

Minimalställe für Milchkühe bewähren sich

Empfehlungen für die Planung und den Betrieb

Margret Keck und Michael Zähler, Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen, E-Mail: margret.keck@fat.admin.ch
Rudolf Hauser, Zentrum für tiergerechte Haltung: Wiederkäuer und Schweine, Bundesamt für Veterinärwesen, CH-8356 Ettenhausen

Milchkühe stehen heute vermehrt in Minimalställen; dazu zählen Offen- und Offenfrontställe. Solche Ställe lassen sich kostengünstiger und flexibel bauen. In Minimalställen entspricht das Stallklima im Tierbereich nahezu dem Aussenklima. Agroscope FAT Tänikon und das BVET haben die Funktion und die Eignung dieser Ställe für Mensch und Tier anhand klimatischer, ethologischer, physiologischer und verfahrenstechnischer Aspekte untersucht. Davon lassen sich Empfehlungen für die Planung, Gestaltung und den Betrieb von Minimalställen ableiten. Tiefe Temperaturen sind für gesundes Rindvieh kein Problem, gleichwohl halten sich Milchkühe im Winter häufig an der Sonne auf. Ein Laufhof, Offenfront- oder Offenstall bietet ihnen diese Möglichkeit. Im Winter bevorzugen sie einen windgeschützten Liegebereich als Rückzugs-

möglichkeit. Dieser muss aber nicht auf allen Seiten geschlossen sein. Angrenzende Gebäude, Bäume, Hecken, Windschutznetze und Blachen können diese Schutzfunktion ebenfalls übernehmen. Ein wärmegeprägter und/oder heizbarer Melkbereich ist für den Landwirt und für das Funktionieren der Melkanlage nötig. Auf eine frostsichere Wasserversorgung ist zu achten.

Im Sommer wählen Milchkühe Bereiche mit Schatten und Luftbewegung (Abb. 1). Viel Lüftungsflächen in der Wand ermöglichen Luftaustausch, wenig Belichtungsflächen im Dach vermeiden direkte Sonneneinstrahlung. Die Dacheindeckung dient somit zum einen als Schattenspende und zum anderen als Schutz vor Niederschlägen.

Minimalställe haben sich in der Praxis bewährt. Damit Minimalställe in allen

Jahreszeiten die Anforderungen der Landwirte, der Tiere und für die Funktion der Technik erfüllen, ist die Standortwahl und Ausführung der einzelnen Funktionsbereiche sehr gezielt vorzunehmen.

Agroscope FAT Tänikon und das BVET bedanken sich bei den Praxisbetrieben für die Zeit, das Engagement und die wertvolle Unterstützung bei den Erhebungen.

Inhalt	Seite
Problemstellung	2
Praxisbetriebe	2
Klima	3
Tier	3
Liegefläche	6
Wasserversorgung	9
Entmistung	9
Arbeitsbedingungen	10
Empfehlungen für die Sommersituation	10
Empfehlungen für die Wintersituation	11
Literatur	11



Abb. 1: Ein Minimalstall für Milchkühe, der ausreichend Schutz vor Witterungseinflüssen wie Wind, Regen und Sonneneinstrahlung bietet.

Problemstellung

Minimal- oder Offenställe sind durch grosse Öffnungen längs- und teils giebelseitig charakterisiert. Beim Offenfrontstall ist eine Längsseite offen. Im Extremfall kann die Bauhülle nur noch aus einem oder mehreren Dächern und eventuell zusätzlichen Windschutznetzen bestehen (Offenstall). Das Dach schützt die Tiere vor Niederschlag und im Sommer vor der Sonne, die Windschutznetze vor starkem Wind. Die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit im Stall entsprechen dem Aussenklima. Grosse Klimaunterschiede bestehen im Vergleich zum wärmegeprägten Anbindestall. Konsumenten äusserten vereinzelt Bedenken gegen Offenställe aus Tierschutzgründen. Nachteile werden bei der Funktion von technischen Einrichtungen und den Arbeitsbedingungen des Landwirts erwartet. Doch zur Kostensenkung eignet sich eine weitgehend offene Bauweise anstelle von geschlossenen Bauten (Gazzarin und Hilty 2002, Würzl 1999). Anhand einer Umfrage auf 74 Praxisbetrieben wurden die Erfahrungen von Landwirten mit Minimalställen gesammelt (Zähler et al. 2000). Weiter wurde die Eignung dieser Ställe für Mensch und Tier anhand klimatischer, ethologischer, physiologischer und verfahrenstechnischer Aspekte untersucht und Empfehlungen für die Planung, Gestaltung und den Betrieb von Minimalställen abgeleitet. Detaillierte Informationen dieser Untersuchungen zur Beurteilung von Minimalställen für Milchvieh anhand ethologischer und physiologischer Parameter hat Zähler (2001) beschrieben.

Fragestellungen, die sich in Minimalställen durch den Klimaeinfluss ergeben:

- Sind Milchkühe durch extremes Klima in ihrer Anpassungsfähigkeit überfordert?
- Kann mit einfachen technischen Massnahmen (Wind-, Regen- u. Sonnenschutz) der Einfluss des Aussenklimas so weit nötig abgepuffert werden?
- Sind Stallarbeiten schwieriger durchzuführen und dadurch tierschutzrelevant?
- Ergeben sich verfahrenstechnische Probleme (Reinigen von Liege- u. Lauffläche, Funktion von Tränken) und wenn ja, wie sind diese zu lösen?
- Wie können schlechtere Arbeitsbedingungen vermieden werden?






Begriffserläuterungen

Warmstall	Wärmegeprägtes Stallgebäude
Kaltstall	Nicht wärmegeprägtes Stallgebäude
Offenfrontstall	Eine Seite des Stalles ist ganz oder teils offen.
Offenstall	Eine oder mehrere Seiten sind ganz oder teils offen, im Extremfall nur noch ein Dach.
Aussenklimastall	Dazu zählen Offen-, Offenfront- und Kaltstall.
Minimalstall	Dazu zählen Offen- und Offenfrontstall.
Tiefstreu	Nicht strukturierte, eingestreute Liegefläche, die Mistmatratze wird in grösseren Zeitabständen entfernt.
Liegebett	Nicht strukturierte, eingestreute Liegefläche mit Stroh und/oder Rindenschnitzeln, das Liegebett hat eine gleichbleibende Höhe, Kotfladen werden manuell von der Liegefläche geworfen, die Mistmatratze wird nicht wie bei Tiefstreu komplett entfernt.

Praxisbetriebe

Die Praxisbetriebe sind mit Angaben zum Standort, Stallsystem, Tierbestand und Management in Tabelle 1 beschrieben. Die Betriebe A bis D befinden sich im Schweizer Mittelland, während Betrieb E im Berggebiet an einem klimatisch extremen Standort mit Kaltluftsee liegt. Betrieb E ist kein Minimalstall, sondern ein geschlossener Kaltstall. Weiter wurde auf Betrieb F in einem Experiment der Witterungsschutz an Liegeboxen variiert: Liegebereich dreiseitig geschlossen und trocken, allseitig

Tab. 1: Übersicht über die Praxisbetriebe A bis E mit Angaben zum Standort, Stallsystem, Tierbestand und Management.

Betrieb	A	B	C	D	E
Ansicht					
Standort, Höhenlage	Mittelland 510 m ü. M. exponiert	Mittelland 400 m ü. M. geschützt	Mittelland 460 m ü. M. exponiert	Mittelland 570 m ü. M. geschützt	Berggebiet 1650 m ü. M. exponiert
Stallsystem	Offenfrontstall Tiefstreu	Offenstall Liegebett	Offenstall Liegeboxen Strohmatratze	Offenfrontstall Liegeboxen weiche Matte	Kaltstall Liegeboxen Strohmatratze
Liegebereich	3-seitig geschlossen	4-seitig offen	4-seitig durchlässig (Windschutznetz)	3-seitig geschlossen	4-seitig geschlossen
Liegefläche	4,5 m ² / Tier	6,0 m ² / Tier			
Anzahl Kühe	22	23	33	18	20
Rasse	Braunvieh	Braunvieh, Fleckvieh	Braunvieh	Holstein Friesian	Braunvieh
Behornung	enthornt	behornt	enthornt	enthornt	enthornt
Milchleistung	6500 kg	5000 kg	6000 kg	7300 kg	4500 kg
Weidezeit	Nachmittag, Nacht	stets Zugang	Abend, Nacht	stets Zugang	keine Angabe

offen und trocken sowie allseitig offen und nass (Tab. 2).

Die Untersuchungen erfolgten auf den Betrieben A bis D während zwei Wochen im Winter, einer Woche im Frühjahr und zwei Wochen im Sommer, jeweils über vier aufeinanderfolgende Tage. Auf Betrieb E wurde keine Sommermessung durchgeführt. Auf Betrieb F ging das Experiment über vier Wochen im Winter.

Klima

Eine grosse Bandbreite der Klimabedingungen konnte einbezogen werden, auch extreme Situationen im Winter und Sommer. In Abbildung 2 sind die langjährigen Monatsmittelwerte, Minimal- und Maximaltemperaturen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt SMA aufgeführt (Aschwanden et al. 1996). Für das Mittelland wurde die Wetterstation in Zürich und für das Berggebiet die Station in Samedan ausgewählt. Der Vergleich der Temperaturen während der Messwochen auf den Praxisbetrieben zeigt, dass für jede Region im Winter typisch kalte und im Sommer typisch warme Bedingungen auftraten.

Tier

Verhalten

Bevorzugen Kühe als Liegeplatz in Minimalställen geschützte, wandnahe oder offene, wandferne Bereiche? Zu Beginn von Liegeperioden wurde die Liegeplatzwahl jeweils der ersten Hälfte der Kühe beobachtet (Abb. 3). In den Betrieben A bis D im Mittelland wählten im Winter im Mittel 53 %, im Frühjahr 57 % und im Sommer 68 % der beobachteten Kühe den offenen Liegebereich. Im Bergbetrieb bevorzugten 67 % der Kühe im Winter und Frühjahr die innenliegenden Liegeboxen. Allgemein bevorzugten die Kühe in der warmen Jahreszeit vermehrt offene Liegebereiche.

Die Tiere auf Betrieb F nutzten im Experiment mit reduziertem Witterungsschutz vorwiegend die mittleren und seitlichen Liegeboxen, seltener die Randboxen (Abb. 4). Die Nutzung war gleich, unabhängig davon, ob der Liegebereich ge-

Tab. 2: Übersicht über das Experiment im Praxisbetrieb F bei reduziertem Witterungsschutz im Winter mit Angaben zum Standort, Stallsystem, Tierbestand und Management. In der ersten Versuchswoche hatten die zehn Liegeboxen ein Dach mit drei Wänden, in der zweiten und vierten Woche nur noch ein Dach ohne Wände und in der dritten Woche wurde die Liegefläche sogar gezielt nass gemacht.

Betrieb	F		
Liegebereich Liegefläche	3-seitig geschlossen Strohmatratze trocken	4-seitig offen Strohmatratze trocken	4-seitig offen Strohmatratze nass, mit Wasser befeuchtet
Ansicht			
Standort, Höhenlage	Mittelland, 650 m ü. M., exponiert		
Stallsystem	Liegeboxen, Vorratsfütterung an Raufe im Laufhof		
Anzahl Kühe	10		
Rasse	Braunvieh, Holstein Friesian		
Behornung	enthornt		
Milchleistung	7000 kg		

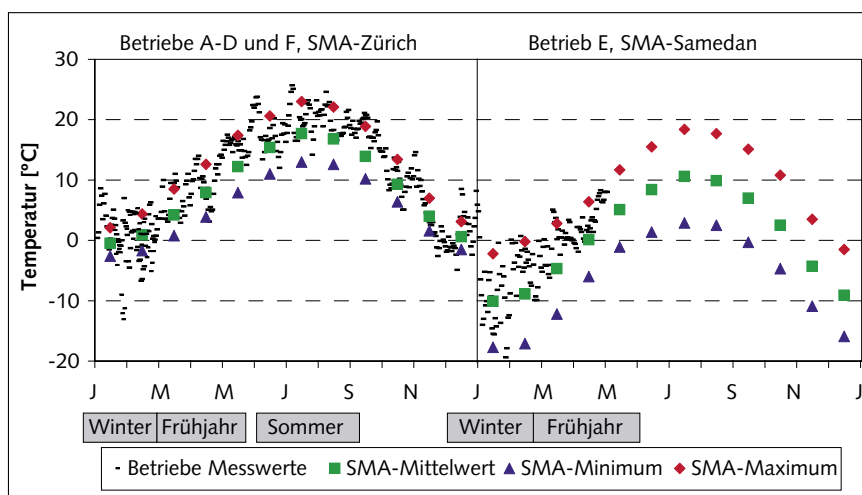


Abb. 2: Vergleich der Temperatur auf den Praxisbetrieben während der Versuchszeit mit langjährigen SMA-Werten im Mittelland und Berggebiet. Während den Messungen waren die Temperaturen mit den langjährigen Werten vergleichbar und damit für die untersuchten Standorte aussagekräftig.

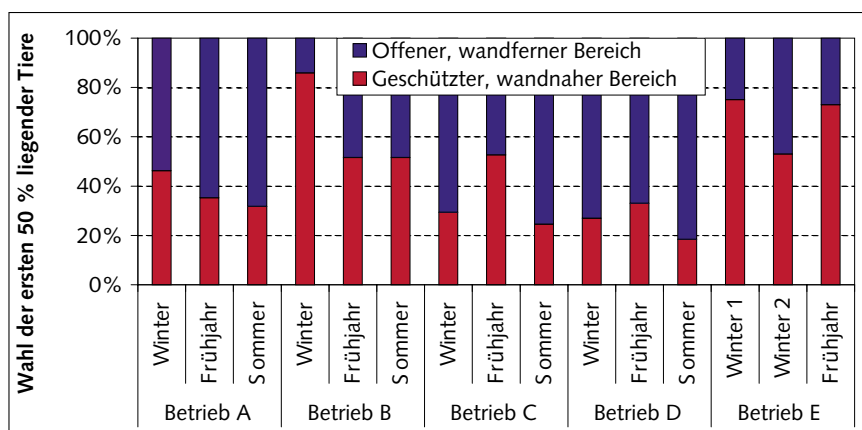


Abb. 3: Wahl des geschützten, wandnahen beziehungsweise offenen, wandfernen Liegebereichs durch die erste Hälfte der liegenden Tiere in den drei Jahreszeiten. In der warmen Jahreszeit bevorzugten die Kühe vermehrt offene Liegebereiche.

geschlossen oder offen beziehungsweise trocken oder nass war.

Wenn nicht für alle Kühe ein geschützter Liegebereich vorhanden ist, könnte erwartet werden, dass witterungsbedingt vermehrt Verdrängungen erfolgen. Dazu wurden die Anzahl Verdrängungen von liegenden Tieren im Liegebereich in den drei Jahreszeiten beobachtet (Abb. 5). Die grosse Anzahl Verdrängungen pro Stunde im Betrieb B in allen Jahreszeiten fällt auf. Die Verdrängungen im Betrieb B waren nicht klimatisch bedingt, sondern durch den nicht strukturierten Liegebereich und behornete Kühe. Bei allen anderen Betrieben kamen Verdrängungen im Liegebereich selten vor. Ein Einfluss der Jahreszeit trat nicht auf.

Physiologie

Die Körpertemperatur und die Körper-Oberflächentemperatur, als Wärmestrahlung, sind in Abbildung 6 als Funktion der Aussentemperatur von -30 bis +30 °C dargestellt. Die Körpertemperatur, rektal gemessen, lag über die ganze Bandbreite der Aussentemperatur meist zwischen 38,3 bis 38,6 °C. Doch die Körper-Oberflächentemperatur variierte stark. Bei tiefen Aussentemperaturen konnten die Tiere die Wärmestrahlung dank des Winterfells stark reduzieren. Die Oberflächentemperatur an den Extremitäten reagierte stärker als am Rumpf und am Euter.

Kühe reagieren bei Belastungssituationen wie Transport, Fixieren im Klauenstand oder auch auf extremes Klima mit erhöhten Cortisolwerten im Blut, im Speichel und in der Milch. Dargestellt ist die mittlere Cortisolkonzentration in der Milch auf den Betrieben A-E in den untersuchten Jahreszeiten (Abb. 7). Die Cortisolkonzentration zeigte am Morgen höhere Werte als am Abend, was dem natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus entspricht. 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. 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, Verkerk et al. 1998). Im Vergleich damit waren die Werte in dieser Untersuchung nicht erhöht.

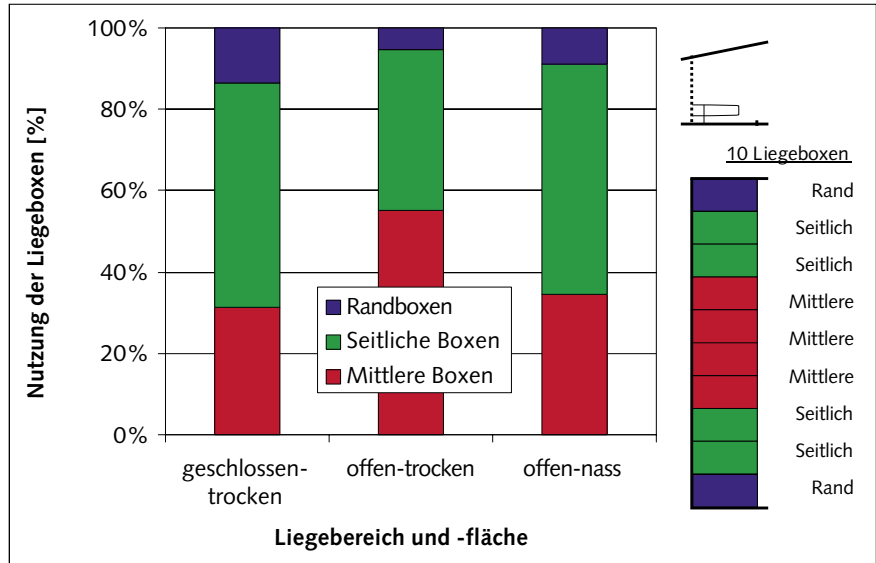


Abb. 4: Nutzung der Liegeboxen im Experiment mit reduziertem Witterungsschutz im Liegebereich auf Betrieb F. Die Randboxen wurden selten genutzt.

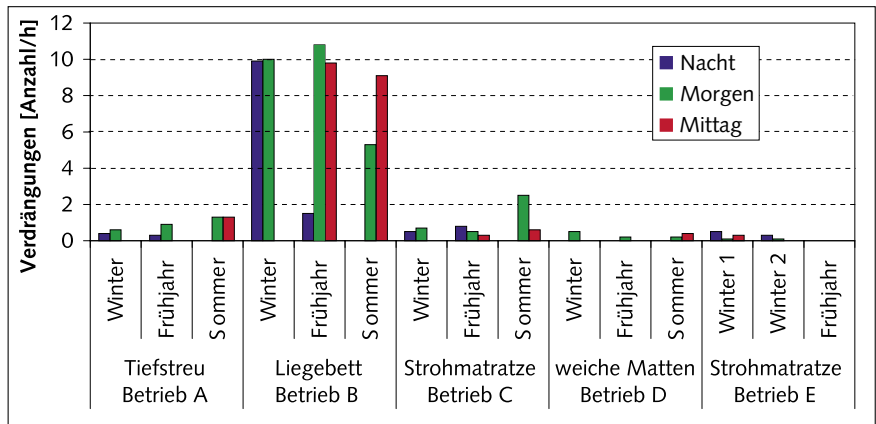


Abb. 5: Anzahl Verdrängungen von liegenden Tieren im Liegebereich pro Stunde in den drei Jahreszeiten. Betrieb B hatte in allen Jahreszeiten vermehrt Verdrängungen im Liegebereich, doch diese waren nicht klimatisch bedingt.

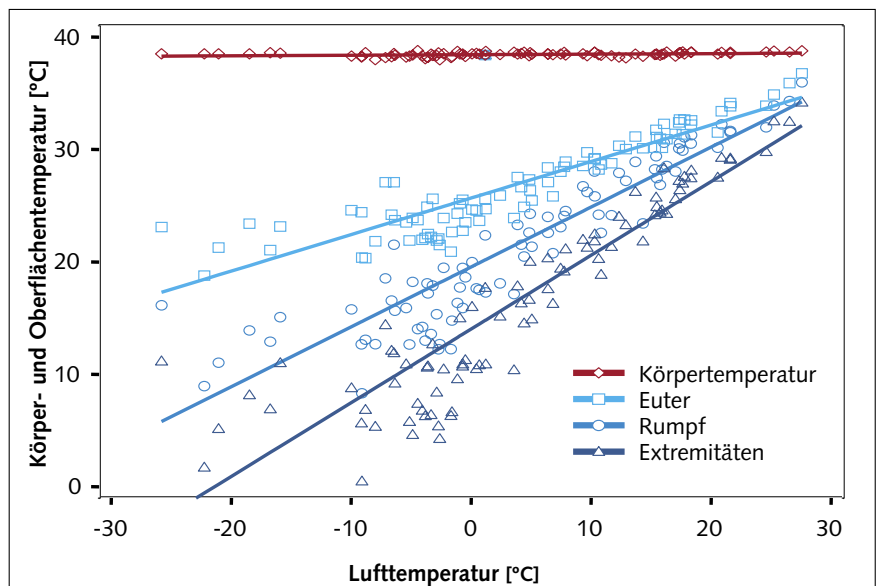


Abb. 6: Der Klimateffekt war bei der Oberflächentemperatur an den Extremitäten viel ausgeprägter als am Rumpf oder Euter. Doch die Körpertemperatur blieb auf den Betrieben A-F konstant.

Futtermittelverzehr, Leistung, Kondition

Den Landwirt interessiert, wie sich Hitze oder Kälte auf die Leistung der Tiere auswirken. Gemäss Untersuchungen von Huber (1996) ist bei Hitze der Futterverzehr von Milchkühen im Vergleich zu mittleren Temperaturen von 10°C eingeschränkt (Abb. 8). Der verminderte Futterverzehr zeigt sich auch in der Leistung. Die Milchleistung sinkt ab einer Temperatur über 25 °C deutlich. Zudem steigt die Wasseraufnahme. Eine Kuh braucht bei hohen Temperaturen bis zu 180 l Wasser pro Tag.

Wenn Milchkühe in der kalten Jahreszeit einen Energieverlust nicht mit erhöhter Futtermittelaufnahme ausgleichen können, so kommt es zu einem Abbau der Fettreserven an verschiedenen Körperstellen. Die Bewertung der Körperkondition als Body Condition Score (BCS) dient als Indikator für die individuelle Energieversorgung der vorangegangenen Wochen. Daher wurden jeweils zehn Kühe pro Betrieb zweimal im Winter, einmal im Frühjahr und zweimal im Sommer mit dem Body Condition Score nach Edmonson et al. (1991), modifiziert von Metzner et al. (1993), bewertet. Die BCS-Werte reichten von 1 mit sehr mager bis zu 5 mit sehr fett. Unterschiede zwischen den Betrieben waren deutlich ausgeprägt und auch rasbebedingt (Abb. 9). Betrieb D mit Holstein Friesian Kühen hatte tiefere BCS-Werte als die Betriebe mit Braunvieh. Die Unterschiede zwischen den Jahreszeiten waren sehr gering. Die Kühe in den Minimalställen zeigten während dem Winter keinen Konditionsabbau.

Überforderung der Anpassungsfähigkeit der Kühe

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 Offenstall, im Kaltstall und im zwangsbelüfteten Warmstall.

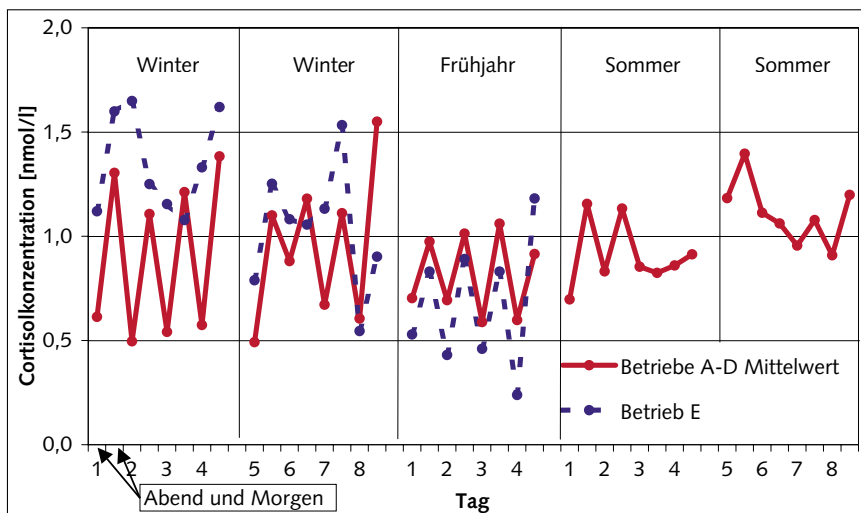


Abb. 7: Mittelwert der Cortisolkonzentration in der Milch am Morgen und Abend auf den Betrieben A-D und E. Die Cortisolkonzentration war morgens höher als am Abend. Dieser typische Tag-Nacht-Rhythmus fehlte im Berggebiet im Winter und im Mittel-land im Sommer.

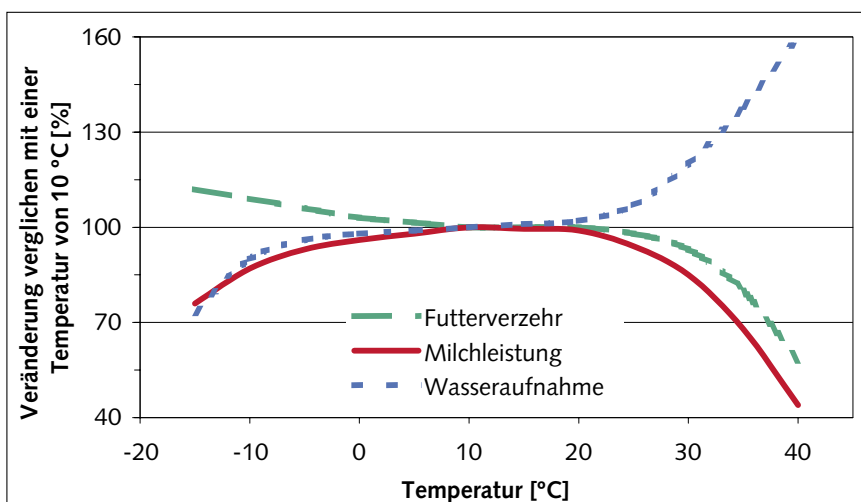


Abb. 8: Nach Huber (1996) wirken sich vor allem hohe Temperaturen auf Futterverzehr, Milchleistung und Wasseraufnahme aus. Die Milchleistung betrug bei 100 % 27,5 kg und die Trockenmasseaufnahme 18,2 kg/Kuh · Tag.

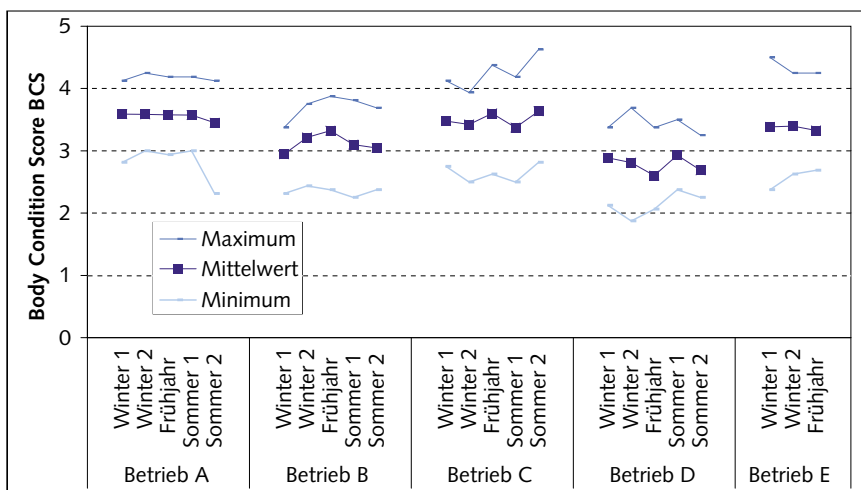


Abb. 9: Im Winter zeigte sich im Body Condition Score der Kühe in den drei Jahreszeiten, von 1 mit sehr mager bis zu 5 mit sehr fett, kein Konditionsabbau.

Bei der oberen kritischen Temperatur beginnt das Tier, seine Wasserabgabe durch Schwitzen oder Hecheln zu erhöhen. Die obere kritische Temperatur liegt bei Kühen mit einem Körpergewicht von 500 kg in der Galtphase bei 20 °C bis 25 °C, bei einer Leistung von 30 kg pro Tag schon bei 12 °C (Berman und Meltzer 1973). Über diesen Temperaturen müssen die Tiere die überschüssige Wärme durch vermehrte Wärmeabgabe abführen (Abb. 10). Als untere kritische Temperatur wird jene Umgebungstemperatur bezeichnet, bei der das Tier beginnt, zusätzlich Wärme zu produzieren. Die untere kritische Temperatur liegt bei Milchkühen mit einem Körpergewicht von 500 kg mit 9 kg Milch pro Tag bei -24 °C, mit 23 kg bei -32 °C, bei 36 kg bei -40 °C (Webster 1974). 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. Dies zeigte sich auch in der Cortisolkonzentration in der Milch, als der Tag-Nacht-Rhythmus bei extremem Klima verschwand. Auch bei reduziertem Witterungsschutz und kurzfristig schneebedecktem oder nassem Liegebereich konnten sich die Tiere mit ihrem Verhalten an die Klimabedingungen anpassen. Die Kühe schienen demnach unter den vorgefundenen Klimabedingungen in ihrer Anpassungsfähigkeit im Bereich Thermo-

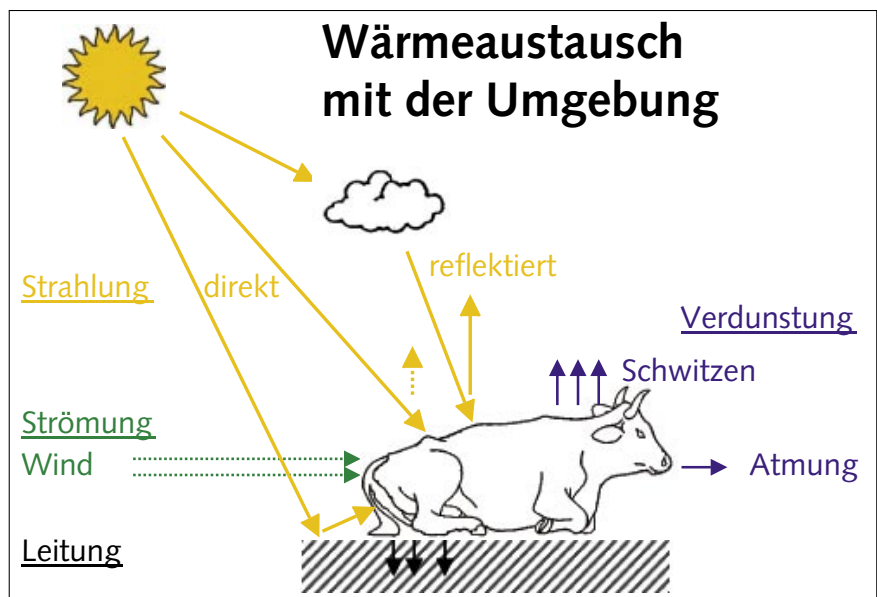


Abb. 10: Kühe müssen überschüssige Wärme über Leitung, Strömung, Strahlung und Verdunstung abführen.

regulation nicht überfordert gewesen zu sein.

Liegefläche

Einstreumenge

Auf den Betrieben A, C und D sowie zusätzlich auf vier weiteren Betrieben (G bis J) wurde die Einstreumenge in der Winterzeit erfasst (Tab. 3). Die Betriebe mit Tiefstreu benötigten 3,6 bis 3,9 kg Stroh pro Kuh und Tag. Beim Liegebett im Betrieb H und nur halbtägiger Belegung der Liegefläche waren es 1,5 kg Stroh. Darunter war noch eine Schicht Rindenschnitzel, doch davon konnte die Menge nicht

bestimmt werden. Betrieb I benötigte nur mit Rindenschnitzeln 12,4 kg pro Kuh und Tag. Alle Betriebe führten zweimal täglich die Pflege der Liegefläche möglichst direkt nach Liegeperioden durch. Kotfladen wurden zweimal täglich oder sogar häufiger von der Liegefläche entfernt und auf den Laufgang geworfen. In Liegeboxen mit Strohmattätzen lag der Strohverbrauch bei 0,7 kg pro Kuh und Tag, bei weichen Matten bei 0,1 kg pro Kuh und Tag. Im Vergleich mit Untersuchungen in geschlossenen oder wärme gedämmten Laufställen war der Strohverbrauch nicht erhöht.

Temperatur

Die Liegeflächentemperatur wurde mit einem Einstechfühler bzw. bei weichen Matten als Oberflächentemperatur an

Tab. 3: Einstreumenge, -kosten sowie Häufigkeit und Dauer der täglichen Liegeflächenpflege auf sieben Betrieben mit Minimalställen im Winter. Für diese Erhebung wurden die zusätzlichen Betriebe G, H, I und J einbezogen, um über eine bessere Datengrundlage zu verfügen.

Haltungssystem	Einheit	Tiefstreu			Liegebett		Liegeboxen		
		A	G1	G2	H*)	I	Strohmattätze	Strohmattätze	weiche Matten
Betrieb									
Einstreueform		Quaderballen	HD-Ballen	HD-Ballen	HD-Ballen	lose	Quaderballen	Quaderballen	Häcksel, lose
Einstreuart		Stroh	Stroh	Stroh	Stroh	Rindenschnitzel	Stroh	Stroh	k.A.
Raumgewicht	kg/m ³	149	110	k.A.	105	335	131	141	k.A.
Erhebungstage	Anzahl	49	41	52	48	161	55	55	51
Mittlerer Kuhbestand	Anzahl	22,9	16,4	13,3	17,3	14,0	33,0	24,6	25,0
Einstreumenge	kg/Kuh · Tag	3,6	3,6	3,9	1,5	12,4	0,7	0,7	0,1
Häufigkeit der Liegeflächenpflege									
Einstreu einbringen		1x/Jahr	1x/Jahr	1x/Jahr	<1x/Woche	<1x/Monat	<1x/Tag	1x/Woche	2x/Tag
Einstreuen	Anzahl/Tag	1x	1x	1x	1x	2x	2x	1x	2x
Kotfladen entfernen	Anzahl/Tag	2x	2x	2x	3-4x	2x	2x	2x	2x
Materialkosten Stroh	Fr/100 kg	18			*) Nutzung der Liegefläche nur tagsüber; darunter noch Rindenschnitzel				
Rindenschnitzel	Fr/m ²	9							

jeweils vier Tagen zur Melkzeit morgens und abends gemessen. Im Betrieb D mit weichen Matten und im Bergbetrieb E mit Strohmattmatzen waren im Winter die Temperaturen tief. Sehr hohe Temperaturen traten überwiegend bei Tiefstreu (A) auf (Abb. 11).

Trockensubstanzgehalt

Ob eine Liegefläche durch Kot, Harn oder Niederschlag vernässt ist, zeigt der Trockensubstanzgehalt. Unterhalb von 20 % Trockensubstanz beginnt der Bereich, ab welchem Liegeflächen als nass einzustufen sind. Die Bestimmung des Trockensubstanzgehalts der Liegefläche erfolgte in jeder Messwoche in mehreren Bereichen der Liegefläche. Mit einem Bohrer wurde eine Mischprobe über die gesamte Betttiefe genommen (Abb. 12). Betrieb A mit Tiefstreu hatte tiefere Werte als die beiden Betriebe mit Liegeboxen und Strohmattmatzen (C und E). Ein Effekt, dass der Trockensubstanzgehalt im Winter witterungsbedingt deutlich tiefer wäre, trat nicht auf. Bei Betrieb F mit Strohmattmatzen wurde in der dritten Versuchswoche täglich gezielt Wasser auf der Liegefläche verteilt (Tab. 2). Dadurch reduzierte sich der Trockensubstanzgehalt geringfügig von 36 % auf 28 %. Strohmattmatzen sind saugfähig, aber vor allem auch wasserdurchlässig. Es konnte keine stauende Nässe festgestellt werden.

Wird die Liegefläche ohne Wände nass?

Auf dem Betrieb F war während drei Wochen bei zehn Liegeboxen nur noch das Dach vorhanden (Tab. 2). Mit Regenmessern konnte an insgesamt acht Messorten im vorderen, mittleren und hinteren Teil dieser Liegeboxenreihe der Niederschlag auf der Liegefläche erfasst und mit der Niederschlagsmenge im Freien verglichen werden. Die höchste Niederschlagsmenge mit 2 mm wurde in der nordwestlichen Ecke der Liegeboxenreihe gemessen. Derartige Mengen in der äussersten Randbox kamen nur bei starkem Regen mit über 25 mm vor. Die Niederschlagsmengen auf der Liegefläche bei anderen Regen- oder Schneereignissen waren gering ($\leq 0,8$ mm). Das Dach bot ausreichend Schutz vor Niederschlag. Beträgt die Vordachtiefe mehr als die Hälfte der Vordachhöhe, kommt Regen nicht oder nur vereinzelt am Rand der Liegefläche vor. Es

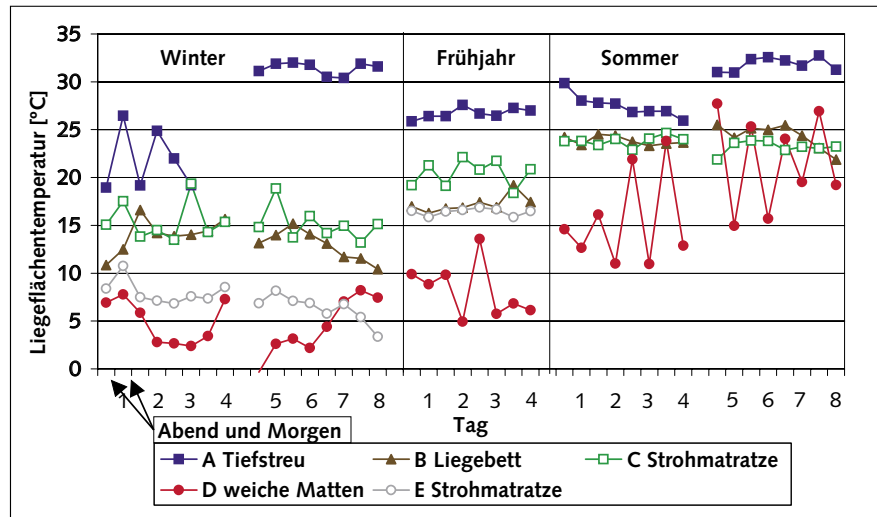


Abb. 11: Die Liegeflächentemperaturen in den drei Jahreszeiten veränderten sich mit der Lufttemperatur, doch bei Tiefstreu waren sie stets hoch.

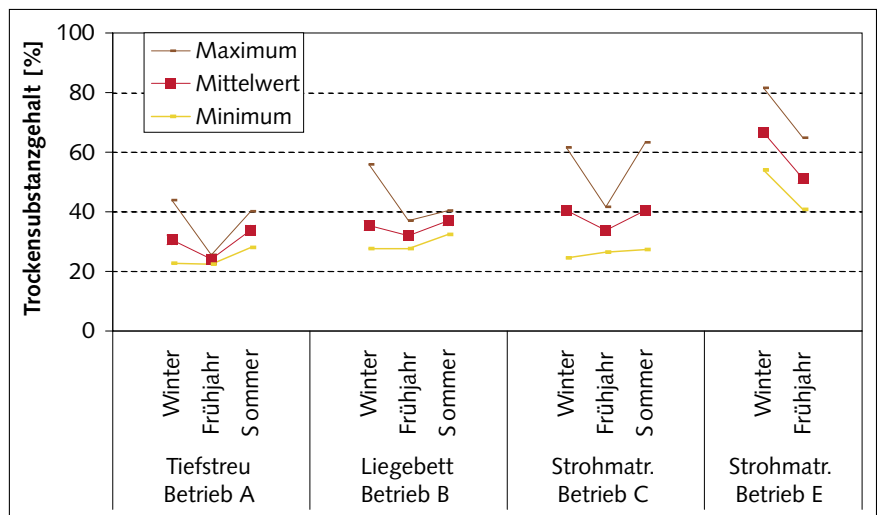


Abb. 12: Der Trockensubstanzgehalt der Liegefläche variierte zwischen den drei Jahreszeiten leicht, doch grössere Unterschiede ergaben sich zwischen den Betrieben.

ist wichtig, dass die der Wetterseite ausgesetzten Randboxen geschützt sind.

Wärmeableitung

Temperaturunterschiede zwischen dem Tierkörper und der Liegefläche werden durch Wärmeleitung ausgeglichen (Kramer 2001). Ist die Temperatur der Liegefläche niedriger als jene des Tierkörpers, so geht Wärme vom liegenden Tier auf die Bodenfläche über. Unter warmen Umgebungsbedingungen kann diese Wärmeableitung vorteilhaft, bei kalten nachteilig sein. Wenn ein Tier in kalter Umgebung abliegt, erfolgt anfangs eine starke Wärmeableitung. Diese wird zunehmend geringer, bis eine konstante Wärmeableitung erreicht ist.

Die Wärmeableitung verschiedener Liegeflächenmaterialien wurde experimentell mit einer von Sieder (1999) konstruierten Heizsonde verglichen. Die Liegefläche war dabei trocken, feucht mit 0,625 l Wasser pro Quadratmeter sowie nass mit 1,25 l Wasser pro Quadratmeter. Bei Sand, der herkömmlichen Gummimatte (18 mm Materialstärke) und den weichen Matten wurde zusätzlich eine Strohschicht auf der Liegefläche (0,18 kg/m²) verteilt. Zum Vergleich verschiedener Liegeflächenmaterialien diente ein Kurzzeitwert und ein Langzeitwert. Der mittlere Kurzzeitwert über die ersten zehn Minuten ist ein Mass für das Kälteempfinden direkt nach dem Abliegen des Tieres. Der mittlere Langzeitwert über 60 Minuten beschreibt die Wärmeablei-

tung im Lauf einer Liegeperiode von mittlerer Dauer.

Materialvergleich

Beton und Sand leiteten sowohl kurz- als auch langfristig viel Wärme ab (Abb. 13, Abb. 14). Herkömmliche Gummimatten zeigten kurzfristig eine hohe Wärmeableitung, langfristig war diese auf zwei Drittel des Kurzzeitwertes reduziert. Bei den weichen Matten, dem Gemisch von Hobelspänen und Sägemehl, Strohhäcksel, Strohmatratze und Tretmist waren sowohl der Kurzzeit- als auch der Langzeitwert im Vergleich zu Beton und Sand reduziert. Nach Befeuchten der Liegefläche war bei Beton, Sand und herkömmlicher Gummimatte die Wärmeableitung stets hoch. Die Schlauchmatte mit Deckbelag, Hobelspäne und Sägemehl, Strohhäcksel, Strohmatratze und Tretmist hatten nur kurzfristig eine höhere Wärmeableitung, der Langzeitwert war nahezu gleich wie im trockenen Zustand. Die Schlauchmatte ohne Deckbelag hatte auch kurzfristig fast keine höhere Wärmeableitung. Bei Sand verminderte eine Strohschicht auf der Oberfläche die Wärmeableitung um ein Drittel. Das Stroh dürfte sich rasch mit Sand vermischen und damit den Effekt verlieren. Bei den Schlauchmatten kam es mit Stroh zu keiner weiteren Absenkung der Wärmeableitung.

Sommer- und Wintersituation auf Praxisbetrieben

Diese experimentell erhobenen Daten zum Materialvergleich wurden auf acht Praxisbetrieben im Winter und Sommer überprüft. Für jedes Stallsystem (Tiefstreu, Liegebett, Strohmatratze, Schlauchmatte) waren zwei Betriebe vertreten. Im Sommer war die Wärmeableitung langfristig auf allen Praxisbetrieben geringer als im Winter (Abb. 15). Bei Tiefstreu war die Wärmeableitung am niedrigsten, dann folgten Strohmatratzen, weiche Matten und das Liegebett. Vor allem bei Strohsystemen kommt es zu einer Selbsterwärmung der Mistmatratze und damit zu einer niedrigen Wärmeableitung. Gerade im Sommer ist aber eine hohe Wärmeableitung vorteilhaft, damit Kühe ihre überschüssige Wärme besser abführen können. In der kalten Jahreszeit waren Liegeflächen mit organischem Material (Strohhäcksel, Strohmatratze, Sägemehl, Tiefstreu und Tretmist) und weiche Matten in ihrer Wärmeableitung vergleichbar. Diese wärmedämmende Wirkung der Liegefläche ist bei Kälte erwünscht.

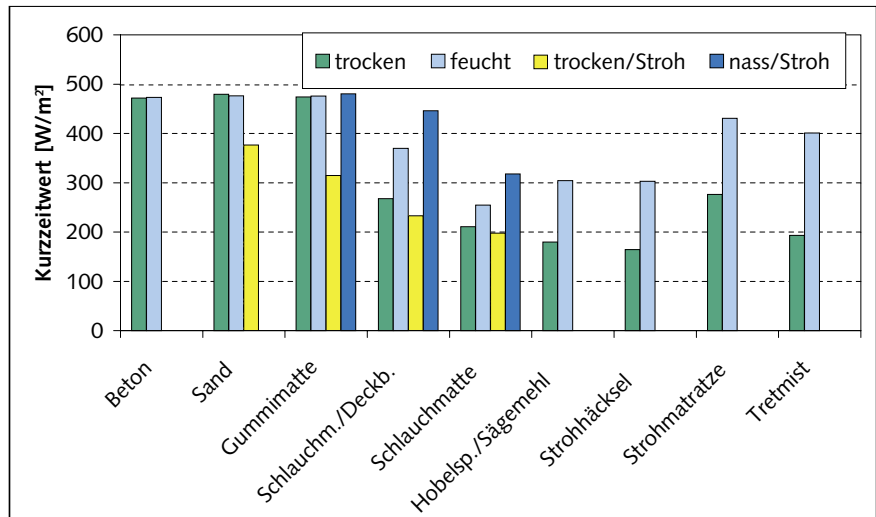


Abb. 13: Wärmeableitung verschiedener Materialien in den ersten zehn Minuten nach dem Abliegen als Kurzzeitwert. Die Messungen erfolgten bei einer Lufttemperatur zwischen 8 bis 14 °C.

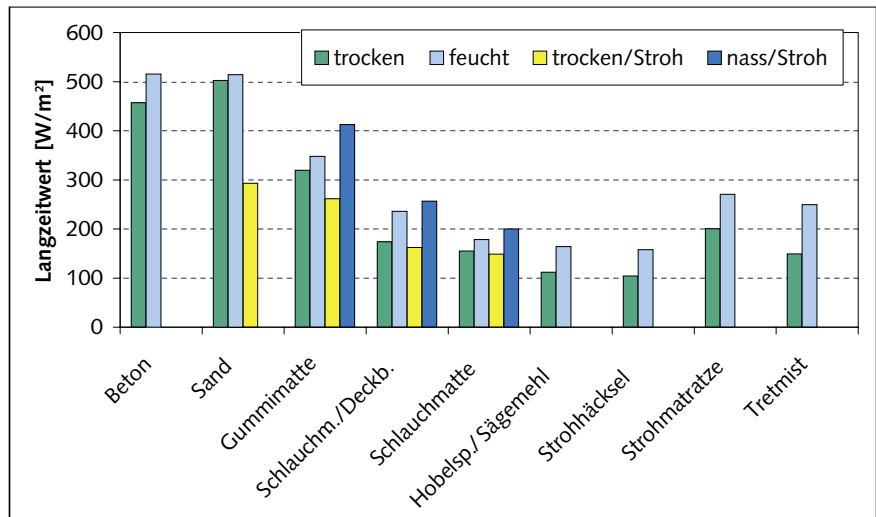


Abb. 14: Wärmeableitung verschiedener Materialien in den ersten 60 Minuten als Langzeitwert. Weiche Matten waren mit Strohsystemen vergleichbar.

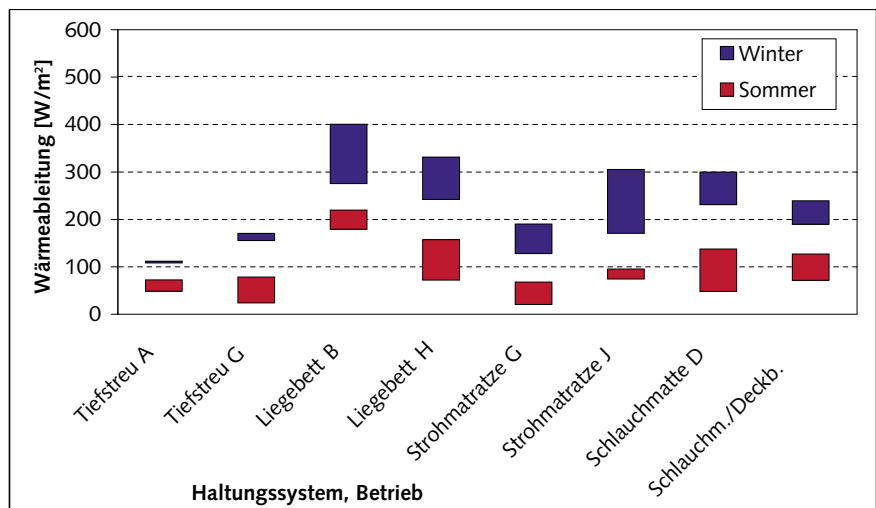


Abb. 15: Die Wärmeableitung auf Praxisbetrieben war als Langzeitwert im Winter höher als im Sommer. Bei Tiefstreu war sie am niedrigsten.

Sauberkeit

Mehr verschmutzte Tiere werden erwartet, wenn Liegeflächen in Offenställen direkt durch Schnee oder Regen vernässt sind oder wenn die Pflege der Liegefläche wegen schlechter Arbeitsbedingungen vernachlässigt wird. Auf den Betrieben A-E wurde die Sauberkeit der Milchkühe mit dem Kuhverschmutzungsindex bewertet (Faye und Barnouin 1985). Die Skala reichte pro Körperregion von 0 (keine Verschmutzung) bis zu 2 (total verschmutzt oder mit dicken Krusten bedeckt). Die fünf Körperregionen Schwanzansatzstelle – Sitzbeinhöcker – Euteraufhängepunkt, Euter von hinten, Euter seitlich, Unterschenkel von Sprunggelenk bis Afterklaue sowie Oberschenkel von Keule bis Sprunggelenk wurden unterschieden (Abb. 16). Die Kühe wiesen nur einzelne, klein flächige Verschmutzungen auf. Dies war auch in der kalten Jahreszeit so.

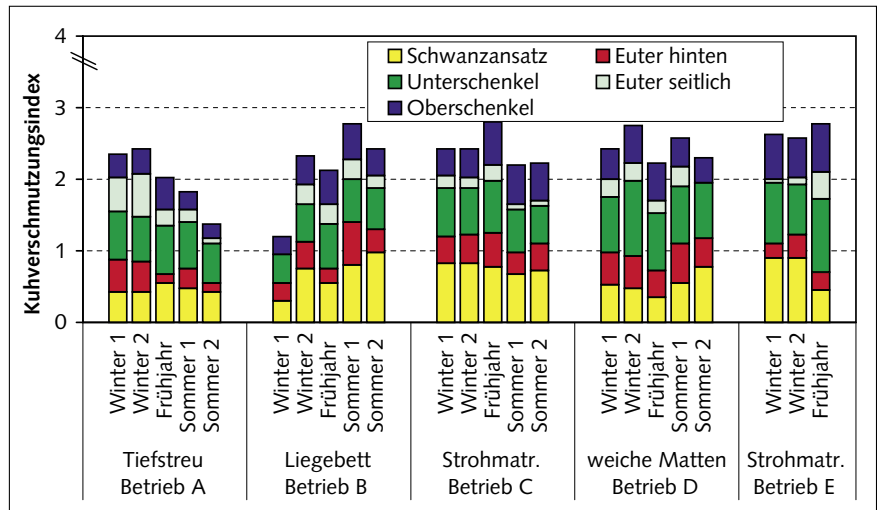


Abb. 16: Die Sauberkeit der Milchkühe wurde an fünf Körperregionen jeweils zwischen 0 (keine Verschmutzung) und 2 (total verschmutzt) bewertet. Als Summe über die fünf Körperregionen ergab sich der Kuhverschmutzungsindex. Die Kühe waren nur vereinzelt, klein flächig verschmutzt.

Wasserversorgung

Verschiedene Tränkesysteme waren auf den Praxisbetrieben im Einsatz (Abb. 17). Die Brunnen und Kugeltränken boten in allen drei Jahreszeiten eine zuverlässige Wasserversorgung. Bei Lufttemperaturen unter 0 °C war eine Kugel an fünf von 36 Frosttagen am Rand der Tränke festgefroren. Mit einem leichten Schlag auf die Kugel konnte sie wieder freigeklopft werden. Das Tränkewasser war nicht gefroren. Auf dem Betrieb A mit geschütztem Standort der Kugeltränke kam ein Festfrieren nicht vor. Die Kugeltränke ermöglicht im Winter weitgehend einen frostsicheren Betrieb ohne Energiebedarf und wirkt zudem auch im Sommer wärmedämmend. Die Tränkewassertemperatur blieb bei der Kugeltränke und beim Brunnen auch in der warmen Jahreszeit unter 20 °C. Im Tränkefass, das an der Sonne im Laufhof platziert war, erwärmte sich das Tränkewasser durch die Sonneneinstrahlung auf Temperaturen über 25 °C. Beim Tränketrog auf dem Betrieb E bildete sich bei Lufttemperaturen unter -10 °C eine Eishaut an der Wasseroberfläche, bei unter -20 °C war es gefroren. Die temperierten Tränketräge auf Betrieb F stellten vorgewärmtes Wasser bereit, erforderten aber einen höheren Energiebedarf. Tabelle 4 listet Aspekte auf, die bei der Wasserversorgung in Minimalställen zu beachten sind.



Abb. 17: Der Kipptrog mit Zirkulationssystem ist frostsicher und lässt sich zudem einfach reinigen.

Entmistung

Die Betriebe A-E haben während länger dauernden Frostperioden unterschiedlich reagiert: Betrieb A stellte bei mobiler Entmistung vom Motormäher mit Schiebeschilde auf Traktor mit Frontlader um. Bei Betrieb B ergaben sich bei der Reinigung mit Traktor und Frontlader keine Änderungen. Die stationäre Entmistung auf Betrieb C fiel an wenigen Tagen aus.

Die Inbetriebnahme erfolgte dann dank getrenntem Antrieb der Schieberbahnen portionenweise mit mehreren Vor- und Rückwärtsfahrten. Auf der perforierten Lauffläche im Betrieb D war Mist zeitweise auf den Spalten festgefroren. Betrieb E im Berggebiet musste bei festgefrorener stationärer Entmistung die Laufgänge von Hand entmisten, da die Laufgänge nicht befahrbar waren. Die Kühe haben sich in ihrer Fortbewegung den gefrorenen Laufflächen angepasst. Sie bewegten sich vorsichtig und langsam. Frisch gereinigte Flä-

Tab. 4: Aspekte, die bei Tränken in Minimalställen zu beachten sind.

Aspekt	Sommer	Winter
Zuleitung	- Schatten (Temperatur)	- Im Boden mind. 0,8 m tief, Faustregel 1/1000 der Meereshöhe, - oberirdisch nicht windexponiert, - mit Isolation und/oder Zirkulationsleitung, Begleitheizung, - Schutz vor Scheuer- und Bisschäden
Anordnung der Tränke	- Schatten (Temperatur)	- windgeschützt, - Abfluss am Boden mit Gefälle zur Tränke, notfalls Sägemehl streuen (Glätte)
Auswahl und Betrieb der Tränke	- Reinigung von Futterresten und Exkrementen (Wasserqualität) ohne zusätzliches Werkzeug, - Abfluss am tiefsten Punkt oder kippbar	- Reinigung (Wasserqualität), - Kontrolle von Zuleitung und Tränke täglich (Frost, Stromausfall), - Entkalken der Heizstäbe beim Zirkulationssystem, - Erhöhter Energiebedarf für beheizte Systeme

Tab. 5: Planung, technische und organisatorische Massnahmen sind für die Funktion von Entmistungsanlagen bei Frost wichtig (nach Steiner und Keck 2000).

Planung/Technische Massnahmen	Organisatorische Massnahmen
<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeexposition und Vordach je nach Standort optimiert gegen Wind, Schnee und Kälte • Schieberbahnhof geschützt • Seilrinnen zugänglich • Umlenkrollen ohne Ansammlung von Flüssigkeit • Abwurf offen und abgesperrt oder mit grossen Öffnungsweiten • Abdeckung für Querkanal im Freien (zum Beispiel mit Strohballen) • Steuerung mit Frostintervall • Mistbahn befahrbar für mobile Entmistung (keine Stufen, Absätze) 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 • Entmistungszeitpunkt auf Tageszeit mit höheren Temperaturen verschieben

chen können bei Frost rutschig sein, wenn sie keine Grobrauheit aufweisen. Weitsichtige Planung, technische und organisatorische Massnahmen (Tab. 5, Abb. 18, Abb. 19) gewährleisten eine Funktion der Entmistungsanlage bis auf Temperaturen von rund minus 10 Grad.

Arbeitsbedingungen

Im Minimalstall ist auch der Mensch dem Aussenklima ausgesetzt. Kälte, Nässe und Hitze bringen Abweichungen vom Behaglichkeitsbereich. Bei Kälte können Beweglichkeit, Sensibilität und Geschicklichkeit eingeschränkt sein sowie das Reaktionsvermögen, die Aufmerksamkeit und Leistungsfähigkeit abnehmen (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2001). Neben den Klimaparametern Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit und Wärmestrahlung sind die Arbeitsschwere und Eigenschaften der Bekleidung von Bedeutung. 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 Bekleidung bieten Minimalställe gute Arbeitsbedingungen. Wichtig ist, dass der Melkbereich isoliert und heizbar ist. Denn dort verbringt der Landwirt einen Grossteil der Zeit. Am Ein- und Ausgang zum Melkstand ist auf gut schliessende Türen oder Vorhänge zu achten, um Kälte und Zugluft zu vermeiden.

Empfehlungen für die Sommersituation

Vor allem in der Sommersituation mit Hitze ist es wichtig, geeignete Massnahmen zu treffen, um die Hitzebelastung



Abb. 18: Ein direkter, offener Abwurf mit Absperrung vom Gefahrenbereich ist besser als Abwurfdeckel, die festfrieren oder Roste, auf denen Stroh und Mist liegen bleiben und festfrieren.

für die Kühe reduzieren zu können. Mit den folgenden Massnahmen lässt sich die Wärmeabgabe von Kühen an ihre Umgebung erhöhen.

- Luftbewegung: Natürliche Lüftung (das heisst offene Wandflächen und offener First) oder Lüftungstechnische Anlagen (Grossraumventilatoren) sorgen für Abkühlung durch erhöhten Luftwechsel oder höhere Luftgeschwindigkeiten.
- Schatten: Ausreichend Dachvorsprung kann die Sonnenstrahlung erheblich abschirmen. Auch Büsche und Bäume bieten Schatten. Liegeflächen sollen im Sommer nicht direkt von der Sonne bestrahlt werden.
- Wasserangebot: Wasser muss in ausreichender Menge sowohl im Stall als auch auf der Weide vorhanden sein. Zudem spielt der Standort eine Rolle. Bei grosser Distanz zur Tränke meiden Tiere den Weg durch die Sonne. Daher empfiehlt sich der Standort der Tränke im Schatten. So lässt sich eine direkte Erwärmung des Wassers durch Strahlung vermeiden. Isolierte oder im Boden verlegte Leitungen können verhindern, dass die Wassertemperatur deutlich ansteigt.
- Management: Stall- und Weidezeiten können angepasst werden. Tiere sollen sich während der Zeit mit grösster Hitze im Schatten aufhalten können. Die Weidezeiten können auf die Nacht verlegt werden.

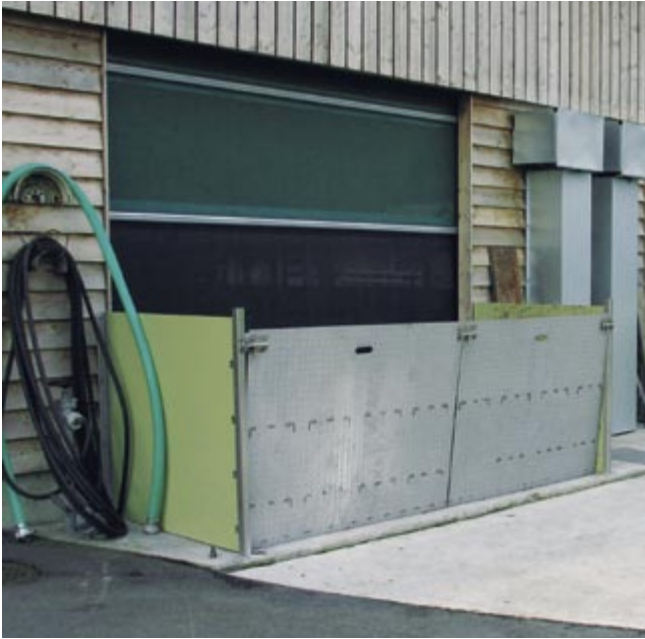


Abb. 19: Die Befahrbarkeit der Mistbahn erfordert eine Ausführung ohne Stufen und Absätze. Zum Beispiel können Überfahrbleche, die gleichzeitig als Umzäunung dienen, die Abwurföffnung während der Durchfahrt schliessen.

- **Kühlung:** Kühlung ist auch im Warteraum gut. Vor allem wenn Kühe auf eng umgrenztem Raum stehen, nützt Ventilation oder Sprühkühlung.

Empfehlungen für die Wintersituation

Zwar können wärmegeämmte Gebäude frostfrei gehalten werden, doch sollte für eine bessere Tiergesundheit gute Luftqualität (weniger Schadgase und Wasserdampf) vor höheren Stalltemperaturen Vorrang haben. Standorte in sehr kalten Zonen und mit ungünstiger Exposition (zum Beispiel Kaltluftsee) stellen an die Planung und an das Management sehr hohe Anforderungen.

- Schutz vor Nässe bietet im Winter das Dach im Liegebereich. Statt geschlossenen Bauten reicht ein einfacher, überdachter, teils offener Liegebereich aus, ermöglicht viel Frischluftzufuhr und den Abtransport von Wasserdampf.
- Für Windschutz sorgen angrenzende Gebäude, Bäume, Büsche, Windschutznetze oder Spaceboardbretter.
- Ein grösseres Wärmebedürfnis weisen kranke und junge Tiere auf. Ihnen ist ausreichender Schutz durch ein Mikroklima zum Beispiel durch Windschutznetze oder aufeinander gestapelte Strohballen zu gewähren.
- Damit die Entmistungstechnik nicht oder nur an wenigen Tagen im Jahr an

ihre Grenzen stösst, sind weitsichtige Planung, technische und organisatorische Massnahmen wichtig (Tab. 5).

- Der Witterung und dem Arbeitsbereich angepasste Bekleidung ist Voraussetzung für den Tierbetreuer.
- Ein wärmegeämmter und/oder heizbarer Melkbereich ist für gute Arbeitsbedingungen und die Funktion der Technik erforderlich.

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.

Berman A. und Meltzer A., 1973. Critical temperatures in lactating dairy cattle: a new approach to an old problem. International Journal of Biometeorology 17, S. 167-176.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2001. Ratgeber zur Ermittlung gefährdungsbezogener Arbeitsschutzmassnahmen im Betrieb. Dortmund, Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Sonderschrift 42.

Edmonson A.J., Lean I.J., Weaver L.D., Farver T. und Webster G., 1991. A body condition scoring chart for Holstein dairy

cows. Journal of dairy science 73, S. 3132-3140.

Faye B. und Barnouin J., 1985. Objectivation de la propriété des vaches laitières et des stabulations. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A. 59, S. 61-67.

Gazzarin C. und Hilty R., 2002. Stallsysteme für Milchvieh: Vergleich der Bauinvestitionen. FAT-Berichte Nr. 586, FAT, Tänikon.

Huber J., 1996. Amelioration of Heat Stress in Dairy Cattle. In: Phillips C. (Ed.) Progress in Dairy Science. CAB International, Wallingford, UK, S. 211-243.

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.

Kramer A., 2001. Aussenklimaställe – Erfahrungen und Trends. In: Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, BAL. Gumpensteiner Bautagung 2001, Irdning, S. 29-34.

Metzner M., Heuwieser W. und Klee W., 1993. Die Beurteilung der Körperkondition (body condition scoring) im Herdenmanagement. Praktischer Tierarzt 11, S. 991-998.

Sieder C., 1999. Wärmeleitung von Liegeflächen. Facharbeit IP. FAT Tänikon, nicht publiziert.

Verkerk G.A., Phipps A.M., Carragher J.F., Matthews L.R. und Stelwagen K., 1998. Characterization of milk cortisol concentrations as a measure of short-term stress responses in lactating dairy cows. Animal Welfare 7, S. 77-86.

Webster A.J., 1974. Heat loss from cattle

with particular emphasis on the effects of cold. In: Monteith J.L. und Mount L.E. (Eds.) Heat loss from animals and man. University of Nottingham, Butterworths London, S. 205-231.

Würzl H., 1999. Praxiserfahrungen mit Aussenklimaställen. In: Bundesanstalt für

alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, BAL. Gumpensteiner Bautagung 1999, Irdning, S. 57-61.

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 Nr. 553, Tänikon.

Impressum

Herausgeber: Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Ettenhausen

Die FAT-Berichte erscheinen in rund 20 Nummern pro Jahr. – Jahresabonnement Fr. 60.–. Bestellung von Abonnements und Einzelnummern: Agroscope FAT Tänikon, Bibliothek, CH-8356 Ettenhausen. Tel. 052 368 31 31, Fax 052 365 11 90, E-Mail: doku@fat.admin.ch, Internet: <http://www.fat.ch>

Die FAT-Berichte sind auch in französischer Sprache als «Rapports FAT» erhältlich.

ISSN 1018-502X.

Die FAT-Berichte sind im Volltext im Internet (www.fat.ch)