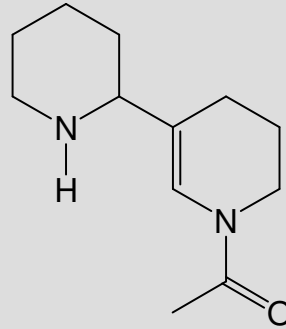
- Risiko ist gering oder zum Teil nicht bekannt
- Tierfutter kann extreme Toxizität erreichen
- Alkaloide in Kräutertees
- Auf Zubereitung achten
- Nachtschattengewächse



## Nicotiana und Lupinus



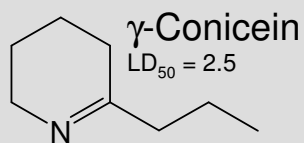
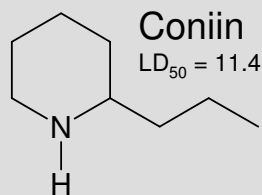
Anabasin  
 $LD_{50} = 1.6$   
 Nicotiana glauca

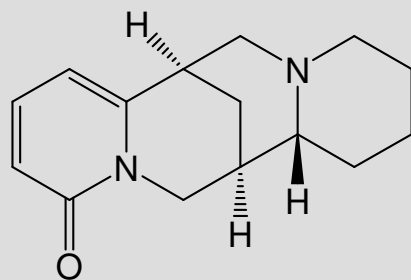


Ammodendrine  
 $LD_{50} = 134.4$   
 Lupinus formosus



## Conium maculatum (Schierlingsbecher)



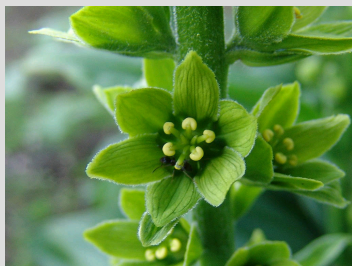


## Anagyrin

Hohe Verluste in der Schaf- und Rinderzucht,  
insbesondere in den USA

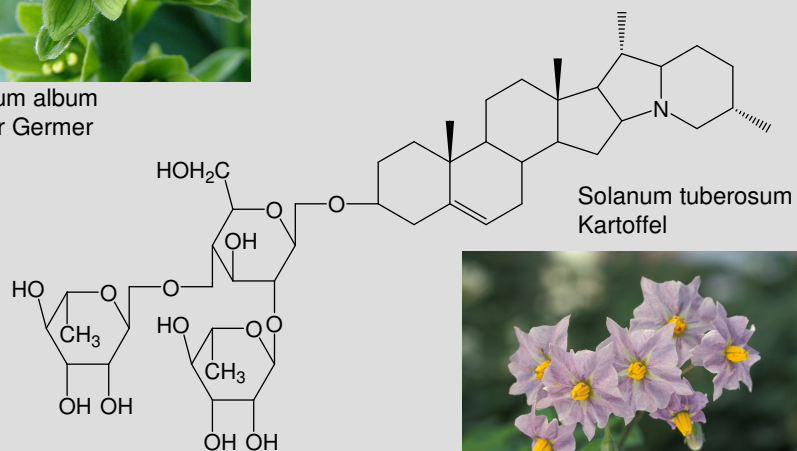
hohe Teratogenität

Werden in den Blattchloroplasten synthetisiert und über  
das Phloem in die epidermalen Zellen und die Samen  
transloziert



Veratrum album  
Weißer Germer

## $\alpha$ -Chaconin



Solanum tuberosum  
Kartoffel



# Steroidalkaloide

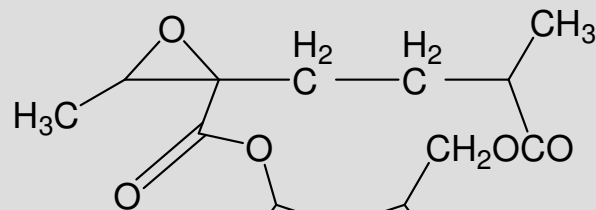
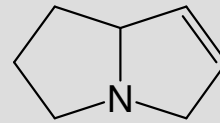
Veratrum spp., Solanum spp.

	Teratogenität
Tomatidin	0
Tomatin	1
5 $\alpha$ ,6-Dihydrosolasodin	4
Solasodin	6
5 $\alpha$ ,6-Dihydrosolanidin	10
Solanidin	35
$\alpha$ -Solanidin	35
Cyclopamin	35
5 $\alpha$ ,6,12 $\beta$ ,13 $\alpha$ -Tetrahydrojervin	40
$\alpha$ -Chaconin	50
12 $\beta$ ,13 $\alpha$ -Dihydrojervin	60
Jervin	100

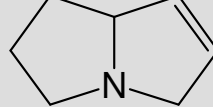
## Teratogene Wirkung von Cyclopamin



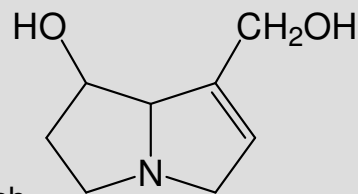
## Pyrrolizidin-Alkaloide



Jacobin  
hoch toxisch



Retronecin  
gering toxisch



## Toxikologie von Tannin

- Vorkommen in Quercus (60 Spezies)
- Gallotannine werden im Darm von Wiederkäuern unter Bildung von Gallussäure, Pyrogallol, Resorcinol abgebaut
- Läsionen in Nieren, Leber, GI-Trakt