

# Funktion von Außenklimaställen im Berggebiet

M. ZÄHNER, M. KECK und L. VAN CAENEGEM

Hohe statische und klimatische Anforderungen verteuern Rindviehställe im Berggebiet. Dabei stellen sich folgende Fragen:

Ist eine Wärmedämmung der Bauhülle für die Funktionstüchtigkeit des Stalles erforderlich? Kann der Stall frostfrei betrieben werden, ohne die Lüftungsrate zu stark drosseln zu müssen? Was ist zu beachten, dass ein Außenklimastall im Berggebiet auch bei tiefen Temperaturen funktioniert?

## 1. Klimatische Bedingungen im Berggebiet

Das Klima im Berggebiet weist zirka 10°C tiefere Durchschnittstemperaturen im Vergleich zum Schweizer Mittelland, sehr tiefe Minimaltemperaturen, große Tag-Nacht-Schwankungen und eine hohe Anzahl Frosttage im Winter auf (Abbildung 1). Die mittlere Jahrestemperatur in Samedan (1705 m ü.M.) liegt bei 0.5 °C.

Der Entscheid, ein Stallgebäude im Berggebiet wärmegeklämmt auszuführen, ist vor allem standortbedingt. Eine Mulden- (Kältesee) und/oder Schattenlage spricht eher für eine wärmegeklämmte Bauhülle. An einer sonnigen Lage kann auch ein Außenklimastall (nicht wärmegeklämmter Stall) in Betracht gezogen werden (Tabelle 1).

Klimamessungen im Winter zeigen, dass in Außenklimaställen an einer besonnten Südhanglage dank passiver Sonnenenergienutzung die Stalltemperatur tagsüber selten unter Null Grad verharrt (Abbildung 2, VAN CAENEGEM und ANCEAU 2001) und somit die Funktionstüchtigkeit der technischen Einrichtungen auch während der kältesten Periode gewährleistet ist. Das Management des Bauern ist allerdings für ein gutes Funktionieren entscheidend, dies nicht nur in einem nicht wärmegeklämmten,

sondern auch in einem wärmegeklämmten Stall.

## 2. Konstruktion

Wegen seiner ausgezeichneten hygroskopischen Eigenschaften empfiehlt sich der großflächige Einsatz von Rohholz in

Wänden, Decken oder Dach. Holz kann ohne Schaden beträchtliche Wassermengen (in der Nacht) aufnehmen, muss diese Feuchtigkeit allerdings auch wieder (am Tag) abgeben können. Die Trocknung der Bauhülle erfordert mehr Energie als bei tiefen Außentemperaturen von der Tierwärme zur Verfügung steht. Die

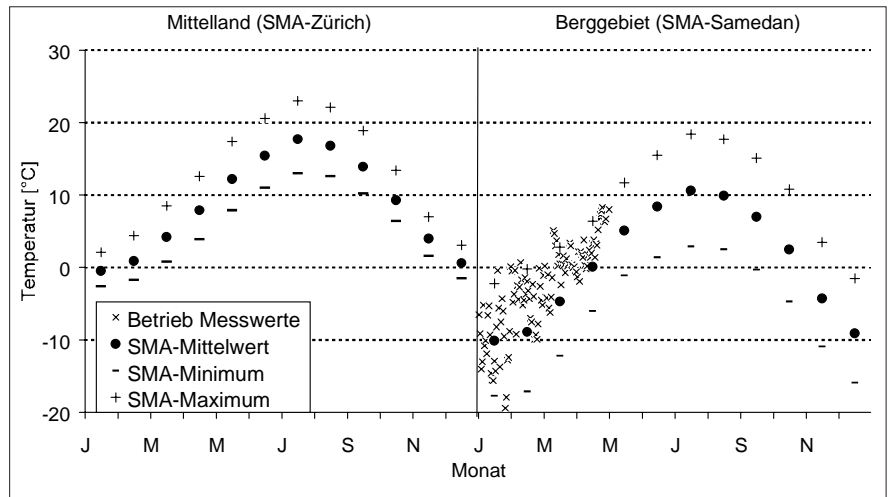


Abbildung 1: Vergleich der Temperatur im Mittelland und Berggebiet anhand von Messungen auf dem Praxisbetrieb und von langjährigen Mittelwerten der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt SMA (ASCHWANDEN et al. 1996).

Tabelle 1: Vor- und Nachteile einer wärmegeklämmten bzw. nicht wärmegeklämmten Bauhülle.

Wärmegeklämmte Bauhülle	Nicht wärmegeklämmte Bauhülle
Vorteile	
Angenehmere Temperaturbedingungen für den Tierbetreuer im Winter, Funktionssicher im Winter (Tränken, Entmistung), Melkstand im Stall integrierbar, Keine Heizkosten bei Melkstand und Tränken, wenn der Stall frostfrei gehalten werden kann.	Niedrigere Investitionen für die Bauhülle Einfachere Bauweise, Bessere Luftqualität im Winter, da für die Abfuhr der Stallfeuchtigkeit große Luftvolumina erforderlich sind, Natürliche Lüftung ohne mechanische Regelung.
Nachteile	
Höhere Investitionen für die Wärmedämmung, Anspruchsvollere Bauweise (Winddichtigkeit der Bauhülle, Dampfsperre), Regelbare Lüftung notwendig, Energiekosten für die Lüftung, Schlechte Luftqualität bei hohen Temperaturdifferenzen innen/außen.	Höhere Investitionen beim Melkstand für Frostschutz, Energiekosten für die Heizung bei Melkstand und Tränken, Evt. Probleme bei der Entmistung im Winter, Evt. Produktionseinbuße bei extremen Klimabedingungen (Leistung, Futterverzehr), Risiko für Kondenswasserbildung.

**Autoren:** Dr. Michael ZÄHNER, Dr. Margret KECK und Dipl.-Ing. Agr. Ludo VAN CAENEGEM, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 ETTENHAUSEN

fehlende Energie ist jedoch im nebelfreien Berggebiet in Form von Sonnenstrahlung reichlich vorhanden. Es kommt nur darauf an, die Sonnenenergie durch die richtige Lage und Orientierung des Stalles maximal zu nutzen.

Entscheidet man sich bei Rindviehställen im Berggebiet für eine wärmege-dämmte Bauhülle, soll der k-Wert so ausgelegt werden, dass ein frostfreier Betrieb des Stalles möglich ist. Andernfalls gehen wesentliche Vorteile des wärmege-dämmten Stalles verloren.

Ein frostfreier Betrieb setzt bei extremen Außentemperaturen eine starke Herabsetzung der Lüftungsrate und folglich eine hohe relative Luftfeuchtigkeit im Stall voraus. Bauschäden durch Kondenswasserbildung lassen sich dank einer sehr guten Wärmedämmung, einer tagsüber erhöhten Lüftungsrate, großflächigem Einsatz von Holz als Feuchtigkeitspuffer und Sonnenenergienutzung vermeiden.

Bei einer nicht wärmege-dämmten Bauhülle verursacht schon eine relativ geringe Temperaturdifferenz zwischen innen und außen kombiniert mit einer hohen relativen Feuchtigkeit im Stall Kondenswasserbildung. Auch hier lassen sich Bauschäden nur vermeiden, wenn über Nacht feucht gewordene Wände, das Dach und die Decke jeweils tagsüber durch Sonneneinstrahlung und eine vermehrte Lüftung abtrocknen können.

Die Differenz der absoluten Feuchtigkeit zwischen der Innen- und der Außenluft ist ein Maßstab für die Lüftungsrate.

Je größer diese Differenz, desto mehr Wasserdampf kann pro m<sup>3</sup> Luft abgeführt werden, und folglich desto geringer ist die erforderliche Lüftungsrate für den Abtransport der Feuchtigkeit. Im wärmege-dämmten Milchviehstall in Bever betrug die Differenz in der Zeit vom 18. bis 28. November 1999 durchschnittlich 5.5g, im nicht wärmege-dämmten Stall dagegen 1.3 g pro kg Luft (Abbildung 3, VAN CAENEGEM und ANCEAU 2001).

Die Lüftungsrate pro GVE war somit im nicht wärmege-dämmten Mutterkuhstall etwa viermal höher als im wärmege-dämmten Milchviehstall.

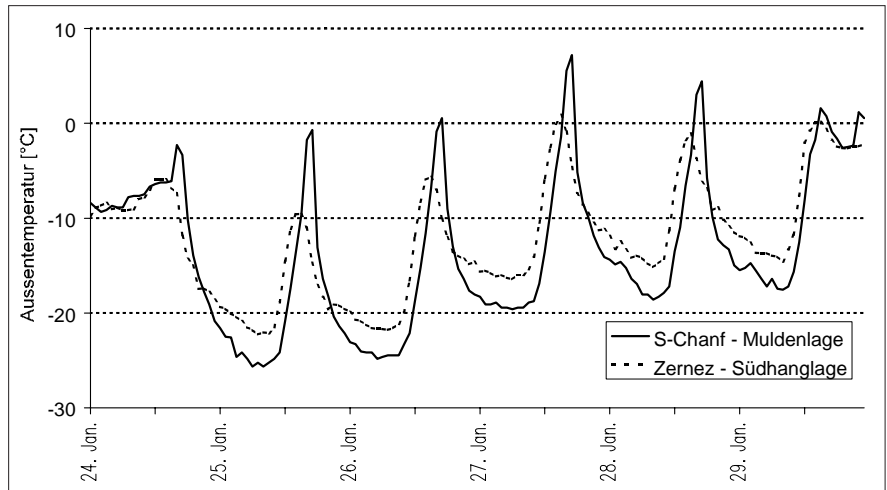


Abbildung 2: Die Südhanglage am Standort Zernez wirkt sich positiv auf die Minimumtemperatur aus.

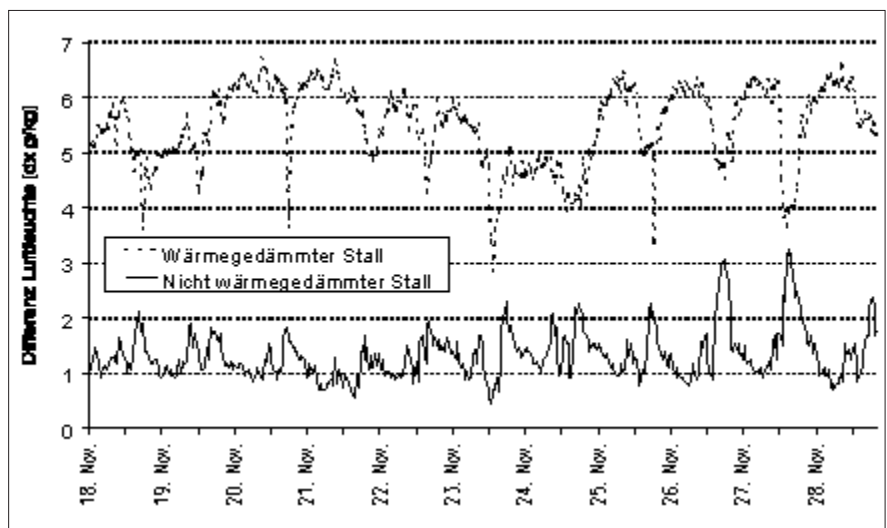


Abbildung 3: Verlauf der Differenz der absoluten Feuchtigkeit (dx) zwischen der Stallluft und der Außenluft im nicht wärmege-dämmten (Zernez) und wärmege-dämmten Stall (Bever).

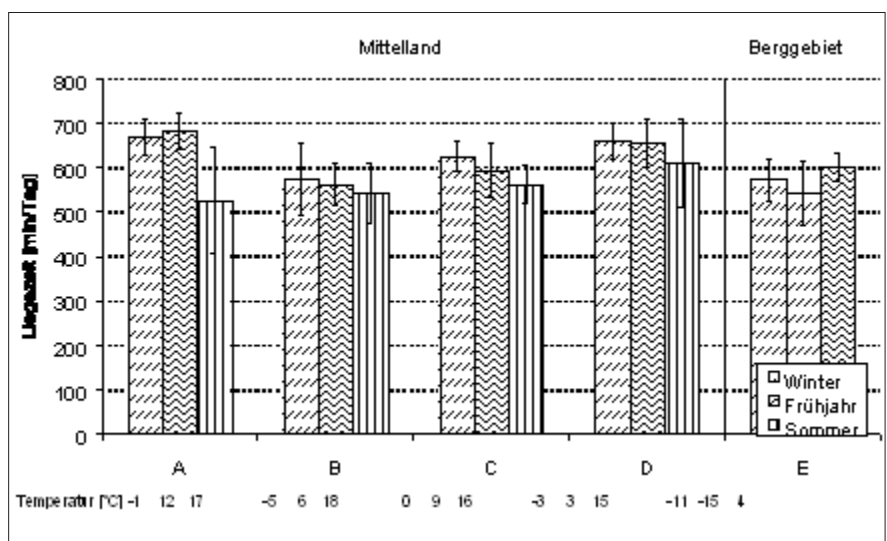
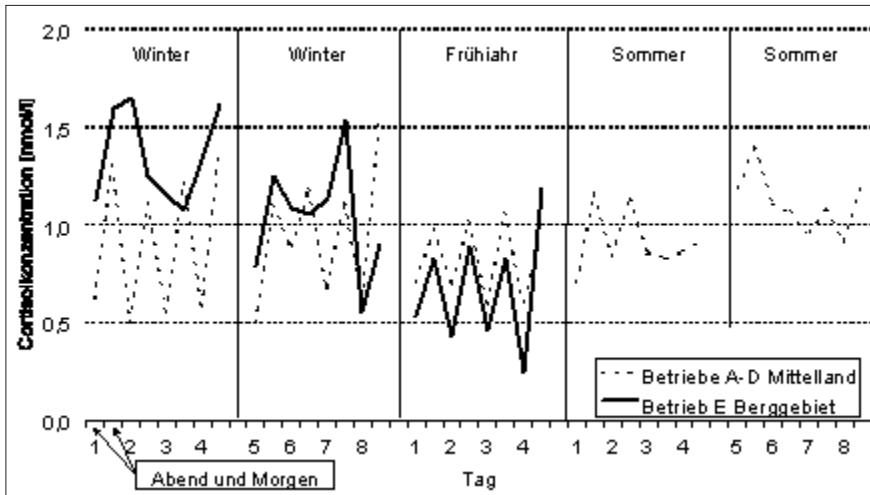


Abbildung 4: Liegezeiten auf den Betrieben A-D im Mittelland und E im Berggebiet. Im Winter im Berggebiet und im Sommer im Mittelland waren die Liegezeiten kürzer.

**Tabelle 2: Der Klimateffekt war bei der Oberflächentemperatur an den Extremitäten viel stärker ausgeprägt als am Rumpf oder Euter. Doch die Körpertemperatur blieb konstant.**

Temperatur [°C]	Körperkern	Oberfläche Euter	Oberfläche Rumpf	Oberfläche Extremität
Winter 1	38.5 +/- 0.07	22.9 +/- 2.9	14.7 +/- 2.4	8.7 +/- 2.9
Winter 2	38.5 +/- 0.04	21.1 +/- 2.9	12.0 +/- 4.2	6.2 +/- 6.2
Frühjahr	38.5 +/- 0.08	26.3 +/- 2.6	23.3 +/- 4.6	18.9 +/- 4.2



**Abbildung 5: Cortisolkonzentration in der Milch am Morgen und Abend auf den Betrieben A-D im Mittelland und E im Berggebiet. Der typische Tag-Nacht-Rhythmus fehlte im Berggebiet im Winter und im Mittelland im Sommer.**

### 3. Reaktionen von Milchkühen

Das Verhalten und physiologische Reaktionen von Kühen werden von Klimafaktoren stark beeinflusst. Auf einem Praxisbetrieb im Berggebiet und auf vier Betrieben im Mittelland wurde die Reaktion der Kühe im Winter und Frühjahr mit dem Verhaltensparameter Liegezeit und den physiologischen Parametern Körper- und Körperoberflächentemperatur sowie Cortisol in der Milch erfasst.

Kühe liegen in Laufställen durchschnittlich zwischen 9 und 13 Stunden, also 540 bis 780 Minuten pro Tag. In den Versuchen waren die Liegezeiten im Winter bei mittleren Temperaturen zwischen –11 und –15 °C mit 573 und 543 Minuten um 30 bis 60 Minuten pro Tag tiefer als im Frühjahr bei 4 °C mit 602 Minuten (Abbildung 4, ZÄHNER 2001). Die kürzere mittlere Liegezeit in den beiden Winterwochen ist in den kalten Temperaturen begründet. Bei kalten Temperaturen benötigten die Kühe mehr Zeit, um die erforderliche Energie über Raufutter aufzunehmen. Dadurch verlängerte sich die Fresszeit der Tiere und die Liegezeit wurde somit kürzer.

Die Körper-Oberflächentemperatur der Kühe, gemessen als Wärmestrahlung, zeigte eine deutliche Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur. Die Oberflächentemperatur der Extremitäten fiel im Winter im Mittel unter 10 °C. Die Temperatur des Euters war mit 21-23 °C im Winter um 4 °C tiefer als im Frühjahr, reagierte aber weniger ausgeprägt als der Rumpf und die Extremitäten (Tabelle 2, ZÄHNER 2001).

Zwischen der als Wärmestrahlung mit Thermografie gemessenen Körper-Oberflächentemperatur und der mit einem Kontaktfühler gemessenen Oberflächentemperatur zeigten sich teilweise sehr große Unterschiede. Dies kann am dicken und sehr dichten Fell der Kühe liegen. Die Tiere konnten ihre Wärmeabstrahlung auf ein Minimum reduzieren. Die Körpertemperatur war zwischen den Wochen und Jahreszeiten mit 38,5 °C im Winter und Frühjahr gleich und lag im normalen Bereich von 38,5 ± 1 °C (Tabelle 2).

Kühe reagieren bei Belastungssituationen wie Transport, Fixieren im Klauenstand oder auch auf extremes Klima mit erhöhten Cortisolkonzentration im Blut,

im Speichel und in der Milch. In den Versuchen zeigte die Cortisolkonzentration in der Milch am Morgen höhere Werte als am Abend. Dies entspricht dem natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus. Die Cortisolkonzentration war deutlich vom Klima abhängig. Sie war im Berggebiet im Winter und im Mittelland im Sommer geringfügig höher als in den übrigen Jahreszeiten. Der typische Tag-Nacht-Rhythmus war nicht mehr erkennbar (Abbildung 5, ZÄHNER 2001, KECK et al. 2004). In der Literatur werden für die Cortisolkonzentration in der Milch ohne Belastung der Tiere Werte zwischen 0,4 und 1,5 nmol/l angegeben. Bei Tieren unter Belastung, wie Tiertransport oder Fixieren im Klauenstand, ist die Cortisolkonzentration im Plasma und in der Milch bis um das Zehnfache erhöht (KAUFMANN und THUN 1998).

Um die Körperfunktionen aufrecht erhalten zu können, muss die Körpertemperatur konstant gehalten werden. Kühe gelten als sehr kältetolerant, aber als hitzeempfindlich. Sie produzieren mit ihrem Stoffwechsel Wärme. Die Höhe der Wärmeproduktion hängt neben den Faktoren Größe, Gewicht, Rasse, Fortpflanzungsstatus, Fütterungsniveau, längerfristige Adaptation und Haltungsbedingungen im Wesentlichen von der Leistung ab. Je höher die Leistung, desto höher die Wärmeproduktion. Zudem wirkt Umgebungswärme direkt auf die Tiere ein. Dies erfolgt auf der Weide, im Außenklimastall und im wärmegeprägten, zwangsbelüfteten Stall.

Bei der oberen kritischen Temperatur beginnt das Tier, seine Wasserabgabe durch Schwitzen oder Hecheln zu erhöhen. Diese liegt bei Kühen mit einem Körpergewicht von 500 kg bei einer Leistung von 30 kg pro Tag bei 12 °C. Als untere kritische Temperatur wird jene Umgebungstemperatur bezeichnet, bei der das Tier beginnt, zusätzlich Wärme zu produzieren. Diese liegt bei Milchkühen mit einem Körpergewicht von 500 kg mit 23 kg bei –32 °C. Bei Nässe oder hohen Windgeschwindigkeiten verschieben sich diese unteren kritischen Temperaturen nach oben.

Die Kühe in der hier vorgestellten Untersuchung befanden sich bei extremen Witterungsbedingungen außerhalb der Komfortzone, aber stets noch innerhalb

der Zone der Homeothermie. Das bedeutet, die Körpertemperatur war auch bei extremen Witterungsbedingungen im normalen Bereich. Die Ergebnisse zeigen, dass die Milchkühe auf klimatische Einflüsse sowohl im Winter als auch im Sommer mit ethologischen und physiologischen Anpassungen reagieren. Die Kühe schienen demnach unter den vorgefundenen Klimabedingungen in ihrer Anpassungsfähigkeit im Bereich Thermoregulation nicht überfordert gewesen zu sein.

Wichtig ist, für junge sowie kranke Tiere einen geschützten Bereich einzurichten. Das Wärmebedürfnis dieser Tiere ist größer.

#### 4. Funktion der technischen Einrichtungen

##### Tränkeeinrichtung

In den Tränkekrögen auf dem Betrieb E im Berggebiet bildete sich bei Lufttemperaturen unter  $-10\text{ °C}$  eine Eishaut an der Wasseroberfläche, bei unter  $-20\text{ °C}$  war das Wasser gefroren. Eingefrorene Wasserleitungen und gefährliches Glatt-eis bei den Tränken können mit baulichen Maßnahmen und geeigneten Tränkesystemen vermieden werden (Abbildung 6).

Damit die Wasserleitungen vor dem Erfrieren geschützt werden, müssen sie genügend tief verlegt werden. Als Faustregel ist mit einem Tausendstel der Meereshöhe zu rechnen (z.B. 1,2 m Tiefe bei 1200 m ü.M.). Oberirdische Zuleitungen und Teile von Leitungen sollten nicht windexponiert verlegt sowie isoliert und bei Bedarf mit einer Begleitheizung versehen werden.

Ein weiteres System neben der Begleitheizung ist das sogenannte Zirkulationssystem mit Heizmöglichkeit (Abbildung 7, SUEVIA 2004). Dabei wird das Wasser durch einen Kreislauf gepumpt, der die Tränkeeinrichtungen mit einschließt. Sinkt die Wassertemperatur unter einen kritischen Wert, so schaltet eine Heizung ein. Dieses System erfordert eine regelmäßige Kontrolle der Pumpe und das Entkalken der Heizstäbe.

Je nach Anforderungen gibt es verschiedene frostsichere Tränkesysteme ohne Strombedarf. Bei Kugeltränken kann die Kugel am Trogrand festfrieren, das Was-



Abbildung 6: Frostsicher bei hohem Wasserverbrauch: der altbewährte, laufende Brunnen.

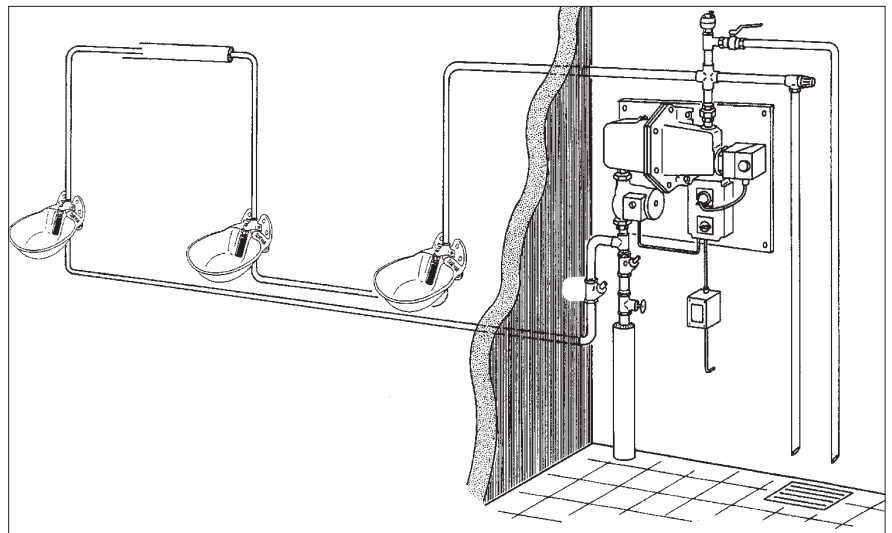


Abbildung 7: Montageschema des Zirkulationssystems mit Heizmöglichkeit (rechte Bildhälfte) und mehreren Tränkebecken (linke Bildhälfte). Das Zirkulationssystem ist auch mit anderen Tränkesystemen kombinierbar.

Tabelle 3: Merkmale verschiedener Systeme von Melkstandheizungen.

System	Eignung	Vorwärmzeit	Wärmeverteilung	Bemerkung
Bodenheizung	Neubau	lang	gleichmäßig, angenehm	
Warmluftheizung	Neu- und Umbau	kurz	angenehm	bei Hitze für erhöhten Luftwechsel einsetzbar
Heizlüfter, Infrarotstrahler	Neu- und Umbau	kurz	ungleichmäßig	mangelnde Heizleistung

ser im isolierten Vorratsbehälter gefriert normalerweise nicht. Die Kugel ist leicht freizuklopfen.

Bimetallventile bei Tränkekrögen lassen bei tiefen Temperaturen Wasser nachtropfen. Die stetige Wasserbewegung erfordert einen Ablauf. Ein Gefälle sollte hin zum Trog laufen. Denn ein unkon-

trollierter Überlauf von Wasser führt bei Frost zu Glatt-eis am Boden.

##### Melkbereich

Ein wärmedämmter und heizbarer Melkbereich ist für gute Arbeitsbedingungen und die Funktion der Technik zwingend erforderlich. Es gibt dabei verschiedene Systeme von Melkstandhei-

zungen: Bodenheizung, Warmluftheizung und Infrarotstrahler (Tabelle 3, KARRER und NITSCHKE 1999). Heikle Stellen im Melkstand sind der Ein- und Ausgang.

Beim Reinigen der Melkstände mit Wasser kann der Boden zur Eisfläche werden. Auf den Betrieben wird während Frostperioden der Wassereinsatz reduziert sowie bei Bedarf Salz, Sägemehl oder Strohhäcksel gestreut (ZÄHNER et al. 2000).

**Entmistung**

Stationäre Entmistungsanlagen können bis - 10 °C betrieben werden. Zur Vermeidung von Frostpannen helfen folgende bauliche Maßnahmen: Schieber im geschützten, allenfalls wärmege-dämmtem Bereich parken (Abbildung 8, LBA 2005), Seilrinne überall zugänglich verlegen, Umlenkrolle an trockener Stelle platzieren, Übergang ins Freie schützen (Abbildung 8, LBA 2005), Steuerung mit Zeitintervall installieren (STEINER und KECK 2000). Unabhängig vom Anlagentyp entstehen größere Probleme in der Regel ab Temperaturen um -10 °C nach einer Dauer von ein bis zwei Tagen. Neben den baulichen Maßnahmen können während dieser Zeit zusätzlich organisatorische Maßnahmen nötig werden (Tabelle 4). Wichtig ist bei Außenklimaställen im Berggebiet die Befahrbarkeit der Laufgänge. Eine mobile Entmistung nach einer Frostperiode ist notwendig, um die Schieberanlage nach einer Frostperiode wieder in Betrieb zu nehmen (Abbildung 9).

**Arbeitsbedingungen**

In nicht wärmege-dämmten Ställen ist auch der Mensch dem Außenklima ausgesetzt. Kälte, Nässe und Hitze bringen Abweichungen vom Behaglichkeitsbereich. Als wichtigste Maßnahmen bei Kälte gilt es, Kontaktkälte zu vermeiden und die Bekleidung an die jeweiligen Arbeits- und Klimabedingungen anzupassen. Auch die Hände sind mit Handschuhen zu schützen. Bei häufig wechselnden Klimabelastungen empfiehlt sich eine Aufteilung zwischen den Klimabereichen auf verschiedene Personen oder die Arbeitserledigung erfolgt nacheinander mit angepasster Bekleidung. Mit der Witterung angepasster

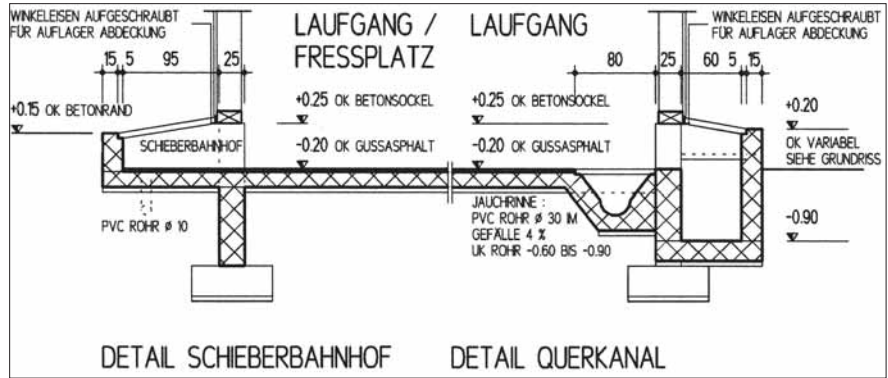


Abbildung 8: Ein geschützter Schieberbahnhof kann ein Festfrieren des Schiebers verhindern bzw. verzögern (linke Bildhälfte). Der Übergang vom Stall ins Freie muss von außen vor Kälte und Wind geschützt werden. Sonst friert im Übergangsbereich Mist auf dem Laufgang fest (rechte Bildhälfte).

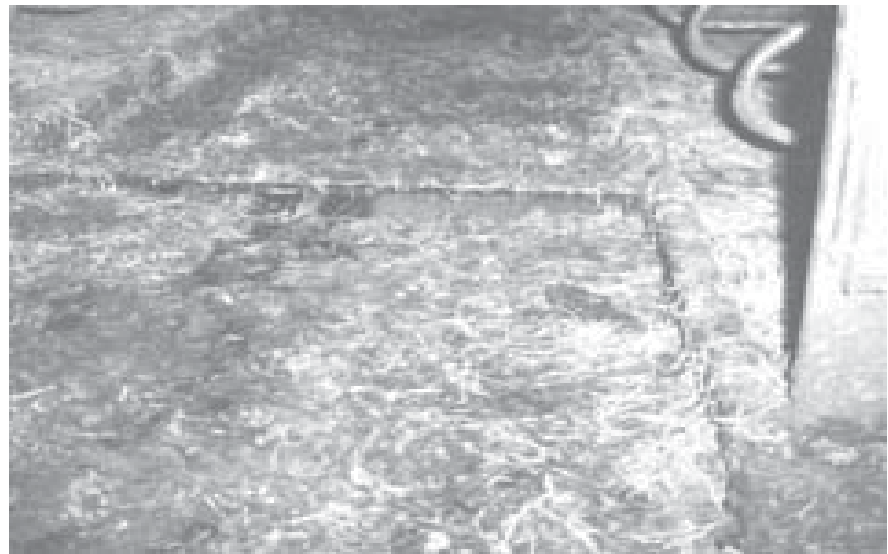


Abbildung 9: Betrieb E im Berggebiet musste bei festgefrorener stationärer Entmistung die Laufgänge von Hand entmisten, da die Laufgänge nicht befahrbar waren.

Tabelle 4: Organisatorische Maßnahmen sind für die Funktion von Entmistungsanlagen bei Frost wichtig (nach STEINER und KECK 2000).

Organisatorische Maßnahmen
Vorbeugend Reinigen, Frostintervall einstellen und Entmistungshäufigkeit erhöhen, Schieberbahnhof und Umlenkrollen isolieren, Wassereinsatz vermeiden, Bei Ausfall der Schieberanlage Wechsel zu mobiler Entmistung, auch für Inbetriebnahme nach Frostperiode, Entmistungzeitpunkt auf Tageszeit mit höheren Temperaturen verschieben.

Bekleidung bieten auch nicht wärmege-dämmte Ställe ausreichende Arbeitsbedingungen.

**5. Kosten senken durch Konzept, Konstruktion und Materialwahl**

Warmställe sind wegen der wärmege-dämmten Bauhülle erheblich teurer als

Außenklimaställe. Klassische wärmege-dämmte Bauteile sind in der Regel mehrschalig und verursachen hohe Kosten. Erheblich Kosten lassen sich einsparen, indem man die mehrschalige Dachkonstruktion durch ein einziges Sandwichelement mit gleichen Eigenschaften ersetzt.

Gelingt es außerdem, den Stall frostfrei zu betreiben, sind gegenüber dem

Außenklimastall dank dem Verzicht auf Frostschutz-Maßnahmen im (offenen) Melkstand und bei der Trinkwasserversorgung Einsparungen möglich. Der Kostenunterschied zwischen einer wärmegeämmten und einer nicht wärmegeämmten Bauweise beschränkt sich im Beispiel auf etwa Fr. 460.- pro Großviehplatz. Diese Mehrinvestitionen verursachen unter Berücksichtigung der Stromkosten etwa Jahreskosten von Fr. 30.- pro Großviehplatz.

## 6. Schlussfolgerungen

Wenn ein neues Stallgebäude im Berggebiet gebaut werden soll, sind die Voraussetzungen anders als im Mittelland. Auf alle Fälle sollten die folgenden Punkte gut überlegt sein.

- Standort: Muldenlagen mit Kälteseen und wenig Sonnenbestrahlung sprechen für eine wärmegeämmte Bauhülle, ein Südhang für einen nicht wärmegeämmten Stall.
- Baumaterialien: Holz eignet sich hervorragend, weil es Feuchtigkeit auf-

nimmt und bei höheren Temperaturen wieder verdunstet.

- Tiere: Gesunde Kühe sind gegenüber kalten Temperaturen sehr tolerant.
- Funktion: Die Ausführung der einzelnen Funktionsbereiche ist sehr gezielt vorzunehmen.
- Der Witterung und dem Arbeitsbereich angepasste Bekleidung ist Voraussetzung für den Tierbetreuer.
- Kosten: Warmställe sind teurer als Kaltställe. Allerdings kann auch beim Warmstall durch eine Optimierung der Trägerkonstruktion Geld eingespart werden.

## 7. Literatur

- ASCHWANDEN A., BECK M., HÄBERLI Ch., HALLER G., KEINE M., ROESCH A., SIE R. und STUTZ M., 1996. Bereinigte Zeitreihen, Die Ergebnisse des Projekts KLIMA90. Band 2-4, Schweizerische Meteorologische Anstalt SMA, Zürich.
- KARRER M. und NITSCHER R., 1999. Richtig einheizen - Melkstandheizungen im Vergleich. DLZ 1/1999, S. 86-90.

KAUFMANN C. und THUN R., 1998. Einfluss von akutem Stress auf die Sekretion von Cortisol und Progesteron beim Rind. Tierärztliche Umschau 53, S. 403-409.

KECK M., ZÄHNER M. und HAUSER R., 2004. Minimalställe für Milchkühe bewähren sich – Empfehlungen für die Planung und den Betrieb. FAT-Berichte 620, Tänikon.

LBA, 2005. Baudetails und Schnitte der Entmistung von verschiedenen Kaltställen. Persönliche Mitteilung. LBA, Trimmis.

STEINER B. und KECK M., 2000. Stationäre Entmistungsanlagen in der Rinder- und Schweinehaltung – Technische Ausführungsdetails und die richtige Handhabung entscheiden über die Funktionssicherheit. FAT-Berichte 542, Tänikon.

SUEVIA, 2004. Produkteinformation zu Heizbare Tränken für Offen- und Liegeboxen-stallungen. Suevia Haiges GmbH, Kirchheim.

VAN CAENEGEM L. und ANCEAU J.-M., 2001. Rindviehställe im Berggebiet (Engadin) – Kaltstall oder Warmstall optimieren. FAT-Berichte 572, Tänikon.

ZÄHNER M., 2001. Beurteilung von Minimalställen für Milchvieh anhand ethologischer und physiologischer Parameter. Diss. ETH Nr. 14193, Zürich.

ZÄHNER M., KECK M. und VAN CAENEGEM L., 2000. Minimalställe für Milchvieh. Ergebnisse einer Umfrage auf Praxisbetrieben. FAT-Berichte 553, Tänikon.