

# Nutztiere

## Einfluss der Konservierung auf den Aminosäuregehalt des Futters

Yves Arrigo, Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, CH-1725 Posieux  
Auskünfte: Yves Arrigo, E-Mail: yves.arrigo@alp.admin.ch, Fax +41 26 407 73 00 Tel. +41 26 407 7264

### Zusammenfassung

Von 42 verschiedenen Futtern wurden die Aminosäuregehalte (AS) analysiert. In einem Zeitraum von drei Jahren wurde Futter derselben Parzelle von verschiedenen Schnitten und in zwei verschiedenen Entwicklungsstadien im Abstand von 30 Tagen geerntet. Nach dem Mähen wurden die Futtermittel weiterverarbeitet, um sie auf folgende Arten zu konservieren: Tiefgefrieren ( $-20^{\circ}\text{C}$ ), Entfeuchten (Lufttemperatur  $30^{\circ}\text{C}$ , relative Feuchte  $<45\%$ ), Heubelüftung, Feldtrocknung, Silierung bei 30 % Trockensubstanz (TS) und Silierung bei 50 % TS.

Die Konservierungsmethode beeinflusst statistisch gesehen den Gesamtgehalt an AS in der TS nicht. Einzeln betrachtet induzieren bestimmte AS jedoch signifikante Unterschiede, hauptsächlich zwischen den Silagen von Ausgangsmaterial mit 30 % TS und den übrigen Futtermitteln. Bei allen Konservierungsmethoden waren AS-Verluste unvermeidbar. Beim Tiefgefrieren sind die Abbauprozesse am wenigsten ausgeprägt, diese Methode lässt sich jedoch aus wirtschaftlichen und praktischen Gründen nur im Versuchsmassstab anwenden. Bei den Silagen bewirkt ein hoher Feuchtigkeitsgehalt, verbunden mit einem nicht ausreichend tiefen pH-Wert, einen Abbau der Proteine sowie Veränderungen der AS-Profile. Die Silagen wiesen auf Kosten der Glutamin- und Aspartinsäure einen hohen Gehalt an Prolin auf. Für die Praxis bedeutet es, dass diejenigen Trocknungsverfahren, welche die Eigenschaften des Futters am besten bewahren, auch mit den geringsten Nachteilen verbunden sind.

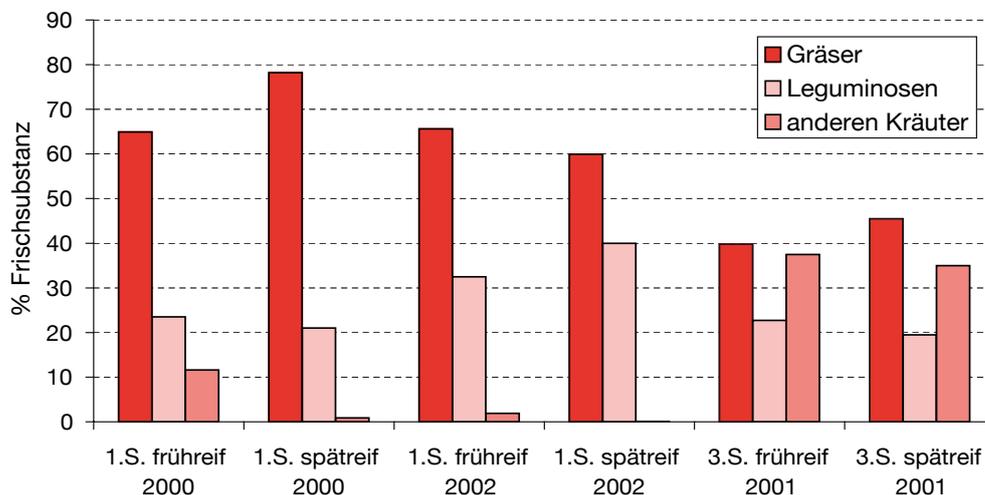
essenziell, da sie von den Pansenmikroorganismen oder den Tieren selber nicht in genügend grossem Ausmass synthetisiert werden können (Valin, Methionin, Isoleucin, Leucin, Phenylalanin, Histidin, Arginin und Tryptophan) oder gar nicht synthetisiert werden können (Lysin und Threonin) wie D'Mello (2003) sowie Vérité und Peyraud (1988) angeben. Bei Hochleistungstieren kann die Deckung des AS-Bedarfs durch die Zufuhr von Mikrobenprotein nicht gewährleistet werden und ist über AS, die aus dem Futter stammen und im Darm absorbiert werden, sicherzustellen (Rulquin und Chamredon 1987). Somit spielt die Konservierungsmethode in Bezug auf den AS-Gehalt der Futtermittel eine wesentliche Rolle.

### Durchführung der Versuche

Die Futtermittel stammten in den Jahren 2000 und 2002 vom ersten Schnitt und im Jahr 2001 vom dritten Schnitt. Das Wachstumsstadium war jeweils entweder frühreif (Sprossen oder Ährenschoben, Stadium 2 oder 3) oder spätreif (Ende Ährenschoben oder Blüte der Gräser, Stadien 5 oder 6). Die Abstände zwischen den Stadien betragen im Jahr 2000 36 Tage, 28 Tage im Jahr 2001 und 30 Tage im Jahr 2002. Das Futter bestand aus einer Klee-Gras Mischung (Standardmischung 440, Mosimann 2000). Die ersten beiden Versuchsjahre entsprachen dem zweiten beziehungsweise dritten Nutzungsjahr der Wiese. Die Versuchsfeldfläche des Jahres 2002 befand sich im ersten Nutzungsjahr.

Die Aminosäuren (AS) sind die Grundbestandteile der Proteine. 20 an der Zahl, übernehmen sie im Organismus zahlreiche Aufgaben (Neurotransmitter, Enzyme, Hormone, Immunglobuline, Kollagen, etc.). Bestimmte Aminosäuren bezeichnet man als

Abb. 1. Botanische Zusammensetzung der Futtermittel.



Die botanischen Analysen ergaben keine Unterschiede zwischendengleichzeitigeernteten Futtern. Dies bestätigt, dass die notwendige Homogenität der geernteten Futter gegeben war. Gemäss den botanischen Analysen lagen folgende Futtertypen vor: das frühreif geerntete Futter im Jahr 2000 war eine ausgewogene Futtermischung (A) im Stadium 2, das spätreif geerntete Futter war gräserreich (G) im Stadium 6. Im Jahr 2001 waren sowohl die frühreif als auch die spätreif geernteten Futter reich an anderen Kräutern (K) im Stadium 2 und 5. Im Jahr 2002 bestanden die Futter aus ausgewogenen Mischungen in den Stadien 3 und 6 (Abb. 1), die von Raigras dominiert wurden (A<sub>R</sub>).

Das Futter wurde nach dem Trocknen des Morgentaus (10-12 Uhr) geschnitten und entweder direkt aufgeladen oder mehr oder weniger stark angewelkt geerntet, je nachdem mit welcher Methode das Futter jeweils konserviert werden sollte. Die Futter wurden folgendermassen konserviert:

- Durch Tiefgefrieren (-20°C)
- Durch Entfeuchten (Lufttemperatur 30°C, relative Luftfeuchte < 45 %)
- Durch Heubelüftung
- Durch Feldtrocknung
- Durch Silierung bei 30 % Trockensubstanz (Silage 30 % TS)
- Durch Silierung bei 50 % Trockensubstanz (Silage 50 % TS)

Für die Analysen wurden die Futterproben des Originalfutters bei der Ernte gezogen, die Proben für die Konserven wurden ungefähr 200 Tage später bei der Verfütterung im Rahmen von Verdauungsversuchen genommen.

#### Konservierungsmethoden:

**Tiefkühlung:** Das geschnittene Futter wird direkt mit einem Ladewagen aufgenommen (ohne Anwelken), anschliessend in Rationen von 5 kg in Plastikbeutel verpackt und bei -20°C tiefgefroren. Nach sechs bis sieben Monaten wurden die Rationen bei 5°C in einer Kühlzelle aufgetaut, um den Tieren vorgelegt zu werden.

**Entfeuchtung:** Das Grünfutter (Weiterverarbeitung im direkten Anschluss an den Schnitt, ohne Anwelken) wird in acht Kisten getrocknet (120x80x80 cm). Dafür wird das Futter mit ca. 30°C warmer Luft, deren relative Feuchte (rel. LF) unter 45 % liegt, belüftet. Die Belüftungsanlage arbeitet in einem geschlossenen Kreislauf, in welchem die Luft durch Kondensation entfeuchtet wird. Nach 48 Stunden liegt der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) des Futters im Allgemeinen bei mehr als 88 %.

**Heubelüftung:** Unsere traditionelle Anlage wärmt die Luft mit Sonnenenergie oder mit Hilfe einer Wärmepumpe. Das vorher auf dem Feld angewelkte Futter wurde auf einen mittleren TS-Gehalt von 59,4 % (45,9 – 71,0 %) getrocknet. Das Futter wurde mit einer Heugreifer befördert.

**Feldtrocknung:** Die Feldtrocknung erfordert mit drei- bis sechsma- ligem Wenden und Schwaden den grössten Anwelkaufwand. Ausserdem war bei den beiden Varianten des Jahres 2000 und der spätreifen Variante 2002 eine manuelle Nachtrocknung der Futter auf den betoni- erten Flächen der Forschungsanstalt erforderlich. Dieser zusätzliche Aufwand wurde einerseits durch Gewitter gegen Ende des Anwelkpro- zesses notwendig, andererseits weil das Futter auch nach vier Tagen noch einen ungenügenden TS-Gehalt aufwies.

**Silierung bei 30 % und 50 % TS:** Das Futter ist mit 30 % TS nach ein- bis zweimaligem Wenden und einmaligem Schwaden leicht angewelkt und wird etwa vier Stunden nach dem Schnitt siliert. Mit etwa 50 % TS ist es nach zwei- bis viermaligem Wenden und einmaligem Schwaden angewelkt und wird im Durchschnitt 27 Stunden nach dem Schnitt siliert. Die Silierung erfolgte ohne die Verwendung von Silierzusätzen. 2001 wurde das Futter in zylindrische Polyesterbehälter mit 700 Litern Fassungsvermögen eingefüllt. Die Behälter wurden mit einer Plastik- folie und mit Sand abgedeckt, um die Verdichtung und Verschlussung sicherzustellen. In den Jahren 2001 und 2002 verwendeten wir neun m<sup>3</sup> Hochsilos, die mit Plastikfolie abgedeckt wurden. Die Verdichtung er- folgte durch Wasserpressen.



Die 42 Futter wurden durch Quantifizierung mittels HPLC durch Fluorimetrie analysiert; die Gehalte an Glutaminsäure (GLU), Aspartinsäure (ASP), Leucin (LEU), Alanin (ALA), Prolin (PRO), Lysin (LYS), Valin (VAL), Phenylalanin (PHE), Glycin (GLY), Arginin (ARG), Isoleucin (ISO), Threonin (THR), Serin (SER), Tyrosin (TYR), Histidin (HIS), Methionin (MET), Tryptophan (TRY) und Cystin (CYS) wurden bestimmt.

#### AS-Gehalt der Pflanzen in der Trockensubstanz

Die Analysen der untersuchten Futter haben gezeigt, dass das Entwicklungsstadium der Pflanzen einen markanten Einfluss auf alle AS ausübt (p < 0,01). Ist das Futter 30 Tage älter, verliert es beim ersten Schnitt an die 50 % seiner AS in der Trockensubstanz und beim dritten Schnitt fast 30 %. Der Cystingehalt reagiert mit einem 43 %igen Verlust beim 1. Schnitt und einem 17 %igen Verlust beim

3. Schnitt am wenigsten sensibel auf die Alterung des Futters. Beim Tyrosin beträgt der Verlust beim 1. respektive 3. Schnitt 66 % respektive 37 %. Die Rohproteingehalte reagieren darauf in abgeschwächter Form von ungefähr 4 % bei beiden Schnitten (Abb. 2).

Es bleibt zu bemerken, dass der 3. Schnitt im Vergleich zum 1. Schnitt einen höheren Gesamtgehalt an AS in der TS aufweist (+18%;  $p=0,06$ ). Der Einfluss des Schnitts ist im spätreifen Wachstumsstadium deutlicher (+41%;  $p<0,01$ ) als im frühreifen (+7%;  $p=0,09$ ).

### AS-Gehalt im Rohprotein

Die im Rohprotein angegebenen AS (Tab. 1) zeigen, dass die Summe der 18 analysierten AS durchschnittlich 80,8 % ( $\pm 5,8$ ) des Rohproteins ausmacht. Die Gehalte schwanken zwischen 66 % in der Silage 30 % TS beim spätreifen 3. Schnitt und 90 % im Grünfutter des frühreifen 3. Schnitts. Der Schnitt übt keinen Einfluss aus auf die Aminosäuregehalte im Rohprotein

(1. Schnitt 80,2 % und 3. Schnitt 82,1 %,  $p=0,32$ ). Im frühreif geschnittenen Futter ist der Anteil an Aminosäuren im Rohprotein mit 83,3 % höher als im spätreif geernteten Futter mit 78,3 % ( $p<0,01$ ).

Der Anteil jeder AS am gesamten AS-Gehalt im Rohprotein (Profil) zeigt Konzentrationen, die von einer AS zur anderen stark variieren. Cystin liegt durchschnittlich in einer Menge von nur 1,4 % des gesamten AS-Gehaltes vor, Aspartinsäure stellt hingegen einen Anteil von 11,3 % der gesamten AS im Rohprotein dar. Der höchste Gehalt wurde im Jahr 2002 in der Silage 30 % TS, 1. Schnitt, spätreif mit mehr als 19,4 % bei Prolin festgestellt. Diese Anteile verändern sich in Abhängigkeit von Schnitt und Wachstumsstadium nur wenig.

### Konservierungsmethode und AS-Gehalt in der Trockensubstanz

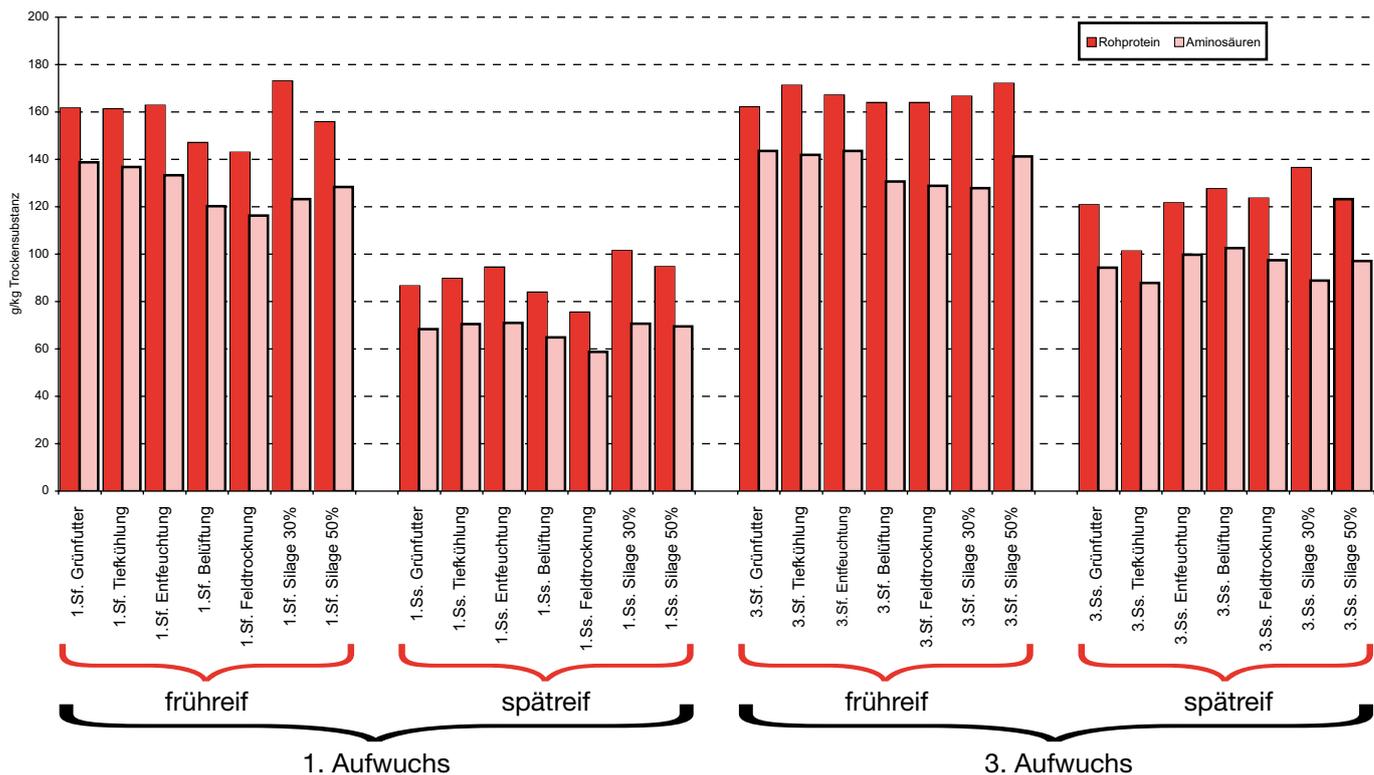
Im Allgemeinen unterscheidet sich das Futter, welches durch Tiefgefrieren oder Entfeuch-

ten konserviert wurde, in Bezug auf die Inhaltsstoffe am wenigsten vom Ausgangsfutter (-1% bzw. 0 %).

Die grössten Unterschiede zwischen Konserven und Grünfütter im Hinblick auf den Gesamtgehalt an AS treten bei der Feldtrocknung auf, da es bei dieser Konservierungsmethode, die das vergleichsweise grösste Ausmass an mechanischer Bearbeitung erfordert, zu Bröckelverlusten kommt (einmaliges Schwaden, viermaliges Wenden). Der AS-Verlust in der TS des auf dem Feld getrockneten Futters betrug verglichen mit dem Ausgangsmaterial bei frühreif geerntetem Futter 14 % ( $p=0,15$ ), bei spätreifem Futter 7 % ( $p=0,99$ ).

Die Silage 30 % TS wies im Vergleich zum Grünfütter einen 8 % tieferen Gesamtgehalt an AS auf (-11% in frühreifen, -1 % in spätreifen Stadien). Diese Verluste lassen sich wahrscheinlich auf den Proteinkatabolismus zurückführen, welcher durch die Enzyme hervorgeru-

**Abb. 2. Rohprotein- und Aminosäuregehalte in der Trockensubstanz der Futter je nach Schnitt, Wachstumsstadium und Konservierungsmethode.**



**Tab. 1. Durchschnittliche AS-Gehalte, über alle sechs Ernten, verschiedenen Schnitte und Wachstumsstadien hinweg zusammengefasst.**

Alle Schnitte und Stadien	Grünfütter	Tiefkühlung	Entfeuchtung	Heubelüftung	Feldtrocknung	Silage 30%	Silage 50%	S <sub>x</sub>	P
TS g/kg	19,8 <sup>ac</sup>	20,5 <sup>c</sup>	88,2 <sup>b</sup>	89,0 <sup>b</sup>	87,5 <sup>b</sup>	27,8 <sup>a</sup>	58,0 <sup>d</sup>	2,3	<0,01
RP g/kg TS	130	129	134	125	120	142	132	14,8	0,97
AA <sub>ges</sub> g/kg TS	111	109	111	103	98	102	108	13,5	0,98
AA <sub>ges</sub> g/kg RP	845 <sup>a</sup>	845 <sup>a</sup>	821 <sup>a</sup>	814 <sup>a</sup>	809 <sup>a</sup>	718 <sup>b</sup>	804 <sup>a</sup>	18,4	<0,01
<b>in g im RP</b>									
Glutaminsäure	96 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	58 <sup>b</sup>	72 <sup>b</sup>	3,5	<0,01
Asparbinsäure	92 <sup>a</sup>	97 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	73 <sup>b</sup>	93 <sup>a</sup>	2,4	<0,01
<b>Leucin</b>	76	74	70	70	70	67	71	2,3	0,14
Alanin	62	57	55	54	54	60	55	2,3	0,13
<b>Lysin</b>	53 <sup>a</sup>	54 <sup>a</sup>	46 <sup>b</sup>	44 <sup>b</sup>	42 <sup>b</sup>	41 <sup>b</sup>	44 <sup>b</sup>	1,7	<0,01
<b>Valin</b>	53	51	50	50	50	52	53	1,1	0,26
Prolin	52	52	58	66	73	85	78	10,0	0,15
Glycin	49 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	46 <sup>ab</sup>	47 <sup>ab</sup>	46 <sup>ab</sup>	43 <sup>b</sup>	46 <sup>ab</sup>	1,1	0,01
<b>Phenylalanin</b>	49 <sup>a</sup>	48 <sup>ab</sup>	44 <sup>ab</sup>	44 <sup>ab</sup>	44 <sup>ab</sup>	42 <sup>b</sup>	45 <sup>ab</sup>	1,6	0,05
<b>Arginin</b>	47 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	45 <sup>a</sup>	44 <sup>a</sup>	20 <sup>b</sup>	42 <sup>a</sup>	2,0	<0,01
<b>Threonin</b>	42 <sup>a</sup>	42 <sup>a</sup>	41 <sup>ab</sup>	41 <sup>ab</sup>	40 <sup>ab</sup>	38 <sup>b</sup>	41 <sup>ab</sup>	0,8	0,01
<b>Isoleucin</b>	41 <sup>ab</sup>	39 <sup>ab</sup>	38 <sup>ab</sup>	38 <sup>ab</sup>	37 <sup>a</sup>	43 <sup>b</sup>	41 <sup>ab</sup>	1,2	0,02
Serin	40 <sup>ac</sup>	42 <sup>c</sup>	40 <sup>ac</sup>	39 <sup>ac</sup>	39 <sup>ac</sup>	30 <sup>b</sup>	37 <sup>a</sup>	0,9	<0,01
Tyrosin	30 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	27 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	19 <sup>b</sup>	29 <sup>a</sup>	1,7	<0,01
<b>Histidin</b>	19 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	18 <sup>ac</sup>	18 <sup>ac</sup>	17 <sup>c</sup>	15 <sup>b</sup>	17 <sup>cd</sup>	0,5	<0,01
<b>Methionin</b>	17	17	16	16	16	14	16	0,7	0,10
<b>Tryptophan</b>	17 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	0,8	<0,01
Cystin	12 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	12 <sup>ac</sup>	8 <sup>b</sup>	9 <sup>bc</sup>	1,0	<0,01

Die Werte derselben Zeile mit unterschiedlichen Buchstaben weisen signifikante Unterschiede auf.

S<sub>x</sub> Standardfehler des Mittelwerts

fen wird. Zum Proteinkatabolismus kommt es, solange der TS-Gehalt der Pflanze weniger als 40 % beträgt, also in der Anwelkphase, und er kann sich im Silo weiter fortsetzen, wenn der pH-Wert nicht unter 4,3 absinkt (Jarrige *et al.* 1995, Mc Pherson 1952, Brady 1960). Vor allem die Silage 30 % TS hat im frühwie auch im spätreifen Stadium besonderen Schaden genommen (nicht signifikante Unterschiede: ns) Arginin -54 % (p<0,01) und -48 % (ns), Glutaminsäure -34 % (p=0,03) und -33 % (ns), Tyrosin -24 % (ns) und -36 % (ns), Lysin -22 % (<0,01) und -7 % (ns). Im Gegensatz dazu sind die Prolingehalte in Silage 30 % TS im Vergleich zum Grünfütter um 51% (ns) und 112% (ns) gestiegen

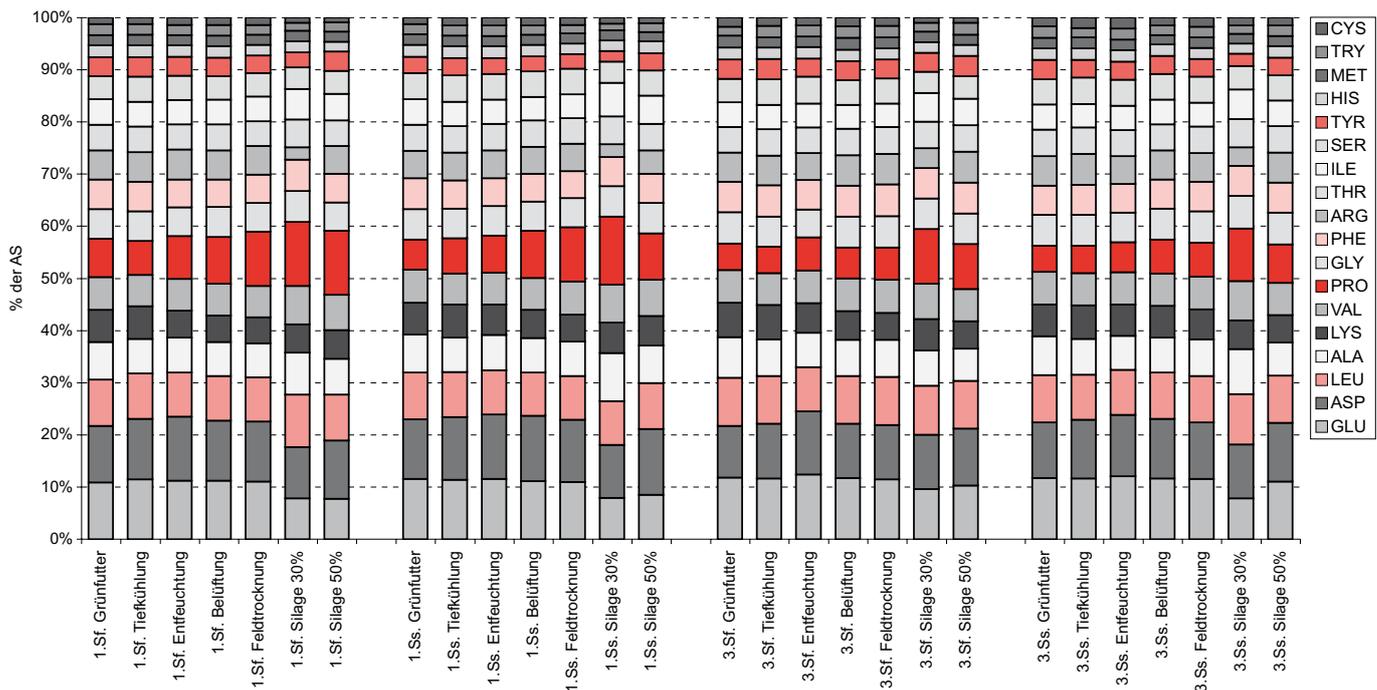
(Abb. 3). Zu derart hohen Gehalten kommt es wahrscheinlich aufgrund einer Umwandlung der freien Glutaminsäure oder des freien Arginins zu Prolin im Verlaufe des enzymatischen Katabolismus (Ohshima und Mc Donald 1978).

Da die Zeitdauer zwischen dem Mähen und Konservieren des Futters wegen der Witterungsbedingungen auch bei derselben Konservierungsmethode sehr stark variieren kann, spielt dieses Zeitfenster in Bezug auf den Proteinabbau eine ausschlaggebende Rolle (Rotz und Muck 1994). Die spätreif geschnittenen Futter sind blattärmer und weisen bereits einen etwas höheren Ausgangsgehalt an TS auf. Sie trocknen schneller

und folglich werden durch die Proteolyse nur geringere Verluste verursacht.

### Konservierungsmethode und AS-Gehalt im Rohprotein

Bei Betrachtung des AS-Profiles im Rohprotein jeder Futterkonserven lässt sich feststellen, dass das AS-Profil des umgehend tiefgefrorenen Futters mit dem des Grünfutters identisch ist, die AS-Profile der drei durch Trocknung konservierten Futter untereinander ähnlich sind (p=0,89) und sich das AS-Profil der Silage 30 % TS am häufigsten von denen der anderen Futterkonserven unterscheidet (Abb. 3). Bei den 18 AS treten in zwölf Fällen signifikante Unterschiede zwischen der Silage 30 % TS

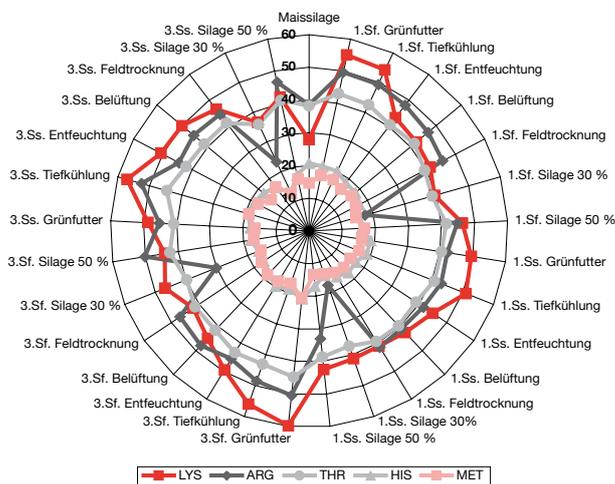


**Abb. 3. Aminosäurenprofile im Rohprotein der verschiedenen Futter.**

und den übrigen Futterkonserven auf. Am deutlichsten sind die Unterschiede verglichen mit dem tiefgefrorenen und dem ursprünglichen Futter. Besonders klar treten diese Differenzen in Bezug auf die Prolinkonzentration des Gesamtgehaltes an AS im RP der Silage 30 % TS hervor. Mit 11,7 % ist diese fast doppelt so hoch wie im Grünfütter (6,1 %).

**Abb. 4. Lysin-, Arginin-, Threonin-, Histidin- und Methioningehalte im Grünfütter und den verschiedenen Konserven sowie in Mais-Ganzpflanzensilage (in g / kg RP).**

Für diejenigen Aminosäuren, die bei der Milchkuh limitierend wirken (Lysin, Arginin, Histidin und Methionin), stellen Grünfütter und Grünfütterkonserven lediglich für Lysin und Arginin eine Ergänzung zur Maissilage dar.



Im Hinblick auf die drei übrigen AS-Gehalte existieren keine Unterschiede zwischen Grünfütter, den entsprechenden Futterkonserven und Maissilage.

### Entwicklung der Aminosäuren je nach Futterkonserve

Bei Betrachtung der 18 AS zeigt sich, dass die Schwankungen bei Prolin am grössten sind: in allen konservierten Futtern ist die Prolinkonzentration höher als im Ausgangsfütter, wie bereits erwähnt vor allem in den Silagen (+300 % in der Silage 30 % TS, spätreif im Jahr 2002).

Lysin ist die AS, welche insbesondere in jungem Futter am empfindlichsten reagiert. Durch die drei Trocknungsprozesse Entfeuchten, Heuboden- und Feldtrocknung, wurde das Lysin um 19 %, 28 % und 32 % in der TS abgebaut, in den beiden Silagen betrug der Verlust 22 % beziehungsweise 20 % in der Trockensubstanz.

Die Methionin-, Phenylalanin- und Leucingehalte wurden durch die Konservierungsart am wenigsten beeinflusst. Die übrigen AS befinden sich im mittleren Bereich, sie variieren ge-

ringfügig und von Konserve zu Konserve unterschiedlich.

### Schlussfolgerungen

Bei keiner der verschiedenen Konservierungsarten liessen sich AS-Verluste vermeiden. Das Tiefgefrieren, welches mit den geringsten Abbauprozessen verbunden ist, bleibt dem Versuchswesen vorbehalten. Für die Praxis erweisen sich die Trocknungsmethoden, welche die Eigenschaften des Futters am besten bewahren und den Wassergehalt beziehungsweise bei den Silagen den pH-Wert rasch senken, als am wenigsten nachteilig.

Im Allgemeinen unterscheiden sich die umgehend durch Tiefgefrieren oder Entfeuchten konservierten Futter im Bezug auf die Gehalte am geringsten vom Ausgangsfütter. Die grössten Abweichungen lassen sich zwischen dem auf dem Feld getrockneten Futter und der mit 30 % TS hergestellten Silage feststellen. Dies ist im ersten Fall mit den Bröckelverlusten und bei der Silage mit den enzymatischen Abbauprozessen zu erklären.

Futter sollte jung konserviert werden, da das Entwicklungsstadium der Pflanzen den Gesamtgehalt an AS in der TS beeinflusst. Über 30 Tage altes Futter des 1. Schnitts verliert an die 50 % und Futter des 3. Schnitts fast 30 % seiner AS in der Trockensubstanz.

Ein sorgfältiger Umgang mit dem Futter vom Mähen bis zum Anwelken spielt eine grosse Rolle. Blätter und deren Nährstoffe sollten möglichst schonungsvoll behandelt werden. Dies ist wichtiger als die Konservierungsmethode an sich.

Eine optimale und schnelle Trocknung garantiert eine nur schwach ausgeprägte Proteolyse und minimale Aminosäureverluste. Die Gehalte weichen so nur geringfügig von denen des Ausgangsfutters ab.

Die Konservierungsmethode kann das Ausgangsfutter nicht verbessern. Es gilt, die Verluste möglichst tief zu halten. Folglich

ist es entscheidend, eine Konservierungsmethode zu wählen, die zum zu konservierenden Produkt passt. Das heisst, aufwändigere Konservierungstechniken wie Heubelüftung sollten qualitativ hochwertigem Futter vorbehalten sein. Besonders bei Extensivfutter sind wirtschaftlichere Konservierungsmethoden (Feldtrocknung) anzuwenden, ohne aber die Qualität des Futters noch zusätzlich zu beeinträchtigen.

### Literatur

- Brady C. J., 1960. Redistribution of nitrogen in grass and leguminous fodder plants during wilting and ensilage. *J. Sci Food Agric.* **11**, May, 276-284.
- D'Mello J. P. F., 2003. Amino acids in animal nutrition, CABI Publishing Wallingford, UK, 513 p.
- Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C. & Besle J.-M., 1995. Nutrition des ruminants domestiques, ingestion et digestion. INRA Edition, Paris, 48-52.

■ McPherson H. T., 1952. Changes in nitrogen distribution in crop conservation. Protein breakdown during wilting. *J. Sci Food Agric.* **3**, August, 365-367.

■ Mosimann E., 2000. Mélanges standard pour la production fourragère, Révision 2001-2004. *Revue suisse Agric.* **32** (5), I-XII

■ Ohshima M. & Mc Donald P., 1978. A Review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci Food Agric.* **29**, 497-505.

■ Rotz C. A. & Muck R. E., 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Forage Quality, Evaluation and utilization, 13-15 April 1994, University of Nebraska, Lincoln, USA, 828-868.

■ Rulquin H. & Champredon C., 1987. Les acides aminés dans l'alimentation des ruminants. *Bull. Tech. C.R.Z.V.* **70**, 99-104.

■ Vérité R. & Peyraud J.-L., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins, R. Jarrige. INRA, Paris, 75-80.

## RÉSUMÉ

### Influence du mode de conservation sur la teneur en acides aminés des fourrages

Les teneurs en acides aminés (AA) de 42 fourrages ont été analysées. Durant trois ans, de l'herbe issue d'une même parcelle a été récoltée à différents cycles et à deux stades de développement distincts de 30 jours. Dès la fauche, les fourrages ont été conditionnés pour être conservés par congélation (-20°C), par déshumidification (air à 30°C, humidité relative <45%), par séchage en grange, par séchage au champ, par ensilage à 30% de matière sèche (MS) et par ensilage à 50% MS.

Le mode de conservation ne différencie pas statistiquement les teneurs en AA totaux dans la MS. Mais pris individuellement certains AA induisent des différences significatives, principalement entre l'ensilage 30% de MS et les autres conserves. Aucune conserve n'a pu éviter des pertes en AA. La congélation, le procédé le moins dégradant, reste réservé au domaine expérimental. Pour les ensilages, un taux d'humidité élevé associé à un pH insuffisamment bas occasionne des dégradations des protéines et des modifications des profils en AA. Les ensilages présentaient une teneur élevée en proline au détriment de l'acide glutamique et aspartique. Pour la pratique, les procédés par séchage qui respectent au mieux le fourrage s'avèrent les moins dommageables.

## SUMMARY

### Effect of cut number, stage of maturity and method of conservation on amino acid contents of forages

The amino acid (AA) contents of 42 forages were analysed. During three consecutive years, forage samples from the first and third cut were collected at two stages of maturity (30 days apart) on the same experimental plots. After cutting, the forage samples were either frozen (-20°C), artificially dried (forced air at 30°C, <45% relative humidity), wilted on the field and subsequently barn dried, field dried, ensiled with a dry matter (DM) content of 30% or ensiled with a DM content of 50%. The method of conservation had no effect on total AA content in DM. However, when considered individually, the contents of certain AA showed significant differences among methods of conservation, particularly between ensiling at 30% DM and the remaining methods of conservation. In silages, a high moisture content associated with an insufficiently low pH, resulted in a pronounced degradation of proteins and modification of the AA profile. Compared to the other conservation methods, ensiling increased the proportion of proline and decreased the proportions of glutamic acid and aspartic acid. Any of the conservation methods could prevent losses of AA. Freezing resulted in the smallest losses, but this conservation method can only be applied in research. For application in practice, careful drying methods proved to be the least damaging.

**Key words:** amino acids, conservation, forages, maturity.