

## Proteinfraktionen in drei Leguminosenarten

Ueli Wyss, Marion Girard, Anja Grosse Brinkhaus und Frigga Dohme-Meier

Agroscope, 1725 Posieux, Schweiz

Auskünfte: Ueli Wyss, E-Mail: ueli.wyss@agroscope.admin.ch



Probenahme auf dem Feld. (Foto: Ueli Wyss, Agroscope)

### Einleitung

Während des Anwelkens und der Silierung des Futters findet ein Proteinabbau statt. Die dadurch eintretenden Veränderungen der Proteinfraktionen, insbesondere die Bildung von biogenen Aminen, können beim Tier gesundheitliche Störungen hervorrufen. Licitra *et al.* (1996) schlugen eine Methode zur Bestimmung der verschiedenen Proteinfraktionen vor. Gemäss Hoedtke

*et al.* (2012) beeinflussen verschiedene Faktoren wie die Silierbedingungen oder sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe den Proteinabbau. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Veränderungen in den fünf Proteinfraktionen in Luzerne, Rotklee und Esparsette im frischen Futter, nach dem Anwelken und nach dem Silierprozess in zwei Aufwüchsen zu untersuchen.



## Material und Methoden

Die drei Leguminosenarten Luzerne (Sorte Sanditi), Rotklee (Sorte Milvus) und Esparsette (Sorte Perly) wurden als Reinkulturen in Posieux (650 m ü. M.) angebaut. Am 9. Juli (erster Aufwuchs) und am 16. Oktober (dritter Aufwuchs) wurden Proben der frischen und angewelkten Futterpflanzen an drei verschiedenen Stellen auf dem Feld gezogen (Abb. 1). Das Futter wurde 24 beziehungsweise 48 Stunden beim ersten respektive dritten Aufwuchs auf dem Feld angewelkt, kurz gehäckselt und in 1,5 l Laborsilos einsiliert. Nach einer Silierdauer von 86 bzw. 95 Tagen beim ersten bzw. dritten Aufwuchs wurden aus den Laborsilos Proben gezogen. In den Futterproben wurden die Trockensubstanz(TS)-Gehalte, verschiedene Inhaltsstoffe und die fünf Proteinfractionen gemäss Licitra *et al.* (1996) analysiert. Der Nicht-Protein-Stickstoff (NPN) wird als Fraktion A bezeichnet. Das Reineiweiss wird in drei Kategorien unterteilt, die sich durch eine schnelle (B<sub>1</sub>), mittlere (B<sub>2</sub>) und langsame (B<sub>3</sub>) ruminale Abbaubarkeit beziehungsweise Löslichkeit unterscheiden. Die Fraktion C entspricht der in saurer Detergentienlösung nicht löslichen Fraktion des Rohproteins. In den Silagen wurden zusätzlich der pH-Wert, die Gärsäuren, der Ethanol- und der Ammoniakgehalt bestimmt.

## Resultate und Diskussion

In den frischen Futterpflanzen betragen die TS-Gehalte im Futter zwischen 14 und 18 % (Tab. 1). Nach dem ein-tägigen Anwelken wies im ersten Aufwuchs die Luzerne mit 48 % den höchsten TS-Gehalt auf, gefolgt von Espar-

**Zusammenfassung** ■ Während des Anwelkens und der Silierung des Futters findet ein Proteinabbau statt, der sich auf die verschiedenen Proteinfractionen auswirkt. Neben den Silierbedingungen wirken sich auch die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe auf die verschiedenen Proteinfractionen aus. In einem Versuch wurde der Einfluss der Konservierung auf die Proteinfractionen der drei Leguminosenarten Luzerne, Rotklee und Esparsette beim ersten und dritten Aufwuchs untersucht. Dazu wurden Proben von frischem, angewelktem und siliertem Material analysiert. Unabhängig von der Leguminosenart, nahm der Anteil an Nicht-Protein-Stickstoff (NPN, Fraktion A) vom frischen zum angewelkten und silierten Futter stark zu. Die grösste relative Zunahme der NPN-Fraktion wurde bei der Luzerne festgestellt, wo der Anteil in der Silage 60 % höher war als bei Rotklee und Esparsette. Ein möglicher Grund für den reduzierten Proteinabbau könnten die kondensierten Tannine in der Esparsette und die Aktivität der Polyphenoloxidase im Rotklee sein.

sette mit 39 % und Rotklee mit 34 %. Im dritten Aufwuchs hatten Luzerne und Esparsette mit 32 % die gleichen TS-Gehalte, Rotklee hatte mit 36 % einen leicht höheren TS-Gehalt.



Abb. 1 | Die drei Leguminosearten Luzerne, Rotklee und Esparsette vor dem Mähen vom ersten Schnitt. (Foto A. Grosse Brinkhaus)

Durch das Anwelken und vor allem durch den Silierprozess nahm der Zuckergehalt (wasserlösliche Kohlenhydrate) bei beiden untersuchten Aufwüchsen und allen drei Leguminosenarten stark ab. Dadurch nahmen die anderen Inhaltsstoffe in der Regel zu. Die Rohproteingehalte waren beim Futter vom dritten Aufwuchs höher im Vergleich zum ersten Aufwuchs und dementsprechend die Fasergehalte ADF (Lignozellulose) und NDF (Zellwände) tiefer. Die Esparsette wies beim ersten Aufwuchs tiefere Rohproteingehalte im Vergleich zur Luzerne und zum Rotklee auf.

Die Luzerne wies in beiden Aufwüchsen die höchsten Nitratgehalte auf. Gemäss Kaiser *et al.* (1999) gilt Futter mit weniger als 4,4g Nitrat pro kg TS als nitratarm.

Der beim angewelkten Futter anhand der Parameter TS-Gehalt, Zuckergehalt und Pufferkapazität berechnete Vergärbarkeitskoeffizient (Weissbach und Honig 1996), wies Werte zwischen 43 und 57 auf. Bei Werten über 45 gilt das Futter als leicht silierbar.

Die Silagen von beiden Aufwüchsen enthielten hohe Milchsäuregehalte, adäquate Essigsäuregehalte und nur Spuren von Buttersäure (Tab. 2). Die pH-Werte lagen in dem für den entsprechenden TS-Gehalt optimalen Bereich. Die Anteile an Ammoniakstickstoff am Ge-

samtstickstoff lagen alle unter 10 %, was einer guten Silage entspricht.

Beurteilt nach dem DLG-Bewertungsschlüssel (Staudacher und Schenkel, 2007) wiesen alle Silagen im Durchschnitt zwischen 89 und 100 Punkten auf, was einer guten bis sehr guten Qualität entspricht.

In den Abbildungen 2 und 3 sind die Proteinfraktionen A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> und C als Prozent zum Rohprotein für das frische, angewelkte und silierte Futter für den ersten und dritten Aufwuchs dargestellt. Unabhängig von der Leguminosenart, nahm der Anteil an Nicht-Protein-Stickstoff (NPN) (Fraktion A) vom frischen zum angewelkten und silierten Futter stark zu. Die grösste relative Zunahme der NPN-Fraktion wurde bei der Luzerne festgestellt, wo der Anteil in der Silage 60 % höher war als bei Rotklee und Esparsette. Ein möglicher Grund für den reduzierten Proteinabbau könnten die kondensierten Tannine der Esparsette und die Aktivität der Polyphenoloxidase im Rotklee sein. Nach den Untersuchungen von Girard (2016) wies die Esparsette im frischen Futter für den ersten beziehungsweise dritten Aufwuchs 174 respektive 165g/kg TS kondensierte Tannine auf. Tabacco *et al.* (2006) zeigten, dass der Zusatz von Kastanien-Tanninen zu Luzerne den Proteinabbau und den NPN-Anteil in den

Tab. 1 | Inhaltsstoffe in den drei Leguminosenarten im frischen, angewelkten und silierten Futter beim ersten und dritten Aufwuchs.

Futter	Aufwuchs	Art	TS	Rohasche	Rohprotein	ADF	NDF	Zucker	NO <sub>3</sub>	VK
			%	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	
Luzerne	1	frisch	18,2	99	193	410	463	78		
	1	angewelkt	48,4	102	190	391	465	72	3,7	57
	1	siliert	49,0	114	194	379	440	40		
Rotklee	1	frisch	13,7	102	190	300	345	122		
	1	angewelkt	34,1	112	188	314	356	107	3,1	46
	1	siliert	33,3	118	196	334	403	34		
Esparsette	1	frisch	16,9	84	132	389	396	118		
	1	angewelkt	37,8	94	136	375	413	106	1,1	54
	1	siliert	36,6	99	136	394	406	53		
Luzerne	3	frisch	18,2	87	205	316	333	155		
	3	angewelkt	31,9	100	217	309	358	125	1,8	43
	3	siliert	30,9	106	221	341	377	55		
Rotklee	3	frisch	15,1	87	233	217	257	189		
	3	angewelkt	35,7	107	229	230	285	154	0,1	51
	3	siliert	34,1	116	243	237	269	50		
Esparsette	3	frisch	17,8	78	228	249	238	203		
	3	angewelkt	32,2	84	233	253	196	183	0,1	53
	3	siliert	31,4	91	247	218	239	98		

ADF: Lignozellulose; NDF: Zellwände; Zucker: wasserlösliche Kohlenhydrate; NO<sub>3</sub>: Nitrat; VK: Vergärbarkeitskoeffizient

Tab. 2 | Gärparameter in den Silagen der drei Leguminosenarten beim ersten und dritten Aufwuchs.

Futter	Aufwuchs	pH	Milchsäure	Essigsäure	Buttersäure	Ethanol	NH <sub>3</sub> -N	DLG
			g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	N total	Punkte
							%	
Luzerne	1	4,8	51	10	2	2	7,9	100
Rotklee	1	4,4	110	28	1	1	6,8	99
Espарsette	1	4,4	62	7	1	4	5,4	100
Luzerne	3	4,6	82	27	1	6	9,8	89
Rotklee	3	4,4	102	25	2	3	6,2	100
Espарsette	3	4,4	67	14	1	7	4,1	99

TS: Trockensubstanz; NH<sub>3</sub>-N/N total: Ammoniakstickstoff am Gesamtstickstoff

Silagen reduziert. Nach Lee *et al.* (2014) wirkt sich auch die Polyphenoloxidase im Rotklee auf die Proteolyse in den Silagen aus und führt zu einem geringeren Proteinabbau.

Unabhängig vom Aufwuchs nahmen die Fraktionen B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> während des Anwelk- und Silierprozesses ab. Der Anteil der Fraktion B<sub>3</sub> war in der Luzerne und im Rotklee beim angewelkten Futter höher als beim frischen, jedoch tiefer als in den Silagen. Die gleiche Beobachtung wurde für die Espарsette im dritten Aufwuchs festgestellt, wohingegen im ersten Aufwuchs eine Zunahme vom frischen zum silierten Futter beobachtet wurde.

In der Luzerne und im Rotklee war der Anteil der Fraktion C in beiden Aufwüchsen gering, und es wurden nur geringe Zunahmen vom frischen zum angewelkten und silierten Futter beobachtet. Im Gegensatz dazu war der Anteil der Fraktion C bei der Espарsette im ersten Aufwuchs höher als im dritten, was auf den tieferen Rohprotein- beziehungsweise die höheren Fasergehalte zurückzuführen sein dürfte. Zudem wurde eine Zunahme vom frischen zum angewelkten Futter und dann wieder eine Abnahme vom angewelkten zum silierten Futter festgestellt.

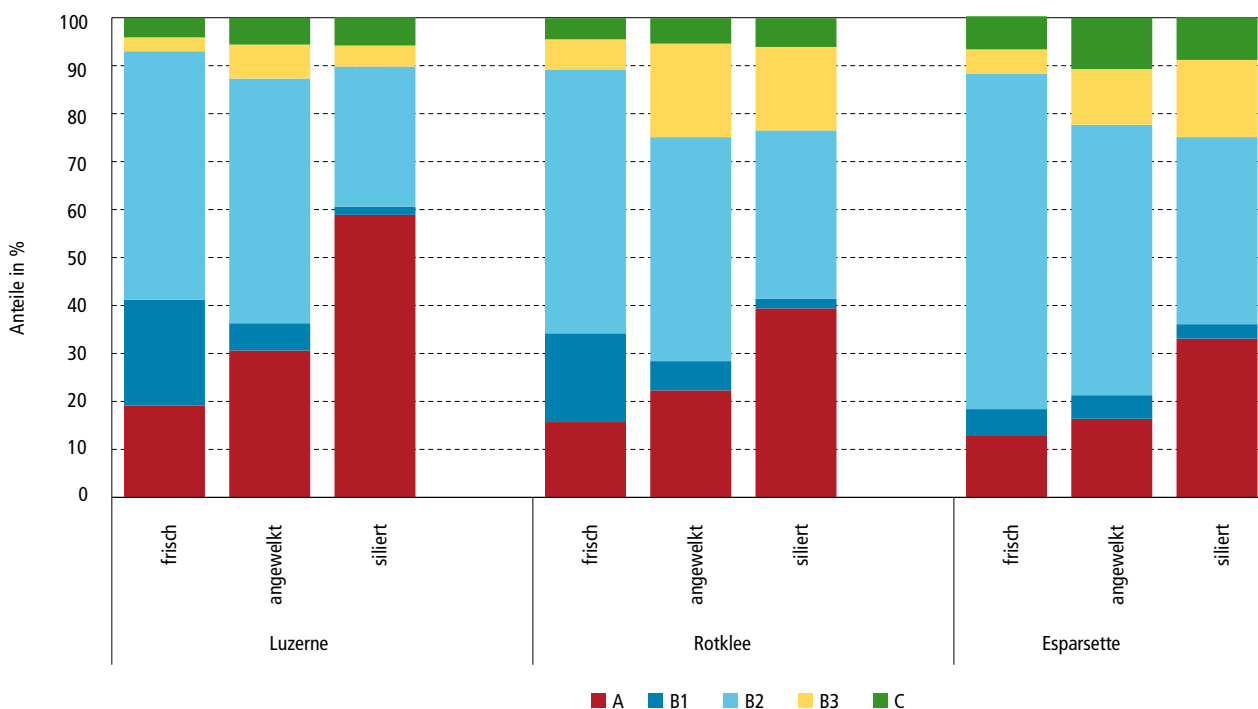


Abb. 2 | Entwicklung der Proteinfractionen in den drei Leguminosenarten im ersten Aufwuchs von frischem, angewelktem und siliertem Material.

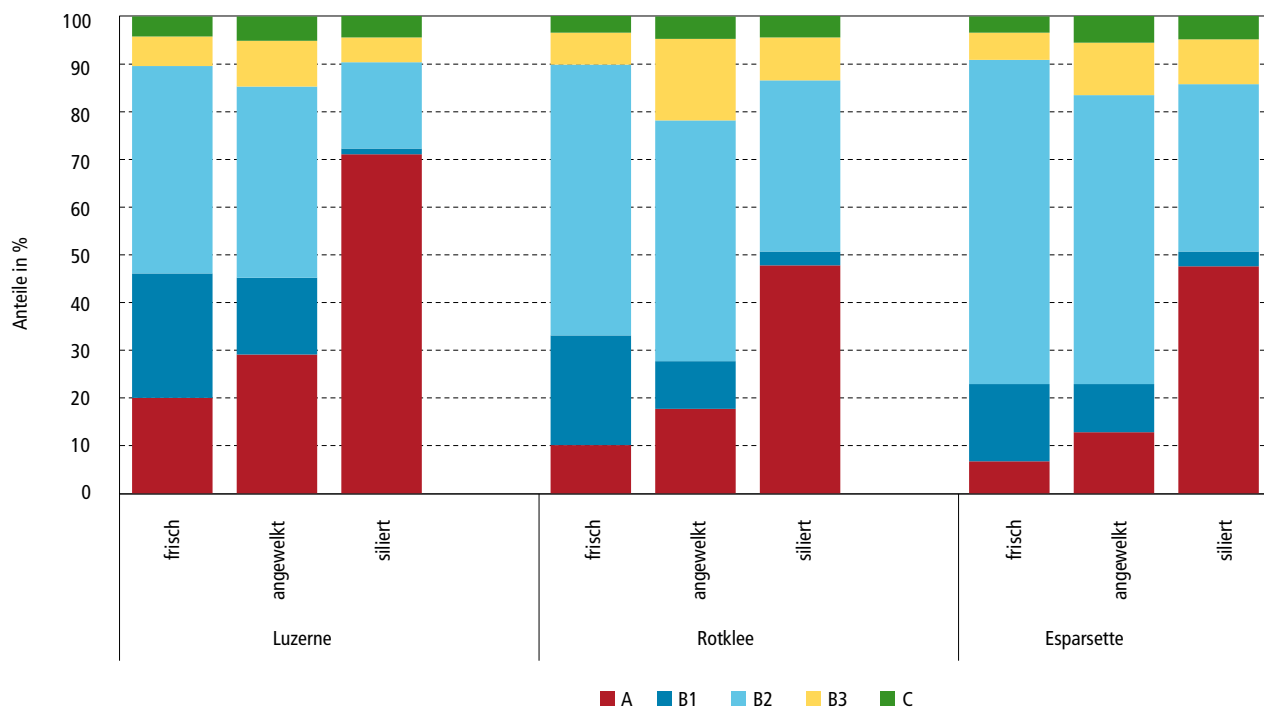


Abb. 3 | Entwicklung der Proteinfraktionen in den drei Leguminosenarten im dritten Aufwuchs von frischem, angewelktem und siliertem Material.

## Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die beiden Leguminosenarten Esparsette mit Tanninen und Rotklee mit Polyphenoloxidase die Proteinfraktionen beeinflussen respektive den Proteinabbau reduzieren. Zur Verbesserung der Proteinqualität und auch Silagequalität wäre daher der Einbezug von diesen Futterpflanzen in den Mischungen sinnvoll. ■

**Riassunto****Frazioni proteiche in tre tipi di leguminose**

Durante l'avvizzimento e l'insilamento del foraggio avviene una diminuzione delle proteine che si riflette su diverse frazioni proteiche. Oltre alle condizioni di insilamento, anche i metaboliti secondari vegetali si ripercuotono sulle diverse frazioni proteiche. In un esperimento è stato analizzato l'influsso della conservazione sulle frazioni proteiche nelle tre tipologie di leguminose erba medica, trifoglio rosso e lupinella del primo e terzo taglio. Inoltre, sono stati analizzati campioni di materiale fresco, avvizzito e insilato. Indipendentemente dal tipo di leguminosa, la percentuale di azoto non proteico (NPN, frazione A) è aumentata notevolmente dal foraggio fresco a quello avvizzito e insilato. L'aumento relativo più importante della frazione NPN è stato osservato nell'erba medica: il percento nell'insilato era del 60 % più elevato rispetto al trifoglio rosso e alla lupinella. Un possibile motivo per la diminuzione proteica ridotta potrebbero essere i tannini condensati presenti nella lupinella e l'attività della polifenolossidasi nel trifoglio rosso.

**Summary****Protein fractions in three legume species**

During the forage wilting and ensiling process, a protein degradation takes place that affects the different protein fractions. In addition to the silage conditions, secondary plant ingredients also affect the different protein fractions. In an experiment, the influence of the wilting and ensiling process on the protein fractions of the first and third cuts of the three legume species alfalfa, red clover and sainfoin was investigated. Samples of the fresh, wilted and ensiled material were analysed. Irrespective of legume type, the proportion of non-protein nitrogen (NPN, fraction A) increased significantly from the fresh to the wilted and ensiled material. The highest relative increase in NPN fraction was observed in alfalfa, where the proportion in the silage was 60 % higher than in red clover and sainfoin silage. The condensed tannins in the sainfoin and the polyphenol oxidase activity in the red clover are possible reasons for the lower protein degradation in these two species.

**Key words:** legumes, protein fractions, silage quality, secondary plant ingredients.

**Literatur**

- Girard M., 2016. Bioactive compounds in forage legumes: Structural changes during conservation, their fate along the digestive tract and their potential to impact ruminant products. Dissertation ETH Zürich Nr. 23421, 158 S.
- Hoedtke S., Gabel M. & Zeyner A., 2010. Der Proteinabbau im Futter während der Silierung und Veränderungen in der Zusammensetzung der Rohproteinfraktion. *Übersichten Tierernährung* **38**, 157–179.
- Kaiser E., Weiss K. & Milimonka A., 1999. Untersuchungen zur Gärqualität von Silagen aus nitratarmem Grünfutter. *Archives of Animal Nutrition* **52**, 75–93.
- Lee M.R.F., Scott M.B., Tweed J.K.S. Minchin F.R. & Davis D.R., 2008. Effects of polyphenol oxidase on lipolysis and proteolysis of red clover silage with and without a silage inoculant, *Animal Feed Science and Technology* **144**, 125–136.
- Licitra G., Hernandez T.M. & Van Soest P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractions of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* **57**, 347–358.
- Staudacher W. & Schenkel H., 2007. Analytische Kenngrößen und Bewertung der Gärqualität von Silagen unter besonderer Berücksichtigung des DLG-Schlüssels. *Übersichten Tierernährung* **35**, 45–53.
- Tabacco E., Borreani G., Crovetto G.M., Galassi G., Colombo D. & Cavallarin L., 2006. Effect of chestnut tannin on fermentation quality, proteolysis and protein rumen degradability of alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* **89**, 4736–4746.
- Weissbach F. & Honig H., 1996. Über die Voraussage und Steuerung des Gärungsverlaufs bei der Silierung von Grünfutter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Völkenrode* **46** (1), 10–17.