



## Milchviehhaltung - Lösungen für die Zukunft Landtechnisch-bauliche Jahrestagung 2018



## **Impressum**

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)  
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan  
Internet: [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Redaktion: Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising  
E-Mail: [TierundTechnik@LfL.bayern.de](mailto:TierundTechnik@LfL.bayern.de)  
Telefon: 08161/71-3450

1. Auflage: November 2018

Druck: ES-Druck, Freising

Schutzgebühr: 10,00 Euro



## **Milchviehhaltung - Lösungen für die Zukunft**

**Landtechnisch-bauliche Jahrestagung  
28. November 2018  
in Grub**

**Dr. Georg Wendl (Hrsg.)**



---

## **Inhaltsverzeichnis**

### **Ökonomische Herausforderungen für die bayerischen Milchviehhalter.....9**

Dr. Gerhard Dorfner

### **Automatische Fütterung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Effekte für Tier und Mensch.....21**

Dr. Bernhard Haidn

### **Heubelüftung – Verfahrenstechnik und Ergebnisse zur Arbeitswirtschaft .....41**

Stefan Thurner, Dr. Juliana Mačuhová, Markus Hofmann und Dr. Bernhard Haidn

### **Sommerlicher Hitzeschutz und Außenklimareize – Besondere Herausforderungen an den Bau eines Milchviehstalles .....61**

Jochen Simon, Bernhard Bauhofer, Stephanie Geischer, Ferdinand Oberhardt und Peter Stötzel

### **Emissionsminderung Rinderhaltung – Möglichkeiten und Grenzen .....89**

Dr. Brigitte Eurich-Menden, Ewald Grimm, Dr. Sebastian Wulf

### **Selektives Trockenstellen – eine Maßnahme zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes in der Milchviehhaltung .....97**

Dr. Jan Harms, Melanie Jakob, Tanja Sonnewald-Daum, Tobias Weizenhöfer

### **Brunsterkennungssysteme in der Milchviehhaltung – Kosten und Nutzen.....111**

Johanna Pfeiffer, Dr. Markus Gandorfer, Dr. Georg Wendl

### **Digitalisierung im Milchviehbetrieb aus der Sicht des LKV – Angebot und Perspektiven.....119**

Dr. Florian Grandl, Dr. Martin Kammer und Dr. Jürgen Duda



## Vorwort

Die Milchviehhalter sind ständig gefordert, sich ändernden Rahmenbedingungen anzupassen. Auch Verbraucher und Handel nehmen mehr und mehr Einfluss auf die Milcherzeugung. Milch "ohne Gentechnik" z. B. hat innerhalb von ein paar Jahren in Bayern einen Marktanteil von ca. 70 Prozent erreicht. Steigende Marktanteile von "Biomilch", "Bergbauernmilch", "Weidemilch", "Heumilch" oder "Tierwohllabel-Milch" deuten auf eine stärkere Produktdifferenzierung hin. Diese Marktentwicklung hat auch Auswirkungen auf die Art und Weise der Milchviehhaltung.

Die Verpflichtung aus der neuen NEC-Richtlinie, die Ammoniakemissionen bis 2030 um 29 % reduzieren zu müssen, die Forderungen aus Politik und Gesellschaft, mehr Tierwohl in den Ställen zu realisieren und den Antibiotikaeinsatz in der Nutztierhaltung zu verringern, sind weitere Herausforderungen für die Milchviehhalter.

Darüber hinaus bringt der technische Fortschritt ständig neue Lösungen hervor. Die Digitalisierung und Automatisierung ist in den Milchviehbetrieben inzwischen fester Bestandteil. Das automatische Melken hat sich als Standardverfahren im Familienbetrieb etabliert. Die automatische Fütterung wird stärker in die Praxis Eingang finden und die sensorgestützte Tierüberwachung wird künftig das Herdenmanagement deutlich verbessern. IT-gestützte Managementsysteme, Online-Plattformen und die Vernetzung der unterschiedlichen Systeme werden in der Milchviehhaltung noch stärker Eingang finden.

Nur wer die Trends frühzeitig erkennt, sein Haltungssystem vorausschauend darauf ausrichtet, Reserven ausschöpft und neue Verfahrenslösungen unter seinen Bedingungen effizient umsetzt, kann auf Dauer erfolgreich Milch erzeugen.

Die diesjährige Jahrestagung will mit Vorträgen aus der Forschung, Beratung und Praxis Entwicklungen und neue Techniken in den angesprochenen Bereichen vorstellen und diskutieren.

Die Vortragsagung wird gemeinsam vom LfL-Institut für Landtechnik und Tierhaltung, der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. (ALB), dem Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredlung in Bayern e.V. (LKV) und dem Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. (TGD) veranstaltet.

Wir wollen mit dieser Tagung dazu beitragen, dass die bayerischen Landwirte auch in Zukunft effizient, nachhaltig und mit gesellschaftlich akzeptierten Verfahren Milch erzeugen.

Allen Teilnehmern wünschen wir eine interessante Tagung, einen intensiven Informationsaustausch, viele fachliche Anregungen und aufschlussreiche Gespräche.



Dr. Georg Wendl  
Institutsleiter



# Ökonomische Herausforderungen für die bayerischen Milchviehhalter

Dr. Gerhard Dorfner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur, Menzinger Str. 54, 80638 München

## Zusammenfassung

Die Landwirtschaft und mit ihr die Nutztierhaltung verändert sich seit Jahrzehnten und vollzog in der Vergangenheit gewaltige strukturelle, technische und produktionstechnische Entwicklungsschritte. In der Milchviehhaltung gelang es, die erzeugte Milchmenge mit immer weniger Kühen stabil zu halten und oder sogar zu steigern. Die Milcherzeugung konzentrierte sich immer stärker in den Milch-Gunstlagen und Regionen mit wenig landwirtschaftlichen und außerlandwirtschaftlichen Alternativen. Der Weg des kontinuierlichen und quantitativen Wachstums sowie der Spezialisierung war viele Jahre das gesellschaftlich akzeptierte Rezept, die Gewinne stabil zu halten und den technisch-organisatorisch-biologischen Fortschritt umsetzen zu können.

Im letzten Jahrzehnt vollzog sich ein starker Wandel im Blick auf die Landwirtschaft. Vor allem die Nutztierhaltung sieht sich vielen neuen Herausforderungen ausgesetzt. Während sich immer mehr Menschen von der praktischen Landwirtschaft entfernen, nimmt die öffentliche Diskussion über und die Einflussnahme auf die Nutztierhaltung zu. Aus ökonomischer Sicht befinden sich Nutztierhalter in einem Konflikt zwischen grundsätzlich engen Gewinnspannen und der Zunahme an Auflagen, die zumeist steigende Kosten mit sich bringen. Die Forderungen aus der jeweiligen einseitigen Perspektive des Ressourcenschutzes, des Naturschutzes, des Tierschutzes oder Klimaschutzes sind oft nachvollziehbar. In ihrer Gesamtwirkung und teilweisen Widersprüchlichkeit tragen sie aber dazu bei, betriebliche Entwicklungen nicht mehr zuzulassen, stark einzuschränken oder mit wirtschaftlich hohen Mehrkosten zu belasten. Die chronische Flächenverteuerung ist nur ein Indiz von vielen für die Zuspitzung der Situation. Insofern erscheinen die (alten) Rezepte der Spezialisierung, der Professionalisierung und des quantitativen Wachstums oft nicht mehr tauglich.

In diesem Zusammenhang kommt dem gesamtheitlichen Ansatz der Nachhaltigkeit eine bedeutende Rolle zu. Die Zukunft der Nutztierhaltung muss die Belange des Tieres, des Umweltschutzes, der sozialen und arbeitswirtschaftlichen Standards, aber eben auch der Ökonomie im Auge haben. Nur ökonomisch tragfähige Systeme gewährleisten die nachhaltige Sicherung landwirtschaftlicher Nutztierhaltung auch in kleineren Strukturen. Speziell aus bayerischer Sicht besteht die Herausforderung darin, den Mehrwert regionaler oder spezieller Produktqualitäten genauso herauszuarbeiten wie die Absatzmärkte im Ausland zu bedienen.

# 1 Wirtschaftliche Entwicklungen in der Vergangenheit

Bereits vor dem Auslaufen der Milchquotenregelung in 2015 ergaben sich ab 2007/08 deutliche Anzeichen, wie sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft veränderten. Nach langen Jahren relativ stabiler aber tendenziell sinkender Erzeugerpreise und Gewinne nahm die Marktvolatilität extrem zu. Sprunghafte Entwicklungen auf der Leistungs- und Kostenseite (Abb. 1) im 3- bis 4- Jahreszyklus stellten vor allem die Wachstumsbetriebe vor neue Herausforderungen. Die Indexbetrachtung für die Einnahmen- und Ausgabenseite landwirtschaftlicher Betriebe dokumentiert, dass gemessen am Jahr 2010 als Basisjahr die Preisausschläge bis zu 30 % nach unten bzw. oben betragen (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2018). Betrachtet man die langfristigen Trends, befinden sich die Kosten für Betriebsmittel sowie Waren und Dienstleistungen auf einem kontinuierlich steigenden Pfad. Die Erzeugerpreise hingegen bewegten sich bis 2007 eher nach unten, bis mit dem Jahr 2007/08 eine tendenziell steigende, aber extrem volatile Phase eingeläutet wurde. Aus dem Blickwinkel von 2018 befinden sich die Erzeugerpreise nominal auf dem Niveau der 1980er-Jahre, während die Kostenseite im gleichen Zeitraum rund 40 Prozentpunkte zulegte.

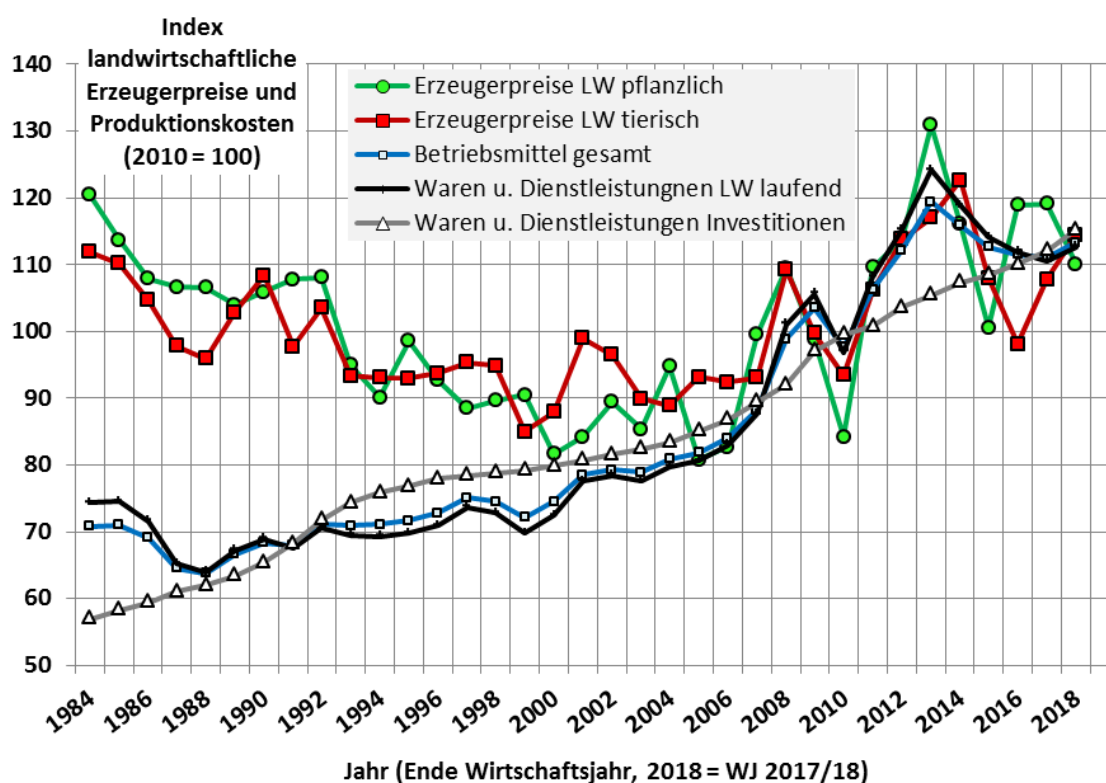


Abb. 1: Preisindizes für Erzeugerpreise und landwirtschaftliche Betriebsmittel und Dienstleistungen

## 2 Drei Entwicklungsachsen in den Betrieben

Der ökonomische Preis- und Kostenrahmen war die treibende Kraft betrieblicher Veränderungen. Der Hauptentwicklungspfad der Rinderhalter bestand darin, produktionstechnische Verbesserungen zu realisieren und den technologischen Fortschritt in vergrößerten Betrieben zu nutzen. Steigende Milchleistungen bzw. tägliche Zunahmen in größer werdenden Rinderställen waren die Hauptantwort auf die ökonomischen Gegebenheiten und Zwänge. In Abbildung 2 sind diese zwei Richtungen als „Wachstum“ und „Optimierung“ gekennzeichnet.

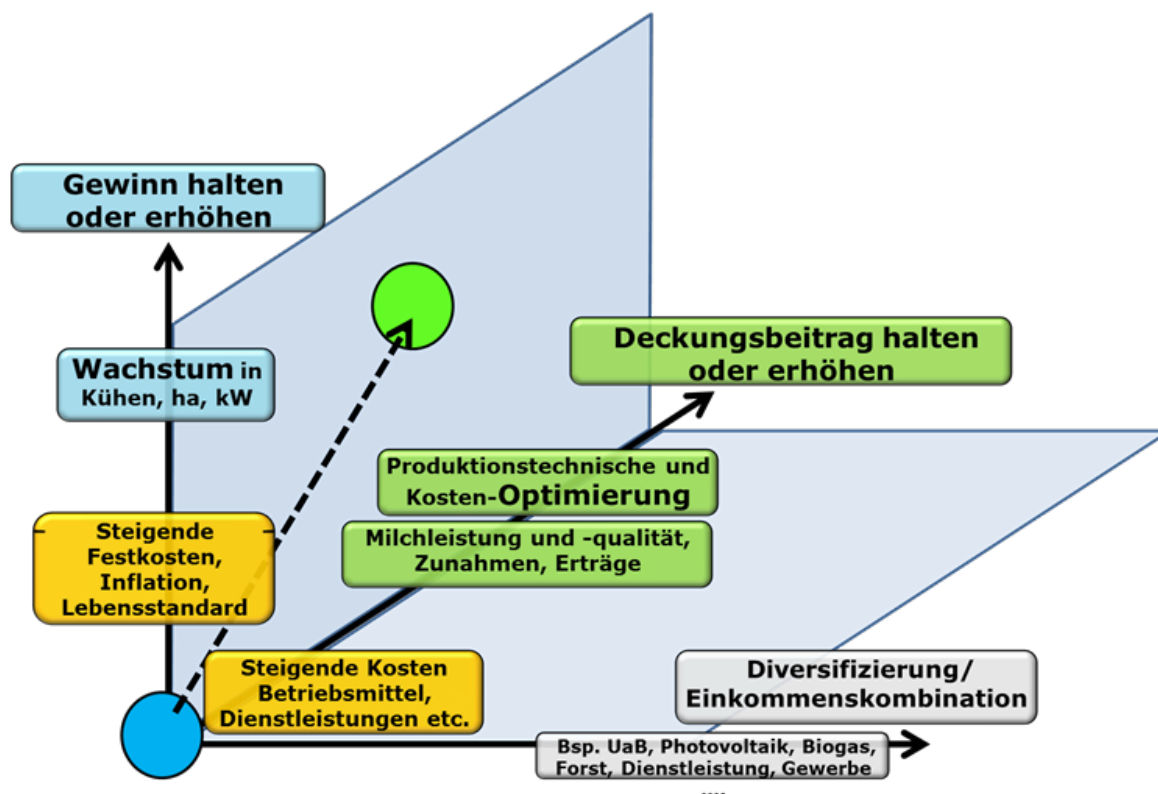


Abb. 2: Entwicklungspfade in der bayerischen Milchviehhaltung

Zusätzlich stellten viele Betriebsleiter ihre Betriebe breiter auf und erschlossen sich je nach einzelbetrieblichen Gegebenheiten neue Einkommensquellen. Diese Entwicklung erbrachte vor allem im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe bzw. regenerativen Energien in den letzten 10 Jahren Zusatzeinkünfte, die stabilisierend wirkten. Ein starker Impuls speziell im Energiebereich gab der Staat durch seine Förderpolitik bzw. entsprechende Gesetzesgrundlagen im Erneuerbare-Energien-Gesetz. Der zweite wichtige Impuls ging von regionalen Chancen und vom individuellen Engagement der Landwirte aus. Diversifizierung bzw. Einkommenskombinationen in verschiedensten Bereichen der Dienstleistungen, des Tourismus oder der Direktvermarktung sind in Bayern zu einer wichtigen Stütze der „klassischen“ Landwirtschaft und des ländlichen Raums geworden. Diese auch „heterogenes Wachstum“ genannte Entwicklung trug viel zur Stabilisierung der Betriebe in den zunehmend volatiler werdenden Märkten bei. Die in Abbildung 2 aufgezeigten drei Entwicklungspfade für Betriebe wurden in der Praxis mehr oder weniger intensiv beschritten und waren die Voraussetzung, wettbewerbsfähig zu bleiben.

Aus heutiger Sicht stellt sich nunmehr die Frage, ob die strukturelle Entwicklung der Vergangenheit einfach weitergezeichnet werden kann. Bei einer kontinuierlichen (theoretischen) Fortführung des Entwicklungstrends der letzten Jahre in Abbildung 3 ergeben sich Zweifel, ob unter den noch näher zu beschreibenden Rahmenbedingungen das dort gezeichnete Wachstum in der Milchviehhaltung realisierbar erscheint – abgesehen von der Frage, ob dies von der Mehrheit der Gesellschaft so gewünscht wird.

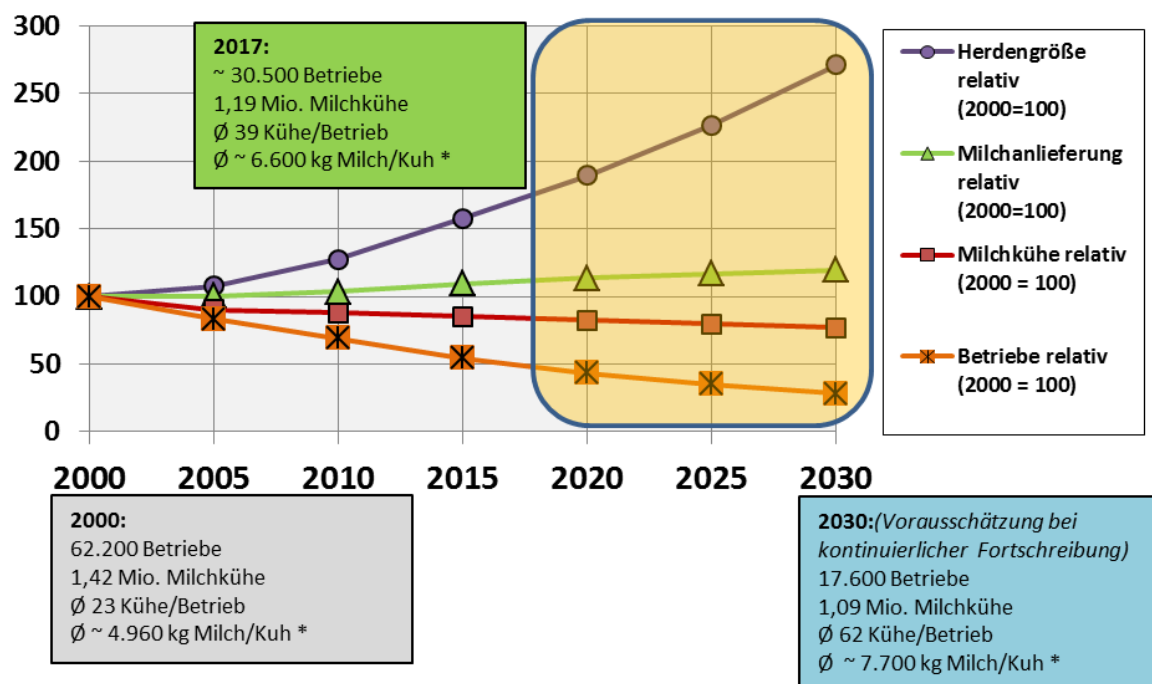


Abb. 3: Lineare Fortschreibung struktureller Trends in der bayerischen Milchviehhaltung

### 3 Deckungsbeiträge stabil – Gewinne stabil – Akzeptanz abnehmend

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht waren die Entwicklungsschritte der Vergangenheit notwendig und richtig, um zum einen die Deckungsbeiträge und zum anderen das Real-einkommen der Betriebsleiterfamilien stabil zu halten. Insofern waren die Fortschritte in den Bereichen Technik, Züchtung und Produktionstechnik kein Selbstzweck, sondern die logische Entwicklung in einer Marktwirtschaft – so wie sie sich auch in allen anderen Wirtschaftssektoren abspielte. Die Analyse der Deckungsbeiträge und Gewinne in der Milchviehhaltung zeigt eines ganz deutlich: Die Ausdehnung der Produktion mit modernen Produktionsmethoden kam vor allem dem Verbraucher in Form günstigerer Produkte zugute. Dass heute diese Entwicklungen in der Landwirtschaft vor allem mit dem Wort „Industrialisierung“ in einen völlig negativen Kontext gestellt werden, verkennet die Notwendigkeit, Fortschritt auch im Sinne einer Verbesserung der Schutzgüter Umwelt und Tier zuzulassen. Genauso zeigt sie auch, dass Größenwachstum und Technisierung vor allem in der Nutztierhaltung an Akzeptanz verloren hat und wachsende gesellschaftliche Gruppen daran Kritik üben. Hinzu kommt die Problematik, als Exportland für Lebensmittel (vor allem auch bei Milchprodukten) im globalen Wettbewerb zu stehen, in dem sich Wettbewerbsfähigkeit überwiegend über Verkaufspreise definiert. Bereits heute ist

ersichtlich, dass die Innovationsschübe aus Digitalisierung und Technisierung ohne Zweifel weitere Fortschritte bei Produktionstechnik, Ressourcenschutz und Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft erbringen werden. Inwieweit aber beispielsweise eine exakte Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln die generelle Akzeptanz für Pflanzenschutz erhöht, ist zumindest in Zweifel zu ziehen. Genauso ist erkennbar, dass „automatisierte und digitalisierte“ Tierhaltung, in denen Technik Personen ersetzt, nicht das Wunschbild des kritischen Verbrauchers ist.

## **4      Arbeitsentlohnung im Mittel zu gering**

Milchviehhaltung ist trotz der starken Fortschritte in der Mechanisierung, Automatisierung und Digitalisierung ein nach wie vor arbeitsintensives Produktionsverfahren. Dies betrifft sowohl die Ansprüche an die Arbeitsquantität als auch an die Arbeitsqualität. Insofern dreht sich die ökonomische Frage auch immer um die Entlohnung der in der Milchviehhaltung Beschäftigten. Sie ist Gradmesser für die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Sektoren in der Volkswirtschaft.

In der bayerischen Milchviehhaltung mit Durchschnittsstrukturen und Durchschnittsleistungen zeigen die Zahlen der Gewinnentwicklung bezogen auf die Familien-Arbeitskräfte (AK) in Abbildung 4, dass

- das Niveau der Arbeitsentlohnung (Brutto, vor Sozialversicherung und Einkommenssteuer, vor Zusatzeinkünften) in den meisten Jahren unter 30.000 €/Voll-AK lag und damit zu gering war,
- sich das Real-Lohnniveau trotz kontinuierlicher Ausdehnung der Produktion (nur) stabil halten konnte,
- sich der Ökobereich in den letzten drei Jahren leicht nach oben absetzen konnte.

Sowohl in den Familienbetrieben klassischer Prägung als auch in Lohnarbeitsbetrieben geht es darum, Arbeitskräfte gewinnen oder halten zu können. Auch wenn in diesem Zusammenhang die Attraktivität eines Arbeitsplatzes nicht nur an der Entlohnung festzumachen ist, entscheidet sie aber doch maßgeblich über die langfristige Entwicklung im betreffenden Sektor. Liegt die Arbeitsentlohnung in anderen Sektoren höher oder sind die Arbeitsbedingungen dort besser, verliert die Landwirtschaft Arbeitskräfte – vor allem im höher qualifizierten Bereich. Diese Entwicklung ist an sich nichts Neues, sondern war vielmehr der Motor der volkswirtschaftlichen Veränderung vom Agrar- zum Industrie- und Dienstleistungsstaat. Mittlerweile führt dies aber zu einem großen Fachkräftemangel in der Tierhaltung und ist mit ein Grund dafür, nur schwer Mitarbeiter für Milchviehbetriebe zu finden.

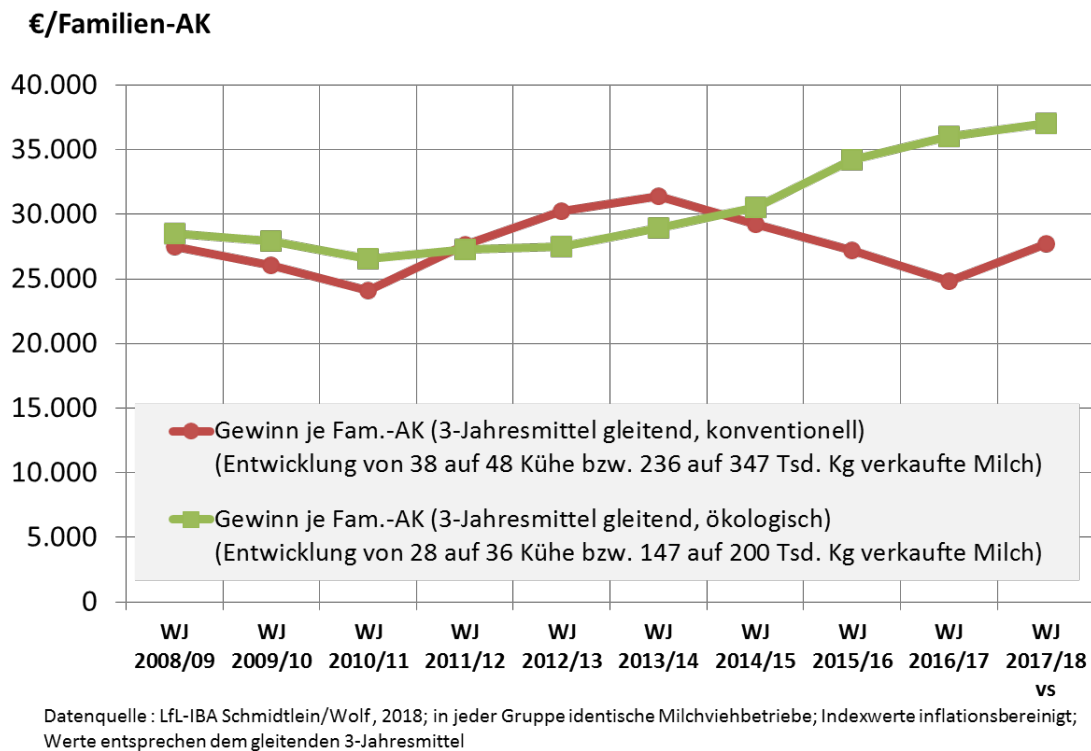


Abb. 4: Entwicklung der Arbeitsentlohnung in spezialisierten bayerischen Milchviehbetrieben

## 5 Arbeitswirtschaft im Familienbetrieb entscheidend für persönliche Zufriedenheit und Zukunftsfähigkeit

Wie schon andiskutiert entwickelten sich auch aus ökonomischen Überlegungen heraus vielfältige Einkommenskombinationen. Die Grenzen zwischen Voll-, Zu- und Nebenerwerbsbetrieb verwischen in der Praxis immer mehr. Der Einkommensmix aus landwirtschaftlichem Hauptprodukt, Nebenprodukten bzw. Dienstleistungen sowie Einkünften aus anderen Berufstätigkeiten, gewerblichen Aktivitäten oder Kapitalvermögen ist vielfältig und bunt. Insofern fällt es schwer, eine wirklich objektive und belastbare Aussage zur finanziellen Situation der Betriebsleiterfamilie zu treffen, sofern nur die betrieblichen Buchführungsabschlüsse vorliegen. Aber auch ohne den Bereich komplett überblicken zu können, bestätigen die vorliegenden Zahlen aus der Statistik, dass finanzielle Einlagen aus dem nichtlandwirtschaftlichen Bereich die Erklärung für positive Eigenkapitalbildungen in kleineren Strukturen sind.

Unabhängig von der Erwerbsform stellt sich die Frage, wie es um die arbeitswirtschaftliche und soziale Situation der Betriebsleiterfamilie bestellt ist. Die positive Einstellung zur Landwirtschaft, die Freude an der Arbeit mit Tieren oder schlichtweg die Tradition können auf Dauer nicht den sozialen Pfeiler der Nachhaltigkeit ersetzen. Dieser beinhaltet freie Wochenenden, Vermeidung physischer oder psychischer Überlastung und die Akzeptanz des eigenen Tuns in der dörflichen Umgebung genauso wie im gesamten gesellschaftlichen Umfeld. Vor allem im Milchviehbereich mit hohem täglichen Einsatz an Arbeitszeit und Know-how haben sich Betriebe mit Wachstumsstrategien trotz verstärkten Technikeinsatzes und Produktivitätsfortschritten steigende Arbeitsbelastung in Kauf

genommen und sich häufig an die oder über die Grenze der Arbeitskapazitäten bewegt. Nur wenn die betroffenen Betriebe den Schritt vom „reinen“ Milchviehbetrieb zum „erweiterten“ Familienbetrieb mit angestellten Mitarbeitern gehen, ist eine soziale Verbesserung erreichbar.

## **6 Steigendes Niveau bei Tierwohl führt auch zu höheren Produktionskosten**

Die Art und Weise, wie Nutztierhaltung betrieben wird, ist zunehmend Gegenstand gesellschaftlicher und politischer Diskussionen. Dabei geht es nicht nur um die schlichte Größe der Ställe, sondern auch ganz konkret um die Fütterung, die Haltung und das Management der Tiere. Mit der Überschrift „Tierwohl“ verbinden sich verschiedenste Initiativen von Wissenschaft, Politik, Einzelhandel und Molkereien sowie Interessengruppen (Non-Governmental-Organisations NGO). Die Vielschichtigkeit an Aktivitäten und betroffenen Bereichen, von Milch ohne Gentechnik (oGT) bis zum Tierschutzlabel des Deutschen Tierschutzbundes, von der Weidehaltung der Tiere bis zum Verbot des Einsatzes von Überseefuttermitteln, sowie von freiwilligen Maßnahmen mit Bonus bis zu strikten Auflagen ohne Kostenausgleich, verunsichern viele Milchviehhalter. Unbestritten bietet die Differenzierung von Milchqualitäten vor allem in Bayern große Chancen. Der Markterfolg von Ökomilch, Bergbauernmilch oder auch Heumilch bestätigt, dass bei konsequentem Marketing und Überzeugen des Verbrauchers Mehrwert generiert werden und auf den Betrieben auch ankommen kann. Das Beispiel von Milch ohne Gentechnik macht aber ebenso deutlich, dass eine Entwicklung, die die Produktionsstandards über den gesetzlichen (europäischen) Standard hinweghebt, nur unter Berücksichtigung eines ökonomischen Ausgleichs nachhaltig sein kann. Das Beispiel Österreich mit 100 % Milch ohne Gentechnik und auch der zunehmende Wegfall eines Preisaufschlags für Milch ohne Gentechnik in Bayern darf kein Muster für andere Qualitätsoffensiven sein. Andernfalls erbringt die Landwirtschaft kostensteigernde Extra-Leistungen zum Nulltarif, was dem Nachhaltigkeitsprinzip und der ökonomischen Fairness widerspricht. Allein die Umsetzungsprobleme der Initiative Tierwohl in der Fleischbranche oder die aktuellen Diskussionen über die Zukunft der Ferkelerzeugung sind Beispiele dafür, dass dieses Prinzip „Leistung – Gegenleistung“ nicht bei allen Akteuren Zustimmung findet.

## **7 Ist ökologische Landwirtschaft die Zukunft?**

In vielen politischen Zielsetzungen und Diskussionen über Nachhaltigkeit wird die Ökologisierung der Landwirtschaft als Schlüssel für die Zukunft beschrieben (BAYSTMELF, 2017; BMUB, 2016; BUNDESREGIERUNG, 2018). Ob konkret die Verdoppelung von Öko-Produkten zwischen 2012 und 2020 in Bayern oder die Steigerung des Ökoflächenanteils auf 20 % in Deutschland, in vielen politischen deutschen Strategiepapieren ist das Ziel einer deutlichen Stärkung des Ökolandbaus festgehalten. Auch auf europäischer Ebene wurde spätestens mit der Einführung von „Ökologierungsmaßnahmen“ in der Gemeinsamen Agrarpolitik seit 2013 ein deutliches Ziel in diese Richtung gesetzt.

Unbestreitbar ist der Markt für ökologisch erzeugte Lebensmittel auf einem stabilen strammen Wachstumskurs. Bei Milch stieg der Marktanteil in Deutschland in 2017 auf rd. 3 %, in Bayern überschritt er bereits 6 % (LFL-IEM, 2018). Das Nachfragewachstum betrug in den letzten Jahren in Deutschland 5-8 % p.a. und steht für die guten Perspektiven

zumindest im deutschen bzw. westeuropäischen Raum. Aus dem Blickwinkel des Herbstes 2018 stellt sich allerdings die Frage, ob und wie die stark ansteigenden ökologisch erzeugten Milchmengen – zwei Jahre hintereinander wird das jährliche Mengenwachstum in Deutschland 20% übersteigen – ohne Druck auf die Erzeugerpreise abzusetzen sein werden. Die stabile Preissituation im Ökobereich in den letzten Jahren war ein gewichtiger Grund für die sehr zufriedenstellende Entwicklung der Gewinne in den Ökobetrieben (vgl. Abbildung 4) (DORFNER, 2018). Ökologische Erzeugung liegt im Trend und deren Chancen sollten genutzt werden. Allerdings ist sie im Vergleich zur konventionellen Schiene nach wie vor eine Nische. Insofern muss sich auch die konventionelle Milchviehhaltung weiterentwickeln und mit steigenden Auflagen zurecht kommen. Die zu erwartende Annäherung der Produktionsstandards könnte wiederum dazu führen, dass sich die Vermarktung von Ökomilch erschwert.

## 8 Steigende Investitionskosten – keine Trendumkehr in Sicht

Der Kostenindex in Abbildung 1 zeigte bereits deutlich, dass vor allem auch landwirtschaftliche Investitionen eine kontinuierliche starke Verteuerungen erfahren haben. Dabei ist in der Statistik des Bundesamtes (2018) nur der Teil der Kostenmehrung erfasst, der die Verteuerung von Material, Arbeit und Dienstleistung betrifft. Die deutlich gestiegenen Anforderungen an den Bau, allem voran der größere Platzbedarf, verstärken diesen Effekt. In der Auswertung neu errichteter bayerischer Milchviehställe schlägt sich dies konkret in jährlichen Baukostensteigerungen von rund 5 % nieder (DORFNER/HOFMANN, 2018).

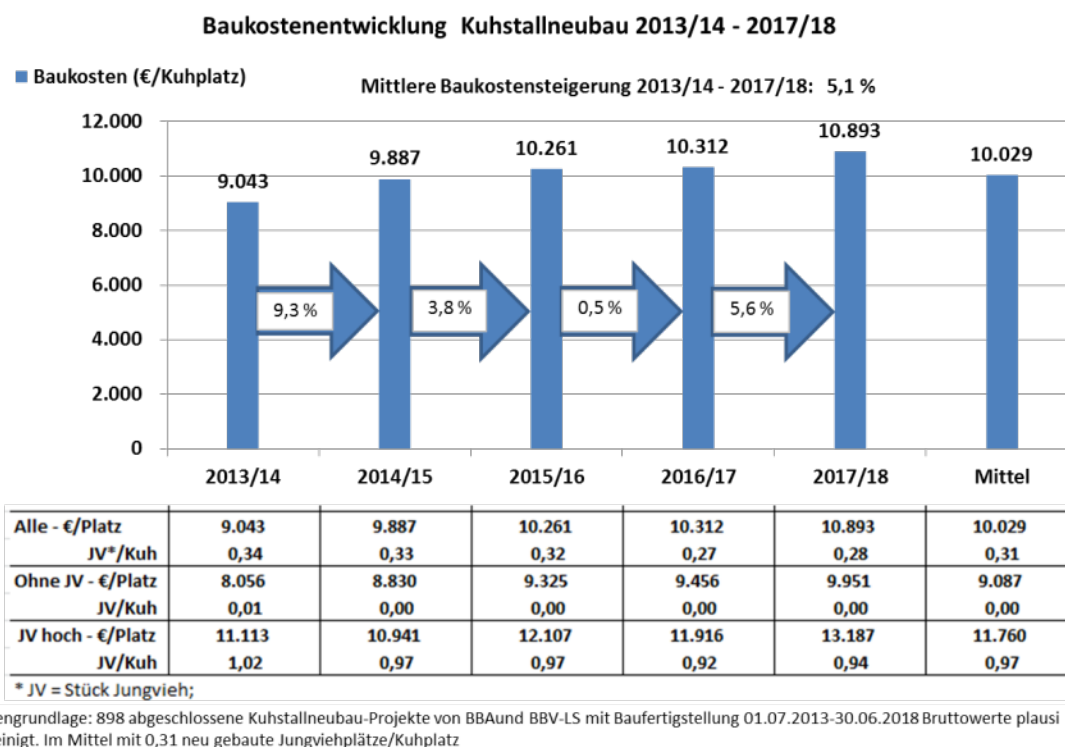


Abb. 5: Baukostenentwicklung in bayerischen Milchviehbetrieben

Neben dem schon eingepreisten Tierwohlaspekt (u.a. verpflichtender Laufhof bei beanspruchter staatlicher Förderung) ergibt sich für die kommenden Jahre noch eine

Komponente, die in ihrer ökonomischen Auswirkung noch schwer zu beziffern ist. Es geht um die Umsetzung der sog. Anlagenverordnung, genauer um die Anlagen, in denen Jauche, Gülle oder Sickersaft lagern (sog. JGS-Anlagen, BMJV 2017). An diesem Beispiel wird sehr deutlich, wie schwierig es mittlerweile geworden ist, politische Kompromisse juristisch und verfahrenstechnisch so umzusetzen, dass die Regelungen im Sektor frühzeitig und umfassend praxisreif sind. Bleiben die Gewinnspannen so knapp und die Investitionskosten so hoch, verschärft sich infolge der Anlagenverordnung der ohnehin schon starke ökonomische Druck und die Begünstigung größerer Ställe nimmt zu. Für die bekanntlich relativ kleinen bayerischen Strukturen mit teils hohem Investitionsstau stellt diese Situation ein großes Problem dar.

## **9 Klimaschutz die unbekannte Größe – Fläche bleibt begrenzend**

Nicht abzuschätzen sind die Auflagen, die sich aus dem Themenkomplex der staatlichen Verpflichtungen zum Klimaschutz ergeben werden. Auch auf die Landwirtschaft und explizit die Rinderhaltung werden konkrete Reduktionsverpflichtungen bei Treibhausgasen gemäß Kyoto-Protokoll, aber auch nach der NEC-Richtlinie zukommen.

Bei Ammoniak betragen die Minderungsvorgaben bezogen auf das Jahr 2005 für das Zieljahr 2020 5 % und für das Zieljahr 2030 29 % (EU 2016). Bei den Treibhausgasen (THG) gelten Verpflichtungen aus dem Kyoto-Protokoll (BMU, 2017) sowie aus dem Klimaschutzplan 2050 (BMUB, 2016), die das Basisjahr 1990 setzen. Das Kyoto-Protokoll gibt rechtsverbindlich folgende Reduktionen der THG-Emission für Deutschland vor:

- 2008-2012: 21 % gegenüber 1990 (tatsächlich wurden 23,6% erreicht)
- 2013-2020: 40 % gegenüber 1990 („2020-Ziel“)

Laut Klimaschutzplan 2050 soll bei der THG-Emission bis 2030 eine Minderung um gesamt 55 % erfolgen, die Vorgabe im Sektor Landwirtschaft beträgt 31 bis 34 %. Übersetzt in die Praxis heißt dies, dass technische Nachrüstungen (u. a. Abdecken Güllebehälter, bodennahe Gülleausbringung, ggf. Abluftreinigung) erforderlich sind oder die Nutztierbestände abzustocken sind.

Von diesen generellen sektoralen Verpflichtungen zum Abbau von Schadgasen für Umwelt und Klima zu unterscheiden, sind die einzelbetrieblichen Fragen, die die Standortfindung von Ställen betreffen. Dabei geht es vorrangig um die Immission von Ammoniak und Stickstoff-Deposition sowie die Staubemission und die Geruchsbelästigung (BMU, 2018).

Im gleichen Kontext ist auch die neue Düngeverordnung zu nennen. Vor allem in den milchviehintensiven Regionen übt sie Handlungsdruck auf die Betriebe aus. Der in der Bilanzierung als überschüssiger Wirtschaftsdünger ausgewiesene Teil wird oftmals zum Kostenfaktor, sofern keine Kooperationen mit anderen Betrieben möglich sind. Die landwirtschaftliche Fläche bleibt somit ein knapper und teurer Produktionsfaktor.

## 10 Wo liegen die Perspektiven Bayerns in der Milcherzeugung?

Aus der ökonomischen Perspektive ist es ganz klar, dass Bayern mit den in Deutschland kleinsten Durchschnittsstrukturen mit einem Kostennachteil in der Erzeugung landwirtschaftlicher Produkte zu kämpfen hat. Dieser Kostennachteil lässt sich einzelbetrieblich nur in wenigen Betriebskonstellationen ausgleichen. Die Konkurrenzkraft Bayerns zeigt sich aber immer wieder darin, dass bei vergleichbar großen Strukturen bayerische Betriebe im Bundesvergleich überdurchschnittlich rentabel und stabil sind. Dies spricht für überdurchschnittliches Management und hohe Wertschöpfung in den überwiegend familiengeführten Unternehmen. Der Wettlauf um Größe ist aus bayerischer Sicht im deutschen und europäischen Wettbewerb nicht zu gewinnen und wird aufgrund der vielfältigen Verschärfungen immer schwerer. Das heißt im Umkehrschluss aber nicht, dass in Bayern keine einzelbetriebliche Entwicklung mehr stattfinden wird. Knappe Flächen und begrenzte Arbeitskapazitäten zwingen dazu, hohe Flächen- und Arbeitsverwertungen zu erzielen und mehr als bisher über Kooperationen nachzudenken. Bleiben die Gewinnspannen so eng wie sie sind, bleibt für die meisten konventionell wirtschaftenden und vermarktenden Betriebe die Suche nach Effizienzsteigerung und Kostenoptimierung – im Rahmen verschärfter gesetzlicher Vorgaben – die zentrale Herausforderung.

Eine wachsende Zahl von Betrieben wird sich hingegen stärker darauf konzentrieren, Nischenmärkte zu bedienen, die sich in einer kaufkräftigen Gesellschaft immer wieder öffnen werden. Die gute Entwicklung im Ökomilchmarkt ist ein Indiz dafür. Die Vielfalt an unterschiedlichen betrieblichen und persönlichen Ausgangsvoraussetzungen aber auch Chancen wird in Bayern zu noch mehr Vielfalt an Betriebsorganisationen führen (Abb. 6). Milchviehhaltung ist und bleibt ein Betriebszweig mit einem hohen Kapital-, Arbeits- und Managementanspruch sowie langer Amortisationsdauer. Will man Investitionen und Veränderungsprozesse anstoßen, gehören Planungssicherheit und eine hohe Motivation der Betriebsleiter zu den Grundvoraussetzungen. Die oft (zu) kritische und wenig lösungsorientierte gesellschaftliche Diskussion sowie die Vielzahl an Verschärfungen in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung verringert diese Planungssicherheit und Motivation.

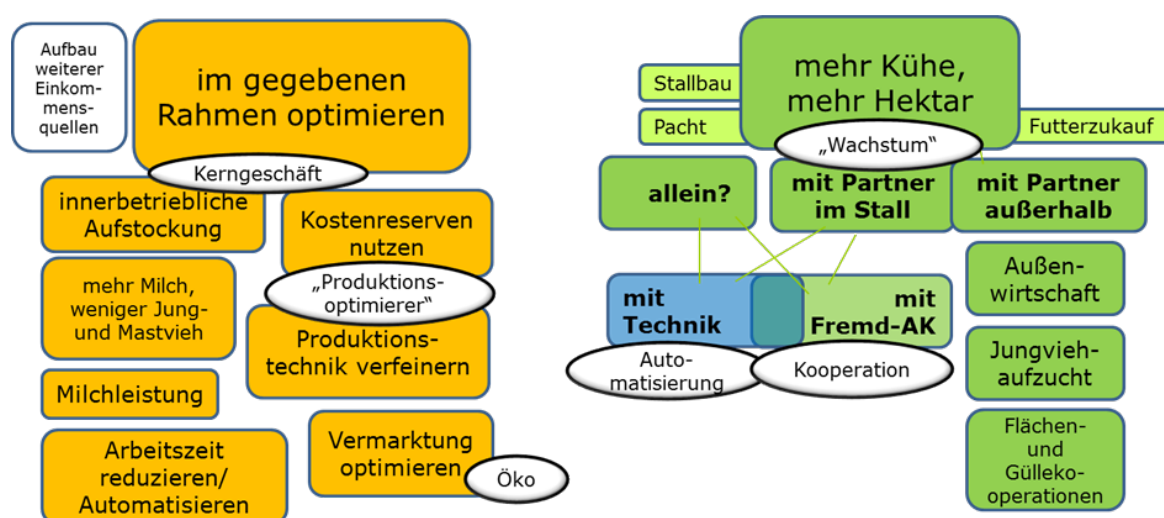


Abb. 6: Strategien der betrieblichen Entwicklung in Milchviehbetrieben

## 11 Literaturverzeichnis

BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2015): Wege zu einer gesellschaftlich akzeptierten Nutztierhaltung. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats für Agrarpolitik, Berlin.

BMJV (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ UND FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ) (2017): Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV). Download unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/awsv/BJNR090500017.html>.

BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT) (2017): Kyoto-Protokoll. Download unter <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/internationale-klimapolitik/kyoto-protokoll/>.

BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT) (2018): Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes – Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). Entwurf 7.4.18. Berlin. Download unter: [https://www.luther-lawfirm.com/fileadmin/user\\_upload/images/Blog/EPR/Referentenentwurf\\_TA\\_Luft.pdf](https://www.luther-lawfirm.com/fileadmin/user_upload/images/Blog/EPR/Referentenentwurf_TA_Luft.pdf).

BMUB (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT) (2016): Klimaschutzplan Berlin; Download unter <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>.

BUNDESREGIERUNG (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode, Berlin; Download unter [https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag\\_2018.pdf?file=1](https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf?file=1).

DORFNER, G. (2018): Rechnet sich die Umstellung? In: dlG-Mitteilungen 20/2018, S. 20ff. Frankfurt a. Main.

DORFNER, G. UND HOFMANN, G. (2018): Milchviehställe werden immer teurer. Baukostenauswertung am Institut für Agrarökonomie. München. Download unter <https://www.lfl.bayern.de/iba/tier/119982/index.php>.

EU (EUROPÄISCHE UNION) (2016): Richtlinie (EU) 2016/2284 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG, Brüssel.

GÖTZ, K.-U. (2018): Anforderungen an eine zukunftsfähige Nutztierhaltung – Leitbild, Strukturen, Integration. Vortrag auf der BRS-Fachtagung am 18.04.2018 zum Thema Die Ausrichtung der Tierhaltung 2030, Berlin.

LfL (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2018): Milchreport Bayern 2017. LfL-Information. München. Download unter <https://www.lfl.bayern.de/iba/tier/020223/index.php>.

LFL-IBA (INSTITUT FÜR BETRIEBSWIRTSCHAFT U. AGRARSTRUKTUR DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2018): - Buchführungsauswertungen E. Schmidlein/L. Wolf, München.

LFL-IEM (INSTITUT FÜR ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT UND MÄRKTE DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT) (2018): Interne Auswertungen zum bayerischen Milchmarkt, München.

STATISTISCHES BUNDESAMT (DESTATIS) (2018): Fachserie 17, Reihe 1, 07/2018. Preise - Preisindizes für die Land- und Forstwirtschaft. Wiesbaden. Download unter [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Landwirtschaftspreise/ErzeugerpreiseLandForstwirtschaft2170100181074.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Landwirtschaftspreise/ErzeugerpreiseLandForstwirtschaft2170100181074.pdf?__blob=publicationFile).

BAYSTMELF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN; HRSG.) (2017): BioRegio Bayern 2020. Eine Initiative der Bayerischen Staatsregierung. Information Nr. 08072017 München.

# **Automatische Fütterung in der Milchviehhaltung – Stand der Technik und Effekte für Tier und Mensch**

Dr. Bernhard Haidn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing

## **Zusammenfassung**

Der Technische Fortschritt ermöglicht einem Landwirt mehr Tiere zu betreuen. Automatisierung verschiedener Verfahrensprozesse ist deshalb mehr und mehr in landwirtschaftlichen Milchviehbetrieben anzutreffen. Automatische Fütterungssysteme (AFS) werden vor allem aus arbeitswirtschaftlichen Gründen (Zeit und Flexibilität) in den wachsenden Familienbetrieben Bayerns in zunehmender Zahl eingesetzt. Nach einer Erhebung mit Stand Februar 2018 werden bereits in mehr als 168 Betrieben AFS eingesetzt. Automatische Fütterungssysteme lassen sich in drei Automatisierungsstufen einteilen, von denen die Stufe II die größte Bedeutung besitzt. 138 von den 168 AFS sind dieser zuzuordnen.

Für Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von AFS werden verschiedene Aspekte betrachtet. Das Ergebnis der kalkulatorischen Berechnung des Investitionsbedarfs ergab für die Bestandsgrößen 80, 160 und 240 Milchkühe Werte im Bereich von etwa 170.000 bis 250.000 €. Diese Zahlen decken sich mit den in einer Umfrage von Landwirten angegebenen Werten. Die Kosten für Wartung und Reparaturen der bis zu 12 Jahre alten Anlagen lagen überwiegend unter 2 % des Investitionsbedarfs. Der Arbeitszeitaufwand für Reinigungsarbeiten im Zusammenhang mit der automatischen Fütterung wurde von den Landwirten mit durchschnittlich 34 AK/min/GV und Jahr mit großen Schwankungen zwischen den größeren und den mittleren Betriebsgrößen angegeben.

Der über Messungen und Modellkalkulationen bestimmte Arbeitszeitbedarf für erforderliche Arbeiten zur Fütterung mit einem AFS der Stufe II zeigt eine deutliche Degression über die Bestandsgröße sowie Abhängigkeiten von der Häufigkeit der Silageentnahme und der Bevorratung im Zwischenlager. Werte zwischen 7 und 2 AK/h pro GV und Jahr weisen auf die Möglichkeit einer effektiven Arbeitserledigung hin.

Der Elektroenergiebedarf von AFS ist ein wichtiges Kriterium bei Kosten und Umweltgerechtigkeit. Die fünfjährige Erhebung in drei Milchviehbetrieben ergab erhebliche Unterschiede. Während Milchviehbetrieb 3 (MV 3) bei Vollautomatisierung einen Elektroenergieverbrauch von 104 kWh/GV und Jahr (23 €) hatte, lag dieser im MV 2, der aber nur ein AFS der Automatisierungsstufe II einsetzte, mit 89 kWh/GV und Jahr (20 €) in einer ähnlichen Größenordnung. Dagegen betrug der Verbrauch des AFS eines anderen Herstellers im MV 1 nur 23 kWh/GV und Jahr und damit nur gut 5 €/GV und Jahr. Hierfür war vor allem die Technik sowie im geringeren Maße die Anordnung der Futterküche ausschlaggebend.

Die errechneten spezifischen Verfahrenskosten liegen bei einer Herdenleistung von 8.000 kg Milch je Kuh und Jahr zwischen 3,3 und 1,8 ct je kg Milch. Darin enthalten sind die Arbeits-, Elektroenergie-, Wartungs- und Reparaturkosten sowie die Kosten für Zinsen und Abschreibung für Bau und Technik.

Im Rahmen der Arbeiten zur Futtermittelveilagenauigkeit kann als Ergebnis festgehalten werden, dass die Anlagen der untersuchten Hersteller bei richtiger Einstellung die geforderte Mischgenauigkeit von 5 % in der untersten Fraktion (Kasten) einhalten können. Dagegen treten in der Verteilgenauigkeit große Abweichungen von der theoretischen Vorlagemenge auf. Diese betragen bis zu 50 %. Da Tiere in Gruppenhaltung den Fressplatz mehr oder weniger frei wählen können, sind die Auswirkungen einer ungleichen Futterverteilung am Fressplatz und der notwendige exakte Anpassungsbedarf aktuell noch nicht klar.

Die ausführlichen Arbeiten zu den Auswirkungen einer mehrmals täglichen Fütterung mit einem AFS konnten mit der Dissertation von Frau *Oberschätzl-Kopp* (2018) abgeschlossen werden. Aus den Ergebnissen der Arbeit kann abgeleitet werden, dass häufigere tägliche Futtermittelveilagen rangniedereren Tieren helfen, leichter und schneller an das Futter bzw. an den Fressplatz zu kommen. Die Versuche zur Vorlage des Futters über dynamische Futterzeiten ergaben insbesondere einen Anpassungsbedarf der Futterzeiten im Jahresverlauf. Darüber hinaus konnten mit Hilfe der Ortungstechnik viele Kenngrößen zur Futteraufnahme und zum Liegeverhalten von Kühen auf Einzeltier- und Herdenebene gewonnen werden.

# 1 Einleitung

## Betriebsstrukturen in Bayern

Die Zahl der bayerischen Milchviehbetriebe nahm in den letzten zehn Jahren um durchschnittlich etwa 1.800 Betriebe pro Jahr ab und lag in der Schätzung von 2017 bei 30.489 (Tab. 1). Mit einem Anteil von 46 % befindet sich nahezu jeder zweite Milchviehbetrieb in Bayern. 8.655 Betriebe hielten mehr als 50, 1.299 mehr als 100 und 95 Betriebe mehr als 200 Milchkühe. In die Klasse mit 500 oder mehr Milchkühen fielen in Bayern nur 4 Betriebe. Demgegenüber hielten die Mehrzahl der bayerischen Betriebe (21.834) weniger als 50 und 9.347 Betriebe sogar weniger als 20 Milchkühe.

Tab. 1: Struktur der Milchviehhaltung in Deutschland und Bayern (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2017)

| Betriebe<br>≥ .. Milchkühe | Deutschland     |           | Bayern        |            |
|----------------------------|-----------------|-----------|---------------|------------|
|                            | Betriebe        | Kühe      | Betriebe      | Kühe       |
| alle                       | 65.782          | 4,20 Mio. | 30.489        | 1,185 Mio. |
| ≥ 50                       | 27.626 (42,0 %) | 3,39 Mio. | 8.655 (28,4%) | 0,686 Mio. |
| ≥100                       | 10.981 (16,7 %) | 2,22 Mio. | 1.299 (4,3 %) | 0,191 Mio. |
| ≥200                       | 2.937 (4,5 %)   | 1,14 Mio. | 95 (0,3 %)    | 0,027 Mio. |
| ≥500                       | 553 (0,8 %)     | 0,41 Mio. | 4             | 4.502      |

Während die Zahl der Milchkühe insgesamt in Bayern leicht gesunken ist, nahm diese in Deutschland um etwa 130.000 zu, so dass derzeit die durchschnittliche Kuhzahl pro Betrieb in Bayern bei 38,9 und im Bund bei 63,8 liegt.

## Bedeutung der Automatisierung in Bayern

Dieser kontinuierlich stattfindende Strukturwandel ist maßgeblich das Ergebnis des technischen Fortschritts. Aufgrund der technischen Hilfsmittel kann ein Landwirt mehr Tiere betreuen und so bei vergleichsweise konstanten Preisen sein Einkommen sichern. Der technische Fortschritt äußert sich insbesondere in der Zunahme der Automatisierung. So werden Automatische Melksysteme (AMS) nach Angaben des LKV (2018) aktuell bereits in über 2.000 Betrieben eingesetzt. Parallel zur Entwicklung der AMS nahm die Zahl der Spaltenroboter zu. Etwas Zeit versetzt ist diese Entwicklung bei den Automatischen Fütterungssystemen und auch bei der Automatisierung des Einstreuens zu beobachten.

## 2 Übersicht über Automatische Fütterungssysteme (AFS) für Rinder

Die Ausbaustufe eines AFS kann von der automatisierten Futtervorlage bis zur vollautomatisierten Fütterung reichen. Im Wesentlichen lassen sich drei Automatisierungsstufen unterscheiden.

**Stufe I:** Mischen – Verteilen – (Nachschieben)

**Stufe II:** Mischer Befüllen – Mischen – Verteilen – (Nachschieben)

**Stufe III:** Entnahme und Transport – Mischer Befüllen – Mischen – Verteilen – (Nachschieben)

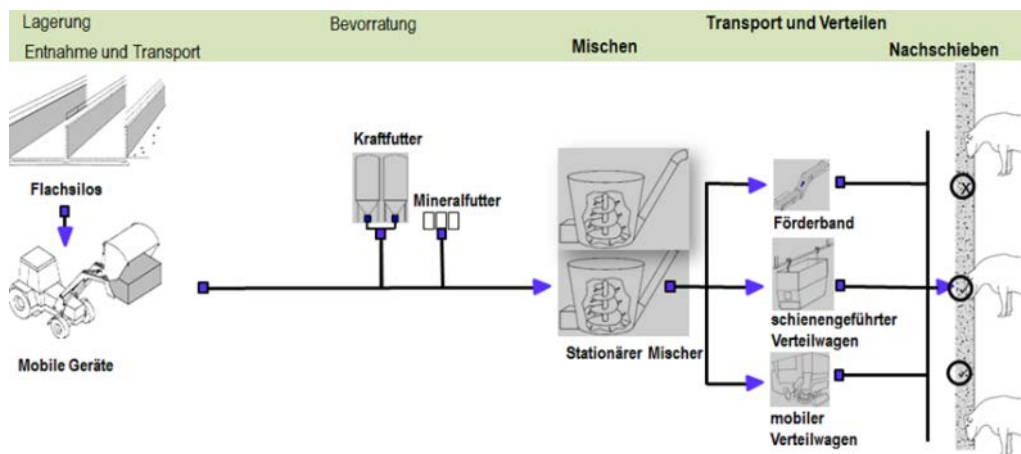
Eine schematische Darstellung der drei Automatisierungsstufen ist in Abb. 2 und die Vor- und Nachteile in Tab. 2 zu finden.

Tab. 2: Vor- und Nachteile der verschiedenen Automatisierungsstufen

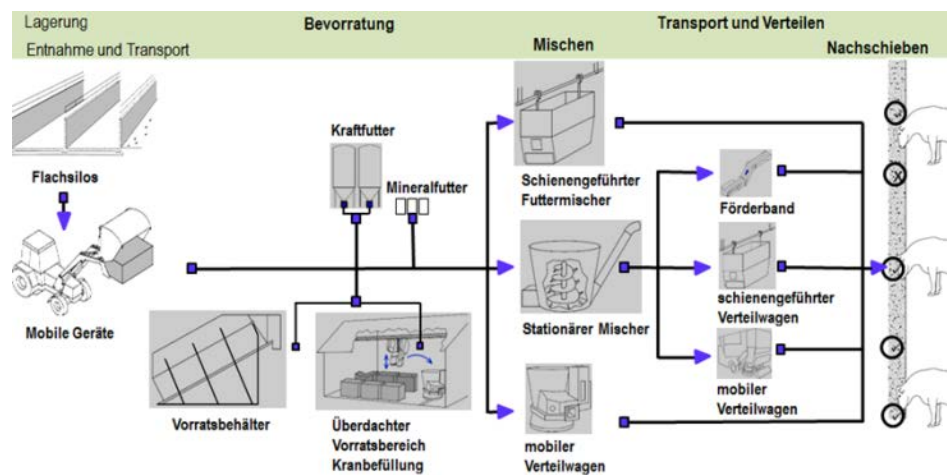
|           | Stufe I                                                                                                                                                                                                                                                     | Stufe II                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Stufe III                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vorteile  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatisiertes mehrmals tägliches Füttern einer Leistungsgruppe</li> <li>• Geringere zeitliche Bindung für das Füttern als bei Standardmechanisierung</li> <li>• Kein Zwischenlager → Kosteneinsparung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatisiertes mehrmals tägliches Füttern aller Leistungsgruppen</li> <li>• Keine zeitliche Bindung für das Füttern</li> <li>• Jeweils frische Mischung mit Einzelkomponenten aus Zwischenlagern</li> <li>• Geringerer Energieverbrauch als bei mobiler oder vollautomatischer Fütterung ?</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollautomatisiertes mehrmals tägliches Füttern aller Leistungsgruppen</li> <li>• Keine zeitliche Bindung für Futterbereitstellung und Füttern</li> <li>• Jeweils frische Mischung direkt aus Silos (kein Zwischenlager)</li> <li>• Gute Futterqualität</li> </ul> |
| Nachteile | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine automatische Erstellung der Futtermischung</li> <li>• Zeitliche Bindung für Mischungserstellung</li> <li>• Futtermischung verbleibt längere Zeit im Mischer → Futterverderb?</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischenlager → Hohe Kosten, Futterverderb</li> <li>• Keine Vollautomatisierung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Investitionsbedarf für Hoch-/Tiefsilos</li> <li>• Hoher Elektroenergieverbrauch (Entnahme-fräsen, Saug- Druckgebläse) ?</li> <li>• Geringe Kapazitäten bei der Futtereinlagerung</li> </ul>                                                                 |

In Abwägung der Vor- und Nachteile haben sich in den letzten Jahren die meisten Landwirte (138 von 168 Betrieben) für Automatisierungsstufe 2 entschieden. Diese Stufe bietet die höchste Flexibilität bei noch vertretbaren Kosten.

## Automatisierungsstufe I: automatisches Vorlegen



## Automatisierungsstufe II: automatisches Mischen und Vorlegen



## Automatisierungsstufe III: Automatische Entnahme, Mischen und Vorlegen

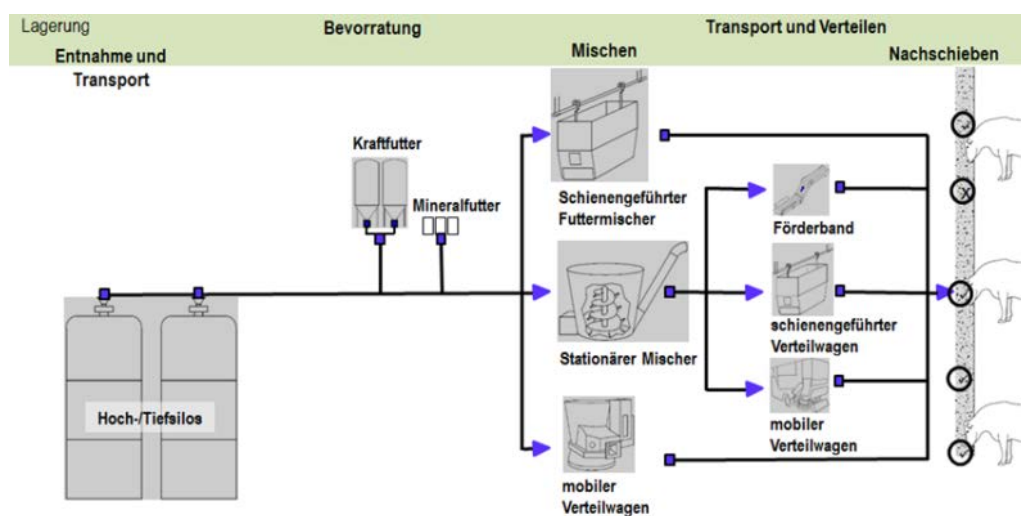


Abb. 1: Stufen der Fütterungsautomatisierung

Wünschenswert wäre die Fütterung mit einem autonom fahrenden Futtermischwagen. Seit über 10 Jahren befinden sich Geräte bei verschiedenen Herstellern in der Entwicklung. Befüllstationen sind bei mehreren Silos meist zu unflexibel und zu teuer. Ein kombiniertes Gerät für Entnahme, Transport und Vorlage muss bei freier Hoffahrt höchsten Sicherheitsanforderungen genügen. All diese Aspekte haben dazu geführt, dass derzeit in Deutschland noch kein autonom fahrendes Gerät mit den drei genannten Funktionen am Markt ist.

### 3 Stand der Automatischen Fütterungssysteme in Bayern

Nach aktuellen Angaben der teilnehmenden Hersteller (Feb. 2018) füttern 168 bayerische Betriebe mit einem AFS. Allerdings wurden bisher noch nicht alle Zahlen von allen Herstellern übermittelt (Abb. 1). So kann davon ausgegangen werden, dass die Zahl der AFS in Bayern noch höher ist. Insgesamt stieg die Zahl der AFS in den letzten fünf Jahren stark an. So hat sich die Anzahl von 50 AFS im Jahr 2012 auf 168 AFS im Februar 2018 mehr als verdreifacht und ist somit vergleichbar mit der Entwicklung von Automatischen Melksystemen in deren Anfangszeit (2003 bis 2008). An den Zahlen ist sehr gut zu erkennen, dass aufgrund des niedrigen Preises für konventionell erzeugte Milch 2015 und 2016 deutlich weniger AFS-Anlagen im Jahr 2016 installiert wurden. Die Auswirkungen der wirtschaftlichen Entwicklung äußern sich erst mit Verzögerung.

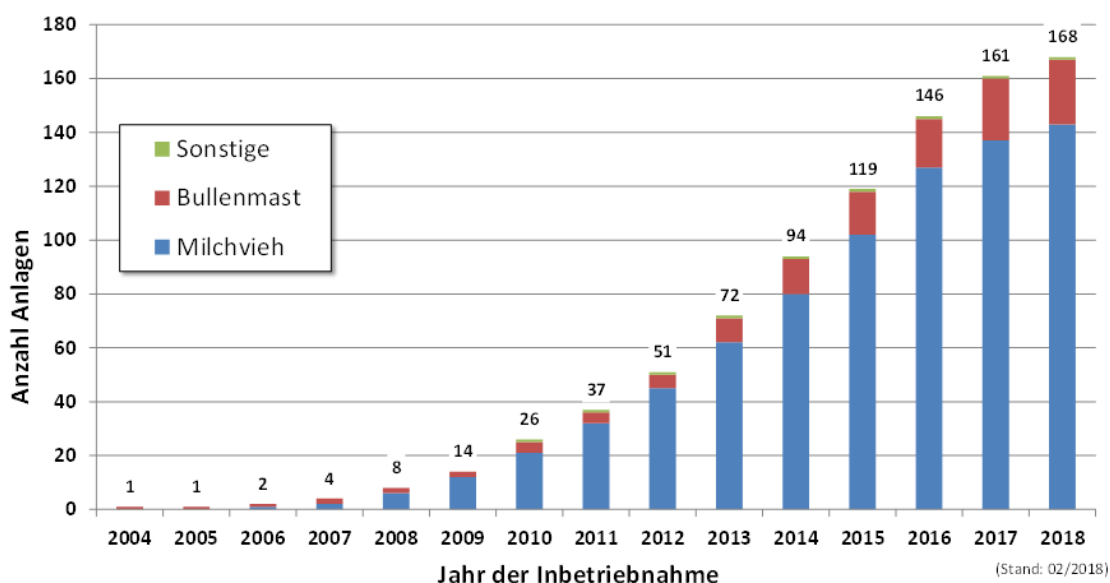


Abb. 2: Entwicklung der Zahl der Betriebe mit einem Automatischen Fütterungssystem

Die Auswertung der AFS-Anlagen nach Produktionszweig ergab, dass 143 Anlagen in Milchviehbetrieben, 24 in Bullenmast-/Fresserbetrieben und 1 in einem Ziegenbetrieb zu finden sind. Von den Milchviehbetrieben ist von 119 bekannt, dass sie eine durchschnittliche Kuhzahl von 87 haben und dass 87 von den 143 (57 %) ebenfalls ein Automatisches Melksystem (AMS) besitzen. Ferner ist in 29 Betrieben Automatisierungsstufe I, in 138 Betrieben Stufe II und in einem Betrieb Stufe III realisiert (Abb. 1). Das durchschnittliche Alter der Anlagen betrug 4,4 Jahre. Die meisten Anlagen wurden im Zeitraum 2011 bis 2015 installiert, d.h. sie sind aktuell 3 bis 7 Jahre alt.

## 4 Aspekte der Wirtschaftlichkeit

Automatischen Fütterungssystemen wird nachgesagt, dass sie in der Anschaffung sehr teuer sind. Für eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit müssen aber neben dem Investitionsbedarf auch der Reparatur- und Wartungsbedarf sowie der eingesparte Arbeitszeit- und Energiebedarf betrachtet werden.

### 4.1 Investitionsbedarf

Die modellmäßige Berechnung des Investitionsbedarfs von AFS-Anlagen der Automatisierungsstufe II in Abhängigkeit von der Kuhzahl bzw. GV Zahl ergab mit den im Jahr 2016 aktualisierten Herstellerpreisen einen durchschnittlichen Investitionsbedarf von 172.200 € bei 80 Kühen. Bei Verdopplung der Kuhzahl nimmt der Wert um etwa 50.000 € zu. Eine weitere Erhöhung um 80 Kühe führt zu weiteren Mehrkosten von etwa 30.000 € (Abb. 3). Insgesamt ist damit für den Bestand von 240 Milchkühen mit Nachzucht im Durchschnitt der Hersteller mit einer Investition von etwa 250.000 € zu rechnen.

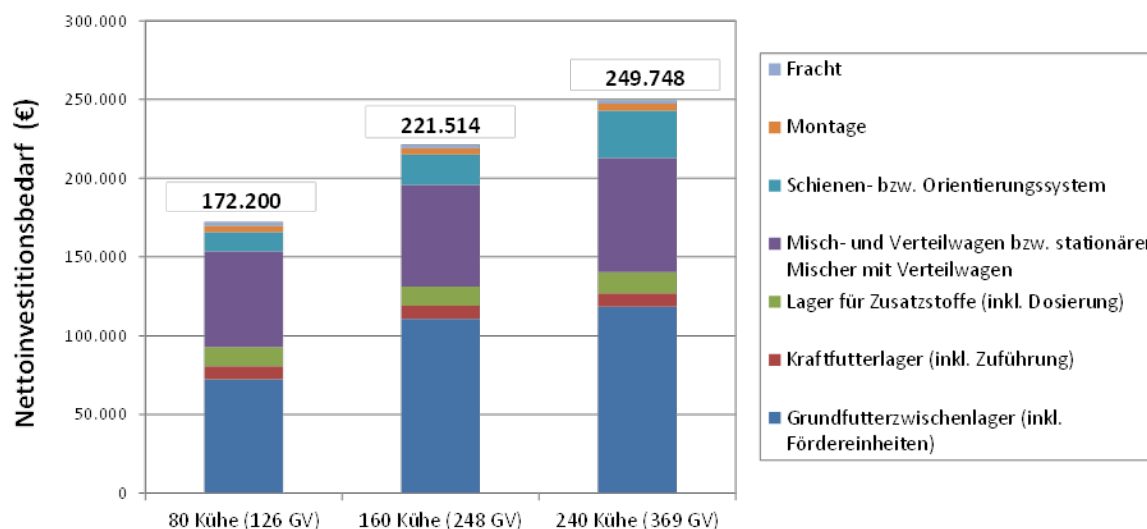


Abb. 3: Durchschnittlicher Investitionsbedarf für AFS-Anlagen in Abhängigkeit von der Herdengröße (Preisstand: 2016)

Der größte Anteil des Investitionsbedarfs entfällt auf das Grundfutterzwischenlager. Misch- und Verteilwagen bzw. stationärer Mischer mit Verteilwagen nehmen etwa ein weiteres Drittel ein.

Werden diese Kalkulationsergebnisse mit den getätigten Investitionen, die in einer Befragung in 22 Milchviehbetrieben mit AFS der Automatisierungsstufe II durchgeführt wurde, verglichen, so ist festzustellen, dass beide in einer ähnlichen Größenordnung liegen. Es ist jeweils eine Tendenz zu höheren Investitionen im Verlauf der Jahre zu erkennen (Abb. 4).

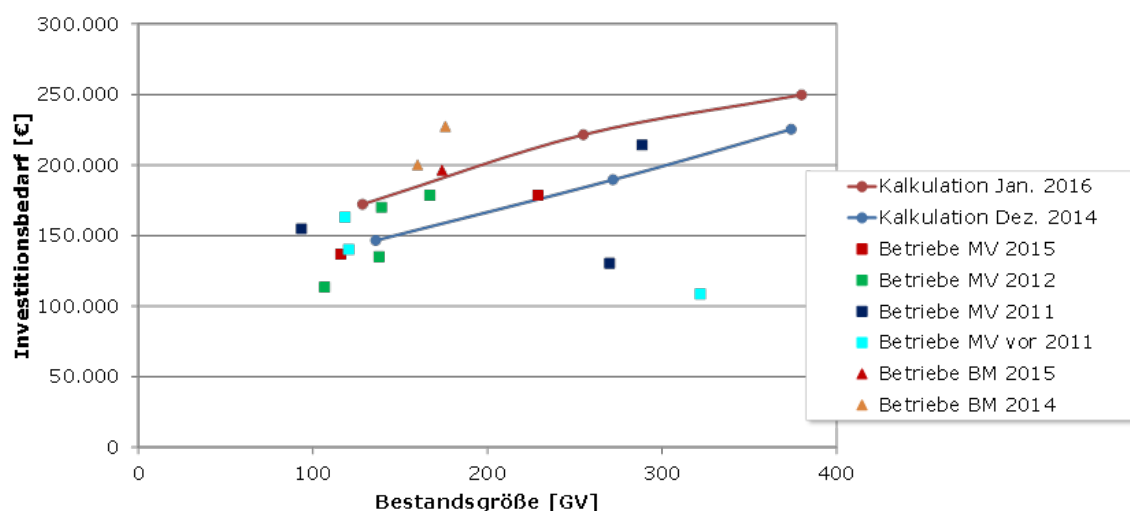


Abb. 4: Vergleich der Investitionen ermittelt über Kalkulation und Betriebsleiterbefragung

## 4.2 Reinigung, Reparaturen und Wartung

### Arbeitszeitaufwand

Nach Angaben der 22 Landwirte in der 2016 durchgeführten Befragung wird regelmäßig (im Durchschnitt fünfmal / Woche) der Futtertisch gereinigt und die Futterreste entfernt. Hierfür wurden im Mittel 14 APmin/GV/Jahr als Arbeitszeitaufwand angegeben. Die Futterhalle wird dabei durchschnittlich dreimal wöchentlich gefegt und von Futterresten gereinigt. Hierfür wurden im Mittel 12 APmin/GV/Jahr angegeben. Insgesamt benötigten die Betriebe für alle Reinigungsarbeiten (inklusive selten durchgeführter oder nicht benötigter Nassreinigung) 34 APmin/GV/Jahr. Bei der angegebenen Häufigkeit der Reinigungsarbeiten und bei dem dafür notwendigen Arbeitszeitaufwand ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Milchviehbetrieben. Die mittelgroßen Milchviehbetriebe (41 - 120 Kühe, 80 - 140 GV) reinigten häufiger und benötigten mit 45 APmin/GV/Jahr deutlich mehr Zeit als die großen Milchviehbetriebe (121 - 200 Kühe, 229 - 322 GV) mit 10 APmin/GV/Jahr. Der von den Landwirten angegebene Arbeitszeitaufwand für die durchgeführten Wartungsarbeiten liegt bei den Milchviehbetrieben bei  $10,1 \pm 8,6$  APmin/GV/Jahr. Absolut gesehen betrug der Arbeitszeitaufwand für Wartungsarbeiten im Mittel  $18,3 \pm 13,0$  APh/Jahr (Tab. 3).

### Kosten für Wartung und Reparaturen

Auch bei der Auswertung der Wartungs- und Reparaturkosten zeigte sich, dass große Unterschiede zwischen den Betrieben vorhanden sind. So schwankten die Angaben insgesamt zwischen 0,35 % und 3,57 % des Investitionsbedarfs der AFS. Im Mittel betrugen sie  $1,39 \pm 1,09$  %. Bei einer Unterteilung in verschiedene Altersstufen der Anlagen zeigt sich, dass in den ersten beiden Betriebsjahren kaum Reparaturkosten angefallen sind und somit der jährliche Anteil für Wartung und Reparatur durchschnittlich nur bei 0,26 % des Investitionsbedarfs lag. Dies kam vor allem daher, dass in den ersten beiden Jahren noch Garantieansprüche bestanden. Bei den 3 - 4 Jahre alten Anlagen stieg der Anteil sprunghaft auf 1,65 % an, um dann bei den 5 - 6 jährigen Anlagen wieder auf 1,15 % etwas abzufallen.

Auch die Anlagen mit 7 Jahren und älter waren mit Reparaturkosten von 1,42 % auf einem ähnlichen Niveau (Abb. 5).

Tab. 3: Arbeitszeitaufwand für durchgeführte Wartungsarbeiten

| Betriebszweig/Firma    | Anzahl Betriebe | GV            | Arbeitszeitaufwand/Jahr [h] | Arbeitszeitaufwand/GV und Jahr [min] |
|------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| GEA/Mullerup           | 3               | 178           | 9,1                         | 3,9                                  |
| Hetwin/Lemmer Fullwood | 4               | 116           | 24,9                        | 13,2                                 |
| Lely                   | 1               | 229           | 0,0                         | 0,0                                  |
| Pellon                 | 2               | 99            | 24,4                        | 17,1                                 |
| Schauer                | 1               | 116           | 33,0                        | 17,1                                 |
| Wasserbauer            | 2               | 116           | 5,3                         | 2,8                                  |
| <b>Mittelwert ± SD</b> | <b>12</b>       | <b>129±46</b> | <b>18,3±13,0</b>            | <b>10,1±8,6</b>                      |

Durchgeführte Wartungsarbeiten sind z.B. Abschmieren der Anlagenbestandteile, Ketten und/oder Förderbänder spannen und/oder kürzen, Messer schleifen oder erneuern

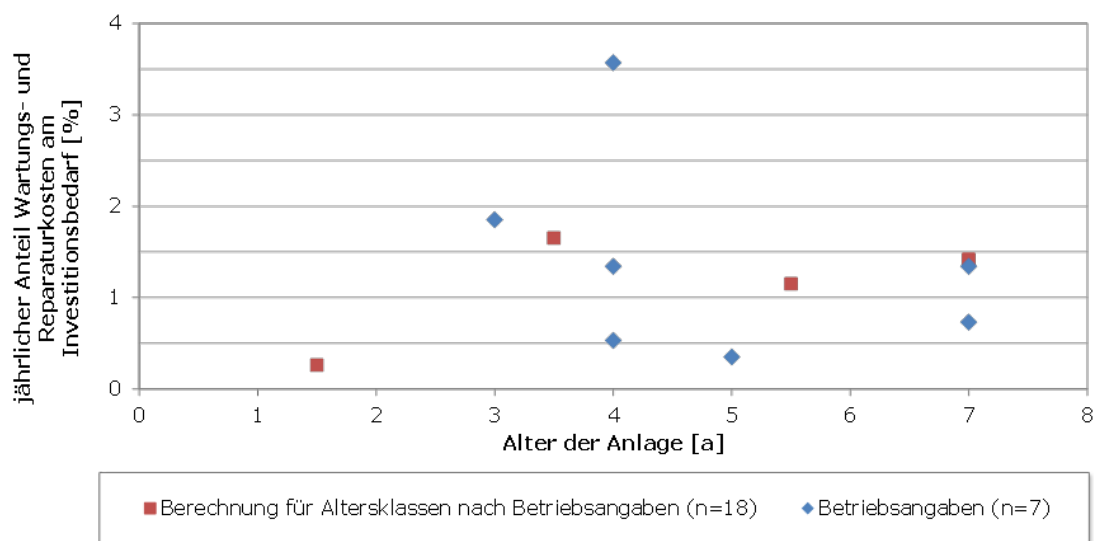


Abb. 5: Anteil der Wartungs- und Reparaturkosten am Investitionsbedarf nach Betriebsangaben und berechnet für alle Betriebe mit ergänzten Durchschnittswerten

Die Angaben zur Störungsanfälligkeit, ohne selbstverschuldete Störungen, sind sehr uneinheitlich. So gaben sieben Landwirte an, dass bei ihnen mindestens einmal wöchentlich eine Störung auftrat. Weitere vier Landwirte sagten, dass es bei ihnen ein- oder mehrmals pro Monat zu einer Störung kam. Weitere sechs Landwirte sprechen von einer oder mehreren Störungen pro Jahr. Die restlichen fünf Betriebsleiter gaben eine sehr gute Zuverlässigkeit ihres Geräts an. Auf diesen Betrieben kam es seltener als einmal pro Jahr zu einer Störung der Anlage.

### 4.3 Arbeitszeit

Ausgehend von den Erhebungen von SIEFER (2012) kalkulierte MAČUHOVÁ (2013) den Einfluss der Befüllhäufigkeit der Vorratsbehälter (einmal täglich und jeden zweiten Tag) auf den Arbeitszeitbedarf für das Füttern mit einem automatischen Fütterungssystem der Automatisierungsstufe II in Abhängigkeit verschiedener Herdengrößen und Fütterungsvarianten. Werden die Vorratsbehälter nur jeden zweiten Tag befüllt, kann der Arbeitszeitbedarf etwa um ein Drittel reduziert werden. Jedoch ist die Häufigkeit der Silageentnahme der gegenwärtigen Qualität der Silagen und den Außentemperaturen anzupassen, um die Verfütterung von Komponenten guter Qualität zu gewährleisten. Die Kalkulationen von MAČUHOVÁ (2013) ergaben, dass ein Degressionseffekt des Arbeitszeitbedarfs für das Füttern mit einem AFS bei steigender Herdengröße erreicht werden kann (Abb. 6). Je nach Entnahmetechnik und Herdengröße ist mit einem Arbeitszeitbedarf von 2 bis 7,5 AKh/Kuh/Jahr zu rechnen. Mit der vollautomatisierten Fütterungsvariante (Stufe III) lässt sich erwartungsgemäß mit 0,5 bis 0,8 AKh/Kuh/Jahr (Wartung, Reparaturarbeiten sowie Regelung und Steuerung nicht berücksichtigt) gegenüber den Varianten mit Vorratsbehältern der geringste Arbeitszeitbedarf erzielen.

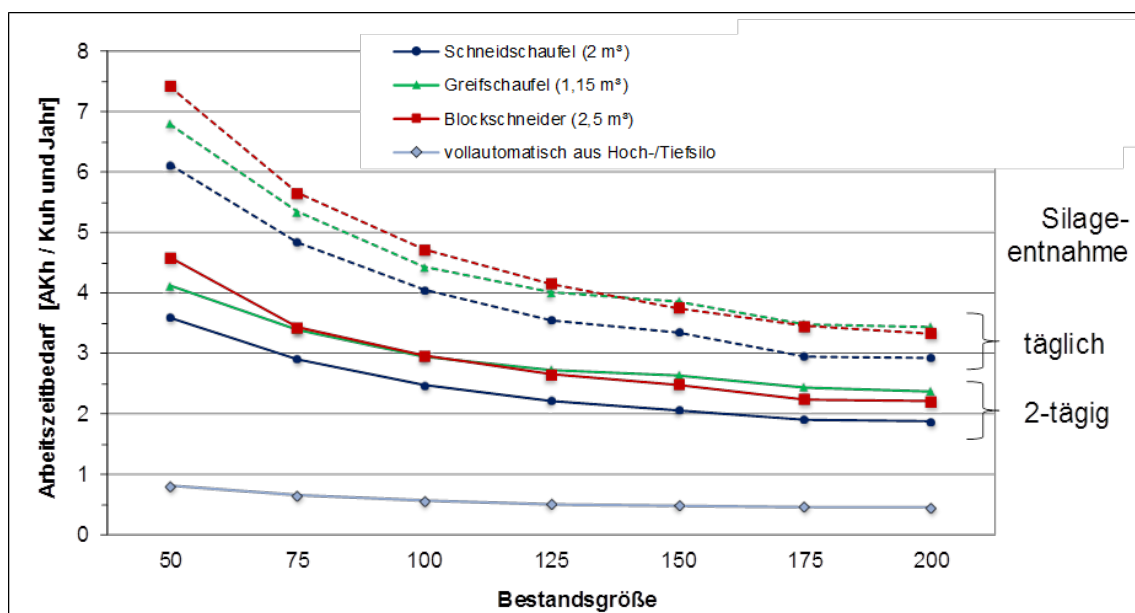


Abb. 6: Arbeitszeitbedarf für das Füttern in Abhängigkeit der Technik und Häufigkeit für das Befüllen der Vorratsbehälter sowie der Bestandsgröße bei automatischem Futternachschieben (MAČUHOVÁ, 2013)

### 4.4 Energieverbrauch

Im landwirtschaftlichen Betrieb werden für die Arbeiten zur Futtermittelvorlage meist Schlepper eingesetzt und damit fossile Energieträger verbrannt. Durch den Einsatz elektrischer Antriebe in AFS lässt sich die Klimabilanz verbessern, insbesondere dann, wenn der Strom aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt wird.

Seit 2013 werden in drei Milchviehbetrieben Energieverbrauchsmessungen durchgeführt. Wesentliche Kennzahlen der Betriebe sind in Tab. 4 zusammengefasst. Ausgehend von diesen Zahlen haben sich die gefütterten Tier- bzw. GV Zahlen der Milchviehbetriebe 1 und 2 im Untersuchungszeitraum nahezu verdoppelt und im MV 3 um ca. 10 % erhöht.

Tab. 4: *Kenndaten zur Fütterung der Betriebe mit kontinuierlicher Energieverbrauchs-messung*

| Messbetrieb                                        | MV 1                                                                                                                                                                                                        | MV 2                                                                                                                                                                                       | MV 3                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fütterungssystem</b>                            | <b>MixFeeder GEA/Mullerup</b><br>Schienengeführter Misch- und Verteilwagen                                                                                                                                  | <b>T40 Trioliet</b><br>Schienengeführter Misch- und Verteilwagen                                                                                                                           | <b>Pellon</b><br>Stationärer Mischer mit Bandverteilung                                                                                                                       |
| <b>Futtermittel und Lagerung</b>                   | Grassilage (gehäckselt): lose in Bunker<br>Maissilage (gehäckselt): lose in Bunker<br>Heu: Ballen in Bunker<br>Stroh (gehäckselt): Ballen in Bunker<br>Kraft- und Mineralfutter: in Hochsilos und Dosierern | Grassilage: Blöcke in Bunker<br>Maissilage (gehäckselt): Blöcke in Bunker<br>Heu: Ballen in Bunker<br>Stroh: Ballen in Bunker<br>CCM, Kraft- und Mineralfutter: in Hochsilos und Dosierern | Grassilage (gehäckselt): in Tiefsilos<br>Maissilage(gehäckselt): in Tiefsilos<br>Stroh (gehäckselt): Ballen in Bunker<br>Kraft- und Mineralfutter: in Hochsilos und Dosierern |
| <b>Befüllen der Bunker</b>                         | Schlepper und Greifschaukel                                                                                                                                                                                 | Schlepper und Blockschneider                                                                                                                                                               | Stroh: Kran                                                                                                                                                                   |
| <b>Gefütterte Gruppen und Fütterungsfrequenzen</b> | HL    NL    TS    JV<br>6       6       3       1                                                                                                                                                           | HL    NL    TS    Transit<br>6       6       3       5                                                                                                                                     | HL    NL    TS    JV<br>7       7       3       3                                                                                                                             |
| <b>Gefütterte Tiere/GV</b>                         | 95 bis 150 Kühe + JV<br>(120 - 200 GV)                                                                                                                                                                      | 135 Kühe bis 155 Kühe + JV<br>(140 – 240 GV)                                                                                                                                               | 150 Kühe + JV<br>(230 GV)                                                                                                                                                     |

HL=Hochleistungsgruppe; NL=Niederleistungsgruppe; TS=Trockensteher; JV=Jungvieh; MA=Mastabschnitt

Aufgrund dieser Entwicklung der Tierhaltung der Betriebe in den fünf Jahren der Erhebung, wurde die Auswertung der Daten in zwei Abschnitte gegliedert. In Tab. 5 sind die Ergebnisse im Überblick zusammengefasst.

Tab. 5: *Elektroenergieverbrauch der untersuchten Betriebe im Überblick*

| Be-<br>trieb | Zeitraum                | Kuhzahl | GV-Zahl | Energiever-<br>brauch/ GV/Jahr<br>(kWh) | Energiekosten/<br>GV/Jahr <sup>1)</sup> (Euro) |
|--------------|-------------------------|---------|---------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| MV 1         | 01.06.2013 – 31.12.2015 | 95      | 120     | 30,7                                    | 6,75                                           |
|              | 01.01.2016 – 29.07.2018 | 140     | 200     | 23,6                                    | 5,18                                           |
| MV 2         | 01.06.2013 – 31.12.2014 | 140     | 140     | 103,2                                   | 22,70                                          |
|              | 23.08.2017 – 29.07.2018 | 155     | 240     | 89,1                                    | 19,59                                          |
| MV 3         | 11.10.2013 – 31.12.2015 | 150     | 230     | 87,4                                    | 19,19                                          |
|              | 01.01.2016 – 31.07.2018 | 160     | 250     | 104,0                                   | 22,88                                          |

<sup>1)</sup> Annahme: 0,22 Euro/kWh (netto)

### Milchviehbetrieb 1 (MV 1)

Die Tier- und Kuhzahl des im 2013 in Betrieb gegangenen Milchviehbetriebs 1 (MV 1) erhöhte sich in dieser Zeit von etwa 80 auf 140 Kühe mit Nachzucht bedeutend. Deshalb nahm seither auch der tägliche Stromverbrauch von etwa 8 auf 13 kWh/Tag zu. Im Tagesverlauf ergaben sich Stromverbrauchsspitzen zu den Hauptfuttervorlagezeiten um 0:00-2:00, 4:00-5:00, 9:00-10:00, 13:00-14:00, 18:00-19:00 und 21:00-22:00 Uhr (Abb. 7). Durch die Zunahme der gefütterten Tierzahl ist der Stromverbrauch vor allem in diesen Tages- und Nachtzeiten deutlich angestiegen. Der stündliche Stromverbrauch lag in den Hauptfutterzeiten mit 0,7-0,9 kWh etwa beim doppelten bis dreifachen Wert der übrigen Stundenwerte.

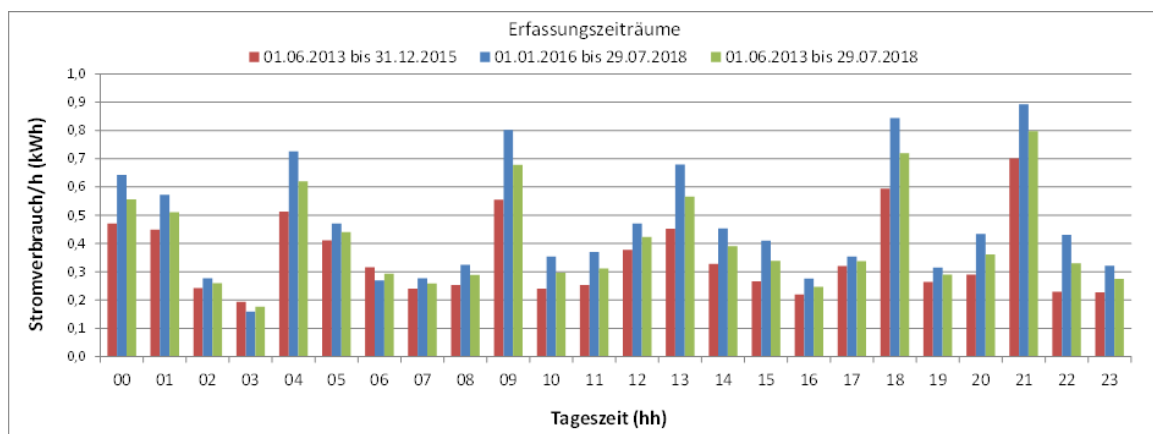


Abb. 7: Stromverbrauch im Tagesverlauf am Milchviehbetrieb 1 (MV 1)

Insgesamt wurden im Zeitraum vom 01.06.2013 bis 31.12.2015 9.510 kWh für das AFS verbraucht (Tab. 6). Davon entfielen mit knapp 63 % der weitaus größte Teil auf die Misch- und Verteileinheit. Der Transport der Futterkomponenten aus den Gras-, Heu- und Maisbunkern benötigte 3.050 kWh oder etwa 32 %. Die restlichen 5 % des Elektroenergieverbrauchs wurden von der Mineral-, Kraftfutter- und Grundfutterzuführung beansprucht. Im Wesentlichen änderte sich an diesem Verhältnis auch im Zeitraum 01.01.2016 bis 29.07.2018 wenig. Der Stromverbrauch für die Misch- und Verteileinrichtung stieg auf 69 % an und der für die Bunker sank entsprechend auf 25 % ab.

Tab. 6: Verteilung des Stromverbrauchs auf die Hauptverbrauchergruppen am Milchviehbetrieb 1 (MV 1)

| Verbrauchergruppe              | Elektroenergieverbrauch |              |                         |              |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------|
|                                | 01.06.2013 – 31.12.2015 |              | 01.01.2016 – 29.07.2018 |              |
|                                | kWh                     | %            | kWh                     | %            |
| Mineral-/Kraft-Futterzuführung | 197,2                   | 2,1          | 278,5                   | 2,3          |
| Bunker Gras/Heu/Mais           | 3.050,9                 | 32,0         | 3.076,6                 | 25,4         |
| Grundfutter-Zuführung          | 294,0                   | 3,1          | 311,2                   | 2,6          |
| Misch-/Verteileinrichtung      | 5.968,5                 | 62,8         | 8.466,7                 | 69,7         |
| <b>Summe</b>                   | <b>9.510,6</b>          | <b>100,0</b> | <b>12.133,0</b>         | <b>100,0</b> |

### Milchviehbetrieb 3 (MV 3)

Milchviehbetrieb 3 unterscheidet sich von den ersten beiden durch die vollständige Automatisierung des Fütterungsprozesses vom Silo bis zum Trog (Automatisierungsstufe III). Der tägliche Stromverbrauch liegt gegenüber MV 1 um etwa den Faktor 5 höher und stieg im Untersuchungszeitraum von etwa 42 kWh/Tag auf über 66 kWh/Tag deutlich an. Insbesondere ist ab Mitte 2016 die Streuung größer. Ab diesem Zeitpunkt wurden zusätzliche Tiefsilos in Betrieb genommen und die Silage aus diesen mit Obenentnahmefräsen entnommen und direkt in den Futtermischer transportiert. Eine weitere Ursache des höheren Energieverbrauchs liegt in der leichten Bestandsvergrößerung.

Der Stromverbrauch im Tagesverlauf zeigt, dass dieser im Zeitraum 22:00 bis 6:00 Uhr nur sehr gering war. Dies weist darauf hin, dass in diesem Zeitraum keine Erstellung von Futtermischungen und Fütterungen erfolgt (Abb. 8). Trotz mehr Verbrauch im zweiten

Auswertungsabschnitt war eine Fütterung in den Nachtstunden nicht erforderlich. Für Tier und Mensch (Nachbarn) konnte somit die Nachtruhe eingehalten werden, da die laufenden Förderbänder des AFS mehr Lärm verursachen als der schienengeführte Futtermisch- und -verteilwagen in MV 1 und 2.

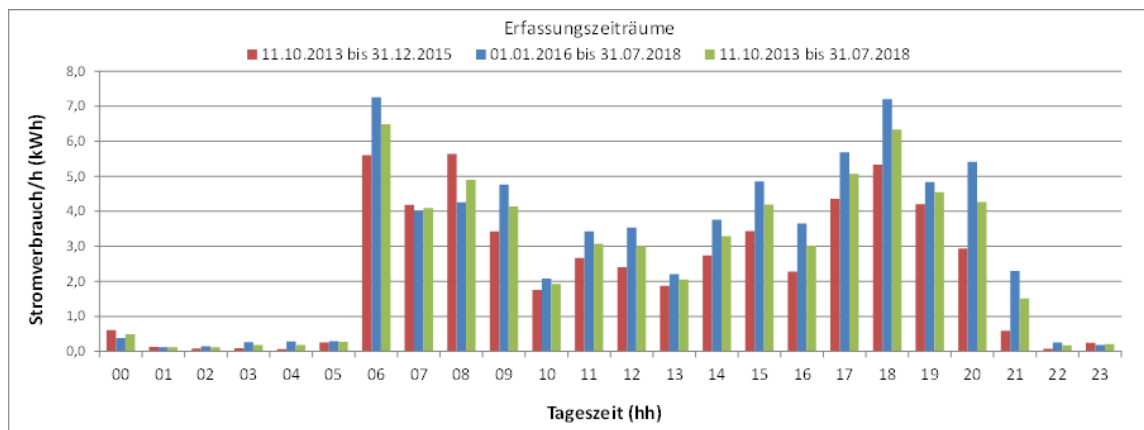


Abb. 8: Stromverbrauch im Tagesverlauf am Milchviehbetrieb 3 (MV 3)

Die Aufteilung des Stromverbrauchs nach den Hauptverbrauchsgruppen zeigt, dass sich das Verhältnis des Energieverbrauchs von Futterzuführung zum Mischer und der Misch- und Verteileinrichtung im Vergleich zu Betrieb 1 und 2 nahezu umkehrt (Tab. 7). Über 60 % entfallen auf Silofräsen und Futterzuführung, während Mischen und Verteilen nur etwa 32 % des Energieverbrauchs einnehmen. Dieses Verhältnis ist für beide Auswertungsperioden nahezu gleich. Außerdem können 6,9 % bzw. 9,2 % des Energieverbrauchs für die Fütterung, die sich aus der Differenz der Messung von Einzelverbraucher und eines Zählers der gesamten Fütterungsanlage ergeben, nicht näher erklärt werden.

### Einordnung der Ergebnisse

Es war zu erwarten, dass MV 3 mit der vollständigen Automatisierung der Futterkette den höchsten Elektroenergieaufwand besitzt. Dieser lag zuletzt bei etwa 104 kWh/GV und Jahr. Nur etwa 15 kWh/GV und Jahr niedriger liegt der Elektroenergieverbrauch im Betrieb 2 mit 89 kWh/GV und Jahr. Dies ist maßgeblich auf die energieaufwendige Technik beim Auflösen der im Zwischenlager bereitgestellten Silageballen durch das Abfräsen sowie auf die Anordnung der externen etwas höher liegenden Futterzentrale zurückzuführen. Letzteres erfordert im Misch- und Verteilwagen einen zweiten Antrieb, um die Steigung zu überwinden. Außerdem sind die zurückgelegten Strecken zum Füttern der einzelnen Tiergruppen deutlich länger.

Tab. 7: Verteilung des Stromverbrauchs nach Hauptverbrauchergruppen am Milchviehbetrieb 3 (MV 3)

| Verbrauchergruppe                                  | Stromverbrauch          |       |                         |       |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-------|-------------------------|-------|
|                                                    | 11.10.2013 – 31.12.2015 |       | 01.01.2016 – 31.07.2018 |       |
|                                                    | kWh                     | %     | kWh                     | %     |
| Mineral-/Kraft-Futterbehälter                      | 311,6                   | 0,7   | 443,6                   | 0,7   |
| Silofräsen Gras/Mais                               | 24.010,1                | 53,8  | 34.952,8                | 52,1  |
| Grundfutter-Zuführung                              | 3.127,1                 | 7,0   | 4.686,9                 | 7,0   |
| Misch-/Verteileinrichtung                          | 14.127,5                | 31,6  | 20.774,6                | 31,0  |
| Differenz Zähler Einzelverbraucher zu Gesamtzähler | 3.066,5                 | 6,9   | 6.162,1                 | 9,2   |
| Summe                                              | 44.642,8                | 100,0 | 67.020,1                | 100,0 |

Werden für die vier Betriebe die Energiekosten berechnet und zusätzlich die kalkulatorisch berechneten Treibstoffkosten hinzugezählt, so ergibt sich das in Abb. 12 dargestellte Bild. Mit knapp 22 €/GV und Jahr liegen MV 2 und 3 bei den Stromkosten gleichauf. Zusätzlich fallen allerdings im MV 2 noch Dieselskosten von ca. 15 €/GV und Jahr für den Futtertransport mit dem Blockschneider vom Silo zu den Vorratsbehältern an. MV 1 und MV 3 liegen mit Gesamtenergiekosten für das Füttern auf einem Niveau von 21 €/GV und Jahr etwa gleich auf.

Eine Einordnung der AFS im Vergleich zum Futtermischwagen (FMW) ist anhand der benötigten Schlepperstunden (Sh) pro Jahr und der Annahme eines Durchschnittsverbrauchs von 10 l/Sh möglich. Im Durchschnitt ist bei Fütterung mit einem Futtermischwagen mit 4-6 Sh/GV und Jahr zu rechnen. Damit liegen die Energiekosten deutlich höher als bei AFS. Nur bei sehr günstigen Verhältnissen kann das Niveau der AFS erreicht werden (Abb. 9).

#### 4.5 Spezifische Verfahrenskosten

Die spezifischen Verfahrenskosten ergeben sich aus dem Kostenansatz für die Arbeit, die erforderliche Energie, die Abschreibung für die Investition in Bau und Technik, dem Zinsansatz sowie den Wartungs- und Reparaturkosten. Werden der oben dargestellte Investitionsbedarf sowie die gezeigten Werte für Arbeit, Energie, Wartung und Reparaturen, Zinsansatz und Abschreibung bei einem Herdenleistungsniveau von 8.000 kg ECM /Kuh und Jahr unterstellt, so liegen die durchschnittlichen spezifischen Verfahrenskosten in Abhängigkeit von der Bestandsgröße bei etwa 3,3 bis 1,8 ct/kg erzeugter Milch. Dabei entfällt mit über zwei Drittel der größte Teil auf die Abschreibung sowie auf die Arbeit. Die Energie-, Wartungs- und Reparaturkosten sowie die Zinskosten betragen ein knappes Drittel (Abb. 10).

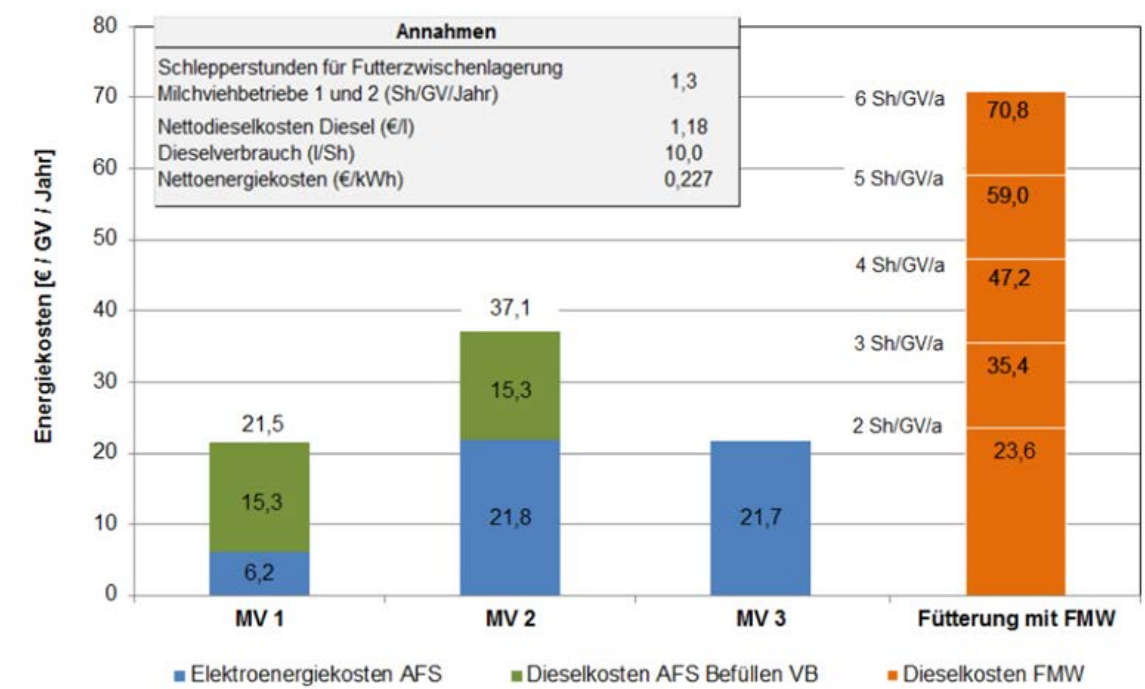


Abb. 9: Gesamtenergiekosten für die Futtervorlage der untersuchten Betriebe

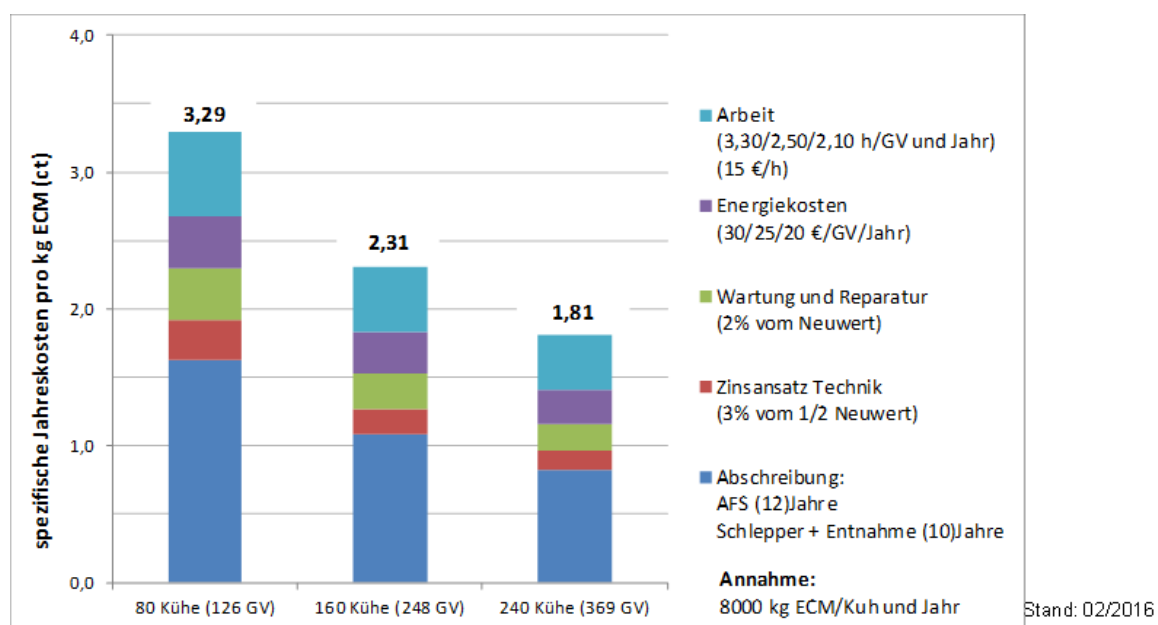


Abb. 10: Durchschnittliche spezifische Verfahrenskosten je kg Milch für ein AFS in Abhängigkeit von der Bestandsgröße

## 5 Misch-, Austrags- und Verteilgenauigkeit

### Mischgenauigkeit

Bei AFS wird eine Gleichmäßigkeit in der vorgelegten Ration gefordert. Bisher lagen hierzu keine genaueren Untersuchungen zu Misch- und Austragsgenauigkeit der AFS verschiedener Hersteller vor. Von BONSELS (2016) und dem Institut für Tierernährung (ITE) der LfL (persönliches Gespräch mit Mitarbeiter, 2016) wurden als empfohlener Grenzwert 5 % Abweichung festgelegt. Mit Ausnahme eines Herstellers, von dem aber nur 1 Betrieb untersucht wurde, lagen die gemittelten Werte der AFS der verschiedenen Hersteller unterhalb dieses Grenzwerts (Tab. 8). Anhand der ermittelten Ergebnisse kann bestätigt werden, dass der angegebene Grenzwert sinnvoll ist und davon ausgegangen werden kann, dass die AFS die angestrebte Strukturverteilung und Mischung in Rationen für die Rinderfütterung einhalten können.

Tab. 8: Durchschnittliche relative Abweichung der Schüttelprobe zum Startpunkt in der Fraktion „Kasten“ (LEICHER UND HAIDN, 2017)

|                  | Ø Abweichung zum Startpunkt in % |                   |      |                   |                   |     |                   |                   |     | Ge-<br>samt |
|------------------|----------------------------------|-------------------|------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|-------------------|-----|-------------|
|                  | Betrieb 1                        |                   |      | Betrieb 2         |                   |     | Betrieb 3         |                   |     |             |
|                  | F1*<br>Me-<br>dian               | F2<br>Medi-<br>an | Ø    | F1<br>Medi-<br>an | F2<br>Medi-<br>an | Ø   | F1<br>Medi-<br>an | F2<br>Medi-<br>an | Ø   |             |
| GEA              | 3,8                              | 2,9               | 3,3  | 6,8               | 2,0               | 4,4 | -                 | -                 | -   | 3,8         |
| Hetwin           |                                  |                   |      |                   |                   |     |                   |                   |     |             |
| /Lemmer          | 2,7                              | 2,4               | 2,7  | 7,7               | 4,8               | 6,8 | -                 | -                 | -   | 4,7         |
| Lely             | 3,0                              | 9,0               | 5,9  | 1                 | 2,0               | 1,4 | -                 | -                 | -   | 3,7         |
| Pellon           | 2,0                              | 5,1               | 2,6  | 8,8               | 5,0               | 6,4 | -                 | -                 | -   | 4,5         |
| Schauer          | 8,9                              | 17                | 11,3 | -                 | -                 | -   | -                 | -                 | -   | -           |
| Trioliet         | 2,3                              | 2,3               | 2,3  | 3,8               | 2,7               | 3,4 | -                 | -                 | -   | 2,9         |
| Wasser-<br>bauer | 1,9                              | 2,9               | 2,0  | 3,5               | 2,8               | 3,3 | 3,2               | 1,5               | 1,9 | 2,4         |
| Siloking         |                                  |                   |      |                   |                   |     |                   |                   |     |             |
| FMW              | 0,8                              | 6,0               | 3,3  | 7,7               | 4,2               | 5,7 | -                 | -                 | -   | 4,5         |

\* F1, F2 = Fütterung 1, Fütterung 2

### Austrags- und Verteilgenauigkeit

Die Verteilung der Futtermenge über den Futtertisch charakterisiert die Austragsgenauigkeit. Hierzu sind noch keine Vorgaben oder Grenzwerte bekannt. Damit jedoch möglichst viele Kühe gleichzeitig Futter aufnehmen können, soll eine gleichmäßige Verteilung angestrebt werden. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen ergaben Abweichungen von 28 % von einem theoretischen Sollwert und Schwankungen zwischen 2 % und 51 % (Tab. 9). Ob jedoch aus größeren Abweichungen Nachteile für die Tiere entstehen können, konnte im Rahmen der Versuchsanstellung nicht geklärt werden. Deshalb konnten für die Bestimmung der Austragsgenauigkeit in dieser Untersuchung keine Grenzwerte festgelegt werden.

Tab. 9: *Austragsgewichte und Abweichungen von der Sollmenge nach Betrieb und Hersteller (LEICHER UND HAIDN, 2017)*

| Hersteller            | Gea  |      | Hetwin/<br>Lemmer |      | Lely |      | Pellon |      | Schau-<br>er | Trioliet |      | Wasserbauer |      |      |
|-----------------------|------|------|-------------------|------|------|------|--------|------|--------------|----------|------|-------------|------|------|
| Betrieb-Nr.           | 14   | 22   | 28                | 32   | 24   | 34   | 16     | 27   | 7            | 23       | 33   | 10          | 18   | 25   |
| Fütterung 1 – Ist     | 2,9  | 2,4  | 7,8               | 3,0  | 6,6  | 11,6 | 14,6   | 6,4  | 3,9          | 6,3      | 9,2  | 6,5         | 5,5  | 13,2 |
| Soll                  | 5,5  | 8,3  | 15,1              | 6,6  | 8,8  | 11,2 | 18,5   | n.b. | 7,5          | 19,8     | 8,8  | 11,7        | 6,3  | 13,6 |
| Fütterung 2 – Ist     | 2,7  | 5,1  | 9,7               | 3,5  | 8,9  | 11,2 | 13,9   | 5,9  | 6,5          | 13,0     | 10,2 | 6,1         | 5,6  | 10,6 |
| Soll                  | 5,1  | 8,1  | 16,7              | 6,7  | 8,8  | 11,2 | 19,3   | n.b. | 7,0          | 19,9     | 9,2  | 10,7        | 6,3  | 13,5 |
| Ø abs. Abweichung     | 2,5  | 2,4  | 7,2               | 3,4  | 1,0  | 0,2  | 4,6    | n.b. | 2,1          | 10,1     | 0,7  | 4,9         | 0,8  | 1,6  |
| Ø rel. Abweichung (%) | 46,8 | 29,6 | 45,0              | 51,4 | 11,8 | 1,8  | 24,4   | n.b. | 28,3         | 51,2     | 7,6  | 43,6        | 12,3 | 12,0 |

## 6 Auswirkungen von AFS auf das Tier

Neben den Effekten, die ein automatisches Fütterungssystem auf die Arbeit des Landwirts besitzt, stellt sich die Frage, welche Auswirkungen eine veränderte Futtervorlage auf das Tier hat; denn durch die Automatisierung besteht die Möglichkeit, sowohl die Futterzusammensetzung (Futtergruppen) als auch die Misch- und Vorlagezeitpunkte besser an die Bedürfnisse der Tiere anzupassen. Damit könnte erwartet werden, dass mit einer Tier optimierten Fütterungsstrategie Leistungssteigerungen einhergehen. Andererseits könnte zu viel Aktivität im Stall d.h. allzu häufiges Futtervorlegen sich auch negativ auf das Tierverhalten und das Wohlbefinden auswirken, da natürliche angeborene Verhaltensweisen zu häufig beeinflusst werden könnten.

### 6.1 Auswirkungen auf die Leistung

Die Auswirkungen einer mehrfachen automatischen Futtervorlage auf die Futteraufnahme und Milchleistung sind bisher wenig untersucht. Dies mag daran liegen, dass die exakte Erfassung der Futteraufnahme von Einzeltieren einer Gruppe, die automatisch gefüttert werden und von Tieren einer anderen Gruppe, die mit einem Futtermischwagen nur ein bis zweimal täglich gefüttert werden, sehr schwierig durchzuführen sind. Es gibt wenige Versuchsstationen, die sowohl Wiegetröge als auch ein automatisches Fütterungssystem besitzen. Beides ist aber notwendig, wenn der Arbeitsaufwand eines längeren Vergleichs auf Einzeltierebene bewältigt werden soll. Auch wurden Vergleiche auf Basis getrennter Gruppen bisher kaum durchgeführt, da die Aussagekraft von sequentiell durchgeführten Versuchen (vorher und nach dem Einbau eines AFS) hinsichtlich der Rahmenbedingungen in einem Praxisbetrieb nicht vergleichbar sind.

Untersuchungen von ALZAHAL ET AL. (2006) ergaben keine signifikanten Effekte einer dreimaligen gegenüber einer zweimaligen Futtervorlage auf die Futteraufnahme und die Milchleistung. Dagegen kamen die Untersuchungen von HART ET AL. (2014) zu dem Ergebnis, dass die Trockenmasseaufnahme der dreimal pro Tag gefütterten zwölf HF Kühe höher war als bei nur ein- oder zweimaliger Fütterung pro Tag. BAVA ET AL. (2012) konnten dies in ihren Versuchen allerdings nicht bestätigen. Zwei statt eine bzw. drei statt zwei Futtervorlagen führten bei herkömmlichen und bei Hitzestress Bedingungen nicht zu einer höheren Futteraufnahme. Ein leichter Effekt war allerdings in einer etwas höheren Milchleistung zu sehen.

## 6.2 Auswirkungen auf das Tierverhalten

Nachfolgend werden Ergebnisse des Forschungsprojektes zur Automatischen Mischfuttermittelvorgabe am ILT der LfL vorgestellt, die in der Dissertation von OBERSCHÄTZL-KOPP (2018) enthalten sind.

### Erhöhung der Fütterungsfrequenz von 2-auf 6-mal pro Tag

Während dieser Untersuchungen hielten sich die Kühe mit 4,06 h im Vergleich zu 2,65 h signifikant länger am Fressplatz (Kopf im Trog, ermittelt über Ortungssystem) auf, wenn sie täglich sechsmal gefüttert wurden (Tab. 10). Gleichzeitig wurde eine erhöhte Dauer des Aufenthalts im Fressgang bei einer nur zweimal täglichen Futtermittelvorgabe beobachtet. Die Kühe verbrachten damit mehr Zeit mit Warten bis eine aktive Futteraufnahme am Trog möglich war. Eine erhöhte Fütterungsfrequenz kann somit zu einem gleichmäßigeren Trogbesuch der Herde und einer besseren Auslastung eines AMS mit einer erhöhten Melkfrequenz der Tiere führen ( $2,46 \pm 0,09$  Melkungen je Kuh und Tag vs.  $2,34 \pm 0,05$  Melkungen je Kuh und Tag).

Tab. 10: Aufenthaltsdauer ausgewählter Kühe (n=20) in den Funktionsbereichen (Fress- und Liegebereich) bei 6x und 2x Füttern nach Auswertungen der Positionsdaten (n=4 d je Versuchsphase) (OBERSCHÄTZL-KOPP AL., 2016)

| Parameter              | Aufenthaltsdauer/Kuh/d [hh:mm:ss] |          |          |                                   |          |          | Differenz Median <sup>1</sup> |
|------------------------|-----------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|----------|----------|-------------------------------|
|                        | Versuchsphase 1<br>(6x Füttern/d) |          |          | Versuchsphase 2<br>(2x Füttern/d) |          |          |                               |
|                        | Median                            | Min      | Max      | Median                            | Min      | Max      |                               |
| Fressplatz             | 04:03:58 <sup>a</sup>             | 01:18:00 | 05:53:49 | 02:38:56 <sup>b</sup>             | 01:30:40 | 04:58:52 | 01:25:01                      |
| Fressstand             | 01:27:03 <sup>a</sup>             | 00:46:15 | 02:43:43 | 02:13:56 <sup>b</sup>             | 00:39:23 | 07:35:34 | -00:46:53                     |
| Fressgang              | 01:25:37 <sup>a</sup>             | 00:20:10 | 03:00:57 | 01:36:06 <sup>b</sup>             | 00:26:00 | 05:08:00 | -00:10:30                     |
| Fressstand & Fressgang | 03:02:53 <sup>a</sup>             | 01:15:40 | 04:46:37 | 04:06:04 <sup>b</sup>             | 00:39:23 | 09:34:38 | -01:03:11                     |
| Gesamt Fressbereich    | 07:18:40 <sup>a</sup>             | 02:33:40 | 09:50:53 | 07:00:18 <sup>a</sup>             | 03:28:12 | 12:13:30 | 00:18:22                      |
| Liegebereich           | 14:23:35 <sup>a</sup>             | 06:37:26 | 18:10:23 | 14:19:01 <sup>a</sup>             | 06:55:23 | 17:06:58 | 00:04:34                      |

a, b) signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsphasen (p<0,05)

<sup>1</sup>) Differenz aus Median in Versuchsphase 1 und Median in Versuchsphase 2

### Futterfrequenz und Futternachschieben

Futternachschieben motivierte die Tiere weniger zur Futteraufnahme als die Futtermittelvorgabe. Die unterschiedlichen Fütterungsfrequenzen des automatischen Fütterungssystems zeigten sich als bedeutende Einflussfaktoren auf das Futteraufnahme- und Ruheverhalten sowie die tägliche Wartedauer der Kühe vor dem AMS. So mussten die Kühe täglich weniger Zeit für das Warten vor dem AMS aufwenden, wenn sie im Vergleich zu sieben täglichen Futtermittelvorgaben nur viermal täglich mit einer frischen Ration versorgt wurden und diese dreimal nachgeschoben wurde. Gleichzeitig konnten sie mehr Zeit mit der Futteraufnahme verbringen.

### Dynamische Steuerung der Futtervorlagezeiten

Die dynamische Anpassung der Fütterungs- und Nachschiebezeiten führte vor allem auf Einzeltierbasis bei rangniederen Kühen zu der Möglichkeit, ihr Futteraufnahmeverhalten gleichmäßiger im Tagesverlauf ausüben zu können (Abb. 11). Das Ruheverhalten veränderte sich mit weniger Aufenthaltsperioden im Liegebereich von längerer Dauer und gleichmäßigeren Intervallen, wenn Fütterungs- und Nachschiebezeiten dynamisiert wurden. Auch die Jahreszeiten und somit die Temperatur sowie Tageslichtlänge zeigten sich als bedeutende Einflussfaktoren auf das beobachtete Verhalten der Tiere. So führte die Dynamisierung der Fütterungszeiten im Sommer zu einer signifikant längeren Aufenthaltsdauer der Kühe am Fressplatz in den ersten 60 min nach der Futtervorlage.

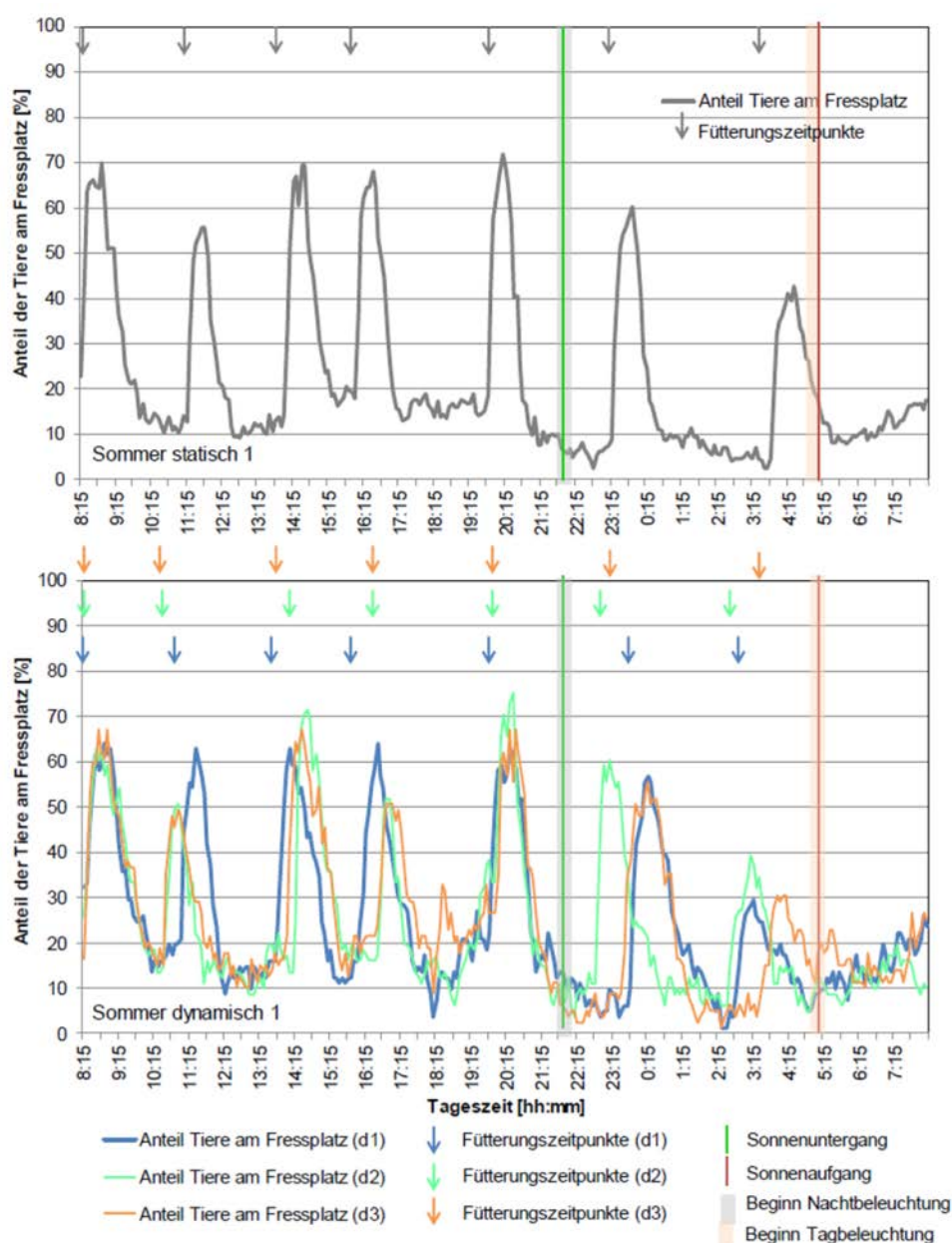


Abb. 11: Anteil Tiere am Fressplatz während der Versuchsphasen Sommer statisch 1 ( $n=3$  d,  $n=78$  Kühe) und Sommer dynamisch 1 (Versuchstage d1 bis d3) ( $n=80$  Kühe) unter Angabe der Fütterungszeitpunkte, Sonnenaufgangszeitpunkte und Sonnenuntergangszeitpunkte sowie Beginn/Ende Stallbeleuchtung

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass eine Anpassung der Fütterungszeiten und Fütterungsfrequenzen eines AFS durch die Dynamisierung vor allem im Sommer bei Hitze stress zu einer gleichmäßigeren Verteilung des Futteraufnahme- und Liegeverhaltens von Milchkühen führen kann. Darüber hinaus zeigt sich, dass entgegen der bisherigen Praxis die Fütterungszeiten eines AFS und die vorgelegte Futtermenge an die Jahreszeiten und die damit verbundenen Tageslichtlängen angepasst werden sollten.

## 7 Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung der Forschungsvorhabens A/12/13 und A/15/25.

## 8 Literaturverzeichnis

ALZAHAL, H.; BENFORD, J.L.; WIDOWSKI, T.; WALTON, J.P.; PLAIZIER, J.C.; DUFFIELD, T.; ODONGO, N.E.; MCBRIDE, B.W. (2006): Effects of frequency of feed delivery on dairy cattle behavior. *The Professional Animal Scientist* 22:80-83.

BAVA, L. A.; TAMBURINI, C.; PENATI, E.; RIVA, G.; MATTACHINI, G.; PROVOLO, A.; SANDRUCCI, (2012): Effects of feeding frequency and environmental conditions on dry matter intake, milk yield and behaviour of dairy cows milked in conventional or automatic milking systems, *Italian Journal of Animal Science*, 11:3, e42, DOI: 10.4081/ijas.2012.e42.

BONSELTS, T. (2016): Fütterung mit einem AFS – Bedeutung für das Tier. In: *LfL Informationen Automatische Grundfuttersvorlage für Rinder*. LfL-Information, Hrsg: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Februar 2016 Vöttingerstr. 38, S. 7-46.

MAČUHOVÁ, J. (2013): Weiterentwicklung der Datengrundlage zur Arbeitsorganisation in Milchviehbetrieben. Abstimmungsgespräch StMELF. München, 11.07.2013.

HART, K. D.; MCBRIDE, B. W.; DUFFIELD, T.F.; DEVRIES, T.J. (2014): Effect of frequency of feed delivery on the behavior and productivity of lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 2014 Mar;97(3):1713-24. doi: 10.3168/jds.2013-7504.

LEICHER, C.; HAIDN, B. (2018): Misch- und Austragsgenauigkeit Automatischer Fütterungssysteme. In: *Beiträge zum 21. Arbeitswissenschaftlichen Kolloquium VDI-MEG vom 13. / 14. März 2018 in Wieselburg*. Herausgeber: HBLFA Francisco Josephinum, Wieselburg.

OBERSCHÄTZL-KOPP, R. (2018): Verhalten von Milchkühen bei statischen und dynamischen Fütterungskonzepten in automatisierten Stallsystemen. Dissertation TU München-Weihenstephan Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik.

OBERSCHÄTZL-KOPP, R.; HAIDN, B.; PEIS, R.; REITER, R.; BERNHARDT, H. (2016): Untersuchungen zum Verhalten von Milchkühen bei automatischer Fütterung in einem AMS-Betrieb. *Landtechnik* 71 (2): 55-65.

## **Heubelüftung – Verfahrenstechnik und Ergebnisse zur Arbeitswirtschaft**

Stefan Thurner, Dr. Juliana Mačuhová, Markus Hofmann und Dr. Bernhard Haidn

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,  
Vöttingerstr. 36, 85354 Freising

### **Zusammenfassung**

Die Konservierung des Grobfutters mit einer Heubelüftungsanlage anstelle einer Silageerzeugung gewinnt aufgrund guter Vermarktungsmöglichkeiten von Heumilch wieder an Bedeutung. Neben den geänderten Absatzmöglichkeiten hat sich auch die Heubelüftungstechnik verbessert. So stehen heute energieeffizientere Techniken für die Trocknung (Wärmerückgewinnung und Entfeuchter) und effizientere Techniken für die Einlagerung des Ernteguts zur Verfügung. Daher ist es das Ziel von laufenden Forschungsarbeiten, die neuen Techniken und Verfahren bezüglich der Energieeffizienz, der Grundfutterqualität und des Arbeitszeitbedarfs sowie Investitionsbedarfs einzuordnen bzw. die Belüftungsheuproduktion und -fütterung mit der Silageproduktion und -fütterung zu vergleichen.

Für die Untersuchungen zur Heubelüftungstechnik wurde am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum (LVFZ) Achselschwang eine Heubelüftungsversuchsanlage zum direkten Vergleich von zwei Techniken unter nahezu ceteris paribus Bedingungen gebaut. Zusätzlich werden auf Praxisbetrieben mittels Messtechnik bei vergleichbaren Verfahren ebenfalls Daten zum Energieverbrauch, der Trocknungsdauer usw. erhoben. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass mit einem Entfeuchter die Vorgaben der Energieeffizienzförderung in der Landwirtschaft durch das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung erreicht werden. Somit ist es möglich, mit nur 0,31 kWh/kg Wasserentzug das eingefahrene Gras-anwelkgut (ab 60 % TS-Gehalt) bis zur Lagerstabilität (ab 86 % TS-Gehalt) zu trocknen.

Ein wichtiger Punkt bei der wirtschaftlichen Betrachtung eines Verfahrens ist der benötigte Arbeitszeitbedarf. Für die Belüftungsheuproduktion und -fütterung gibt es nur wenig aktuelle arbeitswirtschaftliche Daten. Daher wurde die arbeitswirtschaftliche Ist-Situation bei Milchviehbetrieben mit der „losen Verfahrenskette“ der Belüftungsheuproduktion und -fütterung untersucht. Nach den Arbeitstagebuch-Aufzeichnungen auf den Praxisbetrieben lag der Arbeitsaufwand bei der Ernte von Grassilage im Mittel bei 1,67 APh/ha und Schnitt, bei der Belüftungsheuproduktion allerdings mit 4,14 APh/ha und Schnitt deutlich höher. Bei der Fütterung konnten beim Arbeitszeitaufwand keine Unterschiede zwischen den Betrieben mit überwiegend Belüftungsheu- oder Silagefütterung beobachtet werden.

Exakte Zeitmessungen zur Ermittlung von Planzeiten für die Erstellung von Kalkulationsmodellen wurden für die Tätigkeiten Heueinfahren, Einlagern in die Trocknungsbox und Umlagern sowie für die Fütterung mit Belüftungsheu durchgeführt. Für die Tätigkeiten Heueinfahren und Einlagern in die Trocknungsbox liegen bereits Kalkulationsmodelle vor, zu denen erste Ergebnisse präsentiert werden.

## 1 Einleitung

Für die Erzeugung von hochwertigen Grünfutterkonserven stehen verschiedene Konservierungsverfahren zur Verfügung. Am häufigsten wird das Grünfutter in der Praxis derzeit siliert. Dazu sind jedoch gewisse Voraussetzungen von Seiten des zu silierenden Materials erforderlich. So sollte neben dem Besatz mit Milchsäurebakterien u. a. die Pufferkapazität möglichst niedrig sein und ausreichend Zucker (wasserlösliche Kohlenhydrate) für die Vergärung zur Verfügung stehen, damit eine schnelle Absenkung des pH-Wertes erfolgen und somit eine lagerstabile Silage entstehen kann (SPIEKERS, 2006). Bei Grasanwelkgut oder leguminosenreichem Erntematerial aus dem Feldfutterbau sind diese Voraussetzungen oft nicht ideal, wodurch die Gefahr von Fehlgärungen und/oder Nacherwärmung bei der Entnahme besteht. Eine Alternative zur Silierung stellt die technische Trocknung Unterdach dar. Dafür stehen heute neue, schlagkräftige Techniken zur Verfügung, mit deren Hilfe angewelktes Material mit ca. 60 % TS-Gehalt in kurzer Zeit bis zur Lagerfähigkeit fertig getrocknet werden kann. Zur Effizienz (Energieverbrauch, Trocknungsdauer, usw.) dieser neuen Techniken stehen bis auf wenige Ausnahmen (PÖLLINGER, 2014) derzeit nur Firmenangaben zur Verfügung. Mit einer Versuchsanlage und auf Praxisbetrieben sollen daher Daten zur Effizienz der neuen Techniken erfasst werden, um die Möglichkeiten und Grenzen der neuen Trocknungstechniken aufzuzeigen. Bei der wirtschaftlichen Betrachtung eines Verfahrens darf die arbeitswirtschaftliche Beurteilung nicht fehlen. Für die aktuellen Verfahren bei der Belüftungsheuproduktion und -fütterung gibt es derzeit nur wenige arbeitswirtschaftliche Kennzahlen, sowohl für die aktuelle Ist-Situation an den Betrieben als auch bezüglich arbeitswirtschaftlicher Planungsdaten.

## 2 Stand des Wissens

Die Unterdachtrocknung von Grünlandaufwüchsen und Feldfutter kann im lose Verfahren in sogenannten Belüftungsboxen oder als Ballen (Rund- und Quaderballen) erfolgen. Aufgrund des im Vergleich zur Ballentrocknung (Rundballen ab 70 %, Quaderballen ab 75 %) geringeren Ziel-TS-Gehalts für das Einfahren des Anwelkguts mit dem Ladewagen in eine lose Trocknung (ab 60 %) hat diese v. a. bei blattreichem Material Vorteile, da die Bröckelverluste auf dem Feld niedriger sind (PÖLLINGER, 2015). Bei einer losen Trocknung ist i. d. R. die Trocknungskapazität und die Schlagkraft höher als bei einer Ballentrocknung. Generell wird aufgrund der begrenzten Schlagkraft der Trocknungstechnik angestrebt, den ersten Schnitt in drei Chargen zu ernten und zu trocknen. Beim zweiten und den Folgeschnitten sind dann drei bis zwei Chargen pro Schnitt einzuplanen (WIRLEITNER ET AL. 2014).

Die Ernte erfolgt zum selben Zeitpunkt wie bei Silage, da die Inhaltsstoffe auch beim Belüftungsheu durch den Schnittzeitpunkt bestimmt werden und im Verlauf des Konservierungsprozesses immer durch Verluste reduziert werden. Ein Schnittzeitpunkt zum Ähren- und Rispenschieben der Hauptbestandbildner ist somit die Voraussetzung für die angestrebten hohen Energie- und Eiweißgehalte ( $> 6, \text{x MJ NEL}$  und  $> 140 \text{ g Rohprotein pro kg Trockenmasse (TM)}$ ) im Grundfutter für die Fütterung von Milchvieh (LFL, 2015). Zum Erreichen des angestrebten TS-Gehalts muss gezettet und teils mehrfach gewendet werden, bevor das Material mit ca. 50 - 55 % TS-Gehalt rechtzeitig geschwadet werden kann. Zur Bergung können beim losen Verfahren nur Ladewagen eingesetzt werden, da das Erntematerial beim Schneiden und Laden möglichst nicht verdichtet werden soll. Die derzeit für die Silagebergung häufig verwendeten Kurzschnittladewagen sind daher nicht geeignet, da

sie das Futter zu stark verdichten. Nur spezielle Ladewagen mit zwei Rotoren, einen für das Schneiden des Ernteguts und einen für das Weiterbefördern und Laden des Ernteguts können neben klassischen Schwingenladeaggregaten oder Kettenförderern bei der Belüftungsheubergung eingesetzt werden (SCHWEIGER, 2016). Für das Pressen von Rundballen für die Ballentrocknung eignen sich alle Typen von Rundballenpressen, allerdings ist darauf zu achten, dass der Pressdruck angepasst wird, so dass ein gleichmäßig dicht gepresser Ballen mit max. 130 kg TM pro m<sup>3</sup> erzeugt wird (WIRLEITNER UND WYSS, 2015).

Das Befüllen, Umlagern und die Entnahme aus der Heubox werden beim losen Verfahren mithilfe eines Heukrans erledigt. Moderne Heukräne sind ausreichend technisch dimensioniert (Hydraulikpumpen, Ölkühler etc.), so dass eine zügige Arbeitserledigung ohne Leistungsabfall bei gleichzeitigem Einsatz mehrerer Aktoren gewährleistet ist. Dabei ist es empfehlenswert, den Kran mit einer klimatisierten Kabine auszustatten, um die Staubbelastung gering und die Arbeitserledigung angenehmer zu gestalten. Bei Ballentrocknungen werden die Ballen meist mithilfe einer Ballenzange z. B. an einem Frontlader, der idealerweise gedreht werden kann, auf die Trocknung gesetzt, nach ca. der Hälfte der Trocknungszeit gewendet und schließlich eingelagert (WIRLEITNER UND WYSS, 2015).

Neben dem Heukran ist der Radialventilator das Herzstück jeder Heubelüftungsanlage. Bei der Auswahl des Radialventilators muss darauf geachtet werden, dass er den notwendigen Druck beim angestrebten Luftvolumen im Bereich des optimalen Betriebspunktes liefern kann. Weiterhin sollte der Radialventilator (wie auch der Entfeuchter) mit Frequenzumrichter ausgestattet sein, um die Drehzahl abhängig vom Gegendruck im Heustock u. a. regeln zu können (KITTEL ET AL. 2017; WIRLEITNER ET AL., 2014).

Für die Belüftungstrocknung sollte, wo immer möglich, die Belüftungsluft mithilfe von solarer Energie während des Tages angewärmt werden. Dafür wird i. d. R. eine Unterdachabsaugung verwendet. Daneben stehen auch leistungsfähige Warmluftkollektoren zur Verfügung (THURNER UND JACKSCHITZ-WILD, 2015). Für die Trocknung während der Nacht oder bei Schlechtwetterperioden stehen bei beiden Verfahren die im Folgenden dargestellten Techniken zur Auswahl:

- Nutzung von am Betrieb vorhandener Abwärme (notwendig sind ca. 1,5 kW<sub>thermisch</sub> pro m<sup>2</sup> Boxenfläche) von z. B. einem Biogas betriebenen BHKW oder einer Hackschnitzelheizung (oder einem Wärmespeicher (z. B. Wasserspeicher), der vorab aufgeheizt wurde) (THURNER ET AL., 2017)
- Nutzung von Abwärme z. B. eines Stromaggregats oder Antriebsaggregats, welches zum Betrieb der Anlage notwendig ist
- Zusätzliche Nutzung der Wärme in der Abluft (bzw. im Heustock) über eine Wärmerückgewinnungsanlage (THURNER ET AL., 2017)
- Einsatz eines Entfeuchters im Umluftverfahren
- Die Nutzung einer Kombination aus mehreren Wärmequellen, falls die einzelnen Wärmequellen bezüglich der verfügbaren Wärmemenge nicht ausreichen, ggf. zusätzlich noch kombiniert mit einem Entfeuchter. Im letzteren Fall ist darauf zu achten, dass der Wärmeeintrag nach dem Entfeuchter und vor dem Radialventilator erfolgt.

Generell verringert eine Wärmedämmung des Boxenbodens, der Luftkanäle und der Außenwände den notwendigen Energieeinsatz (THURNER ET AL., 2017). Die Abluftführung ist für eine schnelle Trocknung ebenfalls entscheidend. In allen Fällen, in denen keine gezielte Abluftführung zum Entfeuchter oder zur Wärmerückgewinnungsanlage erforderlich ist,

sollte diese über den First in großzügigen Öffnungen entweichen können. Somit sollte die Abluft beim Tagbetrieb mit solarer Luftanwärmung über die Unterdachabsaugung ebenfalls über den First entweichen können. Wenn später auf Umluftbetrieb mit Entfeuchter oder die Nutzung einer Wärmerückgewinnungsanlage mit gezielter Abluftführung umgeschaltet wird, müssen die Abluftkamine im First geschlossen werden.

Der Arbeitszeitaufwand für die Belüftungsheu- sowie Silageproduktion kann auf Praxisbetrieben durch viele Faktoren beeinflusst werden, damit variieren die arbeitswirtschaftlichen Daten in der Literatur stark (DIVERSE AUTOREN, 2011; AMMANN, 2007; SCHICK UND STARK, 2002; EICHHORN, 1999). Die Untersuchungen deuten jedoch auf einen etwas höheren Arbeitszeitbedarf für die Belüftungsheuproduktion im Vergleich zur Silageproduktion. Während bei der Silageproduktion das Mähgut nur auf rund 35 % TS-Gehalt angewelkt werden muss, soll bei der Belüftungsheuproduktion das Mähgut auf dem Feld auf mindestens 60 % TS-Gehalt vorgetrocknet werden, bevor es geborgen wird (WIRLEITNER ET AL., 2014). Damit unterscheiden sich die Verfahren hauptsächlich in der Anzahl der Wendevorgänge und in den Tätigkeiten bei der Einlagerung. Dazu kommt, dass Belüftungsheu in mehreren Chargen geerntet wird, wodurch häufigere Rüstzeiten erforderlich sind. Ebenso sind mit der Einlagerung die Arbeiten bei der Belüftungsheuproduktion noch nicht abgeschlossen, da das Heu zumindest noch fertig getrocknet werden muss. Zusätzlich fällt bei den meisten Betrieben noch ein weiterer Arbeitsschritt an, da das Heu nach der Trocknung in eine andere Heubox oder zu einem extra Lagerplatz umgelagert wird. Dazu kommt, dass bei den einzelnen Arbeitsvorgängen aufgrund verschiedener Anforderungen auf den einzelnen Betrieben unterschiedliche Techniken eingesetzt werden.

Was die Innenwirtschaft betrifft, wird in der Literatur auf einen arbeitswirtschaftlichen Vorteil bei der Fütterung mit Heu im Vergleich zu Rationen mit Silage hingedeutet (WIRLEITNER ET AL. 2014; MAČUHOVÁ UND HADN, 2014; MAČUHOVÁ UND HADN, 2013; NEUHOFFER, 2010; GROTHMANN ET AL., 2010; HESSE, 2007; OVER UND KÜMMEL, 2006; KÜMMEL, 2005). Die Datengrundlage zum Arbeitszeitbedarf für die aktuellen Verfahren der Belüftungsheuproduktion und -fütterung ist jedoch nicht sehr groß. Damit ist es für den Landwirt derzeit schwierig abzuschätzen, wie sich unter seinen individuellen Betriebsbedingungen die einzelnen Verfahren auf den Arbeitszeitbedarf auswirken.

### 3 Zielsetzung

Ziel des Projekts ist es daher, zum einen mit der Heubelüftungsversuchsanlage und auf Praxisbetrieben Daten zur Effizienz der neuen Belüftungstechniken zu erfassen um die Möglichkeiten und Grenzen dieser Trocknungstechniken aufzuzeigen. Weiterhin soll die Belüftungsheuproduktion anhand von auf den Praxisbetrieben und bei den Herstellern erhobenen Daten zum Investitionsbedarf u. a. bezüglich des Gewinnbeitrags für den Betrieb eingeordnet werden.

Ziel des zweiten Projektteils ist es, arbeitswirtschaftliche Untersuchungen zur Belüftungsheuproduktion und -fütterung bei der losen Verfahrenskette durchzuführen. Dabei soll die arbeitswirtschaftliche Ist-Situation an ausgewählten Milchviehbetrieben untersucht und in den Vergleich zur Silageproduktion gesetzt werden. Zusätzlich werden exakte Zeitmessungen auf Basis einzelner Arbeitselemente durchgeführt, um Planzeiten zu erstellen und somit Kalkulationsmodelle für die betrachteten Arbeitsverfahren zu entwickeln.

## 4 Material und Methode

Am LVFZ Achselschwang (Betriebsteil Hübschenried) wurde zur Bewertung der Effizienz verschiedener Heubelüftungstechniken eine Versuchsanlage mit zwei identischen Boxen (30 m<sup>2</sup>), Luftführungssystemen und Radialventilatoren (Typ RVN 630-35/10, 7,5 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. GB Birk) gebaut. Aufgrund der baulichen Gegebenheiten vor Ort konnte für keine der beiden Boxen eine solare Luftanwärmung über eine Unterdachabsaugung realisiert werden, weshalb an Schönwettertagen nur die Außenluft unter einem südlich ausgerichteten Vordach zur Trocknung genutzt werden kann. In einer Box wird das Heu mithilfe eines Entfeuchters (Typ Agrifrigor HT60, 12 kW, Hersteller Fa. FrigorTec GmbH) im Umluftverfahren getrocknet. In der zweiten Box wird das Heu mithilfe von Abwärme (simuliert mittels Heizmobil-Koffernhänger, 300 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. Mobiheat, Warmwasserheizregister 380 kW, Hersteller/Vertrieb Fa. Heribert Waltinger GmbH) getrocknet. Dabei steht zusätzlich eine Wärmerückgewinnungsanlage (WRG; Typ ERC-T 30/56, Hersteller Fa. Arwego – Armin Schneider e. K.) zur Verfügung, mit der die Zuluft über die warme Abluft angewärmt wird.

Die Box mit Entfeuchter wurde im Rahmen zweier Versuche im Juli und Oktober 2018 zur Trocknung des dritten und fünften Schnitts Grünland (Bergung am 13.07.2018 und 11.10.2018) eingesetzt. Die Box mit Abwärmenutzung und WRG wurde bisher nur im Juli 2018 (Bergung am 13.07.2018) getestet. Bei allen Versuchen wurde nur während der Befüllung mit Außenluft belüftet. Im Anschluss wurden auf beide Boxen speziell angefertigte Hauben gesetzt und in der Box mit Entfeuchter im Dauerumluftbetrieb sowie in der Box mit Wärmetauscher und WRG im Dauer-WRG-Betrieb weitergetrocknet. Mithilfe einer umfangreichen Messtechnikausstattung wurden dabei der Energieverbrauch und der Trocknungsverlauf erfasst. Beim ersten Versuch im Juli lag der Ausgangs-TS-Gehalt in der Box mit Entfeuchter bei 71,3 % TS-Gehalt und damit etwas niedriger als in der Box mit Abwärmenutzung und WRG (73,5 % TS-Gehalt). Beim zweiten Versuch lag der Ausgangs-TS-Gehalt in der Box mit Entfeuchter bei 70,7 % TS-Gehalt. Für die befüllten Boxen wurde der Trocknungsverlauf und Energieverbrauch bis zu einem Ziel-TS-Gehalt von mindestens 86 % TS-Gehalt ermittelt. Der Energieverbrauch für die in der Praxis notwendige Nachbelüftung wurde in allen Fällen nicht berücksichtigt, da in der Praxis dafür i. d. R. die solar angewärmte Luft aus der Unterdachabsaugung verwendet wird und dadurch nur ein geringer, im Vergleich zum Gesamtenergieverbrauch vernachlässigbarer Energieverbrauch nur für den Radialventilator anfällt. In der Box mit Entfeuchter wurden im Juli rund 4.990 kg und im Oktober rund 3.190 kg Grasanwelkgut getrocknet und in der Box mit Abwärmenutzung und WRG waren es im Juli rund 4.760 kg Grasanwelkgut. Die eingefüllte Menge entsprach somit einem „Wasserdeckel“ von 47,7 und 31,2 kg Wasser/m<sup>2</sup> Boxenfläche in der Box mit Entfeuchter sowie 42,1 kg Wasser/m<sup>2</sup> in der Box mit Abwärmenutzung und WRG. Alle Werte lagen auf einem sehr niedrigen Niveau, da für die Praxis je nach zu trocknendem Material ein „Wasserdeckel“ von 70 bis 100 kg Wasser/m<sup>2</sup> Boxenfläche empfohlen wird (PÖLLINGER, 2014).

Neben den ersten Versuchen zum direkten Vergleich der Techniken in der Heubelüftungsversuchsanlage wurden bisher drei Praxisbetriebe mit vergleichbaren Techniken wie in der Versuchsanlage und einem Entfeuchter mit Kreuzstromplattenwärmetauscher (Hersteller Fa. Arwego – Armin Schneider e. K.) ausgewählt. Die Praxisbetriebe werden derzeit mit Messtechnik ausgestattet, so dass ab dem 1. Schnitt 2019 Daten zur Effizienz dieser Anlagen erfasst werden können.

Zur Erfassung der arbeitswirtschaftlichen Ist-Situation wurden an ausgewählte Praxisbetriebe Arbeitstagebücher verteilt. Die Innenwirtschaft betreffend liegen bisher die Aufzeichnungen von 16 Betrieben (davon 8 Belüftungsheubetriebe und 8 Silagebetriebe) vor. Damit wurde der Arbeitszeitaufwand bei allen Tätigkeiten, die für die Untersuchungen von Interesse sind, für alle beteiligten Arbeitspersonen erfasst. Weiterhin wurden mit den Arbeitstagebüchern auch Daten wie z. B. zur angewendeten Technik, zur Arbeitsbreite der Geräte und bezüglich der geernteten Flächen bzw. der Anzahl der gefütterten Tiere erhoben. Um jedoch eine objektive Bewertung eines Verfahrens bzw. einen objektiven Vergleich der Verfahren durchführen zu können, sind arbeitswirtschaftliche Planungsdaten erforderlich. Auf den Betrieben mit Belüftungsheuproduktion wurden daher auch exakte Zeitmessungen für die Erstellung von Kalkulationsmodellen durchgeführt. Die Datenerfassung lief in den Jahren 2017 und 2018. Dabei wurden nicht nur Arbeitszeiten auf dem Niveau einzelner Arbeitselemente (wie z. B. auf den Schlepper steigen und starten, Heu aufladen, Heckklappe beim Abladen öffnen, Heuabladen usw. beim Heueinfahren), sondern auch die notwendigen Einflussgrößen erfasst. Zu denen gehört u. a. die eingefahrene Heumenge, der TS-Gehalt des Heus beim Einfahren, das Fassungsvermögen des Krangreifers, die gefahrenen Distanzen, usw. Die Datenerfassung wurde auch während der Fütterung der Kühe durchführt, dazu liegen jedoch noch keine Ergebnisse vor. Die erfassten Daten dienen folgend zur Erstellung der Planzeiten für einzelne Arbeitselemente und der Kalkulationsmodelle zur Berechnung des Arbeitszeitbedarfs. Die damit erstellten Kalkulationsmodelle ermöglichen dann eine Umrechnung des Arbeitszeitbedarfs für bestimmte Bedingungen wie z. B. einem unterschiedlichen Fassungsvermögen des Ladewagens bzw. Greifers. Da noch nicht alle Untersuchungen abgeschlossen sind, handelt es sich bei den präsentierten Daten zu beiden Projektteilen um vorläufige Ergebnisse.

## 5 Erste Ergebnisse und Diskussion

### 5.1 Energieverbrauch für die Heutrocknung in der Versuchsanlage

In beiden Boxen konnte das bei der Einbringung bereits relativ trockene Material in kurzer Zeit auf den Ziel-TS-Gehalt von weniger als 86 % getrocknet werden.

Der Energieeinsatz für die Trocknung mittels Abwärme (und WRG) lag unter den spezifischen Bedingungen im Juli 2018 bei rund 1,18 kWh pro kg Wasserentzug (Abb. 1). Betrachtet man nur den Wärmeenergiebedarf (aus z. B. der Abwärme eines Biogas-BHKW) so ergeben sich 1,09 kWh/kg Wasserentzug. Bei theoretischer Betrachtung des von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE, 2017; BMEL, 2016) im Rahmen eines Energieeffizienzförderprogramms für die Landwirtschaft festgelegten Szenarios für eine Trocknung während des Tages nur mit solar angewärmter Luft (z. B. mit einer Unterdachabsaugung) und einer Trocknung während der Nacht (z. B. durch eine Luftanwärmung mittels Abwärme) entspricht dies einem Energiebedarf von 0,64 kWh/kg Wasserentzug. Dieses Szenario unterstellt jeweils 50 % der Trocknungszeit am Tag und in der Nacht.

Der Einsatz der WRG konnte beim ersten Versuch nicht wie vorgesehen realisiert werden. Dadurch konnte über die gesamte Belüftungszeit nur ein geringer Effekt der WRG erzielt werden, da die Außenluft-Temperatur sehr hoch war. Unterm Strich wurde daher die Außenluft durch den Wärmetauscher mit im Mittel 8,4 °C angewärmt und sozusagen eine fast 100 % Trocknung über simulierte Abwärme realisiert.

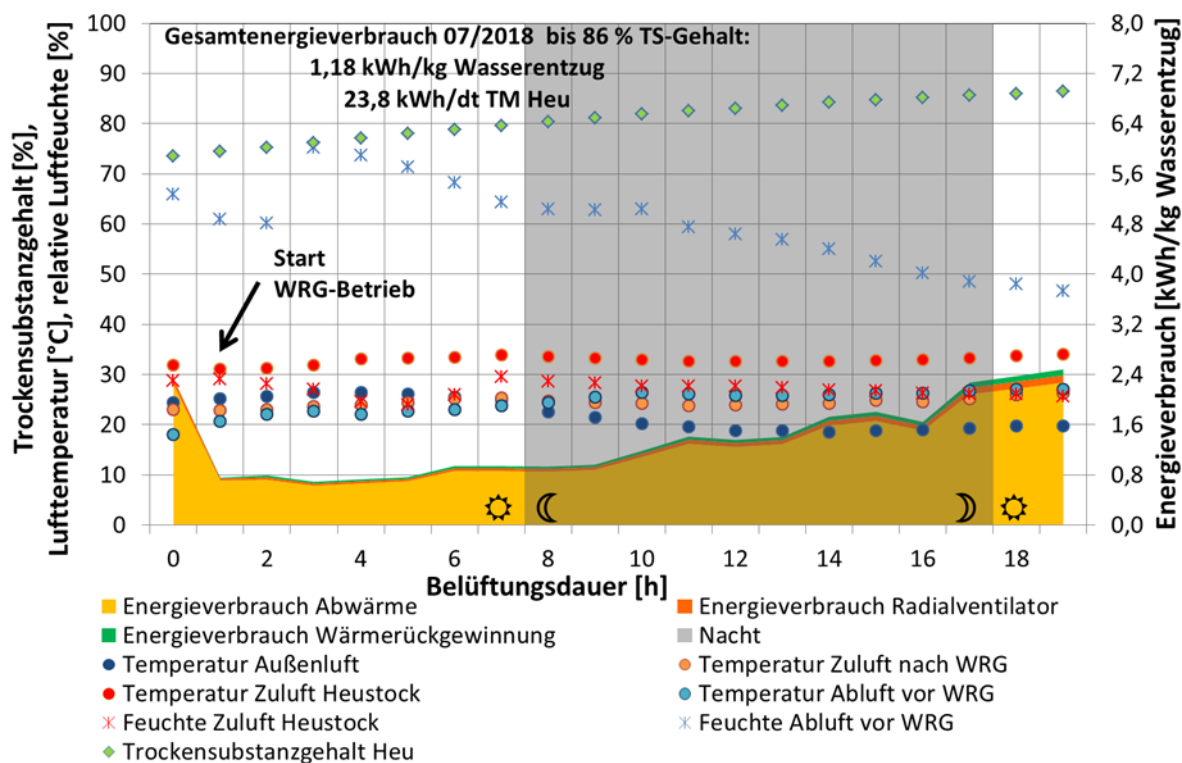


Abb. 1: Trocknungsverlauf und Energieverbrauch in der Box mit Abwärmenutzung und Wärmerückgewinnungsanlage (WRG) 07/2018

In der Box für die Trocknung mit Entfeuchter im Umluftverfahren lag der Energieverbrauch im Juli 2018 bei 0,65 kWh/kg Wasserentzug (Abb. 2). Umgerechnet auf 50 % Nachtbetrieb entspricht dies einem Energieverbrauch von 0,41 kWh/kg Wasserentzug.

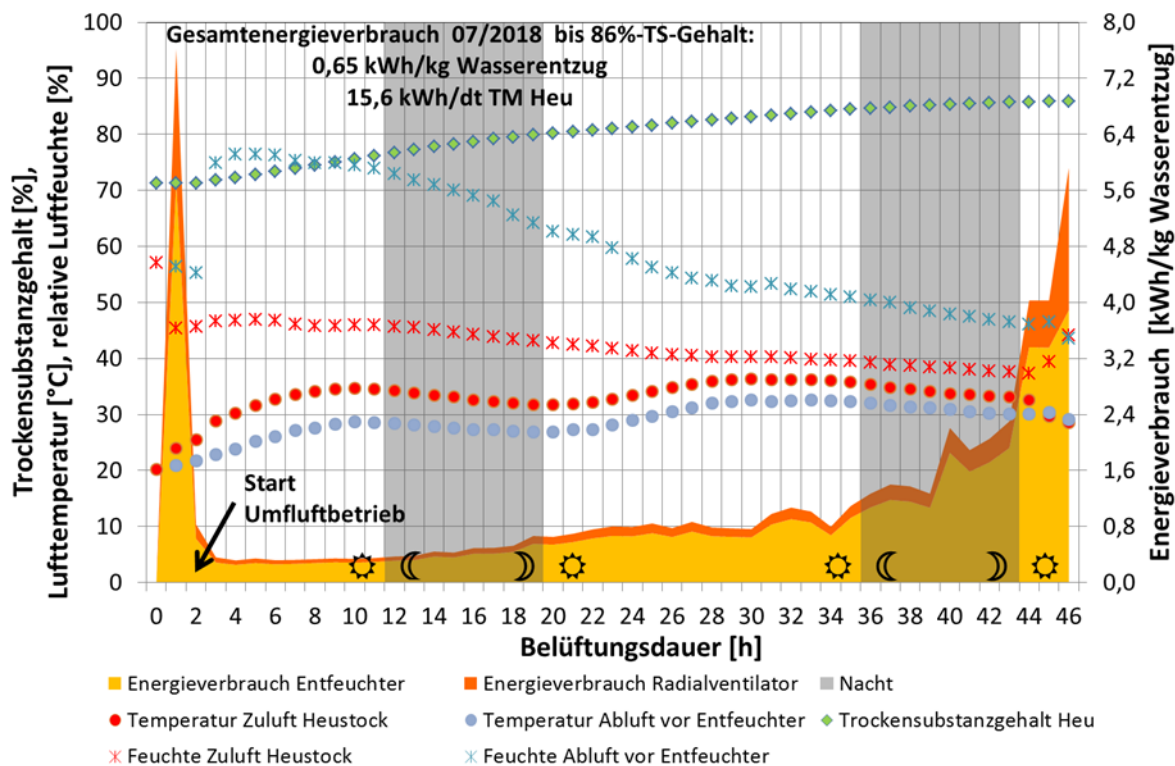


Abb. 2: Trocknungsverlauf und Energieverbrauch in der Box mit Entfeuchter 07/2018

Bei der Trocknung im Oktober 2018 ergab sich ein niedrigerer Energiebedarf in Höhe von 0,51 kWh/kg Wasserentzug (Abb. 3). Rechnet man diesen Wert ebenfalls auf nur 50 % Nachtbetrieb um, so ergibt sich ein theoretischer Gesamtenergieverbrauch von 0,32 kWh/kg Wasserentzug. Die Trocknung beim Entfeuchter dauerte länger im Vergleich zur Luftanwärmung über simulierte Abwärme.

Im Sinne eines möglichst effizienten Energieeinsatzes sollte daher je nach Ausgangsfeuchte des Erntematerials auch bei der Nutzung von Abwärme und/oder dem Einsatz einer WRG eine Trocknungsdauer von mindestens 40 bis 60 Stunden angestrebt werden.

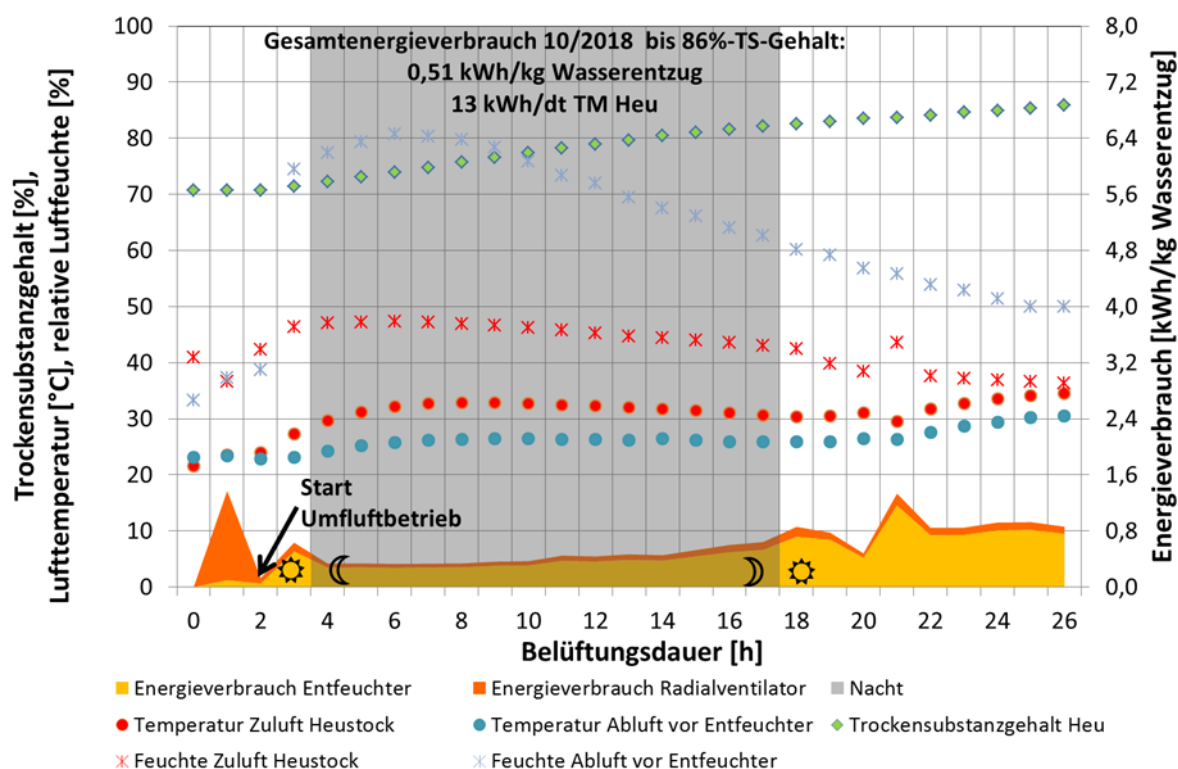


Abb. 3: Trocknungsverlauf und Energieverbrauch in der Box mit Entfeuchter 10/2018

Im Vergleich zur Energieeffizienzförderung (BLE, 2017) lag der Energieverbrauch bei der Trocknung mit Abwärme etwas höher (Tab. 1). Bei den beiden mit Entfeuchter getrockneten Chargen lag der Energieverbrauch im Juli beim Vergleich mit der Energieeffizienzförderung (BLE, 2017) um rund ein Drittel über dem angestrebten Zielwert, wohingegen er beim Oktobertermin den Zielwert erreichte. Vergleicht man die von (PÖLLINGER, 2014) gemessenen Werte mit einer Entfeuchtertrocknung mit den Vorgaben der Energieeffizienzförderung (BLE, 2017), so liegt der Energieverbrauch im Mittel trotz energieeffizienter Technik beim erwarteten Wert für die Trocknung z. B. mit Abwärme. Die Spanne vom minimalen Energieverbrauch bis zum maximalen Energieverbrauch zeigt jedoch, dass je nach Einsatzbedingungen sehr große Unterschiede möglich sind (Tab. 1). Daher zeigen die bisherigen Ergebnisse, dass der tatsächliche Energieverbrauch mit den neuen Techniken für die Heutrocknung in einer Heubelüftungsanlage von vielen Einflussfaktoren abhängt.

Neben den Eigenschaften des zu trocknenden Materials und der Witterung an den Tagen nach dem Einfahren, die vom Landwirt nur teilweise beeinflusst werden können, spielt beim Energieverbrauch die Anlagensteuerung, also mit welcher Luftmenge und -temperatur sowie -feuchte getrocknet wird, und der Zeitpunkt, ab dem auf Umluftbetrieb

bzw. Wärmerückgewinnungsbetrieb umgeschaltet wird, eine entscheidende Rolle. Auch die Abluft- bzw. Umluftführung hat einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch. Hinzu kommt das Management durch den Landwirt vom Einlagern bis zum Ende der Trocknung. Nur durch eine regelmäßige Kontrolle des Stocks bzw. der Ballen kann er schnell auf z. B. Kaminbildung durch Umschichten reagieren und so den gleichmäßigen Trocknungsfortschritt begünstigen.

*Tab.: 1: Vergleich des Energiebedarfs der Versuchsanlage zur Energieeffizienzförderung (BMEL, 2016; BLE, 2017) und Heubelüftungsanlage mit Entfeuchter und UDA an der HBLFA in Raumberg-Gumpenstein (PÖLLINGER, 2014, Werte umgerechnet auf 50 % UDA mit 50 % technischer Trocknung anhand der Tageslängen)*

| Energieverbrauch bei der Heutrocknung in kWh/kg Wasserentzug | Energieeffizienzförderung | HÜB Abwärmenutzung Juli 2018 | HÜB Entfeuchter Juli 2018 | HÜB Entfeuchter Oktober 2018 | HBLFA Entfeuchter alle Schnitte 2011/12 (umgerechnet) |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 100 % techn. Trocknung                                       | 1,04 kWh/kg               | 1,18 kWh/kg                  | 0,65 kWh/kg               | 0,51 kWh/kg                  | -                                                     |
| ca. 50 % UDA + ca. 50 % technische Trocknung                 | 0,52 kWh/kg               | 0,63 kWh/kg (berechnet*)     | -                         | -                            | -                                                     |
| ca. 50 % UDA + ca. 50 % energieeffiziente Technik            | 0,31 kWh/kg               | -                            | 0,41 kWh/kg (berechnet*)  | 0,32 kWh/kg (berechnet*)     | Min-Max: 0,17-0,79 kWh/kg<br>Mittelwert: 0,51 kWh/kg  |

\*) berechnet aus den Messwerten für 50 % technische Trocknung

## 5.2 Arbeitszeitaufwand bei der Belüftungsheuproduktion und Fütterung (Ist-Analyse)

Die Aufzeichnungen mittels Arbeitszeittagebücher, zum einen für die Erntemaßnahmen (Außenwirtschaft) und zum anderen für die Fütterung (Innenwirtschaft), fanden ab Herbst 2016, größtenteils aber im Jahr 2017 statt. Bei der Außenwirtschaft war es das Ziel, an allen Betrieben alle Schnitte zu erfassen, was aber bis Ende 2017 nicht immer der Fall war. An ein paar Belüftungsheubetrieben wurden daher die Aufzeichnungen bei der Belüftungsheuproduktion im Jahr 2018 vorgesetzt. Diese Daten konnten allerdings bei den in diesem Beitrag dargestellten Auswertungen noch nicht berücksichtigt werden. Wie in Abbildung 4 zu sehen, war der Arbeitszeitaufwand an den untersuchten Milchviehbetrieben für die Belüftungsheuproduktion deutlich höher als für die Grassilageproduktion. Während im Durchschnitt aller Schnitte 4,14 APh/ha und Schnitt benötigt wurden, lag der Arbeitszeitaufwand für die Grassilageproduktion nur bei 1,67 APh/ha und Schnitt. Dies wurde nicht nur durch den zusätzlichen Arbeitszeitaufwand für die größere Anzahl an Arbeitsschritten bei der Belüftungsheuproduktion verursacht, sondern auch durch einen höheren Arbeitszeitaufwand in den einzelnen Arbeitsschritten, v. a. bei der Bergung und Werbung (Abb. 5). Gegenüber dem Bodenheu liegt der Arbeitsaufwand beim Belüftungsheu wegen der zusätzlichen Arbeiten für die Trocknung und Umlagerung höher.

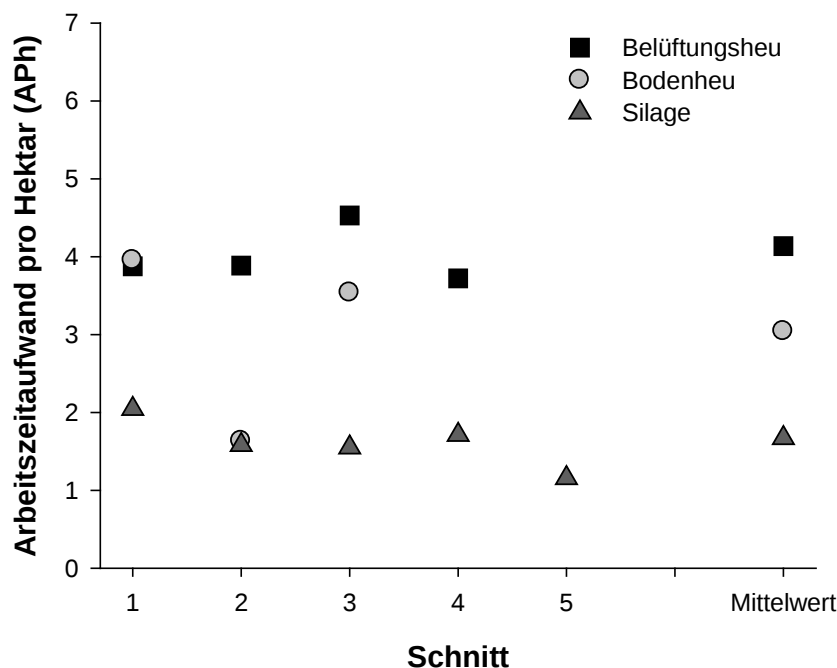


Abb. 4: Arbeitszeitaufwand pro Hektar und Schnitt für Belüftungsheu-, Bodenheu- und Grassilageproduktion

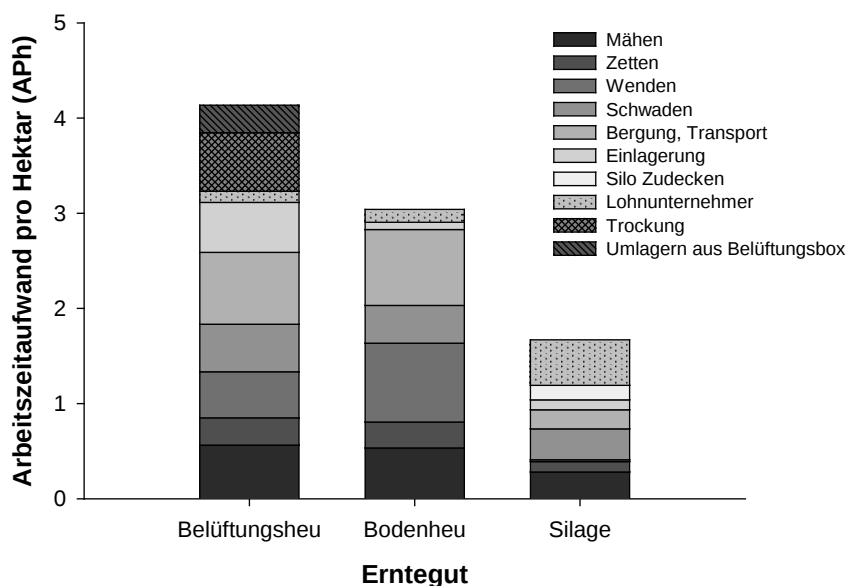


Abb. 5: Arbeitszeitaufwand pro Schnitthecktar für die einzelnen Arbeitsschritte bei der Belüftungsheu-, Bodenheu- und Grassilageproduktion

Die Ergebnisse zur Innenwirtschaft bzw. zum Arbeitszeitaufwand bei der Fütterung pro Kuh und Jahr sind in Abbildung 6 dargestellt. Es konnte entgegen den Erwartungen kein arbeitswirtschaftlicher Vorteil bei der Fütterung der Kühe an den untersuchten Betrieben mit überwiegend Belüftungsheufütterung im Vergleich zu Betrieben mit überwiegend Silagefütterung beobachtet werden. Es wird angenommen, dass andere innerbetriebliche

Bedingungen, die mit dem Füttern verbundenen sind, einen größeren Einfluss auf den Arbeitszeitaufwand hatten, als die Art des vorgelegten Grundfutters.

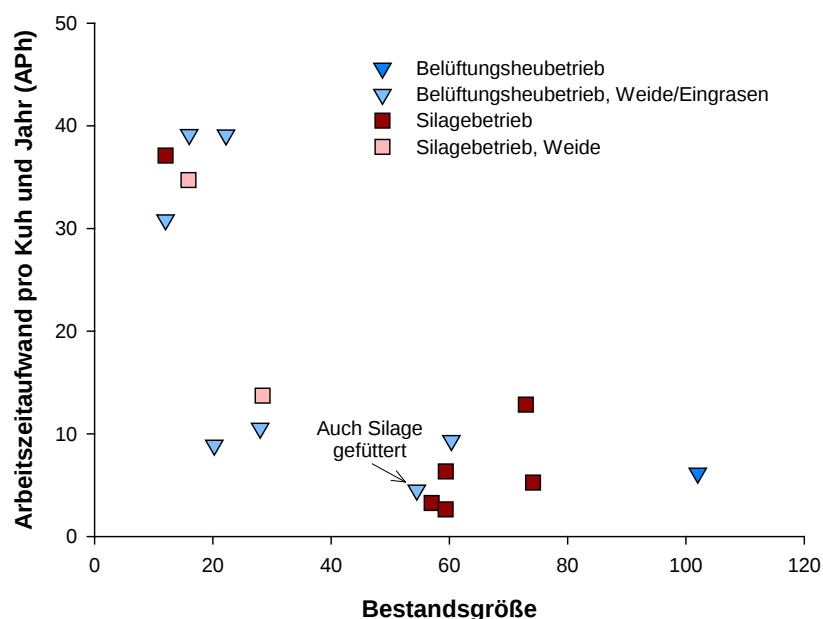


Abb. 6: Arbeitszeitaufwand pro Kuh und Jahr für das Füttern der Kühe

Der erhebliche Mehraufwand für die Belüftungsheuproduktion wurde bisher in der Literatur nicht festgestellt. So lag bei AMMANN (2007) der Arbeitszeitmehraufwand für die Produktion von Rundballen aus Bodenheu bei 106,6 % im Vergleich zu Feuchtheurundballen. Beim Vergleich der Feuchtheurundballen zu mittels Ballentrocknung getrockneter Rundballen lag der Arbeitszeitmehraufwand für die Trocknung bei 120,6 %, jeweils bezogen auf das gesamte Erntejahr. Die Losetrocknung lag in etwa auf demselben Niveau wie die Ernte von Rundballen aus Bodenheu. Ebenso ergaben die Studien von SCHICK UND STARK (2002) nur einen geringen Vorteil von 0,2 bis 0,3 AKh/ha bei der Grassilageproduktion mittels Feldhäcksler im Flachsilo im Vergleich zur Belüftungsheuproduktion mittels Ladewagen (und damals noch Dosieranlage mit Gebläse statt Heukran) in der Box. Dabei ist jedoch anzumerken, dass mit der damals verfügbaren bzw. eingesetzten Technik ein noch wesentlich höherer Arbeitszeitbedarf anzusetzen war, der je nach Flächengröße bei der Grassilageproduktion mit Feldhäcksler im Flachsilo zwischen 5 und 6 AKh/ha lag. Bei EICHHORN (1999) lag der Arbeitszeitaufwand für die Grassilageernte mit Feldhäcksler und Einlagerung im Flachsilo ebenfalls auf einem höheren Niveau. Bei zwei Ladewagen wurden 2,9 AKh/ha und bei einem Ladewagen 3,6 AKh/ha veranschlagt. Somit zeigen die aktuellen Ergebnisse zum einen, dass teilweise die Arbeitsorganisation effizienter wurde, zum anderen ist festzustellen, dass die größere Schlagkraft und Transportkapazität der Erntemaschinen einen entscheidenden Vorteil beim Arbeitszeitbedarf für die Grobfutterernte gebracht haben. Da die Belüftungsheuproduktion bisher nicht im Focus der Technikhersteller lag, ist davon auszugehen, dass z. B. durch größere Transportfahrzeuge, wie sie einige Landwirte im Eigenbau bereits verwirklicht haben (im Rahmen der Straßenverkehrsordnung) der Arbeitszeitbedarf für die Belüftungsheubergung ebenfalls noch gesenkt werden könnte. Die transportierte Frischmassemenge pro Ladewagen und somit das zur Verfügung stehende Ladevolumen ist derzeit der Flaschenhals bei der Belüftungsheuernte und könnte mit größeren Ladevolumina zu einer Zeitersparnis beitragen.

### 5.3 Kalkulationsmodelle für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs

#### Rahmenbedingungen für die Zeitstudien

Für die Erstellung der Arbeitszeitmodelle mussten in den Arbeitszeitstudien auch die eingefahrenen Heumengen und die TS-Gehalte ermittelt werden. In Abbildung 7 ist die eingefahrene Menge an Erntegut pro Fuhre und Schnitt dargestellt. Im Durchschnitt aller untersuchten Erntevorgänge lag die eingefahrene Menge bei 1,93 t Frischmasse. Es wurde jedoch eine große Schwankung zwischen den Schnitten bzw. auch innerhalb der Schnitte beobachtet. Diese Schwankungen können jedoch nicht nur dem Betrieb oder unterschiedlichen Ladewagen zugeschrieben werden. Größere Schwankungen zwischen den Fuhren konnten selbst an einem Betrieb bzw. sogar bei einem einzelnen Schnitt beobachtet werden (Abb. 8). Dies ist auch zu erwarten, da nicht bei allen Fuhren der Ladewagen gleichermaßen befüllt werden kann. Das Erntegut wurde nicht bei allen Betrieben bzw. bei jedem Schnitt lang eingefahren. Es gibt Betriebe, die grundsätzlich bei allen Schnitten das Erntegut beim Laden schneiden, andere setzen die Messer zum Schneiden nur beim ersten Schnitt ein. Es gab jedoch auch Betriebe die grundsätzlich das Heu nur lang (also nicht geschnitten) eingefahren haben. Die Differenzen bei den Lademengen sind jedoch auch auf unterschiedliche TS-Gehalte des eingefahrenen Ernteguts zurückzuführen, wie aus den Ergebnissen zum TS-Gehalt abgeleitet werden kann (Abb. 9). Dieser schwankt demzufolge auch innerhalb eines Schlages sehr stark (Abb. 10).

Als optimaler TS-Gehalt beim Einfahren wird ein Bereich zwischen 60 und 70 % empfohlen (WIRLEITNER ET AL., 2014; KÜMMEL, 2005). Bei den untersuchten Betrieben wurde eher trockener, also mit einem höheren TS-Gehalt eingefahren (Abb. 9). Bei der Mehrheit der Erntevorgänge lag bei allen Schnitten der TS-Gehalt über 60 % und bei über der Hälfte der Erntevorgänge lag der durchschnittliche TS-Gehalt sogar über 70 %. Dies lag zum einen an den häufig guten Wetterbedingungen während der Erntezeit. Zum anderen war es aber auch Ziel der Landwirte das Erntegut mit einem möglichst hohen TS-Gehalt zu Bergen, um variable Kosten bei der Belüftungstrocknung zu sparen. Der TS-Gehalt variierte sowohl zwischen den einzelnen Schnitten bzw. den einzelnen Chargen auf einem Betrieb (Abb. 10) als auch zwischen den einzelnen Fuhren, was, wie bereits erwähnt, zur Varianz bei der eingefahrenen Frischmassemenge pro Fuhre bei den einzelnen Erntevorgängen führte.

Der TS-Gehalt wurde auch nach der Trocknung, beim Umlagern, an einigen Betrieben erfasst. Bei fast allen untersuchten Proben lag der TS-Gehalt bei oder über dem empfohlenen Mindestwert von 86 %.

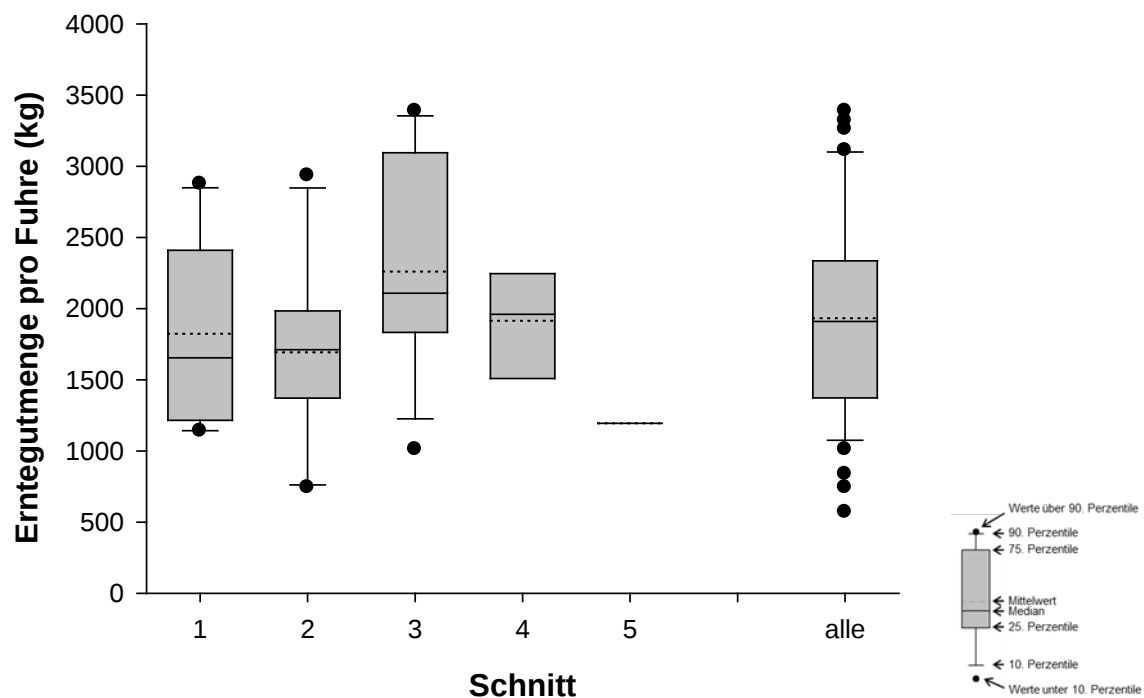


Abb. 7: Eingefahrene Erntegutmenge pro Fuhre (Frischmasse) bei den einzelnen Schnitten in den Jahren 2017 und 2018 (Anzahl der berücksichtigten Betriebe bei den einzelnen Schnitten sowie Anzahl Chargen pro Betrieb variieren)

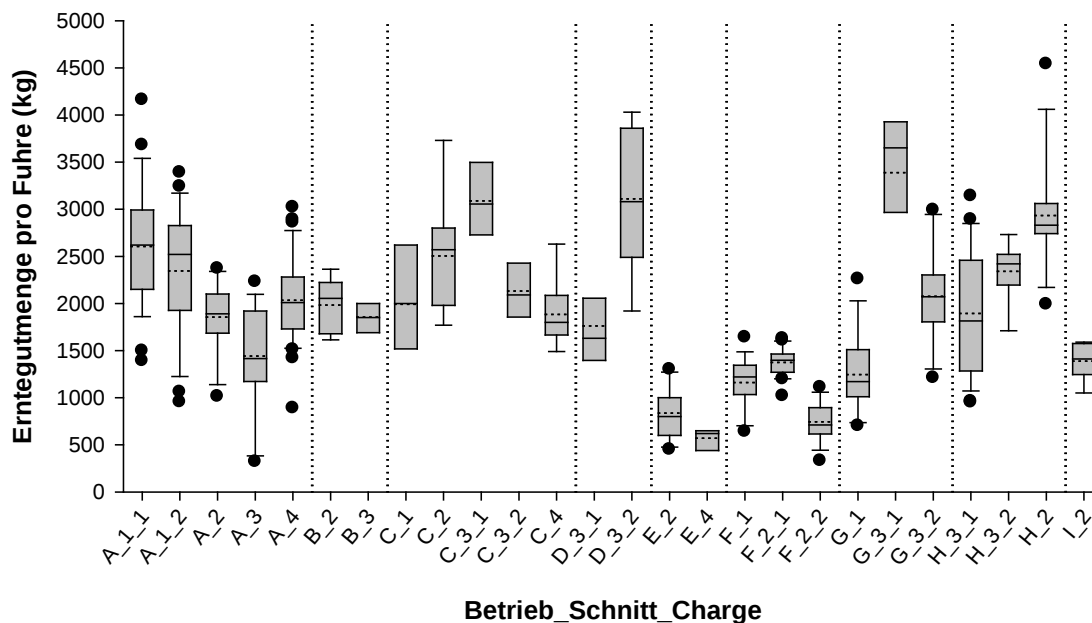


Abb. 8: Eingefahrene Erntegutmenge pro Fuhre (Frischmasse) bei den untersuchten Betrieben und einzelnen Schnitten bzw. Chargen im Jahr 2017 (Legende zum Box Plot siehe Abb. 7)

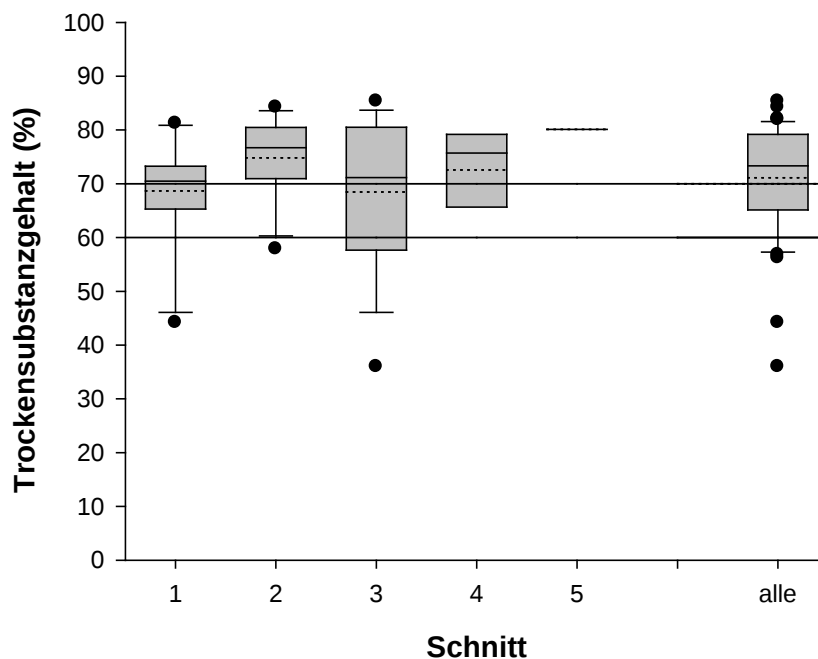


Abb. 9: Trockensubstanzgehalt beim Einfahren der einzelnen Schnitte in den Jahren 2017 und 2018 über alle Betriebe (Legende zum Box Plot siehe Abb. 7)

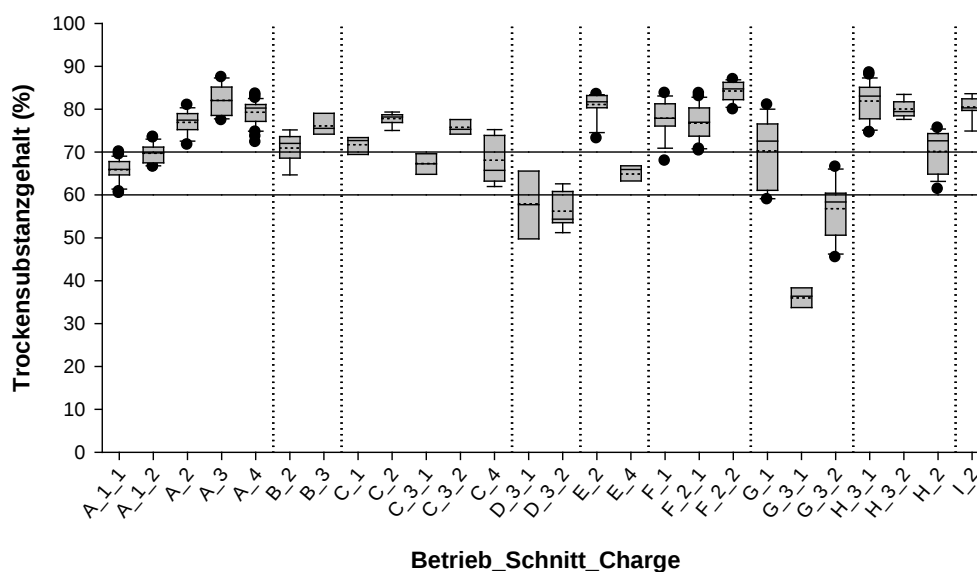


Abb. 10: Trockensubstanzgehalt beim Einfahren der einzelnen Schnitten bzw. Chargen im Jahr 2017 bei den Betrieben A bis I (Legende zum Box Plot siehe Abb. 7)

### Erste Ergebnisse zum Arbeitszeitbedarf beim Einfahren und Einlagern

Mit Hilfe von Kalkulationsmodellen soll der Arbeitszeitbedarf unter ausgewählten Bedingungen ermittelt werden, um damit z. B. eine Arbeitskräfteplanung oder einen Verfahrensvergleich durchzuführen oder bei der Anpassung der technischen Ausstattung einzelner Prozesse Ansatzpunkte zu finden.

Dies wird dadurch ermöglicht, dass die Planzeiten immer pro Einheit je kleinstes logisches Arbeitselement eines Vorgangs ermittelt werden. In die Kalkulationsmodelle werden anschließend ablaufgetreu alle durchzuführenden Arbeitselemente mit ihren Planzeiten und Einflussgrößen eingebaut und zum Gesamtverfahren zusammengesetzt. Mit Hilfe der erstellten Kalkulationsmodelle kann somit der Arbeitszeitbedarf unter vorgegebenen bzw. geplanten betriebspezifischen Bedingungen berechnet werden, da die Einflussgrößen in bestimmten logischen Bereichen verändert werden können.

Als Beispiel sind in Tabelle 2 vorläufige Planzeiten für die Arbeitselemente bei der Arbeit mit dem Heukran beim Heueinlagern in eine Trocknungsbox aufgelistet. Mittels der Kalkulationsmodelle kann nun für bestimmte Bedingungen die dafür benötigte Arbeitszeit errechnet werden. In Abbildung 11 wird dies am Beispiel der Greifergröße des Heukrans dargestellt. Je nach Greifergröße wird ein unterschiedlicher Arbeitszeitbedarf benötigt (Abb. 11).

*Tab.: 2: Vorläufige Planzeiten für Arbeitselemente durchgeführt beim Einlagern des Heus mit einem Heukran (diagonales Fahren möglich) von der Abladefläche in die Trocknungsbox*

| Arbeitselement                 | Einheit | Vorläufige Planzeit (cmin) |
|--------------------------------|---------|----------------------------|
| Auf Kran steigen und starten   | Vorgang | 33,88                      |
| Kranfahren leer                | m       | 1,06                       |
| Heu aufnehmen                  | Vorgang | 18,86                      |
| Kranfahren voll                | m       | 0,76                       |
| Heu abladen                    | Vorgang | 13,87                      |
| Kran ausschalten und absteigen | Vorgang | 22,38                      |

Ebenfalls kann der Arbeitszeitbedarf für das Einfahren des Heus mit einem Lagewagen in Abhängigkeit z. B. von der pro Fuhre und insgesamt transportierten Frischmasse berechnet werden. Bei der Berechnung wurde unterstellt, dass das Heu mit zwei Ladewagen parallel eingefahren wird. Resultierend steigt die Arbeitszeit je nach Lademenge und zu transportierender Frischmasse unterschiedlich schnell an (Abb. 12).

Mit den Kalkulationsmodellen ist es somit möglich zu berechnen, wie viel Arbeitskapazität unter bestimmten Bedingungen für diese Tätigkeiten benötigt wird. Wird der errechnete Arbeitszeitbedarf bei der Kranbedienung zusammen mit dem Arbeitszeitbedarf für das Einfahren mit zwei Ladewagen betrachtet, so kann die optimale Technikkombination für eine möglichst hohe Auslastung beider Techniken herausgefunden werden.

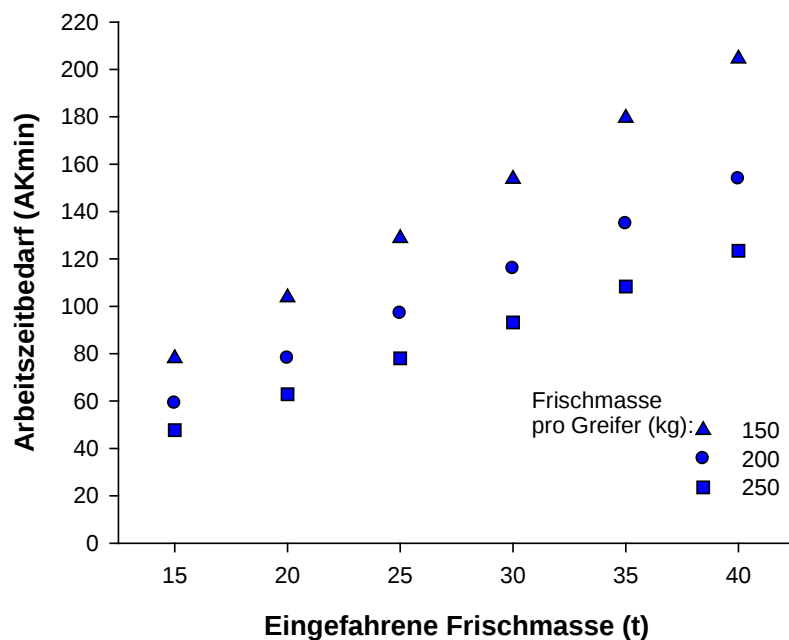


Abb. 11: Arbeitszeitbedarf für das Befüllen von Heuboxen mit dem Kran in Abhängigkeit von der Greifergröße (Annahmen: diagonale Fahrten beim Kran möglich; mittlere zu fahrende Strecke beim Kran 23,65 m; während des Einlagerns des Heus in die Trocknungsbox wird Heu an der Abladefläche von weiterer Arbeitsperson Richtung Trocknungsbox nachgeschoben)

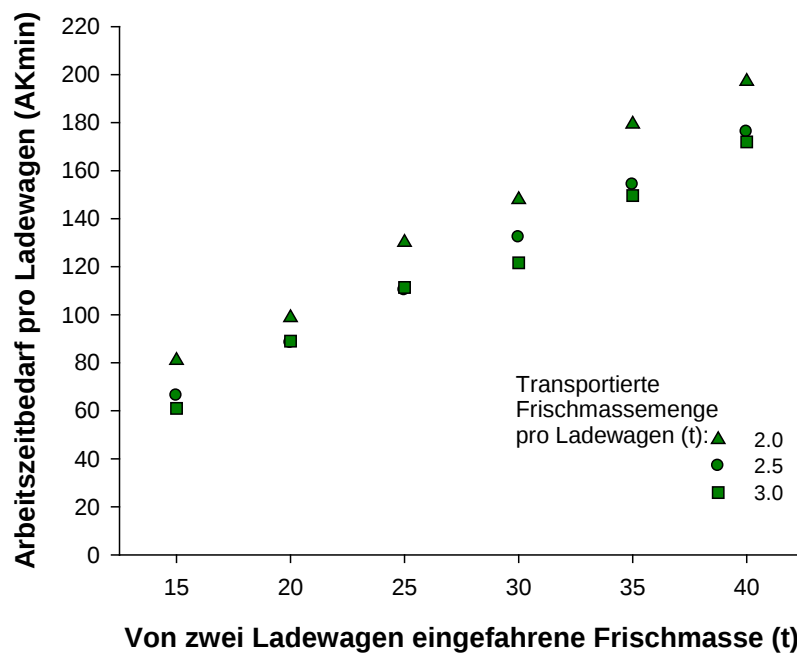


Abb. 12: Arbeitszeitbedarf für das Heueinfahren je Ladewagen in Abhängigkeit von der Ladewagengröße (Annahmen: Arbeitsbreite des Schwaders 12 m; 2 Ladewagen fahren parallel; Arbeitszeitbedarf je Fuhre für die einfache Strecke zwischen Feld und Abladefläche 5 min; Frischmasseertrag 2,4 t/ha; Trockenmassegehalt des Heus beim Einfahren 70 %)

Ebenso geben die Ergebnisse zu den Einflussgrößen bei den einzelnen Arbeitsschritten wichtige Hinweise für die optimale Kombination verschiedener Techniken, so ist es z. B. ratsam, bei einer Einfuhrleistung pro Ladewagen von 3 t Frischmasse einen Heukran mit einem Greifer, der pro Fahrt 250 kg Frischmasse transportieren kann einzusetzen, um keinen Flaschenhals bei der Einlagerung in die Belüftungsbox zu erzeugen.

Bei der Fütterung von Belüftungsheu konnte bisher das häufig von Praktikern postulierte Arbeitszeiteinsparpotential im Rahmen der Ist-Analyse auf mehreren Betrieben nicht gezeigt werden. Vielmehr zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit des Arbeitszeitaufwands für die Fütterung pro Kuh und Jahr von der Bestandsgröße. Die derzeit in der Erstellung befindlichen Kalkulationsmodelle werden die relevanten Einflussgrößen in diesem Bereich aufzeigen.

## 6 Fazit

Der Einsatz der neuen Techniken zur Heutrocknung in Heubelüftungsboxen erfordert einiges an Know-how von Seiten des Anlagenbetreibers. Genauso wichtig ist jedoch auch die exakte Steuerung mittels Temperatur- und Feuchtesensoren um mit möglichst geringem Energieaufwand Belüftungsheu zu produzieren. Bei richtigem Einsatz der Technik kann der angestrebte Wert von 0,31 kWh/kg Wasserentzug erreicht und teilweise sogar unterschritten werden.

Die ersten Ergebnisse zur Arbeitswirtschaft zeigen einen höheren Arbeitszeitaufwand für die Ernte von Belüftungsheu und keine Arbeitszeiterparnis beim Füttern von Belüftungsheu. Derzeit wird jedoch noch an der Weiterentwicklung der vorhandenen Kalkulationsmodelle sowie an der Erstellung von neuen Modellen für weitere Tätigkeiten bei der Belüftungsheuproduktion und -fütterung gearbeitet. Durch diese exakten Daten können entscheidende Einflussgrößen zur Optimierung der Arbeitsabläufe und Rationalisierung einzelner Arbeitsschritte identifiziert und quantifiziert werden. Ebenso liefern die Kalkulationsmodelle wichtige Hinweise zu optimalen Technikkombinationen.

Weiterführende Informationen (Liste der Technikhersteller, Faustzahlen zum Bau von Heubelüftungsanlagen usw.) sind auf der Internetseite <https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/162738/index.php> verfügbar. Entscheidend für die Wahl des Konservierungsverfahrens muss eine betriebswirtschaftliche Analyse unter Einbeziehung der aktuell am Betrieb verfügbaren Anlagen und Techniken, der fixen und variablen Kosten, arbeitswirtschaftlicher Erwägungen sowie der ggf. durch eine geänderte Vermarktung (z. B. garantiert traditionelle Spezialität (g. t. S.) Heumilch) erzielbaren Erlöse sein. Erste wirtschaftliche Betrachtungen zum Verfahren legen nahe, dass die Kosten für die Belüftungsheuproduktion und -fütterung im Vergleich zu Silage höher liegen und daher der Heumilchaufschlag für eine kostendeckende Milchproduktion notwendig ist (FRITZ, 2017).

## 7 Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung der Forschungsvorhabens A/15/03 und A/18/06.

## 8 Literaturverzeichnis

AMMANN, H. (2007): Feuchtheu als mögliche Konservierungsart für Raufutter. ART-Berichte Nr. 685, 12 Seiten.

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2015): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. 39. Auflage, 70 Seiten.

BLE (2017): Referenz für Niedrigenergie-Trocknungsanlagen, 3 Seiten.

[https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Bundesprogramm-Energieeffizienz/BerechnungEnergieeinsparungTrocknungsanlagen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Bundesprogramm-Energieeffizienz/BerechnungEnergieeinsparungTrocknungsanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=3), aufgerufen am 30.10.2018.

BMEL (2016): Energieeffizienz lohnt sich. Bundesprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau, 32 Seiten. [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Energieeffizienz-lohnt-sich.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Energieeffizienz-lohnt-sich.pdf?__blob=publicationFile), aufgerufen am 30.10.2018.

DIVERSE AUTOREN (2011): Endbericht zum Vorhaben: „Verbesserung der Arbeitsorganisation in bayerischen Milchviehbetrieben durch Analyse, vergleichende Bewertung und Optimierung verschiedener Bewirtschaftungsformen“. Unveröffentlicht.

EICHHORN, H. (1999): Landtechnik, (Hrsg.) Stuttgart, Ulmer, 7. Edition, 688 Seiten.

FRITZ, C. (2018): Ansatz zu einem ganzheitlichen Vergleich der Kosten und Erlöse von Bodenheu, Belüftungsheu und Grassilage. In: Tagungsband zur 45. Viehwirtschaftlichen Fachtagung vom 21. bis 22. März 2018 in Raumberg-Gumpenstein, Seite 75 bis 90.

GROTHMANN, A., NYDEGGER, F., HÄUSSERMANN, A. UND E. HARTUNG (2010): Automatische Fütterungssysteme (AFS) – Optimierungspotenzial im Milchviehstall. In: Landtechnik 2/2010, Seite 129 bis 131.

HESSE, J. (2007): Kosten und Arbeitszeitaufwand der Milchproduktion in Deutschland. Milchsymposium am 27. Januar 2007 in Berlin, Vortragsfolien. [http://bdm-verband.org/html/dms/dateien/downloads/Hesse\\_Berlin\\_2007.pdf](http://bdm-verband.org/html/dms/dateien/downloads/Hesse_Berlin_2007.pdf), aufgerufen am 16.01.2012.

KITTL, M., KREUZHUBER, D., ETLINGER, G., KALTENBERGER, F., KATZENSTEINER, H., KNIEPEIS, P. LENZ, V., PÖLLINGER, A., SCHMID, A., WEINGARTMANN, H., WERATSCHNIG, A. UND G. WIRLEITNER (2017): Heutrocknung – Technische Grundlagen für die Bauplanung. Hrsg.: Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung (ÖKL), Landtechnische Schriftenreihe 236, Wien, 64 Seiten.

KÜMMEL, A. (2005): Arbeitszeitbedarf in der Rinderhaltung – Erhebungen in Praxisbetrieben. 14 Seiten. [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1164588\\_11/rps\\_Arbeitszeitbedarf%20der%20Rinderhaltung%20-%20Erhebungen%20in%20Praxisbetrieben.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1164588_11/rps_Arbeitszeitbedarf%20der%20Rinderhaltung%20-%20Erhebungen%20in%20Praxisbetrieben.pdf), aufgerufen am 19.01.2012.

MAČUHOVÁ, J. UND B. HAIDN (2013): Zeit ist Geld! Zukunftsstrategien für bayerische Milchviehbetriebe. In: BLW 203 (39), Seite 52 bis 54.

MAČUHOVÁ, J. UND B. HAIDN (2014): Entwicklung eines Tools zur Durchführung einer arbeitswirtschaftlichen IST-Analyse in Milchviehbetrieben. In: 19. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau vom

11. bis 12. März 2014 in Dresden, Bornimer Agrartechnische Berichte, Heft 83, Hrsg.: ATP, Weihenstephan, Seite 92 bis 103.

NEUHOFFER, K. (2010): Heumilch-Produktion – Eine echte Chance? In: Physiologie und Verdauung, Mineralstoffversorgung, Milchproduktion, Gesundheitsmonitoring Rind, Rindfleischproduktion, Heumilch im Tagungsband zur 37. Viehwirtschaftlichen Fachtagung 2010 vom 13. bis 14. April 2010 in Raumberg-Gumpenstein, Seite 69 bis 70.

OVER, R. UND A. KÜMMEL (2006): Erst Effizienz, dann Mitarbeiter. In: DLG-Mitteilungen 7, Seite 20 bis 23.

PÖLLINGER, A. (2014): Heutrocknungsverfahren im Vergleich. In: Tagungsband zum 19. Alpenländischen Expertenforum 2014 am 3. April 2014 in Raumberg-Gumpenstein, Seite 35 bis 44.

PÖLLINGER, A. (2015): Technische Kennzahlen zu verschiedenen Heutrocknungsmethoden. In: Tagungsband zur 42. Viehwirtschaftlichen Tagung vom 25. bis 26. März 2015 in Raumberg-Gumpenstein, Seite 41 bis 48.

SCHICK, M. UND R. STARK (2002): Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. FAT-Berichte Nr. 588, 12 Seiten.

SCHWEIGER, A. (2016): Rotor-Ladetechnik in der alpinen Landwirtschaft. Vortrag im Rahmen der 13. Tagung Landtechnik im Alpenraum vom 13. bis 14. April 2016 in Feldkirch.

SPIEKERS, H. (2006): Grundlagen. In: Praxishandbuch Futterkonservierung – Silagebereitung, Siliermittel, Dosiergeräte, Silofolien. 7. Auflage 2006, DLG Verlags GmbH, Seite 7 bis 10.

THURNER, S. UND J. MAČUHOVÁ (2018): Konservierungsverfahren mit Potenzial. In: Badi-sche Bauern Zeitung 9/2018, Seite 27 bis 30.

THURNER, S. UND S. JAKSCHITZ-WILD (2015): Heubelüftung – ein altes Verfahren?! – Stand der Technik und neue Entwicklungen. In: Milchviehhaltung – nachhaltig und zukunftsorientiert, Tagungsband zur Landtechnisch-baulichen Jahrestagung am 26. November 2015 in Marktoberdorf, erschienen in Schriftenreihe der LfL, Hrsg.: Wendl, G., Seite 55 bis 72.

THURNER, S., SIMON, J., STÖTZEL, P., OHMAYER, G. UND A. SCHNEIDER (2017): Möglichkeiten der Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung zur Heubelüftung – Teil 1: Technische und bauliche Grundlagen, Förderung. In: Biogas Forum Bayern Nr. V – 27/2017, Hrsg. ALB Bayern e.V., 16 Seiten. Online verfügbar unter <http://www.biogas-forum-bayern.de/media/files/0004/2nutzung-von-kraftw-rmekopplung-zur-heubel-ftung-teil1.pdf>, aufgerufen am 27.10.2018.

WIRLEITNER, G. UND U. WYSS (2015): Richtlinien zur Trocknung von Rundballen. Agroscope Transfer Nr. 91/2015, 7 Seiten.

WIRLEITNER, G., ASCHAUER, C., JAKSCHITZ-WILD, S., KITTL, M., NEUHOFFER, K., NYDEGGER, F., OSTERTAG, J., PÖLLINGER, A., RESCH, R. UND S. THURNER (2014): Richtlinien für die Belüftungstrocknung von Heu. In: Der fortschrittliche Landwirt (Sonderbeilage) Heft 10/2014, Seite 17 bis 27.



## **Sommerlicher Hitzeschutz und Außenklimareize – Besondere Herausforderungen an den Bau eines Milchviehstalles**

Jochen Simon<sup>1</sup>, Bernhard Bauhofer<sup>2</sup>, Stephanie Geischeder<sup>1</sup>,  
Ferdinand Oberhardt<sup>1</sup> und Peter Stötzel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,  
Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing

<sup>2</sup>GfA Gesellschaft für Aerophysik mbH, Aidenbachstraße 52, 81379 München

### **Zusammenfassung**

Beim Bau von Außenklimaställen steht das Tierwohl im Vordergrund. Gleichzeitig kann mit dieser Bauweise der bauliche Aufwand reduziert und ein Beitrag zu einer wirtschaftlichen Milcherzeugung geleistet werden. Durch die zunehmende Leistung der Tiere und den Klimawandel spielt der sommerliche Hitzeschutz eine immer größere Rolle. Nicht überdachte Laufhöfe werden mehr und mehr fester Bestandteil zukunftsfähiger Stallanlagen. Diese geben den Tieren die Möglichkeit, sich dem direkten Außenklimareiz (Sonne, Regen und Schnee) auszusetzen. Bei einhäusigen Stallanlagen werden Laufhöfe in der Regel seitlich (giebel- oder traufseitig), bei mehrhäusigen zwischen den Teilbaukörpern angeordnet. Mit mehrhäusigen Stallanlagen kann der umbaute Raum und bei entsprechender Bauweise auch der Investitionsbedarf verringert werden. Dazu gewinnt der Laufhof für die Tiere durch die Verknüpfung mit dem Futtertisch an Attraktivität. Je nach Geometrie und Anordnung der Teilbaukörper kann es aber über die nicht überdachten Flächen zum vermehrten Eintrag von Schnee und unerwünschtem Schlagregen in die angrenzenden Funktionsbereiche (Liegeboxen, Futtertisch) kommen. Um dies zu verhindern, werden baulich sehr gut umsetzbare Lösungen vorgestellt.

Für die Fragestellungen sommerlicher Hitzeschutz und Verringerung des Niederschlags-eintrags ist es wichtig, die Wechselbeziehung der baulichen Ausführungsdetails zu kennen. Für den sommerlichen Hitzeschutz spielt weder die Baukörpergeometrie, die sich aus der Aufstallung (2-, 3- und 4-Reiher), der Gebäudehöhe und der Dachneigung ergibt, noch die Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen eine größere Rolle. Dagegen sind diese Kriterien bezüglich des Schlagregen- und Schneeeintrags bei integrierten Laufhöfen von zentraler Bedeutung. Für beide Fragen in gleicher Weise wirksam sind allein möglichst große Vordächer. Zur Reduzierung von Hitzestress-Stunden sollten mehrschichtige Dachaufbauten nach heutigem Kenntnisstand grundsätzlich den baulichen Mindeststandard darstellen. Der Einbau von schweren Dachaufbauten (z. B. Gründach) erbringt das größte Potenzial.

## 1 Einleitung

Stand der Technik bei der Errichtung von Milchviehställen ist der Außenklimastall. Insbesondere bei ganzjähriger Stallhaltung besteht das vorrangige Ziel, den Rindern aus physiologischen Gründen ein möglichst natürliches Stallklima zu bieten, d. h. den jahreszeitlich bedingten Verlauf des Außenklimas in den Stallanlagen fortzuführen. Dabei reduziert sich die Funktion der Gebäudehülle bzw. der Überdachung im eigentlichen Sinne auf die Schaffung von trockenen, zugfreien Liegeflächen, um bei den Milchkühen möglichst lange Liegezeiten zum Wiederkäuen zu erreichen sowie die Sicherung der Qualität des vorgelegten Futters am Futtertisch (HAIDN, 2016). Durch den Luftaustausch über große Öffnungen im Wand- und Dachbereich werden Schadgase, Luftfeuchtigkeit und Staub abtransportiert. Durch den Luftaustausch gelangt aber in der Übergangsjahreszeit und im Sommer gleichzeitig auch erwärmte Luft in die Stallanlagen. Dazu wirken die Dachflächen als Absorber der eingestrahlten Sonnenenergie, die sich in den Bauteilen als Wärmewelle fortsetzt und an der Unterseite als Strahlungsenergie abgegeben wird. Eine weitere Wärmequelle sind die Tiere, die über die eigene Stoffwechselleistung erhebliche Wärmemengen abgeben. In den letzten Jahren werden diese Effekte auch in unseren Breitengraden durch immer häufigere Extremsituationen mit Temperaturen über 30 °C verstärkt. Diese Folgen der Klimaerwärmung werden in den kommenden Jahren noch häufiger anzutreffen sein, da Experten für Deutschland bis zum Jahr 2055 einen weiteren Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur um bis zu 2,4 °C erwarten (WERNER ET AL., 2007).

## 2 Grundlagen zum Hitzestress bei Milchkühen

Erhöhte Temperaturen bedeuten nicht nur eine zusätzliche Belastung für den Menschen, sondern auch für das wärmesensible Rind. Sinkende Futteraufnahme, damit einhergehend eine sinkende Milchleistung, verschlechterte Fruchtbarkeit sowie eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit, insbesondere für Mastitiden, sind nur einige Anzeichen, die Landwirte bei ihren Milchkühen während der heißen Sommermonate beobachten können (DLG MERKBLATT 336, 2005). Sind die Tiere in ihrem Wohlbefinden durch die hohen Temperaturen beeinträchtigt, kann dies dem Landwirt wirtschaftlich bis zu 400 € pro Kuh und Jahr kosten (DUSSERT ET AL., 2012). Vor allem aufgrund fehlender Milchleistung und niedriger Fruchtbarkeit während der Sommermonate rückt das Problem des Hitzestresses bei Milchkühen in den letzten Jahren immer deutlicher in den Fokus der Landwirte. Zunächst haben Milchkühe aufgrund ihrer hohen Stoffwechselleistung, bedingt durch die Oxidation der Nährstoffe aus dem Futter und der Aktivität der Mikroorganismen im Pansen, eine hohe körpereigene Wärmeproduktion (Tab. 1). So werden etwa 31 % der mit dem Futter aufgenommenen Energie in Wärme umgesetzt. Diese Wärmeproduktion erhöht sich mit steigender Leistung, z. B. bei erhöhter Milchproduktion oder während der Trächtigkeit. Dabei liegt die thermoneutrale Zone, also der thermische Bereich, in dem sich die Milchkuh am wohlsten fühlt und keine bzw. kaum Energie für die Regulierung der Körpertemperatur benötigt, bei +4 °C bis +16 °C. Außerhalb dieser thermoneutralen Zone muss die Kuh vermehrt Energie aufwenden, um ihre Körperwärme aufrecht zu erhalten. Eine Kuh kann auf zwei Wegen die von ihr produzierte Körperwärme abgeben, um die Körpertemperatur konstant zu halten. Die erste Möglichkeit besteht in der trockenen bzw. sensiblen Wärmeabgabe. Diese kann durch Konvektion (Abtransport des Wärmepolsters um den Körper durch Luftströmung), Konduktion (direkte Wärmeübertragung von wärmerer an kältere Schicht) und Strahlung (Abgabe von langwelliger Wärmestrahlung) erfolgen. Die

trockene Wärmeabgabe nimmt mit steigender Lufttemperatur ab, wobei sie ab 20 °C allein nicht mehr ausreicht. Die zweite Möglichkeit, Körperwärme abzugeben, bietet die feuchte oder latente Wärmeabgabe. Hierzu zählen das Schwitzen oder die Wärmeabgabe über eine forcierte Atmung bis hin zum Hecheln. Die Tiere verlieren in Folge des Schwitzens Mineralstoffe (insb. Kalium) und ihre Wasseraufnahme kann auf bis zu 180 Liter pro Tag ansteigen. Begrenzt wird die latente Wärmeabgabe durch die relative Luftfeuchte, da mit zunehmender Sättigung die umgebende Luft den freiwerdenden Wasserdampf nicht mehr aufnehmen kann.

Tab. 1: *Kenndaten der Wärmeproduktion und Wasserdampfabgabe bei Hochleistungskühen (DLG MERKBLATT 336, 2005)*

| Umgebungs-<br>temperatur<br>in ° C | Gesamtwärme-<br>produktion<br>in Watt | Wärmeabgabe<br>(sens. Wärme)<br>in Watt | Wasserdampfproduktion<br>(latente Wärme)<br>in g/h |
|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| -10                                | ca. 3500                              | ca. 2800                                | ca. 1054                                           |
| 0                                  | ca. 2200                              | ca. 1800                                | ca. 650                                            |
| 10                                 | 1800                                  | 1400                                    | 600                                                |
| 20                                 | 1730                                  | 1120                                    | 880                                                |
| 30                                 | 1650                                  | 540                                     | 1640                                               |
| 35                                 | 1490                                  | 60                                      | 2100                                               |

Berechnung nach DIN 18910 für Kühe mit 10.000 kg Milchleistung pro Jahr

DLG-Merkblatt 336

Kann eine Kuh ihre Körperwärme nicht mehr in ausreichendem Maße an die Umgebung abgeben, kommt es zu einer Belastungssituation für das Tier, den sog. Hitzestress. Der Zeitpunkt ist abhängig von verschiedenen Klima- und Tierparametern. Um einschätzen zu können, wann eine Hitzestresssituation vorliegt und wie hoch das Gefährdungspotential für die Tiere ist, wurde der Temperature-Humidity-Index (THI) entwickelt. Dieser berechnet aus Lufttemperatur und relativer Luftfeuchte eine Kennzahl, anhand derer die Hitzestressbelastung bewertet werden kann. Ob eine Hitzestresssituation im Stall vorliegt, kann zum einen durch das Erfassen von Klimaparametern im Stall (Lufttemperatur und relative Luftfeuchte) sowie der Zuordnung zur THI-Tabelle (Tab. 2) und zum anderen durch das Beobachten der Tiere abgeschätzt werden. Eine erhöhte Atemfrequenz sowie erhöhte Unruhe im Stall mit vermehrt stehenden Tieren, die sich gehäuft um Stallöffnungen oder Tränken aufhalten, können wichtige Hinweise auf das Vorliegen einer Hitzestresssituation liefern. Damit es dazu erst gar nicht kommt, sollten bereits bei Planung und Bau einer Stallanlage Strategien gefunden werden, um den Aspekten (Koppelung an das Außenklima und Luftwechsel durch große Wandöffnungen) bei gleichzeitiger Vermeidung von übermäßiger Aufheizung vor allem im Sommer gerecht zu werden.

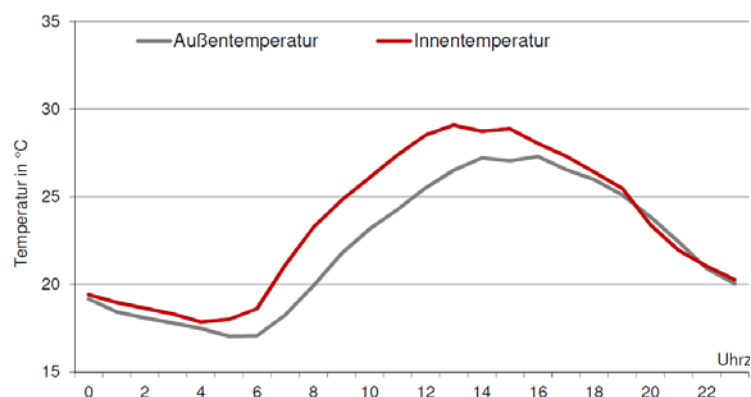
### **3 Bauliche Maßnahmen zur Verringerung des sommerlichen Hitzestresses**

#### **3.1 Stand des Wissens**

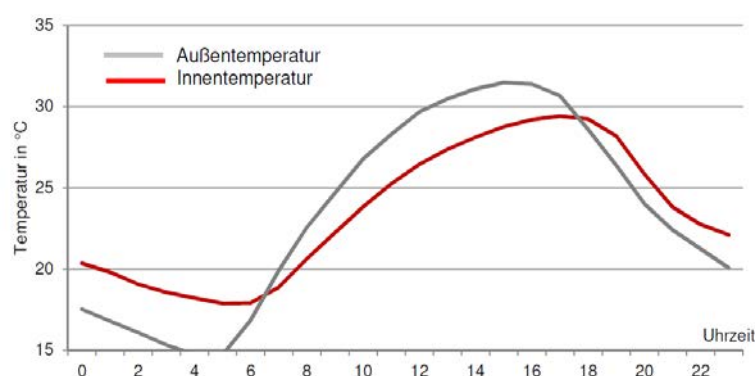
Bei der Temperaturhaltung von Gebäuden unterscheidet man Wärmequellen, also Wärme oberhalb der Innentemperatur, die dem Gebäude von außen zugeführt wird oder innerhalb entsteht und Wärmesenken, also Wärme, die dem Gebäude entzogen wird. Die Strategie für eine passive Reduzierung von Hitzestress durch Optimierung der Gebäudehülle bzw. der Konstruktion muss sein, die Wärmequellen zu reduzieren und die Wärmesenken bzw. deren Ausnutzung zu optimieren. Bei der Aufheizung eines Gebäudes im Sommer wirken die Transmission, d. h. die Wärmeleitung durch Bauteile auf Grund einer Temperaturdifferenz zwischen innen und außen in Abhängigkeit zu deren Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert). Dazu kommt die Konvektion, also der stoffliche Wärmetransport durch Flüssigkeiten oder Gase wie der Luft. Entscheidend für die transportierte Energiemenge sind die spezifische Wärmekapazität und Temperatur des Wärmeträgers sowie die Luftwechselrate. Die Luftwechselrate wird maßgeblich von der Windgeschwindigkeit, der Größe der Öffnungen und dem Strömungsverhalten aus der Baukörpergeometrie beeinflusst. Entscheidend dabei ist, ob an heißen Tagen und bei hohen Außentemperaturen überhaupt relevante Luftbewegungen genutzt werden können. Eine Auswertung der Daten von 6 Wetterstationen der LfL in Oberbayern der Jahre 2006 bis 2016 hat ergeben, dass 64 % der Stunden mit Temperaturen von über 20 °C eine Windstärke von 1,5 m/s (leiser Zug) und weniger aufweisen. An nur 4 % der Stunden mit Temperaturen von über 20 °C wurden Luftgeschwindigkeiten von mehr als 3,3 m/s (schwache Brise) gemessen. Weiter kommt es durch Radiation zum Wärmetransport durch elektromagnetische Strahlung. Die Strahlung kann, wenn sie auf einen Körper trifft, entweder reflektiert, absorbiert oder transmittiert werden. Transmittierte Strahlung wird im Gebäude, absorbierte Strahlung an der Gebäudehülle vollständig in Form von langwelliger Wärmestrahlung wieder abgegeben. Dabei hat die Farbe bzw. die Helligkeit des Baukörpers einen großen Einfluss auf den Absorptionsgrad von solarer Strahlung.

#### **3.2 Temperaturmessung auf Praxisbetrieben**

Um das Temperaturverhalten bei Milchviehställen in unterschiedlicher Bauweise zu dokumentieren, wurden an einem konventionellen Gebäude mit Satteldach und üblicher Dacheindeckung (MAČUHOVÁ ET AL., 2008) sowie an einer Anlage mit flach geneigten Gründächern umfangreiche Messungen durchgeführt, die auch einige sehr warme Hochsommertage umfassten (Abb. 1, Ziff. 1 & 2). Die gemessenen Temperaturverläufe am Beispiel des Betriebs G zeigen, dass über größere Zeiträume nach Sonnenaufgang die Innentemperatur ca. 2 - 3 °C über der Außentemperatur liegt. Weiterhin wird das Maximum der Innentemperatur vor der Außentemperatur erreicht, d. h. das Gebäude verhält sich genau umgekehrt zu dem in der Bauphysik angestrebten Ziel einer Phasenverschiebung der Innentemperatur in die späteren Nachmittagsstunden.



- 1) Mittlerer Temperaturverlauf vom 20.-25.06.2005 am Betrieb G bei mittlerer Luftbewegung am Curtain  $\sim 1$  m/s über gesamten Messzeitraum



- 2) Mittlerer Temperaturverlauf vom 03.-08.08.2015 am Betrieb Z mit Gründach und Kies-drainage nach Niederschlag

Abb. 1: Temperaturverlauf auf Praxisbetrieben

Im Vergleich zum Praxisbetrieb mit konventioneller Gebäudehülle zeigen die gemessenen Temperaturverläufe der Betriebe mit Gründach, dass nach Sonnenaufgang über größere Zeiträume die Innentemperaturen ca. 2 - 3 °C unter den Außentemperaturen liegen. Das Maximum der Innen- zur Außentemperatur ist um ca. 2 - 3 Std. nach hinten verschoben. Die durchgeführten Messungen zeigen, dass unterschiedliche Ausführungen der baulichen Hülle auch zu Unterschieden im Temperaturverhalten führen.

Differenzierte Aussagen dazu, welche baulichen Einflussfaktoren in welchem Maße dafür verantwortlich sind und wie weit eine Optimierung möglich ist, sind aber auf Grund der Vielzahl der unterschiedlichen Einflüsse und der schwer vergleichbaren Rahmenbedingungen (z. B. Tierbesatz, Klimadaten und Stallmanagement) über Messungen auf Praxisbetrieben nicht möglich. Deshalb wurde ein Simulationsprogramm eingesetzt, um unter gleichen Rahmenbedingungen das Optimierungspotential der unterschiedlichen baulichen Einflussfaktoren zu untersuchen.

### 3.3 Software zur thermischen Gebäudesimulation

Zur Simulation wurde das Programm WUFI Plus (Wärme und Feuchte instationär) des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (IRB) verwendet, das mit Hilfe realer Klimadaten und unter Berücksichtigung von inneren Wärme- und Feuchtelasten die hygrothermischen Bedingungen des Innenraumklimas simulieren kann. Für die Simulation der unterschiedli-

chen Dachaufbauten konnte auf abgeschlossene Forschungsvorhaben des IRB zurückgegriffen werden (KÖLSCH, 2015; SCHAFAZEK ET AL., 2013).

### 3.4 Vergleich verschiedener Gebäudemodelle

Für die Untersuchung freigelüfteter Milchviehställe mit hoher Luftwechselrate und hoher innerer Wärmeleistung der Tiere stellen sich folgende Fragen:

1. Welchen Einfluss hat der Gebäudetyp, der sich aus der Aufstallung (2-, 3- und 4-Reiher) ergibt, und die Gebäudegeometrie aus Bauvolumen und Dachneigung auf den sommerlichen Hitzeschutz?
2. Welche Ausrichtung kann zur Reduktion des solaren Energieeintrags den größten Beitrag leisten?
3. Tagsüber führt der direkte solare Energieeintrag auf die Gebäudehülle zur Erwärmung der Fassaden und Dachflächen. Diese geben die Energie in Form von langwelliger Wärmestrahlung in Abhängigkeit des Absorptionsverhaltens, der Wärmeleitfähigkeit, der Luftschichtdicken und der Wärmespeicherfähigkeit der Einzelschichten an den Innenraum weiter. Welcher Dachaufbau weist die größte Leistungsfähigkeit auf?
4. Welche Auswirkung haben Sonnenschutzmaßnahmen (z. B. Dachüberstände) auf die Verringerung der Hitzestressstunden (HSS)?
5. Bei Ost- und Westfassadenflächen ist wegen der flach einfallenden Morgen- und Nachmittagssonne eine ausreichende Verschattung allein über Dachüberstände mit einem vertretbaren baulichen Aufwand schwer möglich. Hat das temporäre und partielle Verschließen der Fassaden einen positiven Effekt auf das Aufheizen des Gebäudesinneren?

Um die Wirkung der baulichen Einflussfaktoren vergleichen zu können, wurden in Anlehnung an die Praxis Gebäudemodelle mit Aufstallungsvarianten (2-, 3- und 4-reihiger Laufstall) für die gleiche Tierzahl entwickelt (Abb. 2). Zur Vereinfachung wurde der Futtertisch auf die Länge des Liegebereichs des jeweiligen Aufstallungs-Typs begrenzt, so dass die Modelle kein übereinstimmendes Fressplatz : Tierverhältnis und damit gleiche Futtertischlängen aufweisen, woraus sich die Flächenverhältnisse pro Tierplatz gegenüber der Praxis leicht verschieben. Diese Modelle wurden u. a. hinsichtlich Orientierung, Gebäudegeometrie, Baukonstruktion, Lüftungssteuerung und passiver Bauteilkühlung untersucht. Für die Simulation wurden Wärme- und Feuchtelasten von 67 Milchkühen im Gebäude in Form konstanter Tagesprofile bei einer Temperatur im Stallinneren von 20 - 25 °C angenommen. Bei den Wärmelasten wurden Transmissionswärmeverluste bei den Tieren, die auf der Stahlbetonbodenplatte liegen, nicht berücksichtigt. Die Einflüsse der Luftwechselrate durch veränderte Fassadenöffnungen fließen über eine Massenbilanz der ausgetauschten Luft mit ein, wobei die Bewertung der Windgeschwindigkeiten und Strömungsverhältnisse im Gebäude durch natürliche Belüftung, auf Grund der weitgehend windarmen bayerischen Sommertage, nicht erfolgte.

Es wurde der Klimadatensatz des Jahres 2006 für Holzkirchen bei München verwendet, der mit Temperaturen und Strahlungswerten, die über dem langjährigen Mittel im Sommer liegen, einen Ausblick auf die Folgen des Klimawandels für das Stallklima zulässt. Für die verschiedenen Gebäudemodelle wurden Stundenwerte für die Lufttemperatur, die operative Temperatur und die Luftfeuchtigkeit im Stallinneren für den Zeitraum vom 01. April bis 30. September berechnet. Die operative Temperatur berücksichtigt zu gleichen Teilen sowohl die Lufttemperatur als auch die mittlere Bauteiltemperatur der inneren Hüllflächen und damit auch die Strahlung erwärmter Bauteile wie Dachflächen. Durch die

Verwendung der operativen Temperatur für die Berechnung des THI-Wertes geht neben der Lufttemperatur und -feuchtigkeit auch die Strahlung erwärmter Bauteile in die Berechnung ein. Folgende Formel wurde dabei verwendet (THOM, 1959):

$$\text{THI} = (0,8 \times \text{Temp.}) + [(\text{rel. Luftfeuchte} / 100 \times (\text{Temp.} - 14,4))] + 46,4$$

Die berechneten THI-Stundenwerte wurden über den gesamten Berechnungszeitraum summiert und hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials verglichen bzw. bewertet (Tab. 2).

Tab. 2: Auswirkung des THI auf Milchvieh (NACH CHASE, 2006)

| THI         | unter 68 | 68 - 71 | 72 - 79 | über 79 |
|-------------|----------|---------|---------|---------|
| Hitzestress | kein     | milder  | mäßig   | starker |

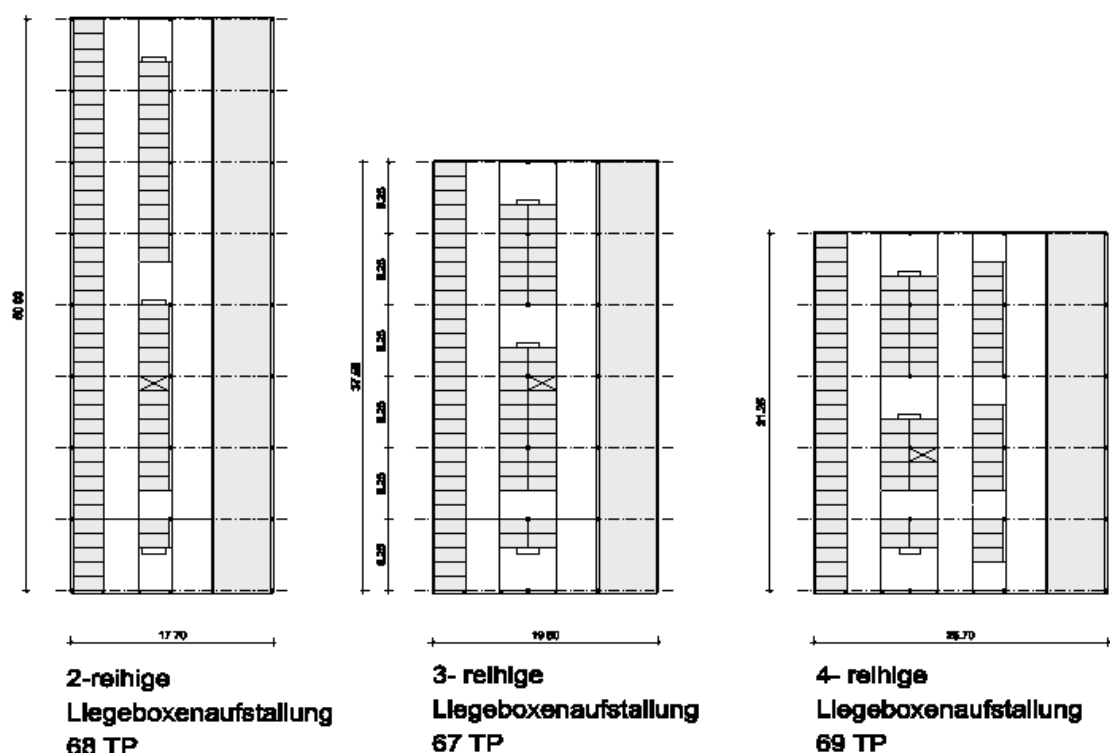


Abb. 2: Grundrisstypen, 2-, 3- und 4-Reiher

### 3.5 Ergebnisse im Bereich Bau

Für die Untersuchung wurde für alle Gebäudemodelle zunächst die gleiche baukonstruktive Hülle angenommen. Diese besteht in Anlehnung an die Praxis aus einer Wandverkleidung und Dachschalung in Holz sowie Curtains aus Kunststoff. Um den Einfluss der einzelnen Parameter exakt abgrenzen zu können, wurden die bei Stallgebäuden in der Praxis üblichen Lichtfirste zwar als Lüftungsöffnungen (Leckageflächen) angerechnet, ansonsten aber wegen des solaren Energieeintrags als verschattet angenommen. Die Eindeckung besteht aus Faserzementplatten. Für die baukonstruktiven Fragestellungen wurden die Dachaufbauten variiert.

## **Gebäudetyp**

Beim Vergleich der verschiedenen Gebäudetypen mit unterschiedlichen Aufstellungsvarianten weist der 2-Reiher etwas weniger Hitzestressstunden (HSS) auf, als der 3- und 4-Reiher (Abb. 3, Ziff. 1). Das liegt zum einen an dem, im Verhältnis zur Grundfläche, größeren Fassadenflächenanteil und der gegenüber den anderen Aufstellungsvarianten größeren Grundfläche, aus der wiederum eine größere thermische Puffermasse resultiert. Hieraus ergibt sich gegenüber den Praxisanlagen, bei denen bei gleichem Fressplatz : Tierverhältnis die 4-reihigen Anlagen den höchsten Flächenbedarf haben, eine gewisse Unschärfe. Dieser Unterschied wird noch etwas deutlicher, wenn die Öffnungsfläche bei allen Typen um 50 % verkleinert und damit die Luftwechselrate verringert wird. Diese kann z. B. durch anstehendes Gelände oder Anbauten an der Liegehalle verursacht werden. Dabei erhöhen sich die Hitzestressstunden beim 2-Reiher weniger als beim 3- und 4-Reiher.

## **Gebäudegeometrie (Dachneigung, Bauvolumen)**

Der Vergleich von jeweils zwei 4-reihigen Gebäudemodellen mit unterschiedlicher Dachneigung von 10° und 30° bei gleichem Dachaufbau zeigt, dass ein größeres Luftvolumen im Stall bei gleichem Luftwechsel und gleicher Fassadenöffnung keine Reduzierung der HSS zur Folge hat. Die Größe des Gebäudeluftvolumens kann somit als thermische Puffermasse vernachlässigt werden (Abb. 3, Ziff. 2).

## **Orientierung**

Untersucht wurde für alle Grundrissvarianten die Orientierung des Firstes in Ost-West- sowie in Nord-Südrichtung. Hinsichtlich der unterschiedlichen Orientierung der Gebäudemodelle zeigen sich nur geringfügige Unterschiede (Abb. 3, Ziff. 3). So liegt die Summe der HSS bei allen Modellen mit First in Ost-Westrichtung etwa um 15 HSS niedriger als bei den Modellen mit First in Nord-Südrichtung.

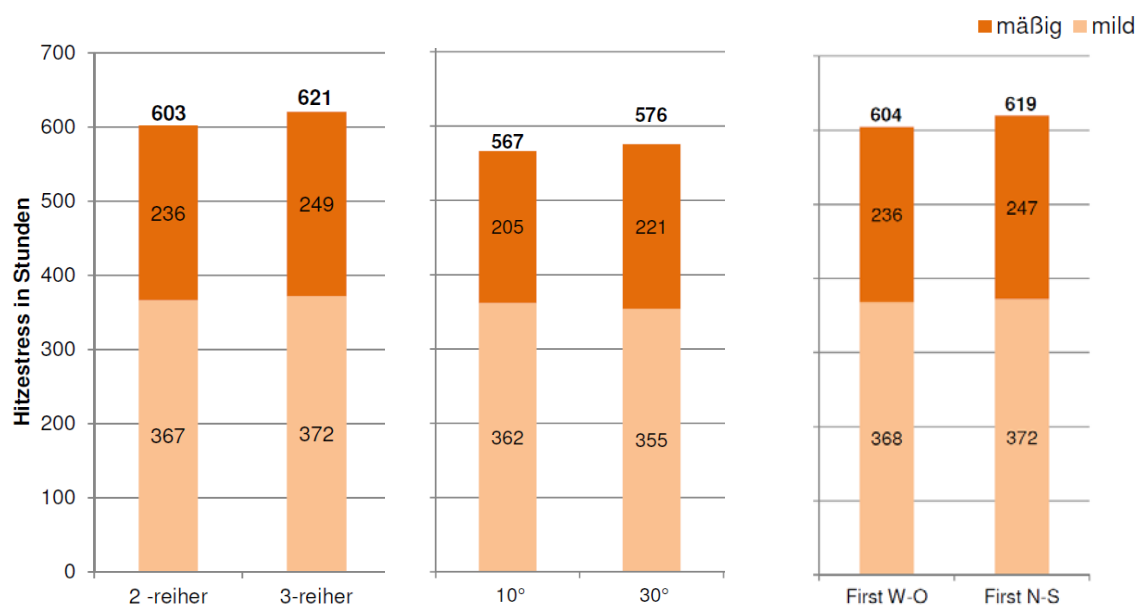
## **Dachaufbauten**

Der Einfluss unterschiedlicher Dachaufbauten auf die HSS ist auf Grund der unterschiedlichen Wärmestrahlung, die ins Stallinnere gelangt, erheblich (Abb. 4). Am Beispiel eines 3-Reiher Modells mit verschiedenen Aufbauten schneiden einschalige Dachaufbauten aus Ziegeln oder Blech am schlechtesten ab. Die Unterschiede innerhalb dieser Gruppe sind dabei auf die unterschiedlichen Absorptionsgrade der Oberflächen zurückzuführen. Zweischalige Dachaufbauten mit Holzschalung (24 mm) und Sandwichelemente mit Wärmedämmung (40 mm) schneiden besser ab. Schwere, mehrschichtige Aufbauten wie Brettstapeldecken ( $d = 10$  cm) und Gründächer zeigen noch größere Vorteile. Ein schwerer Gründachaufbau mit einer Festkörperdrainage aus 50 mm Kies auf einer Schalung aus 38 mm starken zementgebundenen Spanplatten hatte die wenigsten HSS. Grund dafür ist die höhere Masse der zementgebundenen Spanplatten im Vergleich zu einer Holzschalung und die höhere Wärmeleitfähigkeit dieses Materials. Diese hat zur Folge, dass der Kühleffekt aus der Verdunstung des Wassers besser nach unten weitergeleitet wird. Auf Grund dieser Eigenschaft wäre der Einsatz dieses Werkstoffes in Kombination mit einer Dachbegrünung im ganzjährigen Einsatz bei Stallanlagen für die Milchviehhaltung zu prüfen.

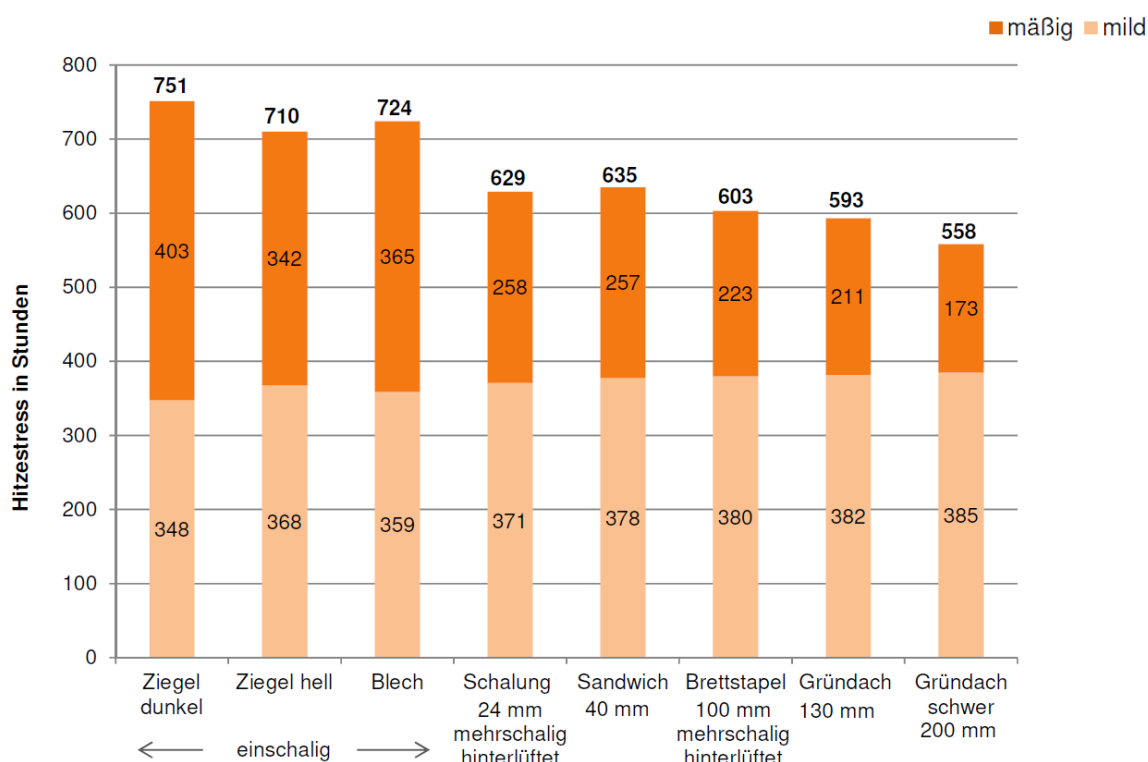
## **Gründächer**

Eine Besonderheit hinsichtlich der Verringerung von Wärmespitzen stellen Gründächer dar. Diese beruht auf verschiedenen Eigenschaften dieser Dachausführung. Bei Niederschlägen nehmen die einzelnen Schichten zunächst Wasser auf, welches durch

Verdunstung über Pflanzen und Substrat wieder an die Atmosphäre abgeben wird. Gleichzeitig heizt sich in Abhängigkeit der Vegetationsdichte die Dachhaut vergleichsweise wenig auf und die hohe Masse des Aufbaus sorgt für eine deutliche Phasenverschiebung der Wärmespitzen. Je nach Aufbau kann ein Gründach auch erheblichen Einfluss auf die zugänglichen Speichermassen des Stallinnenraums und somit in Verbindung mit einer Nachtauskühlung einen großen Einfluss auf das Absorbieren von Wärmespitzen haben.



1) Gebäudetyp                      2) Gebäudegeometrie                      3) Orientierung  
Abb. 3: Hitzestress in Stunden aus thermischer Simulation mit WUFI



Gebäudetyp 3-Reiher mit unterschiedlichen Dachaufbauten

Abb. 4: Hitzestress in Stunden aus thermischer Simulation mit WUFI

Das größte Potential zur Temperatursenkung liegt allerdings in der Verdunstung von Wasser über Pflanzen und Substrat. Da im Gegensatz zum Dachaufbau konventioneller Gebäude im Stallbau für Milchkühe keine Wärmedämmung notwendig ist, besteht die Möglichkeit, durch Optimierung des Schichtenaufbaus und der Vegetationsschicht diese passive Kühlleistung für den Innenraum zu nutzen. Es wird erwartet, dass eine zusätzliche moderate Bewässerung diesen Effekt noch verstärkt. In der Simulation hat sich gezeigt, dass insbesondere beim Einbau von Brettstapeldecken darauf zu achten ist, dass es während der Rohbauzeit zu keinem Feuchtigkeitseintrag durch Regen bzw. während des Betriebs zu keinen Undichtigkeiten kommt, da diese Feuchtigkeit unter der Dichtungsbahn nur über mehrjährige Zeiträume wieder abtrocknet. Anders verhält es sich hier bei der Kombination von Brettschichtholz mit klassischen mehrschichtigen Dachaufbauten mit Hinterlüftung, die diesbezüglich unproblematisch sind.

### Fassadenöffnung

Der Einfluss der Größe der Fassadenöffnungen und damit des Luftwechsels auf die Summe der HSS ist mit einer Differenz von 220 HSS von geöffnet (100%) zu geschlossen (0%) ebenfalls erheblich (Abb. 5, Ziff. 1). Dies zeigt, wie wichtig der Luftwechsel auch im Sommer ist. Bemerkenswert dabei ist, dass bei dem untersuchten 3-Reiher Modell die Summe der HSS erst dann deutlich zunimmt, wenn die Fassaden weniger als 75 %, bezogen auf die Gesamtfläche beider Trauffassaden, geöffnet sind.

### Sonnenschutz

Gebäude ohne wirkungsvollen Sonnenschutz der Fassaden (z.B. Dachüberstände, Lamellen, Bäumen etc.) aber mit unveränderter Luftwechselrate weisen im Mittel 7,5% mehr HSS auf, als solche mit Sonnenschutz. Dachoberlichter oder nicht verschattete Lichtfirste können dieses Ergebnis weiter negativ beeinflussen (Abb. 5, Ziff. 2).

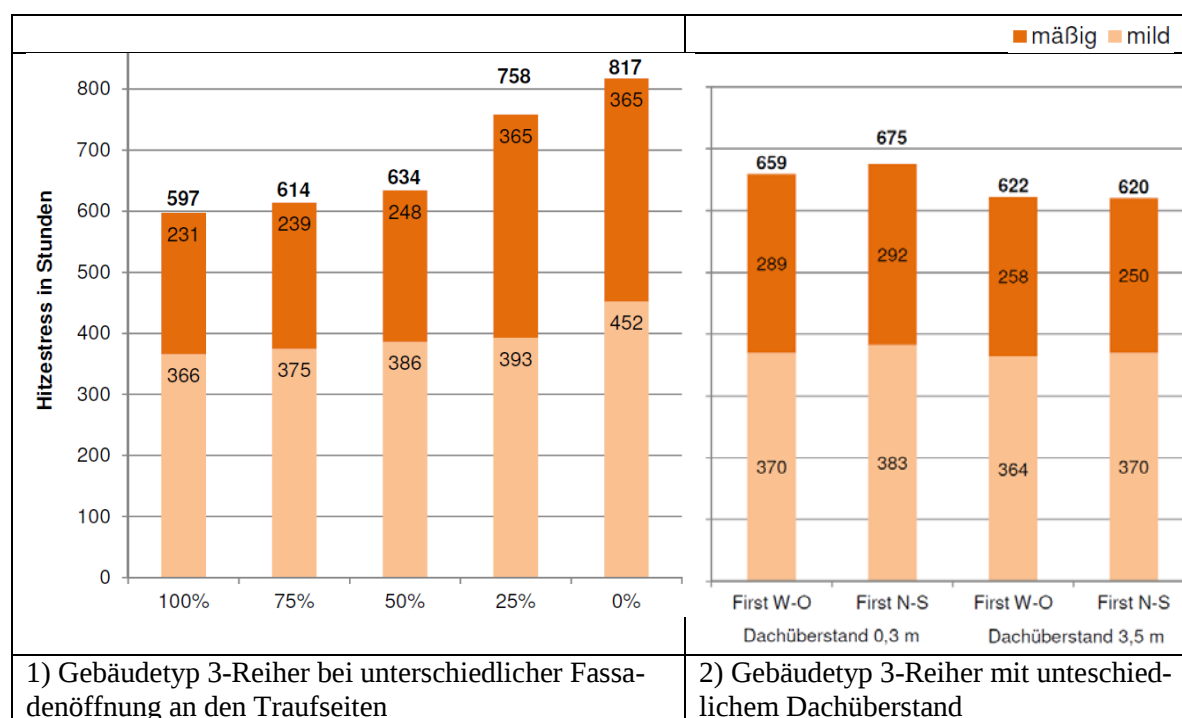


Abb. 5: Hitzestress in Stunden aus thermischer Simulation mit WUFI

## 4 Bauliche Gestaltung von Laufhöfen

Bei einhäusigen Stallanlagen, bei denen alle Funktionsbereiche (Liegen, Laufen, Fressen, ggf. Melken) in einem geschlossenen Hallentragwerk untergebracht sind, werden nicht überdachte Laufhöfe außerhalb des Baukörpers in der Regel trauf- oder giebelseitig angeordnet. Zum Teil dienen diese Flächen nur dem Auslauf ins Freie, zum Teil werden sie mit anderen Funktionen, wie z. B. dem Wartebereich bei einem separaten Melkhaus, kombiniert. Bei mehrhäusigen Stallanlagen werden die einzelnen Funktionsbereiche (in der Regel Liegen, Futtervorlage) jeweils separat überdacht. Der Bereich zwischen den Teilgebäuden steht den Tieren als Aktivitätsbereich, z. B. in Funktionseinheit mit dem Futtertisch als nicht überdachter Fressgang zur Verfügung.

Die Weide gilt als ideale Haltungsform für Milchvieh. Kann diese aus betrieblichen Gründen auch halbjährlich nicht umgesetzt werden (ganzjährige Stallhaltung), gelten im Ökolandbau die Vorgaben der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 (EG-Öko-VO) sowie die bayerischen Festlegungen zur Durchführung der Grundregeln des ökologischen Landbaus gem. EG-Öko-VO (Tab. 3). Über diese Vorgaben hinaus sind bei mehrhäusigen Stallanlagen mit innenliegenden Laufhöfen im Bereich zwischen den Teilbaukörpern, mit Ausnahme der Giebelwandflächen, keine fest eingebauten Bauteile zugelassen.

Zur Steigerung des Tierwohls müssen seit der Förderperiode 2014 auch konventionelle Betriebe einen in Teilen nicht überdachten Laufhof nach den Kriterien zur besonders tiergerechten Haltung (BTH) im Rahmen der einzelbetrieblichen Investitionsförderung (EIF) aufweisen (Tab. 4). Wurde zunächst zwischen Basisförderung (u. a. ohne Laufhof) und Premiumförderung (u. a. mit Laufhof) unterschieden, ist der Laufhof zwischenzeitlich obligatorisch. Auf einen Auslauf kann bei einer Stallmodernisierung verzichtet werden, wenn dieser aufgrund der Stalllage nicht möglich ist und mindestens 7 m<sup>2</sup>/GV Stallfläche zur Verfügung gestellt werden.

Tab. 3: Vorgaben gem. EG-Öko-VO bzw. Bayerische Festlegungen

|                                                                                                                                                                                        | Stallfläche<br>(den Tieren zur Verfügung stehende Nettofläche) |                                   | Außenfläche<br>(Freilandflächen, ausgenommen Weideflächen) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                        | Mindestleibendgewicht<br>(kg)                                  | m <sup>2</sup> /Tier              | m <sup>2</sup> /Tier                                       |
| Milchkühe <sup>1</sup>                                                                                                                                                                 |                                                                | 6,0                               | 4,5 <sup>2,3</sup>                                         |
| Zuchtrinder                                                                                                                                                                            | ≤ 100 kg                                                       | 1,5                               | 1,1 <sup>2,3</sup>                                         |
|                                                                                                                                                                                        | ≤ 200 kg                                                       | 2,5                               | 1,9 <sup>2,3</sup>                                         |
|                                                                                                                                                                                        | ≤ 350 kg                                                       | 4,0                               | 3,0 <sup>2,3</sup>                                         |
|                                                                                                                                                                                        | ≥ 350 kg                                                       | 5,0 (≥ 1,0 m <sup>2</sup> /100kg) | 3,7 (≥ 0,75 m <sup>2</sup> /100kg) <sup>2,3</sup>          |
| Zuchtbulle                                                                                                                                                                             |                                                                | 10,0                              | 30,0 <sup>2,3</sup>                                        |
|                                                                                                                                                                                        |                                                                |                                   |                                                            |
| <sup>1</sup> Für alle Teile der Herde (Laktierende, Abkalbende, Trockensteher etc.), Fressplatz : Tierverhältnis = 1 : 1 bzw. 1 : 1,2 (bei ganztägiger Futtervorlage)                  |                                                                |                                   |                                                            |
| <sup>2</sup> Davon nicht überdacht: 25 % der Außenfläche gem. Bayerische Festlegungen, wenn keine eindeutige Trennung zwischen Stall- und Freiflächen erkennbar (z.B. Außenklimastall) |                                                                |                                   |                                                            |
| <sup>3</sup> Nicht erforderlich bei 6 Monaten Weidegang                                                                                                                                |                                                                |                                   |                                                            |

Tab. 4: Vorgaben gem. EIF

|                                                                                                                                                                                                                     | Stallfläche |                      | Auslauf                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                     |             | m <sup>2</sup> /Tier | m <sup>2</sup> /Tier                |
| Milchkühe <sup>4</sup>                                                                                                                                                                                              |             | 5,5                  | 1/3 der Herde x 4,5 <sup>5, 6</sup> |
|                                                                                                                                                                                                                     |             |                      |                                     |
| <sup>4</sup> Ges. Herde (Laktierende, Trockensteher), Fressplatz : Tierverhältnis = 1 : 1 bzw. 1 : 1,2 (bei ständigem Zugang zum Futter durch geeignete technische oder manuelle Verfahren) sowie 1 : 1,5 (bei AMS) |             |                      |                                     |
| <sup>5</sup> Davon nicht überdacht: 2/3 der Auslauffläche                                                                                                                                                           |             |                      |                                     |
| <sup>6</sup> Wird der größten Gruppe der Herde zur Verfügung gestellt                                                                                                                                               |             |                      |                                     |

Ziel ist, dass jedes Tier im Laufe eines Produktionszyklus die Möglichkeit hat, den Auslauf zu nutzen. Diese Fläche wird in der Regel der größten Gruppe zugeordnet. Der Trockensteherbereich sowie Sonder- und Jungviehbereiche benötigen keinen Laufhof. Bei Stallerweiterungen ist er nur für den neu errichteten Funktionsbereich nachzuweisen. Bei mehrhäusigen Anlagen sind zwischen den Teilbaukörpern nur statisch wirksame, untergeordnete Konstruktionen zulässig, die der Aussteifung dienen. Dieses Kriterium ist nicht erfüllt, wenn Binder oder Sparren in der Dachebene mehrfach durchlaufen. Bei einhäusigen Bauweisen mit seitlich angeordneten Laufhöfen beträgt deren Mindestbreite 3 m, es sei denn, die notwendige Auslauffläche liegt unter 9 m<sup>2</sup>.

#### 4.1 Stand des Wissens zur Funktionssicherheit nicht überdachter Laufhöfe

Bezüglich des potenziellen Regen- und Schneeeintrags muss zunächst zwischen den Bauweisen unterschieden werden. Bei einhäusigen Stallanlagen mit trauf- oder giebelseitig angeordneten Laufhöfen sind diese sowohl im Sommer als auch im Winter voll bewittert, da das angrenzende Gebäude je nach Anströmrichtung nur von einer Seite Schutz bietet. Daher kann es im Winter bei Schneefall und Eisbildung zu einem vollkommenen Erliegen des Entmistungsverfahrens (Schieber, Spalten) kommen (Abb. 6). Die Funktionsbereiche unter Dach können dagegen durch Verschlüsse in den Außenwänden und Lichtfirste vollständig vor Witterungseintrag geschützt werden.

Bei mehrhäusigen Stallanlagen mit Satteldachkonstruktionen sind Fälle bekannt, bei denen sich zwischen den Teilgebäuden vermehrt Schnee gefangen und auf dem Laufhof abgelagert hat. Dagegen zeigen der Erfahrungsbericht des Landwirts bzw. erste Beobachtungen bei einem Pilotbetrieb im Landkreis Rosenheim (durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge von >1.200 mm im Nahbereich der Berge), bei dem zwei flach geneigte Pultdachgebäude (7° Dachneigung) satteldachartig zueinander gestellt wurden, so dass die Firste auf gleicher Höhe liegen, dass bei Firstausrichtung der Stallanlage nach Nord-Süd (Traufen in West- bzw. Ostrichtung) der Schneeeintrag im Bereich der nicht überdachten Laufflächen vernachlässigt werden kann (Abb. 7).



Abb. 6: Blick auf den nicht überdachten Laufhof einer Stallanlage für Milchkühe im Winter

Wie in Abbildung 7, Bild 1 - 4 erkennbar, ist selbst bei einer außen gemessenen Schneehöhe von z. B. 25 cm am 20.02.2012 der Schneeeintrag im Stall selber gering. Mit aufgehender Sonne und der ersten Aufnahme um 08.34 Uhr ist der Schneeeintrag auf dem rechten Teilbild erkennbar (roter Pfeil, die hellen Flecken im Bildvordergrund entstehen durch Lichtreflexionen auf den Laufflächen). 10 Minuten später (Bild 3, 08:44 Uhr) wird dieser durch den Schieber mittransportiert. Gegen 09:04 Uhr (Bild 4) hat sich wieder eine dünne Schneedecke aufgebaut, die durch die Tiere beim Laufen zusammengetreten oder zu einem späteren Zeitpunkt erneut vom Schieber entfernt wird. Auf diesem Praxisbetrieb



Bild 1: 20.02.2012 | 08:34 Uhr

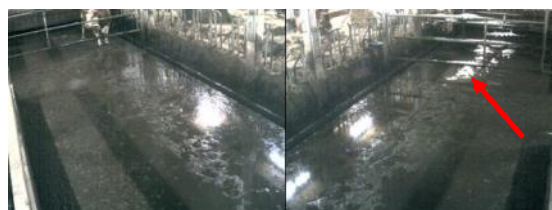


Bild 2: 20.02.2012 | 08:39 Uhr



Bild 3: 20.02.2012 | 08:44 Uhr



Bild 4: 20.02.2012 | 09:04 Uhr

Abb. 7: Ausschnitt aus Fotodokumentation des Schneeeintrags am Betrieb K (roter Pfeil = Schneeeintrag)

hat sich aber auch gezeigt, dass es bei widrigen Witterungsverhältnissen (z. B. Gewitterereignisse im Sommer von Westen) an wenigen Tagen im Jahr zu unerwünschten Schlagregeneffekten in Richtung der angrenzenden Funktionsflächen (hier: Futtertisch) kommen kann (Abb. 8).

Zur Erreichung der im Planungsprozess notwendigen Planungssicherheit fehlten für diese Phänomene jedoch bislang systematische Dauermessungen sowie abgesicherte Erklärungen aus der Gebäudeaerodynamik.

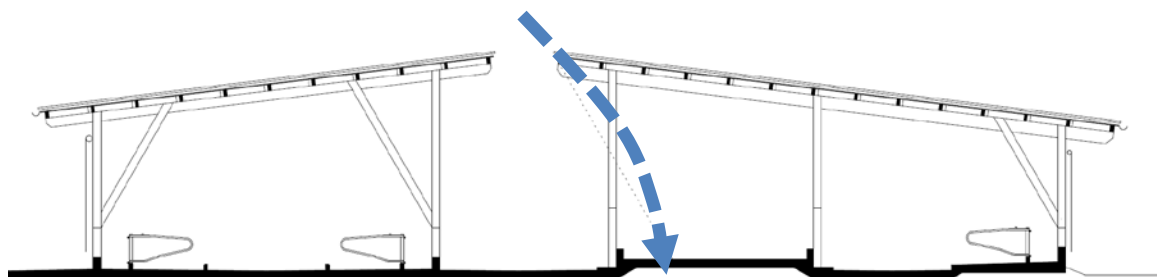
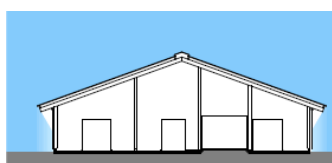


Abb. 8: Schnitt durch Liegehalle am Praxisbetrieb K mit möglichem Schlagregeneintrag am Futtertisch bei Starkwind/-Regen von Westen

## 4.2 Planung und Ausführung von Laufhöfen

Bei mehrhäusigen Anlagen werden die Funktionsflächen in voneinander baulich getrennten Teilgebäuden untergebracht. Bezüglich der Bauweise der Teilgebäude werden üblicherweise Sattel- oder Pultdachkonstruktionen umgesetzt (Abb. 9). Bei den Satteldachlösungen werden z. B. eine große Liegehalle und eine untergeordnete Futtertischüberdachung miteinander kombiniert (Typ MH 1) oder die Teilbaukörper annähernd gleich groß bzw. spiegelsymmetrisch ausgeführt (MH 2). Bei den Pultdachlösungen unterscheiden sich diese insbesondere durch die Zuordnung der Pultdächer und die unterschiedliche Dachneigung bzw. Gebäudehöhe. Satteldachförmig, also mit den Firsten zueinander sind die Typen MH 3 und 4 angeordnet. Aus der Frage, ob aus der Umkehrung der Pultdächer und Gegenüberstellung der Traufen eine bessere Nutzung der Vordächer gegen Schlagregeneintrag im Bereich der nicht überdachten Laufhöfe erreicht werden kann, wird ein sog. Schmetterlingsdach untersucht (MH 5).

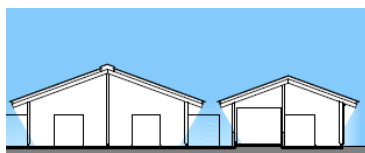
Hinsichtlich der Nutzungsfrequenz der Laufhofflächen durch die Tiere haben sich als begünstigende Faktoren erwiesen: Ein entsprechendes Flächenangebot (gleichzeitige Nutzungsmöglichkeit durch mehrere Tiere bzw. Bedarf an Ausweichflächen), die Orientierung nach der Sonne im Frühjahr, Herbst und Winter (Aufwärmen), der Niederschlagseintrag im Sommer (Abkühlung), die Verfügbarkeit über den Tagesverlauf und die Ausstattung (Tränke, Raufe, Kratzbürste). Bei der Vorlage der Grundfütterration im Laufhof erhöhen sich die Aufenthalts- bzw. Nutzungszeiten erheblich (VAN CAENEGEM ET AL. 1997). Dieser Effekt wird bei mehrhäusigen Baulösungen genutzt, indem der Fressgang gleichzeitig als nicht überdachter Laufhof ausgeführt wird.



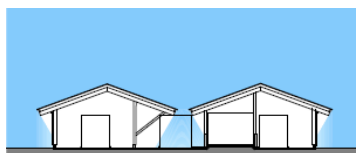
Einhäusige Stallanlage mit separatem Laufhof (hier Annahme Lage Laufhof auf Giebelseite)

EH 1

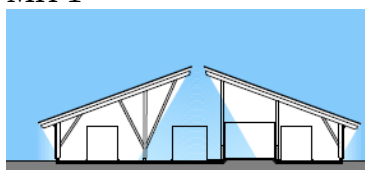
Mehrhäusige Stallanlagen mit integriertem Laufhof



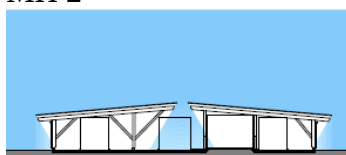
MH 1



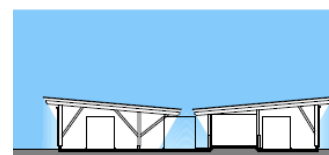
MH 2



MH 3



MH 4



MH 5

Abb. 9: Varianten der Anordnung von seitlichen und integrierten Laufhöfen sowie Bauweisen mehrhäusiger Stallanlagen

### 4.3 Grundlagen für den Eintrag von Regen und Schnee in nicht überdachte Laufhöfe

Bei Windstille ist der Eintrag von Regen und Schnee in die nicht überdachten Laufhofbereiche den gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen. Zunächst kleine Regentropfen folgen entweder der Schwerkraft und fallen nach unten oder werden durch eine aufwärtsgerichtete thermische Strömung in der Schwebe gehalten bzw. nach oben transportiert. Durch Berührung einzelner Tropfen untereinander können größere Tropfen entstehen, die eine höhere Fallgeschwindigkeit erreichen und dann unter dem Einfluss der Schwerkraft nach unten fallen (CZIESIELSKI, 1981). Da Schneeflocken eine große Oberfläche und somit einen hohen Luftwiderstand haben, fallen sie mit Geschwindigkeiten von ca. 4 km/h im Vergleich zu mittelschwerem Regen mit ca. 20 km/h verhältnismäßig langsam. Dabei ist die Fallgeschwindigkeit von Schneeflocken weitgehend unabhängig von ihrer Größe, da die Oberfläche der Flocken annähernd proportional zu ihrer Größe wächst, wodurch der Luftwiderstand in etwa konstant bleibt (GEERTS, 2000). Die Menge, die letztlich bei Windstille auf der Laufhofbodenplatte als Niederschlag ankommt, wird von der Lage des Laufhofes (außen- bzw. innenliegend) und ggf. bei innenliegenden Laufhöfen von thermischen Effekten durch Temperaturunterschiede zwischen der aus dem Stallinnenbereich aufsteigenden erwärmten Luft und der kälteren Außenluft abhängen.

Bei Witterungseintrag unter Windeinwirkung wirken zur Schwerkraft strömungsmechanische bzw. gebäudeaerodynamische Vorgänge. Dabei wird im Rahmen dieser Untersuchung davon ausgegangen, dass durch die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der beiden Niederschlagsarten der Eintrag von Regen in die nicht überdachten Laufhöfe bzw. angrenzenden Funktionsbereiche weniger von den Druck- und Strömungsverhältnissen im Nahbereich der Baukörper beeinflusst wird. Vielmehr entsteht durch das Einwirken einer seitlichen Windkraft Schlagregen, der in Abhängigkeit zu Dachüberständen und

Trauf- bzw. Firsthöhe im Randbereich der überdachten Flächen auftritt und gegebenenfalls dort liegende Liegeboxen bzw. den Futtertisch vernässt. Da die wesentlichen Kräfte, die den Impuls für den Schlagregen geben, weit oberhalb des Gebäudes wirken, wird der mögliche Eintrag des Schlagregens für die Gebäudevarianten mit einem festen Eintragswinkel geometrisch ermittelt. Der Aspekt, dass der Einfallswinkel sowohl auf der Leeseite einhäusiger als auch bei windgeschützten innenliegenden Laufhöfen durch den wegfallenden Windimpuls abgeschwächt wird, wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter berücksichtigt.

Unter Windeinfluss wird dagegen der Schneeeintrag durch die große Windangriffsfläche der Schneeflocken, die geringe Fallgeschwindigkeit und das geringe Gewicht viel stärker von der Um- und Durchströmung des Gebäudes und den daraus resultierenden Druckverhältnissen im nicht überdachten Bereich zwischen den Teilbaukörpern abhängen. Darüber hinaus werden auch hier thermische Effekte durch Temperaturunterschiede zwischen erwärmter, aufsteigender Stallinnenluft und kälterer Außenluft wirken, die über Beobachtungen und Messungen in der Praxis untersucht werden müssen.

Das in der Natur vorherrschende Windströmungsfeld, das an der Durchströmung des Gebäudes und den daraus resultierenden Druckverhältnissen maßgeblich beteiligt ist, wird durch die Bodenbeschaffenheit, d. h. die Rauigkeit der Oberfläche durch eine eventuell vorhandene Bebauung, Vegetation o. ä. sowie die topografischen Verhältnisse beeinflusst. Hieraus resultiert eine Geschwindigkeitsverteilung über die Höhe, bei der mit zunehmendem Abstand vom Boden eine Erhöhung der Windgeschwindigkeit verbunden ist. In Abhängigkeit der Oberflächenrauigkeit wird auch die Turbulenz der Windströmung, d. h. die lokalen Schwankungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit ausgebildet (MOOR, 1987). Im Nahbereich der Stallanlage sind gegebenenfalls die Bebauungsdichte sowie die Höhe und Form der Gebäude und vor allem die bauliche Anordnung der Stallanlage (hier Teilbaukörper bei mehrhäusigen Bauweisen) entscheidend.

Messungen in der Praxis gestalten sich vor allem auf Grund der Turbulenz der Windströmung sowie der genannten variablen Einflussparameter an den jeweiligen Standorten als äußerst schwierig. Die fehlende Konstanz der Anströmung hat zur Folge, dass die Messungen in der Regel nicht unter gleichen Bedingungen wiederholbar sind. Numerisch gestützte Rechenmodelle sind für technische Anwendungen (z. B. Automobilbau, Luftfahrttechnik) entwickelt und etabliert, für Berechnungen der Winddruckverteilung in Gebäuden dagegen sehr aufwändig und in ihrer Aussagekraft z. T. begrenzt. Zur Abschätzung des Schneeeintrags in die nicht überdachten Laufhöfe und angrenzenden Funktionsbereiche eignen sich Windkanalversuche methodisch sehr gut und werden daher für diese Fragestellungen verwendet. Da dieser technische Aufwand bei einhäusigen Stallanlagen mit direkt bewitterten außenliegenden Laufhofflächen an den Trauf- bzw. Giebelwänden keine zusätzlichen Informationen liefert, wird diese Anordnungsweise nur in der Schlussbewertung den Ergebnissen der mehrhäusigen Bauweisen gegenübergestellt.

#### **4.4 Messung der Winddruckverteilungen im Windkanal**

Anhand von Literaturdaten können für einfache Baukörper das sich ausbildende Strömungsfeld und die sich einstellenden Winddruckverteilungen erläutert werden. Im Luvbereich werden die auftreffenden Luftmassen aufgestaut, woraus zum einen Überdruck (Vorzeichen positiv bzw. „+“) auf den angeströmten Fassaden entsteht. Die verdrängte Strömung löst sich an den Gebäudekanten ab und wird in einer beschleunigten Bewegung um und über das Gebäude transportiert. In Folge erhöht sich sowohl im Dachbereich als

auch an den Längsseiten die Strömungsgeschwindigkeit. In der abgelösten und beschleunigten Strömung entstehen Unterdrücke bzw. „Sog“ (Vorzeichen negativ bzw. „-“). Auf der windabgewandten Seite der Gebäude stellt sich gleichfalls durch die Leewirkung eine Windabschwächung mit moderaten Sogwirkungen ein (Abb. 10).

Bei Anströmung der Gebäude über Eck ergeben sich zusätzliche Strömungseffekte mit stark schwankenden Druckverteilungen. Die Gebäudekante „schneidet“ das Windfeld in zwei Teile. Insbesondere bei Dachneigungen kleiner  $10^\circ$  entstehen in Folge von Ablösewirbeln (sog. „Tütenwirbel“) an den Dachkanten große Unterdrücke (Abb. 10).

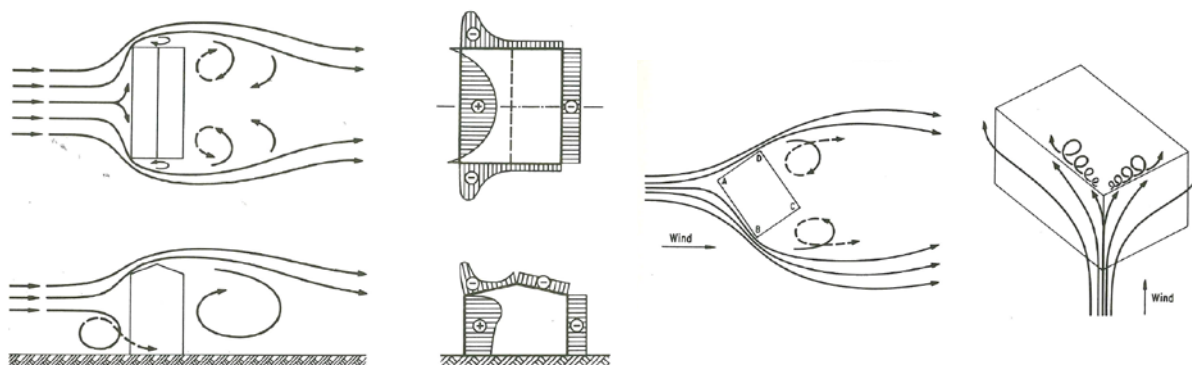


Abb. 10: Rechteckiges Gebäude bei senkrechter Anströmung zur Längsseite mit schematischer Druckverteilung und rechteckiges Gebäude bei Anströmung über Eck (Moor, 1987)

Bei den hier untersuchten mehrhäusigen Gebäudemodellen mit nicht überdachten Funktionsbereichen zwischen den Teilgebäuden ist zunächst der im Bereich der Öffnungsflächen in der Gebäudehülle angreifende Winddruck bzw. Windsog in Abhängigkeit der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit zu messen. Für die Bewertung der windbedingten Durchströmung sind diese Drücke als Differenz zum Innendruck darzustellen.

Der sich im Gebäudeinnern einstellende windbedingte Innendruck ist dabei von der jeweiligen Öffnungskonfiguration (Größe der einzelnen Öffnungen und Leckagen) und von der Windrichtung sowie von der Windgeschwindigkeit abhängig. Bei einer stationären Betrachtung können die ein- und austretenden Luftmengen über Massenbilanzierungs-Gleichungen rechnerisch ermittelt werden. Für die Abschätzung des Schneeeintrages sind die so ermittelten Luftvolumenströme in Betrag und Richtung maßgeblich. Darüber hinaus ist von Interesse, ob sich hier die jeweiligen Gebäudevarianten grundsätzlich unterscheiden. Instationäre Vorgänge infolge eines pulsierenden Ein- und Ausströmens bleiben dabei untergeordnet.

Für einen möglichst witterungsunabhängigen Lüftungsbetrieb der mehrhäusigen Bauweisen mit nicht überdachten Laufhöfen wird angestrebt, dass die Zuluft im bodennahen Bereich durch einen windbedingten Überdruck über die Fassaden zugeführt und als Abluft im dachnahen Bereich durch einen windbedingten Unterdruck (Sog) wieder ins Freie geführt wird. Dadurch soll möglichst ausgeschlossen werden, dass infolge widriger Windbedingungen Außenluft im dachnahen Bereich in das Gebäude einströmt und dabei Schnee in größeren Mengen in den Bereich der nicht überdachten Laufhöfe transportieren kann. Dabei hat das Nutzerverhalten durch Öffnen und Schließen der Wandverschlüsse einen maßgeblichen Einfluss hinsichtlich der Druck- und Sogverhältnisse an den Fassaden und im Gebäudeinnern (MOOR, 1987).

## 4.5 Ergebnisse zum Schneeeintrag

Als Modellvarianten wurden bisher aus den Anordnungsvarianten (Abb. 9) die Typen MH 3 mit 20° sowie MH 4 und 5 mit den Dachneigungen 3°, 9° und 20° untersucht. Als Anströmrichtungen wurde Wind senkrecht auf die Traufen (180°), über Eck (225°) und senkrecht auf die Giebel (270°) angenommen.

Die dargestellten Untersuchungsergebnisse für die Modelle MH 3 - 5 zeigen zunächst die ein- und ausströmende Luft bei geschlossenen Fassaden. Dies entspricht den Praxiserfahrungen der Landwirte bei Schneefall. Aus den baulichen Gegebenheiten leitet sich ein Leckage-Anteil in den Wänden von ca. 3,0 % (Abstand Curtains und Tore von Fassade) sowie als ständig geöffneter Bereich die nicht überdachten Laufhöfe zwischen den Teilbaukörpern mit einer Lichte von ca. 1,40 m ab. Die im Windkanal simulierte Windgeschwindigkeit liegt bei 3 m/s in 10 m Höhe.

### Druck- und Sogverhältnisse bei der Satteldachanordnung (MH 3 & 4)

Für die Fragestellung der Druck- und Sogverhältnisse über Leckagen in den Wandflächen und die nicht überdachten Laufhofflächen zeigt sich für alle drei Anströmrichtungen, dass in der Regel im Wand- und nicht überdachten Laufhofbereich gleichzeitig Luft ein- und ausströmt (Abb. 11, siehe Teilsummen für Druck und Sog innerhalb der jeweiligen Bereiche). Einzig bei Typ MH 3 ist der Sog über Leckagen in der Wand bei Anströmung über Eck (225°) gleich Null (Bild 4). Entscheidend für die Fragestellung, ob über die Leckagen in den Wandflächen mehr Luft einströmt und über die nicht überdachten Laufhofbereiche mehr Luft ausströmt, ist die Differenz zwischen den Teilsummen für Druck und Sog (s. „Diff. Wand“ bzw. „Diff. Laufhof“). Hier zeigt sich für alle Varianten, dass dieses Ziel bei der Annahme vollständig geschlossener Fassaden zunächst erreicht wird, d.h. es herrscht für alle Modelle und alle Anströmrichtungen im Bereich der Wände überwiegend Druck und im Bereich der nicht überdachten Laufhofflächen überwiegend Sog. Beim Vergleich der Dachneigungen zeigt sich, dass mit der Steilheit der Dächer der Sog im Bereich der nicht überdachten Laufhofflächen steigt (s. z. B. Anströmung über Eck (225°): Von 45.608 m<sup>3</sup>/h bei Typ MH 4 mit 3° Dachneigung auf 135.717 m<sup>3</sup>/h bei Typ MH 3 mit 20° Dachneigung). Das würde sich zunächst positiv auf die Verringerung des Schneeeintrags auswirken.

Gleichzeitig steigt aber auch der Eintrag von Luft durch Druck im Bereich der nicht überdachten Laufhoffläche (s. z. B. Teilsummen Druck bei Anströmung über Eck (225°): +14.667 m<sup>3</sup>/h bei MH 4 und +67.597 m<sup>3</sup>/h bei MH 3). D.h., dass es hier partiell zu einem höheren Schneeeintrag kommen wird. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass Druck im Bereich der nicht überdachten Laufhofflächen zumindest bei geschlossenen Fassaden nicht vermieden, wohl aber die Menge der einströmenden Luft z. B. durch die Dachneigung beeinflusst werden kann. Dabei ist der Volumenstrom durch Druck von +3.988 m<sup>3</sup>/h im Bereich der nicht überdachten Laufhofflächen bei der senkrechten Anströmung der Traufwände (270° = Wind aus West bei Gebäudeausrichtung Nord-Süd als eine typische Konstellation in der Praxis) bei MH 4 besonders niedrig. Dieses Ergebnis ist eine Erklärung für die geringen Schneeeinträge bei o.g. Praxisbetrieb.

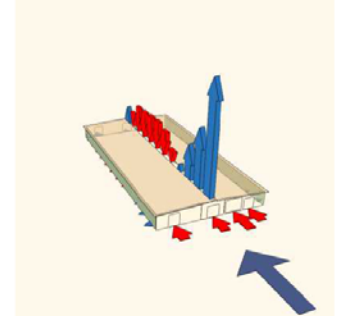
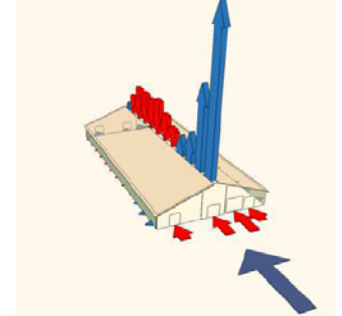
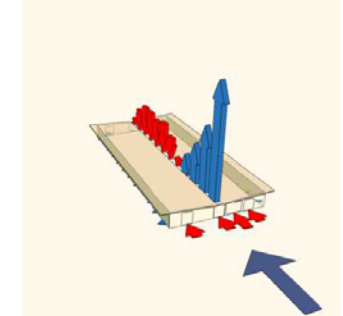
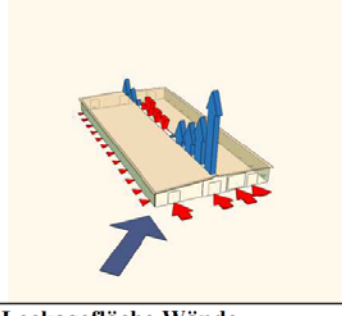
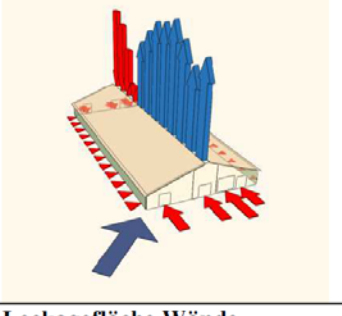
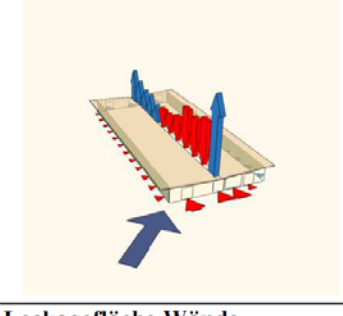
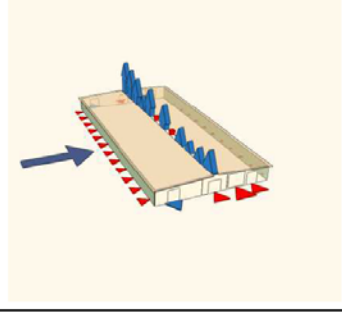
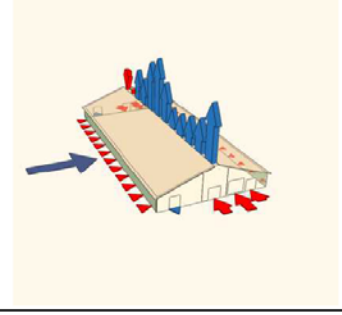
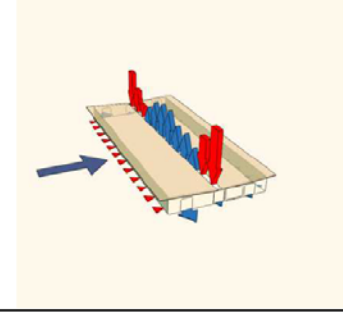
|                          | Satteldachanordnung                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Schmetterlingsdach                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | MH 4 Dachneigung 3°                                                                                                                                                                                                                                                                                          | MH 3 20°                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | MH 5 3°                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Wind giebelseitig - 180° |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                         |
|                          | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 34.740   - 21.593 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 13.147 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 51.251   - 64.398 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 13.147 m³/h</b> | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 41.533   - 21.331 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 20.202 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 61.308   - 81.510 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 20.202 m³/h</b> | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 30.866   - 21.186 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 9.680 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 56.783   - 66.463 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 9.680 m³/h</b> |
|                          | Bild 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bild 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bild 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Wind über Eck - 225°     |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                        |
|                          | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 55.345   - 9.737 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 45.608 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 14.667   - 60.275 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 45.608 m³/h</b>  | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 135.717   0 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 135.717 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 67.597   - 203.314 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 135.717 m³/h</b>    | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 37.093   - 31.529 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 5.564 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 55.974   - 61.538 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 5.564 m³/h</b> |
|                          | Bild 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bild 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bild 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Wind traufseitig - 270°  |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                       |
|                          | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 69.264   - 8.010 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 61.254 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 3.988   - 65.242 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 61.254 m³/h</b>   | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 103.638   - 6.129 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 97.509 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 8.294   - 105.803 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 97.509 m³/h</b> | <b>Leckagefläche Wände</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 29.350   - 26.277 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Wände <b>+ 3.073 m³/h</b><br><b>Nicht überdachter Laufhof</b><br>$\Sigma \text{ Druck}   \text{Sog} + 49.332   - 52.405 \text{ [m}^3/\text{h]}$<br>Diff. Laufhof <b>- 3.073 m³/h</b> |
|                          | Bild 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bild 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Bild 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Abb. 11: Ein- und ausströmende Luft über Druck und Sog bei unterschiedlichen Gebäudetypen und Anströmrichtungen (Windgeschwindigkeit 3 m/s in 10 m Höhe)

Bei der senkrechten Anströmung auf die Giebelwände ( $180^\circ$ ) kommt es in Folge von Ablösungen an den Dachkanten zu erhöhten Sogerscheinungen im ersten Drittel hinter dem Giebel mit extremen Sogspitzen auf den ersten Metern. Hinter diesem Sogbereich herrscht über ca. 2/3 der Gebäudelänge Druck, d. h. es strömt Luft in den Stall ein. Ob das mit der Schneeeintragsmenge korreliert oder ob es durch den größeren Anteil der nicht überdachten Bereiche, in denen Druckverhältnisse herrschen, z. B. durch die Kombination mit thermischen Effekten im Winter durch aufsteigende erwärmte Stallluft zu einer Reduzierung des Schneeeintrags kommt, muss in einem nächsten Schritt in der Praxis ermittelt werden.

### **Druck- und Sogverhältnisse beim Schmetterlingsdach (MH 5)**

Abgesehen davon, dass auch bei dieser Dachform das angestrebte Ziel der Luftzufuhr über die Fassaden und Ableitung über die nicht überdachten Laufhofflächen erfüllt ist, ist die Frage hier, ob sich durch die Umkehrung der zueinander stehenden Pultdächer im Bereich der nicht überdachten Laufhöfe ungünstige Druckverhältnisse einstellen, die zu einem vermehrten Schneeeintrag führen. Beim Vergleich der unterschiedlichen Anströmrichtungen bei den  $3^\circ$ -Varianten zeigt sich, dass sich die Teilsummen für Druck im Bereich der nicht überdachten Laufhöfe bei der Anströmung senkrecht auf die Giebelwände ( $180^\circ$ ) mit  $+56.783 \text{ m}^3$  (Abb. 11, Bild 7) ähnlich z. B. zu Typ MH 4 mit  $+51.251 \text{ m}^3/\text{h}$  (Abb. 11, Bild 1) verhalten. Bei der Anströmung über Eck ( $225^\circ$ ) und senkrecht auf die Traufwände ( $270^\circ$ ) bleibt die Luftmenge, die mit  $+55.974 \text{ m}^3/\text{h}$  bzw.  $+49.332 \text{ m}^3/\text{h}$  (Abb. 11, Bild 8 & 9) über den nicht überdachten Laufhof in den Stall einströmt, allerdings auf gleichem Niveau. Das bedeutet, dass im Gegensatz zu der für den Schneeeintrag günstigen Orientierung der Typen MH 3 und MH 4 (jeweils Satteldachanordnung) mit den Traufen in die Hauptwindrichtung auch für diese Anströmrichtungen mit einem gleichbleibend höheren Schneeeintrag zu rechnen ist. Auch hier ist zu untersuchen, inwieweit thermische Effekt den Eintrag verringern.

### **Weitere Vorgehensweise**

Abgesehen davon, dass vor allem bei den Pultdächern in Satteldachanordnung der zur Verringerung des Schneeeintrags angestrebte Soganteil in den nicht überdachten Laufhofbereichen bereits sehr groß ist, wird in einem nächsten Schritt rechnerisch untersucht, ob durch unterschiedliche (Teil)Öffnungsszenarien der Fassaden die Druck- und Sogverhältnisse so beeinflusst werden können, dass der Druckanteil und damit der potenzielle Schneeeintrag über die nicht überdachten Laufhofflächen weiter minimiert werden kann.

## **4.6 Geometrische Ermittlung des Regeneintrags**

Senkrecht fallender Regen ohne Windeinwirkung wird als Normalregen bezeichnet (CZIELIELSKI, 1981). Schlagregen ist Normalregen, der durch eine horizontale Windkraft aus der vertikalen Richtung abgelenkt wird und damit z. B. auf senkrechte Flächen (Fassaden, Fenster) auftreffen kann. Neben Untersuchungsergebnissen (FRANK, 1973) ist in der DIN 68800 Teil 2 „Holzschutz“ ein  $60^\circ$  Einfallswinkel für Schlagregen auf Fassaden verankert, die senkrecht zur Windrichtung stehen. Dieser Nachweis ist Planungsgrundlage zur Vermeidung der Bewitterung konstruktiv tragender Holzbauteile, die bei einer Dauerbelastung durch Feuchtigkeit nicht standhalten würden. In Anlehnung an die Aussagen der Literatur und die Vorgaben der DIN 68800 wird der Niederschlagseintrag bei allen Stallmodellen im Rahmen dieser Untersuchung geometrisch mit  $60^\circ$  Regeneinfallswinkel bei senkrechter Anströmung ermittelt. Das trifft für die Trauffassaden der Gebäude in Nord-

Südausrichtung bei Wind aus West oder Ost zu. Stehen die Gebäude dagegen in Ost-Westausrichtung, fällt der Schlagregeneintrag bei Wind aus West oder Ost parallel zu Traufen bzw. Firsten ein und unterscheidet sich damit vom Eintrag her nicht vom Normalregen. Da der Wind aber auch aus Südwest bzw. Nordwest (analog Nordost bzw. Südost) kommen kann, wird der Schlagregeneintrag im Rahmen der Untersuchung auf einen Einfallswinkel von 68° abgemindert.

Zur Abschätzung der regionalen Schlagregenintensität bei der Planung liefert DIN 4108-3 Wärmeschutz im Hochbau eine Einteilung der Regionen nach Schlagregenbeanspruchung. Je nach Beanspruchung der Gebäude durch Schlagregen werden drei verschiedene Gruppen unterschieden, bei denen die Gebäudehöhe sowie die örtlichen Niederschlagsmengen und Windverhältnisse berücksichtigt werden.

## **Modelle**

Zur geometrischen Ermittlung des Niederschlagseintrags wurden Stallmodelle für ca. 78 Tierplätze (inkl. eigener Nachzucht) mit einer 2-, 3- und 4-reihigen Aufstallung erstellt. Die Berechnung der erforderlichen Stallinnen- als auch der Laufhöfflächen erfolgt nach den Vorgaben der EG-Öko-VO. Daraus resultieren etwas größere Abstände der Teilgebäude als bei einer Planung nach den Vorgaben der EIF. Das Fressplatz : Tierverhältnis beträgt bei allen Stallmodellen 1 : 1,2 (ganztägige Futtervorlage). Dazu entsprechen die Funktionsmaße den derzeitigen Beratungsempfehlungen in der Milchviehhaltung. Am Futtertisch wurde ein angehobener Fressplatz mit 1,60 m Tiefe angenommen. Der dahinter liegende Laufgang liegt bei den mehrhäusigen Modellen bei 3,40 m Breite (Abb. 12). Diese Zugabe gegenüber der bei angehobenem Fressplatz empfohlenem Mindestbreite von 2,50 m ergibt sich aus der Abstimmung zwischen notwendigem Abstand zwischen den Teilbaukörpern zur Einhaltung der erforderlichen nicht überdachten Laufhöfflächen und der Optimierung des Schlagregeneintrags durch größtmögliche Dachüberstände. Für die Jungviehseite wurde 6 Monate Weidegang zu Grunde gelegt, woraus die Anforderung an einen separaten Laufhof entfällt.

### **4.7 Ergebnisse der geometrischen Ermittlung des Schlagregeneintrags**

Grundsätzlich tritt das Problem des Schlagregeneintrags auf angrenzende Funktionsflächen bei einhäusigen Stallanlagen (EH 1) nicht auf, weil die Halle durch die Wandverschlüsse vollständig geschlossen werden kann und damit einen vollständigen Regenschutz bietet.

Bei der mehrhäusigen Stallanlage Modell MH 1 muss bezüglich des Schlagregeneintrags in die Liegehalle und auf den Futtertisch unterschieden werden. Ersterer entfällt wie bei EH 1, weil die Liegehalle vollständig geschlossen werden kann. Beim Eintrag auf den Futtertisch wird bei diesem Modell wie bei den anderen mehrhäusigen Modellen auch davon ausgegangen, dass die Futtertischseite zum Fressgang hin offen bleibt. Der Schlagregeneintrag ist auf Grund der ähnlichen Geometrie mit Modell MH 2 vergleichbar.

Die Untersuchung der mehrhäusigen Stallmodelle zeigt, dass die wesentlichen Einflussfaktoren für den Schlagregeneintrag die Gebäudeorientierung (Nord-Süd, Ost-West) sowie die Gebäudehöhe und die Vordächer sind (Abb. 12).

Dazu wird bei allen weiteren mehrhäusigen Modellen (MH 2 - 5) davon ausgegangen, dass die Außenfassaden zwar mit Windschutzeinrichtungen (Windschutznetze, Curtains o.

ä.) ausgestattet, die innenliegenden Fassaden zum Fressgang jedoch offen ausgeführt sind. Bei der 2- und 4-reihigen Aufstallung ließe sich das durch die zum Laufhof hin liegenden Außenwandstützen anders bewerkstelligen. Am Futtertisch wären Wandverschlüsse generell eher hinderlich bzw. könnten nicht bis in den kritischen Bodenbereich herunter geführt werden, weil sie dort für die Tiere erreichbar sind. Bei der 3-reihigen Aufstallung ist das Anbringen eines innenliegenden Windschutznetzes bzw. Curtains konstruktiv nicht möglich, da Führungsprofile, Spanngurte und das Wandverschlussmaterial selber dem direkten Kontakt mit den Tieren ausgesetzt wären. Damit muss vor allem beim 3-Reiher zum Schutz der darunterliegenden Funktionsbereiche zunächst das Potenzial der Dachüberstände bzw. Vordächer genutzt werden.

### **Nord-Südausrichtung**

Im Ergebnis zeigt sich, dass zunächst keine mehrhäusige Variante bei Nord-Südausrichtung auf Grund der erforderlichen lichten Durchfahrtshöhe von 3,40 m im Laufhofbereich und dem Zusammenspiel aus erforderlicher nicht überdachter Fläche, Vordächern und wirtschaftlicher Fressgangbreite sowie der innenliegenden Außenwände ohne Wandverschlüsse zu 100 % schlagregensicher ist. Kritisch sind bei dieser Ausrichtung die 3-reihigen Aufstallungen mit einem Schlagregeneintrag von auf die Liegeboxen z.B. 0,45 m und mehr wie bei MH 2 - 3R (Abb. 13). Für diesen Typ ist der Abstand zwischen Traufe und lichter Durchfahrtshöhe von 3,40 m zu gering, so dass auch kein senkrecht abgehängter Regenschutz den Schlagregeneintrag verhindert.

Bei MH 2 - 2R besteht dagegen die Möglichkeit, von unten eine Wand mit ca. 1,10 m Höhe als Spritzschutz einzubauen (Abb. 14). Dabei ist allerdings auf genügend Luftaustausch im Kopfbereich der liegenden Kühe zu achten. Hier empfiehlt sich z.B. eine Lamellenkonstruktion in Holz, die einerseits vor Schlagregen schützt und zugleich luftdurchlässig ist. Bei MH 4 - 2R besteht die Möglichkeit, durch die Lage der Firste über dem Fressgang, einen senkrechten konstruktiven Regenschutz (z. B. Lamellen in Holz) abzuhängen und von unten eine Wand mit ca. 1,10 m Höhe als Spritzschutz einzubauen (Abb. 15). Die Lösung des abgehängten Regenschutzes von oben ist je nach Erfordernis und Dachform sowohl auf der Liegeboxen- als auch auf der Futtertischseite anwendbar.

### **Ost-Westausrichtung**

Dagegen ist bei den mehrhäusigen Gebäudevarianten MH 2 - MH 5 bei der Ost-Westausrichtung nur mit geringfügigen Einträgen in den Liegeboxen zu rechnen. Hier zeigt sich der Einfluss der Abschwächung des Einfallwinkels durch den schrägen Regeneintrag in Abhängigkeit zur Hauptwindrichtungsverteilung. Bei MH 4 - 3R lässt sich der Eintrag wie oben mit einem senkrecht abgehängten Regenschutz verhindern. Bei MH 4 - 2R reicht bei der geringen Eintragstiefe von 25 cm ein Spritzschutz mit einer Höhe von ca. 0,60 m, der vor den Holzstützen montiert wird.

## Mehrhäusige Bauweisen

LB: Liegebox

FT: Futtertisch

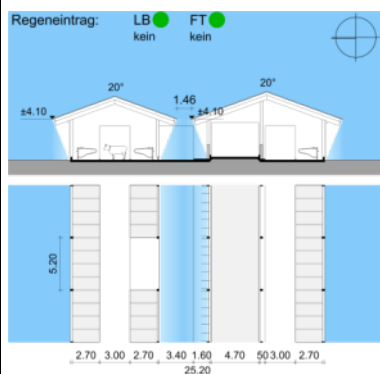
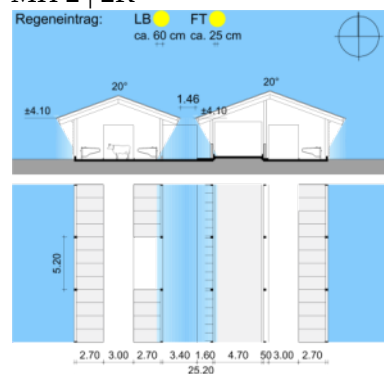
● konstr. Regenschutz möglich

● kein Regeneintrag

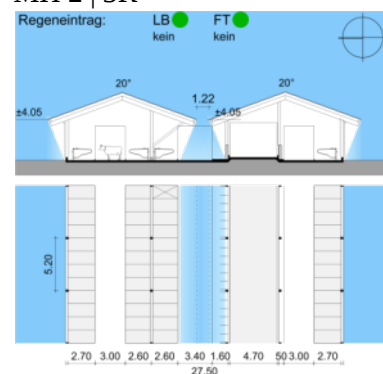
## Ausrichtung Nord-Süd

## Ausrichtung Ost-West

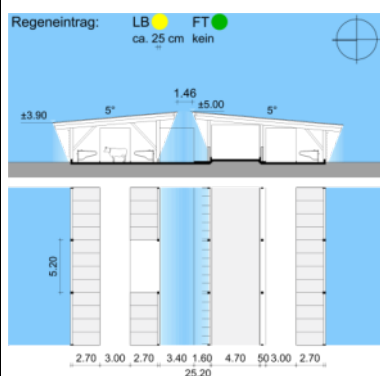
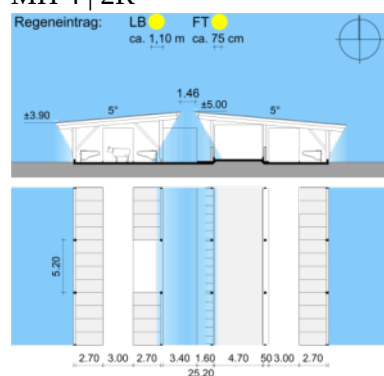
## MH 2 | 2R



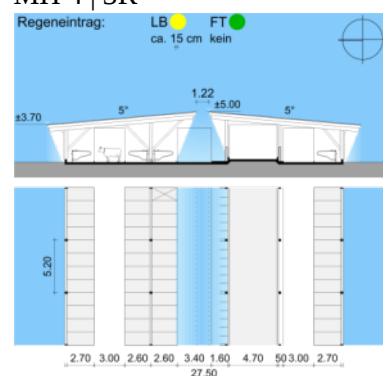
## MH 2 | 3R



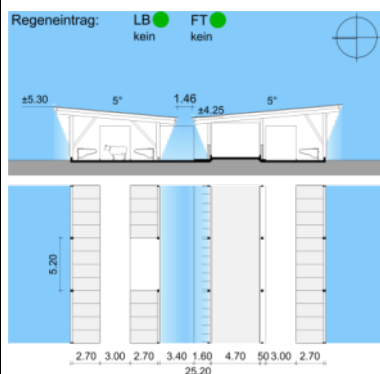
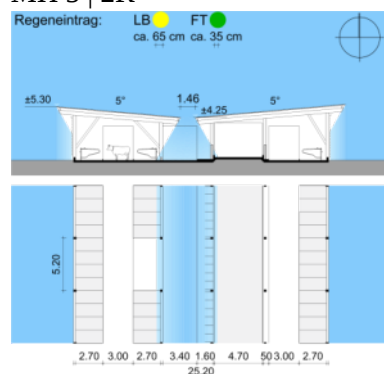
## MH 4 | 2R



## MH 4 | 3R



## MH 5 | 2R



## MH 5 | 3R

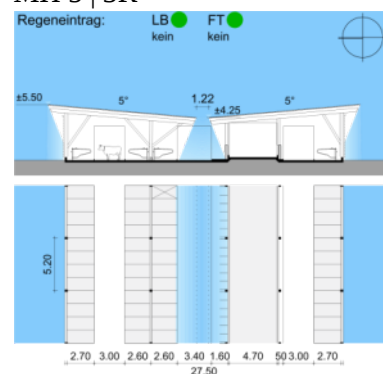


Abb. 12: Geometrische Ermittlung des Schlagregeneintrags bei Gebäudeausrichtung Nord-Süd und Ost-West

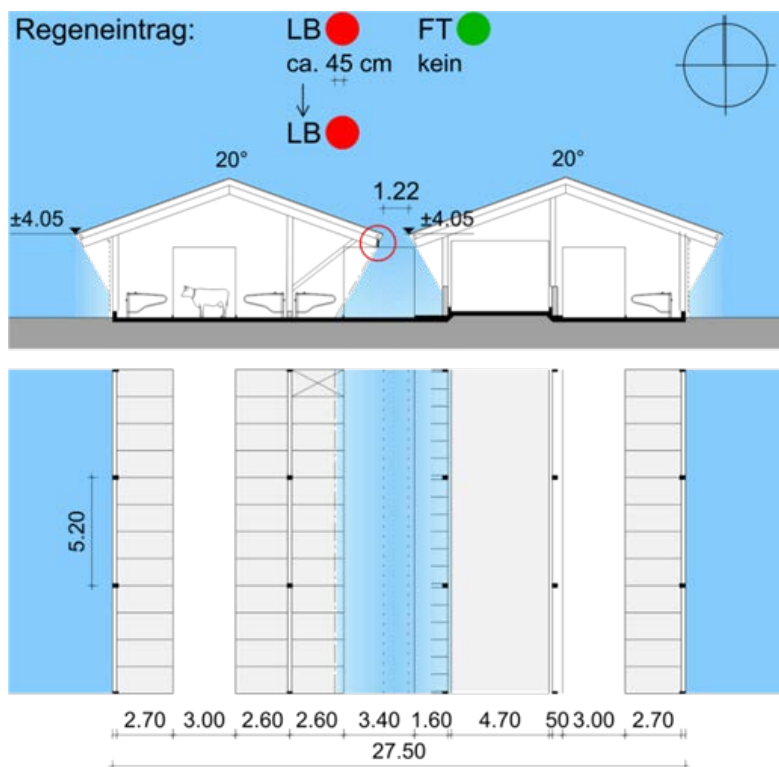


Abb. 13: Geometrische Ermittlung des Schlagregeneintrags für Typ MH 2 – 3R bei Gebäudeausrichtung Nord-Süd

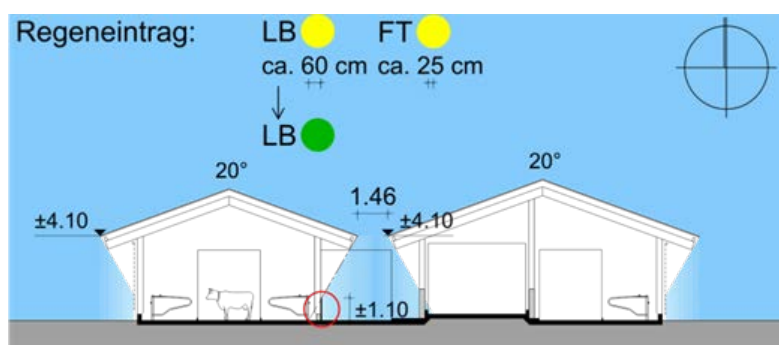


Abb. 14: Verbesserung des Schlagregeneintrags im Liegeboxenbereich bei Typ MH 2 – 2R durch Wand vor Liegeboxen

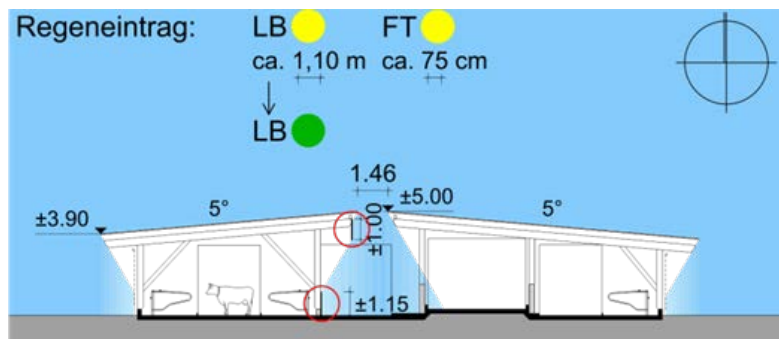


Abb. 15: Verbesserung des Schlagregeneintrags im Liegeboxenbereich bei Typ MH 4 – 2R durch abgehängten Regenschutz/Wand vor Liegeboxen

## 5 Abwägung der baulichen Maßnahmen und Ausblick

Die Untersuchungen zum sommerlichen Hitzeschutz und zur Optimierung von nicht überdachten Laufhöfen hinsichtlich des unerwünschten Schneeeintrags in die Laufhöfe und Schlagregeneintrags in angrenzende Funktionsflächen zeigen, welche baulichen Merkmale für die jeweilige Fragestellung ausschlaggebend sind (Tab. 5). Vor allem bei Neubauten, bei denen planerisch und baulich noch alle Möglichkeiten offen sind, ist es wichtig, die wesentlichen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen zu kennen und zielgerichtet einzusetzen.

*Tab. 5: Auswirkungen verschiedener baulicher Merkmale auf den sommerlichen Hitzeschutz und den Schneeeintrag in Laufhöfe bzw. Schlagregeneintrag in angrenzende Funktionsbereiche*

|                       | Hitzeschutz | Niederschlagseintrag |
|-----------------------|-------------|----------------------|
| Orientierung          | keine       | erheblich            |
| Gebäudetyp            | gering      | erheblich            |
| Gebäudevolumen        | keine       | erheblich            |
| Dachneigung           | keine       | gering               |
| Vordächer             | erheblich   | erheblich            |
| Sonnenschutz Fassaden | erheblich   | gering               |
| Dachaufbauten         | erheblich   | gering               |

### Orientierung und Gebäudetyp

Hinsichtlich der Verringerung von HSS spielen die Orientierung und der Gebäudetyp eine untergeordnete Rolle. Bezüglich des Witterungseintrags ist die Orientierung jedoch eine der zentralen Fragestellungen. Für den Eintrag von Schnee zeigt zunächst die klassische Nord-Südausrichtung frei gelüfteter Außenklimaställe bei Wind von West oder Ost auf die Traufen im Zusammenspiel mit einer flachen Dachneigung einen deutlich geringeren Druck im offenen First, was den Schneeeintrag verringert.

Hinsichtlich des Schlagregeneintrags ist jedoch bei dieser Ausrichtung zunächst keine der mehrhäusigen Anlagen zu 100% sicher. Abgesehen davon, dass bei MH 1 - 4R der Liegebereich von Haus aus geschützt ist, kann der Futtertisch gegen Schlagregen durch einen zusätzlich eingebauten konstruktiven Regenschutz von oben ertüchtigt werden. Für die 3-reihigen Aufstellungen besteht diese Möglichkeit nicht. Dagegen kann durch diese Maßnahmen bei den 2-reihigen Aufstellungen der Regeneintrag in die Liegeboxen verhindert werden. Wenn es sich um schneereiche Standorte handelt, empfiehlt sich weiterhin die Nord-Südausrichtung. Gleichfalls kann es sein, dass durch die Topografie, vorhandene Bebauung, Erschließung etc. keine andere Orientierung möglich ist. Für beide Fälle sollten aber 2- bzw. 4-reihige Aufstellungen gewählt werden.

Dagegen kann der mögliche Schlagregeneintrag in angrenzende Funktionsflächen bei der Ausrichtung des Firstes nach Ost-West für die mehrhäusigen Anlagen (MH 2 & 5) durch die geringe Gebäudehöhe, niedrigen Traufen bzw. flache Dachneigungen ohne weitere baulich-konstruktive Maßnahmen nahezu ausgeschlossen werden. Bei MH 4 kann wieder über eine abgehängte Konstruktion oder niedrige Spritzschutzwand reagiert werden. Diese schützt nicht nur vor Schlagregen, sondern auch vor Verunreinigung der Liegeboxen durch den Schieber oder Tiere am Fressgang. In wie weit bei der Ost-Westausrichtung die

hier auftretenden höheren Drücke bei senkrechter Anströmung auf den First zu mehr Schneeeintrag führen können bzw. die erwarteten thermische Effekte wirken, muss weiter untersucht werden.

### **Gebäudegeometrie**

Entscheidend ist zunächst allein eine im Verhältnis zur Grundfläche bzw. letztlich zum Gebäudevolumen große Fassadenfläche, die einen entsprechenden Luftwechsel und damit den Abtransport erwärmter Luft ermöglicht. Entgegen der landläufigen Meinung, dass ein großer Innenraum mit viel Luftvolumen vor sommerlicher Aufheizung schützt, zeigt die Simulation, dass der Unterschied zu Gunsten des Gebäudes mit der geringeren Dachneigung und damit dem kleineren Volumen ausfällt. Ursache hierfür ist die Strahlungswärme von den Bauteiloberflächen, die unabhängig von der Lage bzw. Höhe in den Raum wirkt und zu einem Aufheizen führt. Wird die absorbierende Oberfläche durch die geringere Dachneigung reduziert, macht sich dies sogar positiv auf die Gesamtwärmebilanz des Gebäudes bemerkbar.

Eine möglichst flache Dachneigung und Höhe der Gebäude verringert zum einen die Gebäude-Um- und -Durchströmung und damit, wie auch in der Praxis bereits gezeigt werden konnte, den Schneeeintrag auf eine nicht relevante Menge. Dieses positive Ergebnis steht gegenüber den ungeschützten separaten Laufhöfen bei einhäusigen Baulösungen, die im Winter vollkommen verschneien. Darüber hinaus werden je nach Orientierung und Aufstellungstyp durch die geringere Höhe der Firste und Traufen Vordächer und Dachüberstände hinsichtlich des Schlagregeneintrags auf angrenzende Funktionsflächen deutlich besser ausgenutzt. Zugleich wird dadurch auch deren verschattende Wirkung und damit der sommerliche Hitzeschutz verbessert. Begrenzender Faktor ist hier allein die statisch maximal mögliche Auskragung bzw. wirtschaftlich vertretbare Laufhofbreiten, um die Vordächer auch baulich umsetzen zu können. Zu diesen positiven Effekten einer verringerten Gebäudehöhe und Dachneigung kommt noch die Reduzierung des Investitionsbedarfs um ca. 25% (SIMON ET AL., 2014) bei entsprechender Bauweise mehrhäusiger Anlagen.

### **Dachaufbauten**

Hauptstellschraube für den Wärmedurchgang und damit den Energieeintrag in das Gebäude ist bei Außenklimaställen unabhängig von den Bauweisen der Dachaufbau, da massive Bauteile als puffernde Speichermassen in Wänden und Decken bei der im Stallbau heute üblichen Skelettbauweise in der Regel fehlen. Mehrschichtige Dachaufbauten (z. B. Schalung, Hinterlüftung und Dacheindeckung oder Sandwichpaneele) sollten zwischenzeitlich zum baulichen Mindeststandard gehören. Mehr Masse, wie z. B. durch den Einbau von Brettstapelelementen, bedeutet einen höheren Wärmedurchgangswiderstand und mehr Wärmespeichervermögen. Alternativ dazu können noch größere Effekte durch den Einbau von zusätzlicher Masse aus Drainschichten bzw. Substraten bei Gründächern erreicht werden. Werden diese bewässert und damit dauerhaft begrünt, entsteht durch die Verschattung der Pflanzen und die gleichzeitige Verdunstung des Wassers eine Wärmesenke mit deutlichen Auswirkungen auf die Temperaturen im Stall darunter. Bei dieser Bauweise sind wiederum die Kosten entscheidend. Gründächer sind zunächst bis zu ca. 30% pro Quadratmeter Dachkonstruktion teurer. Kostensenkend kann sich dabei die Einbringung von Eigenleistung z. B. bei der Herstellung und beim Einbau des Substrats auswirken. Über die höhere Masse der Regelaufbauten hinaus ist weiteres Potential zur Optimierung der Kühlleistung durch Maßnahmen wie der Verwendung besonderer Vegetationsformen, hellerer Substratbestandteile oder eine Erhöhung des Dachaufbaus gegeben.

Darüber hinaus ist der Einsatz von Gründächern im Rahmen der Verordnung über die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft (BAYKOMPV, 2014) noch nicht ausreichend untersucht. Neben den dargestellten baulichen Lösungen bietet der Markt auch technische Lösungsansätze (z. B. Ventilatoren). Da diese aber die Ursachen eines höheren Wärmeeintrags über die Gebäudehülle nicht kompensieren können und gleichfalls einen erheblichen Investitionsbedarf sowie dauerhaft Betriebskosten verursachen, sollte mit Ausnahme von Bestandsanlagen zunächst die Gebäudehülle optimiert werden.

## 6 Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung der Forschungsvorhabens A/15/28 und A/15/29.

## 7 Literaturverzeichnis

BAYERISCHE KOMPENSATIONSVERORDNUNG (2014): Verordnung der Bayerischen Staatsregierung über die naturschutzrechtliche Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft (BayKompV)

VAN CAENEGEM, L. & KRÖTZL MESSERLI, H. (1997): Der Laufhof für den Milchvieh-Laufstall. Ethologische und bauliche Aspekte. FAT-Berichte Nr. 493, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwissenschaft und Landtechnik (FAT). Tänikon, 1997

CHASE, L.E. (2006): Climate change impacts on dairy cattle. <http://www.climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/III.3Cattle.pdf>, III-17 – III-23 (Stand 26.06.2006)

CZIESIELSKI, E. (1981): Methode zur Erzeugung eines Schlaregens für die Bauteilprüfung. Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau. Stuttgart, 1981

DLG MERKBLATT 336 (2005): Vermeidung von Wärmebelastungen für Milchkühe. Hrsg.: DLG e.V., Stand 07/2005

DUSSERT, L.; PIRON, A. (2012): Live yeast could help reduce the impact of heat stress on dairy production. [http://www.lallemandanimalnutrition.com/wp-content/uploads/2012/06/International-Dairy-Topics\\_Live-yeast\\_062012.pdf](http://www.lallemandanimalnutrition.com/wp-content/uploads/2012/06/International-Dairy-Topics_Live-yeast_062012.pdf) (Stand 22.07.2014)

FRANK, W. (1973): Einwirkungen von Regen und Wind auf Gebäudefassaden. Institut für Bauphysik der Fraunhofer-Gesellschaft. Stuttgart, 1973

GEERTS, B. (2000): Fall speed of hydrometeors, Teil der Resources in Atmospheric Sciences der University of Wyoming, 2000

HAIDN, B. (2016): Milchviehhaltung. In: Landwirtschaftliche Tierhaltung. BLV Buchverlag. München, 2016

HAUSER, G. (2006): Bauphysikalische Grundlagen Wärmelehre, Vorlesungsskript Bauphysik 1 an der TUM. München, 2006

KELLER, B.; S. RUTZ (2007): Pinpoint, Fakten der Bauphysik zu nachhaltigem Bauen, vdf Hochschulverlag AG an der ETH. Zürich, 2007

KÖLSCH, P. (2015): Hygrothermische Simulation von hinterlüfteten Steildächern mit effektiven Übergangsparametern. Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Holzkirchen, 2015

KÜNZEL, H. (1981): Schlagregenbeanspruchung von Gebäuden und Beurteilung des Schlagregenschutzes von Aussenputzen. Außenstelle des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. Holzkirchen, 1981

MAČUHOVÁ, J.; ENDERS, S.; PEIS, R.; GUTERMANN, S.; FREIBERGER, M.; HAIDN, B. (2008): Untersuchungen zur Optimierung des Stallklimas in Außenklimaställen für Milchvieh. Hrsg.: Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Freising, (LfL-Schriftenreihe 8/2008)

MOOR, H. (1987): Physikalische Grundlagen der Gebäudeaerodynamik im Hinblick auf die Berechnung des Luftaustausches. EMPA. Dübendorf, 1987

SCHAFAZEK, B. & ZIRKELBACH, D. (2013): Ermittlung von Materialeigenschaften und effektiven Übergangsparametern von Dachbegrünungen zur zuverlässigen Simulation der hygrothermischen Verhältnisse in und unter Gründächern bei beliebigen Nutzungen und unterschiedlichen Standorten. Abschlussbericht Fraunhofer Institut für Bauphysik. Holzkirchen, 2013

SIMON, J.; BIERMANSKI, C.; STÖTZEL, P. ET AL. (2014): Landwirtschaft – Bauen in regionalen Kreisläufen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. Freising, 2014

THOM, E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise* 12, 57-59, No. 6, 1958

WERNER, P.C.; GERSTENGARBE, F.W. (2007): Welche Klimaänderungen sind in Deutschland zu erwarten. In: *Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke, Ausblicke* -. Hrsg: Endlicher W. und Gerstengarbe F.-W., 2007

ZIMBELMAN, R.B. RHOADS, R.P.; RHOADS, M.L.; DUFF, G.C.; BAUMGARD, L.H.; COLIER, R.J. (2006): A Re-Evaluation of the Impact of Temperature Humidity Index (THI) and Black Globe Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. Department of Animal Sciences, The University of Arizona, 2006

## **Emissionsminderung Rinderhaltung – Möglichkeiten und Grenzen**

Dr. Brigitte Eurich-Menden, Ewald Grimm, Dr. Sebastian Wulf

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.  
Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt

### **Zusammenfassung**

Die NEC-Richtlinie (2017) fordert für 2030 eine Reduktion der Ammoniakemissionen um 29 % bezogen auf das Jahr 2005. Insbesondere im Tierhaltungssektor sind Maßnahmen zur Reduktion im Stall gefordert. Im Beitrag werden verschiedene Maßnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen in der Rinderhaltung dargestellt und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit beurteilt. Neben einer Rohprotein angepassten Fütterung bieten insbesondere die Laufflächen in Milchviehställen mögliche Reduktionspotentiale. Hier kommt es darauf an, wie schnell eine Kot/Harn-Trennung erfolgt und dadurch zur raschen Abtrocknung der Laufflächen führt.

Technische Maßnahmen wie der Einsatz von Ureaseinhibitoren oder die Ansäuerung der Gülle sind ihrer Wirksamkeit bzw. hinsichtlich ihrer Machbarkeit zu überprüfen. Die geforderte Ammoniakemissionsminderung wird nicht allein durch Maßnahmen im Stall erreichbar sein. Sie sollten insbesondere durch Maßnahmen bei der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger ergänzt werden.

### **1 Warum Ammoniak reduzieren?**

Um die Minderungsverpflichtungen der europäischen NEC-Richtlinie (2017) zu erfüllen, müssen im Tierhaltungssektor über das bisherige Maß hinaus Maßnahmen zur Minderung der Ammoniakemissionen umgesetzt werden. Die Emissionen sollen bezogen auf das Referenzjahr 2005 ab 2020 um 5 % und ab 2030 um 29 % gemindert werden. Dies bedeutet nach aktuellem Stand der Emissionsberechnung für 2030 eine Obergrenze von 440 kt. Neben Maßnahmen zur Minderung der Emissionen bei der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger sind auch baulich-technische Maßnahmen in Ställen erforderlich.

In Deutschland werden verfahrensintegrierte Minderungsmaßnahmen bisher nur in geringem Umfang auf dem Markt angeboten und in der Praxis eingesetzt. Die meisten der Maßnahmen wurden in den Niederlanden, Belgien und Dänemark entwickelt und werden dort bereits eingesetzt. Um die Techniken in Deutschland nutzbar zu machen und ihre Verbreitung zu fördern, sind daher die auf dem Markt verfügbaren und erfolgversprechenden Maßnahmen hinsichtlich der Wirksamkeit zur Emissionsminderung unter deutschen Produktionsbedingungen zu betrachten.

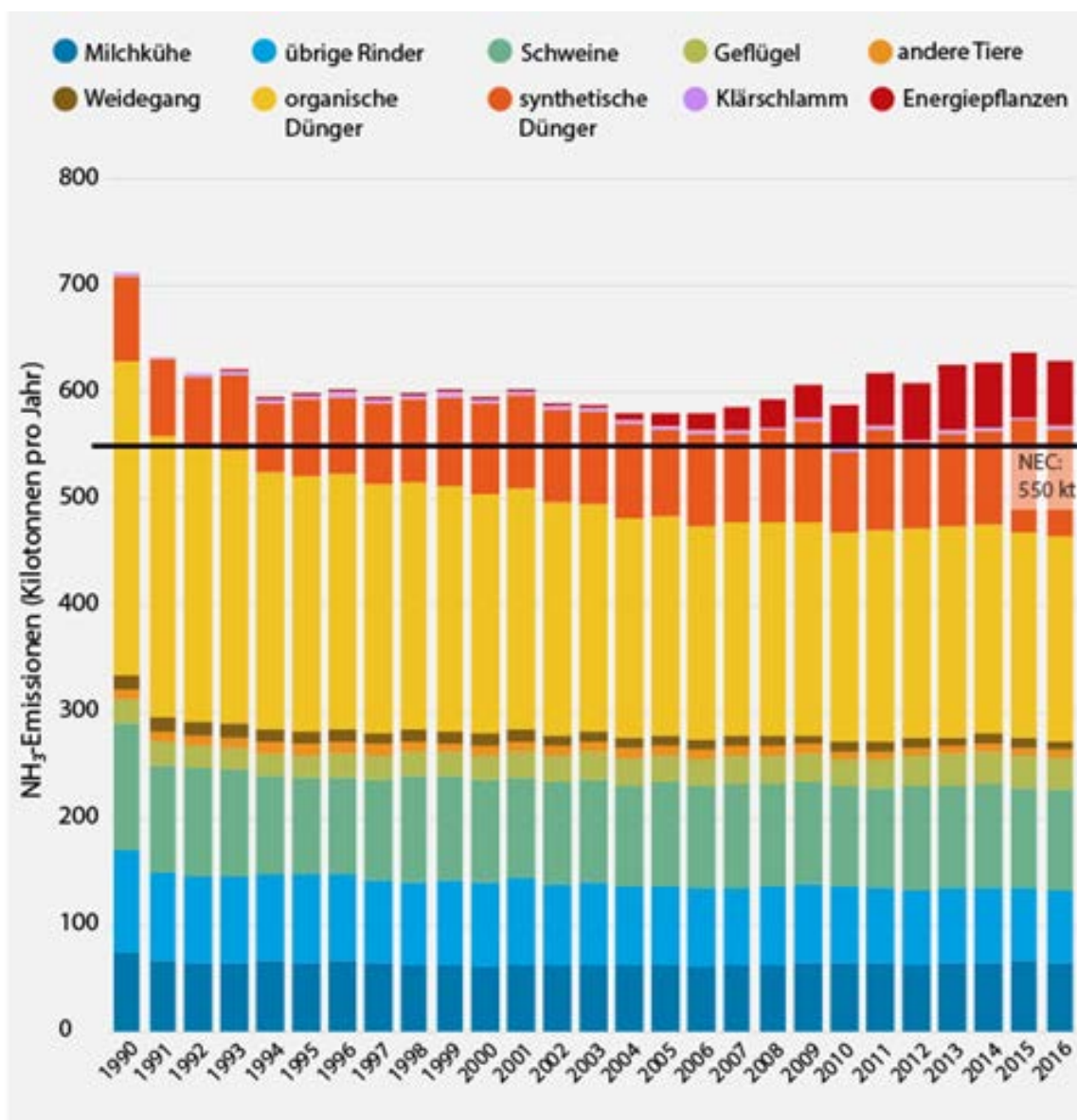


Abb. 1: Ammoniakemissionen der Landwirtschaft 1990-2016, Quelle: <https://www.thuenen.de/de/thema/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/ammoniak-emissionen-aus-der-landwirtschaft/>

## 2 Maßnahmen zur Emissionsminderung - Rinderhaltung

Der Anteil der Ammoniakemissionen aus dem Stall beträgt rund 30 % (ca. 200 kt NH<sub>3</sub>). Davon tragen rund 45 % aus der Rinderhaltung bei (ca. 85 kt). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die infrage kommenden Minderungsmaßnahmen, die im Weiteren kurz erläutert werden. Das größte Potenzial zur Emissionsminderung wird bei frei gelüfteten Laufställen mit Spaltenböden und planbefestigten Böden im Laufbereich insbesondere durch eine modifizierte Gestaltung und Reinigung von Laufflächen gesehen.

Tab. 1: Minderungsmaßnahmen in der Rinderhaltung und deren NH<sub>3</sub>-Minderungspotenzial

| Maßnahme              | NH <sub>3</sub> -Minderungspotenzial | Datenquelle                                                    | Anmerkungen                                                                                                                                                                   |
|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fütterung             | bis zu 10 %                          | Abgeleitet aus Messungen in den NL                             | Reduktion des Milchnharnstoffgehaltes führt auch zur Reduktion der NH <sub>3</sub> Emissionen; DLG Merkblatt 417                                                              |
| Laufflächengestaltung | bis zu 60%                           | Messungen in den NL                                            | In NL wird gesamtes Stallsystem gemessen, keine prozentuale Emissionsminderung, in DE Verifizierung der E-Minderung notwendig                                                 |
| Ureaseinhibitoren     | 40–50%                               | Schätzwert                                                     | Gefährdungsabschätzungen und Zulassungsverfahren laufen                                                                                                                       |
| Weidehaltung          | bis 15%                              | Abgeleitet aus Daten NL in den 1990ern                         | Min. 6 h/d und 180 Tage; wird im Rahmen des Emissionsmessprojektes EmiDaT gemessen                                                                                            |
| Gülleansäuerung       | 60 %                                 | VERA bisher nur für Mastschweineställe – muss überprüft werden | In DK eine Vielzahl von Anlagen in der Rinderhaltung in Betrieb; Eignung Beton sicherstellen, bzw. Oberflächen behandeln; erhöhte Anforderungen beim baulichen Gewässerschutz |

## 2.1 Fütterung

Eine stickstoffreduzierte Fütterung ist in der Rinderhaltung im Vergleich zur Schweinehaltung auf Grund des Grobfuttereinsatzes und der Nutzung von Weide schwieriger zu kontrollieren. Dennoch haben Untersuchungen der letzten Jahre gezeigt, dass durch gezielte Fütterungsmaßnahmen die Stickstoffumsetzung im Tier verbessert und der Anteil an Harnstoff, der als Hauptbestandteil im Harn vorkommt, reduziert werden kann. Der Harnstoff wird in der Regel vollständig zu Ammoniak umgesetzt, daher führen verringerte Harnstoffgehalte auch zu geringeren Ammoniakemissionen. Eine Ammoniakminderung von bis zu 10 % kann durch verschiedene Maßnahmen in der Fütterung der Milchkühe erreicht werden.

Kontrolliert werden kann die Wirkung einer Rohprotein angepassten Fütterung bei Milchkühen über den Milchnharnstoffgehalt. Das DLG Merkblatt 417 beschreibt die Einzelheiten hierzu. Wichtige Punkte bei einer Rohprotein angepassten Fütterung sind:

- Futterbasis: Anbau, Konservierung und Zukauf auf effiziente Fütterung ausrichten
- Nach gesicherten Empfehlungen füttern; Phasenfütterung nutzen
- Das Mikrobewachstum im Pansen fördern (hohe Energiegehalte im Grobfutter erzielen; Maisanteil, Getreide oder Rübenschnitzel gezielt einstellen; Mischration vorlegen); mikrobielle Eiweißbildung je MJ NEL ausschöpfen
- Unnötige Überschüsse in der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB) abbauen
- „Geschützte“ Proteine soweit rentabel einsetzen; Aminosäureversorgung am Darm beachten
- Fütterungscontrolling durchführen: Futteranalysen, Milchkontrolle, Fütterungsberatung

## 2.2 Laufflächengestaltung

Emissionsarme Spaltenböden werden von verschiedenen Herstellern aus Belgien und den Niederlanden angeboten. Merkmale dieser Böden sind insbesondere spezielle Harnrinnen zur schnellen Ableitung des Harns, kammartige Spaltenschieber und Gummieinsätze in den Spalten, die mit Klappen ausgestattet sind, die den Güllekanal abdichten. Auch Sprüheinrichtungen sowie häufigere Reinigungsintervalle (mind. alle zwei Stunden) und Reinigungsroboter kommen zum Einsatz (Abb. 1). In den Niederlanden werden auf Grundlage dort durchgeführter Untersuchungen Emissionsminderungsgrade von 50 bis 60 % gegenüber den herkömmlichen Spaltenböden angerechnet. In Deutschland wird das System bisher nur vereinzelt eingesetzt, da die zuständigen Behörden die niederländischen Ergebnisse nicht oder nur deutlich abgemindert anerkennen, solange es keine Untersuchungen unter deutschen Praxisbedingungen gibt. Eine Nachrüstung ist durch den Austausch vorhandener Bodenelemente möglich.



Abb. 2: Emissionsarmer Spaltenboden mit Reinigungsroboter, Bild: Eurich-Menden

## 2.3 Ureaseinhibitoren

Der von den Rinder und Schweinen mit dem Harn als Stoffwechselabbauprodukt ausgeschiedene Harnstoff wird durch das im Stall und insbesondere im Kot immer vorkommende Enzym Urease in Ammoniak und Kohlendioxid gespalten. Die Harnstoffhydrolyse beginnt etwa 0,5 bis 1 Stunde nach dem Kontakt des Harns mit den emittierenden Oberflächen (Aktivitätsflächen innerhalb und außerhalb des Stalls). Die vollständige Umwandlung des gesamten Harnstoffs in Ammoniak ist meist nach wenigen Stunden abgeschlossen. Wird durch einen Ureaseinhibitor das Enzym Urease in seiner Wirkung gehemmt, so erfolgt auch keine Harnstoffhydrolyse bzw. die Bildung und Freisetzung von Ammoniak. Beim Einsatz von Ureaseinhibitoren handelt es sich daher um eine prozessintegrierte, primäre Maßnahme, welche bereits die Bildung vom Ammoniak aus dem Harnstoff im Harn der Tiere verzögert. Dadurch wird die Freisetzung von Ammoniak aus Ställen reduziert, die Stallluftqualität verbessert und somit auch die Tiergesundheit gefördert. Der weder umgesetzte noch freigesetzte Stickstoff verbleibt im Wirtschaftsdünger und erhöht dessen Nährstoffwert.

Bisherige Untersuchungen im Labor- und Praxismaßstab zur Minderung der Ureaseaktivität in Milchviehställen lassen ein Ammoniakminderungspotential von im Mittel 40% bis 50% erwarten (LEINKER, 2007; REINHARDT-HANISCH, 2008; HAGENKAMP-KORTH ET AL., 2015A, B, C). Zurzeit wird die Minderung von Ammoniakemissionen mit Hilfe eines Ureaseinhibitors in drei freibelüfteten Milchviehställen in Deutschland und den Niederlanden untersucht.

## 2.4 Weidehaltung

Bei der Ausscheidung auf der Weide werden Harn und Kot räumlich getrennt abgesetzt. Der Harn kann rasch in den Boden einsickern. Das aus der Harnstoffspaltung resultierende Ammoniak wird als Ammonium an Bodenpartikel gebunden und kann dadurch nicht freigesetzt werden. Bei einem Stall-Weide-System sind die Minderungseffekte durch die Weide nur bei ausreichend Weideflächen und erst ab einer Weidedauer von mehr als 6 Stunden gegeben, da der Stall weiterhin als Emissionsquelle wirkt (BITTMAN ET AL., 2014). Erst nach Abtrocknen der Laufflächen im Stall kann von einer geringeren Emission ausgegangen werden. Das mit der Beweidung einhergehende Risiko erhöhter Nitratauswaschung sollte bei der Weidehaltung mit berücksichtigt werden.

Als Minderungspotenzial für Ammoniak werden in Deutschland bis zu 15 % durch die Weidehaltung angenommen (min. 6 Stunden bei 180 Tagen Weidehaltung). Im Rahmen eines derzeit laufenden Messprojektes zur Erfassung von Emissionsdaten in der Tierhaltung (EmiDaT) soll dieser Wert überprüft werden.

## 2.5 Gülleansäuerung

Bei der Ansäuerung im Stall wird die Gülle aus dem Stallbereich in einen Mischtank befördert, in dem die Zumischung von Schwefelsäure täglich bzw. ein- oder mehrere Mal pro Woche zur Gülle erfolgt. Die Säuremenge richtet sich nach dem angestrebten pH-Wert. Um die Bildung von Schaum (FANGUEIRO ET AL., 2015) und von Schwefelwasserstoff (BOTERMANS ET AL., 2010) zu vermeiden, wird die Gülle gleichzeitig belüftet. Ein Teil der angesäuerten Gülle wird zurück in den Stall und ein Teil in einen Lagerbehälter geleitet. Der angestrebte pH-Wert in der Gülle beträgt 5,5 (ANDERSEN, 2013; BIRKMOSE, VESTERGAARD, 2013; FANGUEIRO ET AL., 2015). In Dänemark gibt es bereits eine VERA

Verifizierung (VERA = Verification of Environmental Technologies for Agricultural Production) über den Nachweis der Minderungseffizienz dieser Maßnahme in der Mastschweinehaltung. Die Minderung wird für Ammoniak mit 64 % angegeben. Die angesäuerte Gülle mindert auch die Ammoniakemissionen bei der Lagerung und Ausbringung. Die geringen pH-Werte führen auch zu einer reduzierten Methanbildung.

In Deutschland wird die Ansäuerung von Rindergülle im Stall trotz des großen, über die gesamte Verfahrenskette wirksamen Effektes kritisch gesehen, da aufgrund der Zugabe von Schwefelsäure die Güllelagerung nicht mehr unter die wasserrechtliche Privilegierung für JGS-Anlagen (Anlagen zum Behandeln und Verwenden von Jauche, Gülle und Silagesickersäften) fallen würde. Stattdessen müssten die strengeren Anforderungen für HBV-Anlagen (Anlage zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe) eingehalten werden. Dies führt u. U. zu unverhältnismäßig hohen Kosten für den Bau von Güllekanälen im Stall und des Gülleaußenlagers.

In diesem Zusammenhang führt die LfL Bayern (2018) eine Machbarkeitsstudie durch, in der ermittelt wird, ob ein Ansäuerungsverfahren im Stall auch unter den bayerischen Strukturbedingungen und Betriebsverhältnissen möglich ist. Neben der Frage, ob es Alternativen zur Schwefelsäure gibt, soll u. a. auch geprüft werden, ob es Auswirkungen der angesäuerten Gülle auf das Gasbildungspotential in Biogasanalgen und auf die Haltbarkeit der Betonteile bei der Lagerung oder in den Güllekanälen gibt. Zudem wird der Frage nachgegangen, ob es zu einer erhöhten Freisetzung von Schwefelwasserstoff bei der Säurezugabe kommt.

KUPPER (2016) sieht für die Schweiz eine mögliche Anwendung dieser Maßnahme für Neubauten und große Einheiten, weist aber auch daraufhin, dass geprüft werden muss, ob diese Systeme unter den in der Schweiz üblichen Rahmenbedingungen anwendbar sind.

### **3 Wie weiter?**

In der Rinderhaltung sind Maßnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen im Stall möglich. Über die Verlässlichkeit der Emissionsminderung, wie vergleichsweise für die Abluftreinigung in der Schweinehaltung, gibt es keine Angaben. Für einige Maßnahmen liegen Ergebnisse aus den Niederlanden oder Dänemark vor, die von Genehmigungsbehörden in Deutschland jedoch meist nicht ohne weiteres anerkannt werden. Sie bedürfen einer Überprüfung unter Praxisbedingungen in Deutschland.

Der Einsatz einzelner Maßnahmen ist derzeit durch rechtliche Vorgaben (Gülleansäuerung und Lagerung) nicht oder nur eingeschränkt möglich.

Die geforderte Ammoniakemissionsminderung wird nicht allein durch Maßnahmen im Stall erreichbar sein. Sie sollten insbesondere durch Maßnahmen bei der Lagerung und Ausbringung der Wirtschaftsdünger ergänzt werden.

## 4 Literatur

BIRKMOSE, T.; VESTERGAARD, A. (2013): Acidification of slurry in barns, stores and during application: review of Danish research, trials and experience. 15th RAMIRAN International Conference. 10-13 June 2013, Versailles France.

BITTMAN, S.; DEDINA, M.; HOWARD, C. M.; OENEMA, O.; SUTTON, M. A. (EDS), (2014): Options for Ammonia Mitigation: Guidance from the UNECE Task Force on Reactive Nitrogen, Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh, UK; [http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/AGD\\_final\\_file.pdf](http://www.clrtap-tfrn.org/sites/clrtap-tfrn.org/files/documents/AGD_final_file.pdf).

FANGUEIRO, D.; HJORTH, M.; GIOELLI, F. (2015): Acidification of animal slurry– a review. J. Environ. Manage. 149(0): 46-56.

HAENEL, H-D.; RÖSEMANN, C.; DÄMMGEN, U.; DÖRING, U.; WULF, S.; EURICH-MENDEN, B.; FREIBAUER, A.; DÖHLER, H.; SCHREINER, C.; OSTERBURG, B. (2018): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2016: report on methods and data (RMD) submission 2018. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 424 p, Thünen Rep 57, DOI:10.3220/REP1519913866000.

HAGENKAMP-KORTH, F.; HAEUSSERMANN, A.; HARTUNG, E. (2015A): Effect of urease inhibitor application on urease activity in three different cubicle housing systems under practical conditions. In: Agriculture, Ecosystems & Environment 202, S. 168–177.

HAGENKAMP-KORTH, F.; HAEUSSERMANN, A.; HARTUNG, E.; REINHARDT-HANISCH, A. (2015B): Reduction of ammonia emissions from dairy manure using novel urease inhibitor formulations under laboratory conditions. In: Biosystems Engineering 130, S. 43–51.

HAGENKAMP-KORTH, F.; OHL, S.; HARTUNG, E. (2015C): Effects on the biogas and methane production of cattle manure treated with urease inhibitor. In: Biomass and Bioenergy 75, S. 75–82.

KUPPER, T. (2016): Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als Maßnahme zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Schweiz, Bericht.  
<http://www.agrammon.ch/assets/Downloads/Further-Information/Bericht-Ansaeuerung-Guelle-20170123v.pdf>

LfL Bayern (2018): Bewertung von pH-Wert senkenden Systemen durch Ansäuerung zur Verringerung der Ammoniakemissionen in Stall und Feld.  
<http://www.lfl.bayern.de/cms07/ilt/umwelttechnik/biogas/164374/index.php>, Zugriff 22.10.2018

LEINKER M. (2007): Entwicklung einer Prinziplösung zur Senkung von Ammoniakemissionen aus Nutztierställen mit Hilfe von Ureaseinhibitoren. Dissertation, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Halle/Saale.

REINHARDT-HANISCH A. (2008): Grundlagenuntersuchungen zur Wirkung neuartiger Ureaseinhibitoren in der Nutztierhaltung, Dissertation Universität Hohenheim, Hohenheim.



## **Selektives Trockenstellen – eine Maßnahme zur Reduzierung des Antibiotikaeinsatzes in der Milchviehhaltung**

Dr. Jan Harms<sup>1</sup>, Melanie Jakob<sup>1</sup>, Tanja Sonnewald-Daum<sup>1</sup>, Tobias Weizenhöfer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Prof.-Dürrwaechter-Platz 2, 85586 Poing  
<sup>2</sup> Pfaffenhofen 3, 87490 Haldenwang

### **Zusammenfassung**

Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts mit dem Tiergesundheitsdienst Bayern e. V. (TGD) und der Ludwigs-Maximilian-Universität, Klinik für Wiederkäuer (LMU) wurde untersucht, wie mit dem Verfahren „Selektives Trockenstellen“ der Antibiotikaeinsatz in der Milchviehhaltung unter Praxisbedingungen reduziert und wie dieses Verfahren in der Praxis umgesetzt werden kann.

Eine entscheidende Voraussetzung, um selektives Trockenstellen in den Betrieb zu integrieren, ist die Berücksichtigung des Eutergesundheitsstatus und die Freiheit des Bestands von bestimmten Erregern auf Herdenebene. Für die Ermittlung des Erregerstatus sind Bestandsuntersuchungen notwendig. Hierzu wird bei jeder Kuh ein Schalmtest durchgeführt und anschließend Viertelanfangsgemelksproben gezogen, welche im Labor bakteriologisch untersucht werden. Das Ergebnis der Bestandsuntersuchung liefert einen Überblick über die Erregersituation und damit auch die Entscheidungsgrundlage, ob der Betrieb für das Verfahren des selektiven Trockenstellens geeignet ist.

Im Rahmen eines dreistufigen Entscheidungsbaums wird geklärt, ob bei der trockenzustellenden Kuh auf einen antibiotischen Trockensteller verzichtet werden kann und gegebenenfalls ein Zitzenversiegler appliziert werden soll. Dabei wird anhand der Zellzahlen der letzten drei Milchleistungsprüfungen und der Mastitishistorie, dem Ergebnis aus der bakteriologischen Untersuchung 14 Tage vor dem Trockenstellen und des Schalmtests am Tag des Trockenstellens die Entscheidung gefällt. Die konkrete Vorgehensweise und die Auswahl des Präparats erfolgen in Absprache mit dem Hoftierarzt.

Die Ergebnisse des Projekts legen dar, dass das selektive Trockenstellen bei gleichbleibender Eutergesundheit möglich ist. Es ergab sich ein Einsparpotential an antibiotischen Trockenstellern von durchschnittlich rund 40 %. Von Seiten der Projektbetriebe wurden, neben der Einsparung von Antibiotika, eine bessere Kenntnis über Erreger und den Erregerstatus der Herde festgestellt. Durch die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen der Einzeltiere und der Bestandsuntersuchungen sowie durch den intensiveren Umgang mit den LKV-Daten erhält der Betrieb einen besseren Überblick über die Eutergesundheit. Mastitiden können hierdurch gegebenenfalls früher erkannt und dementsprechend behandelt werden. Um selektives Trockenstellen erfolgreich im Betrieb zu implementieren, ist jedoch mit einem erhöhten Arbeits- und Kostenaufwand zu rechnen. Nicht bei jeder Kuh kann auf einen antibiotischen Trockensteller verzichtet werden. Die Untersuchungskosten für die bakteriologische Untersuchung sind ein zusätzlicher Kostenpunkt, ebenso die Kosten für eine eventuelle Anwendung eines internen Zitzenversieglers.

## 1 Einleitung

Der Antibiotikaeinsatz in der Tiermedizin steht zunehmend unter strenger Beobachtung und in der Kritik der Öffentlichkeit. Etwa die Hälfte der im Milchviehbereich eingesetzten Menge an Antibiotika wird für die antibiotische Trockenstelltherapie verwendet und geschätzt 80 - 90 % der deutschen Milchkühe werden antibiotisch trockengestellt (WOLTER, 2014).

Das generelle antibiotische Trockenstellen, vor allem in Kombination mit einem internen Zitzenversiegler, wird als effektivste vorbeugende Maßnahme gegen Euterinfektionen in der Trockenstehzeit angesehen (GODDEN ET AL., 2003) und wird somit häufig eingesetzt, um das Risiko von Eutergesundheitsstörungen gering zu halten. Da die Neuinfektionsrate in der Trockenstehperiode fünfmal höher als im Mittel der Laktation ist (KRÖMKER, 2004), wird dieses Verfahren zur Risikominimierung von Eutergesundheitsstörungen nach wie vor eingesetzt. Vor dem Hintergrund steigender Resistenzen, der geforderten Reduktion des Antibiotikaeinsatzes sowie entsprechender Gesetze (16. AMG-Novelle, seit 1. April 2014 in Kraft) ist das Verfahren einer metaphylaktischen Behandlung ohne tierindividuelle Diagnostik kritisch zu hinterfragen.

## 2 Stand des Wissens

Schon in den 1970er Jahren wurde von mehreren Autoren die Methode des „Selektiven Trockenstellens“ untersucht (RINDSIG ET AL., 1978; POUTRELL & RAINARD, 1981). Dabei ermöglicht die Kenntnis des Eutergesundheitsstatus der Herde und vor allem der trockenzustellenden Milchkühe eine Selektion der Tiere. Hiervon leitet sich auch die Bezeichnung des Verfahrens „Selektives Trockenstellen“ ab. Die Kühe werden nach definierten Voraussetzungen mit oder ohne antibiotischen Trockensteller trockengestellt (MANSFELD ET AL., 2014). In den letzten 20 Jahren wurde in verschiedenen Studien gezeigt, dass das selektive Trockenstellen eine sinnvolle Möglichkeit zur Antibiotikareduktion darstellt (ØSTERAS ET AL., 1999; BERRY & HILLERTON, 2002A; BERRY ET AL., 2003; WHIST ET AL., 2006; WHIST ET AL., 2007; BRADLEY ET AL., 2010; LAM ET AL., 2014), wenngleich auch das Risiko für eine Verschlechterung des Eutergesundheitsstatus erhöht ist.

Zwischenzeitlich werden verschiedene Entscheidungsbäume und Beratungsansätze zum selektiven Trockenstellen diskutiert. So hat z. B. die DLG vor einiger Zeit ein Merkblatt zum Thema mit entsprechenden Beschreibungen herausgegeben (DLG, 2014), jedoch findet das Verfahren in der Praxis noch wenig Verbreitung. In der landwirtschaftlichen Praxis ist weiterhin das Trockenstellen unter antibiotischem Schutz das mit Abstand am häufigsten eingesetzte Verfahren. Die Herausforderungen für den Landwirt und den bestandsbetreuenden Tierarzt bestehen beim selektiven Trockenstellen darin, ein an die jeweiligen betrieblichen Verhältnisse angepasstes und hinsichtlich der Tiergesundheit sicheres Trockenstellmanagement umzusetzen, wobei der Einsatz von Antibiotika auf das erforderliche Minimum beschränkt wird (MANSFELD, 2016).

### 3 Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten das Projekt RAST (Reduktion des Antibiotikaeinsatzes beim Milchvieh durch Selektives Trockenstellen) gefördert. Dieses wurde unter Leitung des LfL-Instituts für Landtechnik und Tierhaltung (ILT) in Kooperation mit den Projektpartnern Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. (TGD) und Ludwig-Maximilians Universität München, Klinik für Wiederkäuer (LMU) durchgeführt.

Im Projektansatz wurde davon ausgegangen, dass unter bestimmten betrieblichen Rahmenbedingungen mit einem gezielten, selektiven und damit auf Dauer gesehen reduziertem Einsatz von antibiotischen Trockenstellern die Eutergesundheit von Milchviehherden stabil gehalten bzw. verbessert werden kann.

Ziel des Projekts RAST war es, die Umsetzbarkeit des Verfahrens „Selektives Trockenstellen“ (ST) unter Praxisbedingungen zu untersuchen und praktisch umsetzbare Beratungsempfehlungen zu erarbeiten.

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Betriebsauswahl

Bei der Betriebsauswahl wurden verschiedene Anforderungen an die betrieblichen und eutergesundheitlichen Voraussetzungen, aber auch hinsichtlich der persönlichen Eignung der Betriebsleiter(-innen) gestellt (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Betriebliche und eutergesundheitliche Voraussetzungen im Projekt RAST

| <b>Anforderungen an Betrieb und Eutergesundheit</b>                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Zellzahl < 200 Tsd. Zellen/ml Milch seit mindestens 3 Monaten (MLP)<br>oder < 250 Tsd. Zellen/ml Milch in 2 der letzten 3 Monate (MLP) |
| 2. Verwendung eines antibiotischen Trockenstellers als bisherige<br>Trockenstellvariante                                                  |
| 3. Kein laufendes <i>Staph. aureus</i> -Sanierungsprogramm                                                                                |
| 4. Keine Tiere mit <i>Sc. agalactiae</i><br>keine Tiere mit <i>Sc. canis</i>                                                              |
| 5. Kein ausgeprägtes <i>Sc. uberis</i> -Problem (< 15 % infizierte Tiere)                                                                 |
| <b>Anforderungen an Landwirt und Hoftierarzt</b>                                                                                          |
| 6. Kooperationsbereitschaft Landwirt / Hoftierarzt / TGD                                                                                  |
| 7. Teilnahme an MLP (+ zur Verfügung stellen der Daten im Projekt)                                                                        |
| 8. Teilnahme an der "Fütterungsberatung intensiv" des LKV                                                                                 |

Treten zum Beispiel in einem Bestand Tiere mit einer *Sc. agalactiae* oder *Sc. canis* Infektion auf, kann das Verfahren des selektiven Trockenstellens nicht zur Anwendung kommen. Hier handelt es sich um Mastitis-Erreger, bei denen das Risiko einer Ansteckung vor allem von ungeschützten Tieren (ohne antibiotischen Trockensteller) als zu hoch erachtet wird (ØSTERAS ET AL., 1999; ROBERT ET AL., 2008).

Die eutergesundheitsspezifischen Teilnahmekriterien der Betriebe auf Herdenebene wurden vorab anhand von zwei Bestandsuntersuchungen überprüft. Dazu wurden von allen Tieren durch einen Techniker des TGD Viertelgemelksproben genommen und diese im Milchlabor des TGD mikrobiologisch untersucht. Darüber hinaus wurde bei jeder Kuh ein Schalmtest (California Mastitis Test, CMT) durchgeführt.

Insgesamt sind 20 bayerische Milchviehbetriebe ab Juni 2015 nacheinander in das Projekt gestartet. Nach dem Ausscheiden von zwei Betrieben im November 2016 nahmen bis zum Projektende 18 Betriebe am Projekt RAST teil.

## 4.2 Entwicklung eines Entscheidungsbaums

Für die Trockenstellentscheidung stand der im Rahmen des Projekts erarbeitete Entscheidungsbaum im Mittelpunkt. Dieser ist der Leitfaden für die Entscheidung, wie das betroffene Einzeltier trockengestellt wird (Abb. 1).

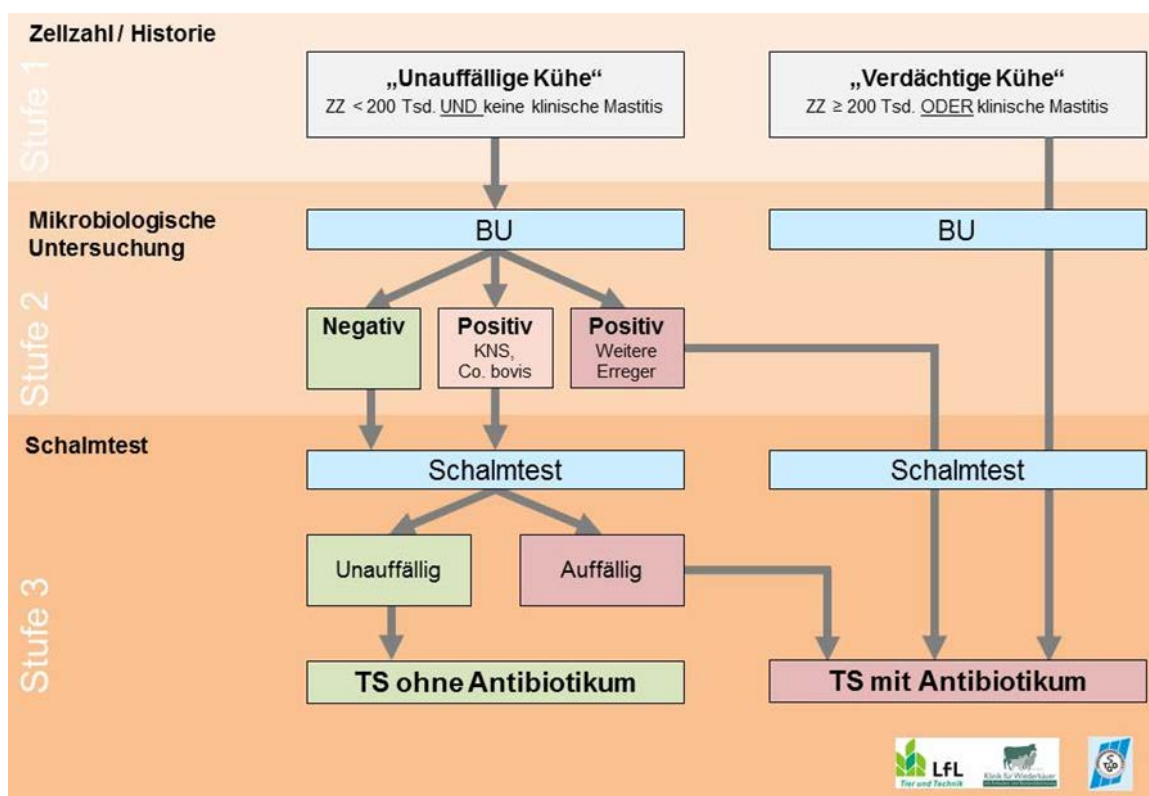


Abb. 1: Entscheidungsbaum im Projekt RAST

Die Selektion der Tiere für die zu ergreifenden Trockenstellmaßnahmen erfolgte im Projekt in drei Stufen.

In der **ersten Stufe** werden die Tiere anhand der Zellzahlwerte der letzten drei MLP und der Mastitis-Historie der vorangegangenen Laktation als „unauffällige Kühe“ bzw. „verdächtige Kühe“ eingestuft (in Anlehnung an ØSTERAS ET AL., 1999; TORRES ET AL., 2008). „Unauffällige“ Kühe dürfen in den letzten 3 MLP vor dem Trockenstellen nicht über 200.000 Zellen/ml liegen und in der gesamten Laktation keine klinische Mastitis gehabt haben. Falls eines dieser Kriterien nicht eingehalten wird, gilt das Tier als „verdächtig“.

In der **zweiten Stufe** wird die bakteriologische Untersuchung 10 - 14 Tage vor dem geplanten Trockenstelltermin betrachtet. Abhängig vom Befund wird wieder in „eutergesund“ (negativer Befund, KNS oder *C. bovis*) oder in „verdächtig“ (positiver mikrobiologischer Befund excl. KNS und *C. bovis*) eingeteilt. Die KNS (Koagulase negative Staphylokokken) werden zusammen mit den coryneformen Bakterien zur Gruppe der „minor pathogens“ gezählt, da ihr Nachweis nur mit einer geringen entzündlichen Reaktion im Sinne einer Erhöhung der somatischen Zellzahl und klinischen Symptomen einhergeht (HOEDEMAKER, 2012). Milchkühe mit einem Nachweis von KNS oder *C. bovis* werden daher bei Erfüllung der sonstigen Voraussetzungen, im Rahmen des Projekts ohne antibiotisches Trockenstell-Präparat trockengestellt.

In der **dritten Stufe** wird das Ergebnis des Schalmtests am Tag des Trockenstellens für die Zuordnung der Milchkühe für die Behandlung mit oder ohne antibiotischen Trockensteller herangezogen. Tiere, die keine antibiotische Trockenstelltherapie erhalten, sollen einen „unauffälligen Schalmtest“ aufweisen. Bei einem CMT-Befund<sup>1</sup> größer als Grad 1 oder Vierteldifferenzen mit mehr als 1 Grad Abweichung zwischen den einzelnen Eutervierteln sollen die Tiere mit einem antibiotischen Trockensteller behandelt werden.

Im Rahmen des Projekts wurde der Einsatz eines Zitzenversieglers wegen der Verringerung des Neuinfektionsrisikos während der Trockenperiode (BERRY & HILLERTON, 2002B) empfohlen, aber nicht vorgeschrieben. Es wird aber besonders darauf hingewiesen, dass die Applikation des internen Zitzenversieglers unter hygienisch einwandfreien Bedingungen erfolgen muss. Ansonsten können Mastitis-Erreger mit dem internen Zitzenversiegler in das eventuell ungeschützte (ohne antibiotischen Trockensteller) Euter eingebracht werden (HUXLEY ET AL., 2002; BRADLEY ET AL., 2010).

### 4.3 Betreuung und Hilfsmittel für die Projektbetriebe

Da die Einführung des Verfahrens „Selektives Trockenstellen“ und die Probenahme bzw. Datenerhebung im Rahmen des Projekts für die Projektbetriebe eine umfassende Umstellung und einen entsprechenden Mehraufwand bedeutete, wurde eine enge und intensive Betreuung und Unterstützung der Betriebe im Rahmen des Projekts angestrebt. Um auftretende Fragen frühzeitig zu klären und eventuellen Rückschlägen bei der Umstellung vorzubeugen, wurden entsprechende Erhebungsunterlagen erarbeitet. Es wurden regelmäßig „Arbeitslisten“ als Hilfestellung an die Praxisbetriebe versandt. Zudem bestand für die Betriebe die Möglichkeit, die Projektbetreuer der LfL und LMU bei auftretenden Fragen und Problemen kurzfristig telefonisch zu kontaktieren. Durch diesen engen Kontakt sollten Umstellungs- bzw. Verständnisprobleme, insbesondere in der Startphase des Projekts minimiert und damit die Motivation der Landwirte bei der Umstellung erhöht werden. Gleichzeitig konnten somit auch auftretende Unsicherheiten und Probleme erfasst werden und eventuell erarbeitete Lösungsansätze in spätere Beratungsempfehlungen mit einfließen.

Außerdem erhielt jeder Landwirt einen „RAST-Ordner“ mit allen notwendigen Informationen, Dokumentationen, dem Entscheidungsbaum sowie den Standardvorgehen zur steri-

---

<sup>1</sup> Negativ (0 ) das Gemisch bleibt flüssig und zeigt keine sichtbaren Veränderungen  
positiv (1 +) das Gemisch zeigt am Schalenboden leichte Schlieren  
positiv (2 ++) das Gemisch zeigt deutliche Schlierenbildung  
positiv (3 +++) das Gemisch wird zähschleimig und fällt beim Ausgießen klumpig aus der Schale

len Entnahme von Viertelgemelksproben. Hatte ein Betrieb keine Erfahrungen mit der Entnahme von Milchproben, wurde dies im Melkstand am Tier „geübt“.

### **Beprobungskalender**

Um bei dem hohen Probenaufkommen von fünf Proben je Einzeltier den Überblick zu behalten, wurden die Landwirte mit der Erstellung eines Beprobungskalenders unterstützt. Dieser Kalender beinhaltete die fünf Beprobungszeitpunkte (TS 1, TS 2, PP 1, PP 2, PP 3, siehe auch Tab. 2) für jedes Tier auf Grundlage des errechneten Abkalbedatums und der betriebsindividuellen Trockenstelldauer von beispielsweise sechs oder acht Wochen. Jeder Betrieb erhielt somit einen Arbeitskalender mit den zu erledigenden Proben zu bestimmten Zeitpunkten.

### **Tierindividuelle Trockenstell-Hinweise**

Als Hilfestellung wurde den Landwirten in der Anfangsphase der Umstellung jeweils zum Wochenanfang eine E-Mail mit Angabe aller in dieser Woche zu beprobenden Tiere zugesandt. Zusätzlich wurden die Betriebsleiter in der Anfangszeit durch tierindividuelle Hinweise bei der Entscheidung der Trockenstelltherapie unterstützt.

### **Standardvorgehensweise (SOP)**

Um die Arbeitsabläufe rund um das Trockenstellen und vor allem die Entnahme von sterilen Viertelgemelksproben zu vereinheitlichen, wurde im Rahmen des Projekts ein Standardvorgehen erarbeitet und mit entsprechenden Bildern veranschaulicht.

Es werden die Arbeitsabläufe beim „Melken“, bei der „Probenentnahme“, bei der „Verabreichung von Trockensteller/Zitzenversiegler“ und bei den „Trockenstehern“ dargestellt und in Stichworten erklärt. Um den Landwirten detailliertere Informationen und Erklärungen zu den einzelnen Arbeitsschritten zur Verfügung zu stellen, wurde zusätzlich ein ausführliches Standardvorgehen u.a. basierend auf Arbeitsanweisungen des DLG-AUSSCHUSS MILCHPRODUKTION UND RINDERHALTUNG ET AL. (2014), der Leitlinie zur „Entnahme von Milchproben unter aseptischen Bedingungen und Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern“ (DVG, 2009), Vorgaben des NATIONAL MASTITIS COUNCIL (2006) und dem Standardvorgehen von MANSFELD ET AL. (2014) erarbeitet.

## **4.4 Datenerhebung**

### **Bestandsuntersuchungen**

Vor Projektbeginn wurde auf den Betrieben durch den jeweiligen TGD-Techniker eine erste Bestandsuntersuchung (1. Screening) durchgeführt. Die erste Bestandsuntersuchung war vor allem für die Kontrolle der eutergesundheitsspezifischen Teilnahmekriterien wichtig.

Ca. 6 - 8 Wochen nach dem ersten Screening wurde in den Betrieben eine zweite Bestandsuntersuchung (2. Screening) durch den TGD-Techniker durchgeführt. Diese Untersuchung diente zur Kontrolle eines möglichen Behandlungserfolgs sowie zur erstmaligen Beprobung derjenigen Tiere, welche bei der ersten Untersuchung trockenstanden.

Ca. ein Jahr nach dem ersten Screening wurden alle Tiere der Projektbetriebe erneut gescreent, um eventuelle Veränderungen der Eutergesundheit bzw. des Erregerstatus in den Betrieben verfolgen zu können.

## Eutergesundheitsmonitoring

Ein einheitliches Eutergesundheitsmonitoring mit entsprechender Dokumentation lieferte Daten zum Stand und der Entwicklung der Eutergesundheit unter den Bedingungen des selektiven Trockenstellens. Dafür war es notwendig, dass zu definierten Zeitpunkten Viertelgemelksproben der Tiere durch den Landwirt bzw. das Stallpersonal gezogen wurden (siehe Tabelle 2). Um eine ausreichende Qualität zu gewährleisten, wurden die zu beachtenden Punkte bei der Probenahme und dem Versenden mit den Landwirten besprochen.

Tab. 2: Zeitpunkte Viertelgemelksproben, Bezeichnung der Proben und Grund

| Zeitpunkt der Beprobung           | Bezeichnung der Probe | Grund                  |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 10-14 Tage vor dem Trockenstellen | TS 1                  | Entscheidungsgrundlage |
| Tag des Trockenstellens           | TS 2                  | Erfolgskontrolle       |
| Bis 2 Tage nach Kalbung           | PP 1                  | Erfolgskontrolle       |
| 10-14 Tage nach Kalbung           | PP 2                  | Erfolgskontrolle       |
| Ca. 60 Tage nach Kalbung          | PP 3                  | Erfolgskontrolle       |

Zusätzlich zu den fünf Proben pro Tier dokumentierten die Betriebsleiter beobachtete Besonderheiten, Behandlungen und sonstige Vorkommnisse. Die Datenerfassung der Landwirte erfolgte überwiegend durch handschriftliche Listen oder elektronisch in Excel. Darüber hinaus nutzte ein Teil der Tierhalter auch Herdenmanagementprogramme für die Erfassung. Ergänzt wurden diese Daten durch die MLP-Daten, die in die Auswertung mit einfließen.

## Befragung der Landwirte

Bei den Betriebsbesuchen zu Beginn, während und am Ende des Projekts wurden von den Projektmitarbeitern Fragen in Form eines Interviews gestellt. Diese persönlichen Meinungen, Praxiserfahrungen und Vorstellungen wurden gesammelt und ausgewertet.

# 5 Ergebnisse

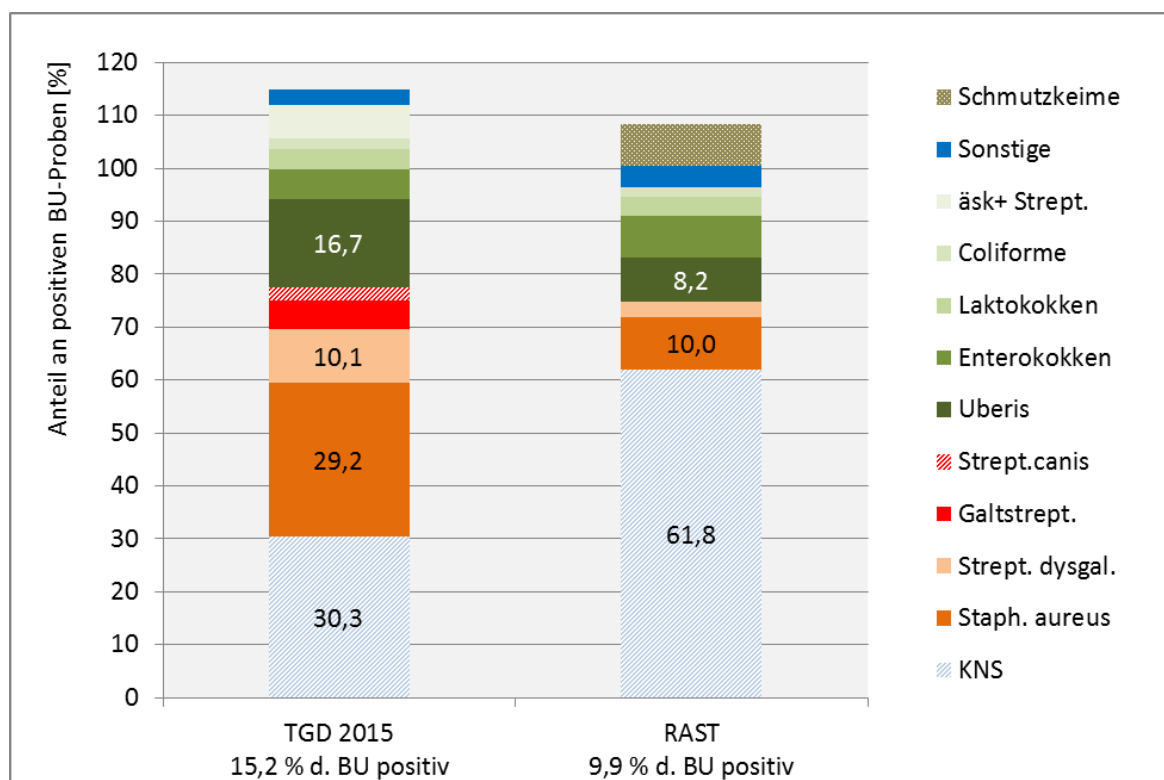
## 5.1 Beschreibung der ausgewählten Betriebe

Die 18 Projektbetriebe hatten im Jahr 2015 eine durchschnittliche Herdenleistung von 8.512 KG Milch bei 4,10 % Fett und 3,50 % Eiweiß. Die Zellzahlergebnisse der letzten drei Milchleistungsprüfungen (MLP) vor Projektstart sind in Tabelle 3 dargestellt und lagen im Mittel bei 143 Tsd. Zellen/ml Milch.

Tab. 3: Zellzahlen der letzten drei MLP der Betriebe vor Projektstart

|            | Zellzahlen der MLP vor Start „selektives Trockenstellen“ [in Tsd.] |               |            |        |
|------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|------------|--------|
|            | 3. letzte MLP                                                      | 2. letzte MLP | letzte MLP | Gesamt |
| Mittelwert | 130                                                                | 150           | 150        | 143    |
| Minimum    | 58                                                                 | 45            | 61         | 45     |
| Maximum    | 276                                                                | 277           | 308        | 308    |

In Abbildung 2 sind rechts die Ergebnisse der Bestandsuntersuchungen im Rahmen des Projekts RAST und links die Ergebnisse aller Bestandsuntersuchungen des TGD Bayerns im Jahr 2015 dargestellt. Bei den Bestandsuntersuchungen des TGD waren 15,2 % der Proben bakteriologisch positiv. In ca. 30 % der positiven Proben konnte *S. aureus*, 30 % koagulase-negative Staphylokokken (KNS), 17 % *Sc. uberis* und 10 % *Sc. dysgalactiae* nachgewiesen werden. Bei den Proben von RAST bis März 2016 waren nur 9,9 % positiv. Über 60 % der untersuchten Proben wiesen koagulase negative Staphylokokken (KNS), 10 % *S. aureus*, 8 % *Sc. uberis* und 8 % Schmutzkeime auf. Die Abbildung spiegelt die geforderte gute Eutergesundheit bezüglich des Erregerstatus wieder.



\*Hier auch Erregerangaben aus Mischinfektionen enthalten, daher >100 %

Abb. 2: Ergebnisse aller Bestandsuntersuchungen des TGD Bayerns (Probenumfang  $n=312.944$ ) von 2015 und Ergebnisse der Bestandsuntersuchungen im Rahmen des Projekts RAST bis März 2016 ( $n=3.342$ )

## 5.2 Einsparung an Antibiotika

Durchschnittlich wurden 42 % der Tiere ohne antibiotischen Trockensteller trockengestellt (Abb. 3).

Auf Einzeltierebene wurden keine Unterschiede bei der Neuinfektions- und Heilungsrate zwischen den Tiergruppen, mit oder ohne Antibiotika trockengestellt, festgestellt.

Beim Vergleich der Betriebe ist eine große Spannweite von 15 - 71 % beim Anteil der Tiere, welche ohne antibiotischen Trockensteller trockengestellt wurden, vorzufinden (siehe Abb. 4).

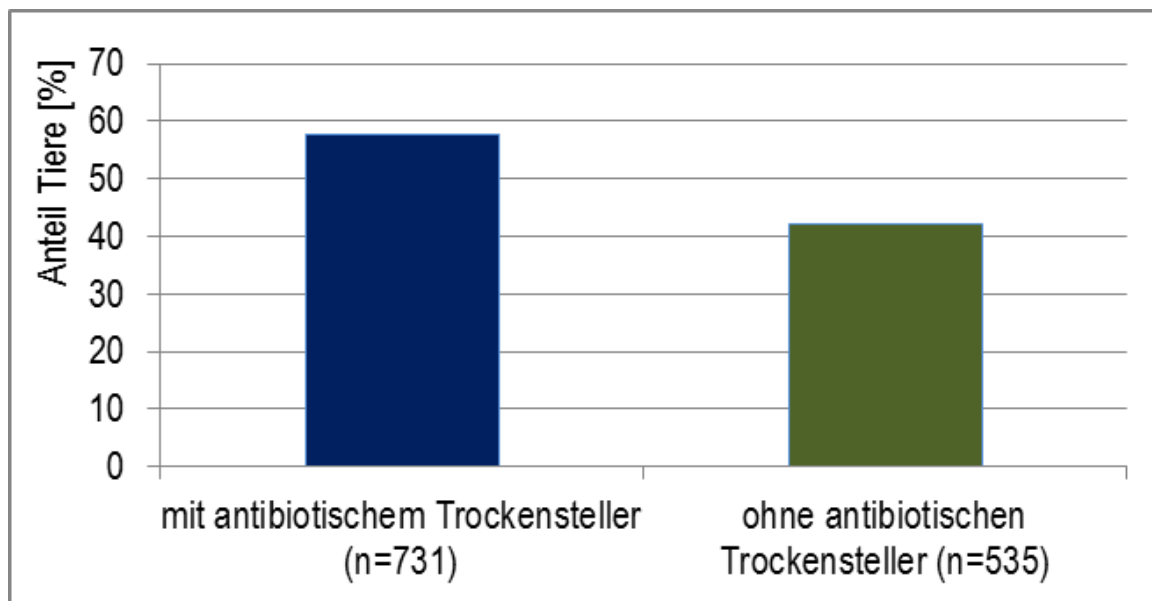


Abb. 3: Anteil trockengestellter Kühe (n=1266) mit oder ohne Antibiotika

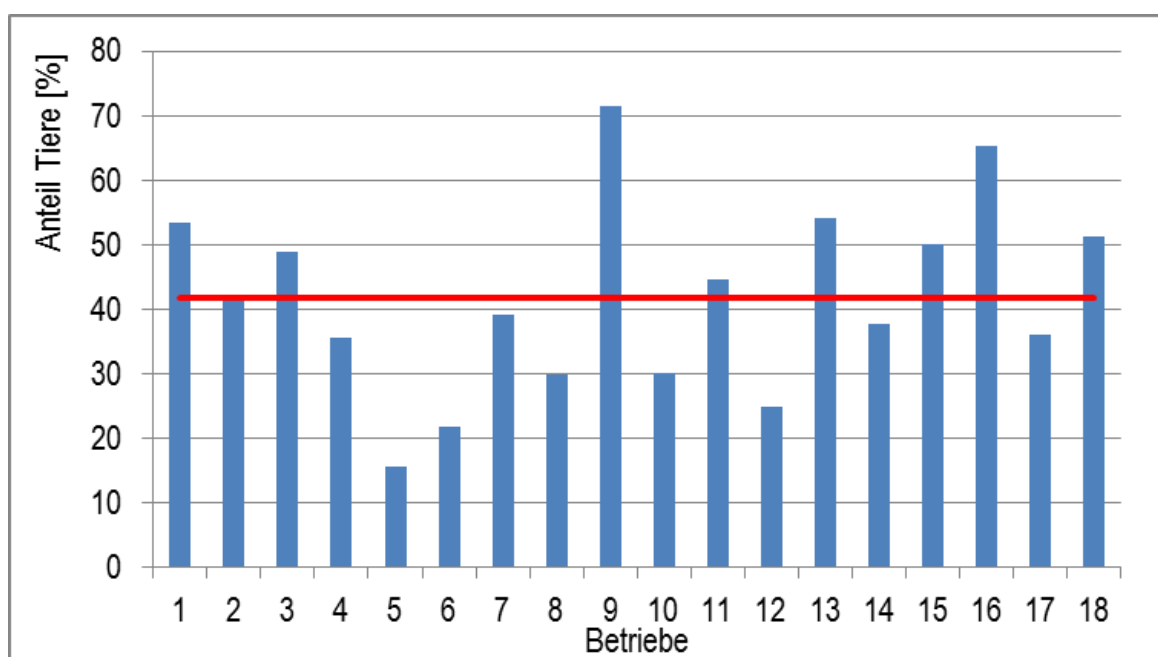


Abb. 4: Anteil der Tiere [%] auf den Projektbetrieben, die ohne Antibiotika trockengestellt wurden

### 5.3 Veränderungen in der Eutergesundheit

Beim Vergleich jeweils des Jahres vor und nach dem Projektstart wurden auf Herdenebene statistisch keine Veränderungen bei der Eutergesundheit (Anzahl klinischer Mastitiden, Zellzahl) festgestellt.

In Abbildung 5 sind die Zellzahlen der Betriebe im Jahr vor RAST und im ersten Jahr in RAST aufgezeigt. Bei elf Betrieben entwickelte sich die Herdenzellzahl positiv. Der durchschnittliche Zellzahlgehalt über alle Betriebe sank von 149.000 auf 135.000 Zel-

len/ml Milch. Zu beachten ist allerdings, dass nicht direkt vom Zellzahlgehalt auf das Einsparpotential an Antibiotika geschlossen werden kann. Denn nicht nur der Zellzahlgehalt allein, sondern auch das Vorhandensein von Erregern sowie die Mastitishistorie beeinflussen die Anwendung von antibiotischen Wirkstoffen.

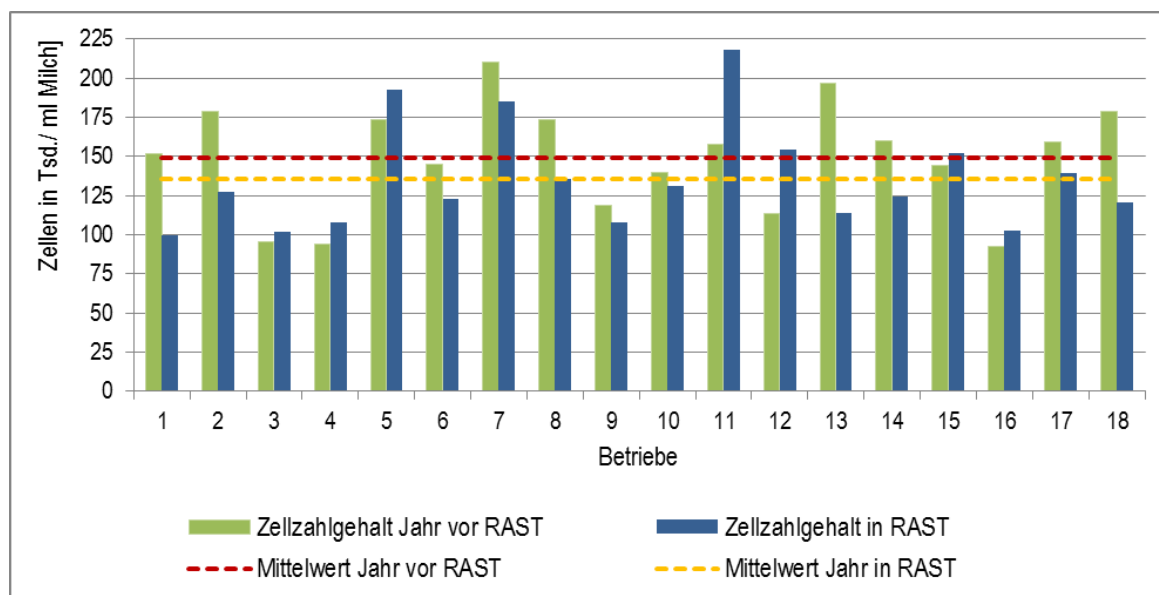


Abb. 5: Zellzahlgehalte der Betriebe [Zellen in Tsd./ml Milch] im Jahr vor und im ersten Jahr im RAST-Projekt

Auswertungen auf Einzeltierebene sowie zu möglichen Zusammenhängen finden derzeit noch statt (Dissertation K. Schmon, LMU).

## 5.4 Praxiserfahrungen

Von den Landwirten im Projekt wurden neben den objektiv messbaren Veränderungen im Antibiotikaverbrauch sowie bei der Eutergesundheit zahlreiche andere Auswirkungen des selektiven Trockenstellens in ihrem Betrieb aufgeführt. Bei den Vorteilen bzw. dem Nutzen wurde vor allem der bessere Überblick über die Erreger auf Herden- und Einzeltierebene durch bakteriologische Untersuchungen genannt. Dadurch sei ein gezielteres und schnelleres Eingreifen bei Mastitiden möglich. Bei den Nachteilen wurde dagegen neben den zusätzlichen Kosten häufig der zusätzliche Aufwand für die Beprobung, die permanente Notwendigkeit sich bei jedem Trockenstellvorgang entscheiden zu müssen sowie die etwas größere Unsicherheit bezüglich der Entwicklung der Eutergesundheit angeführt. Eine Auswahl weiterer Vor- und Nachteilen des selektiven Trockenstellens aus einer Befragung der Projektbetriebe ist in Tabelle 4 aufgelistet.

## 6 Diskussion

Im Projekt konnte der Antibiotikaeinsatz beim Trockenstellen um 40 % reduziert werden. Die Ergebnisse aus dem Projekt RAST zeigen zudem, dass das selektive Trockenstellen zu keinen negativen Auswirkungen auf die Eutergesundheit führt. Somit kann das Verfahren des selektiven Trockenstellens, unter bestimmten betrieblichen Voraussetzungen, als eine Maßnahme zur Reduktion des Antibiotikaeinsatzes in der Milchviehhaltung betrachtet werden.

Tab. 4: Übersicht der Vor- und Nachteile aus einer Befragung der Projektbetriebe

| Vorteile / Nutzen                                                                                                                                             | Nachteile / Aufwand                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Einsparung an Antibiotika                                                                                                                                     | Zusätzlicher Kostenaufwand (Bestandsuntersuchung, bakteriologische Untersuchung, Anwendung von Zitzenversiegler) |
| Besserer Überblick über Erreger auf Herden- und Einzeltierebene durch bakteriologische Untersuchungen → Gezielteres und schnelleres Eingreifen bei Mastitiden | Herdenmanagementprogramm oder Alternativen für übersichtliche Dokumentation & Auswertung notwendig               |
| mehr hemmstofffreie Milch (für Kälberfütterung, weniger Kannenmilch)                                                                                          | Gewissenhaftes Management rund um das Trockenstellen (Dokumentation, Haltung, Fütterung) nötig                   |
| Gutes Gefühl, da man dem Druck der Öffentlichkeit zur Antibiotikareduktion gerecht wird                                                                       | Intensive Betreuung durch Hoftierarzt nötig                                                                      |
| Intensiverer Umgang mit LKV-Daten                                                                                                                             | Für jedes Tier muss eine Entscheidung getroffen werden                                                           |

Ein wichtiger Bestandteil im Verfahren des selektiven Trockenstellens stellt die Erfolgskontrolle dar. Hierbei wird die Entwicklung der Eutergesundheit beurteilt, d.h. wie „gut“ die Kuh durch die Trockenstehperiode, in Bezug auf Neuinfektion und Heilung bestehender Mastitiden, gekommen ist. Dabei dürfen die Einflüsse von Haltung, Fütterung und Management nicht außer Acht gelassen werden.

Um selektives Trockenstellen erfolgreich in den Betrieb zu integrieren, ist eine gute Eutergesundheit auf Herdenebene Voraussetzung. Außerdem muss der Betrieb kurzfristig mit einem höheren Arbeits- und Kostenaufwand rechnen. Es führt oftmals zu Änderungen rund um das Trockenstellmanagement, da 14 Tage vor dem Trockenstelltermin eine Viertelgemelksprobe gezogen werden muss. Dazu empfiehlt es sich, einen Beprobungskalender oder Aktionslisten im Herdenmanagementprogramm zu erstellen. Nicht bei jeder Kuh kann auf einen antibiotischen Trockensteller verzichtet werden. Die bakteriologische Untersuchung im Labor stellt einen zusätzlichen Kostenpunkt dar. Die Kosten für die Anwendung eines internen Zitzenversieglers generell, oder anstelle eines antibiotischen Trockenstellers, sind nicht außer Acht zu lassen. Generell führt das Verfahren zumindest am Anfang sicher zu erhöhten Kosten und erhöhtem Arbeitszeitaufwand.

Eine längerfristige Bewertung, ob betriebsindividuelle Kosten gespart werden können, ist schwierig, da dem Aufwand viele Vorteile gegenüberstehen, die monetär aber auch in Bezug auf den Arbeitszeitbedarf schwer abzuschätzen sind. Hierzu gehören die Einsparung an Antibiotika, der bessere Überblick über die Herden- und Einzeltiereutergesundheit und mehr Kenntnisse über Erreger sowie Erregerstatus. Bei Problemen kann oftmals früher und schneller eingegriffen werden. Zudem erfolgt die Entscheidung für das Merzen einer Kuh bei wiederholten Problemen leichter, da diese durch die ausführlichere Dokumentation einfacher ersichtlich sind.

## 7 Ausblick

Beim Projekt RAST handelt es sich um ein anwendungsbezogenes Forschungsprojekt auf Praxisbetrieben, welche intensive Betreuung und Unterstützung erhielten. Ziel des Projekts war, die Umsetzbarkeit des Verfahrens „Selektives Trockenstellen“ unter Praxisbedingungen zu untersuchen und praktisch umsetzbare Beratungsempfehlungen zu erarbeiten. Um diese Beratungsempfehlungen zum elektiven Trockenstellen und das Verfahren einer größeren Zielgruppe zugänglich zu machen, wurde das Projekt RAST-Transfer initiiert. Hierbei sollen auftretende Schwierigkeiten sowie Unsicherheiten bei einer Umsetzung in der Praxis ohne intensive Betreuung und Unterstützung erfasst werden und die Beratungsempfehlungen für die „breite Masse“ der Betriebe überarbeitet bzw. ergänzt werden. Gleichzeitig sollen die Erfahrungen und das Wissen in zahlreichen Vorträgen und Workshops vermittelt werden.

## 8 Danksagung

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung der Forschungsvorhabens A/15/04 und A/18/14.

## 9 Literatur

BERRY, EA.; HILLERTON, JE. (2002A): The Effect of Selective Dry Cow Treatment on New Intra-mammary Infections. *Journal of Dairy Science*; 85: 112-121. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74059-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74059-9).

BERRY, EA.; HILLERTON, JE. (2002B): The Effect of an Intramammary Teat Seal on New Intra-mammary Infections. *Journal of Dairy Science*; 85: 2512-2520. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74334-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74334-8).

BERRY, EA.; JOHNSTON, WT.; HILLERTON, JE. (2003): Prophylactic Effects of Two Selective Dry Cow Strategies Accounting for Interdependence of Quarter. *Journal of Dairy Science*; 86: 3912-3919. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73999-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73999-X).

BRADLEY, AJ.; BREEN, JE.; PAYNE, B.; WILLIAMS, P.; GREEN MJ. (2010): The use of a cepha-lonium containing dry cow therapy and an internal teat sealant, both alone and in combination. *Journal of Dairy Science*; 93: 1566-1577 <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2725>.

DLG-AUSSCHUSS MILCHPRODUKTION UND RINDERHALTUNG, WOLTER, W.; KRÖMKER, V.; HERMANN, HJ.; KLINKEL, N. (2014): DLG-Merkblatt 400. Trockenstellen von Milchvieh. Aktuelle Empfehlungen zur praktischen Durchführung. DLG e.V. [https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt\\_400.pdf](https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_400.pdf).

DEUTSCHE VETERINÄRMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT (DVG, 2009): Leitlinien. Entnahme von Milchproben unter aseptischen Bedingungen und Isolierung und Identifizierung von Mastitiserregern, 2 edn. DVG - Fachgruppe "Milchhygiene", Sachverständigenausschuss "Subklinische Mastitis" Gießen. Gießen. 88. 978-3-941703-22-3.

GODDEN, S.; RAPNICKI, P.; STEWART, S.; FETROW, J.; JOHNSON, A.; BEY, R.; FARNSWORTH, R. (2003): Effectiveness of an internal teat seal in the prevention of new intramammary in-

fections during the dry and early-lactation periods in dairy cows when used with a dry cow intramammary antibiotic. *Journal of Dairy Science*; 86: 3899-3911.

HOEDEMAKER, M. (2012): Müssen koagulase-negative Staphylokokken (KNS) als Mastitisreger therapiert werden? Herausforderungen der Zukunft in der Mastitisbekämpfung. Tagung der Arbeitsgruppe Sachverständigenausschuss "Subklinische Mastitis" ; Grub, 22. und 23. März 2012. Grub. Fehlings K, ed. 152-158.

HUXLEY, JN.; GREEN, MJ.; GREEN, LE.; BRADLEY, AJ. (2002): Evaluation of the Efficacy of an Internal Teat Sealer During the Dry Period. *Journal of Dairy Science*; 85: 551-561 [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74108-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74108-8).

KRÖMKER, V. (2014): Mastitis-quo vadis? Effektive Therapie von Euterentzündungen. "Neue Wege in der Mastitistherapie". Bad Endorf.

LAM, TJGM.; SCHERPENZEEL, CGM.; DEN UIJL, IEM.; VAN SCHAIK, G. (2014): Dry Cow Therapy: Does it still deserve a Blanket Recommendation? National Mastitis Council Annual Meeting Proceedings 64-72.

MANSFELD, R.; FELDMANN, M.; HOEDEMAKER, M.; DE KRUIF, A.; HEUWIESER, W. (2014): Management von Kühen während der Transitphase. In: Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind, 3 edn. de Kruif A, Mansfeld R, Hoedemaker M, eds. STUTTGART: ENKE 2014: 283-297.

NATIONAL MASTITIS COUNCIL (2006): NMC Factsheet. Dry Cow Therapy. [http://www.mqtlabs.com/sites/default/files/page/attachments/NMC\\_Factsheet\\_Dry\\_Cow\\_Therapy.pdf](http://www.mqtlabs.com/sites/default/files/page/attachments/NMC_Factsheet_Dry_Cow_Therapy.pdf).

ØSTERÅS, O.; EDGE, VL.; MARTIN, SW. (1999): Determinants of Success or Failure in the Elimination of Major Mastitis Pathogens in Selective Dry Cow Therapy. *Journal of Dairy Science*; 82: 1221-1231 [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75345-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75345-2).

POUTREL, B.; RAINARD, P. (1981): California mastitis test guide of selective dry cow therapy. *Journal of Dairy Science*; 64: 241-248.

RINDSIG, R. B.; RODEWALD, R. G.; SMITH, A. R. & SPAHR, S. L. (1978): Complete Versus Selective Dry Cow Therapy for Mastitis Control. *Journal of Dairy Science*, 61(10), 1483-1497. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(78)83753-9.

ROBERT, A.; ROUSSEL, P.; BAREILLE, N.; RIBAUD, D.; SÉRIEYS, F.; HEUCHEL, V. & SEEGER, H. (2008): Risk factors for new intramammary infections during the dry period in un-treated dairy cows from herds using selective dry cow therapy. *Animal*, 2(02), 247-254. doi: 10.1017/S1751731107000833.

TORRES, A. H.; RAJALA-SCHULTZ, P. J.; DEGRAVES, F. J. & HOBLET, K. H. (2008): Using dairy herd improvement records and clinical mastitis history to identify subclinical mastitis infections at dry-off. *Journal of Dairy Research*, 75(02), 240-247. doi: 10.1017/S0022029908003257.

ØSTERÅS O, EDGE VL, MARTIN SW. (1999): Determinants of Success or Failure in the Elimination of Major Mastitis Pathogens in Selective Dry Cow Therapy. *Journal of Dairy Science*; 82: 1221-1231 [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75345-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75345-2).

WHIST, A. C.; ØSTERÅS, O. & SØLVERØD, L. (2006): Clinical Mastitis in Norwegian Herds After a Combined Selective Dry-Cow Therapy and Teat-Dipping Trial. *Journal of Dairy Science*, 89(12), 4649-4659. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)72515-2.

---

WHIST, A. C.; ØSTERÅS, O. & SØLVERØD, L. (2007): Staphylococcus aureus and Streptococcus dysgalactiae in Norwegian herds after introduction of selective dry cow therapy and teat dip-ping. Journal of Dairy Research, 74(01), 1-8. doi:10.1017/S0022029906002135.

WOLTER, W. (2014): Antibiotikaeinsatz in der Milchviehhaltung – eine (politische) Herausforderung für den Tierarzt. Paper presented at the AVA Tagung Göttingen.

## **Brunsterkennungssysteme in der Milchviehhaltung – Kosten und Nutzen**

Johanna Pfeiffer, Dr. Markus Gandorfer, Dr. Georg Wendl

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung,  
Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

### **Zusammenfassung**

Gesunde Kühe mit guten Reproduktionsleistungen sind die Basis für eine nachhaltige Milchviehhaltung. Folglich werden seit den 1980er Jahren Sensoren für die automatische Brunsterkennung entwickelt. Das Angebot für Sensorik am Rind ist jedoch groß und dynamisch, was es dem Landwirt erschwert, einen Überblick zu behalten. Weiterhin finden umfassende ökonomische Bewertungen in der Literatur meist nur eingeschränkt statt. Ziel des Beitrags ist es deshalb, einen Überblick über aktuell marktverfügbare Technologien zu geben und eine ökonomische Bewertung für automatische Brunsterkennungssensoren vorzunehmen.

Aktuell sind Sensoren zur Fixierung am Fuß, am Hals, im Ohr und zur Eingabe in den Pansen erhältlich, welche kontinuierlich die Aktivität einer Kuh, die Zeit des Wiederkäuens, die Fresszeit, die Temperatur und den pH-Wert im Pansen erfassen können. Die Sensorik wird zur Erkennung von Brünsten einschließlich des optimalen Besamungszeitraums verwendet. Vermehrt ist mit diesen Sensoren zusätzlich eine Früherkennung von Krankheiten und Kalbungen möglich.

Da der Deckungsbeitrag einer Kuh von der Brunsterkennungsrate eines Milchviehbetriebs abhängt, können Reproduktionsleistungen die Wirtschaftlichkeit eines Milchviehbetriebes wesentlich beeinflussen. Die Berechnungen zeigen ein gewisses ökonomisches Potential von Sensorik zur automatischen Brunsterkennung, wobei der finanzielle Vor- oder Nachteil stark vom bisherigen Fruchtbarkeitsmanagement eines Milchviehbetriebes abhängt. Für die Annahme einer Herdengröße von 70 Kühen und einer Milchleistung von 9000 kg beträgt der Erwartungswert für den Gewinnbeitrag bei einer Investition in Sensorik zur automatischen Brunsterkennung 28 € (Ausstattung Kühe und Jungvieh) bzw. 12 € (Ausstattung nur Kühe) je Kuh und Jahr. Eine zusätzliche Ausstattung des Jungviehs wirkt sich besonders positiv aus, da dies zu einer Senkung des Erstkalbealters beitragen kann. Bei der Ausstattung einer größeren Tieranzahl ist der Gewinnbeitrag aufgrund einer Fixkostendegression höher.

Da die gesellschaftlichen Erwartungen in Bezug auf Tierwohl und Tiergesundheit steigen, stellt sich vermehrt die Frage nach der gesellschaftlichen Akzeptanz von digitalen Technologien in der Landwirtschaft. Diese wurde basierend auf einer repräsentativen Online-Umfrage in Deutschland ermittelt (n = 2.012). Erste Ergebnisse zeigen eine insgesamt positive Konnotation der Digitalisierung in der Landwirtschaft, darunter auch von Sensorik für die Tierhaltung.

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

Das Fundament einer nachhaltigen Milchviehhaltung sind gesunde Kühe mit guten Reproduktionsleistungen. Milchviehhalter in Deutschland haben bereits in den letzten Jahrzehnten bewiesen, dass sie sehr gute Fortschritte hinsichtlich Milchleistung und Fitness der Tiere erreicht haben. Aktuelle Kennzahlen der Reproduktionsleistungen zeigen allerdings in mancher Hinsicht noch weiteres Optimierungspotential. Eine Betrachtung der Abgangsursachen zeigt, dass ca. 23 % (LKV BAYERN, 2017) und ca. 20 % (BUNDESVERBAND RIND UND SCHWEIN E.V., 2017) aller abgegangenen Kühe in Bayern bzw. Deutschland die Herde aufgrund von Unfruchtbarkeit verlassen mussten. Neben krankheitsbedingten Abgängen ist Unfruchtbarkeit damit die wichtigste Abgangsursache.

Da die Reproduktionsleistungen einer Milchviehherde jedoch wesentlich zur Wirtschaftlichkeit eines Betriebes beitragen, ist ein möglichst frühes und präzises Erkennen von Brunsten unabdingbar. Literaturangaben zufolge liegt die mittlere Brunsterkennungsrate bei visueller Beobachtung bei ca. 55 % (FIRK ET AL., 2002), wobei mit höherem Zeitaufwand bessere Raten erreichbar sind. Defizite hierbei sind unter anderem in zunehmend kürzerer Brunstdauer, weniger starker Ausprägung der Brunstanzeichen aufgrund hoher Milchleistungen (GASTEINER, 2014) und teilweise verstärkt nachts auftretenden Brunstergebnissen (WANGLER ET AL., 2005) begründet. Zusätzlich sind wachsende Betriebsgrößen und die damit steigende Arbeitsbelastung begrenzende Faktoren für die verbleibende Zeit zur Beobachtung der Herde.

Im Zuge dessen werden seit den 1980er Jahren Sensoren für die automatische Brunsterkennung entwickelt (MOTTRAM 2016). Diese messen die Aktivität eines Tieres und erkennen eine Brunst anhand eines Aktivitätsanstiegs. Umfragen zeigen, dass ihr Einsatz in Deutschland noch eher zurückhaltend erfolgt, jedoch mit steigender Tendenz. Das große, dynamische Angebot an Systemen zur automatischen Brunsterkennung erschwert es dem Landwirt, den Überblick zu behalten. Weiterhin hat eine Literaturanalyse ergeben, dass es eine Vielzahl fragmentierter Informationen zur Aktivitätssensorik in der Milchviehhaltung gibt, wobei häufig einzelne Aspekte wie Kaufpreis und Kosten einer übersehenen Brunst nur isoliert und Auswirkungen auf das Management nur qualitativ betrachtet werden. Insbesondere eine umfassende ökonomische Bewertung findet in der Literatur meist nur eingeschränkt statt.

Ziel des Beitrags ist deshalb, zunächst das Spektrum der am Markt verfügbaren Sensorsysteme zur Aktivitätsmessung aufzuzeigen. Der Fokus liegt allerdings auf einer ökonomischen Bewertung automatischer Brunsterkennungssysteme.

## 2 Überblick zu Sensorik am Rind

Bei der Entwicklung der ersten Aktivitätssensoren erfolgte eine einfache Schrittzahlmessung über Lagesensoren, welche am Fuß befestigt wurden. Neuere Sensoren arbeiten mittlerweile mit 3D-Beschleunigungssensoren. Das Angebot für Sensorik ist inzwischen vielfältig. Derzeit sind Sensoren zur Fixierung am Fuß, am Hals, im Ohr und zur Eingabe in den Pansen erhältlich (Abb. 1 und 2). Diese können kontinuierlich die Aktivität einer Kuh, die Zeit des Wiederkäuens, die Fresszeit, die Temperatur und den pH-Wert im Pansen erfassen. Viele Hersteller realisieren die Kombination von mehreren verschiedenen Sensoren in einem System, wodurch mehrere Parameter gleichzeitig erfasst werden können (z. B.: smaXtec Pansenbolus: Messung von Aktivität, Temperatur und pH-Wert im Pansen).

Darüber hinaus können aus den Messwerten eines Sensors verschiedene Parameter berechnet werden. So werden beispielsweise mit einem Aktivitätssensor sowohl die Schrittzahl als auch die Liegezeiten eines Rindes ermittelt.

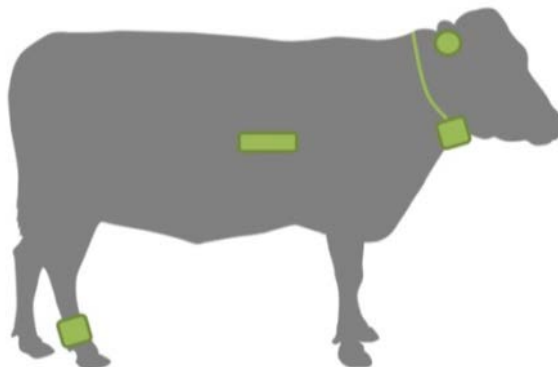


Abb. 1: Platzierung von Sensoren an der Kuh



Abb. 2: Halsband-Sensor Heatime® Pro zur Messung von Aktivität und Wiederkäuen

In der zum System gehörigen Software werden die erfassten Parameter meist grafisch aufbereitet und dargestellt. Abweichungen erfasster Größen vom jeweiligen individuellen Normalzustand einer Kuh können Indikatoren für verschiedene Ursachen sein. Folglich gibt das System Hinweise an den Landwirt.

Zu den wichtigsten Funktionen der Aktivitätssensorik zählt das Erkennen von Brünsten einschließlich des optimalen Besamungszeitraums. Vermehrt werden diese Sensoren auch zur Früherkennung von Krankheiten eingesetzt. Starke Änderungen im Aktivitäts-, Fress- und Wiederkäuerverhalten können ebenso wie Abweichungen der Temperatur und des pH-Werts auf mögliche Krankheiten hindeuten. Mittels typischer Kurvenverläufe der Parameter ist es teilweise sogar möglich, Krankheiten bereits vor dem Auftreten visuell erkennbarer Symptome zu erkennen. Abbildung 3 zeigt dies exemplarisch für einen Kurvenverlauf der Temperatur bei einer Mastitis. Viele Sensoren bieten als zusätzliche Funktion die Überwachung des Kalbezeitraums. Kalbungen können frühzeitig anhand von Veränderungen des typischen Bewegungsverhaltens, der Temperatur oder der Fress- bzw. Wiederkäuzeit erkannt werden.

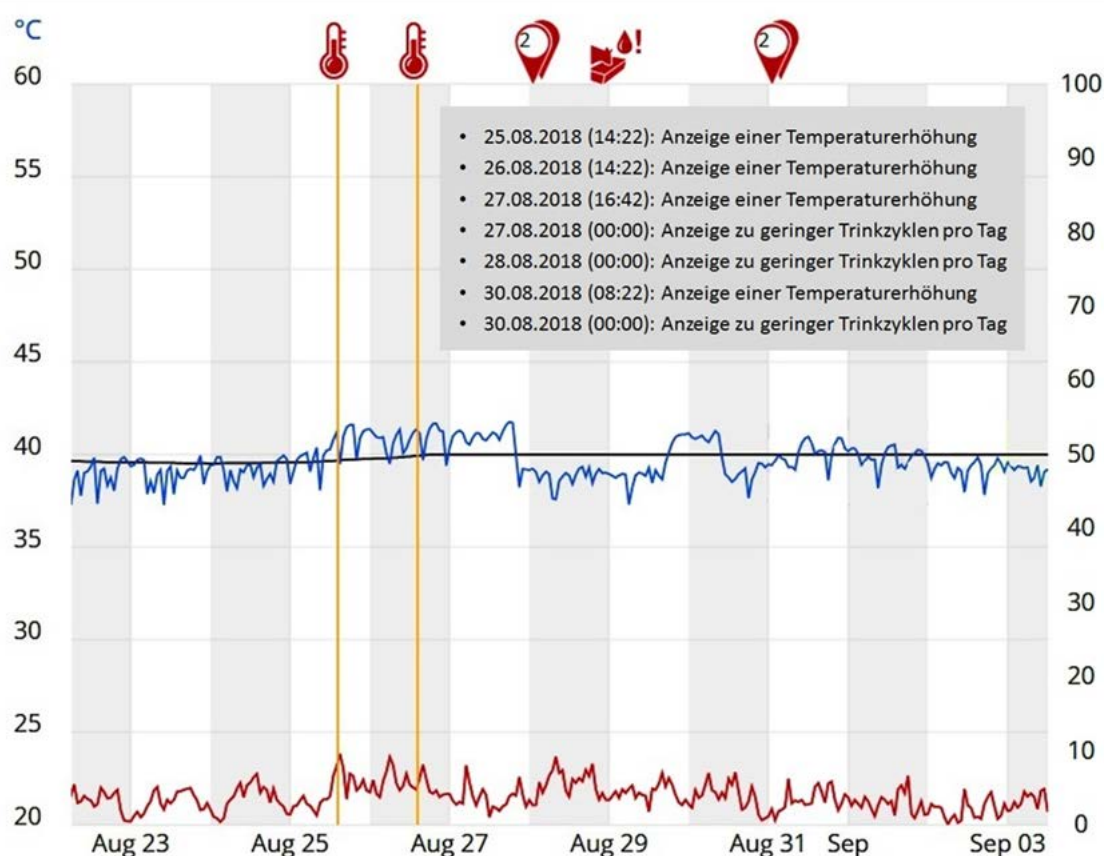


Abb. 3: Verlauf der Temperaturkurve (blau) bei einer Mastitis und Verlauf des Aktivitätsindex (rot); eigene Beobachtung mit smaXtec-Sensorik

### 3 Ökonomische Bewertung automatischer Brunsterkennungssysteme

#### 3.1 Material und Methoden

Die methodische Vorgehensweise der ökonomischen Bewertung ist im Tagungsbeitrag zur 38. GIL- (Gesellschaft für Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft e.V.) Jahrestagung detailliert dargelegt (PFEIFFER ET AL., 2018).

#### 3.2 Ergebnisse

Die jährlichen Kosten der Investition für gängige Sensoren zur automatischen Brunsterkennung sind in Abbildung 4 zu sehen. Für eine Vergleichbarkeit der verschiedenen Systeme wird jeweils eine Lebensdauer der Sensorik von 7 Jahren angenommen. Mit zunehmender Anzahl erworbener Sensoren findet eine Kostendegression statt, verursacht durch eine stärkere Verteilung der fixen Kosten- insbesondere für das Basiszubehör. Für Heati-me® Pro belaufen sich die jährlichen Kosten der Investition bei einer erworbenen Stückzahl von 70 bzw. 210 Sensoren auf etwa 33 € bzw. etwa 27 € je Tier.

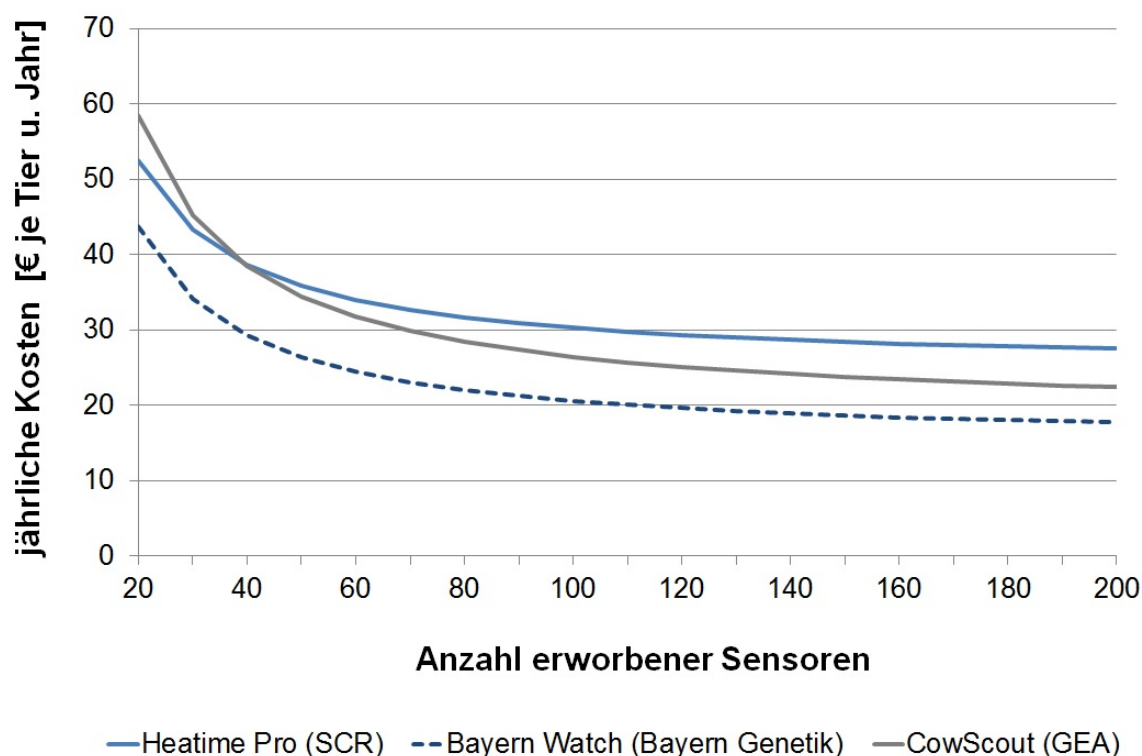


Abb. 4: Jährliche Kosten der Investition in Sensorik zur (automatischen) Brunsterkennung (Annahme zur Lebensdauer der Sensorik: 7 Jahre)

Die Reproduktionsleistungen tragen wesentlich zur Wirtschaftlichkeit eines Milchviehbetriebes bei, da der Deckungsbeitrag einer Kuh von der Brunsterkennungsrate abhängt. Die Zunahme des Deckungsbeitrags mit steigender Brunsterkennungsrate ist maßgeblich auf einen höheren Kälbererlös (geringere Remontierungskosten) zurückzuführen. Dies ist in einer kürzeren Zwischenkalbezeit, einem niedrigeren Erstkalbealter und somit einer höheren Anzahl an Kalbungen in der Herde je Jahr begründet. Je nach Strategie eines Milchviehbetriebes können sich also die Erlöse aus dem Verkauf von Jungtieren bzw. von Altkühen erhöhen.

In Abbildung 5 ist exemplarisch die Häufigkeitsverteilung für den jährlichen Gewinnbeitrag je Kuh bei einer Investition in Sensorik zur automatischen Brunsterkennung bei einer Ausstattung von Kühen und Jungvieh bzw. von Kühen alleine dargestellt. Die Ergebnisse dieser Verteilung beruhen auf der Annahme einer Herdengröße von 70 Kühen und einer Milchleistung von 9000 kg. Weiterhin wurde die Berechnung beispielhaft für Heatime® Pro durchgeführt. Der Erwartungswert für den Gewinnbeitrag beträgt 28 bzw. 12 € je Kuh und Jahr. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 91 bzw. 79 % ist der jährliche Gewinnbeitrag dieser beiden Szenarien positiv.

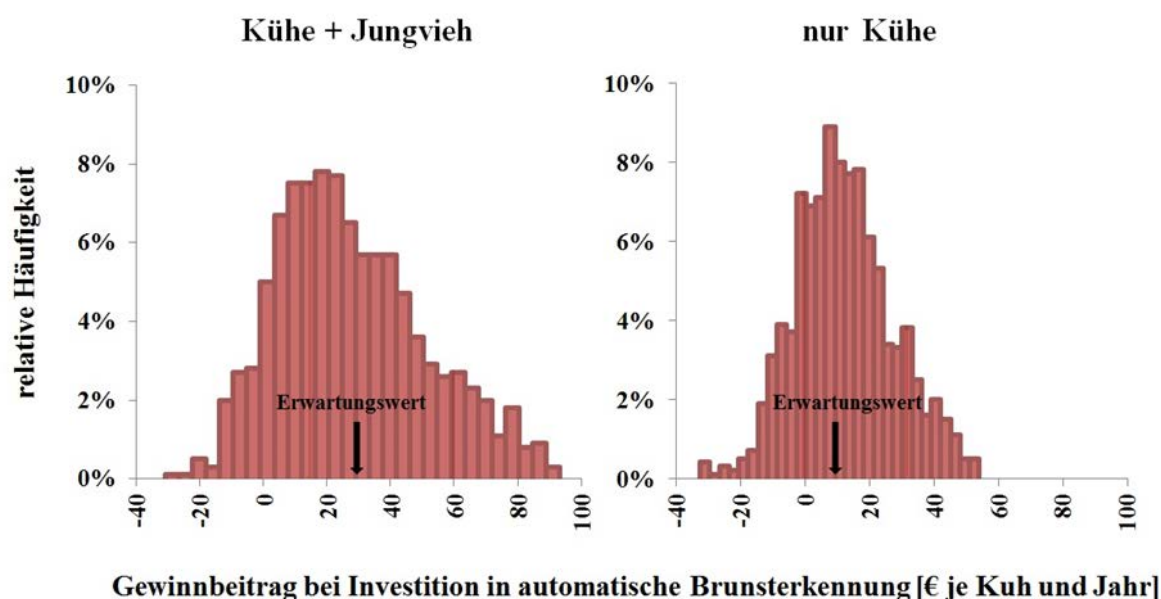


Abb. 5: Häufigkeitsverteilung des Gewinnbeitrags (€ je Kuh und Jahr) bei Investition in automatische Brunsterkennung für 70-köpfige Herde bei 9000 kg Milchleistung (1000 Iterationen) (Pfeiffer et al., 2018)

Der Gewinnbeitrag wird bei Ausstattung einer größeren Tieranzahl höher – aufgrund der Fixkostendegression. Besonders positiv wirkt sich eine zusätzliche Ausstattung des Jungviehs aus (Abb. 5), da dies zu einer Senkung des Erstkalbealters beiträgt. Die Höhe der Milchleistung (7000 bzw. 9000 kg) hatte bei den Berechnungen jedoch keinen ausschlaggebenden ökonomischen Effekt.

Besonders rentabel ist eine Investition in automatische Brunsterkennungssysteme für Betriebe mit niedriger visueller Brunsterkennungsrate und für Betriebe mit hohem Zeitaufwand für die Brunstkontrolle. Verstärkt wird dieser Effekt, wenn sich der Zeitaufwand für die Brunstkontrolle nach der Anschaffung eines automatischen Brunsterkennungssystems auf ein Minimum reduziert. Vergleichsweise klein bzw. sogar negativ wird der Gewinnbeitrag hingegen für Milchviehbetriebe, welche bereits eine hohe visuelle Brunsterkennungsrate bei trotzdem geringem Zeitaufwand für die visuelle Brunstkontrolle aufweisen.

## 4 Exkurs: Gesellschaftliche Akzeptanz von Digitalisierung in der Landwirtschaft

Der Blick des Konsumenten ist verstärkt auf landwirtschaftliche Produktionsverfahren gerichtet, weshalb die gesellschaftlichen Erwartungen in Bezug auf Tierwohl und Tiergesundheit steigen. Die Digitalisierung in der Landwirtschaft kann einen entscheidenden Beitrag zur Bewältigung der genannten Aspekte leisten. Basierend auf einer repräsentativen Umfrage in Deutschland wurde die gesellschaftliche Akzeptanz der Landwirtschaft sowie digitaler Technologien in der Landwirtschaft ermittelt. Datengrundlage der Untersuchung bildet eine im Jahr 2018 durchgeführte Online-Umfrage zu digitalen Technologien in der Landwirtschaft. Die verquotierte Stichprobe ( $n = 2.012$ ) repräsentiert in ihrer Zusammensetzung die deutsche Bevölkerung hinsichtlich Geschlecht, Alter, Wohnortgröße und Bildungsabschluss.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Digitalisierung in der Landwirtschaft insgesamt positiv konnotiert ist. Dennoch ist teils ein großer Anteil aller Befragten unentschlossen sowohl hinsichtlich ihrer Wahrnehmung der Landwirtschaft als auch der Befürwortung des Einsatzes digitaler Technologien. Damit liegt ein Potenzial zur Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz von (digitaler) Landwirtschaft in der verstärkten Aufklärung und neutralen Information der Bevölkerung. Da Sensorik am Tier das Tierwohl durch Verbesserung der Tiergesundheit erhöhen kann, ist die Befürwortung des Einsatzes von Sensoren in der Tierhaltung unter den Befragten sehr hoch. Es besteht sogar Zustimmung zu einer finanziellen Förderung dieser Technologien.

## **5 Diskussion und Ausblick**

Die Ergebnisse zeigen ein gewisses ökonomisches Potenzial von Sensorik zur automatischen Brunsterkennung, wobei der finanzielle Vor- oder Nachteil stark vom bisherigen Fruchtbarkeitsmanagement eines Milchviehbetriebes abhängt. Die ökonomische Betrachtung bestätigt die Relevanz einer niedrigen Zwischenkalbezeit, da die Kosten einer übersehenen Brunst auf etwa 40 bis 80 € beziffert werden (JUNG, 2009). Jedoch ist zu berücksichtigen, dass der Wert für eine optimale Zwischenkalbezeit betriebsindividuell ist. Bei der Investition in ein automatisches Brunsterkennungssystem ist eine zusätzliche Ausstattung des Jungviehs ökonomisch vorteilhaft, da dies zu einem Absenken des Erstkalbealters beitragen kann und somit Aufzuchtkosten reduziert werden können. Die betriebswirtschaftlichen Vorteile eines optimalen Erstkalbealters sind bereits in der Literatur bekannt (ETTEMA & SANTOS, 2004). Milchviehhalter, die bereits mit Sensoren zur automatischen Brunsterkennung arbeiten, geben eine sehr hohe Zufriedenheit mit den Systemen wie auch eine deutliche Zeitersparnis bei der Brunsterkennung an und bestätigen eine hohe Präzision der Systeme (MICHAELIS ET AL. 2013). Weiterhin gewichten viele Landwirte eine durch automatische Brunsterkennungssysteme hervorgerufene deutliche Zeitersparnis, eine höhere Attraktivität der Arbeit und somit einen höheren Komfort stärker als eine finanzielle Ersparnis. Ferner hat die Anschaffung eines automatischen Brunsterkennungssystems den Nebeneffekt einer intensiveren Befassung mit der Thematik, was ebenfalls zu einem optimierten Fruchtbarkeitsmanagement beitragen kann.

Die in mehreren Systemen integrierte Gesundheitsüberwachung bietet für viele Milchviehbetriebe zusätzlich einen praxisrelevanten Aspekt. Es bleibt jedoch anzumerken, dass es noch Bedarf an Forschung und Entwicklung bei der Erkennung und präzisen Einordnung von Abweichungen gemessener Parameter vom optimalen Gesundheitszustand eines Tieres gibt. Weiterhin existiert noch Optimierungsbedarf bei Aufbau und Umsetzung von Schnittstellen zu Herdenmanagementsoftware.

## **6 Danksagung**

Die Autoren danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die Förderung des Forschungsvorhabens D/17/01.

## 7 Literaturverzeichnis

BUNDESVERBAND RIND UND SCHWEIN E.V. (2018): Rinderproduktion in Deutschland 2017, 58.

ETTEMA, J.; SANTOS, J. (2004): Impact of age at first calving on lactation, reproduction, health and income in first parity holstein on commercial farms. *Journal of Dairy Science*, 87, 2730–2742.

FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KRIETER, J. (2002): Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 75, 219–232.

GASTEINER, J. (2014): Methoden der Brunsterkennung beim Rind. 6. Tierärztetagung, 9-12. <http://docplayer.org/33908332-Methoden-der-brunsterkennung-beim-rind.html>, aufgerufen am 09.03.2018.

JUNG, M. (2009): Brunstbeobachtung: Welche Möglichkeiten bieten technische Hilfsmittel? *Milchrindtage Brandenburg (Deutschland)*.

LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (LKV) (2017): Milchleistungsprüfung in Bayern 2016, Jahresbericht aus den Leistungsprüfungen, 67.

MICHAELIS, I.; HASENPUSCH, E.; HEUWIESER, W. (2013). Estrus detection in dairy cattle: Changes after the introduction of an automated activity monitoring system? *Tierärztliche Praxis Großtiere*, 41 (2), 159–165.

MOTTRAM, T. (2016): Animal board invited review: Precision livestock farming for dairy cows with a focus on oestrus detection. *Animal*, 10 (10), 1575-1584.

PFEIFFER, J.; GANDORFER, M.; WENDL, G. (2018): Bewertung automatischer Brunsterkennung in der Milchviehhaltung, Referate der 38. GIL-Jahrestagung in Kiel: Digitale Marktplätze und Plattformen, A. Ruckelshausen et al. (Hrsg.), S. 183-186.

WANGLER, A.; MEYER, A.; REHBOCK, F.; SANFTLEBEN, P. (2005): Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als ein Hilfsmittel in der Brunsterkennung bei Milchrindern? *Züchtungskunde*, 77 (2/3), 110–127.

# **Digitalisierung im Milchviehbetrieb aus der Sicht des LKV – Angebot und Perspektiven**

Dr. Florian Grandl, Dr. Martin Kammer und Dr. Jürgen Duda

LKV Bayern e. V.,  
Landsberger Straße 282, 80687 München

## **Zusammenfassung**

Der Fortschritt in der Informationstechnologie führt auch in der Milchproduktion zu einer Digitalisierung von Geräten, Informations- und Entscheidungshilfen und damit zur Anpassung von Arbeitsabläufen. Das LKV Bayern greift die technischen Möglichkeiten auf und bietet seinen Mitgliedsbetrieben verschiedene Angebote, die auf unterschiedlichen Entwicklungsrichtungen der Digitalisierung basieren. Dazu gehören die Auswertung von Datenmengen in bisher nicht möglichem Umfang (Big Data Analysen), wie etwa für die Stoffwechsel- und Ketoseampel, die Risikotiere für Stoffwechselerkrankungen aufzeigen sollen. Darüber hinaus stehen die Vernetzung von Datenströmen und die Aktualität von Auswertungen im Fokus, so dass durch die Verbindung von Daten aus unterschiedlichen Quellen unmittelbar eine Unterstützung bei Tierüberwachung und Entscheidungsprozessen generiert werden kann. Die Einführung von IT-unterstützten Managementsystemen wird durch das Angebot von Online-Plattformen unterstützt, so dass sich sowohl Eingaben von Daten als auch die Bereitstellung von Informationen direkt in Arbeitsprozesse am Tier oder im Stall einbinden lassen.

## **1 Einleitung**

Die Digitalisierung der Milchproduktion verfügt dank des beträchtlichen technologischen Fortschritts moderner Informations- und Kommunikationstechnologien über ein enormes Potenzial, die Effizienz in der Milchproduktion zu verbessern. Zahlreiche technische Lösungen sind für Landwirte bereits verfügbar, die verschiedene Aspekte der Milchproduktion „digitalisiert“ unterstützen. Auch das LKV Bayern nutzt seit Jahren Informationstechnologie für Verwaltung und Nutzung der Daten aus der Milchleistungsprüfung für das Herdenmanagement. Die Herausforderung der Zukunft ist es jedoch, mit Hilfe des technologischen Fortschritts aus den bestehenden Systemen zusätzlichen Mehrwert zu generieren.

## **2 Entwicklungen der Informationstechnologie und Anwendungsbeispiele beim LKV Bayern**

Die Informationstechnologie entwickelt sich rasant weiter. Die Rechenleistung von Prozessoren steigt, neue Technologien ermöglichen die Speicherung immer größerer Mengen an Daten, und der Ausbau von Internet und anderen Netzwerktechnologien macht die Vernetzung verschiedener Geräte und IT-Anwendungen möglich. Auch wenn die Anwen-

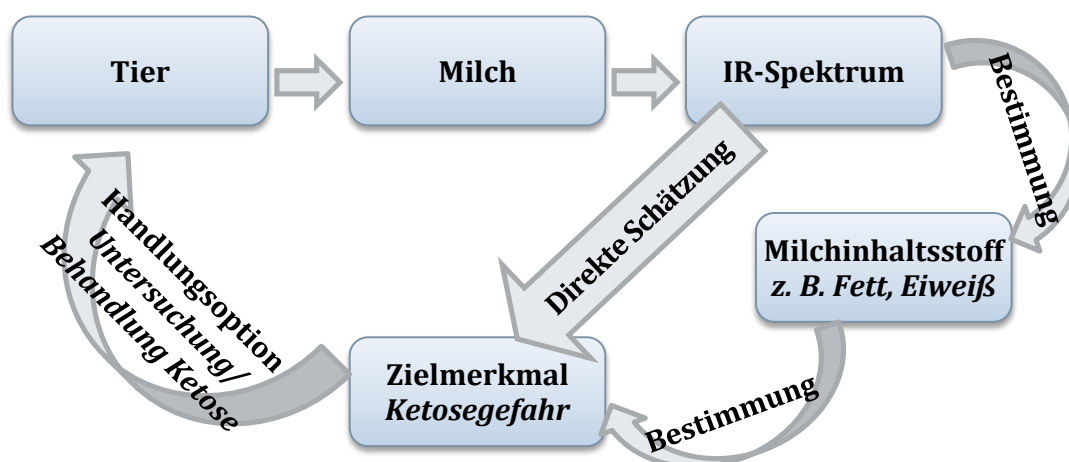
dungen in der Milchproduktion nicht der unmittelbare Treiber der technologischen Entwicklung sind, so gibt es dennoch bereits zahlreiche Anwendungen in der Milchwirtschaft. Auch das LKV Bayern bietet seinen Mitgliedsbetrieben zahlreiche Services, die sich verschiedene Aspekte der Digitalisierung zu Nutze machen. Dabei lassen sich vier Entwicklungsrichtungen feststellen, die diesen Services zu Grunde liegen:

- Nutzung riesiger Datenmengen über Datenbanksysteme (Big Data)
- Verbesserung der Aktualität von Daten und Auswertungen (Echtzeit-Analysen)
- Vernetzung von Datenströmen aus unterschiedlichen Datenquellen (Networking)
- Verfügbarkeit der Dienstleistung über Online-Plattformen (Apps)

Die Nutzung dieser Technologietrends in Anwendungen des LKV Bayern für Milchviehbetriebe wird im Folgenden an vier Beispielen dargestellt.

## 2.1 Big-Data-Anwendungen: Infrarot-Spektraldatenbank

Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FTIR-Spektroskopie) ist seit geraumer Zeit die Methode für die Hochdurchsatzanalyse von Milchproben in den Labors der Milchleistungsprüfung. Dabei wird für jede zu analysierende Milchprobe ein Absorptionsspektrum eines bestimmten Infrarotbereichs mit etwa 1000 Messwerten generiert. Dieses wurde lange Zeit nur geräteintern verarbeitet und für die Bestimmung der Milchinhaltsstoffe genutzt. Durch die Verbesserung der Speichertechnologien bzw. der Verarbeitungsmöglichkeit großer Datenmengen werden seit einigen Jahren jedoch zusätzlich zu den ermittelten Inhaltsstoffen der Milchproben auch die dazugehörigen Spektraldaten gespeichert, um diese für die Vorhersage anderer Milchinhaltsstoffe bzw. Merkmalskomplexen zu nutzen. Gerade für die Erkennung von Veränderungen im Stoffwechsel der Tiere sind die Spektraldaten eine vielversprechende Informationsquelle, da die Milch sehr sensibel die Stoffwechselsituation widerspiegelt. Vorteil der direkten Nutzung der Spektraldaten im Vergleich zur Nutzung von Inhaltsstoffinformationen ist es, eine umfassendere Information aus der Milch zu nutzen: Es ist möglich, den Stoffwechselzustand der Kuh einzuschätzen, ohne die exakten physiologischen Zusammenhänge zwischen Stoffwechselgeschehen und Milchproduktion zu kennen oder schwer nachweisbare Indikatorenstoffe zu analysieren (Abb. 1).



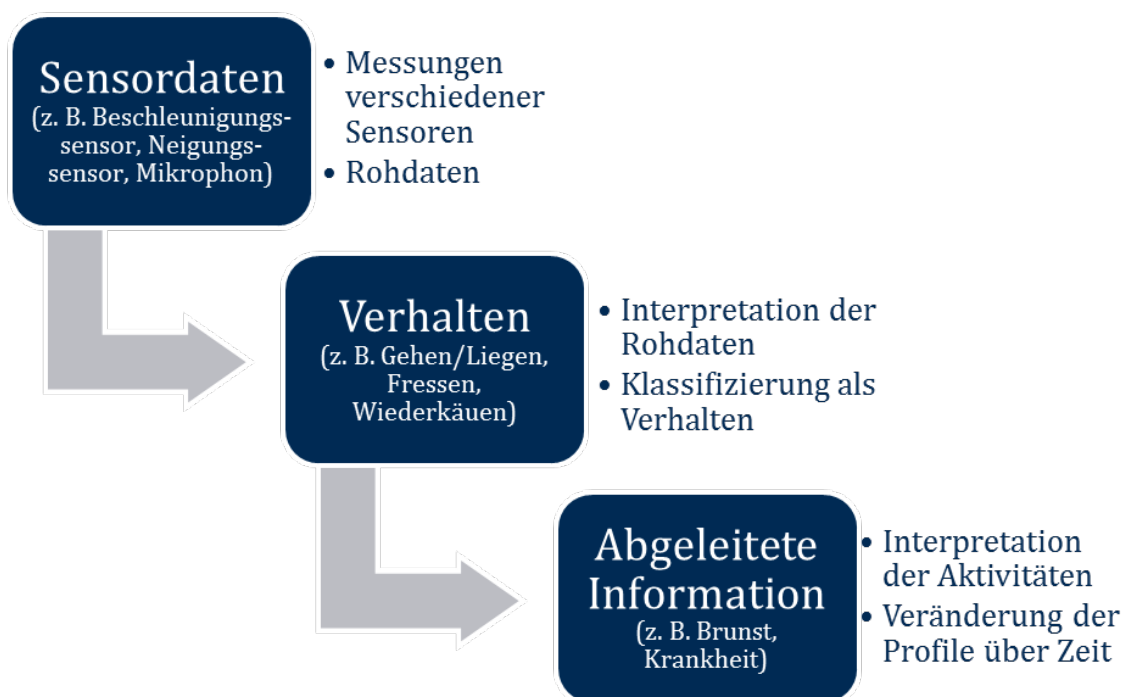
Nach Gengler, 2013

*Abb. 1: Konzept Nutzung FTIR-Spektraldaten aus der Milchuntersuchung am Beispiel der Ketoseprognose*

Eine Anwendung sind die Stoffwechsel- und Ketoseampel des LKV Bayern. Bei jedem Probemelken erhalten Kühe, die innerhalb der letzten 50 Tage abgekalbt haben, eine Einschätzung ihres Stoffwechselzustands. Das Ampelsystem ist eine Herdenmanagementhilfe für eine frühzeitige Warnung vor stark erhöhtem Körperfettabbau bzw. dem verstärkten Auftreten von Ketonkörpern im Blut. Mit der Stoffwechsel- und Ketoseampel erhalten die Landwirte eine neue Managementhilfe ohne zusätzlichen Aufwand, da hierfür ausschließlich bereits existierende Daten und Informationswege nutzbar sind. Die intensive Testphase wird diese Dienstleistung künftig für alle Betriebe in der Milchleistungsprüfung mit dem Zwischenbericht zur Verfügung stehen.

## 2.2 Echtzeitanalysen: Nutzung von Sensordaten

Mittlerweile ist eine Vielzahl von Sensorsystemen zur Überwachung des Tierverhaltens am Markt verfügbar. Sensoren am Tier (z. B. Beschleunigungssensoren, Neigungssensoren, Mikrophone) zeichnen kontinuierlich Daten auf. Diese Rohdaten lassen sich mit Hilfe von Algorithmen interpretieren und ermöglichen somit eine Klassifizierung des Tierverhaltens (z. B. Gehen, Liegen, Fressen, Wiederkäuen). Anhand der Verhaltensmuster der Tiere lassen sich durch die Interpretation der Aktivitäten bzw. der Veränderung von Aktivitätsmustern Rückschlüsse über den Zustand des Tieres ableiten, so dass solche Systeme vielfach zur Brunsterkennung oder zur Überwachung des Gesundheitszustands eingesetzt werden (Abb. 2).



*Abb. 2: Funktionskonzept von Sensorsystemen zur Überwachung des Tierverhaltens*

Das LKV Bayern arbeitet in verschiedenen Projekten daran, die Ableitung und Interpretation der Verhaltensmuster zu verbessern. Ziel ist es, durch die Verbindung von Sensordaten und weiteren Daten aus der umfangreichen RDV-Datenbank Verbesserungen in den abgeleiteten Informationen zu erreichen. Darüber hinaus soll sich auch die Bereitstellung der Information für den Landwirt möglichst effektiv gestalten. Eine zentrale Vorausset-

zung dafür ist auch die Vernetzung von bisher weitgehend isolierten Systemen. So wird durch zeitnahe Verarbeitung von Daten unterschiedlicher Quellen eine zielgerichtete Unterstützung des Landwirts beim Herdenmanagement stärker in den Vordergrund der Angebote des LKV Bayern rücken.

### **2.3 Vernetzung von Geräten und Services: Datenaustausch mit automatischen Melksystemen und automatisierte Trächtigkeitskontrolle**

Der wahrscheinlich größte unmittelbare Fortschritt der Digitalisierung im Bereich der Landwirtschaft dürfte in der Vernetzung von verschiedenen bereits existierenden Systemen liegen. Eine wiederholte Forderung der Anwender ist die Vermeidung von Mehrfacheingaben in verschiedene Systeme. Mit der Vernetzung bzw. dem automatisierten Datenaustausch sollen diese zum einen reduziert werden, zum anderen verringert sich die Gefahr von falschen bzw. unvollständigen Eingaben. Darüber hinaus bietet sich mit dem Datenaustausch bei vernetzten Systemen die Chance, dass sich verbesserte Services entwickeln lassen.

Das LKV Bayern ist seit geraumer Zeit bemüht, den automatisierten Datenaustausch mit automatischen Melksystemen (AMS) voran zu treiben. Dabei geht es zum einen um die Aktualisierung der AMS-eigenen Betriebs- bzw. Managementsysteme mit den zur Verfügung stehenden Daten aus der LKV-Datenbank. Dies sind in erster Linie Bestandregister sowie laufende Aufzeichnungen zu den Tieren wie Besamungen oder Ergebnisse von Trächtigkeitsuntersuchungen aus der Milch (PAG Test, s. unten). Zum anderen soll durch den Datenaustausch mit AMS durch die Lieferung von Einzelgemelksergebnissen die Leistungsberechnung und die Darstellung von Tagesergebnissen verbessert werden. Des Weiteren können die Auswertungen der Einzelgemelke wertvolle Hinweise zum Tier sowie zum Management des AMS liefern. Dies wurde bereits in Zusammenarbeit mit dem Institut für Landtechnik und Tierhaltung der LfL Bayern im LKV Herdenmanager umgesetzt (s. Abb. 3).

Bislang basiert dieser Service jedoch auf einer nichtautomatisierte Lieferung von Einzelgemelksdaten der Betriebe und ist dementsprechend auf eine regelmäßige Bereitstellung der Daten durch den Landwirt angewiesen. Mit einer Anbindung an Cloud-Lösungen der AMS-Anbieter ließe sich dieses Angebot für alle teilnehmenden Betriebe tagesaktuell realisieren.

Ein weiteres Kooperationsfeld zwischen LKV Bayern und AMS-Herstellern ist die Nutzung von zusätzlichen Informationen, die in AMS anfallen. Dies sind beispielsweise Informationen zur Melkbarkeit, zur Eutergeometrie oder Tiergewichte, die je nach AMS-Modell anfallen können. Zudem fallen mit der steigenden Verbreitung von AMS-internen Analysegeräten zunehmend Daten zu Milchinhaltsstoffen von Einzelgemelken an. Auch hier läuft bereits ein Projekt in Zusammenarbeit mit einem Anbieter mit Ziel, die Qualität der AMS-internen Inhaltsstoffbestimmung mit Hilfe der Probemelkergebnisse zu verbessern und die Vorteile des durchgängigen Inhaltsstoffverlaufs der Einzelergebnisse besser nutzbar zu machen. In einem vernetzten System ließen sich mit den exakten Inhaltsstoffen aus der Milchkontrolle geräteinterne Messgeräte automatisch nach jedem Probemelken neu kalibrieren.



Idee und Konzept: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft - LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Abb. 3: Ansicht für AMS-Betriebe im LKV-Herdenmanager

Ein weiteres Beispiel für die Entwicklung neuer Dienstleistungen durch die Vernetzung verschiedener System ist das Angebot der automatisierten Trächtigkeitskontrolle (Abb. 4). In der Milch trächtiger Kühe lassen sich so genannte PAG (pregnancy associated glycoproteins) nachweisen. Das Verfahren lässt sich für Proben aus der Milchleistungsprüfung anwenden, sofern die Kühe gewisse Voraussetzungen (Test erfolgt frühestens 60 Tage nach der letzten Kalbung und frühestens 28 Tage nach der letzten Besamung) erfüllen. Mit den Angeboten PAG-Test HerdePlus und PAG-Test HerdeComfort erhalten Betriebe bei jedem Probemelken Trächtigkeitsuntersuchungen für alle in Frage kommenden Tiere.

Dazu übermittelt das LKV Bayern unmittelbar nach dem Probemelken dem Milchprüfing Bayern die notwendige Information zur automatischen Probenaussteuerung der Milchproben der für die zur Untersuchung vorgesehenen Tiere. Die Ergebnisse des PAG-Tests werden ihrerseits wieder zurück an das LKV Bayern übermittelt und dort in Ergebnisberichte aufbereitet bzw. für die weiteren Anwendungen zum Herdenmanagement (z. B. Aktionlisten) genutzt.

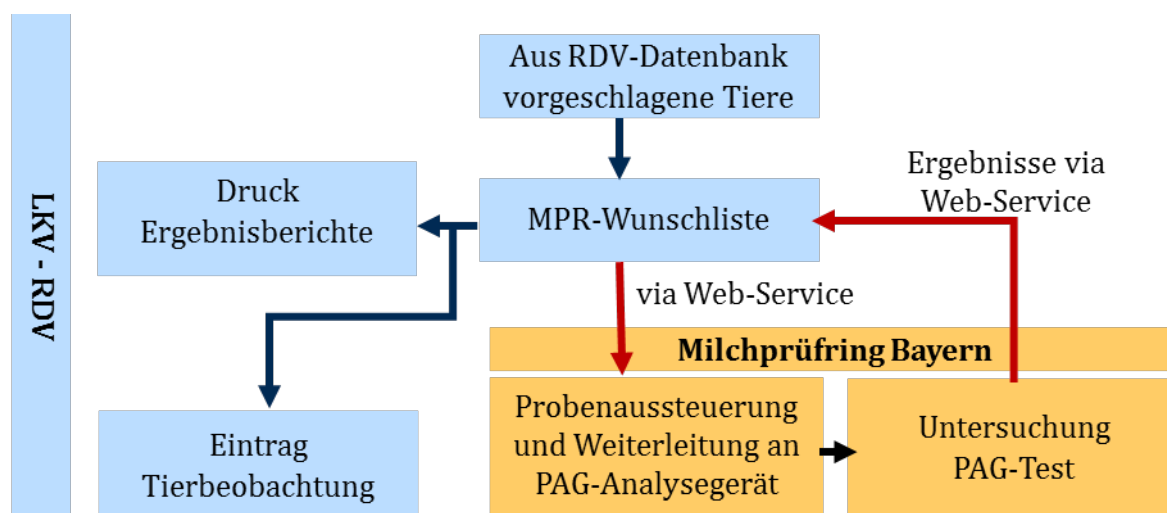


Abb. 4: Vernetzung Milchprüfing Bayern und LKV Bayern zur Bereitstellung der automatischen Trächtigkeitsuntersuchung

## 2.4 Angebot an Online-Plattformen

Für das Herdenmanagement bietet das LKV Bayern seinen Mitgliedern den „LKV Herdenmanager“ sowie den „MLP-Betriebsvergleich“ als umfangreiche Anwendungen für die Analyse der eigenen Betriebsdaten sowie für die Eingabe von Tierdaten und Ansicht von Tierlisten zur Arbeitsplanung. Der Wunsch, dass Informationen ständig und überall zur Verfügung stehen, führt dazu, dass Anwendungen für mobile Endgeräte zunehmend an Wichtigkeit gewinnen. Zum einen bieten mobile Anwendungen den Landwirten die Möglichkeit, eine Vielzahl an Tätigkeiten direkt im Stall zu erledigen. So können über die App „LKV Rind [BY]“ heute bereits verschiedene verpflichtenden Meldungen wie Tiermeldung an die HI-Tier-Datenbank oder Eigenbestandsbesamungen sowie verschiedene Tierbeobachtungen für das Herdenmanagement per Mobilgerät erfassen (Abb. 5.) Des Weiteren bietet die Anwendung auch Aktionslisten für die effiziente Arbeitsorganisation von Tätigkeiten wie Trockenstellen oder Besamungen oder zur Kontrolle auffälliger Tiere.

Mit der App „LKV-Info [BY]“ erhalten die Nutzer bereits heute aktuelle Informationen zu den Services des LKV Bayern, zum Beispiel werden sie über das Vorliegen von neuen Ergebnissen von PAG-Tests oder Futtermitteluntersuchungen informiert. Künftig sollen über diesen Weg durch eine bessere Vernetzung mit dem LKV Herdenmanager noch spezifischere Information bereitgestellt werden (z. B. Erinnerungen an bestimmte Aktionen), so dass die Landwirte noch zielgerichteter und aktueller mit Hilfestellungen zum Herdenmanagement versorgt werden.

|                                                                                   |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | Aktion / Beobachtung  |
|  | Termin erfassen       |
|  | Eigenbestandsbesamung |
|  | HIT Meldung           |
|  | Totgeburtmeldung      |

| ← TU-Ergebnisse |            |    |
|-----------------|------------|----|
| 356 ALMA        | 30.05.2018 | Tp |
| 428 PIPPI       | 30.05.2018 | Tp |
| 359 NELLI       | 17.05.2018 | Tp |
| 398 ARIELL      | 17.05.2018 | Tp |
| 430 FLORA       | 17.05.2018 | Tp |
| 393 NINA        | 03.05.2018 | Tp |

Abb. 5: Eingabemöglichkeiten und Übersichtsdarstellung in der App „LKV Rind [BY]“

### 3 Nutzen für den Landwirt

Im Kern der Digitalisierungsentwicklungen steht die Zunahme von IT-unterstützten Managementsystemen für die Milchviehhalter. Dies bedeutet Unterstützung bei der Identifikation von auffälligen Tieren, beim Erkennen von Schwachstellen im Betriebsmanagement und der Herdenführung sowie Angebote für die Organisation einer systematischen Tierbetreuung beispielsweise auf Basis von Wochenplänen oder Terminlisten. Für den Landwirt ergeben sich daraus Zeiteinsparungen im Arbeitsmanagement im Betrieb und in der Herdenbetreuung und dementsprechende Kosteneinsparungen. Darüber hinaus bieten neue Verfahren auch die Chance, gesundheitliche Probleme bei Tieren früher zu erkennen und somit die Tiergesundheit in den beständen zu verbessern.

### 4 Ausblick

Die technologische Entwicklung wird weiter fortschreiten. Gerade auch mit dem Ausbau der Internet-Infrastruktur im ländlichen Raum werden IT-unterstützte Herdenmanagementhilfen weitere Verbreitung erfahren. Mit dem weitergehenden Trend zu steigenden Herdengrößen werden sich diese auch stärker in die Arbeitsabläufe integrieren.

### 5 Literaturverzeichnis

GENGLER, N.; BERRY, D.P.; UND BASTIN, C.; (2013): Use of automated systems for recording of direct and indirect data with special emphasis on the use of MIR milk spectra (OptiMIR project). ICAR Technical Series no. 17.