
Aktuelle Entwicklungen in der Tierhaltungstechnik

Current developments in Livestock Farming Technology

W. Büscher, Bonn

Die aktuellen landtechnischen Entwicklungen in der Nutztierhaltung reflektieren die globalen und nationalen Trends, die zum Teil schon über Jahre auf die Landwirtschaft einwirken. Geringe Gewinnmargen zwingen die Unternehmen zur einzelbetrieblichen Ausdehnung ihrer Produktion, während kleinere Betriebe Modernisierungsinvestitionen vermeiden und mittelfristig zum Ausstieg aus der Produktion neigen. Dieser Strukturwandel führt in den „Zukunftsbetrieben“ zu immer größeren Tierbeständen mit allen Konsequenzen für technische und arbeitswirtschaftliche Entscheidungen.

Zum Teil können die arbeitswirtschaftlichen Effekte dieser Entwicklung durch weitere oder leistungsfähigere Mechanisierungen kompensiert werden. Die Investitionen und die Kapitalbindung je Tierplatz steigen hierdurch immer weiter an. Viele „Familienbetriebe“ haben in der Konsequenz des betrieblichen Wachstums den Einstieg in Fremdarbeitskräfte-Situationen vollzogen. In der Tierhaltung sind es Teil- oder Vollzeitkräfte, die in der Regel einen festen Teil der „täglich anfallenden Arbeiten“ übernehmen. Die Arbeiten werden üblicherweise mit festen Wochen-Arbeitsplänen zugeteilt. Dies setzt voraus, dass alle anfallenden Arbeiten vorher erfasst und klare Zuständigkeiten geschaffen wurden. Eine solide Arbeitsplanung mit festen Zuständigkeiten ist für viele Betriebsleiter eine neue Herausforderung, weil bislang alle Arbeiten selbst erledigt wurden und keine strukturierten Aufzeichnungen vorliegen. Für die wachsenden Betriebe ist die Rekrutierung von sachkundigen und motivierten Mitarbeitern oft problematisch. Arbeitsplätze in der Landwirtschaft sind für viele Arbeitnehmer wenig attraktiv, weil die Arbeitsbedingungen – im Vergleich zu klassischen Industrietätigkeiten – eher als „schmutzig“ und „körperlich anstrengend“ eingestuft werden.

Daher werden seit längerer Zeit auch in den tierhaltenden Betrieben körperlich schwere und regelmäßig anfallende Arbeiten weiter mechanisiert und automatisiert. Am Beispiel der Milcherzeugung sind diese Effekte sehr deutlich zu erkennen. Automatische Melksysteme (AMS) sind in über 4.000 Betrieben in Europa zum Standard geworden. Derzeit sind verstärkt Entwicklungen im Bereich der Futtermittelherstellung, -aufbereitung und -verteilung festzustellen, um auch hier den täglichen Arbeitsaufwand zu senken. Es

The current agricultural machinery developments in livestock farming reflect the global and national trends, some of which have already influenced agriculture for years. Smaller profit margins force the enterprises to expand their production at the level of the individual operation, whereas smaller farms avoid modernization investments and tend to quit production in the medium run. On “future-oriented farms”, this structural change leads to constantly growing herds with all consequences for technical and labour-management decisions.

The effects of this development on labour management can partially be compensated for by means of more or more efficient mechanization. As a result, investments and capital binding per animal place are increasing continuously. Many “family farms” have started to hire outside workers as a consequence of farm growth. In livestock farming, part-time or full-time workers generally take over a fixed share of “daily work”. Work is usually assigned based on fixed weekly schedules. This requires prior registration of all necessary work and the creation of clear responsibilities. Solid work planning with fixed responsibilities is a new challenge for many farm managers because they carried out all work themselves in the past and no structured records are available. The recruitment of skilled, motivated workers is often a problem for the growing farms. Jobs in agriculture are not very attractive for many employees because the working conditions are considered rather “dirty” and “physically demanding” as compared with classic industry work.

Therefore, the mechanization and automation of hard physical labour and regular work have also been progressing on livestock farms for quite some time. Milk production provides an example where these effects can be discerned very clearly. Automatic milking systems (AMS) have become standard on more than 4,000 farms in Europe. Currently, a growing number of developments regarding the unloading, processing, and dispensing of feed can be observed which serve to reduce daily work requirements in this field. One can expect that dairy cow feeding in the animal house will be the next automation step on dairy cattle farms. Numerous technical developments ranging from fully automatic

ist zu erwarten, dass der nächste Automatisierungsschritt in den Milchviehbetrieben die Fütterung der Milchkühe im Stall sein wird. Zahlreiche technische Entwicklungen sind in der Erprobung, von der vollautomatischen Entnahme aus dem Silo über die Futteraufbereitung bis zur Vorlage.

Elektronikeinsatz in der Tierhaltung

Landwirte beklagen in der Tierhaltung die zunehmenden Aufwendungen für Dokumentation und Nachweise. Handel und Verbraucherschutz fordern eine lückenlose Rückverfolgbarkeit von Tierdaten und Nachweise aller Behandlungsmaßnahmen.

Die spezielle Situation zum Elektronikeinsatz in der Milchviehhaltung lässt sich am einfachsten durch folgende Beschreibung charakterisieren. Um ihre Milcherzeugung zu steigern und auf den angekündigten Ausstieg aus der Quotenregelung im Jahr 2015 zu reagieren, haben bereits viele zukunftsorientierte Milchviehhalter ihre Tierbestände aufgestockt. Die durchschnittliche Herdengröße ist hierdurch in Deutschland stark angestiegen, wobei in Tierbeständen über 200 Kühen davon auszugehen ist, dass auch Fremdarbeitskräfte zum Einsatz kommen. Durch den Wegfall der Quotenregelung und liberalere Marktbedingungen haben sich die Verkaufserlöse je kg Milch für die Milcherzeuger deutlich verschlechtert. Bei sehr kleinen Gewinnspannen pro kg Milch ist das Wachstum für viele Betriebe die einzige Möglichkeit, ihr Einkommen abzusichern oder zu steigern. Mit der Bestandserweiterung geht seit vielen Jahren eine Leistungssteigerung der Einzeltiere einher, die auf genetischen und technischen Fortschritt zurückzuführen ist. Dazu hat sicher auch die ganzjährige Stallhaltung und Silagefütterung (in Verbindung mit dem Einsatz von Totaler-Mischration) beigetragen.

Allerdings haben diese Entwicklungen auch Nachteile für die Milchkühe. Die Zahl der Laktationen ist kontinuierlich gesunken, während die Erkrankungshäufigkeiten gestiegen sind. Hauptabgangursachen für die Tiere sind nach wie vor „Eutererkrankungen“, „Unfruchtbarkeit“ und „Gliedmaßenkrankungen“. Eine visuelle intensive Tierbeobachtung leidet sehr stark durch die Entwicklung, dass pro Arbeitskraft immer mehr Tiere betreut werden müssen und Fremdarbeitskräfte oft nicht die hierzu nötige Qualifikation aufweisen.

Daher wurden elektronische Informationssysteme entwickelt, die bereits in vielen Milchviehherden mit sehr unterschiedlicher technischer Ausstattung zum Einsatz kommen. Die elektronische Tieridentifizierung war eine Schlüsseltechnologie, die sehr viele Anwendungen erst ermöglicht hat. In sehr frühen Entwicklungen standen die

silos unloading and feed processing to dispensing are being tested.

Use of electronic systems in livestock farming

Farmers are complaining about growing work requirements for documentation and proof in livestock farming. Commerce and consumer protection demand gapless traceability of animal data and proof of all treatment measures.

The following description provides the simplest characterization of the special situation with regard to the use of electronic systems in dairy cattle farming: In order to increase their milk production and to react to the announced end of the quota regulation in the year 2015, many future-oriented dairy cattle keepers have already enlarged their animal herds. As a result, average herd size in Germany has increased significantly. If herd sizes exceed 200 cows, one must assume that outside workers are hired. Due to the end of the quota regulation and more liberal market conditions, sales proceeds per kg of milk have decreased considerably for milk producers. Since profit margins per kg of milk are very small, growth is the only possibility for farms to secure or increase their incomes. For many years, herd growth has been accompanied by an increase in the performance of the individual animals, which must be attributed to genetic and technical progress. Year-round indoor livestock keeping and silage feeding in combination with the use of total mixed rations have certainly made a contribution to this development.

However, these developments also have disadvantages for the dairy cows. The number of lactations has diminished significantly, while the occurrence of diseases has grown. “Udder diseases”, “infertility”, and “limb diseases” remain the primary reasons for animal mortality. Visual animal observation suffers considerably because more and more animals must be cared for by one worker and outside workers often do not have the necessary qualification.

Therefore, electronic identification systems were developed which are already used in many dairy cattle herds whose technical equipment is very different. Electronic animal identification was a key technology which was the prerequisite for very many applications. Very early developments focused on classic milking parameters (milking quantity, milk flow). These were also very important under aspects of breeding. Later, pedometers (step counters) were introduced in order to detect particularly active animals and their oestrus symptoms. Newer pedometers are also able to distinguish between lying and standing animals. This allows the characteris-

klassischen Melkparameter im Vordergrund (Gemelksmenge, Milchfluss). Diese waren auch für züchterische Aspekte sehr wichtig. Später wurden Pedometer (Schrittzähler) eingeführt, um besonders aktive Tiere und deren Brunstsymptome zu erkennen. Neuere Pedometer sind auch in der Lage, zwischen liegenden und stehenden Tieren zu unterscheiden. Dies erlaubt die Einbeziehung des Merkmals „Liegedauer“ in das Gesundheitsmanagement mit neuen Auswertungsmöglichkeiten.

Auch die neueren Sensoranwendungen zur Milch tangieren Tiergesundheitsaspekte, wie etwa die Milchtemperatur oder deren Leitfähigkeit zur „Pre-Diagnostik“ von sich anbahnenden Gesundheitsstörungen. In eigenen Untersuchungen (im Rahmen einer Diplomarbeit) wurde ein neuer Sensor zur Bestimmung von Milchinhaltstoffen untersucht, um typische Parameterverläufe nach aufgetretenen Erkrankungen durch Zeitreihenanalysen zur erfassen.

Insgesamt wird bei Literaturrecherchen sehr schnell deutlich, dass es viele neue Anwendungen durch neue Sensorsysteme und veränderte Auswertungsmethodiken gibt, die langfristig in das Informationsmanagement von Milchviehbetrieben eingebunden werden können. Es mangelt allerdings an einer interdisziplinären Zusammenarbeit – etwa zwischen Tierhaltern und Veterinärmedizinem – und einer Verknüpfung von Informationen zu „Mustern“, um die Vorhersagesicherheit von „Gesundheitsstörungen“ zu erhöhen. Auch die technischen Voraussetzungen zur Kommunikation von herstellerübergreifenden Mess- und Regeltechniken in Tierställen wurden erst seit 2007 geschaffen, wobei das Bus-System ISOagriNet (ISO 17532) bisher leider noch nicht die gewünschte Verbreitung gefunden hat.

Als Aufgaben für die Zukunft werden von landwirtschaftlicher Seite folgende Anforderungen an den Elektronikeinsatz gestellt:

- Herdenmanagement-Programme sollten im Sinne „Elektronischer Tagebücher“ mit arbeitssparenden Techniken zur Früherkennung von Gesundheitsproblemen und zur Eintragung von Tierbehandlungen ausgestattet werden. Neben dem gesetzlich geforderten Bestandsregister sollten auch alle anderen internet-basierten Datenaustausch-Möglichkeiten mit diesen Programmen durchgeführt werden können.
- Eine Zusatzausstattung für operative Aufgaben vor Ort können Smartphones darstellen, wobei moderne Systeme gleichzeitig als Telefon und Internet-Zugang genutzt werden können. Oft bemängeln die Landwirte allerdings, dass diese Geräte noch zu empfindlich und nicht wirklich stalltauglich sind.
- Ein herstellerübergreifender Datenaustausch auf der Basis des ISOagriNet-Standards sollte bei allen zuge-

tic „lying duration“ to be considered in health management, which opens up new potential applications.

Newer milk sensor applications, such as the measurement of milk temperature or milk conductivity for the “pre-diagnostics” of incipient diseases, also touch animal health aspects. In studies carried out by the author (as part of a “diplom” thesis), a new sensor for the online determination of milk components was examined in order to record typical parameter developments after diseases by means of time series analyses.

Altogether, literature research shows very quickly that new sensor systems and modified evaluation methods provide numerous new applications which can be integrated into the information management of dairy cattle farms in the long run. However, interdisciplinary cooperation between animal keepers and veterinarians, for example, and the detection of “patterns” based on connected information, which would allow the reliability of “disease” prediction to be improved, are still insufficient. The technical prerequisites for communication between manufacturer-independent measuring and control systems in animal houses have been created only since 2007, and the BUS-system ISOagriNET (ISO 17532) has unfortunately not yet gained the desired acceptance.

The demands of agriculture for the use of electronics in the future include the following tasks:

- Herd management programs should be designed as “electronic diaries” with work-saving technologies for the early detection of health problems and the logging of animal treatments. In addition to the legally required herd register, these programs should enable all other techniques of internet-based data exchange to be implemented.
- Smart phones can be used as additional equipment for operative tasks on the premises. Modern systems can be used as a telephone and for internet access at the same time. Often, however, farmers criticize that these units are still too susceptible to damage and not really suitable for use in animal houses.
- Manufacturer-independent data exchange on the basis of ISOagriNET should be general standard in all additionally purchased components in order to guarantee the ability to communicate at all levels.

Energy questions and cooling techniques in pig houses

Pig husbandry has also undergone significant structural change in recent years. Average herd sizes have grown noticeably. Pig keepers regard increasing energy costs,

kaufen Komponenten selbstverständlich sein, um die Kommunikationsfähigkeit auf allen Ebenen zu gewährleisten.

Energiefragen und Kühlungsstechniken in Schweineställen

In der Schweinehaltung hat sich in den letzten Jahren ebenfalls ein starker Strukturwandel vollzogen. Die durchschnittlichen Bestandsgrößen sind deutlich angestiegen. Von den Schweinehaltern werden die steigenden Energiekosten, die zunehmenden Tierschutzauflagen und die kostenintensiven Umweltforderungen als große Belastungen empfunden.

In diesem Zusammenhang werden immer wieder die Notwendigkeit von Heizungsanlagen und die Nutzung von regenerativen Energiequellen diskutiert. Wie **Bild 1** zeigt, ist die zeitliche Auslastung einer Heizungstechnik in der Schweinemast von 30 bis 110 kg Lebendmasseentwicklung eher gering einzustufen. Trotzdem ist eine Energiequelle unentbehrlich, um den Stall anzuwärmen und das Energiedefizit bei Mastbeginn auszugleichen. Bilanziert man die Wärmeströme (**Bild 1**), beträgt der Leistungsbedarf für ein Abteil mit 600 Mastplätzen etwa 4 kW. In kleineren Abteilen hat sich ein Planungswert von 0,1 kW zu installierende Heizleistung je Mastplatz bewährt. Über das ganze Jahr betrachtet, kann man von einem Energieverbrauch pro Mastplatz von 30 kWh ausgehen, wobei die

growing animal protection requirements, and the cost-intensive demands of environmental protection as a great burden.

Given these problems, the necessity of heating systems and the use of regenerative energy sources are frequently discussed. As shown in **Figure 1**, the temporal capacity utilization of a heating system in pig fattening during the development phase between 30 and 110 kg of live weight must be considered rather small. Nevertheless, an energy source which heats the animal house and compensates for the energy deficit at the beginning of the fattening period is indispensable. A heat flow balance (**Fig. 1**) shows that the thermal output required for a compartment with 600 fattening places is approximately 4 kW. In smaller compartments, a thermal output of 0.1 kW per fattening place has proven itself as a planning value. Over the entire year, one can assume an energy consumption of 30 kWh per fattening place. Real consumption, however, can deviate considerably from this value on the individual farm depending on technology and setting.

Whether this thermal energy is provided by a hot-air blower or convection heating (e.g. delta pipes underneath the air flow channel) in the compartment is secondary under the aspect of heat balance. Which heating technique is appropriate for the individual farm rather depends on the existing technical equipment on the

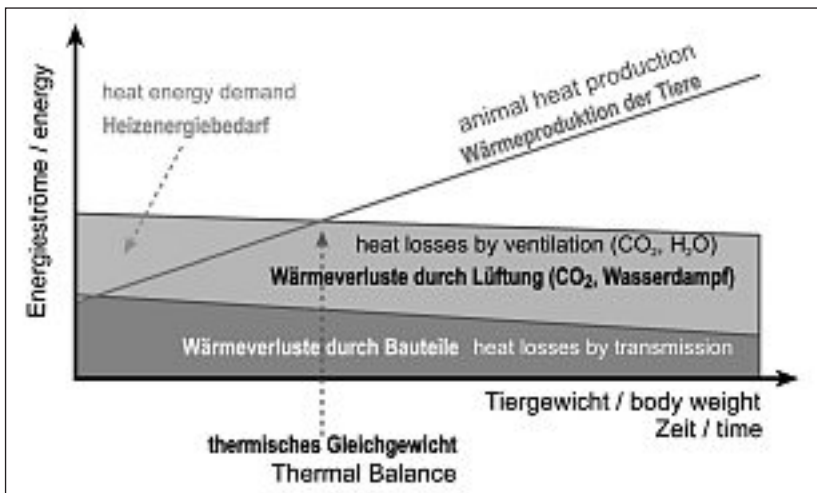


Bild 1: Die Wärmebilanz eines Stalles ist bei wachsenden Tieren „dynamisch“. Zu Beginn der Mast besteht in der Regel ein Defizit; bei Tiergewichten über 45 kg liegt meist ein Überschuss vor.

Fig. 1: The energy balance of an animal house is “dynamic” for growing pigs. Usually in the early phase of fattening a deficit exists; with a body weight above 45 kg in most cases an surplus can be registered.

tatsächlichen Verbräuche hiervon – je nach Technik und Einstellung – einzelbetrieblich stark abweichen können.

Ob diese thermische Energie über ein Warmluftgebläse oder eine Konvektionsheizung (zum Beispiel Delta-Rohre unter dem Rieselkanal) in dem Abteil zur Verfügung gestellt wird, ist aus Sicht der Wärmebilanz zweitrangig. Welches Heizverfahren das richtige für den jeweiligen Betrieb ist, hängt eher von der bereits vorhandenen technischen Ausstattung im Betrieb ab. Ist ein Heizöl-Brenner zur Warm-Wasser-Bereitung im Betrieb vorhanden, sind die Aufwendungen für einen zusätzlichen Wasserkreislauf relativ gering. Da die zeitliche Auslastung der Technik sehr gering ist, haben üblicherweise die Anschaffungskosten den größten Einfluss auf die Kaufentscheidung. Beim Einsatz von Gasstrahlern und -kanonen ist zu berücksichtigen, dass durch die Verbrennungsrückstände die Stallluft zusätzlich mit Kohlendioxid belastet wird und die Minimalluftfrate um etwa 10 % höher sein sollte als bei Konvektionsheizungen. Erst seit zwei Jahren sind auch Gaskanonen im Einsatz, die die Verbrennungsrückstände nach außen abführen und nicht in den Raum leiten. Durch höhere Lüftungswärme-Verluste wird auch die Wärmebilanz ungünstig beeinflusst. Luft-Luft-Wärmetauscher (**Bild 2**) sind immer dann sinnvoll, wenn die Abluft aus mehreren Abteilen zusammengeführt wird und die Abteile zeitversetzt belegt werden. Bei steigenden Heizenergiekosten sollte man über den Einsatz von Wärmetauschern nachdenken und diese in anstehende Investitionsentscheidungen einbinden.

In den gesetzlichen Vorgaben zum Tierschutz in der Schweinehaltung werden Kühlungsmöglichkeiten im Stall gefordert. Dieser Forderung kann man durch Sprühbefeuchtungsanlagen gerecht werden, die auch zum Einweichen des Stalles vor dem Reinigen eingesetzt werden. Besonders effektiv ist die Nutzung des Erdreichs bei der Frischluftansaugung, weil man im Winter die Frischluft auf diese Weise vorwärmen kann und im Sommer eine Abkühlung stattfindet. Auch die Durchströmung eines zentralen Zuluftkanals unter dem zentralen Kontrollgang des Stalles kann eine erhebliche Abkühlung verursachen. **Bild 3** verdeutlicht die verschiedenen Varianten der „Unterflur-Zuluftführung“. Soll allerdings die gesamte Frischluft für die Sommerluftfrate über das Erdreich angesaugt werden, müssen große Strömungsquerschnitte und aufwendige Erdarbeiten bei der Erstellung der Luftkanäle berücksichtigt werden. Hierdurch steigen die Anschaffungskosten deutlich an.

farm. If the farm has a heating oil burner for water heating, the construction requirements for an additional water circuit are relatively small. Since the temporal capacity utilization of the equipment is very low, the acquisition costs usually have the greatest influence on the purchasing decision. When gas radiators and hot-air blowers are used, one must take into consideration that the combustion residues increase the carbon dioxide load of the animal house air and that the minimum air rate should be about 10% higher than in houses equipped with convection heaters. Gas hot-air blowers which discharge their combustion residues to the outside and do not lead them into the barn have been used for only two years. Higher ventilation heat losses also exert an unfavourable influence on the heat balance. Air-air heat exchangers (**Fig. 2**) are always useful when the exhaust air from several compartments is discharged together and when there is a time shift between the occupation of the individual compartments. When heating energy costs rise, one should consider the use of heat exchangers and include them in upcoming investment decisions.

The legal requirements for animal protection in pig husbandry demand cooling equipment in the barn. This requirement can be fulfilled by means of spray moistening systems, which are also used to soak the animal house before cleaning. Fresh air suction through underground channels is particularly effective because it allows fresh air to be preheated in the winter and to be cooled in the summer. When the air flows through a central fresh air channel under the central control aisle of the animal house, this can also have a considerable cooling effect. **Figure 3** illustrates the different variants of “underfloor fresh air conduction”. If, however, the entire fresh air for the summer air rate is sucked in through underground channels, large flow cross sections and extensive ground work for the construction of the air channels must be taken into consideration. This causes the purchasing costs to increase significantly.

Exhaust air cleaning – currently not yet “state of the art”?

When new animal houses are built in regions with high “animal density”, obligatory exhaust air processing is often required in approval procedures. However, numerous measurements and also the DLG tests which are currently still under way have shown that the use of biofilters or biowashers causes the additional expenses to increase to more than € 10 per fattening pig pro-

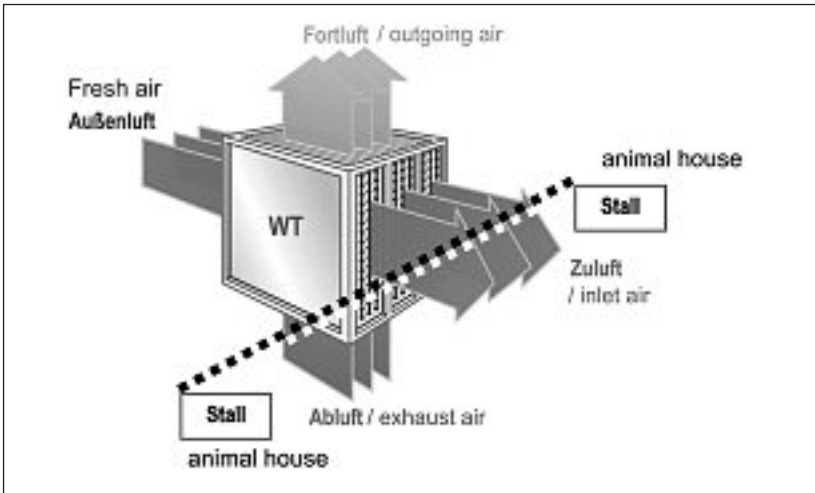


Bild 2: Bei der Luft-Luft-Wärmerückgewinnung wird Wärme aus der Abluft auf die angesaugte Frischluft übertragen
Fig. 2: Heat recovery by heat exchanging from exhaust to ingoing air

Abluftreinigung – bislang noch nicht „Stand der Technik“

Häufig wird im Genehmigungsverfahren von Stallneubauten in Regionen mit hoher „Tierdichte“ die Forderung nach obligatorischer Abluftaufbereitung erhoben. Zahlreiche Messungen und auch die derzeit noch laufenden DLG-Prüfungen haben jedoch gezeigt, dass durch den Einsatz von Biofiltern oder Biowäschern die Mehrkosten auf über 10,- Euro je erzeugtes Mastschwein steigen. Dieser Mehraufwand schmälert den Gewinn erheblich und ist vielen Beteiligten nicht bewusst. Deshalb und wegen vieler verfahrenstechnischer Risiken sollten Biofilter und -wäscher nicht generell als Stand der Technik betrachtet werden. Ist es aus genehmigungstechnischer Sicht notwendig, den Ammoniakausstoß des Stalles über die Abluft zu senken, müssen Säuren in einer mehrstufig arbeitenden Abluftreinigungsanlage verwendet werden, um bei einem niedrigen pH-Wert das basische Ammonium (NH_4^+) in einem Wasserkreislauf zu binden. Diese Spezialtechnik erhöht nicht nur die Kosten, sondern erfordert auch Zusatzkenntnisse im Umgang mit gefährlichen Betriebsmitteln.

Tierhaltung und Bioenergie

Vordergründig ist die Nutztierhaltung nur „Energiekonsument“ und reagiert auf hohe Heiz- und Elektroenergiekosten durch Verbesserung der Energieeffizienz im Gesamtverfahren. Auch den Tierhaltern ist klar geworden, dass es sinnvoll ist, bei Kaufentscheidungen die Energie-

produced. These additional costs reduce the profits significantly, and many of those involved in the procedure are not aware of this profit reduction. Therefore and due to many process-technological risks, biofilters and bio-washers should not generally be considered state of the art. If it is necessary under approval aspects to reduce the ammonia emission of the animal house via the exhaust air, acids must be used in a multistage exhaust air cleaning system in order to fix basic ammonia (NH_4^+) in a water cycle at a low pH value. This special technology not only increases the costs, but it also requires additional knowledge about the handling of hazardous substances.

Livestock farming and bioenergy

At first glance, livestock farming is exclusively an “energy consumer” and reacts to high heating and electric energy expenses by improving energy efficiency during the entire procedure. Animal keepers have also realized that it is useful to consider the energy costs particularly carefully when making purchasing decisions. Energy efficiency is especially important in components used continuously, such as water circulation pumps or barn fans. Here, even small differences in energy consumption are clearly noticeable in long-term consideration. As already mentioned with regard to the animal house climate, the attitude of many animal keepers towards the use of regenerative energy sources for heating and cooling is far more open than it was in the past.