

# Außenklimaställe - Erfahrungen und Trends

A. J. KRAMER

## 1 Einleitung

Aus der Überlegung heraus, die tierische Produktion bei Neubaumaßnahmen nicht mit zu hohen Festkosten zu belasten, finden bei neu zu errichtenden Gebäudehüllen einfache Baulösungen zunehmend Vorrang. Die Kenntnis einer guten Kältetoleranz der Rinder legt eine Reduktion der Wärmedämmung der Gebäudehülle nahe. Gleichzeitig muss eine ausreichende Durchlüftung gewährleistet werden, um Schwitzwasserbildung vorzubeugen. Wird dieses System mit einer eingestreuten Liegefläche ausgestattet, werden genau die Anforderungen, die eine Hochleistungskuh an den „modernen“ Kuhkomfort stellt, erfüllt. Diese sind im wesentlichen bequeme, trittsichere Liegeflächen, gute Frischluftversorgung, Außenklimareiz und ausreichende Bewegungsmöglichkeit. Für dieses Außenklimasystem gilt es, das Problem der Tierverschmutzung in eingestreuten Ställen und die Auswirkung extremer Frostperioden auf die Thermobilanz der Rinder näher zu beleuchten.

## 2 Tierverschmutzung in Außenklimaställen

### 2.1 Tierverschmutzung in Haltungssystemen der Praxis

In einer Praxisuntersuchung wurden die drei Haltungssysteme Liegeboxenlaufstall, Tretmist- und Tiefstreustall untersucht. Während eines Zeitraumes von drei Jahren wurden die Einstreumassen und die Tiersauberkeit bzw. die Tierverschmutzung monatlich erfasst.

Für die Erfassung der Tiersauberkeit wurde der Tierkörper in fünf Beurteilungsbereiche eingeteilt: Euter, Ano-Genitalbereich, Bauch, Keule und Fuß. Der Verschmutzungsgrad ist die flächenhafte Ausdehnung der verschmutzten Körperoberfläche eines Beurteilungsbereiches im Verhältnis zur Fläche des gesamten Beurteilungsbereiches. Die Tierverschmutzung ist der Mittelwert aus den

fünf Verschmutzungsgraden. Eine genaue Beschreibung der Methode kann in KRAMER et al (1998) nachgelesen werden.

Es zeigte sich, dass die Tiere im Liegeboxenlaufstall mit einer durchschnittlichen Verschmutzung von ca. 12 % am saubersten sind (Abbildung 1). Die sehr geringen Einstreumengen (0,3 und 0,8 kg/Kuh und Tag) dienen hier mehr einer bequemen Liegeflächengestaltung als der Sauberkeit der Tiere. Eine optimale Boxengestaltung trägt mehr zur Tiersauberkeit bei, als die reine Einstreumenge. Das heißt, die Liegeboxen müssen bequem und tiergerecht gestaltet werden, damit die Boxen angenommen werden und sich die Kühe nicht in die Laufgänge legen. Gleichzeitig muss durch Steuereinrichtungen und Liegeflächenbegrenzungen gewährleistet werden, dass wenig Exkremente in die Box eingebracht werden. Die höhere Tierverschmutzung im Betrieb 2 (12,4%) gegenüber Betrieb 1 (11,2%) ist auf eine unpassende Ausführung der Boxenabtrennung zurückzuführen. Einige Tiere drehen sich innerhalb der Box um und verkoteten den gesamten Liegebereich, was zu erhöhten Verschmutzungswerten führte. Im Tretmist- und Tiefstreustall sind die Kühe stärker verschmutzt. Wobei in den Tretmistställen mit Einstreumassen

von 5,4 bzw. 6,4 kg/Kuh und Tag eine nicht immer akzeptable Tiersauberkeit (18,7 bzw. 20,2 %) erreicht werden kann. Auch Tiefstreuställe können bei einer günstigen Zuordnung von Fress- und Liegebereich, das bedeutet ein möglichst großer Teil der Exkremente muss im Fressbereich anfallen, mit sehr geringen Einstreumengen (3,1 kg/Kuh und Tag) betrieben werden. Allerdings nimmt selbst dann die Verschmutzung der Kühe (24 %) sehr stark zu. Auch die Euterregion ist stärker verschmutzt (18,6 %) als beim Durchschnitt der übrigen Betriebe (11,1 %). Dadurch wird sowohl der Arbeitsaufwand für das Melken erhöht als auch die Eutergesundheit negativ beeinflusst. Werden die Liegeflächen in Tieflaufställen allerdings sehr gut eingestreut (9,6 bzw. 11,9 kg/Kuh und Tag), können auch in diesem Liegeflächensystem saubere Tiere (15 bzw. 17 %) gehalten werden. Hier gilt es allerdings, die Strohkosten zu beachten.

### 2.2 Zusammenhang zwischen Tierverschmutzung und Milchzellgehalt

In der Literatur wird in den letzten Jahren von einer zunehmenden Zahl von Mastitiden bei Milchkühen, die durch Umweltkeime wie z. B. E.-coli hervor-

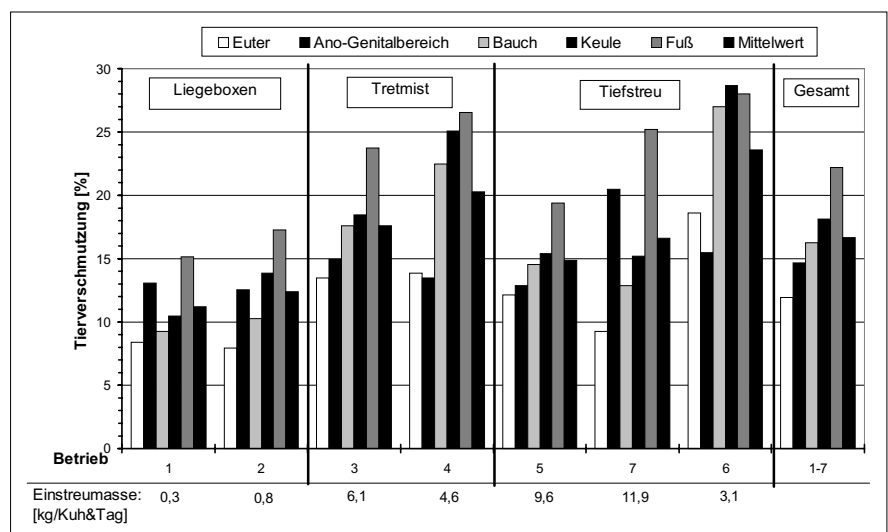


Abbildung 1: Tierverschmutzung in den verschiedenen Stallsystemen

Autor: Alois J. KRAMER, Institut für Landtechnik, Technische Universität München, Weihenstephan, D-85350 FREISING/WEIHENSTEPHAN

gerufen werden, berichtet. Diese Umweltmastitiden werden mit der Stall- und Tierhygiene in Zusammenhang gesehen. Eigene Auswertungen der Milchzellzahl-ergebnisse der monatlichen Milchleistungskontrolle und der Tiersauberkeit während des entsprechenden Zeitraumes zeigten einen signifikanten Zusammenhang. Die untersuchten Tiere wurden für die Auswertung in Verschmutzungsklassen eingeteilt (Abbildung 2). Die sauberste Verschmutzungsklasse (Tierverschmutzung = 7 %) zeigte den geringsten Milchzellzahlgehalt (Milchzellgehalt = 70.000 Zellen/ml) in der Probenmilch. Stärker verschmutzte Gruppen wiesen tendenziell höhere Milchzellgehalte auf. Eine lineare Regression erklärt 16 % der Streuung der Milchzellgehalte.

### 2.3 Einfluss von Einstreumasse und Belegdichte auf die Tierverschmutzung

Um einen funktionalen Zusammenhang zwischen Tierverschmutzung und Einstreumasse zu erhalten, wurde ein einjähriger Einstreuversuch durchgeführt. In einem Einraumtiefstreustall wurden ca. 60 Jungtiere in 9 Gruppen gehalten. Fünf Gruppen wurden jeweils einen Versuchsdurchgang (3 Wochen) mit konstanter Einstreumasse pro Tier eingestreut.

Nach jedem Durchgang wurde die Einstreumasse in einer Spanne von 3 bis 9 Kilogramm pro Tier und Tag variiert. Vier Gruppen wurden zur Kontrolle während des gesamten Versuches mit konstanter Einstreumasse eingestreut. Jede Einstreumenge wurde gewogen. Zur leichteren Übertragbarkeit der Ergebnisse wurde die Einstreumasse nicht auf die Einheit „pro Tier“ sondern auf die Einheit „pro 10 kg Exkremente“ oder „pro 100 kg Lebendmasse“ bezogen. Eine Auswertung der Ergebnisse erbrachte folgende lineare Schätzfunktionen (Tabelle 1) für die Tierverschmutzung aus den unabhängigen Variablen Einstreumasse pro Exkrementmasse, Fläche pro Lebendmasse und Einstreu pro Lebendmasse.

### 2.4 Faktorielle Ableitung des Einstreubedarfes für Milchkühe

Die empfohlene Einstreumasse wird aus der Tagesmilchleistung abgeleitet. Die

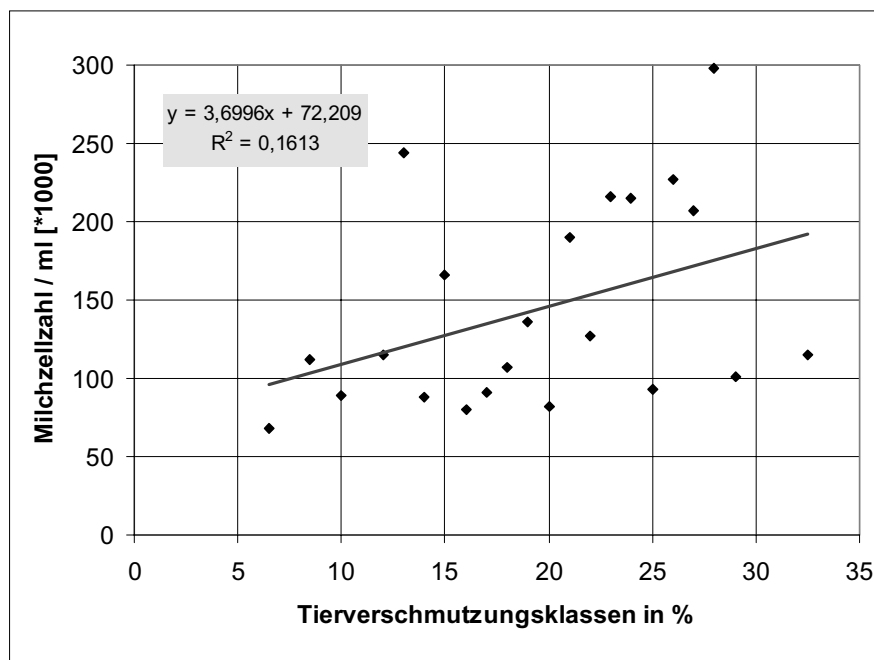


Abbildung 2: Gegenüberstellung verschiedener Verschmutzungsklassen bei Milchkühen und der beobachteten mittleren Milchzellzahlgehalte der monatlichen Milchleistungsprüfung

Tabelle 1: Regressionskoeffizienten zur Schätzung der abhängigen Variablen Tierverschmutzung

r <sup>2</sup>	Signif.	Konstante in %	Regressionskoeffizienten +/- Standardfehler					
			Einstreum./Exkr. in kg/10 kg	Fläche/LM in m <sup>2</sup> /100 kg	Einstreu/LM in kg/100 kg			
0,25	0,000	59,70	1,65	-19,46	0,92			
0,26	0,000	65,90	2,20	-18,55	0,94	-12,17	2,91	
0,24	0,000	61,30	2,14			-9,63	3,00	
							-26,51	1,43

Tagesmilchmenge beeinflusst die unterschiedliche Exkrementmasse. Die unterschiedliche Exkrementmasse ergibt unter Berücksichtigung der systemtechnischen Weiche die auf der Liegefläche anfallende Exkrementmasse. Aus dieser Bezugseinheit wird unter Berücksichtigung der Tierverschmutzung die notwendige Einstreumasse berechnet.

Mit zunehmender Milchleistung steigt die Ausscheidungsmasse an, damit steigt auch die notwendige Einstreumasse, um eine vorgegebene Tierverschmutzung einhalten zu können. In dieser Auswertung wurde keine unterschiedliche Kotkonsistenz berücksichtigt, sondern ein Trockensubstanzgehalt von 10,6 % zugrundegelegt (Tabelle 2).

Bei wechselnden Futterrationen, vor allem im Hochleistungsbereich mit geringem Rohfaseranteil wird die Kotkonsistenz dünnflüssiger. Dies kann in der Praxis einen Zuschlag zur empfohlenen Einstreumasse notwendig machen.

### 3 Thermobilanz bei Rindern in Außenklimaställen

Rinder streben eine ausgeglichene Thermobilanz an. Die ist bei gleicher Energiezu- und abfuhr gegeben.

Die Wärmeabfuhr wird bestimmt durch die Lufttemperatur und -bewegung, die Luftfeuchte des thermischen Widerstandwertes der Körperschale und die Abwärme des Erhaltungs- und Leistungsstoffwechsels.

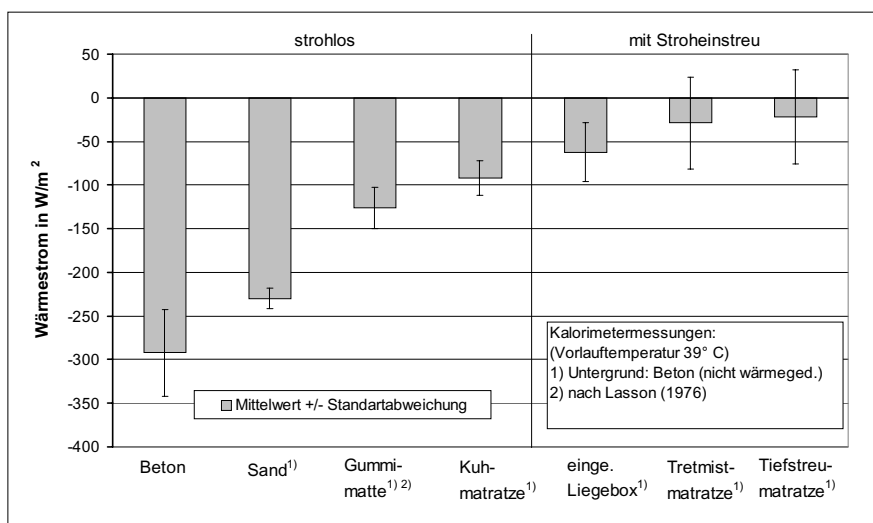
Die thermoneutrale Zone ist der Lufttemperaturbereich innerhalb dessen ein Tier die konstante Körpertemperatur, vor allem durch die Beeinflussung der sensiblen Wärmeabgabe, über unterschiedliche Vasokonstriktion oder -dilatation, regelt, ohne dass es zu einer zusätzlichen metabolen Wärmeproduktion (unterhalb der unteren kritischen Temperatur) oder zu einer erhöhten Schwitzrate und Verzehrsrückgang (oberhalb der oberen kritischen Temperatur) kommt.

**Tabelle 2: Einstreuempfehlung pro Kuh und Tag in Abhängigkeit von der Milchleistung und dem Aufstallungssystem**

Exkrementmasse im Liegebereich [kg]	Tagesmilchmenge in kg						
	12	16	20	24	28	32	36
Einraum-Tiefstreustall	42,7	<b>53,1</b>	61,6	<b>68,2</b>	72,8	<b>75,5</b>	76,3
Zweiraum-Tiefstreustall	21,4	<b>26,6</b>	30,8	<b>34,1</b>	36,4	<b>37,8</b>	38,2
Tretmiststall	20,3	<b>25,2</b>	29,3	<b>32,4</b>	34,6	<b>35,9</b>	36,3
Mindeseinstreubedarf für die definierte Tierverschmutzung (21,4 %) in kg							
Einraum-Tiefstreustall	7,9	<b>9,9</b>	11,5	<b>12,7</b>	13,5	<b>14,0</b>	14,2
Zweiraum-Tiefstreustall	4,0	<b>4,9</b>	5,7	<b>6,3</b>	6,8	<b>7,0</b>	7,1
Tretmiststall	3,8	<b>4,7</b>	5,4	<b>6,0</b>	6,4	<b>6,7</b>	6,7
Einstreubedarf für sauberen Tierbestand (Tierverschmutzung = 15 %) in kg							
Einraum-Tiefstreustall	10,0	<b>12,4</b>	14,4	<b>15,9</b>	17,0	<b>17,6</b>	17,8
Zweiraum-Tiefstreustall	5,0	<b>6,2</b>	7,2	<b>8,0</b>	8,5	<b>8,8</b>	8,9
Tretmiststall	4,7	<b>5,9</b>	6,8	<b>7,6</b>	8,1	<b>8,4</b>	8,5
Einstreubedarf für sehr sauberen Tierbestand (Tierverschmutzung = 10 %) in kg							
Einraum-Tiefstreustall	12,4	<b>15,5</b>	17,9	<b>19,8</b>	21,2	<b>22,0</b>	22,2
Zweiraum-Tiefstreustall	6,2	<b>7,7</b>	9,0	<b>9,9</b>	10,6	<b>11,0</b>	11,1
Tretmiststall	5,9	<b>7,3</b>	8,5	<b>9,4</b>	10,1	<b>10,4</b>	10,5

**Tabelle 3: Kennzahlen der Lufttemperatur unterschiedlicher Stallhüllen**

		Lufttemperatur					
		Stall		Außen		Differenz Stall-Außen	
		Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.	Mittelwert	Stdw.
		[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[K]	[K]
Offenfront	Sommer	19,3	4,15	18,20	5,50	0,96	2,30
	Winter	2,40	5,30	-0,90	5,40	2,70	1,80
	Gesamt	10,40	7,70	8,30	8,80	1,90	2,28
geschlossen	Sommer	20,60	3,80	19,00	4,50	5,00	1,60
	Winter	4,52	4,30	-0,70	5,20	5,00	1,60
	Gesamt	11,90	7,40	8,20	8,90	3,60	2,40
wärmedämmt	Sommer	18,50	3,00	18,60	5,50	-0,01	3,99
	Winter	7,20	3,30	-0,30	4,30	7,50	2,70
	Gesamt	13,56	5,50	9,90	9,00	3,70	4,60
alle Gebäude	Sommer	19,50	4,00	18,40	5,30	1,60	2,60
	Winter	3,50	5,20	-0,75	5,30	3,90	2,40



**Abbildung 3: Wärmeströme ausgewählter Liegebeläge**

### 3.1 Stalltemperaturen in verschiedenen Stallhüllen

Tabelle 3 zeigt Kennzahlen der Lufttemperatur unterschiedlicher Stallhüllen.

### 3.2 Wärmeströme ausgewählter Liegeflächen

Mit einem portablen Kalorimeter wurde die Wärmeableitung verschiedener Liegebeläge gemessen. Die Vorlauftemperatur und der Bodendruck des Gerätes wurden nach einem liegenden Rind ausgerichtet. Die genaue Beschreibung der Methode ist in KRAMER et al (1998) dargestellt. Liegeflächen mit Stroheinstreu weisen geringere Wärmeabflüsse (Tiefstreumatratzen: -22,3 W/m²; Tretmistmatratzen: -29,0 W/m²; eingestr. Liegeboxen: -62,4 W/m²) auf, als nicht eingestreute Liegebeläge (Gummigranulatgefüllte 12 cm dicke Kuhmatratze: -92,0 W/m²; 2,5 cm starke Standart-Gummimatte: -126,3 W/m²; mit Quarzsand eingestreute Liegebox: -230,0 W/m²) oder gar blanker Beton (-292,4 W/m²), (Abbildung 3).

### 3.3 Thermobilanz der Rinder unter Berücksichtigung der Liegeflächen

Unterschiedliche Wärmeströme der Liegefläche beeinflussen die Thermobilanz der Rinder. Die untere kritische Temperatur von Rindern ist die Temperatur, unterhalb der zusätzliche Energie für die Konstanterhaltung der Körpertemperatur benötigt wird. Diese Temperatur wurde mittels eines modifizierten Thermobilanzmodells nach BRUCE (1986) geschätzt. Das ursprünglich für Fleischrinder konzipierte Modell wurde für laktierende Rinder angepasst und um den Einfluss der Wärmeströme zur Liegefläche erweitert.

Eine Wärmezufuhr zum Tier (LM: 600 kg; Felldicke 10 mm) von +50 W/m² ergeben bei 15 kg Tagesgemelk eine UTK von ca. -15°C. Eine Wärmeabfuhr von -200 W/m² dagegen ermöglichen unter gleichen Bedingungen nur eine UTK von -7°C. Ein Wärmestrombetrag von 50 W/m² beeinflusst die UTK um ca 1,7°C.

Lässt man die Milchmenge konstant, variiert aber die Wärmestromdichte der Liegeflächen, zeigt sich deutlich der Einfluss unterschiedlicher Wärmeströme und damit Liegebeläge auf die UTK (Abbildung 4).

Bei gleichbleibenden Bedingungen ergibt eine blanke Betonfläche als Liegegrund nur eine UTK von -3,8°C. In folgender Reihenfolge ergeben die Liegeunterlagen eine absinkende UTK: Beton, Sand, Gummimatte, Kuhmatratze, eingestreute Liegebox, Tretnistmatratze und Tiefstreumatratze. Eine Variation der Wärmeströme und damit der UTK kann bei der Tiefstreumatratze durch unterschiedliche Einstreumengen erreicht werden. Extrem kalte Stalltemperaturen können zum Teil durch zusätzliche Einstreumassen kompensiert werden. Der umgekehrte Fall, während heißer Tage durch eine geringe Einstreumasse die Wärmeabfuhr zu erleichtern, wäre ebenso denkbar. In der Praxis setzt dem allerdings die Zunahme der Tierverschmutzung bei niedrigen Einstreumassen enge Grenzen (Tabelle 4).

Die Stalltemperatur der untersuchten, nicht wärmedämmten Ställe fällt in der untersuchten Klimaregion je nach Liegeflächengrund nur sehr selten unter die kritische Temperatur einer mittelleistenden Kuh (Milch: 15 kg/d; LM: 600 kg; Felldicke: 10 mm). So hätten die Stalltemperaturen im Winter 97/98 bei einer Liegefläche aus blanken Beton die UKT 470 Stunden lang unterschritten, bei ei-

ner mit Sand eingestreuten Liegebox 301 Stunden, bei einer Liegebox mit Standard-Gummimatte 164 Stunden, bei einer Liegebox mit Kuhmatratze 131 Stunden und bei den eingestreuten Systemen Liegebox 80 Stunden, Tretnistmatratze

64 Stunden und Tiefstreumatratze 55 Stunden. Hier zeigt sich die sehr gute Eignung der eingestreuten Liegeflächen für Kaltstallsysteme im Winter.

Für die Zeitspanne des Unterschreitens der UKT wurde die Temperatursumme

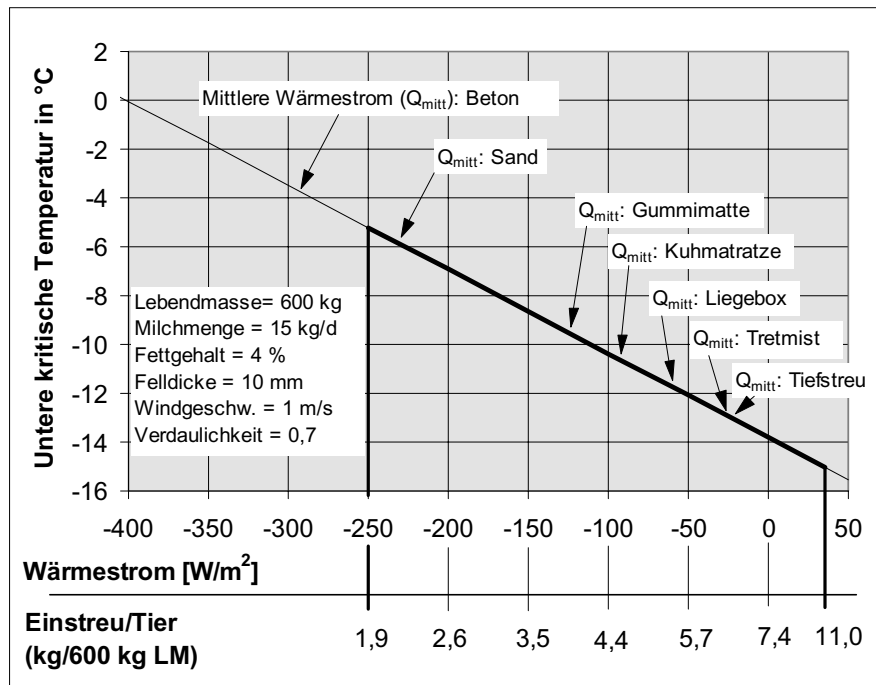


Abbildung 4: Untere kritische Temperatur in Abhängigkeit der mittleren Wärmeströme von Liegeflächen und unterschiedlicher Einstreumengen im Tiefstreuastall

Tabelle 4: Untere kritische Temperaturen [°C] in Abhängigkeit von Milchleistung, Liegefläche und Luftbewegung

Einflussfaktoren	Liegefläche	Wärmestrom	Milchleistung in kg/d														
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Felldicke 10 mm Luftbewegung 1 m/sec	Beton	[-292 W/m²]	14,4	13,3	12,4	11,4	10,4	9,4	8,4	7,4	6,4	5,4	4,4	3,4	2,4	1,4	0,4
	Sand	[-230 W/m²]	12,7	11,7	10,7	9,7	8,7	7,7	6,7	5,7	4,7	3,7	2,8	1,8	0,8	-0,2	-1,2
	Gummimatte	[-126 W/m²]	9,9	8,9	7,9	6,9	5,9	4,9	3,9	3,0	2,0	1,0	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0
	Kuhmatratze	[-92 W/m²]	9,0	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,1	0,1	-0,9	-1,9	-2,9	-3,9	-4,9
	Liegebox	[-62 W/m²]	8,2	7,2	6,2	5,2	4,2	3,2	2,2	1,2	0,2	-0,7	-1,7	-2,7	-3,7	-4,7	-5,7
	Tretnist	[-29 W/m²]	7,3	6,3	5,3	4,3	3,3	2,3	1,4	0,4	-0,6	-1,6	-2,6	-3,6	-4,6	-5,6	-6,6
	Tiefstreu (Mittelwert)	[-22 W/m²]	7,2	6,1	5,1	4,1	3,2	2,2	1,2	0,2	-0,8	-1,8	-2,8	-3,8	-4,8	-5,8	-6,8
	Tiefstreu (7,4 kg Einstreu)	[0 W/m²]	6,6	5,5	4,5	3,6	2,6	1,6	0,6	-0,4	-1,4	-2,4	-3,4	-4,4	-5,4	-6,4	-7,4
	Tiefstreu (11 kg Einstreu)	[+35 W/m²]	5,6	4,6	3,6	2,6	1,6	0,6	-0,4	-1,4	-2,3	-3,3	-4,3	-5,3	-6,3	-7,3	-8,3
	Felldicke 10 mm Luftbewegung 0,5 m/sec	Beton	[-292 W/m²]	13,3	12,2	11,2	10,3	9,3	8,3	7,3	6,3	5,3	4,3	3,3	2,3	1,3	0,3
Sand		[-230 W/m²]	11,7	10,6	9,6	8,6	7,6	6,6	5,6	4,6	3,6	2,7	1,7	0,7	-0,3	-1,3	-2,3
Gummimatte		[-126 W/m²]	8,9	7,9	6,9	5,9	4,9	3,9	2,9	1,9	0,9	-0,1	-1,1	-2,1	-3,1	-4,1	-5,1
Kuhmatratze		[-92 W/m²]	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0
Liegebox		[-62 W/m²]	7,2	6,2	5,2	4,2	3,2	2,2	1,2	0,2	-0,8	-1,8	-2,8	-3,8	-4,8	-5,8	-6,8
Tretnist		[-29 W/m²]	6,3	5,3	4,3	3,3	2,3	1,3	0,3	-0,7	-1,7	-2,7	-3,7	-4,6	-5,6	-6,6	-7,6
Tiefstreu (Mittelwert)		[-22 W/m²]	6,1	5,1	4,1	3,1	2,1	1,1	0,1	-0,9	-1,9	-2,8	-3,8	-4,8	-5,8	-6,8	-7,8
Tiefstreu (7,4 kg Einstreu)		[0 W/m²]	5,6	4,5	3,5	2,5	1,5	0,5	-0,4	-1,4	-2,4	-3,4	-4,4	-5,4	-6,4	-7,4	-8,4
Tiefstreu (11 kg Einstreu)		[+35 W/m²]	4,6	3,6	2,6	1,6	0,6	-0,4	-1,4	-2,4	-3,4	-4,4	-5,3	-6,3	-7,3	-8,3	-9,3
Felldicke 10 mm Luftbewegung 0,1 m/sec		Beton	[-292 W/m²]	11,1	10,0	9,0	8,0	7,0	6,0	5,1	4,1	3,1	2,1	1,1	0,1	-0,9	-1,9
	Sand	[-230 W/m²]	9,5	8,4	7,4	6,4	5,4	4,4	3,4	2,5	1,5	0,5	-0,5	-1,5	-2,5	-3,5	-4,5
	Gummimatte	[-126 W/m²]	6,8	5,7	4,7	3,7	2,7	1,7	0,8	-0,2	-1,2	-2,2	-3,2	-4,2	-5,2	-6,2	-7,2
	Kuhmatratze	[-92 W/m²]	5,9	4,8	3,9	2,9	1,9	0,9	-0,1	-1,1	-2,1	-3,1	-4,1	-5,1	-6,1	-7,1	-8,1
	Liegebox	[-62 W/m²]	5,1	4,1	3,1	2,1	1,1	0,1	-0,9	-1,9	-2,9	-3,9	-4,9	-5,9	-6,9	-7,9	-8,8
	Tretnist	[-29 W/m²]	4,3	3,2	2,2	1,2	0,2	-0,8	-1,8	-2,7	-3,7	-4,7	-5,7	-6,7	-7,7	-8,7	-9,7
	Tiefstreu (Mittelwert)	[-22 W/m²]	4,1	3,0	2,0	1,0	0,1	-0,9	-1,9	-2,9	-3,9	-4,9	-5,9	-6,9	-7,9	-8,9	-9,9
	Tiefstreu (7,4 kg Einstreu)	[0 W/m²]	3,5	2,5	1,5	0,5	-0,5	-1,5	-2,5	-3,5	-4,5	-5,5	-6,5	-7,5	-8,5	-9,5	-10,4
	Tiefstreu (11 kg Einstreu)	[+35 W/m²]	2,6	1,6	0,6	-0,4	-1,4	-2,4	-3,4	-4,4	-5,4	-6,4	-7,4	-8,4	-9,4	-10,4	-11,4

gebildet und daraus der zusätzliche thermoregulatorische Energiebedarf geschätzt. Für diesen Energiebedarf wurden unter der Voraussetzung einer zusätzlichen tatsächlichen Futteraufnahme die Zusatzkosten für Futter abgeleitet (Tabelle 5).

Folgerungen: Offenfrontställe werden in kälteexponierten Lagen am besten in Kombination mit einem der Matratzensysteme Tret- oder Tiefstreustall kombiniert, da bei dieser Zuordnung extrem kalte Temperaturen am besten abgepuffert werden. Im Sommer wird die Wärmeentwicklung dieser Matratzen zum Problem. Vor allem eine Tiefstreumatratze führt bei Einstreumassen, die für eine hygienische Milchproduktion notwendig sind, nur zu wenig Wärme vom liegenden Tier ab. Deshalb sollte diese Kombination nur mit Sommerweidegang oder einem schattigen Auslauf betrieben werden. Für mildere Klimate sind auch im Winter gut eingestreute Liegeboxen ausreichend. Bei dieser Kombination muss jedoch besonders Rücksicht auf die Windanfälligkeit genommen werden, denn durch die vorgegebene Liegeflächen-Zuteilung werden die thermoregulatorischen Verhaltensweisen der Rinder eingeschränkt.

Geschlossene Kaltställe puffern die extremen Lufttemperaturen besser als Offenfrontställe. Diese Stallhülle bietet in Kombination mit gut eingestreuten Liegeboxen auch im Winter ein Haltungssystem, dass nur sehr selten den Energieaufwand für die Thermoregulation stark steigert. Für heiße Sommerzeiten muß auf einen ausreichenden Luftraum und Luftdurchsatz geachtet werden. Tiefstreu-Matratzensysteme sind für eine

**Tabelle 5: Schätzung der Zusatzkosten auf Grund des Unterschreitens der UKT (Fall 1: Kompensation durch Futter)**

Offenfrontstall, Luftbewegung 1 m/s, lakt. Kuh (600 kg LM, 20 kg Milch, 10 mm Felldicke)			
Liegefläche	negative Temperatursumme	zusätzlicher Energiebedarf ['MJ/d]	Zusatzkosten [DM/Tier u. Winter]
Tiefstreu (11 kg)	815	62	2,0
Tiefstreu	1109	84	2,8
Liegebox	1494	113	3,7
Kuhmatratze	2062	156	5,2
Gummimatte	2743	208	6,9
Sand	3747	284	9,4
Beton	4841	367	12,1
geschlossener Kaltstall, Luftbewegung 0,5 m/s lakt. Kuh (600 kg LM, 20 kg Milch, 10 mm Felldicke)			
Liegefläche	negative Temperatursumme	zusätzlicher Energiebedarf ['MJ/d]	Zusatzkosten [DM/Tier u. Winter]
Tiefstreu (11 kg)	188	14	0,5
Tiefstreu	288	22	0,7
Liegebox	427	32	1,1
Kuhmatratze	734	56	1,8
Gummimatte	1133	86	2,8
Sand	3120	236	7,8
Beton	4066	308	10,2

geschlossene Stallhülle nur mit der gleichen Einschränkung wie in Offenfrontställen zu empfehlen.

Wärme gedämmte Stallhüllen sind mit allen praxisrelevanten Bodenbelägen kombinierbar und aus Sicht des tierischen Wärmehaushaltes während der kalten Jahreszeit unproblematisch. Eine Kombination mit Tiefstreu-Matratzensystemen ist in Hinblick auf die zu erwartenden Probleme der Hochleistungskühe mit der Wärmeabgabe im Sommer nicht zu empfehlen.

#### 4 Literaturverzeichnis

BRUCE, J. M., 1986: Lower Critical Temperatures for Housed Beef Cattle. *Farmbuilding Progress*.  
 CHASTAIN, J. P. und L. W. TURNER, 1994: Practical Results of a Model of Direct Evaporative Cooling of Dairy Cows. *Dairy Systems for the*

21<sup>st</sup> Century, Proceedings of the Third International Dairy Housing Conference, Orlando Florida. ASAE

EHRLEMARK, A., 1988: Calculation of Sensible Heat and Moisture Loss from Housed Cattle Using a Heat Balance Model. Uppsala, Rapport 60.

FAYE, B. und J. BARNOUIN, 1987: Condition d'utilisation de differents types d'etables pour vaches alliantesl Observation N° 88051, Institut techniques de l'elevage bovin.

Haidn, B. und H. SEUFERT, 1996: Kostenanalyse eingestreuter und strohloser Haltungsverfahren für Milchvieh. DLG Arbeitsunterlage

KIRCHGESSNER, M., 1997: Tierernährung; 8. Auflage, DLG-Verlag Frankfurt, 533 S.

KRAMER, A. J., B. Haidn, H. SchÖn, 1998: Untersuchung zur Verfahrenstechnik „naturnaher“, eingestreuter Stallsysteme unter besonderer Berücksichtigung der Eigenschaften und Wirkungsweisen von Einstreumaterialien auf das Funktionieren des Haltungssystems für Rinder. DFG Abschlußbericht.

