



lfz
rauberg
gumpenstein

Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft

www.raumberg-gumpenstein.at

Untersuchungen zur Detektion von Lüftungsmängeln in der Rinderhaltung im Hinblick auf Emissionen und tiergesundheitliche Probleme

Diplomarbeit

aus dem Fachgegenstand: Nutztierhaltung

Betreuung: Frau Prof. Dipl.-Ing. Margit Haberl
Herr Ing. Eduard Zentner, Abteilung für Stallklimatechnik
und Nutztierschutz

Außerschulischer Partner: Perschl Franz
Windauer Robert

durchgeführt an der

Lehr- und Forschungszentrum
für Landwirtschaft
Raumberg-Gumpenstein
A –8952 Irdning, Raumberg 38
www.raumberg-gumpenstein.at

vorgelegt von

Martina Liebming

Mai, 2012

Vorwort

Die Beziehung zur Natur und zu den Tieren trage ich seit Kindheit an in mir, so wurde auch meine Entscheidung, die Schule in Raumberg und eine landwirtschaftlich geprägte Ausbildung zu absolvieren, stark davon beeinflusst.

Im Laufe der gewählten Ausbildung bekam ich am Lehr- und Forschungszentrum Raumberg – Gumpenstein einen tieferen Einblick in die Landwirtschaft und das Verhalten der Nutztiere. Zusätzlich konnte ich im Rahmen der landwirtschaftlichen Praxis weitere Erfahrungen bezüglich der artgerechten Haltung, Fütterung und Wirtschaftlichkeit der Nutztierhaltung sammeln.

Die Kombination von Forschung und Lehre an unserer Schule, ergab für mich die Möglichkeit, eine Diplomarbeit über die *„Untersuchung zur Detektion von Lüftungsmängeln in der Rinderhaltung, im Hinblick auf Emissionen und tiergesundheitsliche Probleme“* zu erarbeiten. Dabei konnte ich für mich wertvolle Erkenntnisse aus der Beobachtung der Tiere ziehen, interessante Ergebnisse aus den erhobenen Daten und aus dem Bild- und Filmmaterial gewinnen.

Aus diesem Grund habe ich mich für dieses Thema entschieden, da ich mich bezüglich Haltung der Nutztiere, sowohl für die Tiergesundheit als auch das Wohlbefinden der Tiere im Stall selbst interessiere.

Die nun vorliegende Arbeit und die damit verbundenen Erhebungen erfolgten gemeinsam mit der Abteilung für Stallklimatechnik und Nutztierschutz im Rahmen meiner Diplom – und Reifeprüfung.

Ich möchte dieses Vorwort nutzen, um mich besonders bei meinen Eltern zu bedanken, die es mir ermöglicht haben diese Schule zu besuchen und die mich dabei immer tatkräftig unterstützt haben. Danke!

Ein weiterer Dank geht auch an meinen Betreuer Herrn Ing. Eduard Zentner, für die fachliche Beratung sowie für die Erhebung und die Unterstützung in der Auswertung dieser Arbeit.

Ein herzlicher Dank gilt auch meiner schulischen Betreuerin Frau Prof. Dipl.-Ing. Margit Haberl, die mir trotz Ihrer Karenzzeit immer zur Seite stand und mir bei der Erstellung und Gestaltung dieser Arbeit half.

Mein letzter Dank geht auch an meine Untersuchungsbetriebe, an Herrn Perschl Franz und Herrn Windauer Robert, ohne die die Umsetzung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Vielen Dank!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Fragestellung	3
3	Literatur	4
3.1	Die Bedeutung des Stallklimas.....	4
3.2	Lufttemperatur.....	5
3.2.1	Temperaturbereiche.....	7
3.2.2	Indikatoren für Mängel bei der Lufttemperatur.....	9
3.3	Luftfeuchtigkeit.....	10
3.3.1	Optimale relative Luftfeuchtigkeit.....	11
3.3.2	Indikatoren für Mängel bei der Luftfeuchtigkeit.....	12
3.4	Luftbewegung.....	13
3.4.1	Optimalwerte für die Luftbewegung.....	13
3.4.2	Indikatoren für Mängel bei der Luftbewegung.....	15
3.5	Schadgase.....	15
3.5.1	Wichtigste Schadgase	16
3.5.2	Maximal zulässige Schadgaskonzentration	17
3.5.3	Indikatoren für Mängel bei den Schadgaskonzentrationen.....	18
3.6	Staub	18
3.6.1	Indikatoren für Mängel bei der Staubkonzentration	19
3.7	Beleuchtung	19
3.7.1	Minimale Beleuchtungsstärke.....	20
3.7.2	Indikatoren für Mängel bei der Beleuchtung	21
3.8	Stallklima im Kälberstall.....	22
3.9	Kriterien für eine optimale Stallluft	23
3.10	Auswirkungen von schlechter Stallluft.....	24
3.10.1	Wirtschaftliche Bedeutung	24
4	Material und Methode	26
4.1	Datenerfassung	26
4.2	Versuchsbetriebe.....	29
4.2.1	Windauer Robert.....	29
4.2.2	Perschl Franz	32
4.3	Ergebnisse.....	34
4.3.1	Langzeitmessung Betrieb Windauer	36
4.3.2	Langzeitmessung Betrieb Windauer	37

4.3.3	Betrieb Perschl.....	40
5	Lösungsvorschläge	43
6	Zusammenfassung.....	47
7	Abstract.....	49
8	Literaturverzeichnis	51
9	Anhang.....	53
9.1	Technische Daten	53
9.1.1	Dräger SensorSmart IR CO ₂ HC – 68 10 599	53
9.1.2	Dräger Sensor Smart IR CO ₂ – 68 10 590.....	54
9.1.3	Dräger Sensor XS R H ₂ S 100 ppm 68 10 260.....	55
9.1.4	Dräger X – am 7000.....	56
9.1.5	testo 400, testo 650, testo 950	57
9.1.6	testo 177 – T1	59
9.1.7	testo 177 – T2	60
9.1.8	testo 177 – T3	61
9.1.9	testo 177 – T4	62
9.1.10	testo 177 – H1.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verlauf der Wärmebildung und der Körpertemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (nach Richter, 1995).	5
Abbildung 2:	Kälberboxen im unmittelbaren Zuluftbereich – Kaltlufteintrag mit künstlichem Nebel sichtbar gemacht.....	6
Abbildung 3:	Körpermassezunahmen in g in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer	25
Abbildung 4:	Datenloggermontage eines Testo 177 im Stall.....	27
Abbildung 5:	Künstlicher Nebel verdeutlicht die Luftführung in den Tierbereich	27
Abbildung 6:	Multigassamplere Dräger Xam 7000 im Tierbereich eingesetzt.....	28
Abbildung 7:	Behaglichkeitssonde (quer) mit Handmessgerät	28
Abbildung 8:	Maststall von außen...Abbildung 9:Stall von innen mit Luft-Lichtfirst....	29
Abbildung 10:	Mastkälber (Fresser) im umgebauten Stall mit Strahlungswärme unter der Porendecke.....	30
Abbildung 11:	Wärmebildaufnahme der Zuluftdecke, Zuluft über Porendecke (blau) und Strahlungswärme (rot weiß)	31
Abbildung 12:	Stiermaststall mit Luftfirst	32
Abbildung 13:	Alter Milchviehstall	33
Abbildung 14:	Maststall Außenansicht mit einseitig verlängertem Luftfirst.	33
Abbildung 15:	Maststall Außenansicht mit regelbaren Doppelsteg - Zuluftelementen .	33
Abbildung 16:	Optimale Zuluftführung in das Stallinnere im April.....	34
Abbildung 17:	Ungünstige Zuluftführung in das Stallinnere im Dezember.....	35
Abbildung 18:	Messung der Luftgeschwindigkeit mit einer Behaglichkeitssonde	35
Abbildung 19:	Thermik fördert Falschluf aus dem Gülle- in den Tierbereich	36
Abbildung 20:	Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 11.02.	37
Abbildung 21:	Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 14.02.	38
Abbildung 22:	Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 20.02.	39
Abbildung 23:	Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 14.01.	40
Abbildung 24:	Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 29.01.	41
Abbildung 25:	Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 07.01.	42
Abbildung 26:	Durchgehend befahrbarer Futtertisch am Betrieb Windauer.....	43
Abbildung 27:	Frischluf strömt durch Schlitz ins Stallinnere	44
Abbildung 28:	Zuluftführung am Futtertisch mit Blick in Richtung Endmasttiere.....	44
Abbildung 29:	Zuluftführungim Bereich der Endmasttiere.	45
Abbildung 30:	Kontrolle der Luftverteilung mit roter Nebelpatrone.	45
Abbildung 31:	Doppeltor am Betrieb Perschl an der Giebelseite.....	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009)	8
Tabelle 2:	Faktoren, die das Ertragen tiefer oder hoher Umgebungstemperatur für das Tier erleichtern (+) oder erschweren (-), nach BIANCA (1979)	9
Tabelle 3:	Hitzestress in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte, abgeleitet vom THI – Temperature – Humidity - Index.....	10
Tabelle 4:	Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009) ..	12
Tabelle 5:	Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009) ..	14
Tabelle 6:	Maximalkonzentration für die drei Schadgase, empfohlen vom „Scientific Veterinary Committee“ (1997)	17
Tabelle 7:	Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009) ..	21
Tabelle 8:	Stallklimaanforderungen (ELLERSIEK 1989)	23

1 Einleitung

Mastrinder benötigen für entsprechende Leistungen beste Haltungsbedingungen. Trifft diese Anforderung nicht zu, bedeutet das wirtschaftliche Einbußen für den Tierhalter. Untersuchungen zeigen, dass allein durch die von außen beeinflussbaren Faktoren, wie Fütterung und Stallklima, ein Leistungsunterschied von 25%, sowohl im Negativen als auch im Positiven möglich ist.

Die Abteilung Stallklimotechnik und Nutztierschutz am LFZ Raumberg – Gumpenstein bietet, in Kooperationen bzw. Absprache mit den Landwirtschaftskammern und den Betreuungstierärzten, für derartige Fälle entsprechende Untersuchungen an. Je nach Fragestellung und Stallbauweise, werden die mit Problemen behafteten Stallungen mit modernster Technik untersucht und anschließend entsprechende Empfehlungen an die Landwirte abgegeben.

Dass tiergesundheitliche Probleme aber verstärkt in neu errichteten Stallungen auftreten ist unverständlich und entspricht wohl nicht der Intention der Landwirte. Für mich persönlich ergab sich daraus aber die besondere Gelegenheit, die Abteilung in ihrer Tätigkeit zu begleiten und zwei neue Rinder – Maststallungen im Rahmen meiner Diplomarbeit genauer zu betrachten.

Zwei Landwirte hatten dabei unabhängig voneinander den Kontakt mit dem Abteilungsleiter gesucht. In derartigen Fällen werden die Stallungen vorerst begutachtet und wenn nötig die entsprechende Technik zur Erfassung der stallklimatischen Parameter montiert. Ich konnte in beiden Fällen von Beginn an einen Einblick in die Thematik und die Bedingungen vor Ort bekommen. Wir führten Gespräche und montierten die notwendige Technik, um den Problemen auf den Grund zu gehen. Die Untersuchungen mit künstlichen Nebels zur Erkennung von Luftströmungen vor Ort samt Bild- und Filmmaterial, die Kurzzeitmessungen und die Daten aus den Messgeräten standen mir unmittelbar zur Verfügung.

Wir konnten in beiden Stallungen Probleme hinsichtlich der Luftführung, erhöhte Schadgaswerte und hohe Luftgeschwindigkeiten, also Zugluft im Tierbereich feststellen. Die Erkenntnisse und Ergebnisse aus diesen Untersuchungen wurden an die Landwirte übermittelt und Verbesserungsvorschläge zur Luftführung und zur Minimierung der tiergesundheitlichen Probleme ausgesprochen.

Mit meiner Diplomarbeit möchte ich zusammenfassend auf die Thematik Stallklima und die Auswirkungen im Hinblick auf die Tiergesundheit hinweisen. Im Besonderen soll diese Arbeit aber zeigen, von welcher Bedeutung eine perfekte Haltungsumgebung und ein gutes Stallklima für unsere Nutztiere ist.

2 Fragestellung

Für viele Betriebe und deren Tiere stellt ein mangelhaftes Stallklima, im deutschen Sprachraum auch Stallwetter genannt, ein sehr großes Problem dar. Selbst bei neuen Rinderstallungen werden oft Mängel vorgefunden, welche geeignet sind, schwere tiergesundheitliche Probleme und damit große wirtschaftliche Einbußen für die Tierhalter zu verursachen.

In der vorliegenden Arbeit geht es darum, Mängel im Tierbereich zu detektieren, das Stallklima für die Nutztiere zu optimieren und künftige Probleme weitestgehend zu vermeiden. Die Kosten für den Betreuungsveterinär und der Einsatz von Medikamenten sollten auf ein Mindestmaß reduziert werden.

Zusätzlich möchte ich die Thematik „Stallklima“ den betroffenen Landwirten näherbringen und mit den Messergebnissen und Auswertungen aufzeigen, wie sich die Bedingungen im Tierbereich, je nach Außenbedingungen, zum Positiven oder Negativen verändern können.

3 Literatur

3.1 Die Bedeutung des Stallklimas

Das Stallklima hat einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung, das Wohlbefinden und auf die Gesundheit von Nutztieren. Dadurch ist es auch ein wichtiger Indikator für die Tiergerechtigkeit in den Haltungssystemen. Ein schlechtes Stallklima kann die Leistung eines Tieres maßgeblich negativ beeinträchtigen. Mit steigender Leistung erhöhen sich die Anforderungen und Ansprüche der Tiere an ihre Umwelt. Darum muss der Tierhalter darauf achten, dass das Stallklima die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordert (vgl. GROTE et al., 2006).

Das Stallklima wird durch mehrere Faktoren bestimmt. Diese sind Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Schadgase, Staub und Licht.

Das Innenklima eines Stalles wird, dies gilt insbesondere für Außenklima- und Offenfrontstallungen, von den äußeren Bedingungen beeinflusst. Tiefe Temperaturen, insbesondere innerhalb der thermoneutralen Zone, stellen für die Rinder keine Probleme dar, im Gegenteil, sie bevorzugen diese gegenüber den Sommerbedingungen. Über den gesamten Jahresverlauf müssen der von den Tieren abgegebene Wasserdampf und vor allem die Schadgase abgeführt werden. Der Tierhalter hat dabei vor allem auf eine ausreichende Durchlüftung des Stalles zu sorgen.

Die Schadgase, sie werden im Fachjargon auch als Fremdgase bezeichnet, stammen aus dem tierischen Stoffwechsel, der Atmung und aus den Umsetzungsprozessen der anfallenden Exkremente.

Staub kann durch Futter, Einstreu, Hautpartikel und Partikeln aus eingetrocknetem Kot entstehen. Im Tierbereich können Lungengängige Partikelgrößen $<2,5\mu\text{m}$ auftreten, aus diesem Grund wird dem Faktor Staub eine zunehmende Bedeutung eingeräumt.

Alle Faktoren werden durch eine bestmögliche Vermischung von Frischluft mit der Stallluft beeinflusst.

Ein funktionierendes Lüftungssystem ist damit Grundvoraussetzung für ein tiergerechtes Klima im Stall. Das Lüftungssystem oder die Lüftungsanlage sind in der Tierhaltung aus diesem Grund von zentraler Bedeutung (vgl. GROTE et al., 2006).

3.2 Lufttemperatur

Für jedes Tier gibt es eine Zone der Umgebungstemperatur, in welcher der Organismus seine Körpertemperatur aufrechterhalten kann. Diese Zone wird als thermisch neutrale Zone bezeichnet, in der die Wärmeerzeugung praktisch konstant und unabhängig von der Umgebungstemperatur ist (siehe Abb. 1, Zone von T1 nach T2).

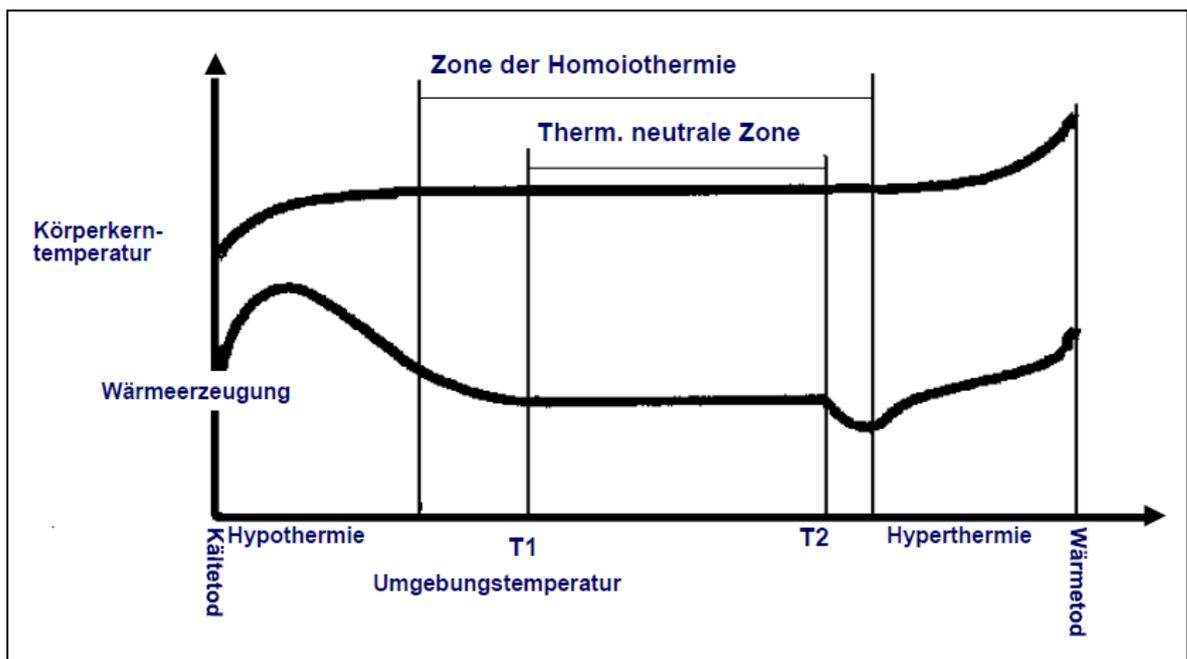


Abbildung 1: Verlauf der Wärmebildung und der Körpertemperatur in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur (nach Richter, 1995).

T1 – die untere „kritische“ Temperatur der thermisch neutralen Zone. Hier setzt der Organismus Mechanismen (zum Beispiel Kältezittern) ein, um die Wärmeproduktion zu erhöhen.

T2 – obere „kritische“ Temperatur der thermisch neutralen Zone. Hier beginnt das Tier seine Wasserverdunstung zu erhöhen, um einen Anstieg der Körpertemperatur zu verhindern (vgl. BVET, 2002).

Aus der Ausführung des Bundesamtes für Veterinärwesen - BVET (2002) geht hervor, dass die Anpassungsfähigkeit der Tiere an die Umgebungstemperatur eindeutig überfordert wird, wenn die physiologischen und ethologischen Mechanismen der Thermoregulation nicht mehr ausreichen, um die

Körpertemperatur aufrecht zu erhalten. Die Zonenbezeichnung dafür ist Hypothermie. Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass in der Zone Homiothermie die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überfordert wird. Der thermisch neutrale Bereich, auch thermoneutrale Zone genannt, liegt bei neugeborenen Tieren deutlich höher als bei ausgewachsenen Tieren derselben Art. Das führt dazu, dass die kritischen Temperaturen und dadurch auch die Wärmebedürfnisse bei jungen Tieren höher liegen.

Die unberechtigte Angst vor zu niedrigen Stalltemperaturen in der Wintersituation ist in der Praxis oft darin begründet, dass bei extrem tiefen Außentemperaturen auch die Stalltemperaturen innerhalb kurzer Zeiträume stark absinken. Ohne geeignetes Lüftungssystem ist die Zuluftführung nicht lenk- und regulierbar. Dabei können Zuglufterscheinungen im Tier- und vor allem im Liegebereich auftreten, welche wiederum zu schweren tiergesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können. Die durch Außenöffnungen eintretende kalte Zuluft wird auf Grund ihrer physikalischen Eigenschaft nach unten umgelenkt und baut neben hohen Geschwindigkeiten in den Liegebereich oft zusätzlich einen Kaltluftsee in den Kälberboxen auf. Diesen negativen Eigenschaften sind die Tiere in Boxenhaltung oft über längere Zeiträume ausgeliefert, es besteht keine Möglichkeit, dass sie sich diesen Kaltlufteinträgen entziehen.



Abbildung 2: Kälberboxen im unmittelbaren Zuluftbereich – Kaltlufteintrag mit künstlichem Nebel sichtbar gemacht

Als vorbeugende Maßnahme werden oft die Außenöffnungen geschlossen, dies allerdings bewirkt einen verringerten Luftaustausch und bringt auch die übrigen

Stallklimafaktoren in einen Bereich, der als kritisch zu bezeichnen ist. Dies gilt insbesondere für die relative Luftfeuchte, verbunden mit starkem Kondensat und für das Ansteigen der Schadgasgehalte in der Stallluft.

Neben der Lufttemperatur ist auch die Oberflächentemperatur der raumumschließenden Bauteile von besonderer Bedeutung, d.h. z.B. 10°C Lufttemperatur werden dann als 10°C empfunden, wenn auch die inneren Oberflächentemperaturen 10°C betragen (erfordert guten Wärmedämmstandard) (vgl. HAUSLEITNER, 1984).

3.2.1 Temperaturbereiche

Rinder sind ihrem Wesen nach Tiere, die tiefere Lufttemperaturen bevorzugen. Die zunehmende Sommerhitze beeinflusst die Milchleistung negativ und die Tiere leiden unter Hitzestress. Weil der Stoffwechsel der Nutztiere den Grundumsatz deutlich übersteigt, fällt Zusatzwärme an, die an die Umgebung abgegeben werden muss, um einer Überhitzung vorzubeugen. Im Gegensatz dazu genießen sie im Winter die kühleren Temperaturen.

Die Wärme, die mit der Milchbildung produziert wird, kann im Winter wesentlich besser abgeführt werden. Selbst bei Temperaturen bis zu -30 °C verursacht die Kälte keine gesundheitliche Beeinträchtigung, wenn jederzeit genügend hochwertiges Futter verfügbar ist, um den erhöhten Erhaltungsbedarf zu decken (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009).

Tabelle 1 empfiehlt Temperaturen für ein gutes Stallklima, wo die Nutzleistungen der Tiere erfahrungsgemäß am größten sind.

	Messwerte	Bemerkung	Optimum
Temperaturen	+20 bis - 30°C	Thermoneutrale Zone von Rindern ⇔ grundsätzlich kein Handlungsbedarf: <ul style="list-style-type: none"> • ausreichend Futter anbieten • Tränken müssen frostsicher sein • Windgeschützte und gut isolierte Liegefläche • 	7-17 °C für Milchkuh
	Winter: < 10 °C bei der Milchkuh < 16 °C bei Kalbin und Mastrind	Bei guter Luftqualität und ausreichendem Luftwechsel: <ul style="list-style-type: none"> • Lüftungssystem nicht vorhanden ⇔ entweder Fenster oder Türen teilweise oder zur Gänze so 	

		schließen, dass der Luftwechsel noch aufrecht bleibt <ul style="list-style-type: none"> • Lüftungssystem vorhanden ⇔ Fenster und Türen schließen 	
	Winter < 18 °C bei Kälbern	Bei guter Luftqualität und ausreichendem Luftwechsel: <ul style="list-style-type: none"> • Lüftungssystem vorhanden ⇔ Fenster und Türen schließen • warmen und windgeschützten Rückzugsraum durch mehr Stroh und/oder Vorhang schaffen 	12-20 °C für Kalbin und Mastrind
	Sommer > 20 °C	Kühe bleiben stehen und/oder versammeln sich um geöffnete Türen bzw. Fenster. Für guten Luftwechsel sorgen: <ul style="list-style-type: none"> • Fenster und Türen öffnen • Lüftungsklappen öffnen • Ventilatoren einschalten • Kühlende Sprüh-Dusche über dem Fressplatz (alle 5 Minuten 15 Sekunden lang) 	16-20 °C für Kälber

Tabelle 1: Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009)

Es ist zu beachten, dass der Wärmehaushalt der Tiere durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird. Dadurch sind die Gestaltung und die Beurteilung im Einzelfall zu berücksichtigen.

In der Tabelle 2 ist zuerkennen, dass Probleme durch Hitze als eher als mit der Kälte entstehen können, gerade für hochleistende und große Tiere.

Faktor	Umgebungstemperatur	
	Tief	Hoch
Zunehmendes Alter (Jungtier – ausgewachsenes Tier)	+	(-)
Hohe Futteraufnahme	+	-
Hohe Nutzleistung	+	-
Trächtigkeit	+	-
Körperbewegung	+	-
Dickes Haarkleid	+	-
Reichliche und trockene Einstreu	+	-
Gruppenhaltung	-	+
Einzelhaltung	-	+
Wind	+	-
Sonnenbestrahlung	+	+
Akklimatisation (an Kälte oder Wärme)		

Tabelle 2: Faktoren, die das Ertragen tiefer oder hoher Umgebungstemperatur für das Tier erleichtern (+) oder erschweren (-), nach BIANCA (1979)

3.2.2 Indikatoren für Mängel bei der Lufttemperatur

Beim Rind sind zu tiefe Temperaturen am gestäubten Fell erkennbar. Als kritisch zu beurteilen sind Situationen, bei denen das Fell bei tiefen Temperaturen über längere Zeit bis auf die Haut durchnässt ist.

Ein Indikator für zu hohe Temperaturen ist ein schweißnasses Fell. Im Stall kann dies dazu führen, dass Liegebereiche mit gut isolierten Bodenbelägen (Tiefstreu oder Strohmattentzen) gemieden werden und der Liegeplatz auf harten, nicht isolierten Boden verlagert wird. Eine weitere Reaktion auf hohe Temperaturen ist, dass sich die Atemfrequenz erhöht und der Appetit geht zurück. Daraus schließt sich eine verminderte Futteraufnahme und dadurch eine entsprechende Reduktion der Milchleistung (vgl. BVET, 2002).

3.3 Luftfeuchtigkeit

Grundsätzlich sind Nutztiere in der Lage, sich an großen Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit anzupassen. Aber es gibt auch stark belastende Situationen, siehe dazu Tabelle 3, in denen die Tiere gleichzeitig einer hohen Luftfeuchtigkeit und einer hohen Lufttemperatur ausgesetzt sind. In dieser Situation ist es den Tieren kaum mehr möglich, Körperwärme abzugeben. In der Praxis wird kaum beachtet, dass die Tiere bei Temperaturen um die +23°C und einer rel. Luftfeuchte von > 80% bereits zunehmendem Stress ausgesetzt sind. Zudem fördert eine hohe Luftfeuchtigkeit die Vermehrung von Bakterien, Parasiten und vor allem Schimmelpilze. Kritisch können auch Situationen werden, in denen durchnässte Tiere über längere Zeit bei hoher Luftfeuchtigkeit und tiefen Lufttemperaturen gehalten werden. In geheizten Ställen während des Winters kommt es oft zur tiefen Luftfeuchtigkeit, hier können die Schleimhäute der Atemwege austrocknen und die Tiere für Infektionen anfälliger machen (vgl. BVET, 2002).

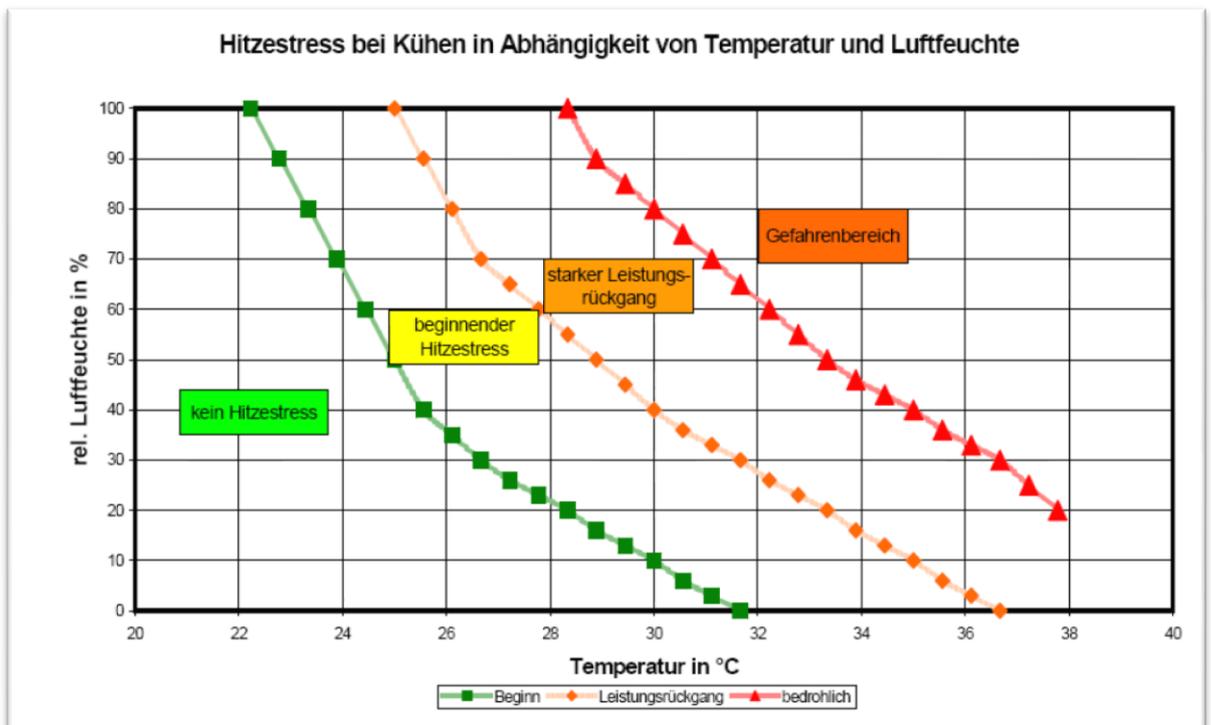


Tabelle 3: Hitzestress in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte, abgeleitet vom THI – Temperature – Humidity - Index

Das Rind gibt, je nach Stoffwechselbelastung, Wärme und je nach Körpergewicht und Leistung etwa 400 Gramm Wasserdampf pro Stunde ab. Dieser Wasserdampf kann zu einer erheblichen Verschlechterung des Stallklimas und zu einer Belastung der Tiere führen. Das Rind scheidet zwischen 15 Liter Wasser bei -1 °C und 30 Liter bei 26 °C pro Tag aus. Daher ist es eine große Herausforderung an den Stallbau, die stark schwankenden Temperaturen und anfallenden Luftfeuchtmengen in einem Stallgebäude zu regulieren bzw. für einen angemessenen und kontrollierten Luftaustausch zu sorgen (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009).

3.3.1 Optimale relative Luftfeuchtigkeit

Die optimale relative Feuchtigkeit liegt für landwirtschaftliche Nutztiere im Bereich von 50 % - 80 %.

Tabelle 4 zeigt optimale Luftfeuchtigkeit die in einem Nutztierstall vorhanden sein sollte.

	Messwerte	Bemerkung	Optimum
Luftfeuchtigkeit	>90 % im Winter	Unterkühlung durch verstärkte Wärmeabgabe: <ul style="list-style-type: none"> • Lüften, um die Raumluft abzutrocknen • Trockene Einstreu • Trockene Liegeplätze 	60–80 %
	>90 % im Sommer	Gefahr des Hitzschlags bei gleichzeitig hohen Temperaturen durch fehlende Wärmeabgabe an der Körperoberfläche: <ul style="list-style-type: none"> • Lüften, um die Raumluft abzutrocknen • Kühlung durch Ventilator über Liege- und/oder Fressplatz • Eventuell kühlende Sprüh-Dusche über dem Fressplatz (alle 5 Minuten 15 Sekunden lang) 	
	<50 % im Winter	Austrocknung und Reizhusten → die Schleimhäute werden gereizt → Anfälligkeit für Rindergrippe u.Ä. steigt: <ul style="list-style-type: none"> • Tränken überprüfen • Zugluft reduzieren 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Luftwechsel reduzieren (Achtung auf Schadgaskonzentration) 	
	<50 % im Sommer	<p>Austrocknung und Reizhusten → die Schleimhäute werden gereizt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tränken überprüfen • Kühlen durch Sprüh-Dusche • Zugluft reduzieren • Luftwechsel reduzieren (Achtung auf Schadgaskonzentration) 	

Tabelle 4: Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009)

3.3.2 Indikatoren für Mängel bei der Luftfeuchtigkeit

Eine zu geringe Luftfeuchtigkeit ist nicht spürbar sondern nur messbar, sie ist oft mit hohen Staubkonzentrationen verbunden und verursacht beim Menschen, einige Zeit nach Betreten des Stalles, einen Hustenreiz.

Vom Menschen wird eine hohe Luftfeuchtigkeit (schwüles Wetter) als unangenehm empfunden. Eine Kombination von Luftfeuchtigkeit und hoher Lufttemperatur im Stall erinnert an das Klima in einem Dampfbad. Während in Kombination mit tiefer Lufttemperatur Assoziationen zum Klima in einem Keller geweckt werden, wird hohe Luftfeuchte mit hoher Temperatur als tropisches Klima bezeichnet. Anzeichen für zu hohe Luftfeuchtigkeit im Stall sind Kondenswasser an Decken und an Wänden sowie schlechte trocknende Stallböden. Befindet sich im Stall langfristig hohe Luftfeuchtigkeit kann grauer oder schwarzer Schimmel an Wänden und Decken entstehen (vgl. BVET, 2002).

3.4 Luftbewegung

Hohe Luftgeschwindigkeiten haben eine zweifache Wirkung. Einerseits erhöhen sie den Wärmeübergang pro Grad Temperaturdifferenz zwischen Tieroberfläche und Luft, andererseits verringern sie die Wärmedämmung durch Zerstörung des schützenden Luftfilms im Haarkleid. Am meisten wird das Wohlbefinden beeinträchtigt, wenn die bewegte Luft eine geringere Temperatur als die Raumluft hat und vorwiegend aus einer bestimmten Richtung einen Körperteil trifft. Man spricht von Zugluft. Es ist nicht nur die Luftgeschwindigkeit von Bedeutung, sondern es spielt auch das Ausmaß der Luftturbulenz eine Rolle. Je höher die Luftturbulenz, desto stärker ist das „Luftzugempfinden“ (vgl. BVET, 2002).

3.4.1 Optimalwerte für die Luftbewegung

Laut der 1. Tierhaltungsverordnung - Bundestierschutzgesetz 2005, müssen in geschlossenen Ställen natürliche oder mechanische Lüftungsanlagen vorhanden sein. Diese sind entsprechend zu bedienen und so zu warten, dass ihre Funktion gewährleistet ist. In geschlossenen Ställen muss für einen dauernden und ausreichenden Luftwechsel gesorgt werden. Es muss auch darauf geachtet werden, dass es im Tierbereich zu keinen schädlichen Zuglufterscheinungen kommt. Es hat sich gezeigt, dass Kühe mehr Milch produzieren, wenn die Luft kühl und trocken ist. Während des Winters werden mindestens 4 Luftwechsel pro Stunde angestrebt. Im Sommer ist es oft schwierig, wegen zu hoher Umgebungstemperaturen, ein optimales Stallklima zu gewährleisten. Es sollten 60 bis 100 Luftwechsel pro Stunde realisiert werden. Diese Forderung kann nur durch größere Zugluftöffnungen erreicht werden (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009).

Tabelle 5 zeigt Luftbewegungen für ein gutes Stallklima, wo die Nutzleistungen der Tiere erfahrungsgemäß am größten sind.

	Messwerte	Bemerkung	Optimum
Luftströmungen	Winter: Luftwechsel (Lw) dauert länger als 15 Minuten	Lüftung funktioniert unzureichend: <ul style="list-style-type: none"> • Häufiges Stoßlüften bei sehr tiefen Temperaturen • Fenster, Türen und Curtains öffnen 	≥4 Lw/h bzw. <15 min
	Sommer: Luftwechsel dauert länger als 1 Minute	Lüftung funktioniert unzureichend: <ul style="list-style-type: none"> • Fenster, Türen und Curtains öffnen • Ventilator ganztags einschalten • Ventilatoren effizienter montieren • Größere und/oder zusätzliche Ventilatoren montieren 	≥60 Lw/h bzw. <1 min
	Winter: Luftbewegung am Liegeplatz >0,3 m/s (0,2 Jungtiere)	Unterkühlung möglich <ul style="list-style-type: none"> • Für Windschutz sorgen 	<0,3 m/s
	Winter: Luftbewegung am Fressplatz >2 m/s, Unterkühlung möglich	<ul style="list-style-type: none"> • Zugluft reduzieren 	≤2 m/s
	Sommer: Luftbewegung am Liegeplatz <0,6 m/s	Hitzestress möglich <ul style="list-style-type: none"> • Fenster, Türen und Curtains öffnen • Ventilator ganztags einschalten • Ventilatoren effizienter montieren • Größere und/oder zusätzliche Ventilatoren montieren 	≥0,6 m/s
	Sommer: Luftbewegung am Fressplatz <5 m/s	Hitzestress möglich <ul style="list-style-type: none"> • Fenster, Türen und Curtains öffnen • Ventilator ganztags einschalten • Ventilatoren effizienter montieren • Größere und/oder zusätzliche Ventilatoren montieren 	≥5 m/s
	Sommer: Luftbewegung am Liegeplatz >5 m/s	Zugluft <ul style="list-style-type: none"> • Fenster, Türen und Curtains schließen • Ventilator ausschalten 	2–3 m/s
	Sommer: Luftbewegung am Fressplatz >18 m/s	Zugluft (starker Wind) <ul style="list-style-type: none"> • Fenster, Türen und Curtains schließen • Ventilator ausschalten 	7–11 m/s

Tabelle 5: Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009)

3.4.2 Indikatoren für Mängel bei der Luftbewegung

Die Luftbewegung muss grundsätzlich im Aufenthaltsbereich der Tiere beurteilt werden. Es darf nicht von Zugluft im Stallgang auf die Luftbewegungen in den einzelnen Buchten geschlossen werden. Menschen empfinden die Zugluft besonders im Bereich vom Nacken oder auf dem Handrücken. Bei Rindern im Laufstall kann das Meiden von Stallbereichen mit Zugluft beobachtet werden. Zugluft im Liegebereich kann die Ursache von verminderter Leistung oder erhöhter Krankheitsanfälligkeit sein (vgl. BVET, 2002).

Man sollte achten, ob die Stallluft stickig ist und ob man in den Augen sowie in den Schleimhäuten der Atemwege (stechender Ammoniakgeruch) ein Brennen spürt. Riecht es im Stall nach faulen Eiern oder weist die Kleidung nach dem Stallbesuch einen stark üblen Geruch auf, dann gibt es ein erhöhtes Aufkommen von Schwefelwasserstoff.

Außerdem sollte man achten ob die Stallluft staubig ist (Staubschichten auf der Stalleinrichtung, staubverschmutztes Haarkleid).

Haben die Tiere aufgrund der relativen Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Stall ein feuchtes Haarkleid, dann ist Gefahr in Verzug. Nießen, Husten, Durchfall und in der Folge das Auftreten von Lungenentzündung sind der typische Krankheitsverlauf (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009).

3.5 Schadgase

„Schadgase nehmen mit sinkender Luftrate, mit steigender Stalltemperatur und Luftfeuchte zu“ (ZENTNER, 2011).

In der Natur treten hohe Konzentrationen von Schadgasen, wie sie in Ställen häufig vorzufinden sind, nicht auf, deshalb können sich unsere Nutztiere solchen Situationen nicht anpassen. Längerfristige Einwirkungen hoher Konzentrationen beeinträchtigen das Wohlbefinden der Tiere, führen zu gesundheitlichen Schäden und die Bausubstanz leidet nachhaltig. Deshalb sollten sie unbedingt vermieden werden (vgl. BVET, 2002).

3.5.1 Wichtigste Schadgase

- Kohlendioxid (CO_2) ist ein Atmungs gas, das schwerer als Luft ist, sich aber relativ gut im Stallraum verteilt. CO_2 ist geruchslos und bei hoher Konzentration kann es tödlich sein (vgl. BVET, 2002).
- Ammoniak (NH_3) ist ein Gas, das aus der enzymatischen Umsetzung von Kot und Harn durch Urease-Spaltung entsteht. Es ist leichter als Luft und trotzdem herrschen am Boden und über den Exkrementen zumeist die höheren Konzentrationen als unter der Decke. NH_3 wirkt bei Tier und Mensch vor allem stark irritierend auf Schleimhäute und Atemwege (vgl. BVET, 2002).
- Schwefelwasserstoff (H_2S) ist ein sehr giftiges Verrottungsgas, das in der Gülle entsteht. Es ist schwerer als Luft und bildet sich an den tiefsten Stellen, also in Güllekanälen und Gruben. Sobald messbare Konzentrationen vorhanden sind, können Mensch und Tier gefährdet werden. Besonders acht geben muss der Tierhalter beim Aufrühren oder Umspülen von Gülle, da hier H_2S freigesetzt wird und häufig schwallartig in die Stallluft abgegeben wird. Unter diesen Umständen können lebensgefährliche Schwefelwasserstoff Konzentrationen entstehen (vgl. BVET, 2002).

Laut DELACON (2007) beeinträchtigt Ammoniak nicht nur die Umwelt, sondern übt auch negative Einflüsse auf die Nutztiere aus:

- Reizung der Nase, des Rachens und der Atemwege, die die Selbstreinigungskraft der Lunge beeinträchtigen, dass zur erhöhten Atemnot und Hustenanfälle führen kann.
- Gereizte Atemwege sind anfälliger für Erkrankungen. Die Folge ist reduzierte Wirtschaftlichkeit durch Einsatz notwendiger Medikamente.
- Erhöhter Tränenfluss

- Hohe Ammoniakgehalte müssen über die Leber entgiftet werden. Das führt zu Leberstress, höherem Energieverbrauch und führt zu einer Reduktion der tierischen Leistung.
- Erhöhte Ammoniak-Konzentration verzögert die Geschlechtsreife.

Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, dass die Infektabwehr durch Ammoniakkonzentrationen von >50ppm (0,005 Vol.%) signifikant vermindert wird, wobei eine gestörte Zilienfunktion (staubpartikelreinigende Funktion < 5µm) vermehrt zu Atemwegserkrankungen durch Bakterien, Viren und Parasiten, führt. Bereits ab einem Ammoniakgehalt von 20ppm (0,002 Vol.%) werden klinische Symptome wie Reizhusten und gerötete Schleimhäute (Lidbindehäute, Nase) festgestellt. Ammoniak stellt für den Organismus in entsprechend hohen Konzentrationen ein starkes Zell- bzw. Atemgift dar (vgl. SCHUH, 2010).

3.5.2 Maximal zulässige Schadgaskonzentration

Tabelle 6 enthält Maximalkonzentrationen für die drei Schadgase CO₂, NH₃ und H₂S, wie sie vom „Scientific Veterinary Committee“ (1997) empfohlen wurde.

Schadgase	Maximalkonzentration
CO ₂ (Kohlendioxid)	3000 ppm
NH ₃ (Ammoniak)	10 ppm
H ₂ S (Schwefelwasserstoff)	0,5 ppm (während Entmistung kurzfristig 5 ppm)

Tabelle 6: Maximalkonzentration für die drei Schadgase, empfohlen vom „Scientific Veterinary Committee“ (1997)

3.5.3 Indikatoren für Mängel bei den Schadgaskonzentrationen

Aus den Ausführungen von BVET (2002) geht hervor, dass der Tierhalter Ammoniak in geringer Konzentration als leicht stechender Geruch wahrnimmt. Ein Brennen der Augen ist beim Menschen ab 20 ppm bemerkbar. Ab 50 ppm tränen die Augen, dies bedeutet für die Tiere absolute Gefahr in Verzug.

Bei höheren Konzentrationen bewirkt CO₂ ein Brennen in den Augen und auf den Schleimhäuten der Atemwege. Die Augen beginnen zu Tränen und es tritt Hustenreiz auf.

Bei einer hohen Konzentration von Kohlendioxid, verbunden mit einer ungenügenden Lüftung, wird die Stallluft als stickig empfunden.

Schwefelwasserstoff riecht nach faulen Eiern. Hohe Konzentrationen können geruchlich nicht mehr wahrgenommen werden, da sie die Geruchsnerven beeinträchtigen bzw. lähmen. Sie sind sowohl für das Tier und auch den Menschen tödlich.

Hohe Schadkonzentrationen wecken beim Menschen das Bedürfnis den Stall so schnell wie möglich zu verlassen, den Tieren ist dies meist nicht möglich. Insbesondere bei Manipulationen mit Flüssigmistsystemen sind alle Fenster und Türen zu öffnen oder mechanische Abluftsysteme in Betrieb zu nehmen.

3.6 Staub

In jedem Stall gibt es eine gewisse Belastung an Schwebstaubkonzentration, vor denen sich die Nutztiere nicht schützen können, da die Tiere im Laufe der Evolution keine wirksamen Schutzmechanismen entwickelt haben. Der Staub in der Stallluft setzt sich vorwiegend aus einem Gemisch von organischem Partikel aus Einstreu, Futter, Haut-, Haarbestandteile und Kot zusammen. Besonders für die Gesundheit von Tierhaltern (Farmerlunge) und Nutztiere ist der Feinstaub belastend. Dieser kann in die feinste Verästelung (Alveolen) der Lunge vordringen, sich dort absetzen und zu mechanischen und physikochemischen Reizungen mit Folgeschäden führen. Deshalb sollen permanent hohe Konzentrationen von Staubpartikeln nicht zuletzt auch im Interesse des Tierhalters vermieden werden (vgl. DANSUR et al., 2001).

3.6.1 Indikatoren für Mängel bei der Staubkonzentration

Hohe Staubkonzentration lösen beim Menschen Husten und Niesen aus. Im einfallenden Licht können schwebende Staubpartikel erkannt werden. Bei hohen Staubkonzentrationen kann es in großen Hallen schwierig sein, das Stallende klar wahrzunehmen. Weiterer Indikator für hohe Staubkonzentrationen in der Luft sind dicke Staubablagerungen auf den Einrichtungen im Stall, sowie Staub auf Schreibunterlagen und Kleider nach dem Stallbesuch (vgl. BVET, 2002).

3.7 Beleuchtung

Die gesetzliche Vorgabe aus dem Bundestierschutzgesetz mit 40 Lux im Tierbereich stellt die Mindestanforderung dar.

Tageslicht ist für die Tiere nicht nur für eine visuelle Orientierung im Raum günstig, ein hoher Lichtanteil erfüllt auch wichtige physiologische Funktionen, wie Tag-Nacht-Rhythmus oder die Stimulierung der Geschlechtsdrüsen. Das Sonnenlicht kann durch die Stallbeleuchtung nicht völlig ersetzt werden. Eine zu geringe Beleuchtungsintensität wirkt sich allerdings negativ auf die Fruchtbarkeit aus (vgl. JANECEK et al., 1985).

Durch eine ausreichende Beleuchtung mit bis zu 300 Lux für 16 Stunden bei Milchkühen in der Laktation und für 8 Stunden bei Trockenstehern, können die Bedingungen für die Tiere starkverbessert werden.

Mit verbesserter Lichtintensität ist auch eine Steigerung der Futteraufnahme feststellbar, die Tiere verletzen sich auch weniger und es führt auch zu einer früheren Geschlechtsreife bei Jungtieren. Nachgewiesen ist auch eine Erhöhung der Milchleistung zwischen 4% und 11% (vgl. ZENTNER, 2011).

3.7.1 Minimale Beleuchtungsstärke

Tiere die sich dauernd oder überwiegend in Ställen aufhalten sollten mit der Intensität von Tageslicht beleuchtet werden. Die Beleuchtungsstärke im Bereich der Tiere muss tagsüber mindestens 40 Lux betragen, dabei darf sich die künstliche Lichtphase nicht über 16 Stunden pro Tag ausdehnen. Beleuchtungsprogramme sollen nicht mehr als eine Dunkelphase innerhalb von 24 Stunden aufweisen. Mit der geforderten minimalen Beleuchtung soll den Tieren eine visuelle Orientierung im Raum ermöglicht werden.

Wenn die Beleuchtungsstärke am Tag nicht ausreicht, sollte die minimale Beleuchtungsstärke durch den Einsatz von Kunstlicht erreicht werden. Es gibt zwar keine Vorschriften, dass in solchen Fällen die Beleuchtung über eine Zeitschaltuhr gesteuert werden muss, aber in manchen Fällen ist es jedoch angebracht eine Steuerung einzubauen (vgl. BVET, 2002).

„Die Verwendung von UV- Lampen (Ultraviolett) zur Desinfektion der Stallluft bildet keinen Einsatz für das Tageslicht, da das Spektrum der Wellenlänge von UV-Lampe nicht dem Spektrum des Tageslicht entspricht, bei dem eine visuelle Orientierung möglich ist. Es ist darauf zu achten, dass der Abstand zwischen Lampe und Tiere mindestens 1,2 m beträgt. Ferner sollen die Tiere nur einer indirekten Bestrahlung ausgesetzt werden, so dass sie nur von Streustrahlen getroffen werden. Die direkte Bestrahlung auf Auge und Haut bei Tier und Mensch kann in Abhängigkeit individueller Empfindlichkeit sowie der Bestrahlungsdosis Entzündungen des Bindehautgewebes sowie Erythembildung (entzündliche Rötung der Haut) hervorrufen. Die Strahler sollen deshalb nicht in Betrieb sein, wenn das Stallpersonal den Stall betritt. Der Abstand zwischen den UV-Strahlen hängt von der jeweiligen Strahlerleistung und damit der Strahlungsintensität ab, die zwischen den angebotenen Fabrikaten unterschiedlich ist“ (vgl. BLENDL, 1985).

Tabelle 7 zeigt optimale Lichtmessungen für ein gutes Stallklima

	Messwerte	Bemerkung	Optimum
Licht	≥40 Lux ≥8 h Messung 1x senkrecht i.R. Licht, 1x waagrecht in Augenhöhe der Tiere	Tierhaltungsverordnung erfüllt	100–200 Lux für 16–18 Stunden
	<40 Lux während der Tageszeit	Fruchtbarkeit ist im Stall schlecht; bei Weidebeginn beginnen die Kühe plötzlich zu stieren. Für zusätzliche Beleuchtung sorgen: • Fenster, Lichtfirst und Lampen putzen • Licht einschalten (Zeitschaltuhr) • Stall weiß ausmalen • Fenster von Frühjahr bis Herbst aushängen • Türen, Tore und Curtains öffnen • Zusätzliche Lampen montieren • Anderen Lampentyp auswählen • Fensterfläche und Lichtfirst vergrößern Thermoneutrale Zone von Rindern → grundsätzlich	100–200 Lux für 16–18 Stunden

Tabelle 7: Empfehlung für das Stallklima (vgl. PICHLER und ZENTNER, 2009)

3.7.2 Indikatoren für Mängel bei der Beleuchtung

Die Beleuchtungsintensität sollte im Aufenthaltsbereich der Tiere und in Tierhöhe beurteilt werden. Es geht in erster Linie darum, den Tierbereich zu beurteilen. Eine eingehende Beurteilung der Beleuchtung ist dann angezeigt, wenn die für Tageslicht durchlässige Gesamtfläche in Wänden oder Decken weniger als einem Zwanzigstel der Bodenflächen entspricht. Eine Beurteilung kann auch erfolgen, wenn die Fensterflächen bei tiefen Ställen nur einseitig angeordnet sind oder

wenn die Fensterflächen verschmutzt oder mit Gegenständen verstellt sind (vgl. BVET, 2002).

3.8 Stallklima im Kälberstall

Aus den Ausführungen von ELLERSIEK (1989) geht hervor, dass das Kalb bereits nach der Geburt über eine sehr gute Thermoregulation verfügt und es keine besonderen Ansprüche an die Umgebungstemperatur stellt. In der Praxis sind aber oft Fehler in der Klimatisierung bzw. Belüftung von Kälberställen vorzufinden. Zum einen werden die Tiere oft thermoregulatorisch überfordert, zum anderen sind die baulichen Voraussetzungen für die Erfüllung der generellen Anforderungen an die Kälber oft unzulänglich.

In der Kälberaufzucht sollte ein Temperaturbereich von 0 – 20 °C eingehalten werden können, in der Milchmastkälberhaltung sollte ein Mindestwert von 10 °C nicht unterschritten werden. Für die Kälberaufzucht sind diese Werte hoch angesetzt, da praktische Erfahrungen belegen, dass Kälber auch in Kaltställen mit gutem Erfolg bei weitaus geringeren Temperaturen sehr gut aufgezogen werden können. Die über das Futter aufgenommene Energie wird in diesen Fällen allerdings anteilmäßig und temperaturabhängig für die Aufrechterhaltung der Thermoregulation benötigt.

Die Temperatur ist also für die Kälberaufzucht von untergeordneter Bedeutung. Dagegen darf die relative Luftfeuchtigkeit nur zwischen 50 % und 80 % schwanken, um Atemwegserkrankungen zu vermeiden. Kaltställe müssen daher mit großer Luftmenge bzw. Luftaustausch gefahren werden, dagegen müssen Warmställe teilweise beheizt werden, um die relative Luftfeuchtigkeit abzusenken. Schwierigkeiten hinsichtlich Kälbergesundheit ergeben sich, wenn die Stallungen weder konsequent warm noch kalt gefahren werden. Diese „lauwarmen Stallungen“ weisen häufig sehr hohe Luftfechtigkeiten auf und sind dann abzulehnen, weil sich vermehrt Atemwegserkrankungen einstellen. Dieses Problem tritt besonders bei Kälbern auf, weil Kälber gegenüber Kühen je m² Körperoberfläche weniger Wärme, dafür sehr viel mehr Wasserdampf abgeben. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, Kälber und Milchkühe getrennt zu halten.

Die höchsten Ansprüche an das Stallklima stellen die Mastkälber in der Aufzuchtphase bis zur achten Lebenswoche. Da meistens die Mastkälber in unterschiedlichen Beständen zusammengestellt sind und keinen einheitlichen Gesundheitszustand haben, reagieren sie auf zusätzliche Belastungen durch große Temperaturschwankungen oder wechselnde Luftfeuchtigkeit und Zug sehr schnell und werden eher krank (vgl. ELLERSIEK, 1989).

Tabelle 8 enthält Stallklimaanforderungen, wie sie vom „ELLERSIEK“ (1989) empfohlen wurde.

Mastabschnitt	Temperatur	Luftfeuchtigkeit
Aufzucht eingestreut	20 – 18°	60 – 80 %
Aufzucht strohlos	21 – 23°	
Endmaststrohlos	20 – 15°	

Tabelle 8: Stallklimaanforderungen (ELLERSIEK 1989)

3.9 Kriterien für eine optimale Stallluft

Laut der Landwirtschaftskammer für Oberösterreich sollten folgende Punkte für eine optimale Stallluft beachtet werden.

- Die Stallluft sollte nicht stehen, sondern es sollte eine leichte, spürbare Luftbewegung (leicht bewegte Spinnweben) im Stall herrschen.
- Die frische, kühle Luft ist spürbar und der „Eigengeruch“ der Kühe ist kaum feststellbar (kein ammoniakbetonter Stallgeruch).
- Im Winter tritt keine Schwitznässe an der Decke bzw. am Dach auf.
- Die Atemfrequenz sollte auch im Sommer kaum erhöht sein.
- Die Rinder liegen oder stehen nicht gehäuft in der Nähe von Stallöffnungen oder Tränken.
- Im Stallgebäude sind kaum oder nur wenig Fliegen vorhanden.

3.10 Auswirkungen von schlechter Stallluft

Es gibt mehrere Auswirkungen die durch schlechte Stallluft herbeigeführt werden. Die Leistung der Nutztiere nimmt ab und auch die Tiergesundheit ist nachhaltig gefährdet. Besonders Atemwegserkrankungen treten bei hohen Schadgaskonzentrationen und in Kombination mit hoher Luftfeuchte auf. Dabei kommt es in vielen Fällen zu Verkühlungen bei den Jungtieren. Eine Kombination von Staub und Feuchte bringt Keime und Pilze in den Stall. Die Kombination Ammoniak und Feuchte greift alle Oberflächen der metallischen Einrichtungen im Stall an. Aus diesem Grund leidet auch die Bausubstanz nachhaltig und schlechtem Stallklima (vgl. ZENTNER, 2011).

3.10.1 Wirtschaftliche Bedeutung

Untersuchungen von BODLAK (2010) zeigen, dass schlechtes Stallklima auch wirtschaftliche Verluste bedeutet. Atemwegsinfektionen sind eine der häufigsten Ursachen für Verluste in der Kälberaufzucht. Die Folgen sind eine Steigerung der Tierarzt- und Medizinalkosten, eine geringere Gewichtszunahme sowie schlechtere Futtermittelverwertung, eine verspätete Erreichung der Schlachtreife und auch der Geschlechtsreife. Weitere Folgen können eine verminderte Fleischqualität aber auch vermehrtes Auftreten von Todesfällen sein. Die Kälbersterblichkeit liegt teilweise bei bis zu 60%!

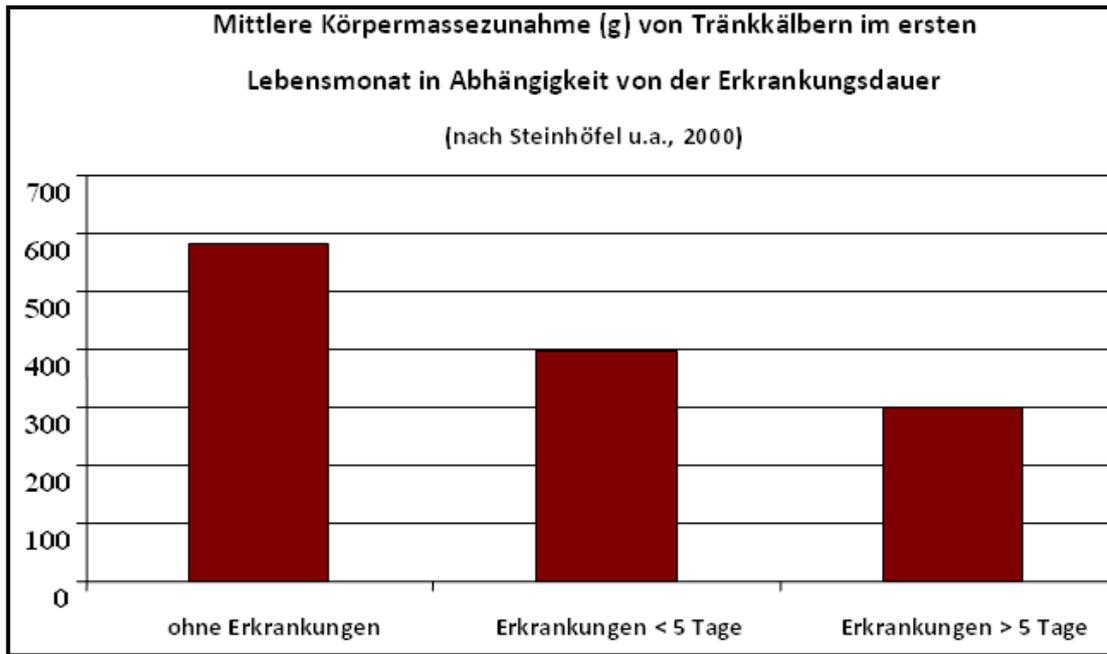


Abbildung 3: Körpermassezunahmen in g in Abhängigkeit von der Erkrankungsdauer

4 Material und Methode

In diesem Kapitel habe ich mich mit der Beschaffung der Daten, über Innen- und Außentemperaturen, Luftfeuchtigkeit und Luftgeschwindigkeit auf den Versuchsbetrieben in Oberösterreich beschäftigt.

Die Rindermastbetriebe klagen schon länger über geringere Gewichtszunahmen und über verschiedenste Erkrankungen bei den Masttieren. Daraufhin nahmen beide Betriebsleiter Kontakt auf mit LFZ Raumberg-Gumpenstein auf. Ich habe dann in Zusammenarbeit mit dem Abteilungsleiter für Stallklimatechnik und Nutztierschutz, Herrn Ing. Eduard Zentner, den Betrieb von Herrn Windauer Robert und den Betrieb von Herrn Franz Perschl als meine Versuchsbetriebe für meine Diplomarbeit ausgewählt.

4.1 Datenerfassung

Für die Aufzeichnung der relevanten Bedingungen wurden Datenlogger der Marke Testo 177, zur Erfassung von Temperatur in Grad Celsius und der relativen Luftfeuchte in %, sowohl im Stall als auch im Außenbereich montiert.

Turbulenzen im Stall gehen oft mit hohen Luftgeschwindigkeiten bis in den Tierbereich einher. Die Tiere empfinden dies bei tiefen Temperaturen als Zugluft. Diese Turbulenzen resultieren meist aus großen Temperaturunterschieden innerhalb kurzer Distanzen im Stall selbst. Um diese Unterschiede erkennbar zu machen wurden Datenlogger im Außenbereich – zur Aufzeichnung der Außenbedingungen, im Zuluftbereich unter den regelbaren Doppelstegplatten – zur Erfassung der Zuluftbedingungen und im Tierbereich bzw. am Futtertisch – zur Erfassung der Bedingungen innerhalb des Stalles selbst (Stallmitte), montiert. Die Datenlogger sind energieautark und verfügen über einen internen Datenspeicher, der, je nach Vorgabe in der Programmierung, die Messdaten in Intervallen abspeichert.



Abbildung 4: Datenloggermontage eines Testo 177 im Stall

Die Luftströmungen in den Stall und innerhalb des Stalles selbst werden für Untersuchungszwecke mit künstlichem Nebel versetzt. Dabei werden kritische Situationen mit Kaltlufteinträgen und hohen Geschwindigkeiten insbesondere für den Landwirt klar erkennbar.



Abbildung 5: Künstlicher Nebel verdeutlicht die Luftführung in den Tierbereich

Zur Messung der Schadgaswerte wurde ein Multigasmessgerät der Marke Dräger Xam 7000 verwendet. Dieses speicherfähige Gerät ist je nach Fragestellung mit den verschiedensten Gassensoren bestückbar. Im vorliegenden Fall wurde typischerweise auf Ammoniak-, Kohlendioxid- und Schwefelwasserstoffgehalte in der Stallluft untersucht. Die Anzeige der Messwerte erfolgt in ppm (parts per million).



Abbildung 6: Multigassampller Dräger Xam 7000 im Tierbereich eingesetzt

Um die Luftgeschwindigkeiten auch im Detail zu messen, wurden ein Handmessgerät der Marke Testo, ausgestattet mit einer Behaglichkeitssonde zur Erfassung von sehr niedrigen Luftgeschwindigkeiten, verwendet. Diese Sonde erfasst aufgrund ihrer Kugelform Luftbewegungen aus einem 360° Spektrum und damit aus allen Richtungen.



Abbildung 7: Behaglichkeitssonde (quer) mit Handmessgerät

4.2 Versuchsbetriebe

4.2.1 Windauer Robert

Der erste Versuchsbetrieb liegt im Ortsteil Pinsdorf, Gemeinde Ohlsdorf im Bezirk Gmunden in Oberösterreich.

Herr Windauer bewirtschaftet im Familienbetrieb eine Gesamtfläche von 52 ha, die sich auf 4 ha Grünland, 34 ha Acker, 9 ha Wald und 5 ha Pachtfläche verteilen.

Der Hof befindet sich auf einer Seehöhe von rund 500 Metern und die Jahresniederschlagsmenge beträgt rund 1100 mm. Während meiner Aufzeichnungen betrug die Herdengröße 175 Tiere der Rasse Fleckvieh. Davon waren jeweils 125 Masttiere und 50 Fresser am Betrieb.

Das Stallgebäude der Masttiere wurde im Jahr 2009 fertig gestellt und hat eine Größe von 50 x 16 Meter. Die Haltung der Tiere erfolgt ihrem Gewicht entsprechend in Boxen. Vorne werden die Jungtiere eingestallt und mit zunehmendem Gewicht über einen beidseitig angeordneten Treibgang nach hinten umgestallt. Die Endmasttiere befinden sich im hinteren Bereich des Stalles. Die Entmistung erfolgt durch einen Spaltenboden – Flüssigmist Stauverfahren. Die Belüftung erfolgt über elektronisch - temperaturgesteuerte Doppelstegplatten an den Längsseiten des Stalles. Die Entlüftung erfolgt mittelseines regelbaren Luft - Lichtfirstes. Das Stallgebäude wurde von der Firma Wolf errichtet.



Abbildung 8: Maststall von außen
Luft-Lichtfirst



Abbildung 9: Stall von innen mit
Luft-Lichtfirst

Für die Fresseraufzucht (Jungtiere) befindet sich noch ein zweites Stallgebäude am Hof, das im Jahr 2011 für diese Zwecke umgebaut wurde. Das Stallgebäude hat eine Größe von 25 x 6 Metern und ist mit einer Porendecke als Zuluftsystem und mit einer Unterdruck - Unterflurabsaugung ausgestattet. Das bedeutet, dass die von oben durch die Porendecke anströmende Frischluft an den Tieren vorbei und durch den Spaltenboden abgesaugt wird und anschließend über einen Lüftungskamin nach oben wieder ausgeblasen wird. Wie der Maststall wird auch dieser Stall mit einem Spaltenboden- Flüssigmistsystem entmistet. Zur Aufrechterhaltung der Stalltemperatur ist eine Deckenheizung mit Strahlungswärme installiert. Das Stallinnere beeindruckt durch seine enorme Helligkeit, mit einem Luxmeter wurden bis zu 400 Lux gemessen, dies entspricht in etwa dem 10fachen der Mindestanforderungen aus der 1. Nutztierhaltungsverordnung mit ausgewiesenen 40 Lux. Die jungen Masttiere finden in diesem Stall die absolut besten Bedingungen vor und weisen auch sehr gute Zunahmen auf. Dieser Stall wurde aus diesem Grund nicht in die Untersuchungen einbezogen. Das Augenmerk galt dem Maststall aus dem Jahr 2009.



Abbildung 10: Mastkälber (Fresser) im umgebauten Stall mit Strahlungswärme unter der Porendecke

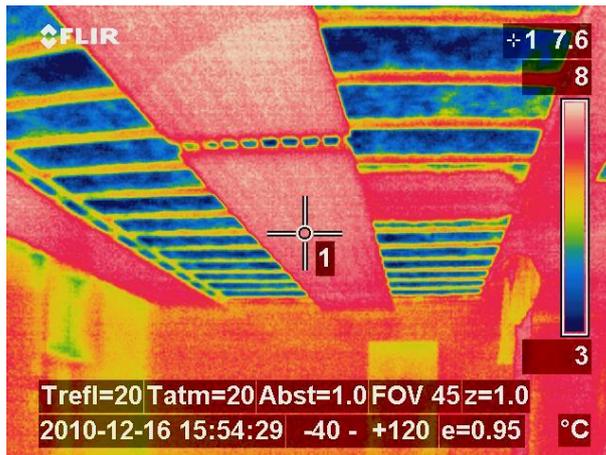


Abbildung 11: Wärmebildaufnahme der Zuluftdecke, Zuluft über Porendecke (blau) und Strahlungswärme (rot weiß)

4.2.2 Perschl Franz

Der zweite Betrieb befindet sich in der Gemeinde Treubach im Bezirk Braunau am Inn, ebenfalls in Oberösterreich.

Der Betrieb von Herrn Perschl umfasst eine Gesamtfläche von 43,7 ha, die sich auf 11 ha Grünland, 20 ha Acker, 2,7 ha Wald und 10 ha Pachtflächen verteilen.

Das Anwesen liegt auf einer Seehöhe von rund 420 Metern. In der Zeit meiner Aufzeichnungen betrug die Herdengröße 25 Milchkühe, 15 Kalbinnen - Nachzucht und 45 Stück Masttiere. Die Rasse der Milchkühen ist Fleckvieh und bei den Masttieren gemischt mit Fleckvieh und Charolais. Das Stallgebäude für die Rindermast wurde im Jahr 2010 fertig gestellt und hat eine Größe von 15 x 16 Meter. Die Tiere werden ihrem Gewicht entsprechend in Boxen gehalten. Die Entmistung erfolgt über Spalten mit einem Flüssigmistsystem. Die Belüftung erfolgt mechanisch (Kurbel) über regelbare Doppelstegplatten an den Längsseiten des Stalles. Die Entlüftung erfolgt mittels eines regelbaren Luft - Lichtfirstes. Das Stallgebäude wurde von der Baufirmer Habetswallner errichtet.

Der Milchviehstall mit Nachzucht hat eine Größe von 25 x 15 Meter und wurde im Jahr 1981 von der Firmer Haibach erbaut. Der Milchvieh - Liegebereich ist mit Gummimatten ausgestattet und zusätzlich wird Stroh eingestreut. Der alte Stall ist mit 3 Ventilatoren zur Unterstützung der Abluft ausgestattet, die Entmistung erfolgt mechanisch über einen Schrapper. Die Boxen der Kälber werden eingestreut und mechanisch entmistet.

Die Milch wird an die Berglandmolkerei geliefert, die Masttiere gehen an das Familienunternehmen Schlachtbetrieb Großfurtner.



Abbildung 12: Stiermaststall mit Luftfirst



Abbildung 13: Alter Milchviehstall



Abbildung 14: Maststall Außenansicht mit einseitig verlängertem Luftfirst.



Abbildung 15: Maststall Außenansicht mit regelbaren Doppelsteg - Zuluftelementen

4.3 Ergebnisse

Während der einzelnen Betriebsbesuche wurden tagsüber Untersuchungen zur Luftströmung der Zuluftsituation durchgeführt. Dazu wurde der Zuluft eintrag in den Stall auf die Strömungssituation und die Zuluftgeschwindigkeit in den Tierbereich (Zugluft) überprüft.

In der mit künstlichem Nebel versetzten Zuluft zeigten sich je nach Außenbedingungen völlig unterschiedliche Strömungssituationen in das Stallinnere. In der Aprilsituation strömte die Zuluft waagrecht in den Stall (Abbildung 16), vermischte sich mit der Stallluft und sank langsam in den Tierbereich ab. Diese Luftführung wäre, für das auf beiden Betrieben installierte Lüftungssystem, als optimal zu bezeichnen.



Abbildung 16: Optimale Zuluftführung in das Stallinnere im April

Dieselben Untersuchungen zeigen in der kalten Jahreszeit, in Abbildung 17 im Dezember durchgeführt, ein völlig anderes Bild. Auf Grund der physikalischen Eigenschaft der kalten Zuluft zur wärmeren Stallluft, fällt die Zuluft nach Eintritt in das Stallinnere sofort nach unten ab. Dabei wurden mit einer Behaglichkeitssonde (Abbildung 18) Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich, die Empfehlung liegt bei maximal 0,2 m/sec, von bis zu 1,37 m/sec gemessen. Diese hohen Geschwindigkeiten führen insbesondere bei den Jungtieren zu schweren Belastungen und zu gesundheitlichen Problemen.



Abbildung 17: Ungünstige Zuluffführung in das Stallinnere im Dezember



Abbildung 18: Messung der Luftgeschwindigkeit mit einer Behaglichkeitssonde

Diese als Falschluff zu bezeichnende Luftführung, führt neben Zugluft im Tierbereich auch zu Frischluft- bzw. Falschluffeinträgen unter den Spaltenboden in den Flüssigmist – Güllebereich. Im Normalfall werden in einem Rinderstall Schadgasgehalte für Ammoniak - NH_3 von 4 bis 7 ppm gemessen. Im vorliegenden Fall gab es in der Zeit von Fehlströmungen ein Ammoniakauftreten über dem Spaltenboden von bedenklichen 56 ppm. Diese Fehlströmung führt dazu, dass sich im Bereich des Güllelagers unter dem Spaltenboden durch permanent nachströmende Zuluft ein Überdruck aufbaut. Begünstigt durch die von den Tieren ausgehende Körperwärme entsteht vor allem im Bereich der Endmasttiere eine starke Thermik, die die Falschluff wieder aus dem Gülle- in den Tierbereich hochfördert (Abbildung 19). Dies allerdings nicht mehr in der nötigen Frischluftqualität, sondern stark mit Schadgasen belastet. Die

Konsequenz aus diesen Lüftungsfehlern ist eine enorme Belastung des Atmungstraktes der Tiere. Ammoniakgehalte >20 ppm führen zu Entzündungen im Atmungstrakt. In der Folge sind die Tiere anfällig für alle Arten von Krankheiten, deren Erregerspektrum in jedem Rinderstall vorhanden ist. Im Veterinärbereich wird dies als erhöhte Anfälligkeit für Sekundärkrankheiten bezeichnet.



Abbildung 19: Thermik fördert Falschluff aus dem Gülle- in den Tierbereich

4.3.1 Langzeitmessung Betrieb Windauer

Die im Punkt 3.3 beschriebenen Probleme treten immer dann auf, wenn die Zuluft über die Öffnungen an den Doppelstegplatten eintritt und um einige Grad kühler als die Stallluft ist.

Um diese Situationen abzuklären, wurden sowohl am Betrieb Windauer als auch am Betrieb Perschl permanente Messungen für die Temperaturen in °Celsius und die relative Luftfeuchte in % über einen Zeitraum vom 16.12.2010. bis zum 07.04.2011 durchgeführt.

Diese Messungen verdeutlichen die während der Betriebsbesuche durchgeführten Strömungsmessungen mit künstlichem Nebel.

4.3.2 Langzeitmessung Betrieb Windauer

4.3.2.1 Messung 11. – 12.02.2011

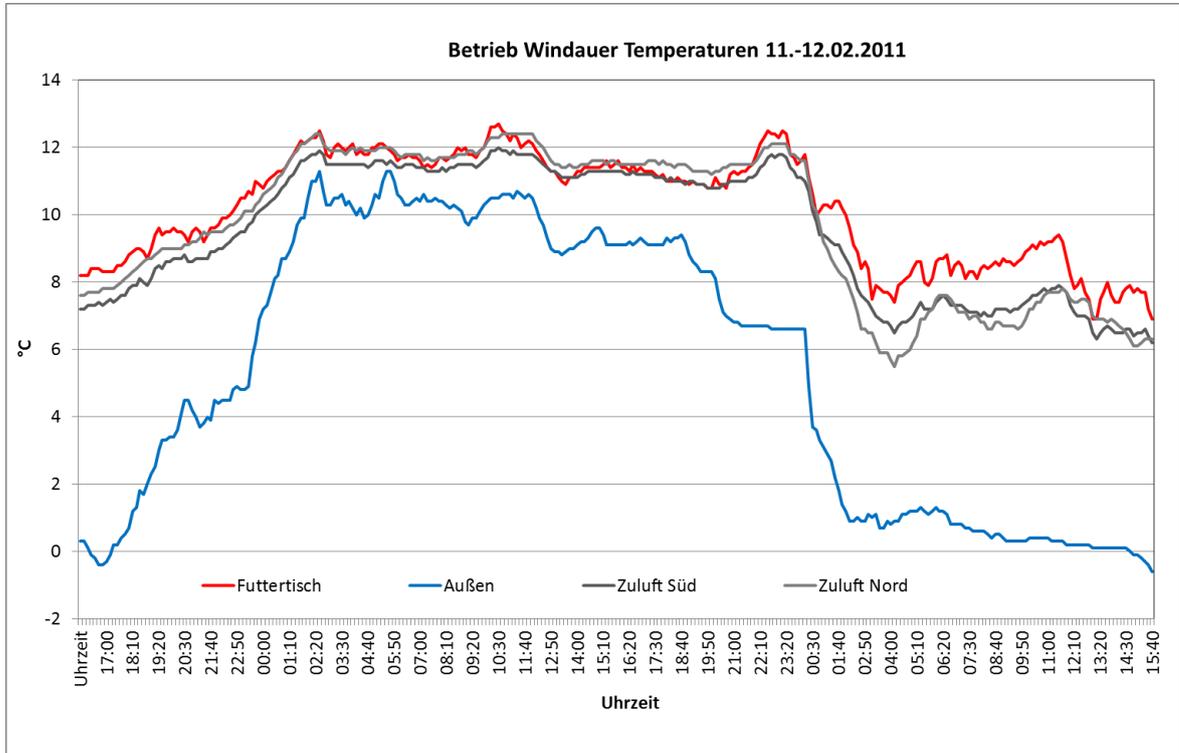


Abbildung 20: Temperaturunterschiede von außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 11.02.

In Abbildung 20 wird deutlich, dass mit steigender Temperatur im Stall, geringere Unterschiede im Stall vorherrschen. Bei einer Stalltemperatur von 12 Grad sind kaum Unterschiede von Zuluft zu Tierbereich zu bemerken. Analog zur Außentemperatur fällt auch die Stalltemperatur innerhalb von 3 Stunden um 6 Grad ab.

4.3.2.2 *Messung 14. – 15.02.2011*

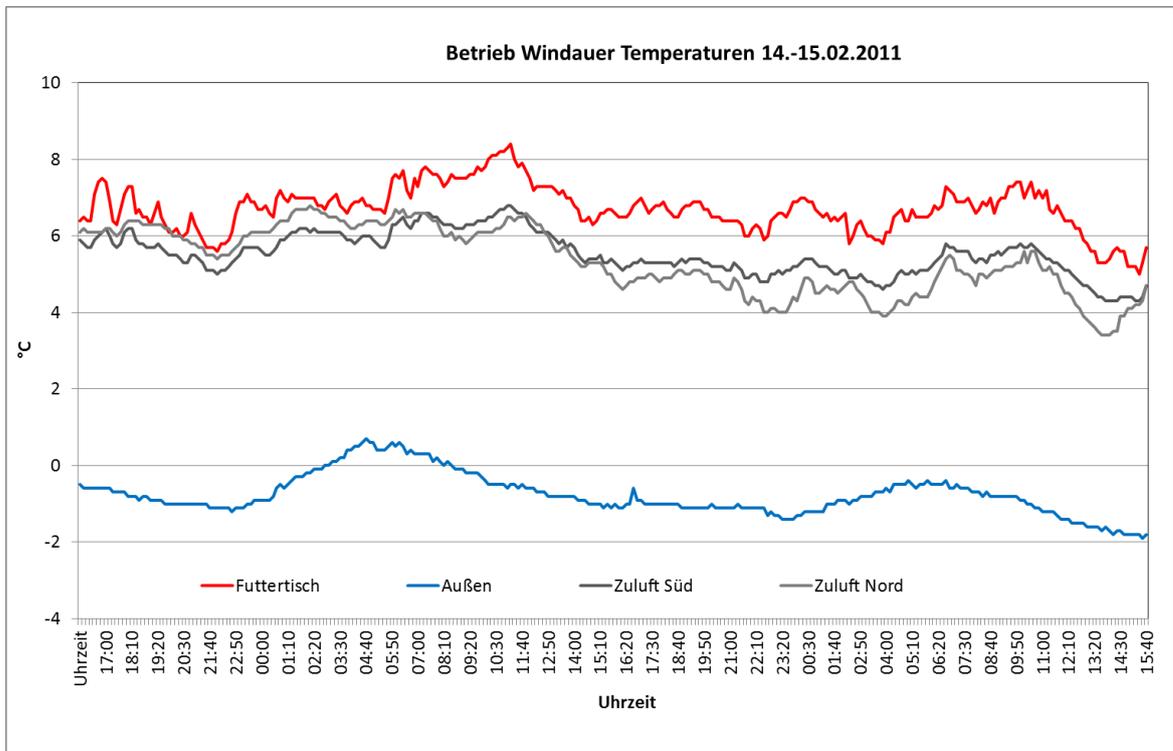


Abbildung 21: Temperaturunterschiede von außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 14.02.2010

Auch in Abbildung 21 sind Unterschiede in der Temperatur von Zuluft zu Futtertisch erkennbar. Der tageszeitliche Verlauf korreliert gut mit den Außentemperaturen. Es gibt kaum Unterschiede im Tagesverlauf.

4.3.2.3 *Messung 20. – 21.02.2011*

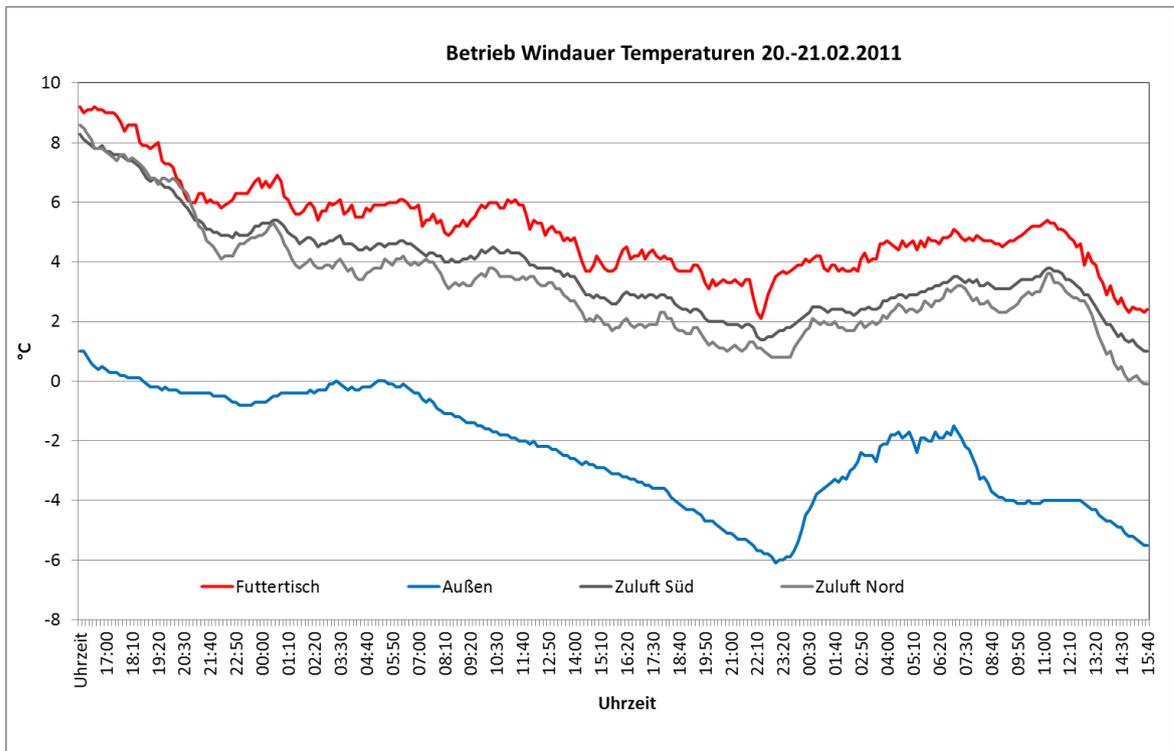


Abbildung 22: Temperaturunterschiede von außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 20.02.2010

Abbildung 22 zeigt sehr tiefe Außentemperaturen. Diese sinken in der Zeit um Mitternacht auf bis zu -6 Grad ab. Deutlich erkennbar sinkt auch die Stalltemperatur in allen Bereichen. Die Unterschiede zwischen den Messpunkten nehmen zu. Turbulenzen die durch diese Unterschiede entstehen, können nicht mehr ausgeschlossen werden. Sie bleiben aber insbesondere in den Nachtzeiten für den Landwirt im Verborgenen.

4.3.3 Betrieb Perschl

Der Maststall am Betrieb Perschl ist ohne Treibgang ausgestattet und um ein Vielfaches kleiner als der Stall am Betrieb Windauer. Die Unterschiede in den Temperaturen im Stall sollten aus diesem Grund auch geringer ausfallen. Dazu wurden wieder drei Datenlogger zur Erfassung der Bedingungen montiert.

4.3.3.1 Messung 14. – 15.01.2011

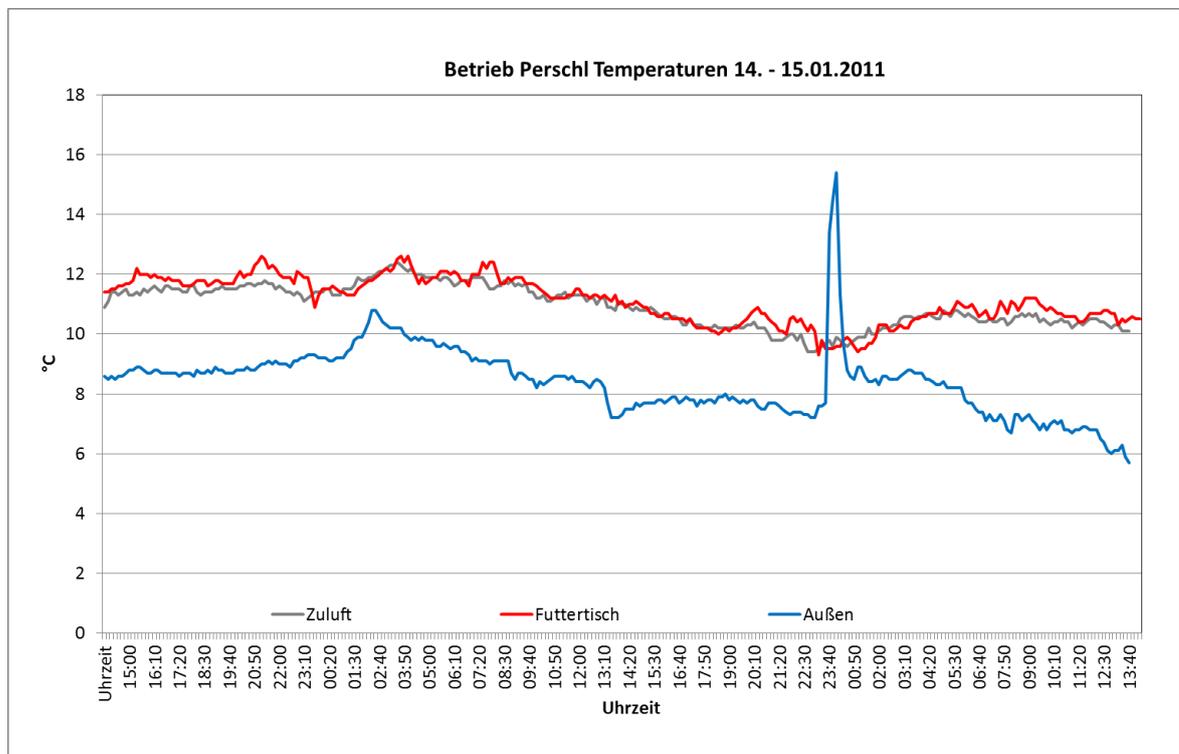


Abbildung 23: Temperaturunterschiede von Außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 14.01.

In diesem Messzeitraum sind kaum Unterschiede feststellbar. Die Stalltemperatur korreliert mit der Außensituation. Dieser Verlauf kann als unauffällig oder als sehr günstig bezeichnet werden. Die Steigerung der Außentemperatur um 6 Grad gegen Mitternacht ist nicht erklärbar.

4.3.3.2 *Messung 29. – 30.01.2011*

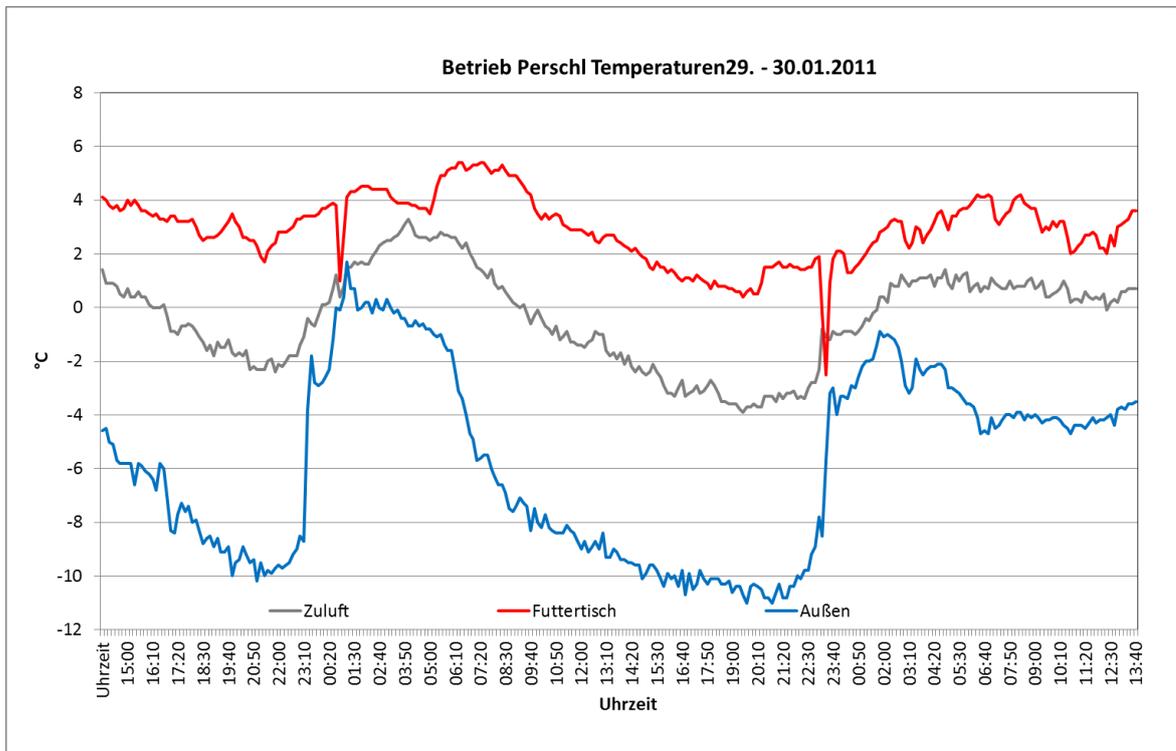


Abbildung 24: Temperaturunterschiede von außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 29.01.

Diese Messung spiegelt einen sehr kalten Zeitraum mit Außentemperaturen von bis zu minus 11 Grad wieder. Deutlich steigen dabei auch die Unterschiede im Stall zwischen den Messpunkten auf mehr als Kelvin (Grad) an. Diese Situation ist negativ zu bewerten und absolut dazu geeignet, Turbulenzen mit hohen Geschwindigkeiten bei sehr tiefen Temperaturen im Stall (Zugluft) zu verursachen.

4.3.3.3 *Messung 07. – 08.01.2011*

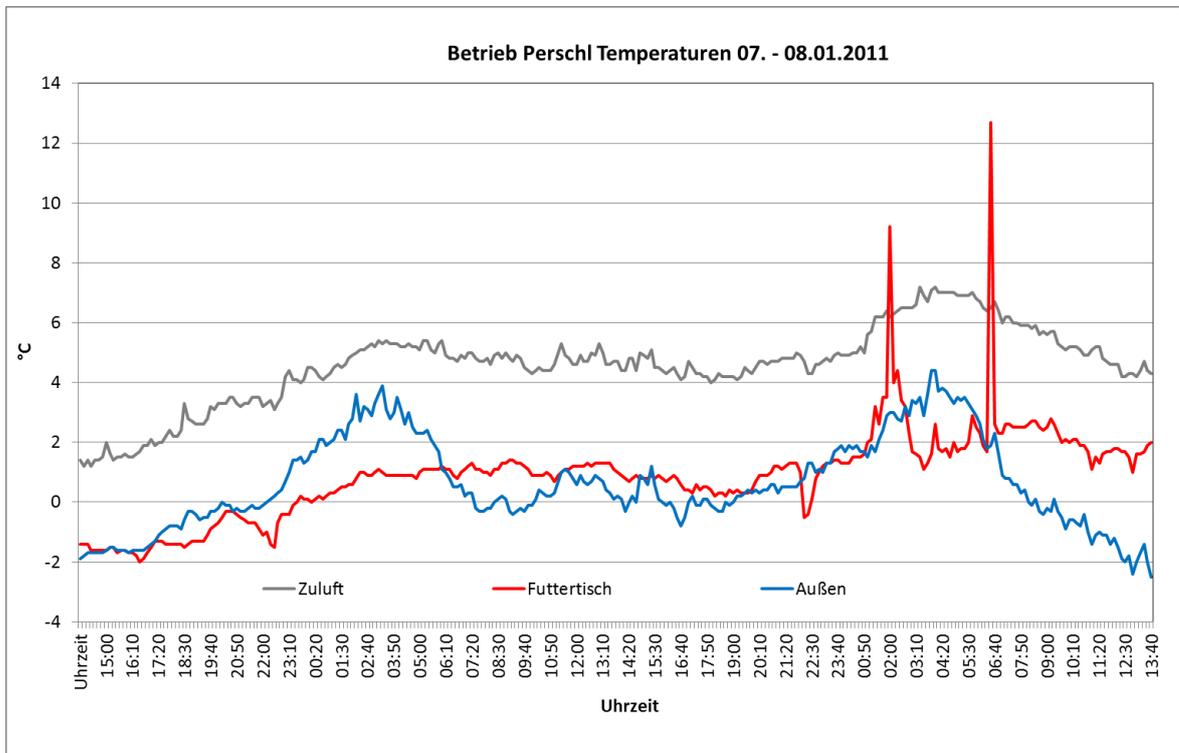


Abbildung 25: Temperaturunterschiede von außen zu Zuluft zu Futtertisch ab 07.01.

Diese Messung wurde bei Außentemperaturen um den Gefrierpunkt aufgenommen und zeigt aber völlig veränderte Bedingungen. Erklärbar ist dies mit starken Windeinträgen in das Stallinnere oder einer veränderten Luftführung. Dass die Außentemperatur über der des Zentralganges liegt, zeigt von einer unkontrollierbaren Zuluftsituation. Die Tiere sind mit derartiger Situation mit größter Wahrscheinlichkeit überfordert.

5 Lösungsvorschläge

Auf Grund der vorgefundenen Mängel muss insbesondere für Zeiten mit sehr kalten Außenbedingungen eine Alternative zur bisherigen Zuluffführung über die regelbaren Doppelstegplatten gefunden werden.

Dazu bietet sich für den Betrieb Windauer der beidseitig über Sektionaltore befahrbare Futtertisch an. Dazu wird das südlich gelegene Tor im Bereich der Jungtiere maximal 10 cm geöffnet. Die Frischluft strömt durch diesen Schlitz in das Stallinnere und belüftet einseitig bis ungefähr Stallmitte den Futtertisch.



Abbildung 26: Durchgehend befahrbarer Futtertisch am Betrieb Windauer

In Abbildung 27 wird diese alternative Zuluffführung getestet. Dabei zeigt sich, dass die Frischluft ungehindert zumindest bis in Stallmitte über den Futtertisch eindringt und links und rechts des Futtertisches für Frischluft im Tierbereich sorgt. In dieser Form allerdings ohne Zugluft und ohne unnötige Belastung mit hohen Ammoniakgehalten.



Abbildung 27: Frischluft strömt durch Schlitz ins Stallinnere

Die mittels künstlichen Nebels erkennbare Luftführung bringt die Zuluft mit Außenluftqualität ohne baulichen Aufwand bis in die Stallmitte. Allein durch das Öffnen des Sektionaltors strömt ausreichend Luft in den Tierbereich. Die Öffnung des Tores ist frei wählbar, je geringer der Schlitz von Futtertisch zu Unterkante Tor, umso größer die Geschwindigkeit und die Wurfweite in den Stall selbst.



Abbildung 28: Zuluftführung am Futtertisch mit Blick in Richtung Endmasttiere.

Die Abbildung 29 zeigt das Sektionaltor im Bereich der Endmasttiere. Günstigerweise ist dies auch der nördliche und damit kühlere Bereich des Maststalles. Dieses Tor wird zur Belüftung doppelt so hoch geöffnet als das südliche im Bereich der Jungtiere. Diese Zuluftvariante ist bereite in Erkenntnis des Landwirts selbst, er möchte damit die Luftmenge im Bereich der Endmast erhöhen und

gleichzeitig die Zuluftgeschwindigkeit bei den Jungtieren drosseln. Beides wird sich positiv auf die Leistung und auf die Tiergesundheit auswirken.



Abbildung 29: Zuluftführung im Bereich der Endmasttiere.

Um diese alternative Luftführung auf deren Tauglichkeit zu überprüfen, wurde die Zuluft mit einer roten Farbpatrone eingefärbt. Deutlich ist in Abbildung 30 sichtbar, dass die Zuluft über den Futtertisch in den Tierbereich und sogar bis an die Außenwände gelangt. Eine Versorgung aller Tiere ist damit gewährleistet, die über mehrere kalte Tage andauernde Alternativlüftung kann in Betrieb gehen.



Abbildung 30: Kontrolle der Luftverteilung mit roter Nebelpatrone.

Für den Betrieb Perschl, er verwendet anstelle des Sektionaltors ein konventionelles Doppeltor, ist eine ähnliche Form der Luftführung möglich.

Der Futtertisch ist am Betrieb Perschl ist nur einseitig befahrbar, die quadratische Form des Stalles mit dem im Verhältnis zum Betrieb Windauer kurzen Futtertisch, ermöglicht aber auch einseitig eine ausreichende Frischluftführung mit entsprechenden Luftmengen ins Stallinnere.

In die Holzverkleidung der giebelseitigen Tore (Abbildung 31) ist dazu in Bodennähe ein Schlitz zu errichten, der mit einer regelbaren Klappe zu versehen ist. Mit dieser Klappe lässt sich je nach Außentemperatur die Wurfgeschwindigkeit über den Futtertisch und die Luftmenge regulieren. Das vorhandene Fenster am oberen Ende des Tores ist für die Zeiten der alternativen Zuluftführung zu schließen.



Abbildung 31: Doppeltor am Betrieb Perschl an der Giebelseite

6 Zusammenfassung

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit wurden zum gewählten Thema „Untersuchung zur Detektion von Lüftungsmängeln in der Rinderhaltung im Hinblick auf Emissionen und tiergesundheitliche Probleme“, neben einer Literaturrecherche vor allem Untersuchungen mit entsprechender Messtechnik auf zwei Rindermastbetrieben durchgeführt. Der erste Betrieb liegt in Bezirk Gmunden in Oberösterreich und der zweite Betrieb befindet sich im Bezirk Braunau am Inn, ebenfalls in Oberösterreich.

Es wurden mehrere Wochen Langzeitmessungen bezüglich Innen- und Außentemperaturen und zur Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Luftgeschwindigkeit und Schadgaskonzentrationen wurden auf den Versuchsbetrieben während der Besuchstage gemessen.

Der am Betrieb Windauer untersuchte Stall wurde im Jahr 2009 errichtet, der Stall am Betrieb Perschl im Jahr 2010. Die beiden Ställe sind räumlich gut ausgestattet, lichtdurchflutet und die Ställe erlauben eine dem Bundestierschutzgesetz entsprechende und vor allem artgerechte Tierhaltung. Die Haltung erfolgt in Boxen, die räumlich dem Gewicht und Anzahl der Tiere entsprechend ausgestattet sind.

Am Betrieb Windauer werden die Jungtiere im vorderen Bereich eingestallt und mit zunehmendem Gewicht über einen beidseitig angeordneten Treibgang nach hinten umgestallt. Die Entmistung erfolgt durch einen Spaltenboden – Flüssigmist Stauverfahren. Die Belüftung geschieht über elektronisch - temperaturgesteuerte Doppelstegplatten an den Längsseiten des Stalles. Entlüftet wird mittels eines regelbaren Luft - Lichtfirstes.

Am Betrieb Perschl werden die Tiere ihrem Gewicht entsprechend in Boxen gehalten. Die Entmistung erfolgt durch Spalten mit einem Flüssigmistsystem. Die Belüftung erfolgt mechanisch (Kurbel) über regelbare Doppelstegplatten an den Längsseiten des Stalles und entlüftet wird ebenfalls mit einer regelbaren Luft - Lichtfirst.

Diese Umstände können laut Wissensstand und nach gültiger Literatur dazu führen, dass Probleme hinsichtlich der Tiergesundheit und der Gewichtszunahme

durch falsches Stallklimaauftreten und damit negative Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von Rindermastbetrieben verursachen.

Die Luftströmungen in den Ställen werden für Untersuchungszwecke mit künstlichem Nebel versetzt. Dabei werden kritische Situationen mit Kaltlufteinträgen und hohen Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich erkennbar.

Die Langzeitmessungen weisen mit ihren Ergebnissen eindeutig darauf hin, dass das Stallklima der beiden Betriebe zu gewissen Zeiten als nicht optimal einzustufen ist und daher tiergesundheitliche Probleme verursacht. Diese Probleme können beträchtliche Auswirkungen auf die Leistung, insbesondere auch auf die Gewichtszunahmen der Rinder haben.

Zur Minderung dieser Schwierigkeiten bietet sich der beidseitig über Sektionaltore befahrbare Futtertisch an. Dazu wird das Tor maximal 10 cm weit geöffnet. Die Frischluft strömt durch diesen Schlitz in das Stallinnere und belüftet einseitig, bis ungefähr Stallmitte den Futtertisch. Bei einem konventionellen Doppeltor wie am Betrieb Perschl, können ohne großen Aufwand und in Bodennähe, entsprechende luftführende Schlitze installiert werden.

Bestenfalls sollten die auf den Untersuchungsbetrieben vorgefundenen Probleme allerdings vermieden und in der Stallplanung Berücksichtigung finden.

7 Abstract

In the cause of the thesis with the topic "Investigation into the detection of ventilation defects in cattle farming in terms of emissions and animal health problems," in addition to literature inquiry, especially studies with appropriate measurement were carried out on two cattle farms. The first farm is located in the district of Gmunden in Upper Austria and also the second farm is located in Upper Austria in the district Braunau upon Inn.

There were several weeks long-term measurements concerning indoor and outdoor temperatures carried out as well as humidity at the experimental farms. Air velocity and pollutant gas concentration were measured during the visiting days.

The first examined stable was built in 2009 and the second in 2010. The two stables are equipped very well, flooded with light, and allowing above proper keeping of animals according to the Federal Animal Welfare Act.

The animals are kept with boxes in the first farm that are equipped according to their weight. In the front side of the stable there are stabled the young animals. The manure is carried by a slatted floor - slurry storage procedure. The ventilation is provided via electronic - temperature-controlled twin-wall panels along the sides of the stable. The evacuation of air works through an adjustable air - light ridge.

On the second farm the animals are also kept in accordance to their weight in boxes. The manure is carried by cracks with a liquid manure system. The ventilation is regulated mechanically (crank) by adjustable win-wall panels along the sides of the stable. The ventilation is effected by means of an adjustable air-light ridge.

These circumstances, according to knowledge and valid literature, cause problems which arise in terms of animal health and weight gain due to wrong stable climate and cause negative impacts on the profitability of cattle farms.

The air currents in the stable are set for study purposes with artificial fog. Thus critical situations with cold air entries and high speed are identified. The long-term measurements clearly show with their definite results suggested that the stable climate of the two farms is not optimal and therefore cause problems for animals. These difficulties may have a significant impact on performance or on weight gain of cattle.

To reduce these difficulties, a drive – sectional feeding table to both sides is offered. For this, the gate opens up to 10 cm. The fresh air passes through the slot into the stable interior and ventilates the feeding table on one side till about the middle of the stable. The second option is a conventional double gate. At best, such problems should already be regard with stable building.

8 Literaturverzeichnis

BIANCA, 1979: Bundesamt für Veterinärwesen – Stallklimawerte und ihre Messungen in Nutztierhaltung

BLENDL, 1985: Bundesamt für Veterinärwesen – Stallklimawerte und ihre Messungen in Nutztierhaltung

BODLAK, H., 2010: Zum Fachvortragsabend am 12.12.2010 – Krankheiten und ihre wirtschaftlichen Verluste

BUNDESAMT FÜR VETERINÄRWESEN –BVET (2002): Stallklimawerte und ihre Messungen in Nutztierhaltungen

DANSUR et al., 2001: Bundesamt für Veterinärwesen – Stallklimawerte und ihre Messungen in Nutztierhaltung

DELACON / DOSSIER, 2007: Das Ammoniak – Dilemma 01/2007

ELLERSIEK H., 1989: Bau Briefe Landwirtschaft – Kälberaufzucht Jungviehhaltung Rindermast, Heft 31/1989

GROTE, D., GÜTTLER, J., JÄGER, K., KÖNNEKE, K., KUHFAHL B., MAIWORM, K., NOACK, U., WEGERT, J., WIMMERS, C., 2006: Stallklimaprüfungen in der landwirtschaftlichen Tierhaltung – Empfehlungen der Länderarbeitsgruppe Stallklima

HAUSLEINTNER, A., 1984: Stallklima in Rinderställen

JANECZEK et al., 1985: Bundesamt für Veterinärwesen – Stallklimawerte und ihre Messungen in Nutztierhaltung

PICHLER, M. und ZENTNER, E., 2009: Stallklima in Rinderhaltung- Rinder benötigen viel Licht, beste Luftqualität und wenig Lärm, um optimale Leistungen zu erreichen - Der fortschrittliche Landwirt, Sonderausgabe

RICHTER, 1995: Institut für Tierhygiene und Öffentliches Veterinärwesen im Zentrum für Veterinary Public Health - Modul Bestandsbetreuung Vorlesungsreihe „Tierhygiene / Tierhaltung“ 7. Semester WS 08/09

SCHUH, 2010: Vermeidung hoher Ammoniakkonzentrationen im Stall – Abteilung Stallklimatechnik und Nutztierschutz HBLFA Raumberg – Gumpenstein

SCIENTIFIC VETERINARY COMMITTEE, 1997: Bundesamt für Veterinärwesen – Stallklimawerte und ihre Messungen in Nutztierhaltung

ZENTNER E., 2011: Leistungsgerechtes Stallklima in Rinderställen mit Beispielen aus der Praxis- Infoveranstaltung für Tiroler-TGD, Tierärztetagung in Mils bei Hall, 20.09.2011

9 Anhang

9.1 Technische Daten

9.1.1 Dräger SensorSmart IR CO₂ HC – 68 10 599

bei Einsatz im Dräger X-am 7000

Umweltbedingungen	-20 bis 60 °C 700 bis 1300 hPa 10 bis 95 % r. F.
Empfohlene Lagerbedingungen	0 bis 30 °C 30 bis 80 % r. F.
Erwartete Sensorlebensdauer	>60 Monate
Wiederholbarkeit	
Nullpunkt bei 50 Vol.-%	$\leq \pm 0,2$ Vol.-% CO ₂ $\leq \pm 2,0$ Vol.-% CO ₂
Linearitätsfehler typisch	$\leq 1,0$ Vol.-% CO ₂ oder $\leq \pm 5$ % des Messwertes (es gilt der jeweils größere Wert)
Temperatureinfluss, -20 bis 60 °C	
Nullpunkt bei 50 Vol.-%	$\leq \pm 0,004$ Vol.-% CO ₂ /K $\leq \pm 0,4$ % des Messwertes/K
Druckeinfluss	$\leq \pm 0,15$ % des Messwertes/hPa
Feuchteinfluss, bei 40 °C (0 bis 95 % r.F., nicht kondensierend)	
Nullpunkt	$\leq \pm 0,5$ Vol.-% CO ₂
Langzeitdrift	
Nullpunkt bei 50 Vol.-%	$\leq \pm 0,2$ Vol.-% CO ₂ /Monat $\leq \pm 3$ % des Messwertes/Monat
Messwerteinstellzeit im Dräger X-am 7000 ¹⁾	
Pumpenbetrieb t _{0...90}	≤ 65 Sekunden
Diffusionsbetrieb t _{0...90}	≤ 65 Sekunden
Pumpenbetrieb t _{0...50}	≤ 20 Sekunden
Diffusionsbetrieb t _{0...50}	≤ 20 Sekunden

1) bei sicherheitstechnisch relevanten Messungen ist vor jedem Einsatz die Messwerteinstellzeit zu prüfen.

9.1.2 Dräger Sensor Smart IR CO₂ – 68 10 590

bei Einsatz im Dräger X-am 7000

Umweltbedingungen	-20 bis 60 °C 700 bis 1300 hPa 10 bis 95 % r. F.
Empfohlene Lagerbedingungen	0 bis 30 °C 30 bis 80 % r. F.
Erwartete Sensorlebensdauer	>60 Monate
Untere Grenze des Messbereichs	0,01 Vol.-%
Nullpunktabweichung	0,02 Vol.-%
Wiederholbarkeit	
Nullpunkt bei 2,5 Vol.-%	≤ ±0,01 Vol.-% CO ₂ ≤ ±0,06 Vol.-% CO ₂
Linearitätsfehler typisch	≤ ±5 % des Messwertes
Temperatureinfluss, -20 bis 60 °C	
Nullpunkt bei 2,5 Vol.-%	≤ ±0,002 Vol.-% CO ₂ /K ≤ ±0,4 % des Messwertes/K
Druckeinfluss	≤ ±0,15 % des Messwertes/hPa
Feuchteinfluss, bei 40 °C (0 bis 95 % r.F., nicht kondensierend)	
Nullpunkt	≤ ±0,02 Vol.-% CO ₂
Langzeitdrift	
Nullpunkt bei 2,5 Vol.-%	≤ ±0,004 Vol.-% CO ₂ /Monat ≤ ±3 % des Messwertes/Monat
Messwerteinstellzeit im Dräger X-am 7000 ¹⁾	
Pumpenbetrieb t _{0...90}	≤30 Sekunden
Diffusionsbetrieb t _{0...90}	≤45 Sekunden
Pumpenbetrieb t _{0...50}	≤15 Sekunden
Diffusionsbetrieb t _{0...50}	≤20 Sekunden

1) bei sicherheitstechnisch relevanten Messungen ist vor jedem Einsatz die Messwerteinstellzeit zu prüfen.

9.1.3 Dräger Sensor XS R H₂S 100 ppm 68 10 260

Umweltbedingungen	-40 bis 50 °C (kurzzeitig bis 60 °C) bei Betrieb. Bei hohen Temperaturen kann sich die Sensorlebensdauer reduzieren. 700 bis 1300 hPa 10 bis 90 % r.F. (kurzzeitig 5 bis 99 % r.F.).
Empfohlene Lagerbedingungen	0 bis 30 °C 30 bis 80 % r.F.
Wiederholbarkeit	Nullpunkt $\leq \pm 1$ ppm Empfindlichkeit $\leq \pm 2$ % des Meßwertes
Lineartätsfehler	$\leq \pm 5$ % des Meßwertes
Temperatureinfluß, -20 bis 50 °C stationär:	Nullpunkt $\leq \pm 2$ ppm Empfindlichkeit $\leq \pm 5$ % des Meßwertes
dynamisch:	Bei schnellen Temperatursprüngen mit $\Delta\vartheta$ größer 20 °C können in der Anzeige ein Unter- oder Überspringen auftreten. Die dynamischen Effekte klingen nach ca. 5 bis 10 Minuten ab.
Druckeinfluß	Nullpunkt kein Einfluß Empfindlichkeit $\leq \pm 0,01$ % des Meßwertes/hPa
Feuchteeinfluß stationär:	Nullpunkt $\leq \pm 0,02$ ppm/% r.F. Empfindlichkeit $\leq \pm 0,05$ % des Meßwertes/% r.F.
dynamisch:	Bei schnellen Feuchteänderungen mit $\Delta\gamma$ größer 50 % r.F. können in der Anzeige ein Unter- oder Überspringen auftreten. Die dynamischen Effekte klingen nach ca. 2 bis 3 Minuten ab.
Einfluß der Anströmung zwischen 0 und 6 m/s	Nullpunkt kein Einfluß Empfindlichkeit $\leq \pm 10$ % des Meßwertes
Langzeitdrift bei 20 °C	Nullpunkt $\leq \pm 1$ ppm/Jahr Empfindlichkeit $\leq \pm 1$ % des Meßwertes/Monat
Meßwerteeinstellzeit bei 20 °C	$t_{0..90} \leq 20$ Sekunden $t_{0..50} \leq 10$ Sekunden
Alarmsprechzeit	≤ 5 Sekunden bei 20 °C und Begasung mit 5-fachem Grenzwert, Alarmschwelle eingestellt auf 1-fachen Grenzwert

9.1.4 Dräger X – am 7000

Typ	Mehrgasmessgerät mit bis zu 5 Messkanälen: 3 elektrochemische (für toxische Gase und Sauerstoff) und 2 katalytische bzw. Infrarot-Sensoren (für brennbare Gase und Dämpfe oder Kohlenstoffdioxid)		
Maße (B x H x T)	ca. 150 x 140 x 75 mm		
Gewicht	Grundgerät	ca. 600 g	
	Akku	ca. 490 g (3,0 Ah), 730 g (6,0 Ah)	
Umweltbedingungen bei Betrieb	Temperatur	- 20 bis + 55 °C, kurzzeitig - 40 bis + 60 °C	
	Druck	700 bis 1300 hPa;	
	Feuchtigkeit	10 bis 95 % r.F.	
Schutzart	IP 67		
Typische Betriebszeiten	NiMH (4,8 V / 3,0 Ah)	> 9 Stunden	
	NiMH (4,8 V / 6,0 Ah)	> 20 Stunden	
	Alkali	> 20 Stunden	
Akustischer Alarm	> 100 dB (A) in 30 cm Abstand		
Ladezeit	3,5 bis 7 Stunden, abhängig vom Akku-Typ		
Pumpenbetrieb	maximale Schlauchlänge 45 m		
Zulassungen	ATEX	II 2G EEx ia d IIC T4; -20 ≤ Ta ≤ + 60 °C	
		I M2 EEx ia d I	
		EG-Baumusterprüfbescheinigung BVS 03 ATEX E 371 X	
	MED*	Marine Equipment Directive 96/98/EG	
	UL	Class I, Div 1, Group A, B, C, D;	
		Temp. code T4 - 20 ≤ Ta ≤ + 60 °C	
	CSA*	Class I, Div 1, Group A, B, C, D;	
* beantragt	T4 - 20 ≤ Ta ≤ + 60 °C		
	IECEX	Ex ia d I/IIC T4; - 20 ≤ Ta ≤ + 60 °C	
	CE-Zeichen	Elektromagnetische Verträglichkeit (Richtlinie 89/336/EWG)	

9.1.5 testo 400, testo 650, testo 950

Temperaturmessung

Pt100: Messbereich	-200...+800 °C	
Auflösung	- 99,9...300 °C:	0,01 °C
	restl. Bereich:	0,1 °C
Genauigkeit	±0,1 °C (-49,9...+99,9 °C)	
	±0,4 °C (-99,9...-50 bzw. +100...199,9 °C)	
	±1,0 °C (-200...-100 bzw. +200...800 °C)	

NiCr-Ni: Messbereich	-200...+1370 °C	
Auflösung	0,1 °C	
Genauigkeit	±0,4 °C (-100...+200 °C)	
	±1 °C (restl. Bereich)	

PtRh-Pt: Messbereich	0...+1760 °C	
Auflösung	1 °C	
Genauigkeit	±1,0 °C	

FeCu-Ni: Messbereich	-200...+1000 °C	
Auflösung	0,1 °C	
Genauigkeit	±0,4 °C (-150...+150 °C)	
	±1 °C (restl. Bereich)	

Cu-CuNi: Messbereich	-40...+350 °C	
(Typ T) Auflösung	0,1 °C	
Genauigkeit	±0,4 °C (-40...+200 °C)	
	±1 °C (restl. Bereich)	

NTC: Messbereich	-40...150 °C	
Auflösung	0,1 °C	
Genauigkeit	±0,2 °C (-10...50 °C)	
	±0,4 °C (restl. Bereich)	

Feuchtemessung

Messbereich	0...100 %rF	
Auflösung	0,1 %rF	
Genauigkeit	Siehe Fühlerangaben	

Druckmessung

Messbereich	Auflösung	Genauigkeit
±100 hPa	0,01 hPa	±0,1 hPa
±10 hPa	0,001 hPa	±0,01 hPa
2000 hPa	1 hPa	±2 hPa
10 bar	0,01 bar	±0,2 % v.E typ
30 bar	0,01 bar	±0,2 % v.E typ

Drehzahlmessung

Messbereich:	20...20 000 U/min
Auflösung:	1 U/min
Genauigkeit:	±1 Digit

Strömungsmessung

Flügelrad: Messbereich	0...60 m/s
Auflösung für ø 60/100 mm	0,01 m/s
Auflösung für restl. Sonden	0,1 m/s
Genauigkeit	siehe Fühlerangaben

therm. S.: Messbereich	0...20 m/s
Auflösung	0,01 m/s
Genauigkeit	±0,01 m/s (0...1,99 m/s)
	±0,02 m/s (2...4,9 m/s)
	±0,04 m/s (5...20 m/s)

Strom-/ Spannungsmessung

(mit Strom-/Spannungskabel 0554.0007)

Messbereich:	0...20 mA
Auflösung:	0,01 mA
Genauigkeit:	±0,04 mA

Messbereich:	0...±10 V
Auflösung:	0,01 V
Genauigkeit:	±0,01 V

Messbereich:	0...±1 V
Auflösung:	1 mV
Genauigkeit:	±1 mV

Speicherplatz

Standard 45 000 Messwerte
Aufrüstung 500 000 Messwerte

Stromversorgung

- Batterie AlMn LR06/Akku (Typ Mignon)
- alternativ über 8 V-Netzteil

Batteriestandzeit Dauerbetr. mit 2 Te-Fühlern: 18 h

Betriebstemp. 0...+50 °C (kurzzeitig 0...+60 °C)

Lager-/Transporttemperatur -25...+60 °C

Anschluss DIN Stecker 8-polig

Gewicht 500 g (inkl. Akku)

Sonstiges • Gehäusematerial ABS

- automatische Erkennung aller angeschlossenen Fühler

Aufsteckbarer Drucker 0554.0570

Druckerart	infrarotgesteuerter Thermodrucker
Empfangsradius	max. 1 m
Betriebstemperatur	0...+50 °C
Lager-/Transporttemp.	-40...+60 °C
Abmessungen	115 x 78 x 77 mm
Gewicht	0,36 kg (inkl. Batterien)
Stromversorgung	4 Mignon-Batterien 1,5 V oder NC-Akkus

CO/CO₂ -Sonde

Messbereich CO ₂	0...1 Vol% = 0...10.000 ppm
Messbereich CO	0...500 ppm
Genauigkeit	s. Fühlerdaten
t ₉₀ bei CO ₂	60 Sekunden
t ₉₀ bei CO	ca. 30 Sekunden
zul. Betriebstemperatur	+0...+40 °C
zul. Lagertemperatur	-20...+50 °C
Aufwärmzeit nach Einschalten	ca. 1 Minute
Zul. Betriebsdruck	800...1100 mbar (Absolutdruck)
Werks-Kalibration	normiert auf 1013 mbar (N.N.) und 25 ° C

Protokolldrucker 0554.0545

Druckerart	infrarotgesteuerter Thermodrucker
Betriebstemperatur	0...+50 °C
Lager-/Transporttemp.	-40...+60 °C
Abmessungen	150 x 88 x 50 mm
Gewicht	0,33 kg (inkl. Batterien)
Stromversorgung	4 Mignon-Batterien 1,5 V oder NC-Akkus
Zubehör	Ersatzpapier Best.-Nr. 0554.0569

Comfort-Software-Modul testo 400

Graphische Messdatenauswertung unter der modernen Benutzeroberfläche Windows. Alle Geräteeinstellungen können übersichtlich vom PC aus durchgeführt werden.

- Funktionen**
- komfortable Zoomfunktionen
 - mathematische Glättungsfunktion
 - statistische Berechnungsfunktionen (Mittelwert, Varianz...)
 - Messortverwaltung im PC
 - Druck von Messortlabeln (mit Barcode)
 - Lernfunktion für schnelle Temp.-Hochrechnung t₉₅-fast

Mehrfenster-technik Darstellen und Auswerten mehrerer Messdaten in unterschiedlichen Fenstern

Ausdruck der Messdaten als Tabelle oder als Grafik

- Voraussetzungen**
- PC mit Betriebssystem
 - Microsoft Windows 98 oder besser (falls kompatibel)
 - Microsoft Windows NT 4, Servicepack 4, oder besser (falls kompatibel).
 - Windows 2000 oder besser (falls kompatibel).

- Sonstiges**
- einfachste Bedienung per Maus
 - farbige Einblendung
 - frei wählbarer Grenzwerte

Garantie

Messgerät	36 Monate
Fühler	12 Monate

9.1.6 testo 177 – T1

Messgröße	Temperatur (°C/°F)
Messwertaufnehmer	NTC
Anzahl der Messkanäle	1x intern
Messbereich.....	-40 bis +70 °C
Genauigkeit	±0,4 °C (-25 °C bis +70 °C)
.....	±0,8 °C (-40 °C bis -25,1 °C)
.....	±1 Digit
Auflösung	0,1 °C
Messtakt	2 sec bis 24 h (frei wählbar)
Angleichzeit t_{90} (intern)	ca. 30 min bei Windgeschw. 1m/s
Lagertemperatur	-40 bis +85 °C
Betriebstemperatur	-40 bis +70 °C
Speicherkapazität	48.000 Messwerte
Schutzart.....	IP 68
Gehäuse	ABS/TPE
Abmessungen in mm (LxBxH)	103 x 64 x 33
Gewicht	111g
Batterie	Lithium (1 AA)
Batteriestandzeit	typisch: 5 Jahre*
.....	(Messrate: 15 Min., Betriebstemperatur: -10 bis +50°C,
.....	Display: An, Betriebsanzeige (grüne LED): Aus)

* siehe Kapitel 11.6 Batteriestandzeit, S. 33

9.1.7 testo 177 – T2

Messgröße	Temperatur (°C/°F)
Sensor	NTC
Anzahl der Messkanäle	1x intern
Genauigkeit	± 0,4 °C (-25 bis +70 °C)
.....	± 0,8 °C (-40 bis -25,1 °C)
.....	±1 Digit
Auflösung	0,1 °C
Messtakt	2 sec bis 24 h (frei wählbar)
Angleichzeit t_{90} (intern)	ca. 30 min bei Windgeschw. 1m/s
Lagertemperatur	-40 bis +85 °C
Betriebstemperatur	-40 bis +70 °C
Display	LCD, 1-zeilig
Betriebstemperatur Display	-30 bis +65 °C
Speicherkapazität	48.000 Messwerte
Schutzart	IP 68
Gehäuse	ABS/TPE
Abmessungen in mm (LxBxH)	103 x 64 x 33
Gewicht	122g
Batterie	Lithium (1 AA)
Batteriestandzeit	typisch: 5 Jahre*
.....	(Messrate: 15 Min., Betriebstemperatur: -10 bis +50°C,
.....	Display: An, Betriebsanzeige (grüne LED): Aus)

* siehe Kapitel 11.6 Batteriestandzeit, S. 33

9.1.8 testo 177 – T3

Messgröße	Temperatur (°C/°F)
Messwertaufnehmer	NTC (intern und extern)
Anzahl der Messkanäle	4-Kanal (2x ext./1x int./1x Ereignis, z. B. Türkontakt)
Messbereich	-40 bis +70 °C (intern)-40 bis +120 °C (extern)
Genauigkeit intern	±0,8 °C (-40 bis -25,1 °C)
(System)	±0,4 °C (-25 bis +70 °C)±1 Digit
Genauigkeit extern	±0,4 °C (-40 bis -25,1 °C)
(nur Gerät)	±0,2 °C (-25 bis +70 °C)±0,4 °C (+70,1 bis +120 °C)±1 Digit
Auflösung	0,1 °C
Messtakt	2 sec bis 24 h (Ereignis-Kanal ausgeschaltet) /2 sec bis 9,1 h (Ereignis-Kanal eingeschaltet)2 Messtakte (ereignisabhängig, frei wählbar)
Angleichzeit t_{90} (intern)	ca. 30 min bei Windgeschw. 1m/s
Lagertemperatur	-40 bis +85 °C
Betriebstemperatur	-40 bis +70 °C
Display	LCD, 2-zeilig
Betriebstemperatur Display	-30 bis +65 °C
Speicherkapazität	48.000 Messwerte
Schutzart	IP 67
Gehäuse	ABS/TPE
Abmessungen in mm (LxBxH)	103 x 64 x 33
Gewicht	127g
Batterie	Lithium (1 AA)
Batteriestandzeit	typisch: 5 Jahre*(Messrate: 15 Min., Betriebstemperatur: -10 bis +50°C,Display: An, Betriebsanzeige (grüne LED): Aus)

* siehe Kapitel 11.6 Batteriestandzeit, S. 33

9.1.9 testo 177 – T4

Messgrößen	Temperatur (°C/°F)
Messwertaufnehmer	Thermoelement Typ K und T
Anzahl der Messkanäle	4x extern
Messbereich Typ K	-195 bis +1000 °C
Messbereich Typ T	-200 bis +400 °C
Genauigkeit	±0,3 °C (-100 bis +70 °C)
.....	±0,5% v. Mw. (+70 bis +1000 °C)
.....	±1,5% v. Mw. (-200 bis -100,1 °C)
.....	±1 Digit
Auflösung	0,1 °C
Messtakt	1 oder 2 Kanäle aktiv: 2 sec bis 24 h
.....	3 oder 4 Kanäle aktiv: 3 sec bis 24 h
.....	(frei wählbar)
Lagertemperatur	-35 bis +70 °C
Betriebstemperatur	0 bis +70 °C
Display	LCD, 2-zeilig
Betriebstemperatur Display	0 bis +65 °C
Speicherkapazität	48.000 Messwerte
Gehäuse	ABS/TPE
Schutzart	IP 43
Abmessungen In mm (LxBxH)	103 x 64 x 33
Gewicht	129g
Batterie	Lithium (1 AA)
Batterielestandzeit	typisch: 5 Jahre*
.....	(Messrate: 15 Min., Betriebstemperatur: -10 bis +50°C,
.....	Display: An, Betriebsanzeige (grüne LED): Aus)
* siehe Kapitel 11.6 Batterielestandzeit, S. 33	

9.1.10 testo 177 – H1

Messgrößen	Feuchte (%rF) / Temperatur (°C/°F) / Taupunkt (td°C/td°F)	
Messwertaufnehmer	Feuchtesensor / NTC (intern) / NTC (extern)	
Anzahl der Messkanäle	4 (3x intern: %rF, °C/°F, td°C/td°F, 1x extern: °C/°F)	
Messbereich	0 bis 100%rF -20 bis +70 °C (intern) -40 bis +120 °C (extern) -40 bis +70 td°C	
Genauigkeit intern	±2 %rF bei Nenntemperatur +25°C (System)	±0,5 °C (-25 bis +70 °C) ± 1 Digit
Genauigkeit extern	±0,2 °C (-25 bis +70 °C) (nur Gerät)	±0,4 °C im restl. Bereich ± 1 Digit
Auflösung	0,1%rF / 0,1°C / 0,1td°C	
Messtakt	2 sec bis 24 h (frei wählbar)	
Lagertemperatur	-40 bis +85 °C	
Betriebstemperatur	-20 bis +70 °C	
Display	LCD, 2-zeilig	
Betriebstemperatur Display	-20 bis +65 °C	
Speicherkapazität	48.000 Messwerte	
Gehäuse	ABS/TPE	
Schutzart	IP 54	
Abmessungen in mm (LxBxH)	103 x 64 x 33 (ohne Fühler) 160 x 64 x 33 (mit Fühler)	
Gewicht	130g	
Batterie	Lithium (1 AA)	
Batteriestandzeit	typisch: 5 Jahre* (Messrate: 15 Min., Betriebstemperatur: -10 bis +50°C, Display: An, Betriebsanzeige (grüne LED): Aus)	

* siehe Kapitel 11.6 Batteriestandzeit, S. 33