

Mohamed Samer, Mohamed Hatem, Hartmut Grimm, Reiner Doluschitz und Thomas Jungbluth

# Ein Expertensystem für Planung und Entwurf von Milchviehfarmen in heißem Klima

Elf Simulationsmodelle sind entwickelt worden, um verschiedene Teile einer Milchviehfarm zu planen. Jedes dieser Simulationsmodelle umfasste einen individuellen Entscheidungsbaum, wonach die Integration dieser Simulationsmodelle in den entsprechenden übergeordneten Entscheidungsbaum erfolgte. Mit der Programmiersprache C # (C Sharp) wurde ein Expertensystem aus diesen Simulationsmodellen anhand der Entscheidungsbäume aufgebaut. Damit können Einrichtungen für Milchviehfarmen in heißem Klima geplant und entwickelt werden.

## Schlüsselwörter

Expertensysteme, Simulationsmodelle, precision livestock farming

## Keywords

Expert systems, simulation models, precision livestock farming

## Abstract

Samer, Mohamed; Hatem, Mohamed; Grimm, Hartmut; Doluschitz, Reiner and Jungbluth, Thomas

## An expert system for planning and designing dairy farms in hot climates

Landtechnik 65 (2010), no. 1, pp. 20-23, 3 tables, 1 figure, 4 references

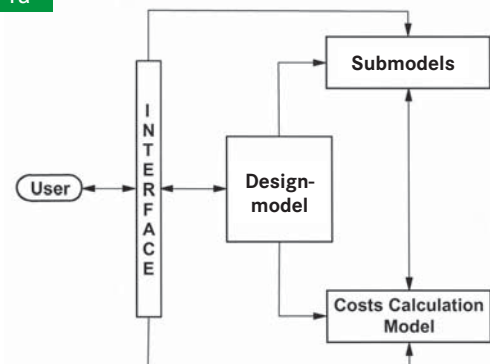
Eleven simulation models were developed to plan and design several dairy farm facilities. A decision tree was developed for each simulation model, then the simulation models were integrated into the relevant decision trees. C# programming language was used to develop an expert system via simulation models and decision trees. The objective is to develop an expert system to plan and design dairy farm facilities for dairy farms in hot climates.

Bei der Planung und dem Entwurf von Einrichtungen einer Milchviehfarm führt die Komplexität der Aufgabe leicht zu Fehlern in der Planung [1]. Computertools sollen Informa-

tionen aufbereiten, um die Analysen zu beschleunigen und den Entscheidungsprozess zu verbessern. 11 Simulationsmodelle wurden entwickelt, um verschiedene Einrichtungen von Milchviehfarmen zu planen. Nacheinander wurden über unterschiedliche Entscheidungsbäume (Electronic Spark Map) diese Simulationsmodelle miteinander verknüpft, um einen Gesamtentscheidungsbaum zu erhalten. Danach wurde mit der Programmiersprache C # (C Sharp) [2] – eine projektorientierte Programmiersprache – ein Expertensystem für die unterschiedlichen Entscheidungsebenen in der Planung der Farm entwickelt.

Mit dem Expertensystem (**Abbildungen 1 a und 1 b**) kann somit die gesamte Anlage einer Farm entworfen werden. Es führt hin zur Entscheidung über den Einsatz der Technik, der Einrichtungsgegenstände und der Maschinen. Darüber hinaus wird der Bedarf an Wasser und Elektrizität geschätzt und errechnet, ob diese Ressourcen auf der Farm zur Verfügung stehen. Des Weiteren werden das notwendige Kapital und die fixen,

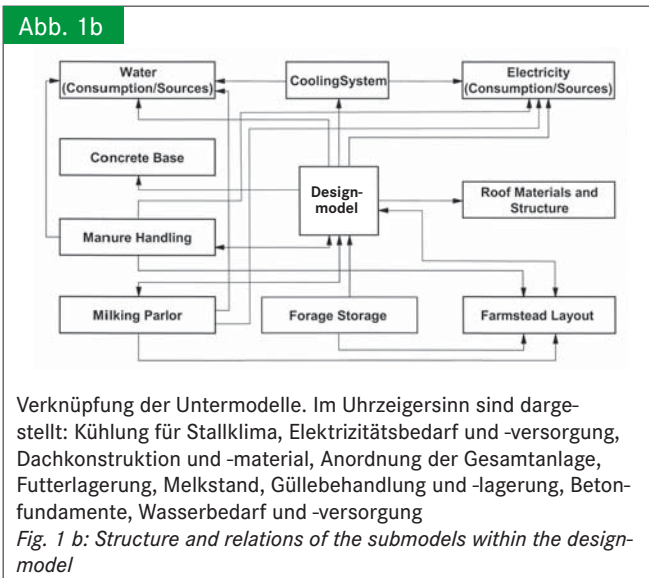
Abb. 1 a



Grundstruktur des Expertensystems mit Designmodell, Untermodellen und Kostenberechnungsmodell

Fig. 1 a: Structure of the expert system with designmodel, submodels, and cost calculation model

Abb. 1b



variablen und gesamten Kosten errechnet. Anhand der Daten von sechs bestehenden Farmen wurde das System validiert und evaluiert. Die verschiedenen Simulationsmodelle wurden aus Plänen und Entwürfen realer Einrichtungen auf Milchviehfarmen entwickelt, die in unterschiedlichen Literaturstellen [3; 4]

zu finden sind. Zusätzlich gaben Experten des Cattle Information System of Egypt (CISE) weitere wichtige Fachinformationen. Der Vergleich der tatsächlichen und errechneten Daten (Tabelle 1) zeigte, dass der Varianzkoeffizient für die errechneten Daten zwischen 4,1 und 3,3 % lag. Die Gesamtgenauigkeit des Designmodells lag bei 98,9 %.

### Ergebnisse

Das Expertensystem wurde so entwickelt, dass auch einzelne Bausteine als separate Recheneinheiten genutzt werden können. Dadurch können auf einer bestehenden Farm, die bereits mehrere Einrichtungen realisiert hat, auch völlig neue Einrichtungen geplant werden. Andererseits kann eine komplett neue Farmeinheit geplant und entworfen werden, indem alle Modelle und ihre Submodelle der Reihe nach abgearbeitet werden.

In diesem Fall werden die Outputdaten eines Modells oder Submodells genutzt, um als Inputdaten in anderen Modellen oder Submodellen verwendet zu werden. Darüber hinaus werden Inputs, die in ein Modell oder Submodell eingefügt werden, automatisch als Inputdaten auch für andere Modelle und Submodelle übernommen.

Das Expertensystem bietet im Designmodell für die Stallplanung drei unterschiedliche Aufstallungsvarianten an, nämlich:

Tab. 1

Validierung des Designmodells

Table 1: Validation data of the designmodel

	Parameter Parameter	Buchtenlänge [m] Corral length [m]	Buchtenbreite [m] Corral width [m]	Anzahl Buchten in einem Gebäude Number of corrals in one house	Anteil Fressplatzfläche an der Bucht Ratio of feeding area to corral area
Farm 1	realer Wert actual value	26,15	11,52	20	0,1
	errechneter Wert calculated value	26,32	11,4	20	0,1
Farm 2	realer Wert actual value	22,37	9,1	20	0,09
	errechneter Wert calculated value	22,22	9	20	0,09
Farm 3	realer Wert actual value	21,85	20,22	1	0,06
	errechneter Wert calculated value	22	20	1	0,06
Farm 4	realer Wert actual value	23,38	17,18	1	0,09
	errechneter Wert calculated value	23,53	17	1	0,09
Farm 5	realer Wert actual value	35,52	14,33	1	0,06
	errechneter Wert calculated value	35,29	14,17	1	0,06
Farm 6	realer Wert actual value	27,96	9,7	6	0,07
	errechneter Wert calculated value	28,13	9,6	6	0,07

Ein-Buchten-System, einreihiges Buchten-System und zweireihiges Buchten-System. **Tabelle 2** gibt eine kurze Beschreibung der Beispiele für diese drei Varianten. Die Auswahl des Materials für die Dachabdeckung (Schilfmatten, Strohmatte, Ziegel, Aluminium oder gedämmtes Aluminium) hängt von den jeweiligen klimatischen Bedingungen ab. Darüber hinaus werden in **Tabelle 2** drei unterschiedliche Dachtypen für die unterschiedlichen Buchten-Systeme vorgegeben.

Das Ein-Buchten-System ist geplant für kleine Herden bis 20 Kühe, kann aber bis auf ungefähr 40 Kühe aufgestockt werden. Entsprechend der Spezifikationen dieser Variante wird ungefähr ein Drittel der Gesamtfläche beschattet. Alle Schattenflächen in den Beispielen sind für eine Ost-West-Ausrichtung des Firsts bzw. der Futterstraße geplant. Dieses System kann zwar mehr Kühe in einer einzelnen Bucht unterbringen als die anderen Varianten, bei denen meist kleinere Buchten vorgegeben sind (teilweise abhängig von der Melkstandgröße), aber es versorgt die Tiere mit weniger Schatten, was unter heißem Klima negativ gewertet wird. Deshalb wird im Expertensystem spezifiziert, dass dieses System mit niedrigerer Dachhöhe gerechnet wird als andere Systeme, um seitliche Sonneneinstrahlung

möglichst zu vermeiden. Aus dieser niedrigeren Bauhöhe resultiert eine größere Spannweite bzw. Abstand zwischen zwei tragenden Strukturen, da nun die Windlasten niedriger kalkuliert werden können. Das erlaubt niedrigere Baukosten und erleichtert den Kühen die Fortbewegung ohne größere Barrieren.

Das einreihige Buchten-System ist für mittelgroße Herden bis 120 Kühe geeignet. Obwohl dadurch der Stall relativ lang wird, ist die Beschattung günstig und resultiert in ungefähr 75 % Anteil Schattenfläche. Die Betonfundamente werden bei diesem einreihigen System oft relativ lang und sollten daher in kürzere Betonteile aufgeteilt werden, zwischen denen ungefähr 2,5 cm Zwischenraum einzuhalten ist. Dadurch kann sich der Beton unter hohen Temperaturen ausdehnen, ohne dass Risse oder andere Folgen zu großer Thermospannungen auftreten. Das ist bei dieser Variante besonders wichtig, da hier der Futtergang starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt sein kann, im Gegensatz zum zweireihigen System, bei dem der Futtergang eigentlich immer im Schatten liegt. Außerdem erleichtert das die gesamten Betonarbeiten, da der lange Futtergang in Einzelstücken gebaut wird.

Tab. 2

Vergleich der drei Buchten-Systeme

Table 2: Comparison among three different corral designs

Modell/ Submodell Model/ submodel	Variable Variable	Ein- Buchten- System One corral	Ein- reihiges Buchten- System One line of corrals	Zwei- reihiges Buchten- System Two lines of corrals
Design- modell Design- model	Anzahl Kühe je Corral number of cows in one corral	20	12	12
	Beschattung [%] shading [%]	33	75	90
	First-Höhe [m] cowshed height [m]	4,5	6,5	8,2
Beton- funda- mente Sub- modell Concrete base sub- model	Betonfundamente Länge pro Bucht [m] concrete base length per corral [m]	27,5	9,6	11,5
	Betonfundamente Volumen pro Bucht [m <sup>3</sup> ] volume of concrete base per corral [m <sup>3</sup> ]	24,9	16	28,3
Dachkon- struktion und -material Sub- modell Roof ma- terial and structure submodel	Dachtyp roof type	Flachdach oder Pulldach horizontal roof or mono- slope roof	versetzte Pulldächer mono-slope roof or com- pound roof (2 parts)	versetzte Pulldächer oder Sattel- dach mit of- fenem First compound roof or open ridge roof (3 parts)
	Stahl pro Bucht [t] steel (tons per corral)	1,1	1,3	1,6
	Spannweite [m] post span [m]	8,5	4,8	5,8

Tab. 3a

Vergleich zweier Systeme für je 40 Kühe

Table 3a: Comparison between two designs, each house with 40 cows

Modell/ Submodell Model/ submodel	Variable Variable	Ein- Buchten- System One corral	Einreihiges Buchten- System One line of corrals
Designmodell Designmodel	Anzahl Corral je Gebäude number of corrals in one house	1	4
	Anzahl Kühe je Corral number of cows per corral	40	10
	Abschattung [%] shading [%]	35	70
	Firsthöhe [m] cowshed height [m]	4,5	6
Beton- funda- mente Submodell Concrete base submodel	Betonfundamente Länge pro Bucht [m] concrete base length per corral [m]	27,5	9
	Betonfundamente Volumen pro Bucht [m <sup>3</sup> ] volume of concrete base per corral [m <sup>3</sup> ]	24,9	15
	Betonfundamente Volumen pro Gebäude [m <sup>3</sup> ] volume of concrete base per house [m <sup>3</sup> ]	24,9	60
Dach- konstruktion und -material Submodell Roof material and structure submodel	Dachtyp roof type	Flachdach horizontal	Pulldach mono-slope
	Stahl pro Bucht [t] steel (tons per corral)	1	1,25
	Stahl pro Gebäude [t] steel (tons per house)	1	5
	Spannweite [m] post span [m]	8,5	4,5

Tab. 3b

Vergleich zweier Systeme für je 150 Kühe  
 Table 3b: Comparison between two designs, each house with 150 cows

Modell/ Submodell Model/ submodel	Variable Variable	Einreihiges Buchten- System One line of corrals	Zweireihiges Buchten- System Two lines of corrals
Designmodell Designmodel	Anzahl Buchten je Gebäude number of corrals in one house	10	10
	Anzahl Buchten je Seite number of corrals per side	10	5
	Anzahl Kühe je Corral number of cows per corral	15	15
	Abschattung [%] shading [%]	76	89
	Firsthöhe [m] cowshed height [m]	6,5	7,5
Beton- fundamente Submodell Concrete base submodel	Betonfundamente Länge pro Bucht [m] concrete base length per corral [m]	14,5	14,5
	Betonfundamente Volumen pro Bucht [m <sup>3</sup> ] volume of concrete base per corral [m <sup>3</sup> ]	24	35,5
	Betonfundamente Volumen pro Gebäude [m <sup>3</sup> ] volume of concrete base per house [m <sup>3</sup> ]	241	356
Dach- konstruktion und -material Submodell Roof material and structure submodel	Dachtyp roof type	Pultdach mono-slope	Satteldach, offener First open ridge
	Stahl pro Bucht [t] steel (tons per corral)	1,25	1,55
	Stahl pro Gebäude [t] steel (tons per house)	12,5	15,5
	Spannweite [m] post span [m]	7,25	7,25

Zweireihige Buchten-Systeme sind am besten für große Herden (> 200 Kühe) geeignet, da der Gesamtstall bei einreihiger Auslegung deutlich zu lang würde. Da über die Futterstraße keine Sonne einstrahlen kann, ergibt sich eine Gesamtbeschattung von ungefähr 90 %, d. h. diese Variante ermöglicht eine deutlich größere Schattenfläche, was ein besseres Mikroklima für Hochleistungskühe bewirkt.

Obwohl beide Buchtenreihen dieselbe Futterstraße nutzen, benötigt dieses Design insgesamt mehr Beton und mehr Stahl für die Gesamtkonstruktion. Hauptursache ist, dass die Betonbasis für die zweireihige Variante deutlich stärkere Verankerungen benötigt als für die einreihige Variante. Da ja auch jener Bereich der Buchten betoniert ist, in dem die Kühe beim Fresen stehen, werden durch die Masse und das Gewicht der Kühe deutlich höhere Querbelastungen der Futterstraße ausgelöst. Deshalb muss eine stärkere Betonabdeckung gewählt werden, um diese Belastungen auszugleichen und Biegemomente in der

Futterstraße zu reduzieren. Wenn eine Farm mit Herdengrößen zwischen klein und mittel (**Tabelle 3a**) oder zwischen mittel und groß (**Tabelle 3b**) geplant wird, gibt das Submodell die Variante für kleinere Herdengrößen vor, falls keine anderen Gründe dagegen sprechen (z. B. die Gesamtlänge/-breite eines Farmgeländes). Gemäß **Tabelle 3a**, in der das Ein-Buchten-System mit dem einreihigen Buchten-System verglichen wird, zeigt sich, dass bei der Auswahl des Ein-Buchten-Systems weniger Baumaterial verbraucht wird als bei der Auswahl des einreihigen Buchten-Systems.

Entsprechend wird bei einem Vergleich zwischen einreihigem und zweireihigem Buchten-System für 150 Kühe (**Tabelle 3b**) das benötigte Material minimiert, wenn das einreihige System eingesetzt wird. Erst für relativ große Herden empfiehlt sich das zweireihige System, das dann optimal für eine große Kuhzahl in Bezug auf Baukosten und Baumaterial ist.

### Schlussfolgerungen

Das Expertensystem kann verschiedene Farmeinrichtungen planen und entwickeln sowie unterschiedliche Abmessungen und den erforderlichen Bedarf an Konstruktionsmaterial errechnen. Danach plant es die Hofanlage, bestimmt die notwendigen Wasser- und Elektrizitätsmengen und vergleicht sie mit den verfügbaren Ressourcen vor Ort. Darüber hinaus berechnet es die Investitionen und die fixen, variablen und Gesamtkosten. Die vorgestellte Arbeit bedeutet einen neuen Ansatz für die Entwicklung von Expertensystemen, indem Simulationsmodelle für praktische Überprüfungen genutzt werden.

### Literatur

- [1] Bartali, E.: Characteristics and performances of construction materials. In: Bartali, E.; Jongebreur, A. and Moffitt, D. (Eds.), CIGR Handbook of Agricultural Engineering: Animal Production Engineering. ASAE, St. Joseph, Michigan, 1999, pp. 3-29
- [2] C # (C Sharp). Microsoft Visual Studio. Version 8.0.50727.42. Microsoft Corporation, Washington, D.C., 2005
- [3] Lacroix, R.; Huijbers, J.; Tiemessen, R.; Lefebvre, D.; Marchand, D. and Wade, K.M.: Fuzzy set-based analytical tools for dairy herd improvement. Applied Engineering in Agriculture 14 (1998), no. 1, pp. 79-85
- [4] Lindley, J.A. and Whitaker, J.H. (Eds.): Agricultural Buildings and Structures. ASAE, St. Joseph, Michigan, 1996

### Autoren

**Dr. Mohamed Samer** ist Assistant Professor am Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Cairo University, E-Mail: samer@cu.edu.eg

**Dr. Mohamed Hatem** ist Professor am Agricultural Engineering Department, Faculty of Agriculture, Cairo University, E-Mail: hatem@cu.edu.eg

**Dr. Hartmut Grimm** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik, Fachgebiet Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme, Universität Hohenheim, E-Mail: grimm@uni-hohenheim.de

**Prof. Dr. Thomas Jungbluth** ist Leiter des Fachgebiets Verfahrenstechnik der Tierhaltungssysteme am Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, E-Mail: jungblut@uni-hohenheim.de

**Prof. Dr. Reiner Doluschitz** ist Leiter des Fachgebietes Agrarinformatik und Unternehmensführung am Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim, E-Mail: agrarinf@uni-hohenheim.de

### Danksagung

Das Projekt wurde gefördert von Cultural Affairs & Missions Sector of the Ministry of Higher Education and the State for Scientific Research, Egyptian Government.