

Stallklimaberechnung

Programme im Vergleich

Die bisher für die Stallklimaberechnung entwickelte und eingesetzte Software weicht stark in den inhaltlichen Schwerpunkten und der Anwenderzielgruppe voneinander ab. Einige Programme haben die Darstellung der gegebenen oder zu erwartenden Stallklimasituationen und die Ableitung der thermodynamisch relevanten Größen zur Aufgabe. Andere werden wegen ihres nahen Bezuges zur DIN 18910 vor allem den planerischen Anforderungen gerecht und häufig als „Wärmeschutzprogramme“ bezeichnet.

In diesem Beitrag werden vier Stallklimaprogramme anhand eines Referenzstalles miteinander verglichen. Dabei sollen folgende Kriterien untersucht werden:

- Anforderung an Hardware, Software und Anwender
- Unterschiede in den Berechnungsgrundlagen
- Unterschiede bei den Rechenergebnissen
- Mögliche Einsatzbereiche.

Zur Überprüfung der Ergebnisse erfolgte zusätzlich eine Berechnung per Hand nach Rechenvorschrift der DIN 18910.

IBH-Klima für Windows (Version 1.3)

Als Berechnungsgrundlage liegt dem vom Ingenieurbüro Herdt entwickelten Programm die DIN 18910 zugrunde, wodurch die Anforderungen zur Wärmeschutzberechnung abgedeckt werden. Durch die Speicherung der berechneten Wärmebilanzen in der Datenbank und ihrer jederzeitigen Abrufmöglichkeit ist ein Instrumentarium für die Optimierung eines Planungsfalles gegeben. In der Datenbank sind Daten für Baustoffe (Dichte und Wärmeleitfähigkeit) und die Tierstammdaten zur Wärme-, Kohlendioxid- und Wasserdampfproduktion (Q_{STW} , $Q_{ST,S}$, K_{ST} , X_{ST}) gespeichert. Die tierspezifischen Kennwerte liegen in tabellarischer Form wie in der DIN 18910 vor [1]. Dadurch können nicht alle stallklimatischen Situationen, sondern nur Sommer- und Winter-Maximalwerte erfaßt werden.

Dipl.-Ing. Architekt Peter Epinatjeff und cand.ing. Josef Peter Doppelbauer sind am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen der Universität Hohenheim, Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, tätig.

FAT-Klima (Versionen 3.0 und 4.0)

Dieses an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT) entwickelte Programm behandelt das Stallklima als ein dynamisches System. Die Energiebilanzgleichung, aufgelöst nach Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit im Stall, vermittelt ein dynamisches Bild der Energiebilanz und des Stallklimas über einen größeren Temperaturbereich. Das Raumklima in Ställen ist von vielen sich ständig ändernden Einflußgrößen abhängig. Durch die Veränderung dieser Einflußgrößen in den Eingabemasken können die Auswirkungen auf die Verhältnisse im Stall – ausreichender Arbeitsspeicher vorausgesetzt – sofort dargestellt werden [2].

Lüftungs- und Wärmehaushaltsprogramm Version 1.04 (LWH)

Ziel des Lüftungs- und Wärmehaushaltsprogrammes des BStELF ist es, eine schnelle Bemessung und Planung des Lüftungs- und Wärmehaushaltes zu ermöglichen. Berechnungsgrundlage ist die DIN 18910. Die Berechnung der Wasserdampfmassen-, Kohlendioxidmassen- und Wärmeströme sowie für den Wassergehalt der Luft, erfolgt jedoch nach den Berechnungsformeln der C.I.G.R. Dies führt zu einer Verbesserung der Berechnungsgenauigkeit und der Genauigkeit der Erfassung stall- und tierspezifischer Daten und Vorgaben [3].

AEL-Klimaprogramm (Version 5.0)

Bei der Entwicklung der AEL-Software war eine einfache Programmbedienung vorrangig. Die einzelnen Eingaben werden automatisch abgefragt, die Programmsteuerung erfolgt überwiegend über eine Zifferauswahl. Berechnungsgrundlage bildet ebenfalls die Datenbank der DIN 18910. Ziel dieses DOS-Programmes ist die schnelle und einfache Berechnung stallklimatischer Kenngrößen, welche der DIN 18910 entsprechen, und eine rasche und praxisrelevante Überprüfung der Wärmebilanz und der Lüfraten gestatten [4].

Anforderungen an Software, Hardware und Anwender

Die Programme IBH-Klima für Windows und FAT-Klima benötigen als Grundlage MS-Windows 3.1. Das Programm der Forschungsanstalt Tänklimat setzt zudem noch MS-Excel 4.0 voraus. Aus diesen Anforderungen an die vorhandene Software des Benutzers leitet sich auch die Mindestkonfiguration der Hardware ab. Absolutes Minimum stellt ein 80386 SX-Prozessor mit einer Taktrate von 16 MHz und einem Arbeitsspeicher von 4 MB RAM dar.

Die Systemanforderungen des Programmes LWH und des Programmes der AEL sind bedeutend geringer. Sie stellen sogenannte „Stand-Alone-Programme“ dar, weil sie außer DOS keine anderen Anforderungen an den Rechner stellen. So gilt ein IBM-kompatibler PC mit einem Arbeitsspeicher von 640 KB RAM und einem 3,5-Zoll-Diskettenlaufwerk als ausreichend (siehe auch S. 268).

Die Gestaltung der Eingabemasken ist bei allen Programmen übersichtlich und ermöglicht dem Benutzer schon nach kurzer Einarbeitungszeit zügiges Arbeit-

Tab. 1: Ergebnisse der Berechnungen für den Winterfall

Table 1: Computing results for the winter case

Programm	IBH-Klima für Windows	FAT-Klima	LWH V.1.04	AEL V.5.0
Wintersituation				
Außenlufttemperatur (Winter)			- 12 °C	
Luftfeuchtigkeit innen			80 %	
Luftfeuchtigkeit außen			100 %	
Stallinnentemperatur			16 °C	
Tiergewicht			40 kg	
Sens. Wärmeprod. je Tier Q_{STW}	110 W*	106 W*	k. A.*	106 W*
H ₂ O-Anfall je Tier Q_{ST} (g/h)	57	62	k. A.	k. A.
CO ₂ -Anfall je Tier K_{ST} (g/h)	44	43	k. A.	k. A.
Transmissionswärmeverluste				
Gesamt	9101 W	11210 W	9099 W	9076 W
Luftvolumenstrom nach			3637 m ³	3576 m ³
H ₂ O-Bilanz	2901 m ³	3135 ³	k. A.	k. A.
CO ₂ -Bilanz	3555 m ³	4437 m ³	k. A.	k. A.
Lüftungswärmeverluste	33450 W	39436 W	k. A.	33562 W
sensible Wärme	52800 W	50936 W	56823 W	50936 W
Wärmebilanz	10249 W	290 W	13160 W	8298 W

* sensible Wärmeabgabe LWH bei 10 °C, FAT-, AEL-Programm bei 16 °C, IBH bei 14 °C und Tabelle IBH

** FAT: faßt Decke, Türen und Außenwände zusammen

Tab. 2: Ergebnisse der Berechnungen für den Sommerfall

Table 2: Computing results for the summer case

Programm	IBH-Klima	FAT-Klima	LWH V.1.04	AEL V.5.0
Sommersituation				
Außenlufttemperatur		< 26 °C		
Luftfeuchtigkeit innen		60 %		
Luftfeuchtigkeit außen		50 %		
Tiergewicht		100 kg		
Tierspezifische Daten				
Q _{st,s}	79 W	79 W	k. A.	k. A.
Luftvolumenstrom nach				
H ₂ O-Bilanz	k. A.	34 671 m ³	k. A.	k. A.
CO ₂ -Bilanz	k. A.	6 029 m ₃	k. A.	k. A.
nach Energiebilanz				
T = 2 K	60 459 m ³	40 251 m ³	58 443 m ³	60 106 m ³
T = 3 K	40 306 m ³	19 086 m ³	39 023 m ³	40 071 m ³

k. A. = keine Angaben; WT = Wärmetauscher

ten. Als positiv wurde bei allen Programmen die Möglichkeit der k-Wert-Berechnung und die Übernahme und Abänderung von bereits berechneten Objekten empfunden. Dadurch wird den Anwendern die Optimierung bereits berechneter Projekte erleichtert.

Leider fehlt bei den Programmen IBH-Klima für Windows und FAT-Klima eine Hilfe-Funktion, durch die eventuelle Unklarheiten bei der Dateneingabe oder bei der Datenauswertung aus dem Weg geräumt werden könnten. Die Firma Herdt plant, im nächsten Update (1997) ihrer Software eine Online-Hilfe anzubieten. Zusätzlich arbeitet man an der Anbindung an ein mitgeliefertes CAD-System zum Entwurf von Stallgrundrissen und grafischen Eingabe der Gebäude [5].

Nachfolgend werden die unterschiedlichen Ergebnisse für den Referenzstall erörtert.

Unterschiede in den Berechnungsergebnissen für einen Referenzstall

Die nachfolgenden Berechnungen und Vergleiche beziehen sich alle auf den Musterstall MS 19 der KTBL-Baukosteninformation 1992.

Wintersituation

Ausgangsbasis für den Vergleich der vier Stallklimaprogramme bildet der Referenzstall bei einer Belegung mit 480 Tieren à 40 kg Gewicht. Die Außentemperatur wird mit -12 °C angenommen, im Inneren des Stalles soll unter diesen Verhältnissen eine Mindesttemperatur von 16 °C gewährleistet werden können. Zudem soll die relative Luftfeuchtigkeit innen die 80-%-Grenze nicht überschreiten.

Wärmebilanz

IBH-, LWH- und AEL-Klimaprogramm zeigen fast identische Ergebnisse zu den Berechnungen nach DIN 18910. Dagegen ist beim FAT-Programm der Überschuss an Wärmeenergie bei 16 °C mit 290 W

nur mehr sehr gering. Ursache für die große Differenz sind drei Gründe: Zum einen sind die Rechenwerte für die sensible Wärmeabgabe der Tiere niedriger, zum anderen werden sowohl der Lüftungswärmeverlust als auch der Transmissionswärmeverlust beim Programm aus der FAT höher bewertet (Tab. 1).

In den Programmen IBH-Klima für Windows und FAT-Klima stellt der Luftmassenstrom nach CO₂-Bilanz die Grundlage für die Ermittlung des Lüftungswärmeverlustes und die Auslegung der Mindestlüftungsrate dar. Ob in den beiden anderen Programmen der CO₂- oder der H₂O-Maßstab für die Ermittlung des Lüftungswärmeverlustes herangezogen wird, geht aus dem Ausdruck der Ergebnisse nicht eindeutig hervor. Überraschend ist der große Unterschied zwischen den drei deutschen Anwendungen und dem FAT-Programm für die Beseitigung der CO₂-Last. Während nach DIN 18910 ein Volumenstrom von 3560 m³/h berechnet wurde, ermittelt die FAT-Software einen notwendigen Volumenstrom von 4440 m³/h. Die Gründe dafür werden nachfolgend ausführlich dargestellt.

Unterschiede bei der Berechnung der Lüftungswärmeverluste

Bei allen vier Softwareprogrammen wird die notwendige Lüftungsrate nach der Massenbilanz (CO₂- oder Wasserdampfbilanz) ermittelt.

Die DIN 18 910 berechnet die Lüftungsrate nach Wasserdampfbilanz nur aus der Wasserdampfproduktion der Tiere. Im FAT-Programm wird aufgrund des insgesamt anfallenden Wasserdampfes bilanziert. Diese Bilanz wird temperaturabhängig berechnet und setzt sich aus folgenden Größen zusammen:

- Wasserdampf aus Transpiration und Atmung der Tiere
- an nassen Bodenflächen, der Mistoberfläche und aus dem Mistinneren verdampfendes Wasser

Tab. 3: Berechnungsmöglichkeiten der einzelnen Programme

Table 3: Computing options of the programs

Programm	IBH-Klima	FAT-Klima	LWH V.1.04	AEL V.5.0
Berechnungsmöglichkeit				
Wärmebilanz	ja	ja	ja	ja
Lüftungsrate			ja	ja
nach CO ₂ -Bilanz	ja	ja	k.A.	k.A.
nach H ₂ O-Bilanz	ja	ja	k.A.	k.A.
Kaminquerschnitt	nein	ja	nein	nein
minimaler k-Wert	nein	ja	nein	nein
Energiebilanz mit/ ohne WT	nein	ja	nein	nein
benötigte Fläche	nein	ja	nein	nein
Kondenswasseranfall im WT	nein	ja	nein	nein
Temperatur der Zu- und Fortluft	nein	ja	nein	nein
Regelverhältnis (Sommer:Winter)	nein	nein	ja	ja
k-Wert-Berechnung	ja	ja	ja	ja

- abzüglich des an den Fensterscheiben kondensierenden Wasserdampfes

Zur Berechnung der Lüftungsrate nach CO₂-Bilanz werden als zulässige CO₂-Konzentration beim FAT-Programm 3000 ppm angenommen, also um 500 ppm weniger im Vergleich zur DIN 18910 (IBH-Klima für Windows, LWH- und AEL-Klimaprogramm). Dies erhöht den notwendigen Volumenstrom zur Beseitigung der Kohlendioxidlast um 17 % und wirkt sich auf den Lüftungswärmeverlust deutlich aus (Tab. 2). Die Berechnung der CO₂-Produktion durch die Tiere erfolgt zudem temperaturkorrigiert, wodurch eine weitere Erhöhung des Volumenstromes um 1,5 % erfolgt. Der relativ große Unterschied von 20 % zu den Rechenergebnissen von IBH- und LWH-Programm für den Lüftungswärmeverlust ist also überwiegend auf den größeren Volumenstrom zur Beseitigung der Kohlendioxidlast im FAT-Programm zurückzuführen.

Unterschiede bei der Berechnung der Transmissionswärmeverluste

IBH-, LWH- und AEL-Klimaprogramm zeigen nahezu identische Ergebnisse. Das FAT-Programm faßt die Verluste der Bauhülle (Wände, Türen, Decken) zusammen. Somit stimmen die Transmissionswärmeverluste der Bauhülle der Programme überein. Die Wärmeverluste zum Erdreich werden allerdings völlig unterschiedlich ermittelt. IBH, LWH und AEL berechnen nur die Perimeterverluste und einen zusätzlichen 1 m breiten Randstreifen des Fußbodens an der Außenwand. Das FAT-Programm nimmt zudem die gesamte unter dem Stall liegende Fläche als Wärmesenke (+10 °C) an.

Sommersituation

Die notwendige Sommerlüftungsrate wird von den Programmen IBH, LWH und AEL durch das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DIN 18910 bestimmt.

Die große Differenz bei der notwendigen Luftfrate nach der Energiebilanz zwischen den drei deutschen Programmen und dem FAT-Programm ist durch die Berücksichtigung der Transmissionswärmeverluste in den Boden und durch die Verwendung temperaturabhängiger Rechenwerte für die sensible Wärmeproduktion der Tiere zu erklären (Tab. 2).

Mögliche Anwendungsbereiche

Aufgrund des engen Bezuges zur DIN 18910 decken die Stallklimaprogramme IBH-Klima, LWH und AEL-Stallklima den planerischen Bereich vollständig ab. Sie sind somit ein einfaches Hilfsmittel für die Berechnung der notwendigen Wärmedämmung des Stalles und den Nachweis der minimalen und maximalen Luftmassenströme (Tab. 3).

Aussagen über einen Temperaturbereich können nur im FAT-Klimaprogramm gemacht werden. Die Berechnung mit Formelwerten führt zu einer Verbesserung der Genauigkeit und ermöglicht den

Rückgriff auf spezielle stall- und tierspezifische Vorgaben.

Zusätzlich besteht beim FAT-Stallklimaprogramm die Möglichkeit, Kamin- und Firstquerschnitte für die Schwerkraftlüftung zu bestimmen, einen Vergleich der Energiebilanzen mit und ohne Wärmetauscher durchzuführen sowie die erforderliche Wärmetauscherfläche und den Kondenswasseranfall im Wärmetauscher zu berechnen. Um die Effizienz des Wärmetauschers zu überprüfen, kann die Temperatur der Fort- und Zuluft des Wärmetauschers berechnet und gegebenenfalls auf eine bestehende Einfriergefahr hingewiesen werden. In der Version 4.0 kamen ergänzend Berechnungen zur Auslegung von Umluft- und Fortluft-Wärmepumpen und zur Bestimmung der notwendigen Umluftfrate der Wärmepumpe nach Energie- und Wasserdampf-Bilanz hinzu. Die Auslegung von Erdreichwärmetauschern ist geplant.

Der Einsatzbereich dieser Software ist somit nicht nur auf Planungsaufgaben

beschränkt. Vielmehr eignet sich das Programm für die Vor-Ort-Beratung, zum Auffinden von Fehlern, welche zu einem unzureichenden Stallklima führen, und letztlich auch zur Verbesserung bestehender Anlagen.

Literatur

- [1] Herdt, M.: IBH-Klima, Benutzerhandbuch, Büdingen, 1994
- [2] Van Caenegem, L.: FAT-Bericht 455, Tänikon, 1994
- [3] Wiedemann, J.: LWH-Benutzerhandbuch, Bayerisches Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, 1995
- [4] Clausen, N.: Handbuch zum AEL-Stallklimaprogramm, AEL e.V., Essen, 1995
- [5] Herdt, M.: Auskunft Ingenieur-Büro HERDT, Büdingen, 1996

Schlüsselwörter

Stallklima, Wärmebilanz

Keywords

House climate, thermal balance

Nachwachsende Rohstoffe im Land Brandenburg

Am 19. und 20. Juni dieses Jahres fand in Potsdam-Bornim eine Vortragsveranstaltung zur Produktion und Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen statt. Dieses vom ATB, der Arbeitsgruppe Bioenergie Brandenburg und der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V. organisierte Symposium wurde vom Umwelt- und vom Landwirtschaftsministerium des Landes Brandenburg gefördert.

Im Plenarteil hob der Minister für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Matthias Platzeck, die Bedeutung der nachwachsenden Rohstoffe hervor, die sie sowohl im Hinblick auf die Verbesserung der natürlichen Umwelt als auch hinsichtlich der Entwicklung des ländlichen Raumes haben. Er wies in seinen Ausführungen insbesondere auf die Notwendigkeit ihrer verstärkten Förderung hin. Dr.-Ing. Schütte von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow, gab anschließend einen umfassenden Überblick über den gegenwärtigen Stand und die Tendenzen bei der Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland.

Energetische Nutzung von Biomasse

Nach einer Diskussion der Aspekte Zukunftsstrategien und Ökobilanzen wurde eine kürzlich abgeschlossene Analyse der AG Bioenergie Brandenburg zum

Stand und zu den Möglichkeiten der Produktion und energetischen Nutzung von Biomasse in den verschiedenen Regionen Brandenburgs vorgestellt. Die Studie konnte den Tagungsteilnehmern druckfrisch ausgehändigt werden.

In den Fachvorträgen wurde deutlich, daß das Potential regional erheblich differiert, insgesamt jedoch etwa 9 % des Primärenergiebedarfs decken könnte. Das Ziel der Landesregierung, bis zum Jahr 2010 etwa 3 % der Energie aus Biomasse aufzubringen, wäre somit ohne weiteres realisierbar. Allerdings müßten hierfür die Zuwachsraten an Biomassefeuerungsanlagen, die bereits jetzt deutlich über dem Bundesdurchschnitt liegen, mehr als verdoppelt werden.

In dem anschließenden Tagungskomplex wurden Erfahrungen beim Betrieb einer 400 kW-Holzfeuerungsanlage und einer 3 MW-Biogasanlage vorgestellt. Weiterhin wurden vier Vorträge zur Gewinnung und Nutzung von Bioenergie in Berlin und Brandenburg präsentiert.

Den Abschluß des ersten Tages bildete die Besichtigung der „Energieplantage“, des Biobrennstofflabors und des Biotechnikums des ATB sowie von Hanfernte- und Verarbeitungstechnik.

Stoffliche Nutzung

Der zweite Tag war der stofflichen Nut-

zung gewidmet. In einem aufschlußreichen Vortrag wurde die breite Palette und die Qualität der derzeit im Handel bereits erhältlichen Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen deutlich. Interessant war die Aussage, daß die Käufer durchaus bereit sind, für ökologisch erzeugte Produkte durchschnittlich einen Mehrpreis von bis zu 15 % in Kauf zu nehmen.

Weitere Vorträge waren dem Anbau und der industriellen Verarbeitung von Faserpflanzen gewidmet sowie der Herstellung von Bauplatten und Tapeten auf der Basis von Pflanzenfasern. Außerdem wurden die Ergebnisse eines Flottenversuchs zum Einsatz von Pflanzenöl als Treib- und Schmierstoff in der Forsttechnik präsentiert. Besonderes Interesse fand ein neues Verfahren zur Herstellung von bioabbaubaren Tensiden als Reinigungsmittel für Haushalt und Industrie.

Auf der Pressekonferenz anläßlich des Symposiums trat Umweltminister Matthias Platzeck der verbreiteten Einstellung entgegen, daß nachwachsende Rohstoffe unwirtschaftlich und zu teuer seien. Dies sei kurzfristig. Es gehöre zu den Aufgaben einer verantwortungsbewußten und langfristig orientierten Daseinsvorsorge, praktikable Alternativen – wie nachwachsende Rohstoffe – zu entwickeln.

Die 23 Vorträge sind in einem Tagungsband zusammengefaßt, der bei der Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V., Köpenicker Str. 325, 12555 Berlin (Fax: 030/65762708) erhältlich ist.

Volkhard Scholz