

Glykoalkaloide in Kartoffelsorten. Verteilung innerhalb der Knolle.

A. Wünsch

Lehrstuhl für Pflanzenernährung an der Technischen Universität München, D-8050 Freising-Weißenstephan

Eingegangen am 30. 01. 1989

Key words: Distribution of Glycoalkaloids, Potato tubers, Potato varieties

Zusammenfassung

Die Glykoalkaloide α -Solanin und α -Chaconin sind in der Kartoffelknolle sehr ungleich verteilt. Augen- und Randpartien weisen die höchsten Gehalte auf. Im Innenkörper sind, abhängig von der Sorte, sehr geringe bis äußerst geringe Mengen zu finden.

Veränderungen der Gehalte im Lager weisen folgende Tendenz auf: zu Beginn des Lagers kommt es zu einer Verringerung, gegen Ende zu einer Zunahme III. Innerhalb der einzelnen Zonen der Knolle ändert sich der Gehalt sortenbedingt am stärksten in den Randpartien.

Die Summe übersteigt in dem vorliegenden Untersuchungsmaterial in keinem Fall die kritische Grenze von 20 mg/100 g.

Spatial Distribution of Glycoalkaloids over the Tubers of Different Potato Varieties.

Summary: The tubers of all tested

potato varieties showed a very uneven distribution of the glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine, with the highest concentrations found always in the zones around the eyes and the outer layer (comprising periderm, cortex, and outer phloem). Depending on the cultivar, low to very minute amounts of the total glycoalkaloids (TGA) could be detected in the inner part (inner phloem, inner perimedulla, pith, and pith branches).

TGA amounts decreased at the beginning of the storage period, and increased subsequently towards the end of the experiment III. The most pronounced changes always occurred in the outer layer of the tubers, but its magnitude is varying between the varieties.

TGA concentrations never exceeded the critical level of 20 mg per 100 g fresh weight.

Einleitung

In den letzten Jahren haben, nicht zu-

letzt durch erhöhte Gehalte von Importkartoffeln, die Alkaloide der Kartoffelknolle größeres Interesse erlangt. Dies kommt auch in ca. 50 größeren Veröffentlichungen der letzten 10 Jahre zum Ausdruck. Sie sind eine Komponente des Kartoffelgeschmacks [2] und wurden lange Zeit als "Solanin" bezeichnet. Erst nach 1954, mit der Entdeckung des α -Chaconins [3], begann man zwischen α -Solanin und α -Chaconin zu differenzieren. Beide Alkaloide unterscheiden sich nur im Zuckeranteil (Solanin: Gal-Glu-Rha, Chaconin: Glu-Rha-Rha), während das Aglukon Solanidin in beiden Verbindungen vorkommt. Neben den α -Formen gibt es auch noch β - und γ -Formen, die aber mehr in grünen Pflanzenteilen und auch dort nur in sehr geringen Mengen vorkommen. α -Solanin und α -Chaconin stellen etwa 95% der Glykoalkaloide in den Knollen der meisten Sorten von *Solanum tub.* dar [4]. Das mag auch ein Grund dafür sein, daß viele Autoren beide Alkaloide zusammen als Ges. Glykoalkaloide bestimmen und angeben (z. B. Linnemann et al. [5]). Ein Gehalt von > 20 mg Gesamtalkaloide in 100 g Frischgewicht wird am stark bitteren Geschmack erkannt und als toxisch für Menschen angesehen [6]. Erstmals wurde durch Bömer und Mattis [7] diese Toxizitätsgrenze herausgestellt.

Über die Gesamtalkaloidgehalte gibt es eine Reihe, zum Teil umfangreicher Untersuchungen, meist methodischer Art. Nur wenige Autoren haben sich mit der Verteilung innerhalb der Knolle beschäftigt. Die Untersuchungen beschreiben nur die Verhältnisse in einigen wenigen Sorten und sind zudem nur auf einige Bereiche der Knolle beschränkt [8, 9]. Eine jüngst erschienene japanische Arbeit [10] kommt zu dem Ergebnis, daß in 2 Sorten 5 bzw. 3 mm unter der Schale kein α -Chaconin bzw. 2 mm unter der Schale kein α -Solanin mehr zu finden ist.

In vorliegenden Untersuchungen sollten die Verteilung der Glykoalkaloide in den Knollen mehrerer einheimischer Sorten und die Änderung im Lager ermittelt werden.

Material und Methoden

Nach nebenstehender Skizze (Abb. 1) wur-

den Zonen der Knolle festgelegt und bezeichnet. Es handelt sich um

1. "Augen" = die Augen selbst mit ihrer Umgebung (Kreis von 10 mm ϕ),
2. "Außenbereiche" = Periderm, Cortex und äußeres Phloem,
3. "Gefäßbündelbereich" = äußeres Speichergewebe, Gefäßbündel, äußere Perimedulla und
4. "Innenkörper" = inneres Phloem, innere Perimedulla, Mark mit Markstrahlen.

Eine ähnliche Aufgliederung haben Davies und Ross [11] vorgenommen.

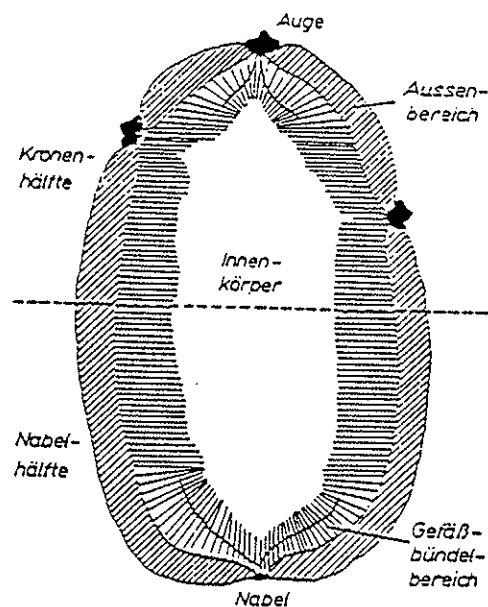


Abbildung 1 Zonen der Kartoffelknolle

Extraktion

100 g frische Knollen mit 500 ml Methanol-Chloroform = 2:1 zerkleinern (Waring Blendor), filtrieren und auf 1 l auffüllen.

Einengen

200 ml auf 10 ml einengen (Rotationsverdampfer), mit 15 ml 0,2 N HCl verdünnen und 5 min ultrabeschallen, 10 min bei 38 000 x g zentrifugieren.

Alkaloidfällung

Klaren Überstand + 30 ml Ammoniak (25%ig) im Wasserbad 30 min auf 70°C erwärmen, abkühlen (am besten über Nacht), dann zentrifugieren (38 000 x g, 0°C) und Überstand abgießen.

Alkaloidbestimmung

Rückstand nach restlosem Verdunsten des Ammoniaks in 5 ml Tetrahydrofuran-H₂O-Acetonitril (5:3:2) V/V lösen, durch Millipore (0,45 µm) filtrieren und 20 µl zur Trennung im Hochdruckflüssigkeitschromatographen einsetzen II2I.

Ein Teil der Untersuchungen wurde neuerdings nach der Methode Carman et al. II3I im gefriergetrockneten Material durchgeführt. Dieses Verfahren umgeht die langwierige Alkaloidfällung und kommt mit etwa 30 min Arbeitszeit (ohne Gefriertrocknung) für eine Probe aus.

Ergebnisse

In Tab. 1 sind die Ergebnisse von Alkaloidbestimmungen in 16 üblichen Speisekartoffelsorten der Ernte 1983 wiedergegeben. Die Untersuchungen erfolgten in Frischmaterial Anfang Februar bzw. April 1984. Sie sind gegliedert in α-Chaconin

Tabelle 1 Glykoalkaloidgehalte (mg/100 g Frischgewicht) verschiedener Kartoffelsorten der Ernte 1983 zu zwei Untersuchungssterminen (Februar und April 1984)

Sorte	1. Untersuchung		2. Untersuchung			
	(Februar 84)		(April 84)			
	α-Ch	α-So	GGA	GGA		
I Christa	7,3	2,1	9,4	17,7	3,2	20,8
II Luna	11,1	3,3	14,5	13,9	2,6	16,5
III Margit	6,6	3,1	9,6	11,7	3,4	15,1
1 Irmgard	2,2	1,2	3,4	2,7	2,3	5,0
2 Erna	2,2	1,2	3,4	2,8	1,9	4,6
3 Barbara	2,9	1,2	4,1	9,4	2,3	11,7
4 Lajana	2,1	1,3	3,4	14,5	2,1	16,6
5 Angela	1,6	0,4	2,0	2,5	1,3	3,8
6 Lotte	1,1	0,7	1,8	7,2	1,6	8,8
7 Hilta	7,4	3,2	10,6	10,8	4,8	15,7
8 Salami	2,9	1,3	4,2	10,2	2,1	12,2
9 Podzola	4,5	2,7	7,2	8,1	1,4	9,6
10 Sylvia	2,2	1,0	3,2	10,4	1,4	11,8
11 Clarissa	1,6	0,5	2,1	13,2	2,9	16,1
12 Ilse	9,4	1,2	10,6	11,9	1,0	12,8

Ch = Chaconin, So = Solanin, GGA = Gesamtglykoalkaloide

Tabelle 2 Verteilung der Glykoalkaloide (mg/100 g Frischgewicht) in der Kartoffelknolle der Sorte Irmgard (Ernte 1983)

Knollenteile	Gewicht (g)	Knollenteil (%)	α-Chaconin				α-Solanin	
			(mg/100 g Frischgewicht)					
			rel.	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.
Krone	Schale (Cortex)	107,68	14,89	8,1	8,7	3,6	3,9	
	Gefäßbündel	139,32	19,26	3,3	4,6	1,9	2,7	
	Innenkörper	136,77	18,91	0,8	1,1	0,3	0,4	
Nabel	Schale (Cortex)	106,60	14,74	8,1	8,6	3,1	3,3	
	Gefäßbündel	115,33	15,94	2,9	3,3	0,5	0,6	
	Innenkörper	98,80	13,66	0,6	0,6	0,1	0,1	
Augen und Keime	18,66	2,58	312,8	58,4	256,0	47,8		
Summe:	723,16	99,98		85,3		58,8		
Mittelwert (mg/100 g Knolle):				11,8		8,1		

und α -Solanin in mg/100 g Frischgewicht. Zunächst ist festzustellen, daß der Chaconingehalt durchwegs höher als der Solaningehalt ist. Bezogen auf diese beiden Verbindungen unterscheiden sich die Sorten gewaltig, in keiner wird aber der "kritische Wert" von 20 mg/100 g überschritten, mit einer Ausnahme in der Sorte Christa zum zweiten Untersuchungs-termin. Christa, Luna und Margit gehören der sehr frühen Reifegruppe an, innerhalb der Christa die relativ früheste Sorte darstellt. In der Regel werden Frühkartoffeln nicht so lange gelagert (April), weil sie sonst "überaltert"

Tabelle 3 Glykoalkaloidgehalte verschiedener Kartoffelsorten der Ernte 1987 (mg/100 g TrS in der Gesamtknolle)

Sorte	α -Solanin		α -Chaconin		Gesamt-Alkaloide	
	1.U	2.U	1.U	2.U	1.U	2.U
Margit	20,2	10,4	35,4	14,3	55,6	24,7
Olga	5,7	5,5	14,1	10,9	19,8	16,4
Granola	8,4	8,4	20,4	19,4	28,8	27,8
Ilse	5,2	3,3	10,4	7,7	15,6	11,0
Erna	7,4	3,8	15,1	8,8	22,5	12,6
Ramona	7,9	4,4	12,5	9,7	20,4	14,1
Gusto	11,2	15,7	17,9	23,1	29,1	38,8
Darwina	7,3	6,0	12,6	13,0	19,9	19,0
Rex	8,9	10,3	21,2	20,4	30,1	30,7
Buschra	12,9	7,0	27,5	16,2	40,4	23,2

1.U = 1. Untersuchung (19.11.87), 2.U = 2. Untersuchung (01.02.88)

wären. Offensichtlich hängt die Zunahme des Alkaloidgehaltes neben der Lagertemperatur und Belichtung auch mit dem "Lageralter" der Kartoffel zusammen, wie schon früher festgestellt wurde [4,14].

Das Alter der Knolle oder besser gesagt, ihr physiologisches Alter ist sicher ein Grund für unterschiedliche Glykoalkaloidgehalte, die sich nicht gleichmäßig über die Knolle verteilen. Hierzu sind Hinweise in der Literatur mager. Eine Untersuchung verschiedener Knollenpartien sollte in einer etwas angekeimten (Triebspitzen von etwa 0,5 cm) Sorte Klärung bringen (Tab. 2). Von einer größeren Knollenmenge (750 g) wurden die Glykoalkaloidgehalte absolut und relativ zum Knollenanteil ermittelt. In den Augen und Keimen fand sich ein relativ hoher Gehalt von über 300 (α -Chaconin) bzw. 250 (α -Solanin) mg/100 g Frischgewicht. Da diese Knollenanteile aber nur 2,58% der Gesamtprobe ausmachen, wird dieser weit über der "Schädlichkeitsgrenze" liegende Gehalt "verdünnt".

Nach den Augenpartien finden sich in der Cortex die nächsthöheren Gehalte, allerdings mit einer rapiden Abnahme von ca. 300 auf ca. 8-4 mg für Chaconin und Solanin. Im Gefäßbündelring nehmen die Gehalte nochmals ab und erreichen im Innenkörper den geringsten Wert. Markante Unterschiede zwischen Kronen- und Nabelanteil konnten nicht festgestellt werden, sodaß bei weiteren Untersuchungen zur Alkaloidverteilung auf eine Auftrennung zwischen Kronen- und Nabel-

Tabelle 4 Glykoalkaloidgehalt (mg/100 g TrS) verschiedener Kartoffelsorten der Ernte 1987 (Verteilung auf Knollenfraktionen; 1. Untersuchung am 19. 11. 1987)

Sorten	Augen		Außenbereich		Gefäßbündelbereich		Innenkörper	
	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.
Margit	82,9	136,1	66,3	118,8	3,9	6,3	0,5	0,7
Olga	31,3	70,7	19,4	50,1	2,8	6,7	0,7	1,6
Granola	54,2	133,3	29,4	76,8	2,5	3,8	0,3	0,4
Ilse	28,3	58,2	17,6	38,0	1,2	1,4	0,6	0,6
Erna	30,6	71,8	20,2	40,8	1,6	3,4	0,8	1,1
Ramona	32,1	56,4	24,3	43,0	2,4	3,5	1,4	1,6
Gusto	31,7	69,1	21,4	49,0	13,4	15,9	4,2	5,2
Darwina	44,4	76,4	26,6	47,7	2,9	4,5	0,8	1,2
Rex	48,4	114,8	24,1	67,7	3,9	5,6	1,2	1,4
Buschra	32,6	80,8	58,7	129,8	1,9	1,9	0,8	0,7

ende verzichtet wurde.

In einer weiteren Versuchsreihe standen die Verteilung der Glykoalkaloide innerhalb der Knolle und die Veränderungen im Lager im Vordergrund. Zehn Speisesorten wurden nach Aufgliederung in die Knollenfraktionen Augen, Schalen (Cortex), Gefäßbündelring und Innenkörper der Gefriertrocknung unterworfen und, wie unter Material und Methoden angegeben, untersucht.

Durch Umrechnung über die Fraktionsanteile ließ sich ein Gesamtalkaloidgehalt ermitteln (Tab. 3). Trotz hoher Gehalte in Margit, Gusto, Buschra und Rex wird die Schädlichkeitsgrenze (20 mg Gesamtalkaloide/100 g Frischgewicht) nie, auch nicht annähernd erreicht. Der Gehalt an α -Chaconin ist immer höher als der von α -Solanin. In 250 Einzeluntersuchungen betrug der Anteil von α -Chaconin 63,7% bzw. der von α -Solanin 36,3% des Gehaltes an Gesamtalkaloiden in Kartoffelknollen. Ähnliche Zahlen (60 bzw. 40%) hatten Guseva et al. [15] für Kartoffeltriebe ermittelt.

Die Veränderung des Glykoalkaloidgehaltes im Lager, wie für die Ernte 1983 beobachtet (Tab. 1) konnte hier nicht bestätigt werden. Zum Teil waren allerdings nicht die gleichen Sorten zur Untersuchung gelangt. Eine Sorte (Gusto) zeigte eine kräftige Zunahme (33%), in

vier weiteren Sorten änderte sich der Gehalt kaum oder nur geringfügig; die restlichen Sorten wiesen zum 2. Untersuchungstermin zwischen 10 und 50% geringere Gehalte auf.

Die Verteilung der Glykoalkaloide (α -Chaconin und α -Solanin) auf die einzelnen Partien der Kartoffelknolle zeigen die Tab. 4 und 5.

Der Hauptanteil an Glykoalkaloiden ist im Bereich der Augen zu finden. Etwas geringer ist der Gehalt im Außenbereich (Schalenanteil, Cortex) und im Gefäßbündelring nimmt er weiter ab. Im Innenkörper (Mark) sind sehr geringe Mengen an Glykoalkaloiden vorhanden (Tab. 4). Diese Tendenz setzt sich im Lager (2. Untersuchungstermin, Tab. 5) für fast alle Sorten fort. Im Innenkörper scheint es zu einer regelrechten "Entleerung" zu kommen. Die Glykoalkaloide sind zwar noch nachweisbar, ihre Gehalte liegen aber an der Nachweisgrenze und sind daher nicht mehr exakt zu bestimmen.

In der Sorte Gusto sind die geschilderten Verhältnisse nicht zu beobachten. Zum 2. Untersuchungstermin (Tab. 5) zeigt sich eine deutliche Zunahme des Gesamtalkaloidgehaltes verbunden mit einer enormen Vermehrung der Alkaloide im Innenkörper (vgl. Tab. 4 und 5).

Tabelle 5 Glykoalkaloidgehalt (mg/100 g TrS) verschiedener Kartoffelsorten der Ernte 1987 (Verteilung auf Knollenfraktionen; 2. Untersuchung am 01. 02. 1988)

Sorten	Augen		Außenbereich		Gefäßbündelbereich		Innenkörper	
	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.
Margit	61,0	76,5	57,1	80,4	1,1	1,4	*	*
Olga	39,0	74,8	28,5	64,4	3,7	6,0	*	*
Granola	56,2	118,7	49,8	110,8	2,8	3,8	*	*
Ilse	23,5	50,4	16,8	41,9	0,9	1,5	*	*
Erna	18,4	47,2	16,4	42,2	1,6	2,6	0,4	0,4
Ramona	23,3	46,0	9,9	24,2	2,3	3,7	*	*
Gusto	25,6	48,4	23,3	48,3	21,1	24,6	7,2	8,9
Darwina	18,7	47,3	29,1	60,7	2,8	5,8	*	*
Rex	40,7	74,9	36,4	78,4	2,8	3,0	*	*
Buschra	36,5	79,1	24,1	60,7	1,1	1,4	*	*

* = Spuren an der Nachweisgrenze, analytisch nicht exakt bestimmbar

Danksagung

Frau Henriette Heinrich danke ich für die gewissenhafte technische Mitarbeit bei der Durchführung von Glykoalkaloidanalysen.

Literatur

- [1] Müller, K., Kartoffelbau 34, 310-313 (1983)
- [2] Sinden, S. L. und Deahl, K. L., J. Food Sci. 41, 520-523 (1976)
- [3] Kuhn, R. und Löw, J., Angew. Chemie 66, 639-640 (1954)
- [4] Jadhav, S. J. und Salunkhe, D. K., Adv. Food Res. 21, 307-354 (1975)
- [5] Linnemann, A. R., Van Es, A. und Hartmans, K. J., Pot. Res. 28, 271-278 (1985)
- [6] Kuc, K., Am. Pot. J. 61, 123-139 (1984)
- [7] Bömer, A. und Mattis, H., Z. Unte Nahrungsm. Genussm. 47, 97-127 (1924)
- [8] Lampitt, L. H., Bushill, J. S., Racke, H. S. und Jackson, E. M., J. Soc. Chem. Ind. 62, 48-51 (1943)
- [9] Paseshnichenko, V. A., Biochemistry USSR 22, 929-931 (1957)
- [10] Kozukue, N. und Kozukue, E., Hort. Sci. 22, 294-296 (1987)
- [11] Davies, H. V. und Ross, H., Pot. Res. 27, 373-381 (1984)
- [12] Bushway, R. J., Barden, E. S., Bushway, A. W. und Bushway, A. A., J. Chromatogr. 178, 533-541 (1979)
- [13] Carman, A. S., Kuan S. S., Ware, C. M., Francis, O. J. und Kirschenheuter, G. P., J. Agric. Food Chem. 34, 279-282 (1986)
- [14] Schwardt, E., Untersuchungen zur exakten analytischen Erfassung von Glykoalkaloiden in Kartoffeln, Diss. Univ. Göttingen 1983
- [15] Guseva, A. R., Borikhina, M. G. und Paseshnichenko, V. A., Biochimija 25, 213-214 (1960)

Anschrift der Verfasser:

A. Wunsch

Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau
Technische Universität München
D-8050 Freising-Weißenstephan

ende verzichtet wurde.

In einer weiteren Versuchsreihe standen die Verteilung der Glykoalkaloide innerhalb der Knolle und die Veränderungen im Lager im Vordergrund. Zehn Speisesorten wurden nach Aufgliederung in die Knollenfraktionen Augen, Schalen (Cortex), Gefäßbündelring und Innenkörper der Gefriertrocknung unterworfen und, wie unter Material und Methoden angegeben, untersucht.

Durch Umrechnung über die Fraktionsanteile ließ sich ein Gesamtalkaloidgehalt ermitteln (Tab. 3). Trotz hoher Gehalte in Margit, Gusto, Buschra und Rex wird die Schädlichkeitsgrenze (20 mg Gesamtalkaloide/100 g Frischgewicht) nie, auch nicht annähernd erreicht. Der Gehalt an α -Chaconin ist immer höher als der von α -Solanin. In 250 Einzeluntersuchungen betrug der Anteil von α -Chaconin 63,7% bzw. der von α -Solanin 36,3% des Gehaltes an Gesamtalkaloiden in Kartoffelknollen. Ähnliche Zahlen (60 bzw. 40%) hatten Guseva et al. [15] für Kartoffeltriebe ermittelt.

Die Veränderung des Glykoalkaloidgehaltes im Lager, wie für die Ernte 1983 beobachtet (Tab. 1) konnte hier nicht bestätigt werden. Zum Teil waren allerdings nicht die gleichen Sorten zur Untersuchung gelangt. Eine Sorte (Gusto) zeigte eine kräftige Zunahme (33%), in

vier weiteren Sorten änderte sich der Gehalt kaum oder nur geringfügig; die restlichen Sorten wiesen zum 2. Untersuchungstermin zwischen 10 und 50% geringere Gehalte auf.

Die Verteilung der Glykoalkaloide (α -Chaconin und α -Solanin) auf die einzelnen Partien der Kartoffelknolle zeigen die Tab. 4 und 5.

Der Hauptanteil an Glykoalkaloiden ist im Bereich der Augen zu finden. Etwas geringer ist der Gehalt im Außenbereich (Schalenanteil, Cortex) und im Gefäßbündelring nimmt er weiter ab. Im Innenkörper (Mark) sind sehr geringe Mengen an Glykoalkaloiden vorhanden (Tab. 4). Diese Tendenz setzt sich im Lager (2. Untersuchungstermin, Tab. 5) für fast alle Sorten fort. Im Innenkörper scheint es zu einer regelrechten "Entleerung" zu kommen. Die Glykoalkaloide sind zwar noch nachweisbar, ihre Gehalte liegen aber an der Nachweisgrenze und sind daher nicht mehr exakt zu bestimmen.

In der Sorte Gusto sind die geschilderten Verhältnisse nicht zu beobachten. Zum 2. Untersuchungstermin (Tab. 5) zeigt sich eine deutliche Zunahme des Gesamtalkaloidgehaltes verbunden mit einer enormen Vermehrung der Alkaloide im Innenkörper (vgl. Tab. 4 und 5).

Tabelle 5 Glykoalkaloidgehalt (mg/100 g TrS) verschiedener Kartoffelsorten der Ernte 1987 (Verteilung auf Knollenfraktionen; 2. Untersuchung am 01. 02. 1988)

Sorten	Augen		Außenbereich		Gefäßbündelbereich		Innenkörper	
	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.	α -Sol.	α -Chac.
Margit	61,0	76,5	57,1	80,4	1,1	1,4	*	*
Olga	39,0	74,8	28,5	64,4	3,7	6,0	*	*
Granola	56,2	118,7	49,8	110,8	2,8	3,8	*	*
Ilse	23,5	50,4	16,8	41,9	0,9	1,5	*	*
Erna	18,4	47,2	16,4	42,2	1,6	2,6	0,4	0,4
Ramona	23,3	46,0	9,9	24,2	2,3	3,7	*	*
Gusto	25,6	48,4	23,3	48,3	21,1	24,6	7,2	8,9
Darwina	18,7	47,3	29,1	60,7	2,8	5,8	*	*
Rex	40,7	74,9	36,4	78,4	2,8	3,0	*	*
Buschra	36,5	79,1	24,1	60,7	1,1	1,4	*	*

* = Spuren an der Nachweisgrenze, analytisch nicht exakt bestimmbar