

# Nachhaltige Alpfung von Milchkühen und Mutterkühen: Auswirkungen auf Leistung, Stoffwechsel und Stickstoffverwertung

F. SUTTER

## Einleitung

Unter Alpfung versteht man die in den regulären Betriebsablauf eingegliederte Haltung von Nutztvieh auf den Gebirgsweiden während einer durch die Vegetationszeit sehr begrenzten Dauer. Milchkühe und Aufzuchtrinder werden in Europa, vor allem im Alpenraum, in Höhenlagen bis etwa 2500 m gehalten, während in Südamerika und Asien Tiere bis in Höhen von 4000 m ü.M. weiden. In der Schweiz ist etwa ein Drittel der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche alpwirtschaftlich genutzte Fläche. Fast 27% des Rindviehbestandes werden gealpt (BFS, 1997).

Die Alpfung hat vor allem einen wirtschaftlichen Zweck, nämlich die Ausnutzung des Weidelandes hochgelegener Gebiete durch wiederkäuende Nutztiere für die Produktion von tierischem Eiweiß. Neben der Entlastung der Talbetriebe in der arbeitsreichen Sommerzeit durch das weitverbreitete Pensionshaltungssystem bei der Alpfung ist die Förderung der Gesundheit und der Konstitution der Tiere hervorzuheben, was besonders für die vor dem ersten Kalb gealpten Kühe zutrifft (PIRCHNER und SUTTNER, 1977). Mit der Sömmerung der Tiere vergrößert ein Betrieb nicht nur seine landwirtschaftliche Nutzfläche, er reduziert mit jedem gealpten Tier auch die Düngerbelastung pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche auf seinem Heimbetrieb. Steigende Bedeutung haben heute auch Aspekte der Pflege und der Offenhaltung der Kulturlandschaft mit ihrer vielseitigen Funktion als Ferien- und Erholungsgebiet, wie auch die mit der Alpfung verbundene gelebte Tradition.

Aufgrund einer fortschreitenden Intensivierung und Leistungssteigerung in der Milchproduktion werden auch immer höherleistende Milchkühe auf Alpwei-

den gehalten. Eine bedarfs- und tiergerechte Ernährung der Kühe zu jedem Zeitpunkt der Laktation ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erhalt einer hohen Milchleistung und einer guten Fruchtbarkeit. Die Qualität der Milch wie auch der Umfang der ausgeschiedenen Exkremente und somit die Umweltbelastung werden durch die Fütterung maßgeblich beeinflusst. Mit der allgemein zunehmenden Bedeutung von Mutterkuhhaltungsverfahren werden auch immer mehr Mutterkühe und Kälber auf Alpweiden gehalten. Eine nachhaltige Alpweidewirtschaft erfordert, daß neben ökonomischen Aspekten, welche auch die tiergesundheitlichen Gegebenheiten einschließen, vermehrt auch ökologische Prinzipien beachtet werden. Daher soll das komplexe System der Alpfung von Kühen im folgenden kritisch bezüglich den Einflüssen auf die Leistung, den Stoffwechsel und die Stickstoffverwertung der Tiere beleuchtet werden. Dabei werden besonders Resultate aus Versuchen dargestellt, die auf der ETH-Versuchsalp Weissenstein im Kanton Graubünden auf 2000 m ü.M. durchgeführt wurden.

## Besonderheiten der Alpfung

Mit dem Alpauftrieb werden die Tiere einer plötzlichen und radikalen Veränderung ihrer Umwelt unterworfen. Bereits während des mehrstündigen Transportes sind die Tiere einem großen Streß ausgesetzt (SUTTER et al., 1997). Auf der Alp selbst können dann verschiedene Umweltfaktoren belastend auf die Kühe und deren Leistung einwirken.

## Klimatische Einflüsse

Unter den klimatischen Faktoren spielt die verminderte Sauerstoffkonzentration infolge des tieferen Luftdrucks eine wesentliche Rolle. Diesem Faktor sind die

Tiere überall und zu jeder Zeit ausgesetzt. Die Rinder reagieren darauf mit einer Erhöhung des Hämoglobingehaltes, des Hämatokrits und einer Vermehrung der Erythrozytenzahl (BIANCA und HAYS, 1977). Zwei weitere wichtige Faktoren sind die im Vergleich zum Tal tiefere Temperatur und die trockenere Luft. Während die Temperatur nicht nur mit tieferen Durchschnittstemperaturen als im Tal, sondern insbesondere mit großen Temperaturschwankungen im Tages- und Nachtzyklus (Frost) auf das Tier einwirkt, kann die reduzierte Luftfeuchtigkeit unter gewissen Umständen zu Reizungs- und Austrocknungserscheinungen führen. Intensive UV-Strahlung kann an unbehaarten, schlecht pigmentierten Körperstellen zu Hautschäden führen. Auch Niederschläge und Wind nehmen mit der Höhe zu. Ein Maß für die kombinierte Wirkung der Klimafaktoren Lufttemperatur, Wind, Strahlung und Niederschläge ist die sogenannte Abkühlungsgröße, die mit dem "Davoser Frigorimeter" gemessen werden kann. Sie ermöglicht Aussagen über die eigentliche Kältebelastung der Weidetiere, der diese im Freien ausgesetzt sind. Messungen der Abkühlungsgröße auf der Alp Weissenstein (2000 m ü.M.) erreichten Werte, welche diejenigen im Tal (gemessen auf 400 m ü.M.) durchschnittlich um mehr als das Doppelte übertrafen (CHRISTEN et al., 1996).

## Topografische Einflüsse

Bei der freien Futtersuche auf der Alp leisten die Tiere Bewegungsarbeit. Dies erfordert im Vergleich zu einer Talweide wesentlich mehr Energie (BIANCA, 1977), da die Alpweiden normalerweise durch eine größere Steilheit des Geländes, durch größere Weidedistanzen (geringere Futterdichte) und den geringeren Sauerstoffpartialdruck der Luft als im Flachland geprägt sind. Die Schwan-

**Autor:** Dr. Franz SUTTER, Institut für Nutztierwissenschaften, Tierernährung, ETH-Zentrum/LFW, CH-8092 ZÜRICH

kungsbreite der in der Literatur zitierten Werte für den zusätzlichen Energiebedarf bei Weidehaltung ist je nach Meereshöhe, Geländeneigung und Klima sehr groß. In Untersuchungen, die auf der Alp Weissenstein durchgeführt wurden, berechneten CHRISTEN et al. (1996) einen zusätzlichen Energiebedarf von bis über 100% des im Tal gültigen Erhaltungsbedarfs. Im Zuge der Adaption verringert sich dieser zusätzliche Bedarf zwar etwas, aber bis zur Ausbildung dieser Adaption verstreicht bereits ein großer Teil der Alpperiode.

### Futterangebot und -qualität

Die Zusammensetzung des Futters auf Alpweiden ist im Vergleich zu Talweiden meist sehr vielseitig. WELTER (1996) charakterisierte den Pflanzenbestand auf der Alp Weissenstein trotz relativ intensiver Beweidung als artenreich. Der Bestand setzte sich zu 45% aus Gräsern (10 Arten), zu 25% aus Leguminosen (8 Arten) und zu 30% aus Kräutern (23 Arten) zusammen. Die Qualität des Futters (Energie- und Nährstoffgehalt) ist gekennzeichnet durch im Vergleich zum Tal überdurchschnittlich günstige Werte zu Beginn der Alpsaison, die aber im weiteren Verlauf der Vegetation langsam abnehmen. Umgekehrt verhalten sich die Trockensubstanz- und die Ligningehalte. Sie nehmen im Laufe der Alpperiode zu und erreichen Werte, die nahezu dem Doppelten der Talwerte entsprechen (MESSIKOMMER, 1987; CHRISTEN und KUNZ, 1991). Die Möglichkeit zur freien Selektion aus einer Vielzahl von Arten erlaubt den Tieren aber die bevorzugte Aufnahme der höherverdaulichen Pflanzen, wie CHRISTEN (1992) anhand des Vergleichs von weidenden und im Stall gehaltenen Tieren auf dem Alpbetrieb zeigen konnte. Sowohl Milchkühe als auch Mutterkühe und ihre Kälber bevorzugten Gräser gegenüber Leguminosen, während sich die Selektivität bei den Kräutern indifferent verhält (Tabelle 1). Die relativ hohe Kräuteraufnahme gegenüber den Leguminosen dürfte dabei an dem sehr reichhaltigen Kräuterangebot liegen, das den Tieren eine große Auswahlmöglichkeit bot.

Trotz der Selektion höherverdaulicher Pflanzen kann aber der Energiebedarf der Tiere über die Weide allein zumin-

**Tabelle 1: Selektivität bei der Futteraufnahme von Milchkühen und Mutterkühen auf der Alpweide (nach WELTER, 1996)**

	Angebot	Aufnahme	
		Milchkühe	Mutterkühe und Kälber
Gräser, %	45	68	66
Kräuter, %	25	23	25
Leguminosen, %	30	9	8

dest bei höherer Leistung oft nicht gedeckt werden. Ergänzungs- und Ausgleichsfutter sind meist nicht vorhanden. Erschwerend kommt noch hinzu, daß die Verfügbarkeit von Wasser regional sehr eingeschränkt sein kann.

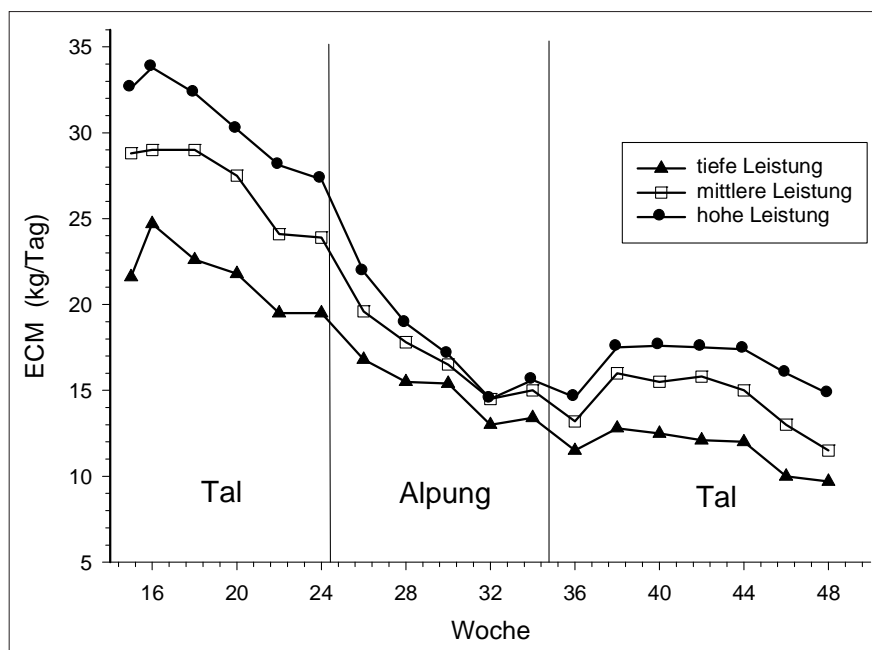
### Auswirkungen auf die Leistung

#### Milchleistung

Die Alpfung hat bei Tieren mit mittlerer und höherer Leistung in der Regel eine ungünstige Wirkung auf die Milchleistung. Besonders ausgeprägt ist der Einbruch der Milchleistung in den ersten Tagen nach dem Alpauftrieb. In der Untersuchung von CHRISTEN et al. (1996) betrug der sofortige Leistungseinbruch nach der Alpauffahrt etwa 18% der mittleren Leistung der zwei vorhergehenden Wochen im Tal. Im weiteren Verlauf sank die Milchleistung kontinuierlich ab und betrug nach acht Wochen Alpweidehaltung durchschnittlich noch knapp 50% der Ausgangsleistung. Bei den Kühen im Tal würde man ansonsten während die-

ser Zeitspanne einen Leistungsrückgang von etwa 20-25% erwarten.

Verschiedene andere Studien zeigen, daß bei der Alpfung von Milchkühen die Milchleistung besonders stark abfällt, wenn die Kühe ein hohes Leistungspotential aufweisen (HAGGER, 1979; ZEMP et al., 1989a). Dies kann durch eine hohe genetische Leistungsveranlagung und/oder durch den Abkalbezeitpunkt bedingt sein. HAGGER (1979) konnte zeigen, daß der negative Effekt der Alpfung auf die Milchleistung mit steigender Zeitdauer vom Abkalben bis zum Alpauftrieb abnimmt. Im Versuch von ZEMP et al. (1989a) reagierten Tiere aus der höchsten Leistungsgruppe in der Milchleistung viel deutlicher auf den Einfluß der Alpfung als diejenigen einer mittleren oder tiefen Leistungsgruppe (Abbildung 1). Dieser Leistungsrückgang auf der Alp konnte selbst in der nachfolgenden Talperiode nicht wieder vollständig ausgeglichen werden (Tabelle 2). Trotz des Wiederanstiegs der Milchleistung nach der Alpperiode konnte nämlich das Leistungsniveau der



**Abbildung 1: Einfluß der Alpfung auf den Laktationsverlauf (ZEMP et al., 1989a)**

durchgängig im Tal gehaltenen Kontrollgruppe nicht mehr erreicht werden. Die Leistungseinbuße betrug auf die ganze Laktation bezogen 256 kg ECM für die Gruppe mit tiefer Leistung, 602 kg ECM für die mittlere Gruppe und 1024 kg ECM für die Gruppe mit hoher Leistung gegenüber entsprechenden Talgruppen mit gleicher Ausgangsleistung.

Diese Leistungseinbrüche werden häufig mit den ungünstigeren Fütterungsbedingungen auf der Alp im Vergleich zum Tal begründet. Tatsächlich müssen die Tiere einen erhöhten Energiebedarf decken und haben dafür fast ausnahmslos nur Gras zur Verfügung. Der erhöhte Energiebedarf resultiert hauptsächlich aus der erhöhten physischen Aktivität zur Futtersuche und -aufnahme, dem geringeren Sauerstoffpartialdruck sowie dem zusätzlichen Energiebedarf zur Thermoregulation. Zu Beginn der Alp-saison ist jedenfalls nicht eine schlechtere Qualität des Weidefutters primäre Ursache des Leistungseinbruchs.

### Milchinhaltsstoffe, Milchqualität

Die Alpfung beeinflusst zumeist auch die Milchinhaltsstoffe (Tabelle 2). Ein deutlicher Anstieg des Milchfettgehaltes zu Beginn der Alpfung konnte in verschiedenen Untersuchungen beobachtet werden (KUNZ et al., 1987; ZEMP et al., 1989a; CHRISTEN et al. 1996). Der Grund hierfür dürfte hauptsächlich die erhöhte Fettmobilisation zur Deckung des gestiegenen Energiebedarfes während der Anfangsphase sein. Aber auch der rasch zunehmende Rohfasergehalt des Alpfutters im Verlauf der Alpperiode (MESSIKOMMER, 1987) dürfte über die Verschiebung des Acetat-Propionat Verhältnisses im Pansen einen Einfluß auf den Fettgehalt der Milch haben. BIANCA und PUHAN (1974) konnten sogar in ihrer Untersuchung mit Milchkühen, in der sie mit einer klimatisierten Unterdruckkammer Höhenlagen von 4000 m ü.M. simulierten, eine Erhöhung des Fettgehaltes und eine Abnahme des Eiweißgehaltes der Milch nachweisen (Tabelle 2).

Für die, abgesehen von einer geringfügigen Erhöhung zu Beginn der Alpsaison, eher tiefen Proteingehalte der Milch (Tabelle 2) dürfte hauptsächlich die ungenügende Energieversorgung der Tiere verantwortlich sein. Die mit einem ge-

**Tabelle 2: Versuchsergebnisse zum Einfluß der Alpfung von Milchkühen auf Milchleistung und Milchinhaltsstoffe**

Situation	Versuchsgruppe	Milch (kg)	Fett (%)	Protein (%)
Alpungsversuch mit Kontrollgruppe im Tal (ZEMP, 1985)				
<b>Talperiode</b> (* 1983/84)	Alpgruppe	28.0	4.16	3.39
	Kontrollgruppe	28.0	4.10	3.43
<b>Alpperiode</b> (* 1983/84)	Alpgruppe	17.0	4.14	3.18
	Kontrollgruppe	21.7	3.83	3.25
Alpungsversuch mit Stall- und Weidehaltung (CHRISTEN et al., 1996)				
<b>Tal</b>	Stall	29.4	3.94	3.09
	Weide	27.1	3.98	3.08
<b>Alpperiode</b>				
Woche 1	Stall	25.1	4.83	3.15
	Weide	22.4	4.39	3.09
Woche 2/3	Stall	21.3	4.24	2.85
	Weide	19.3	4.09	2.87
Woche 8	Stall	15.7	3.99	2.71
	Weide	11.7	3.78	2.81
Höhensimulation in klimatisierter Unterdruckkammer (BIANCA und PUHAN, 1974)				
<b>Vorperiode</b>				
(400 m ü.M.)	Kontrolltiere	12.5	3.93	3.42
(400 m ü.M.)	Höhentiere	15.3	3.58	3.43
<b>Hauptperiode</b>				
(400 m ü.M.)	Kontrolltiere	12.4	3.73	3.41
(4000 m ü.M.)	Höhentiere	12.7	3.67	3.27

ringeren Proteingehalt verbundene schlechtere Labgerinnungsfähigkeit (KREUZER et al., 1996) wird den Ansprüchen der Käseereien nicht gerecht, die gerade bei der Käseherstellung ein gutes Labgerinnungsverhalten und eine hohe Käseausbeute fordern. Auch aus diätetischer Sicht wäre eher ein höherer Eiweißgehalt und ein niedrigerer Fettgehalt der Milch wünschenswert. Die Zufütterung von Energiekonzentrat auf der Alpweide könnte möglicherweise aufgrund der positiven Zusammenhänge zwischen Energieaufnahme und Milchproteingehalt eine Erhöhung des Proteingehaltes der Milch bewirken.

## Auswirkungen auf den Stoffwechsel

### Transport

Der Transport der Tiere auf die Alp wird meistens mit Viehtransportern durchgeführt und dauert häufig mehrere Stunden. Während dieser Zeit sind die Tiere im Fahrzeug räumlich stark einge-

schränkt und verschiedenen weiteren Streßfaktoren wie Geräuschen, Bewegungen, Vibrationen ausgesetzt, die je nach Straßenverhältnissen und Fahrstil mehr oder weniger stark ausgeprägt sein können. Dazu kommt noch der Wasser- und Futterentzug während der Dauer des Transportes.

Die Tiere reagieren auf diese Streßeinwirkungen mit einem starken Gewichtsverlust, welcher nicht nur durch Exkrementabgabe zu erklären ist, und der Veränderung von verschiedenen streßrelevanten Blutparametern. KUNZ et al. (1987) konnten in ihren Untersuchungen mit Milchkühen bei einem 6-stündigen Transport vom Tal (400 m ü.M.) auf die Alp (2000 m ü.M.) eine Gewichtsabnahme von durchschnittlich 23 kg pro Tier messen, wovon 7.7 kg nicht in Form von Exkrementen verloren gingen. Der weitere Gewichtsverlust in den ersten zwei Wochen auf der Alp war mit 5 kg pro Woche gering, ehe sich das Gewicht stabilisierte und mit fortschreitender Alp-saison sogar wieder anstieg.

Die Auswirkungen des Transportes vom Tal (400 m ü.M.) auf die Alp (2000 m ü.M.) auf ausgewählte Stoffwechselfparameter im Blut während und nach dem Transport wurden von SUTTER et al. (1997) untersucht. Von den Blutparametern stieg das Plasma-Cortisol während des Transportes drastisch an und erreichte aber schon wenige Stunden nach Beendigung des Transportes wieder Werte wie vor dem Transport (*Tabelle 3*). Ebenso nahmen die Konzentrationen von L-Laktat, Glucose und die freien Fettsäuren (NEFA) im Plasma stark zu (*Tabelle 3*). Aber schon nach 1 - 3 Tagen wurden praktisch wieder Werte wie vor der Alpauffahrt gemessen. Diese kurzfristigen Anstiege sind charakteristisch für die Streßeinwirkung des Transportes (COCKRAM et al., 1996; SCHRAMA et al., 1996).

### Alpung

Im Gegensatz zu den kurzfristigen Streßeinwirkungen durch den Transport ist die Situation der Tiere auf der Alpweide durch andauernde Umweltveränderungen wie das raue Klima, das oft karge Futterangebot und die ungünstigen topografischen Verhältnisse geprägt. Unter diesen Verhältnissen ist es für die Kühe häufig nicht möglich, den erhöhten Energiebedarf über die reine Rauhfutteraufnahme zu decken, sodaß die Stoffwechselsituation zumindest in den ersten Wochen durch einen Energiemangel gekennzeichnet ist. Energiedefizite bei Milchkühen führen zu einer verstärkten Körperfettmobilisation mit ansteigenden Gehalten an freien Fettsäuren (NEFA) und Ketonkörpern im Blutplasma. Allerdings scheinen die Adaptationsmechanismen im fortgeschrittenen Laktationsstadium eher zu einer raschen Verringerung der Milchleistung als zu einer längerfristigen Körperfettmobilisation zu führen (VAN DIJK, zitiert nach ZEMP et al., 1989a). Auch die Körpergewichtsveränderungen von gealpten Kühen zeigen nach einem sprunghaften Absinken beim Alpauftrieb und in den ersten Wochen keine großen Veränderungen im weiteren Verlauf der Alpperiode mehr (ZEMP et al., 1989a; CHRISTEN et al., 1996), was u.a. auf eine rasche Reduzierung der anfänglichen Körpersubstanzmobilisation hindeutet. Parallel dazu wurden in den Untersuchungen von

ZEMP et al. (1989b) und SUTTER et al. (1997) im Plasma der Kühe ansteigende NEFA- und Ketonkörperwerte beim Alpauftrieb und während der ersten 2 bis 3 Alpwochen mit anschließendem Abfall beobachtet (*Tabelle 3*).

Jedoch scheinen sich die Tiere sehr schnell zu adaptieren, indem sie innerhalb von ein paar Wochen mit einer raschen Milchleistungssenkung (ZEMP et al., 1989a; CHRISTEN et al., 1996) und einer gesteigerten Sauerstoffaufnahmekapazität des Blutes, verursacht durch höhere Hämatokritwerte (BIANCA und NÄF, 1979; ZEMP et al., 1989b), reagieren. Allerdings ist dieser Milchleistungsrückgang, der durch die Energiemangelsituation ausgelöst wird, zum Teil irreversibel (KIRCHGESSNER et al., 1986) und kann, wie vorher gezeigt, entsprechend im weiteren Laktationsverlauf im Tal nur teilweise kompensiert werden (ZEMP et al., 1989a).

Zu Beginn der Alpsaison spiegelt sich die belastende Wirkung der kalten Umgebungstemperatur auf den Organismus auch im Anstieg der Schilddrüsenhormone wider (*Tabelle 3*). Obwohl normalerweise die Plasmakonzentrationen dieser Hormone (T3, T4) bei einer energeti-

schon Unterversorgung eher abfallen (KUNZ et al., 1985), führt hier anscheinend die kalte Umgebung trotz Energiemangel zu einem erhöhten Energieumsatz der Tiere und somit zur höheren Wärmeproduktion (ORTIGUES und VERMOREL, 1996). Allerdings scheinen bereits nach einer Woche andere Adaptationsmechanismen die Körpertemperaturanpassung an die kalte Umgebung zu übernehmen. Dies dürfte der Grund dafür sein, daß ZEMP et al. (1989b) in ihrem Versuch keinen Konzentrationsanstieg der Schilddrüsenhormone feststellen konnten, da sie die ersten Blutproben erst 14 Tage nach der Alpauffahrt nahmen.

Die Untersuchung von Leberenzymen im Blutplasma von gealpten Kühen zeigte im Versuch von CHRISTEN (1992) zwar erhöhte Werte, die jedoch unter den klinischen Grenzwerten lagen und somit keine Leberschädigungen anzeigten. Die leicht erhöhte Plasmakonzentration von Cortisol während der ganzen Alpperiode (*Tabelle 3*) läßt allerdings auf chronisch einwirkende Streßfaktoren schließen (SUTTER et al., 1997).

Milchkühe können sich somit durch metabolische Veränderungen und die

**Tabelle 3: Einfluß der Alpung von Milchkühen auf ausgewählte Stoffwechselfparameter**

Parameter	Situation					
Alpungsversuch (Transport) (SUTTER et al., 1997)						
	Vor Transport	Während Transport	1-3 Tage nach Transport			
Cortisol, nmol/l	10.2	147	7.6			
NEFA, mmol/l	0.45	2.10	0.56			
T3, nmol/l	1.68	1.51	2.19			
T4, nmol/l	60.7	58.2	90.8			
Alpungsversuch mit Stall- und Weidehaltung (CHRISTEN, 1992; SUTTER et al., 1997)						
	Tal		Alp (1. Woche)		Alp (8. Woche)	
	Weide	Stall	Weide	Stall	Weide	Stall
Cortisol, nmol/l	4.6	10.1	16.3	10.7	39.8	37.1
NEFA, mmol/l	0.28	0.31	0.57	0.53	0.22	0.12
$\beta$ -HB, mmol/l	0.87	0.56	1.21	2.01	0.43	0.59
T3, nmol/l	2.13	2.10	2.19	2.31	1.93	1.88
T4, nmol/l	64.0	73.0	68.2	74.9	53.9	64.8
Alpungsversuch mit Kontrollgruppe im Tal (ZEMP, 1985)						
	Tal		Alp			
	Alpgruppe	Kontrollgruppe	Alpgruppe	Kontrollgruppe (Tal)		
NEFA, mmol/l	0.20	0.17	0.26	0.13		
$\beta$ -HB, mmol/l	0.55	0.57	0.55	0.48		
T3, nmol/l	2.56	2.85	1.98	2.39		
Hämatokrit, l/l	0.30	0.31	0.31	0.30		

Verringerung der Milchleistung an die extremen Bedingungen auf der Alp anpassen. Allerdings belegen langfristig veränderte Stoffwechselmetaboliten, wie z.B. das Cortisol, ein eingeschränktes Adaptationsvermögen von höherleistenden Kühen. Zudem beansprucht eine 2-3 Wochen dauernde Anpassungszeit doch einen großen Anteil der relativ kurzen Alpingperiode.

Mutterkühe dürften sich wegen des häufig geringeren Leistungspotentials etwas leichter adaptieren als höherleistende Milchkühe. Allerdings ist unklar, wie schnell sich die Kälber anpassen können. Zudem sind die Mutterkühe und Kälber dem Transportstreß gleichermaßen ausgesetzt wie die Milchkühe.

## Stickstoffverwertung

Die Beweidung des Aufwuchses von Alpflächen durch Weidetiere ist die kostengünstigste Nutzungsart. Allerdings sind die aufgenommenen Futterrationen bei alleinigem Weidefuttermittelverzehr oft nicht bedarfsdeckend und -gerecht. Der gezeigte erhöhte Energiebedarf von Milchkühen auf Alpweiden führt zu einem im Vergleich zum Tal erhöhten Futtermittelverzehr (CHRISTEN et al., 1996). So nehmen die Tiere, die mit dem Gras sowieso schon große Mengen an Rohprotein verzehren, welche im Stoffwechsel nicht gebraucht werden, noch höhere Überschüsse auf. Das Rohprotein des Grases hat eine hohe Abbaubarkeit und kann aufgrund von Energiemangel im Pansen nicht vollständig zur Mikrobenproteinsynthese herangezogen werden. Dieser überschüssige Stickstoff, abgebaut zu Ammoniak, muß dann unter zusätzlichem Energieaufwand in der Leber zu Harnstoff umgebaut und mit dem Harn wieder ausgeschieden werden. Die Stickstoffverwertung (gemessen als Milch-N / N-Aufnahme) der Milchkühe ist daher auf der Alpweide oft tief und liegt bei höherleistenden Kühen um die 20 - 30 %, bei niedriger Leistung sogar nur um die 15 - 20 % (CHRISTEN et al., 1996). Die Vergleichswerte der N-Verwertung der Tiere vor der Alpperiode im Tal waren mit durchschnittlich 35% deutlich höher.

Eine Verbesserung dieser schlechten N-Verwertung könnte möglicherweise durch eine Energiezulage (z.B. Maissila-

**Tabelle 4: Stickstoffbilanz von Milchkühen und Mutterkühen mit Kälbern bei Alping (nach SCHELLENBERG, 1996, neu berechnet)**

	Milchkühe	Mutterkühe und Kälber
N-Aufnahme, g/Tag	289 (100 %)	291 (100 %)
Kot-N, g/Tag	99 (34 %)	104 (36 %)
Harn-N, g/Tag	106 (37 %)	155 (53 %)
N im Produkt, g/Tag	85 (28 %)	32 (11 %)

ge, Maiswürfel, Energiekonzentrat) erreicht werden. VALK (1994) konnte in einem Versuch mit Milchkühen bei Grasfütterung im Tal durch die Zufütterung von Maissilage die N-Verwertung von 18 auf 27 % verbessern, wobei gleichzeitig die N-Ausscheidung über Kot und Harn um ca. 35 % vermindert wurde.

In einem ersten Versuch eines laufenden Forschungsprojektes im Rahmen des ETH-Polyprojektes "Nachhaltige Primärproduktion am Beispiel des Alpenraumes" (PRIMALP) wurde die N-Verwertung von Milchkühen und Mutterkühen mit Kälbern verglichen. Die Milchkühe (Braunvieh) und die Mutterkühe mit Kälbern (Angus) wurden zeitgleich auf der ETH-Versuchsalp Weissenstein (Graubünden, 2000 m ü.M.) gehalten. Die berechnete N-Verwertung betrug unter diesen Bedingungen für die Milchkühe 28 % (Tabelle 4). Die N-Verwertung der Mutterkühe mit Kälbern (N im Körperansatz der Kälber / N-Aufnahme) lag mit 11 % aufgrund der doppelten Umsetzung von Futter-N über Milch-N zu N-Ansatz wesentlich tiefer. Bei der alleinigen Betrachtung und Bewertung des Faktors Stickstoffverwertung sind in diesem Versuch die Mutterkühe mit Kälbern eindeutig schlechter zu bewerten als die Milchkühe.

Aus ökologischen Gründen ist eine schlechte Stickstoffverwertung auch dann problematisch, wenn auf den Flächen keine positive N-Bilanz vorliegt, was auf den meisten Alpweiden wegen des Verzichts auf mineralische N-Düngung der Fall ist. Überschüssiger Stickstoff, der hauptsächlich in Form von Harnstoff mit dem Harn ausgeschieden wird, ist nämlich ein potentieller Schadfaktor für die Umwelt, da auf der Weide ein Großteil des abgesetzten Harn-Harnstoffs besonders auch aufgrund der exponierten Klimabedingungen (Wind, Niederschläge, Einstrahlung etc.) in Form von Ammoniak in die Luft entweichen oder als Nitrat aus den oberen Bo-

denschichten ausgewaschen werden kann. Erschwerend kommt noch hinzu, daß Kot und Harn nicht gleichmäßig auf die Fläche verteilt abgesetzt werden, sondern daß die Tiere viel ausgeprägter als im Tal ein typisches Raumnutzungsverhalten zeigen. Die Lage der Wasserstellen, die Geländeneigung, die Verteilung von bevorzugten Vegetationstypen auf der Weide und der Tagesablauf im Verhalten der Kühe sind dabei die wichtigsten Faktoren. KÄUFERLE (1996) berechnete in einer Untersuchung mit schottischen Hochlandrindern (Alp Alma Fold, Arosio, Tessin, 1650 m Höhe) aus Punktbeobachtungen der Rinder beim Fressen und der Aufnahme der Kotverteilung im Feld eine Dichteverteilung. Lediglich 4 % der Gesamtfläche wurden von den Tieren häufig genutzt, 71 % blieben wenig genutzt und ca. 27 % blieben ungenutzt. Auf diese Weise kommt es lokal zu großen N-Überschüssen, während weite Bereiche der Flächen praktisch ungedüngt bleiben.

In einer gesamtökologischen Betrachtung ist allerdings auch die gewählte Beweidungsintensität (GVE/ha) sowie ggf. die notwendige Energie für den Milch(product)abtransport zu berücksichtigen. Diese Faktoren könnten sich bei einer Bewertung der Produktionssysteme eher günstig für die Mutterkuhhaltung auswirken.

## Schlussfolgerungen

Die Alping von Kühen ist ein sehr komplexes System mit Interaktionen zwischen Mensch, Tier und Umwelt. Dabei können die angestrebten Ziele jeweils sehr verschieden sein. Im Sinne einer nachhaltigen Alpbewirtschaftung gilt es nun, durch eine ausgeklügelte Strategie und die Berücksichtigung der jeweiligen Standortbesonderheiten eine bestmögliche Nutzung der Alpflächen durch angepaßte Produktionssysteme zu gewährleisten. Sicher werden gesellschaftliche Aspekte wie die Offenhaltung und Pfl-

ge der Kulturlandschaft mit all ihren Auswirkungen auf Ferien- und Freizeitwert, Erhaltung von typischen Landschaftsbildern und Verlangsamung der Entvölkerung wie auch ökologische Aspekte (Emissionen, Stoffkreisläufe) vermehrt berücksichtigt werden müssen. Weitere Untersuchungen sollen durch die Erfassung von quantitativen Daten Aussagen ermöglichen, unter welchen Bedingungen Milchkuh- oder die Mutterkuhhaltung das nachhaltigere System darstellt und inwieweit es sinnvoll ist, Ergänzungsfutter in verkehrsmäßig guterschlossenen Alpweiden einzusetzen. Gelingt es, diese vielseitigen Anforderungen soweit wie möglich gleichzeitig zu erfüllen, so wird auch die zukünftige Alpbewirtschaftung durch Nutztierhaltung und zum allgemeinen Nutzen sein.

## Literatur

- BFS (1997). Statistik der Schweiz. 7. Einblicke in die Schweizer Landwirtschaft. Bundesamt für Statistik, CH-3003 Bern, Schweiz
- BIANCA, W. (1977). Physiologische Einwirkungen der Alpengrazung auf das Rind. *Schriften der Schweiz. Vereinigung für Tierzucht* 52, 5-19.
- BIANCA, W. & HAYS, F.L. (1977). Vergleichende Untersuchungen am Rind bei Stallhaltung im Tal und auf der Alp sowie bei Weidehaltung auf der Alp. *Schweiz. Landw. Forschung* 16, 215-234.
- BIANCA, W. & NÄF, F. (1979). Response of cattle to the combined exposure, to diurnal temperature rhythm (-5 to 25°C) and to simulated high-altitude (4000 m). *J. Biometeor.* 23, 299-310.
- BIANCA, W. & PUHAN, Z. (1974). Untersuchungen über den Einfluß der Luftverdünnung auf einige physiologische Größen von Kühen sowie auf die Menge und Beschaffenheit der Milch. *Schweiz. Landw. Forschung* 13, 463-489.
- CHRISTEN, R.E. (1992). Die Adaptation von Hochleistungskühen an die Alpengrazung. Dissertation ETH Zürich Nr. 9773
- CHRISTEN, R.E. & KUNZ, P.L. (1991). Der Futterverzehr von laktierenden Kühen im Tal und auf der Alp. *Landwirtschaft Schweiz* 4, 311-315.
- CHRISTEN, R.E., KUNZ, P.L., LANGHANS, W., LEUENBERGER, H., SUTTER, F. & KREUZER, M. (1996). Productivity, requirements and efficiency of feed and nitrogen utilization of grassfed early lactating cows exposed to high alpine conditions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 76, 22-35.
- COCKRAM, M.S., KENT, J.E., GODDARD, P.J., WARAN, N.K., MCGILP, I.M., JACKSON, R.E., MUWANGA, G.M. & PRYTHERCH, S. (1996). Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport. *Animal Science* 62, 461-477.
- HAGGER, Ch. (1979). Der Einfluß der Alpengrazung auf die Milchleistung von Braunviehkühen. *Schweizer Landwirtschaftliche Monatshefte* 57, 363-370.
- KÄUFERLE, D. (1996). Einfluß von Schottischen Hochlandrindern auf eine subalpine Weide im Tessin. Diplomarbeit, Institut für Geobotanik, ETH Zürich
- KREUZER, M., VON SIEBENTHAL, A., KAUFMANN, A., RATZER, H., JAKOB, E. & SUTTER, F. (1996). Determination of the relative efficacy to enhance milk renneting properties of alterations in dietary energy, breed and stage of lactation. *Milchwissenschaft* 51, 633-637.
- KUNZ, P.L., CHRISTEN, R.E. & LEUENBERGER, H. (1987). Reaktion von laktierenden Kühen auf die Alpauffahrt und Adaptation auf der Alp. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 58, 48-49.
- MESSIKOMMER, R. (1987). Schätzung des Futterverzehrs von Kühen auf der Alpweide. Dissertation ETH Zürich
- ORTIGUES, I. & VERMOREL, M. (1996). Adaptation of whole animal energy metabolism to undernutrition in ewes: influence of time and posture. *Animal Science* 63, 413-422.
- PIRCHNER, F. & SUTTNER, K. (1977). Wirkung der Jungviehalpung auf Konstitution und Leistung. *Tierzüchter* 4, 148-150
- SCHELLENBERG, N. (1996). Vergleich der Futter- und Stickstoffverwertung von Milchkuhen auf Alpweiden. Diplomarbeit, Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich
- SCHRAMA, J.W., HEETKAMP, M.W., VERSTEGEN, M.A., SCHOUTEN, W.P., VEEN, F.V., HELMOND, F.A. & VANDER, V.F. (1996). Responses of young calves, on two levels of feeding, to transportation. *Animal Science* 63, 79-89.
- SUTTER, F., LANGHANS, W., KUNZ, P.L., LEUENBERGER, H., CHRISTEN, R.E. & KREUZER, M. (1997). Metabolic response of earlylactating cows to the conditions of high altitude pasturing. Abstracts EAAP - 48th Annual Meeting (van Arendonk, editor in chief), Vienna, Austria, 25-28 August 1997 Wageningen Pers 110
- VALK, H. (1998). Effects of partial replacement of herbage by maize silage on N-utilization and milk production of dairy cows. *Livestock Production Science* 40, 241-250.
- WELTER, C. (1996). Zusammensetzung des Futters von gealpten Milchkuhen und Mutterkühen. Diplomarbeit, Institut für Nutztierwissenschaften, ETH Zürich
- ZEMP, M. (1985). Einfluß der Alpengrazung auf produktions- und physiologische Parameter von Kühen mit mittleren bis hohen Milchleistungen. Dissertation ETH Zürich Nr. 7868
- ZEMP, M., LEUENBERGER, H., KÜNZI, N. & BLUM, J.W. (1989a). Influence of high altitude grazing on productive and physiological traits of dairy cows. I. Influence of milk production and body weight. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 106, 278-288.
- ZEMP, M., BLUM, J.W., LEUENBERGER, H. & KÜNZI, N. (1989a). Influence on high altitude grazing on productive and physiological traits of dairy cows. II. Influence on hormones, metabolites and haematological parameters. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 106, 289-299.