CHESS: Ein integriertes Entscheidungshilfe- und Expertensystem zur Analyse individueller Leistungen einer Schweineherde

R.B.M. HUIRNE und A.A. DIJKHUIZEN [1], Wageningen
Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Landwirtschaftlichen Universität

Zusammenfassung: Das Programmsystem CHESS wurde zur Unterstützung des Herdenmanagements für den Landwirt entwickelt. CHESS ist ein Programmsystem für den Personalcomputer, das die Leistungen einer individuellen Zuchtschweineherde im wirtschaftlichen Zusammenhang analysiert. Das System findet Schwächen und Stärken in der Betriebsführung des Schweinebetriebes heraus. CHESS beinhaltet sowohl ein Entscheidungshilfesystem als auch drei Expertensysteme, die in einem modularen System aufgebaut sind. Das Entscheidungshilfesystem identifiziert und beurteilt die Wichtigkeit von relevanten Abweichungen zwischen der tatsächlichen Leistung und den Standards. Die Expertensysteme benutzen den Output, um die Schwächen und Stärken durch Kombination herauszufinden und die vorher identifizierten Abweichungen zu evaluieren.

Summary: To support farmers in managing their herds, the computer system CHESS has been developed. CHESS is a personal computer system, which analyses records of individual swine breeding herds within an economic framework. The system determines strengths and weaknesses in the management of the pig enterprise. CHESS consists of both, one decision support system and three expert systems, designed in a modular manner. The decision support system identifies and assesses the importance of relevant deviations between performance and standards. Its output is used in the expert systems that try to find the strengths and weaknesses by combining and evaluating the previously identified deviations.

1 Einleitung

Moderne Schweinezucht ist im allgemeinen charakterisiert durch die Ausdehnung der Bestandsgrößen und Einengung der Einkommensmargen. Schon geringe Abweichungen der Produktionsleistungen haben einen wachsenden Einfluß auf die wirtschaftlichen Ergebnisse. Es ist daher wichtig, daß der Betriebsleiter sich über die Stärken und Schwächen in seiner Betriebsführung klar wird (HUIRNE, 1990). Um diese starken und schwachen Elemente herauszufinden, kann die Technik der individuellen Betriebsanalyse genutzt werden. Die technischen und wirtschaftlichen Resultate eines einzelnen Betriebes werden analysiert und Hinweise für die Zukunft gegeben. Dies geschieht indem die gegenwärtigen Stärken, die weiterhin genutzt werden können, herausgestellt, und Schwächen, die ausgeschaltet werden, müssen aufgedeckt werden. Individuelle Betriebsanalysen können die folgenden drei Analysetypen beinhalten (HUIRNE und DIJKHUIZEN, 1990):

[1] Dieser Beitrag ist an einen Beitrag des 3. Internationalen DLG-Computer-Kongresses, Mai 1990, Frankfurt a.M. angelehnt.

1. Trendanalyse, die die gegenwärtige Herdenleistungen mit Vorhersagen, die auf einer Herdengeschichte basieren, vergleicht;
2. Vergleichende Analyse, die die gegenwärtigen Herdenleistungen mit der durchschnittlichen Leistung von ähnlichen Herden vergleicht;
3. Vergleichende Trendanalyse, die die Entwicklung der Herdenleistungen mit der Entwicklung der Leistung von ähnlichen Herden vergleicht.

Jeder Analysetyp beinhaltet die folgenden vier untereinander zusammenhängenden Stufen (HUIRNE und DIJKHUIZEN, 1988):

1. Herausfinden der Abweichungen;
2. Gewichten der Abweichungen;
3. Weitere Analyse der Abweichungen;
4. Evaluieren der individuellen Betriebsleistung.

Die Technik der individuellen Betriebsanalyse ist allgemein gültig und kann zur Analyse eines jedweden landwirtschaftlichen Unternehmens genutzt werden.
Dieser Beitrag präsentiert ein System, mit dem Namen **CHESS** (**C**omputergestütztes **H**erden **E**valuierungs**S**ystem für **S**auen), das die Technik der individuellen Betriebsanalyse nutzt. Als ein Mittel zur Unterstützung des Betriebsleiters, kann es zur frühen Problemerkennung und zur Festlegung des maximalen Betrages herangezogen werden, der zur Nutzung bzw. zur Verbesserung der Betriebsleistung ausgegeben werden kann. Die vier Stufen der individuellen Betriebsanalyse werden beschrieben. Besonderes Augenmerk wird der Integration der beiden wichtigen Untersysteme von CHESS gewidmet: das Entscheidungshilfesystem (DSS), das die ersten drei Schritte der individuellen Betriebsanalyse ausführt, und die Expertensysteme (ES), die die letzte Stufe durchführen.

2 Herausfinden der Abweichungen

Das Herausfinden von Abweichungen beinhaltet drei hauptsächliche Aspekte:

1. Messen der Betriebsleistungen;
2. Festlegung von Standards;
3. Vergleichen der Betriebsleistung mit Standards.

Zur Leistungsüberwachung werden vierteljährlich die technischen und wirtschaftlichen Daten der jeweiligen Schweineproduzenten benutzt. Diese Daten werden von einem Informationssystem, das allgemeinhin auf holländischen Betrieben genutzt wird, zur Verfügung gestellt. Der zweite Aspekt, Abweichungen herauszufinden, betrifft die Formulierung von Leistungsstandards. Da zufriedenstellende Werte je nach Betriebstyp variieren, kann kein einzelner Standard für alle Betriebe gelten (KAY, 1986). CHESS nutzt drei Standardtypen. Der erste Typ beschäftigt sich mit betriebseigenen Standards. Vergangene Betriebsdaten innerhalb eines Zeitsprungs von drei Monaten während der vergangenen drei Jahre werden analysiert. Zeitsprung und Anzahl der vergangenen Jahre können jedoch leicht vom CHESS-Anwender angepaßt werden. Hauptbestandteil dieser Lösung ist die Vorhersage für die gegenwärtige Periode (Extrapolation) der Betriebsleistungen, basierend auf vorhergegangenen Daten. Die Vorhersagen werden dann als betriebsinterne Standards betrachtet.

Der zweite und dritte Standardtyp betrifft außerbetriebliche Standards. Durchschnittliche Leistungswerte von ähnlichen Herden und die Trends während der vergangenen drei Jahre dieser Herden werden als Standards in CHESS genutzt.
Während des dritten Bereichs der Abweichungsfindung, vergleicht CHESS Betriebsleistungen mit Standards. Je nachdem, welche Standards genutzt werden, werden die drei Arten des Vergleichs ausgeführt. Aufgrund der vielen Unwägbarkeiten der landwirtschaftlichen Produktion, existieren ständig Abweichungen zwischen Leistung und Standard. Fragen, die die Relevanz der Abweichungen betreffen, werden in den nächsten Abschnitten beantwortet.

3 Gewichten der Abweichungen

Das Gewichten der Abweichungen beinhaltet drei hauptsächliche Gesichtspunkte:

1. Wirtschaftliche Bewertung;
2. Statistische Bewertung;
3. Relevanz der Abweichungen.

Die Gewichtung der Abweichungen beinhaltet zum einen die wirtschaftliche Bewertung der herausgefundenen Leistungsabweichungen. Abweichungen zwischen der gegenwärtigen Leistungen und den Standards unterscheiden sich. Die wirtschaftliche Bewertung einer Abweichungseinheit variiert zwischen den Variablen in Abhängigkeit ihres Einflusses auf den gesamten wirtschaftlichen Betriebserfolg. Aus diesem Grund differiert sie von Abweichungen zwischen den verschiedenen Betrieben und sollte für jeden einzelnen Betrieb getrennt berechnet werden. Da der Zusammenhang zwischen Abweichungen und wirtschaftlicher Bewertung nicht linear für einige Variablen sein kann, berechnet CHESS die wirtschaftliche Bewertung nicht nach Abweichungseinheiten, sondern nach der gegenwärtigen Abweichungsgröße.
Durch die Berechnungen des wirtschaftlichen Bewerungsfaktors der Abweichungen werden alle Abweichungen in die gleichen Einheiten umformuliert, so daß Vergleiche angestellt werden können. Da Informationssysteme, die in Zuchtschweinebetrieben benutzt werden, in der Regel auf die einzelnen Schweineproduzenten beschränkt sind, stellt die am meisten aggregierte Variable in CHESS den Bruttoerlös abzüglich Futterkosten pro Sau und Jahr dar. Diese Zahl ist ausschlaggebend für alle Betriebserlöse und für die wichtigen variablen Kosten. Das sind Futterkosten für Schweine und Ferkel. Fixkosten werden in diesen Betriebsansatz nicht mit eingerechnet. Die wirtschaftliche Bewertung von Abweichungen wird berechnet durch die Festlegung der Einflüsse einer jeden Abweichung auf die Bruttoerlöse abzüglich der Futterkosten (HUIRNE und DIJKHUIZEN, 1990).
Als Maßstab der statistischen Bewertung setzt CHESS die herausgefundene Abweichung einer Variable j (HA_j) in Relation zu seiner Standardabweichung (SA_j). Die statistische Bewertung einer Abweichung erhöht sich, wenn das Verhältnis zwischen der herausgefundenen Abweichung und der Standardabweichung sich erhöht. Die mathematische Formel lautet:

$$SW_j = \frac{HA_j}{SA_j}$$

wobei gilt:

SW_j = Statistische Bewertung der Abweichung der Leistungsvariable j;
HA_j = Herausgefundene Abweichung der Leistungsvariable j;
SA_j = Standardabweichung der Leistungsvariable j.

Für alle drei Analysetypen müssen Standardabweichungen vorliegen. Die Standardabweichungen für eine Trendanalyse werden in CHESS als Quadratwurzel der geschätzten Restvarianz eines linearen Trendmodells errechnet, das zur Vorhersage genutzt wird. Für vergleichende Trendanalysen müssen die Standardabweichungen aus externen Quellen herangezogen werden.
Um die Relevanz einer Abweichung festzulegen, berücksichtigt CHESS sowohl die wirtschaftliche als auch die statistische Bewertung. Die Relevanz einer Abweichung berechnet sich aus der Multiplikation der wirtschaftlichen Bewertung mit dem absoluten Wert der statistischen Bewertung einer Abweichung der Leistungsvariable j. Die Formel lautet:

$$RA_j = \frac{WW_j}{|SW_j|}$$

wobei gilt:

RA_j = Relevanz der Abweichung der Leistungsvariable j;
WW_j = Berechnete wirtschaftliche Bewertung einer Abweichung der Leistungsvariable j (in holländischen Gulden);
SW_j = Berechnete statistische Bewertung einer Abweichung der Leistungsvariable j.

Der Absolutwert in der Formel wird nur deswegen benutzt, um Vorzeichenwechsel in der ökonomischen Bewertung einer Abweichung zu vermeiden. Dadurch hat die ökonomische Bewertung und die Relevanz einer Abweichung immer dasselbe Vorzeichen. Tabelle 1 enthält dazu ein Beispiel.

Tab. 1: Berechnung der Relevanz der Abweichungen für einige Variablen

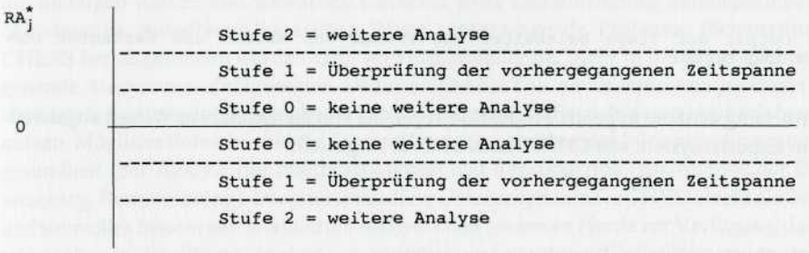
Variable j*	BL_j	ST_j	HA_j	SA_j	$\|SW_j\|$	WW_j	RA_j
1. Würfe/Sau/Jahr	2.01	2.15	-0.14	0.10	1.40	-99.10	-138.74
2. Leb. geb. Ferkel/Wurf	10.80	10.67	0.13	0.50	0.26	17.09	4.44
3. Ferkelverluste (%)	18.00	15.21	2.79	4.40	0.63	-45.81	-28.86
4. Ferkel verkauft/Wurf	8.86	9.05	-0.19	0.60	0.32	-29.42	-9.32
5. Ferkel verk./Sau/Jahr	17.80	19.45	-1.65	2.00	0.83	-149.49	-123.33
6. Futter/Ferkel (Kg)	25.00	29.04	-4.04	2.40	1.68	59.68	100.27
7. Futter/Sau/Jahr (Kg)	1070.15	1107.78	-37.63	64.70	0.58	18.81	10.94

Bezogen auf die erste Variable (j = 1), beträgt die Betriebsleistung (BL_1) in Abhängigkeit von der Anzahl der Würfe pro Sau und Jahr 2.01, der Standardwert (ST_1) 2.15. Daraus folgt, daß die herausgefundene Abweichung (HA_1) -0.14 beträgt. Mit der Standardabweichung (SA_1) von 0.10 ist der absolute Wert der statistischen Bewertung 1.40. Die Relevanz der Abweichungen (RA_1 = - 138.74) kann dann ermittelt werden, indem der absolute Wert der statistischen Bewertung mit - 99.10 holländischen Gulden mit der berechneten wirtschaftlichen Bewertung der Abweichung (WW_1) multipliziert wird. Dadurch, daß diese Formel benutzt wird, werden alle Abweichungen im selben Maßstab umformuliert und dadurch leichter vergleichbar.

4 Weitere Analyse der Abweichungen

Der dritte Schritt der individuellen Betriebsanalyse ist eine weitere Analyse der Abweichungen. Um diejenigen Abweichungen festzulegen, die Gegenstand der weiteren Analyse sein müssen, werden alle Abweichungen auf Relevanz überprüft. Wie bereits erwähnt, bestehen immer Abweichungen zwischen der Leistung und den Standards. Die Frage stellt sich, ab welchem Ausmaß diese Abweichungen relevant werden. Zu diesem Zweck nutzt CHESS das sogenannte Relevanzdiagramm, das in Abbildung 1 beschrieben wird.
Das Relevanzdiagramm unterstützt die Festlegung der wichtigen Niveaus von Abweichungen. Relevante Abweichungen können nicht hingenommen werden, wenn sie eine negative wirtschaftliche Bewertung (Schwachstellen) haben oder aber sie sind erstrebenswert, wenn sie eine positive wirtschaftliche Auswirkung (Stärken) haben. Das Diagramm basiert auf dem Prinzip der doppelten Relevanz. Variiert die Relevanz einer Abweichung um 0 (Stufe 0), wird angenommen, daß die Abweichung nicht relevant ist und keine weitere Analyse benötigt wird. Fällt die Abweichung in die Stufe 1, könnte sie relevant sein und eine vorherige Zeitspanne wird überprüft und die Abweichung wird als relevant definiert, wenn sie das Ergebnis einer geringen Leistungsänderung ist. Im Fall der Stufe 2 wird die Abweichung als relevant erachtet und unterliegt einer weiteren Analyse. Das Diagramm ist symmetrisch um 0 aufgebaut und behandelt die positive Relevanz von Abweichungen genauso wie die negative Relevanz. Die Wahl der Grenzwerte, die vom Benutzer definiert werden, legen das Niveau der Analyse fest. Werden enge Grenzen gewählt, wird eine größere Anzahl von Unterschieden relevant, werden dagegen weite Grenzen gewählt, gilt das Gegenteil.

Abb. 1: Relevanzdiagramm in CHESS

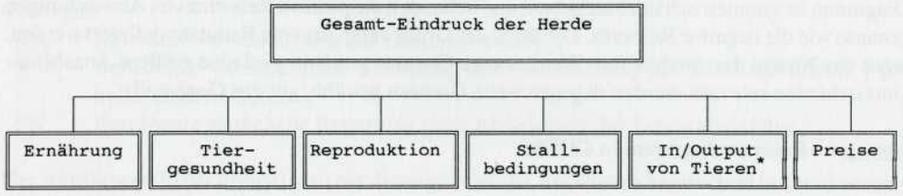


* RA_j = Relevanz der Abweichung der Leistungsvariable j

5 Evaluieren der individuellen Betriebsleistungen

Während der letzten Stufe der individuellen Betriebsanalyse, werden die Abweichungen von CHESS evaluiert. Diese Stufe erfordert die Kombination der relevanten Abweichungen, um gemeinsame Ursachen herauszufinden. Um diese Ursachen zu finden, sollten die Abweichungen in Bezug zueinander gestellt werden, um herauszufinden in welchem Ausmaß die relevanten Abweichungen miteinander verknüpft sind. Dies ist ein schwieriger Prozeß, für den normalerweise jahrelange Spezialausbildung und Erfahrung erforderlich sind. CHESS nutzt das Wissen von Fachleuten (Daumenregeln und Heuristika) um diese Probleme zu lösen. Aus diesem Grund wird diese Stufe von Expertensystemen ausgeführt. Die Gesamtstruktur eines solchen Expertensystems wird in Abbildung 2 beschrieben. Die Struktur beinhaltet die folgenden Bereiche, die spezielle Aufmerksamkeit benötigen: Tierernährung, Tiergesundheit, Reproduktion, Stallbedingungen, Input/-Output von Tieren und Preise. Diese Bereiche können weiterhin in einige Unterbereiche gegliedert werden.

Abb. 2: Gesamtstruktur der Expertensysteme in CHESS



* In- und Output der Tiere beinhaltet den Prozeß von Kaufen und Verkaufen von Sauen, Eber und Ferkel

Zur Verdeutlichung wird die folgende Produktionsregel, die von menschlichem Wissen abgeleitet und in einem Expertensystem von CHESS benutzt wird, vorgestellt.

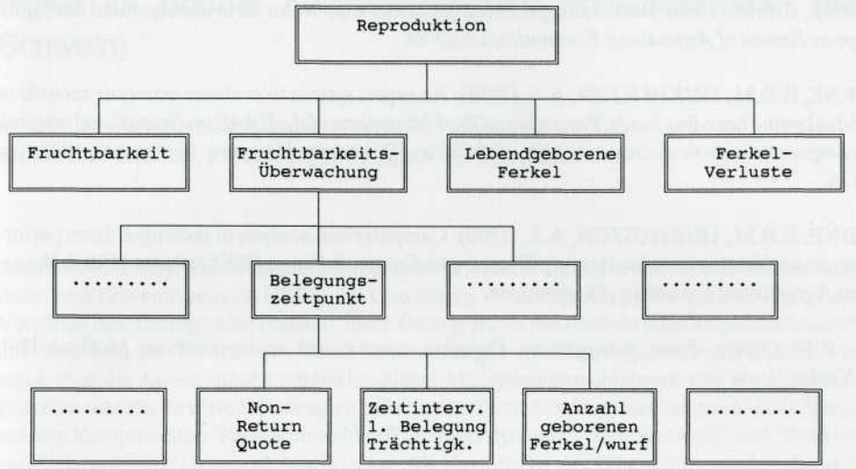
Regel 10

WENN 1.0 Die Non-Return-Rate der Sauen niedrig ist
oder
1.1 Das Zeitintervall 1. Belegung bis Trächtigkeit groß ist
2.0 Die Anzahl aller geborenen Ferkel pro Wurf niedrig ist

DANN 1.0 Ist die Wahrscheinlichkeit hoch (0.6), daß der Belegungszeitpunkt der Sauen falsch ist.

Regel 10 ist eine der Regeln im Reproduktionsbereich. Innerhalb des Reproduktionsbereichs gehört sie zum Unterbereich der Fruchtbarkeitsüberwachung. In Abbildung 3 ist die Regel 10 eingebettet in die Struktur des Reproduktionsbereiches.

Abb. 3: Die Struktur des Reproduktionsbereiches in CHESS



6 Abschließende Bemerkungen

Bei der Analyse der Leistungen einer individuellen Schweineherde mit Hilfe von CHESS werden die wichtigen starken und schwachen Elemente einer Betriebsführung herausgefunden und ihre ökonomische Auswirkung berechnet. Wenn schwerwiegende Probleme (Schwachstellen) von CHESS herausgefunden worden sind, wird eine detaillierte, mehr in die Tiefe solcher Probleme gehende Analyse notwendig werden. Daher werden zur Zeit zur weiteren Analyse dieser Teilbereiche andere Systeme entwickelt, die mehr und tiefergehende Betriebsdaten eines solchen Bereiches nutzen. Mögliche Bereiche sind die Tierernährung (zur Analyse des Fütterungsprogrammes), Tiergesundheit (zur Analyse des Impfprogrammes) und Reproduktion (zur Analyse der Bestandserneuerung, Remontierung). Integriert man diese Unterprogramme in CHESS, steht ein umfassendes und sinnvolles System zur detaillierten Analyse einer gesamten Herde zur Verfügung, das auch eine tiefergehende detaillierte Analyse von positiven und negativen Einflußfaktoren innerhalb einer Herde ermöglicht.

Literatur

HUIRNE, R.B.M. (1990): Basic concepts of computerised support for farm management decisions. *European Review of Agricultural Economics*, 17: 69-84.

HUIRNE, R.B.M., DIJKHUIZEN, A.A. (1988): An expert system to evaluate econonic records of individual swine breeding herds. *Proceeding of the 17th seminar of the EAAE on Operational research and computers in farm decision making (ORCS'88)*, Debrecen, Hungary, September 1988, pp. 127-136.

HUIRNE, R.B.M., DIJKHUIZEN, A.A. (1990): Computerized analysis of individual farm performance: an application in swine farming. *Wageningen Economic Papers (WEP)*, Paper 1990-2, Wageningen Agricultural University, Wageningen.

KAY, R.D. (1986): *Farm management. Planning, control and implementation*. McGraw-Hill, New York.