Zeitschrift: Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 118 (1976)

Heft: 4

Artikel: Physiologische Einwirkungen der Alpung auf das Rind

Autor: Hays, F.L. / Bianca, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-591086

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Schweiz. Arch. Tierheilk. *118*, 151–166, 1976

Aus dem Bioklimatischen Laboratorium am Institut für Tierzucht
Eidg. Technische Hochschule, Zürich

Physiologische Einwirkungen der Alpung auf das Rind

von F.L. Hays und W. Bianca[1]

Einleitung

In der Schweiz werden Rinder in Höhenlagen bis zu etwa 2500 m gealpt. Während des Alpaufenthaltes, namentlich in der ersten Zeit nach der Alpfahrt, findet bei wachsenden Tieren eine Verminderung der Körpergewichtszunahme statt. Diese dem Praktiker seit langem bekannte Tatsache ist durch zahlreiche Erhebungen, neuerdings diejenige von Zaugg (1975), statistisch belegt worden. Ebenso erfährt die Milchleistung auf der Alp eine Abnahme (Literaturangaben bei Bianca und Puhan, 1974).

Als Ursachen für diese Leistungseinbussen auf der Alp kommen mehrere Faktoren bzw. Kombinationen von solchen in Frage: Sauerstoffmangel, Kälte, Lufttrockenheit, ungenügende Nährstoffversorgung als Folge verminderter Menge und Güte des Weidefutters, sowie Energieverluste während der Laufarbeit beim Weidegang im steilen Gelände.

Jede Verbesserung der tierischen Produktion auf der Alp hat aber zur Voraussetzung, dass die limitierenden Faktoren erkannt werden können. Klimakammeruntersuchungen über den Einfluss des Sauerstoffmangels auf das Rind bei gleichzeitiger Neutralhaltung aller übrigen Höhenfaktoren deuten darauf hin, dass Sauerstoffmangel in Höhenlagen, wie sie bei der Alpung vorkommen, bei der Depression des Wachstums und der Milchleistung keine wesentliche Rolle spielt (Bianca, unveröffentlichte Untersuchungen; Bianca und Puhan, 1974).

Anderseits ist bekannt, dass Rinder bereits in Höhenlagen von 2500 m von der chronischen Bergkrankheit («brisket disease») befallen werden können. Laut Glover und Newson, welche die Krankheit schon 1917 beschrieben haben, können an ihr bis zu 1% aller in der Höhe gehaltenen Tiere zugrunde gehen. Weitere Beobachtungen über die chronische Bergkrankheit des Rindes, die allerdings meist in grösseren Höhen gemacht wurden, stammen von Hecht et al. (1962), Alexander und Jensen (1963), Will et al. (1962), Grover et al. (1963) und von Blake (1965).

Die äusseren Anzeichen der Krankheit sind: Abmagerung, struppiges Haarkleid, Durchfall, Atemnot, Husten, Ödeme in der Vorderbrust und cyanotische Schleimhäute. Die Entstehung der Krankheit wird auf die folgende

---

[1] Adresse: Prof. Dr. W. Bianca und Dr. F. L. Hays, ETH, Universitätstrasse 2, CH-8006 Zürich.

Kausalkette zurückgeführt: Sauerstoffmangel – Vasokonstriktion der kleinen Lungengefässe – Erhöhung des Blutdrucks in der Pulmonalarterie – Erhöhung der Arbeitsleistung und Vergrösserung der rechten Herzkammer – kongestives Herzversagen. In dieser Kette nimmt der Lungenhochdruck eine Schlüsselstellung ein.

Es erhob sich nun die Frage, ob unter den in der Schweiz erreichten Alpungshöhen, von bis zu etwa 2500 m, Anzeichen der chronischen Bergkrankheit feststellbar sind und ob der Rückgang der Wachstumsintensität der Tiere hiermit, und indirekt also mit Sauerstoffmangel, ursächlich in Zusammenhang steht.

Zur Beantwortung der Frage wurden 11 Rinder vor, während und nach einer Alpung auf 1700 bis etwa 2600 m Höhe auf physiologische Veränderungen untersucht, wobei im speziellen der Blutdruck in der Pulmonalarterie als Indikator für die chronische Bergkrankheit berücksichtigt wurde.

Methodisches

Versuchstiere

Es wurden gesamthaft 11 weibliche Rinder der Rassen Braunvieh, Simmental und Holstein verwendet. Alter und Gewichte der Tiere sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Versuchsanordnung

Diese ist in Abb. 1 wiedergegeben. Jedes Tier durchlief die nachfolgenden Versuchsbedingungen:

(a) 16 Wochen Stallhaltung im Tal (400 m Höhe).
(b) 4 Wochen Stallhaltung auf der Alp (2000 m Höhe).
(c) 12 Wochen Weidehaltung auf der Alp (1700–2600 m Höhe).
(d) 4 Wochen Stallhaltung auf der Alp (2000 m Höhe); gleich wie (b).
(e) 4 Wochen Stallhaltung im Tal (400 m Höhe); gleich wie (a).

In diesem Zeitraum wurden die Tiere gesamthaft 7mal untersucht. Vor jeder Untersuchung (die jeweils am Vormittag stattfand) wurden die Tiere mindestens 12 Stunden ohne Futter gelassen. Wasser stand dauernd zur Verfügung. Herzfrequenzen wurden morgens 06.00 im Stall gemessen, die übrigen Grössen anschliessend im Laboratorium.

Untersuchte Merkmale

Herzfrequenz:

Mit dem Stethoskop am stehenden, ruhigen Tier.

Blutdruck in der Pulmonalarterie:

Ein Swan-Ganz «flow directed»-Herzkatheter (Edwards Laboratories Inc., Santa Ana, California, Typ 7 F) wurde am stehenden Tier via Iugularvene in die Pulmonalarterie eingeführt. Der Blutdruck wurde mit einem Druckwandler (Statham Instruments, Hato Rey, Puerto Rico, Modell P 23 Db), einem Elektromanometer (Siemens) und einem Einkanalrekorder (Allco, Ballainvilliers, France, Typ ED 142 B) gemessen. Die Spitze des Katheters lag 12–16 cm dorsal des Sternums. Die Lage des Katheters in der Pulmonalarterie wurde anhand der typischen Druckausschläge am Rekorder überprüft.

Tab. 1 Rasse, Alter und Körpergewicht der Versuchstiere.

Bezeichnung	Rasse	Alter (Monate)	Körpergewicht (kg)
B_1	Braunvieh	14	316
B_2	Braunvieh	14	307
B_3	Braunvieh	11	254
B_4	Braunvieh	6	155
S_1	Simmentaler	15	347
S_2	Simmentaler	14	358
S_3	Simmentaler	14	345
H_1	Holstein	15	354
H_2	Holstein	14	344
H_3	Holstein	11	303
H_4	Holstein	7	143

Folgende Drucke wurden bestimmt:

(1) Mittlerer Pulmonalarteriendruck durch Integrierung auf dem Elektromanometer.
(2) Diastolischer Pulmonalarteriendruck durch Ablesung und Rekorderaufzeichnung.
(3) Systolischer Pulmonalarteriendruck gleich wie (2).
(4) Der Pulmonalkapillardruck wurde durch Aufblähen des Ballons am Katheterende und tieferes Einführen des Katheters in die Pulmonalarterie (bis zum Aufhören der Druckschwankungen) ermittelt.

Alle Druckmessungen wurden im Doppel ausgeführt.

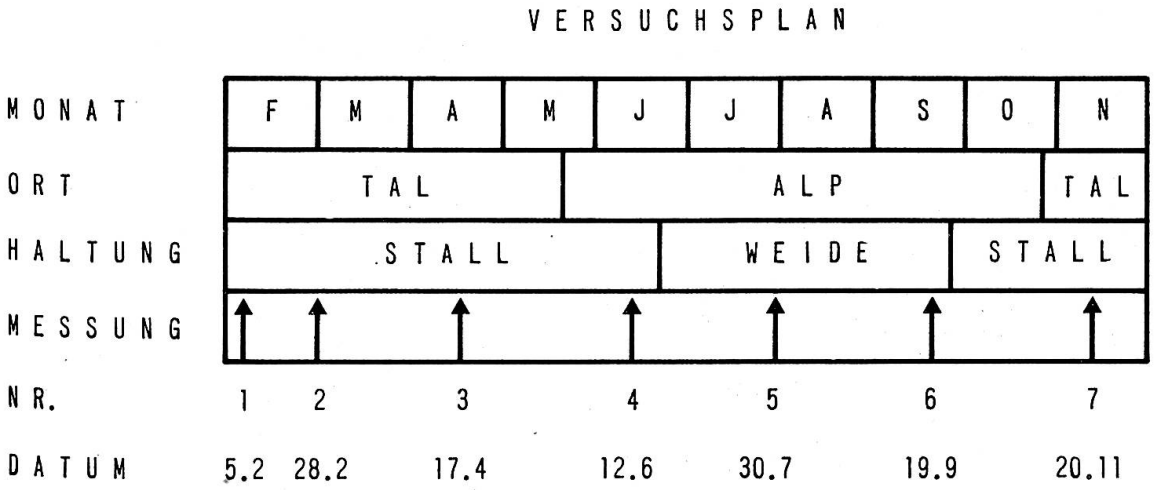

Abb. 1 Darstellung des Versuchsplans.

Blutgrössen:

Für die Bestimmung des Blut-pH wurde mit Hilfe einer Plastikspritze durch den Katheter eine anaerobe 2-ml-Blutprobe entnommen und sofort analysiert (pH-Meter

Metrom AG, Herisau, Schweiz, Typ E 388). Das Resultat wurde auf Körpertemperatur korrigiert (Rosenthal, 1948).

Die weiteren Blutuntersuchungen wurden an einer heparinisierten 30-ml-Blutprobe durchgeführt. Sie umfassten:

- Hämoglobin (Hämoglobin-Cyanid-Methode).
- Hämatokrit (Clay-Adams-Mikrozentrifuge, 5 Minuten bei 3000 T/min).
- Erythrozytenzahl (Coulter Counter, Typ D 1).
- Viskosität von Blut und Plasma (Coulter-Harkness-Viscosimeter, kalibriert mit einer 3,6%igen NaCl-Lösung).
- Mittleres Erythrozytenvolumen (MCV).
- Mittleres Hämoglobingewicht eines Erythrozyten (MCH).
- Mittlere Hämoglobinkonzentration eines Erythrozyten (MCHC).

Die drei letzten Grössen wurden berechnet.

Körpergewicht:

Dieses wurde mit Hilfe einer konventionellen Viehwaage bestimmt.

Verarbeitung der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden einer Varianzanalyse unterzogen, wobei als «Haupteffekte» die Perioden (Tal, Alp) und die Rassen (Braunvieh, Simmental, Holstein) eingesetzt wurden. Im weiteren wurden gepaarte t-Teste durchgeführt. Bezüglich der Grössen Blutviskosität, Plasmaviskosität und Hämoglobin wurde eine Korrelation und multiple Regressionsanalyse berechnet.

Ergebnisse

Mittleres Verhalten der 11 Tiere im Tal und auf der Alp

Tab. 2 Mittelwerte der untersuchten Merkmale im Tal (400 m) und auf der Alp (1700–2600 m).

Merkmal	Tal	Alp	Differenz
Herzfrequenz (Schläge/min)	71,0	64,9	−6,1*
Pulmonalarteriendruck (mmHg)			
mittlerer	26,4	26,6	+0,2 n.s.
diastolischer	13,3	11,5	−1,8*
systolischer	45,0	46,6	+1,6 n.s.
Pulmonalkapillardruck (mmHg)	23,8	21,9	−1,9 n.s.
Hämoglobin (g/100 ml)	10,89	11,83	+0,94*
Hämatokrit (%)	32,15	36,15	+4,00***
Erythrozytenzahl ($X10^6/mm^3$)	7,50	7,78	+0,28 n.s.
MCV (μ^3)	43,24	46,82	+3,58**
MCH (pg)	14,66	15,34	+0,68*
MCHC (%)	33,85	32,73	−1,12*
Blutviskosität (sec)	14,37	16,36	+1,99***
Plasmaviskosität (sec)	6,20	6,62	+0,42***
Blut pH (venös)	7,427	7,420	−0,007 n.s.
Körpergewichtszunahme[1] (kg/Tag)	0,62	0,10	−0,52***

[1] Nur von den 3 ältesten Tieren jeder Rasse *=P<0,05 **=P<0,01 ***=P<0,001

Herzfrequenz:

Die Herzfrequenz erfuhr auf der Alp eine Verkleinerung von 71,0 auf 64,9 Schläge/min, d.h. um 8%. Anfänglich, d.h. während der 4wöchigen Stallperiode auf der Alp, war die Herzfrequenz zwar noch hoch (72,2±1,7). Unter Weidebedingungen fiel sie dann in signifikanter Weise ($p < 0{,}01$) auf 60,5±2,5 ab (Abb. 2). Während der restlichen Alpungszeit blieb die Herzfrequenz tief.

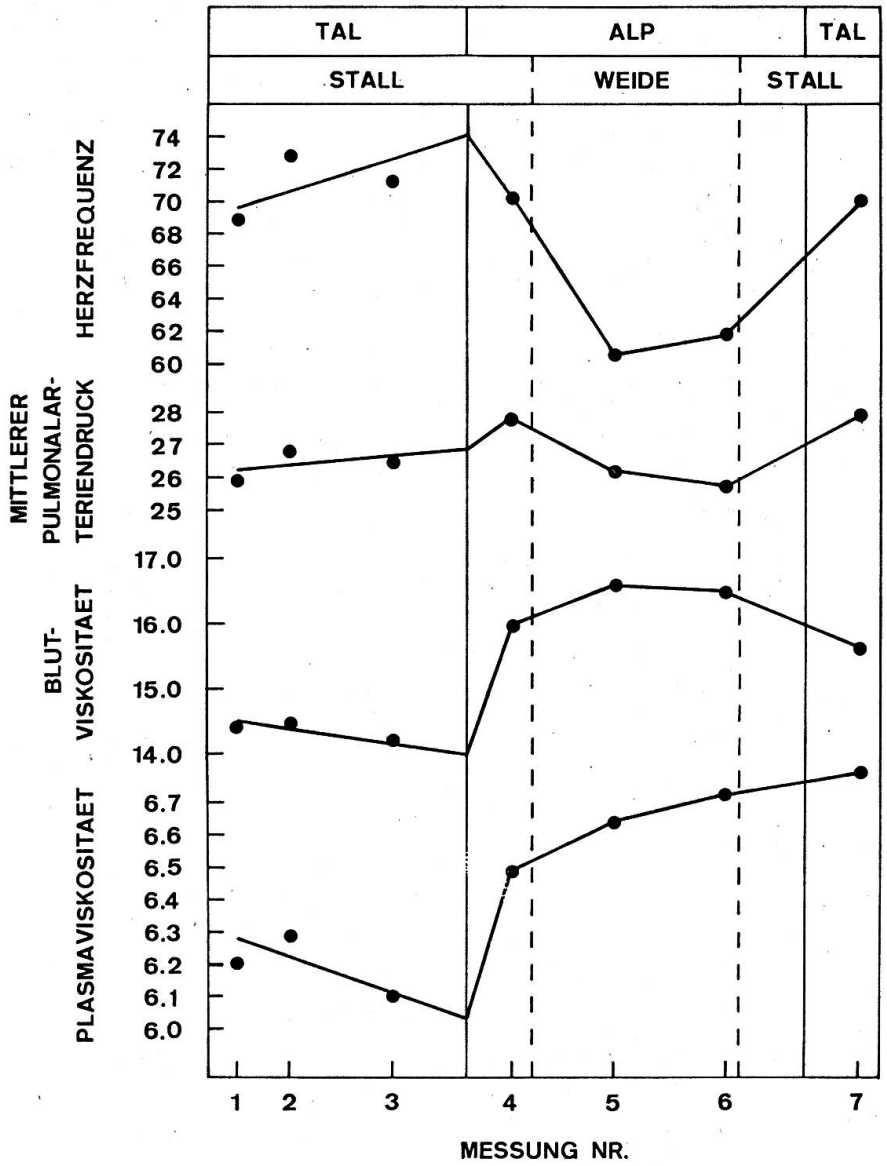

Abb. 2 Herzfrequenz (Schläge/min), mittlerer Pulmonalarteriendruck (mmHg), Blut- und Plasmaviskosität (sec), vor, während und nach der Alpung. Mittelwerte aus 11 Rindern.

Blutdruck in der Pulmonalarterie:

Mit Ausnahme des diastolischen Druckes, der auf der Alp um 1,8 mmHg tiefer war als im Tal ($p < 0{,}05$), zeigten die untersuchten Blutdrucke keine ge-

sicherten Veränderungen. Die Mittelwerte betrugen 26,5 beim mittleren Pulmonalarteriendruck, 45,8 beim systolischen und 22,8 mmHg beim Pulmonalkapillarendruck.

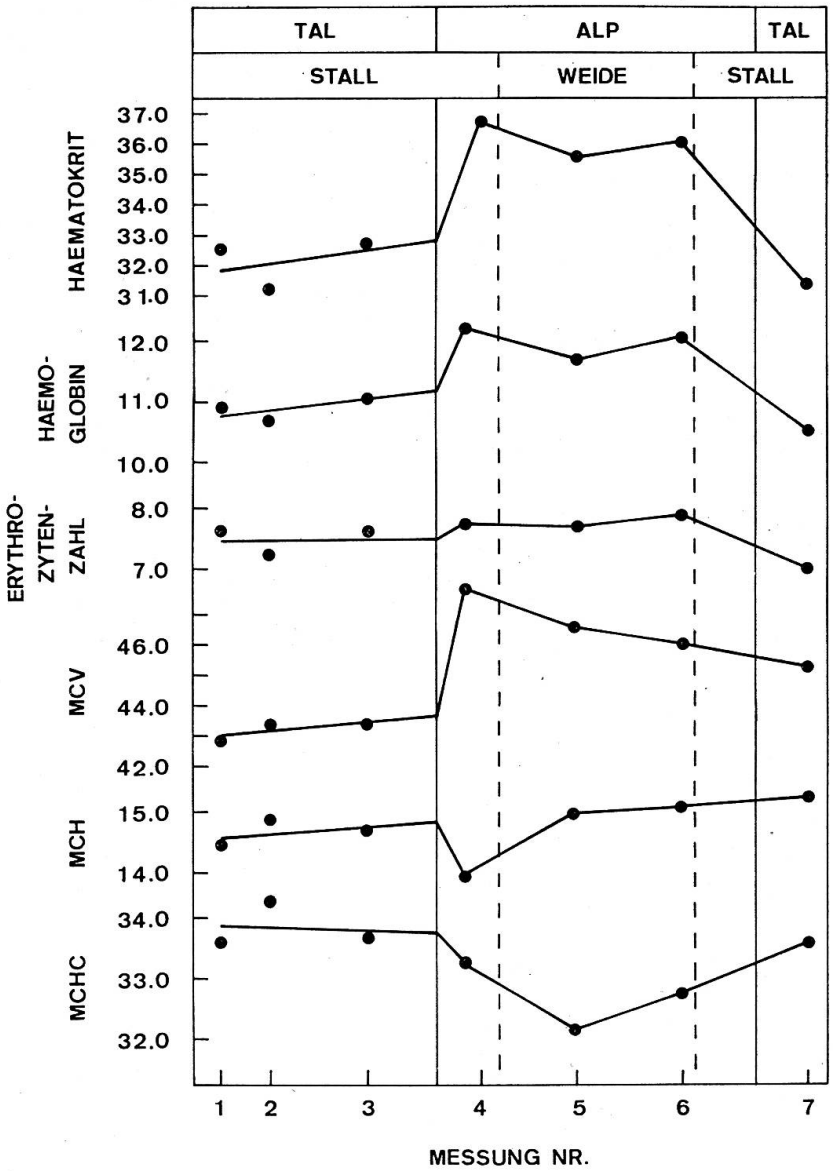

Abb. 3 Hämatokrit (%), Hämoglobin (g/100 ml), Erythrozytenzahl (Mill./mm³), mittleres Erythrozytenvolumen, MCV (μ^3), mittleres Hämoglobingewicht eines Erythrozyten, MCH ($\mu\mu$g) und mittlere Hämoglobinkonzentration eines Erythrozyten, MCHC (%), vor, während und nach der Alpung. Mittelwerte aus 11 Rindern.

Erythrozytenwerte:

Die Alpung führte zu einer Erhöhung des Hämoglobins (+9%) und des Hämatokrits (+12%).

Die Erythrozytenzahl erfuhr im Vergleich der Periodenmittel (Tal, Alp) keine statistisch gesicherte Veränderung. Sie zeigte jedoch auf der Alp eine

steigende Tendenz, die mit der Rückkehr ins Tal scharf in einen Abfall umschlug (Abb. 3).

Entsprechend diesen Befunden ergaben sich für die berechneten hämatologischen Indizes Zunahmen bei MCV (+5%) und MCH (+8%), aber eine Abnahme bei MCHC (–3%).

Die Blutviskosität zeigte auf der Alp eine Erhöhung um 14%. Über den ganzen Versuch verlief sie gleichsinnig mit dem Hämatokrit und Hämoglobin (Abb. 2), wobei der Hauptanstieg am Anfang, d.h. noch während der Stallhaltung auf der Alp, erfolgte.

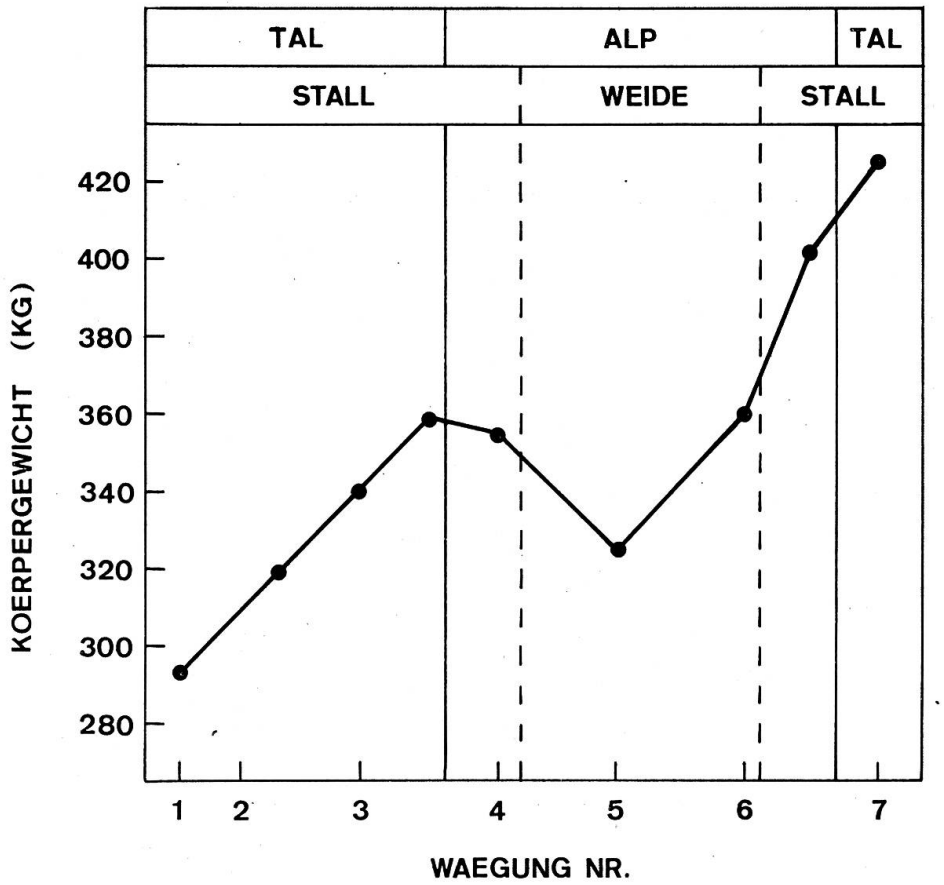

Abb. 4 Körpergewicht vor, während und nach der Alpung. Mittelwerte aus 11 Rindern.

Plasmaviskosität:

Auch diese stieg während der Alpung an und zeigte ihre stärkste Zunahme in den ersten Wochen nach der Alpfahrt. Der Gesamtverlauf der Plasmaviskosität folgte weitgehend demjenigen der Blutviskosität. Allerdings blieb sie im Gegensatz zur Blutviskosität, nach erfolgter Talfahrt erhöht (Abb. 2).

Blut-pH:

Diese Grösse blieb durch die Alpung unbeeinflusst und betrug im Mittel 7,424.

Körpergewicht:

Die mittlere tägliche Gewichtszunahme war während der Alpungsperiode geringer als während der ersten Talperiode (0,10 verglichen mit 0,62 kg/Tag). Dieser Wachstumsrückgang war jedoch die alleinige Folge des verminderten Wachstums während der ersten Zeit auf der Alp. Etwa 2½ Monate nach Weidebeginn hatten sich die Tiere wieder aufgefangen und verzeichneten anschliessend gleich hohe Wachstumsraten wie bei der Stallhaltung im Tal (Abb. 4).

Mittlere Veränderungen der 11 Tiere beim Übergang von der Alp zum Tal

Ein Monat nach der Talfahrt wurden die Tiere ein letztes Mal untersucht. Ein Vergleich dieser Werte mit den Werten, die bei der letzten Untersuchung auf der Alp (bei Stallhaltung) gewonnen worden waren, ergab die in Tab. 3 wiedergegebenen Veränderungen. Erwartungsgemäss kehrten die drei Erythrozytengrössen gegen die Norm zurück. Auffallend war der Anstieg der Herzfrequenz um durchschnittlich 8 Schläge/min.

Tab. 3 Merkmale, die von der letzten Alpmessung zur Endmessung im Tal statistisch gesicherte Veränderungen erfuhren (Mittelwerte aus 11 Tieren).

Merkmal	Veränderung	p
Herzfrequenz (Schläge/min)	+8	<0,01
Mittlerer Pulmonalarteriendruck (mmHg)	+2,1	<0,05
Hämoglobin (g/100 ml)	−1,3	<0,001
Hämatokrit (%)	−5,5	<0,01
Erythrozytenzahl (x 10^6/mm^3)	−0,85	<0,01
MCHC (%)	+0,83	<0,01
Blutviskosität (sec)	−0,85	<0,01
Blut-pH	+0,012	<0,05

Rassenvergleiche

Obwohl bei der kleinen Anzahl untersuchter Tiere Rassenvergleiche problematisch sind, wird nachfolgend eine Gegenüberstellung der drei Rassen vorgenommen, um möglicherweise gewisse Tendenzen aufzuzeigen.

Laut Tab. 4 ergaben sich als «Haupteffekte» über die gesamte Versuchszeit folgende Tendenzen: Das Braunvieh zeichnete sich aus durch eine hohe Herzfrequenz, tiefe Werte des diastolischen Pulmonalarteriendrucks und des Pulmonalkapillarendrucks sowie des Hämoglobins und des Hämatokrits. Das

Simmentalervieh hatte einen relativ tiefen systolischen Pulmonalarteriendruck, und die Holsteiner hohe Hämoglobinkonzentrationen.

Tab. 4 Merkmale der drei untersuchten Rassen während der gesamten Versuchszeit («Haupteffekte»). Zahlen mit den gleichen Buchstaben sind bezüglich statistischer Signifikanz unter sich nicht verschieden.

Merkmal	Rasse		
	Braunvieh	Simmental	Holstein
Herzfrequenz (Schläge/min)	70,8[b]	67,1[ab]	65,7[a]
Pulmonalarteriendruck (mmHg)			
mittlerer	25,9[a]	25,7[a]	27,7[a]
diastolischer	11,0[a]	13,5[b]	13,0[ab]
systolischer	46,1[a]	42,2	48,2[a]
Pulmonalkapillardruck (mmHg)	20,8[a]	25,3[b]	23,0[ab]
Hämoglobin (g/100 ml)	10,82[a]	11,27[a]	11,97
Hämatokrit (%)	32,77[a]	34,14[ab]	35,54[b]
Erythrozytenzahl (x 10^6/mm^3)	7,76[a]	7,58[a]	7,56[a]
MCV (μ^3)	42,77[a]	45,09[ab]	47,25[b]
MCH (pg)	14,17[a]	14,88[ab]	15,92[b]
MCHC (%)	33,10[ab]	33,02[a]	33,69[b]
Blutviskosität (sec)	15,28[a]	15,10[a]	15,64[a]
Plasmaviskosität (sec)	6,41[a]	6,37[a]	6,43[a]
Blut-pH (venös)	7,436[a]	7,418[a]	7,418[a]

Tab. 5 Körpergewichtsvergleiche zwischen den drei Rassen (von jeder Rasse die drei ältesten Tiere).

	Braunvieh	Simmentaler	Holstein
Alter bei Versuchsbeginn (Monate)	14, 14, 11	15, 14, 14	15, 14, 11
Gewicht bei Versuchsbeginn (kg)[1], Mittel ±SF	325,2[a] ±20,9	389,2 ±7,1	358,5[a] ±9,0
Mittlere tägliche Gewichtszunahme im Tal (kg/Tag)[2], Mittel ±SF	0,59[a] ± 0,04	0,58[a] ± 0,06	0,69[a] ± 0,08
Mittlere tägliche Gewichtszunahme auf der Alp (kg/Tag)[3], Mittel ±SE sowie Minimum u. Maximum []	0,29[a] ± 0,06 [0,18 bis 0,40]	0,25[a] ± 0,02 [0,23 bis 0,28]	0,05 ± 0,01 [–0,12 bis 0,12]

[a] = keine statistisch gesicherten Unterschiede zwischen den so bezeichneten Werten;
[1] = berechnet aus linearer Regression für Tag 0;
[2] = berechnet aus linearer Regression über 4 Versuchstage;
[3] = berechnet als Differenz zwischen dem ersten und letzten Alpwert.

Auf die Alpungsbedingungen reagierten die drei Rassen bemerkenswert einheitlich. Bei nahezu allen Merkmalen traten gleichsinnige Veränderungen von ähnlicher Grössenordnung auf.

Über das Verhalten des Körpergewichts bei den drei Rassen orientiert Tab. 5. Bei Versuchsbeginn waren die Simmentaler schwerer als die Braunvieh- und Holsteintiere (389 bzw. 325 und 358 kg). Die Gewichtszunahmen im Tal zeigten zwischen den Rassen keine statistisch gesicherten Differenzen, während sie auf der Alp bei den Holsteinern tiefer lagen als bei Braunvieh und Simmentalern (0,05 bzw. 0,29 und 0,25 kg/Tag).

Diskussion

Herzfrequenz

Die Alpfahrt, d.h. der kurzfristige Transport der Tiere von 400 auf 2000 m Höhe, führte zu keinerlei Veränderung der Herzfrequenz. Der erste Alpwert (der noch bei Stallhaltung gemessen wurde) war gleich hoch wie die Werte in der vorhergehenden Talperiode (Abb. 2). Es muss somit geschlossen werden, dass der in etwa 2000 m Höhe herrschende Sauerstoffmangel beim ruhenden Rind noch keine Beschleunigung der Herztätigkeit hervorruft.

In Versuchen, in denen Kälber in der Unterdruckkammer in 4 Stunden von 400 m auf eine simulierte Höhe von 5000 m gebracht wurden (Bianca und Espinosa, 1975), begann die Herzfrequenz in einer Höhe von etwa 2700 m anzusteigen und erreichte in 5000 m einen Wert von 102 Schlägen/min. Auch Kühe zeigten in grösseren Höhen (4000–4500 m) einen deutlichen, wenn auch vorübergehenden Anstieg der Herzfrequenz (Bianca und Puhan, 1974). Eine Studie von Ruiz et al. (1973), in welcher in 3400 m natürlicher Höhe bei Kälbern keine gesicherte Zunahme der Herzfrequenz gefunden wurde, steht hierzu wahrscheinlich nur in scheinbarem Widerspruch, denn die Ausgangsfrequenzen im Tal lagen (vermutlich als Folge von Aufregung der Tiere) bereits über 100, so dass ein höhenbedingter Anstieg nicht manifest wurde.

Als die Rinder auf die Weide kamen, fiel die Herzfrequenz um etwa 10 Schläge/min ab und verblieb auf diesem tieferen Niveau (Abb. 2). Der Befund einer Depression der Herzfrequenz des Rindes auf der Alpweide bestätigt die Ergebnisse von Krippl und Mitarbeitern (1961). Diese Autoren fanden bei Braunvieh eine Verminderung der Herzfrequenz um 34%, bei schwarzbuntem Niederungsvieh eine solche um nur 26%. Bei einzelnen der Tiere wurden auf der Alp Herzfrequenzen von der Grössenordnung 35 Schläge/min gezählt, was ausserordentlich tief erscheint.

Es ist möglich, dass die Verlangsamung der Herztätigkeit unter dem Einfluss des Alpweidegangs durch das Lauftraining im steilen Gelände verursacht wurde. Tatsächlich kennt man beim Menschen eine «Trainingsbradykardie», d.h. einen Zustand erniedrigter Ruheherzfrequenz als Folge körperlicher Übung (Grande und Taylor, 1965). Im weiteren konnte die Beobachtung gemacht werden, dass Rinder nach der Rückkehr von der Alp (1700–2600 m Höhe) ein

standardisiertes Laufpensum auf einem Laufband mit einer geringeren Herzbeschleunigung absolvierten als Vergleichstiere, die den Sommer bei Stallhaltung im Tal verbracht hatten (Hays, 1975). Die durch Training hervorgerufene Verminderung der Ruheherzfrequenz geht beim Menschen mit einer Erhöhung des Herzschlagvolumens einher.

Eine andere bzw. zusätzliche Erklärungsmöglichkeit für die erniedrigte Herzfrequenz der gealpten Tiere ist die, dass der Ruhestoffwechsel der Tiere, hauptsächlich als Folge einer geringeren Futteraufnahme auf der Alpweide, absank. Denn es ist bekannt und wurde auch bei Wiederkäuern nachgewiesen (Webster und Hays, 1968), dass die Herzfrequenz die Intensität des Stoffwechsels widerspiegelt und dass eine Verminderung der Futteraufnahme die Grösse des Stoffwechsels senkt (Blaxter, 1967). Für eine solche Erklärung sprächen auch der prompte Wiederanstieg der Herzfrequenz der Rinder nach ihrer Rückkehr zur Stallfütterung im Tal sowie die hohen Gewichtszunahmen in dieser Periode. Eine endgültige Klärung der Frage wäre durch Bestimmung des Ruhestoffwechsels gealpter und nicht gealpter Rinder zu erwarten.

Pulmonalarteriendruck

Der mittlere Pulmonalarteriendruck stieg während der Alpung nicht an (Tab. 2). In der zweiten Hälfte der Alpung zeigte er sogar die Tendenz eines Abfalls (Abb. 2), der nach der Rückkehr zur Stallhaltung im Tal in einen Wiederanstieg umschlug (Abb. 2). Bei den übrigen untersuchten Blutdrucken war nur beim diastolischen Pulmonalarteriendruck ein Abfall zu verzeichnen.

Es bestanden somit keine Hinweise darauf, dass die Rinder unter den Alpungsbedingungen des vorliegenden Versuches an chronischer Bergkrankheit litten. Der, wenn auch nur temporäre, Rückgang der Gewichtszunahmen der Tiere auf der Alp kann deshalb nicht dieser Krankheit angelastet werden.

Das Auftreten der chronischen Bergkrankheit des Rindes benötigt offenbar grössere Höhen und/oder schlechtere Bedingungen des Wetters, der Ernährung und der Haltung. So wurden in Höhen zwischen 3000 und 3850 m Anstiege des mittleren Pulmonalarteriendrucks auf Werte bis zu 75 mmHg festgestellt (Grover et al., 1963; Ruiz et al., 1973).

Erythrozytenwerte

Bei der Erythrozytenzahl war während der Alpung ein Anstieg nur andeutungsweise vorhanden, der allerdings nach der Talfahrt in einen starken Abfall umschlug (Abb. 3). Wesentlich stärkere Zunahmen, im Mittel 17%, wurden, ebenfalls unter natürlichen Sömmerungsbedingungen in ähnlichen Höhenlagen, durch Krippl und Mitarbeiter (1961) gefunden.

Die Zunahme des Hämoglobins (+9%) lag auch unterhalb der von Krippl und Mitarbeitern (1961) mitgeteilten Zunahme (+20%). Im übrigen war zu erwarten, dass im vorliegenden Versuch die Grösse des Anstiegs bei Hämoglobin und Hämatokrit nicht das Ausmass annehmen würde wie bei Rindern, die in wesentlich grösseren Höhen gehalten wurden; Grover et al. (1963);

Monge und Monge (1968); Bianca und Puhan (1974); Bianca und Espinosa (1975)

Der starke Anstieg des MCV am Anfang des Alpaufenthaltes (Abb. 3) könnte auf einer Zunahme der Reticulozytenzahl beruhen, eine Zunahme, die dann im weiteren Verlauf der Alpung in eine Abnahme umschlägt. Das MCH verlief spiegelbildlich zum MCV. Es deutet an, dass am Anfang der Alpung die Hämoglobinbeladung des einzelnen Erythrozyten vorübergehend mangelhaft war. Noch ausgeprägter war der Abfall des MCHC, der nahezu bis zur Hälfte des Alpaufenthaltes anhielt und sich erst anschliessend normalisierte. Dieser Umschlagpunkt des MCHC (Messung Nr. 5 in Abb. 3) fällt übrigens zeitlich mit demjenigen des Körpergewichts zusammen (Abb. 4). Es kann vermutet werden, dass die, hauptsächlich im ersten Drittel der Alpung vollzogene, Blutanpassung günstige Voraussetzung für eine gute Körperentwicklung der Tiere im weiteren Verlauf der Alpung geschaffen hat.

Viskosität von Blut und Plasma

Die Blutviskosität ist in erster Linie eine Funktion des Hämatokritwertes (Bonhoeffer und Eigler, 1961; Begg und Hearns, 1966), wobei die Grösse der Erythrozyten einen modifizierenden Einfluss ausübt (Stone et al., 1968). Sie wird aber auch durch die Viskosität des Plasmas beeinflusst (Mayer, 1966), die ihrerseits abhängig ist vom Wassergehalt des Plasmas und den Konzentrationen der einzelnen Proteinfraktionen (Gordon et al., 1974). Das Reibungsverhältnis ist bei Albumin 1,28, bei Makroglobulin 1,43 und bei Fibrinogen 1,98 (Schultze und Heremans, 1966). Beim normalen Rind ist das Albumin/Globulin/Fibrinogen-Verhältnis von der Grössenordnung 44/48/8% (Altman und Dittmer, 1961). Bei Rindern, die im Tiefland oder auf der Alp weiden, kann sich im Blut, wahrscheinlich als Folge einer verringerten Futteraufnahme (Weimer und Godfrey, 1964), eine Verkleinerung des Verhältnisses Albumin/Globulin einstellen (Gartner et al., 1966; Vlaicu et al., 1968). Im weiteren erfährt der Mensch in grosser Höhe eine Zunahme der Fibrinogenkonzentration (Singh und Chohan, 1974). Somit könnten sowohl eine mangelnde Ernährung als auch ein höhenbedingter Fibrinogenanstieg zu einer Erhöhung der Plasmaviskosität führen.

In der vorliegenden Untersuchung stieg die Blutviskosität nach der Alpfahrt (aber noch vor Weidebeginn) deutlich an (Abb. 2). Dieser Anstieg war begleitet durch Zunahmen der Plasmaviskosität sowie des Hämatokrits und des Hämoglobins (Abb. 3). Laut Berechnung auf Tab. 6 war die Zunahme der Blutviskosität zu 57% auf den Hämoglobinanstieg und zu 43% auf den Plasmaviskositätsanstieg zurückzuführen.

Der starke Anstieg der Plasmaviskosität am Anfang der Alpung (wo die Tiere noch im Stall reichlich gefüttert wurden) dürfte mit einem Verlust von Plasmawasser im Zusammenhang stehen. Auf Grund der Veränderung der Plasmaviskosität lässt sich ein Verlust an Plasmawasser von der Grössenordnung von 10% errechnen. Die im Verlauf des Alpweideganges noch weiter an-

Tab. 6 Korrelation und multiple Regressionsanalyse der Veränderungen der Blutviskosität (△BV) als Funktion der Veränderung der Plasmaviskosität (△PV) und des Hämoglobins (△Hb).
Phase 1: Übergang vom Tal zur Alp.
Phase 2: Übergang von der Alp zum Tal.

Korrelationskoeffizienten (r):

	Phase 1		Phase 2	
	△PV	△BV	△PV	△BV
△Hb	0,25	0,87**	−0,04	0,77*
△PV		0,65*		0,29

*=p<0,05
**=p<0,01

Regressionsgleichungen:

Phase 1: △BV=1,11△Hb + 2,32△PV − 0,63
Die Variation von △BV ist zu 57% durch △Hb und zu 43% durch △PV bedingt.

Phase 2: △BV=1,35△Hb + 1,08△PV + 0,58
Die Variation von △BV ist zu 96% durch △Hb bedingt.

steigende Plasmaviskosität (Abb. 2) ist wahrscheinlich weniger auf Plasmawasserverlust zurückzuführen als vielmehr auf eine verminderte Aufnahme an Futter auf der Weide.

Im Anschluss an die Talfahrt fiel die Blutviskosität in statistisch gesicherter Weise ab, während die Plasmaviskosität unverändert hoch blieb. Aus Tab. 6 geht hervor, dass 96% des Abfalls der Blutviskosität eine direkte Folge des gleichzeitig erfolgenden Hämoglobinrückgangs (seinerseits durch die Verkleinerung der Erythrozytenzahl bedingt) war.

Blut-pH

Der Befund, dass das Blut-pH auf der Alp unverändert bleibt, deutet an, dass in der Höhe keine Atmungssteigerung stattgefunden hatte, die gross genug gewesen wäre, einen renal nicht kompensierten Kohlendioxydverlust zu verursachen. Eine vorübergehende Zunahme des pH findet allerdings statt, wenn im Verlaufe von einigen Stunden auf 5000 m simulierte Höhe gefahren wird, wobei der Anstieg in einer Höhe von etwa 2500 m einsetzt (Bianca und Hays, 1975).

Zusammenfassung

1. Elf 6–15 Monate alte Rinder der Rassen Braunvieh, Simmentaler und Holstein durchliefen die folgenden Versuchsbedingungen: (a) Stallhaltung im Tal, (b) Stallhaltung

auf der Alp, (c) Weidehaltung auf der Alp (1700–2600 m), (d) Stallhaltung auf der Alp, (e) Stallhaltung im Tal.

2. An den Tieren wurden gesamthaft 7mal die Herzfrequenz, 4 Blutdrucke in der Pulmonalarterie, 9 Blutwerte sowie das Körpergewicht bestimmt.

3. Die Herzfrequenz erfuhr durch den Übergang von (a) zu (b) keinerlei Veränderung, fiel aber bei der Weidehaltung auf der Alp (c) um etwa 10 Schläge/min ab.

4. Der mittlere Pulmonalarteriendruck, der beim Rind in grossen Höhen, insbesondere bei Tieren mit chronischer Bergkrankheit, erhöht ist, erfuhr unter den Alpungsbedingungen des vorliegenden Versuches keine Zunahme.

5. Die Alpung führte zu Anstiegen der Hämoglobinkonzentration (9%), des Hämatokritwertes (12%) und der Blutviskosität (14%). Diese Anstiege erfolgten zur Hauptsache in der Periode (b), was auf einen Hypoxieeffekt schliessen liess. Die Plasmaviskosität nahm ebenfalls zu, was einem Verlust an Plasmawasser und/oder Veränderungen der Plasmaproteine zugeschrieben wurde.

6. Das venöse Blut-pH blieb durch die Alpung unbeeinflusst.

7. Die Körpergewichtszunahme erfuhr in der ersten Hälfte der Alpung eine Verringerung. Dieser Leistungsabfall liess sich nicht auf Sauerstoffmangel bzw. chronische Bergkrankheit zurückführen.

Résumé

1. Onze génisses des races grise, Simmental et Holstein âgées de 6 à 15 mois ont été soumises à l'expérimentation ci-après: (a) stabulation entravée en plaine, (b) stabulation entravée à l'alpage, (c) pâturage dans les Alpes (1700–2600 m), (d) stabulation entravée à l'alpage, (e) stabulation entravée en plaine.

2. Chez ces animaux, on a déterminé 7 fois la fréquence de la pulsation, 4 pressions sanguines de l'artère pulmonaire, 9 formules sanguines ainsi que la poids corporel.

3. La fréquence cardiaque n'a subi aucune modification par le passage de (a) à (b), en revanche elle est descendue de 10 pulsations/min au pâturage dans les Alpes.

4. La pression sanguine moyenne de l'artère pulmonaire qui est augmentée chez le bovin en altitude, surtout chez les animaux souffrant du mal des montagnes chronique, n'a pas subi de modification dans les conditions alpestres de la présente expérience.

5. L'alpage a conduit à une élévation de la concentration en hémoglobine (9%), de la valeur de l'hémocrite (12%) et de la viscosité du sang (14%). Les augmentations ont eu lieu essentiellement durant la période (b), ce qui permet de conclure à un effet d'hypoxie. La viscosité du plasma a aussi augmenté ce qui peut être imputé à une perte d'eau du plasma et/ou à une modification des protéines du plasma.

6. L'alpage n'a exercé aucune influence sur le pH du sang veineux.

7. L'augmentation du poids corporel a subi une baisse pendant la première moitié de l'alpage. Il n'a pas été possible d'attribuer cette baisse à un manque d'oxygène ou au mal des montagnes chronique.

Riassunto

1. Undici vacche d'età compresa tra 6 e 15 mesi furono sottoposte successivamente alle seguenti condizioni sperimentali: (a) per 16 settimane in stalla a valle (400 m), (b) per 4 settimane in stalla in montagna (2000 m), (c) per 12 settimane su pascolo di montagna (1700–2600 m), (d) per 4 settimane in stalla in montagna, (e) per 4 settimane in stalla a valle.

2. Complessivamente sono stati determinati i valori delle seguenti funzioni degli animali: 7 volte la frequenza cardiaca, quattro pressioni del sangue nell'arteria pulmonare, nove valori diversi del sangue, nonché il peso corporeo.

3. La frequenza cardiaca rimase invariata da (a) a (b) ma diminuì di circa 10 battiti al minuto quando gli animali erano al pascolo (c).

4. La pressione media nell'arteria polmonare, che di solito nel bovino è elevata a grandi altezze e può condurre al male di montagna cronico, non presentò alcun aumento nelle condizioni alpine del presente studio.

5. L'alpeggio determinò un aumento della concentrazione dell'emoglobina nel sangue (9%), del valore ematocrito (12%) e della viscosità ematica (14%). Questi incrementi si verificarono principalmente nel periodo (b), ciò che indica l'ipossia come un agente causale. Anche la viscosità del plasma aumentò, e ciò potrebbe essere dovuto ad una perdita di acqua plasmatica e/o ad alterazioni delle proteine plasmatiche.

6. Il pH del sangue venoso non fu influenzato dal soggiorno alpino.

7. Il peso corporeo diminuì durante la prima metà del soggiorno alpino per ragioni diverse dalla malattia cronica di montagna.

Summary

1. Eleven 6 to 15 months old female cattle were subjected in succession to the following conditions: (a) housing in the lowlands (400 m) for 16 weeks, (b) housing on the mountain (2000 m) for 4 weeks, (c) pasture on the mountain (1700–2600 m) for 12 weeks, (d) housing on the mountain for 4 weeks, (e) housing in the lowlands for 4 weeks.

2. In the animals, each of the following parameters was determined seven times: heart rate, four blood pressures in the pulmonary artery, nine blood values and body weight.

3. Heart rate, from (a) to (b) remained unchanged, but decreased by about 10 beats/min when the animals were on pasture (c).

4. The mean pulmonary arterial pressure, which in cattle is known to increase at high altitude, eventually leading to chronic mountain sickness, failed to rise under the alpine conditions of the present study.

5. The alpine sojourn lead to increases in blood haemoglobin concentration (9%), hæmatocrit (12%) and in blood viscosity (14%). These increases occurred chiefly in period (b), indicating hypoxia as a causative agent. Plasma viscosity also increased, which was thought to be due to a loss of plasma water and/or changes in plasma proteins.

6. Venous blood pH was unaffected by the alpine sojourn.

7. Body weight declined during the first half of the alpine sojourn for reasons other than chronic mountain sickness.

Verdankungen

Die Autoren danken Herrn E. L. Ramirez für die Besorgung der Versuchstiere und Mitarbeit bei den Untersuchungen sowie Frl. H. Brögli, Frl. U. Hellmann und Frau Dr. C. Hays für die Durchführung der Arbeiten im Laboratorium.

Literatur

Alexander A.F. and Jensen R.: Pulmonary vascular pathology of high altitude induced pulmonary hypertension in cattle. Amer. J. vet. Res. *24*, 1112–1122 (1963). – Altman P.L. and Dittmer D.S.: Blood and Other Body Fluids. Fed. Amer. Soc. Exptl. Biol., Washington, D.C. (1961). – Begg T.B. and Hearns J.B.: Components in blood viscosity. The relative contribution of haematocrit, plasma fibrinogen and other proteins. Clin. Sci. *31*, 87–93 (1966). – Bianca W. und Espinosa J.P.: Untersuchungen über die Höhentoleranz von Kälbern. Z. für Tierz. u. Züchtbiol. (im Druck). – Bianca W. and Hays F.L.: Responses of calves to a simulated altitude

of 5,000 m. Int. J. Biometeor. (im Druck). – Bianca W. und Puhan Z.: 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 (1974). – Blake J.T.: Cardiac structural changes in cattle with brisket disease. Amer. J. vet. Res. *26*, 76–82 (1965). – Blaxter K.L.: The Energy Metabolism of Ruminants. Hutchinson and Co. (Publishers) Ltd., London, 332 p. (1967). – Bonhoeffer K. und Eigler F.W.: Bestimmung der Viscosität von Rinderblut für Hämatokritwerte von 0–90% bei Temperaturen 8–38 °C. Pflügers Arch. *273*, 579–588 (1961). – Gartner R.J.W., Ryley J.W. and Beattie A.W.: Values and variations of blood constituents in grazing Hereford cattle. Res. vet. Sci. *7*, 424–434 (1966). – Glover G.H. and Newsom I.E.: Brisket disease. Bull. No. 229 Colorado Agric. College (1917). – Gordon R.J., Snyder G.K., Tritel H. and Taylor W.J.: Potential significance of plasma viscosity and hematocrit variations in myocardial ischemia. Amer. Heart J. *87*, 175–182 (1974). – Grande F. and Taylor H.L.: Adaptive changes in the heart, vessels and patterns of control under chronically high loads. In: Handbook of Physiology, Sec. 2, Circulation, (ed.) W.F. Hamilton, Amer, Physiol. Soc., Washington, D.C., p. 2615–2677 (1965). – Grover R.F., Reeves J.T., Will D.H. and Blount S.G. Jr.: Pulmonary vasoconstriction in steers at high altitude. J. appl. Physiol. *18*, 567–574 (1963). – Hays F.L.: Alp and valley cattle: Exercise in cold, hot and high environments. Pflügers Arch. (im Druck). – Hecht H.H., Kuida H., Lange R.L., Thorne J.L. and Brown A.M.: Brisket disease II. Clinical features and hemodynamic observations in altitude dependent right heart failure of cattle. Amer. J. Med. *32*, 171–183 (1962). – Krippl J., Matzke P., Mendez P. und Patz H.: Höhenphysiologische Untersuchungen an Blut und Kreislauf des Rindes. Bayerisch. Landw. Jahrb. *38*, 959–973 (1961). – Mayer G.A.: Relation of the viscosity of plasma and whole blood. Amer. J. clin. Pathol. *45*, 273–276 (1966). – Monge C. Sr. and Monge C. Jr.: Adaptation to High Altitude. In: Adaption of Domestic Animals, (ed.) E.S.E. Hafez, Lea and Febiger, Philadelphia, p. 194–201 (1968). – Rosenthal T.B.: The effect of temperature on the pH of blood and plasma in vitro. J. biol. Chem. *173*, 25–30 (1948). – Ruiz A.V., Bisgard G.E. and Will J.A.: Hemodynamic responses to hypoxia and hyperoxia in calves at sea level and altitude. Pflügers Arch. *344*, 275–286 (1973). – Schultze H.E. and Heremans J.F.: Molecular Biology of Human Proteins (special reference to plasma proteins), Nature and Metabolism of Extracellular Proteins. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 904 p. (1966). – Singh I. and Chohan I.S.: Adverse changes in fibrinolysis, blood coagulation and platelet function in high altitude pulmonary oedema and their role in its pathogenesis. Int. J. Biometeor. *18*, 33–45 (1974). – Stone H.O., Thompson H.K. Jr. and Schmidt-Nielsen K.: Influence of erythrocytes on blood viscosity. Amer. J. Physiol. *214*, 913–918 (1968). – Vlaicu E., Cîndea A., Oprea I., Vintila I. and Dabija V.: Behavior of young cattle on mountain pastures in summer. 1. Some clinical and haematological values. Lucr. Stiint. Inst. Cercet. Zooteh. Bucharest. *26*, 131–141 (1968) (rumänisch). In: Nutr. Abst. and Rev. *39*, Nr. 2690, p. 443 (1969). – Webster A.J.F. and Hays F.L.: Effects of beta-adrenergic blockade on the heart rate and energy expenditure of sheep during feeding and during acute cold exposure. Can. J. Physiol. Pharmacol. *46*, 577–583 (1968). – Weimer H.E. and Godfrey, J.F.: Effects on inanition, semi-starvation and protein-free diets on serum proteins. Amer. J. Physiol. *206*, 331–334 (1964). – Will D.H., Alexander A.F., Reeves J.T. and Grover R.F.: High altitude induced pulmonary hypertension in normal cattle. Circulation Res. *10*, 172–177 (1962). – Zaugg U.: Die Gewichtszunahme von Jungvieh auf der Alp. Schweiz. landw. Monatshefte *53*, 69–74 (1975).