

"Produktionstechniken der Rinderhaltung"

Projektbereich A

Die Planzeitaggregation zu Arbeitsvorgängen, dargestellt  
an den Haltungsverfahren der Bullenmast \*

H. Auernhammer

\* Sonderdruck aus:      Wissenschaftliche Hefte der  
                                  Studiengesellschaft für landwirtschaft-  
                                  liche Arbeitswirtschaft e.V., Heft 4,  
                                  Kaiserslautern, 1975

Zur Anfertigung des Sonderdruckes lag die Genehmigung  
der Studiengesellschaft für Arbeitswirtschaft vor

F/f - 13 . 6. 75

Die Planzeitaggregation zu Arbeitsvorgängen, dargestellt an den Haltungsverfahren der Bullenmast

Dipl. Ing. agr. H. Auernhammer \*)

1. Einleitung

Im Zeichen zunehmender Technisierung aller Produktionsverfahren in der Landwirtschaft werden immer höhere Anforderungen an die Planungsdaten gestellt. Dies bezieht sich vor allem auf eine starke Differenzierung und auf eine exakte Datenermittlung. Beide Forderungen wurden dem Konzept der KTBL-Datenbank zugrundegelegt und auch weitestgehend erfüllt. Der darin gespeicherte Grundstock an universell anwendbaren Daten gibt der Beratung und der Wissenschaft ein neues und vielseitig einsetzbares Hilfsmittel an die Hand.

2. Problembeschreibung

Dieses Datenmaterial kann den vielseitigen Fragestellungen entsprechend nach mehreren Richtungen verarbeitet und ausgewertet werden. Die wesentlichsten Forderungen an die Ergebnisse von Datenaggregationen sind:

a) aus beratungstechnischer Sicht:

1. Globale Zeitbedarfswerte und -bereiche für die verschiedensten Verfahrensmodelle aber auch für Vorgangs- und Teilvorgangsmodelle, die aus der Einbeziehung betriebsspezifischer Werte resultieren.
2. Detaillierte Angaben über Arbeitselemente im Hinblick auf Ist-Soll-Vergleiche um die schwachen Stellen in Ist-Situationen aufzeigen und eventuell vorzunehmende Eingriffe in ihren Auswirkungen abschätzen zu können.

---

\*) Eine Arbeit aus dem Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" der TU München, Institut für Landtechnik in Weihenstephan

b) aus wissenschaftlicher Sicht:

1. Eine auch bei Vorgangsmodellen noch vorhandene vollständige Transparenz der daran beteiligten Arbeitselemente und der Einflußgrößen.
2. Prozentuale Angaben über den Zeitbedarfsanteil von Elementen und Teilvorgängen an Vorgangsmodellen.
3. Eine Aussagemöglichkeit über die Störanfälligkeit verschieden stark mechanisierter Verfahren.
4. Zu erwartende Streubereiche auf allen Aggregationsstufen.
5. Zusätzliche Angaben über Anforderungen von Zeitelementen an andere Kostenträger, wie sie z.B. beim Schleppereinsatz oder beim Einsatz elektrisch betriebenen Arbeitshilfsmittel benötigt werden.

Sicher ist damit der Katalog möglicher Forderungen noch nicht erschöpft. Aber schon daraus lassen sich grundsätzliche Gestaltungshinweise ableiten, welche bei disaggregierten Daten beginnend folgendermaßen aussehen:

1. Beide Benutzer fordern die Erhaltung der Arbeitselemente auf allen Aggregationsebenen.
2. Beide Benutzer fordern auch Gültigkeitsbereiche für die Kalkulationsergebnisse.
3. Beide fordern mehr oder weniger starke Teilaggregationen.

Darüber hinaus verlangt die Wissenschaft zusätzliche Angaben über Einflußgrößen, Störzeitanteile und andere, auf das Arbeitselement bezogene Mengenangaben.

An diesen Forderungen sollte eine Aggregationsmethode getestet und für zusätzliche Fragestellungen erweitert werden.

### 3. Die Methodik

Alle Aussagen für die Wissenschaft und für die Beratung bauen auf die in der Datenbank fixierten Planzeiten auf. Allerdings handelt es sich dabei um die Darstellung eines Datums, welches entweder ohne Einflüsse ist oder durch bestimmte signifikante Einflußfaktoren geprägt wird. Ein Teil der vorhin genannten Forderungen kann schon erfüllt werden, wenn Planzeiten nicht mehr als Datum, sondern als Datum plus Gültigkeitsbereich bei einer statistischen Sicherheit  $S = \alpha\%$  zur Anwendung gelangen. Bei Mittelwerten ist diese Forderung mit dem Konfidenzintervall sehr leicht zu erfüllen. Dagegen ergeben sich bei Regressionen größere Schwierigkeiten vor allem dann, wenn bei der Einflußgrößenrechnung Transformationen vorgenommen wurden. SACHS gibt für lineare Regressionsgeraden 3 Möglichkeiten der Berechnung der hyperbelähnlichen Streubereiche um den gefundenen Regressionsansatz an. In einem Kalkulationssystem geht es aber darum, für einen zu schätzenden Zeitbedarfswert den Streubereich zu ermitteln und damit trifft nur noch die Formel von Abb. 1 zu.

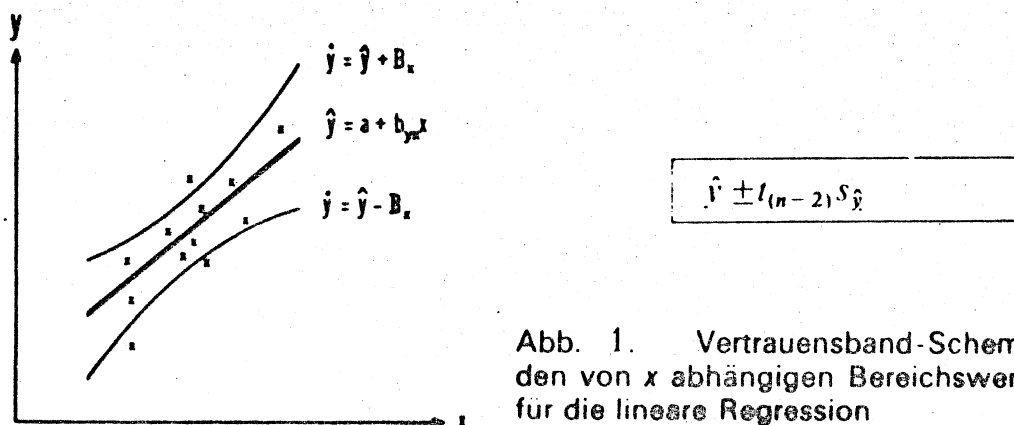


Abb. 1. Vertrauensband-Schema mit den von  $x$  abhängigen Bereichswerten  $B_x$  für die lineare Regression

Danach werden die Streubereiche umso größer, je weiter der zu schätzende Wert von der durchschnittlichen Einflußgröße  $x$  abweicht und je größer die Reststreuung des gefundenen Regressionsansatzes ist. Ausgedrückt werden diese Verhältnisse durch

den Zusammenhang  $\hat{y} \pm S_{\hat{y}} \cdot t_{(n-2, \alpha)}$ . Die Reststreuung für einmal erstellte Regression bleibt gleich, so daß die Veränderung der Streubreite von Regressionen alleine vom t-Wert bestimmt wird. Im Mittel der von uns erstellten Planzeitfunktionen lag ein Stichprobenumfang von  $n = 52$  zugrunde. Das bedeutet einen Freiheitsgrad von 50 und dafür einen  $t_{\text{Tab}}$

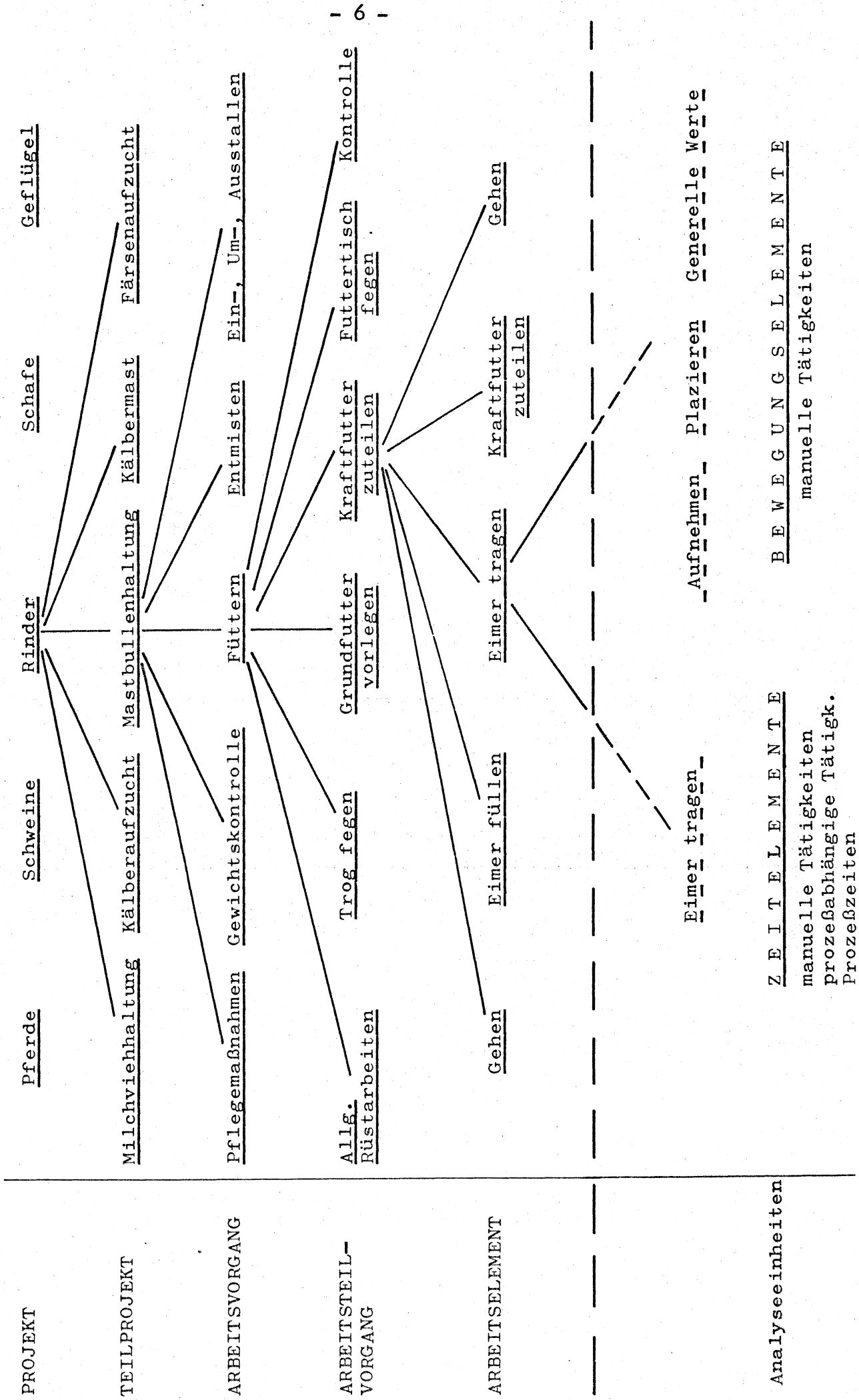
von 1,676 bei  $\alpha = 10 \%$   
oder 2,009 bei  $\alpha = 5 \%$ .

Wenn nun anstelle der tatsächlich vorhandenen Freiheitsgrade die  $t_{\text{Tab}}$  von  $\infty$  verwendet werden, so entsteht dadurch ein Fehler. Bezogen auf den ermittelten Stichprobenumfang mit FG = 50 würde dieser 2 - 2,5 % betragen. Allgemein kann für Planzeitfunktionen deshalb der Streubereich aus  $\hat{y} \pm S_{\hat{y}} \cdot t_{(n-2, \alpha)}$  abgeleitet und hinreichend genau beschrieben werden. Der Gesamtstreibereich wird dadurch zu einem Band um die Regressionsgerade.

Eine weitere Forderung an mögliche Ergebnisse lag in der Darstellung der Störzeiten, das heißt: Arbeitsverfahren sollen entsprechend ihrem zu erwartenden Störzeitanteil eingestuft werden können. Die Verursacher von Störungen sind aber auf bestimmte Arbeitshilfsmittel zurückzuführen und damit auf jene Planzeiten, welche diese Arbeitsabschnitte in ihrem Zeitbedarf beschreiben. Eine direkte Zuordnung von Störzeiten als prozentuale Anteile am Zeitbedarf jener Elemente hat den großen Vorteil, daß Arbeitsverfahren auf der Handarbeitsstufe nur einen geringen oder überhaupt keinen Störzeitanteil erhalten würden, während hochmechanisierte Arbeitsverfahren wie Silofräsen in Verbindung mit dem Fütterungswagen einen entsprechend großen Zuschlag erhalten würden.

Auch die Forderung nach anderen Kostenarten muß auf der Stufe der Arbeitselemente gelöst werden. Wiederum kann der Fütterungswagen als typisches Beispiel herangezogen werden. Der Zeitbedarf für dieses Element ist identisch mit der Länge des Energieverbrauches. Es bietet sich deshalb geradezu an, den Energiebedarf als Funktion der Einsatzzeit zu berechnen und zwar unmittelbar nach der Zeitbedarfsbestimmung.

Abb. 2 Gliederung des Arbeitsablaufes bei der Bullenmast in Ablaufabschnitte



Z E I T E L E M E N T E  
 manuelle Tätigkeiten  
 prozeßabhängige Tätigk.  
 Prozeßzeiten

Aufnehmen Plazieren Generelle Werte

B E W E G U N G S E L E M E N T E  
 manuelle Tätigkeiten

Ein Arbeitselement wird nach den hier aufgezeigten Inhalten weit umfassender als bisher angenommen. Es wird damit eigentlich zum zentralen Ereignis von Kalkulationsansätzen.

Alle anderen in der Problembeschreibung aufgezeigten Forderungen können durch die Form der Aggregation gelöst werden. Hierbei zeigen Beratung und Wissenschaft zum Teil identische Ansprüche auf, denn die Grundforderung ist die Erhaltung des Elementcharakters mit allen darin manifestierten Daten. Zusätzlich müssen gleiche Abschnitte erhalten bleiben und die verschiedenen Ansprüche der Wissenschaft oder der Beratung durch Auswahl der gewünschten Größen aus dem Gesamtinformationspaket befriedigt werden.

Unser Kalkulationssystem wurde deshalb an das für Ist-Analysen ausgearbeitete Gliederungssystem in Ablaufabschnitte angelehnt (Abb. 2) und in gleicher Weise werden Verfahrenmodelle gebildet. Das heißt, daß bei der Einschleußung eines Vorganges darin benötigte Teilvorgänge nacheinander berücksichtigt werden und diese entsprechend den benötigten Arbeitselementen immer auf diese unterste, nur einmal vorhandene Ebene zurückgreifen. Diese Vorgehensweise erlaubt dann natürlich auch die Bildung von Arbeitselementen aus Bewegungselementen und führt dann auf den abgeschlossenen Sektor von SvZ zurück. Rückführung aller Tätigkeiten auf die daran beteiligten Elemente heißt aber auch, daß alle in diesem Element gespeicherten Informationen ausgegeben werden können und daß eine notwendig werdende Änderung sehr einfach zu gestalten ist, weil nur an einer einzigen Stelle geändert werden muß.

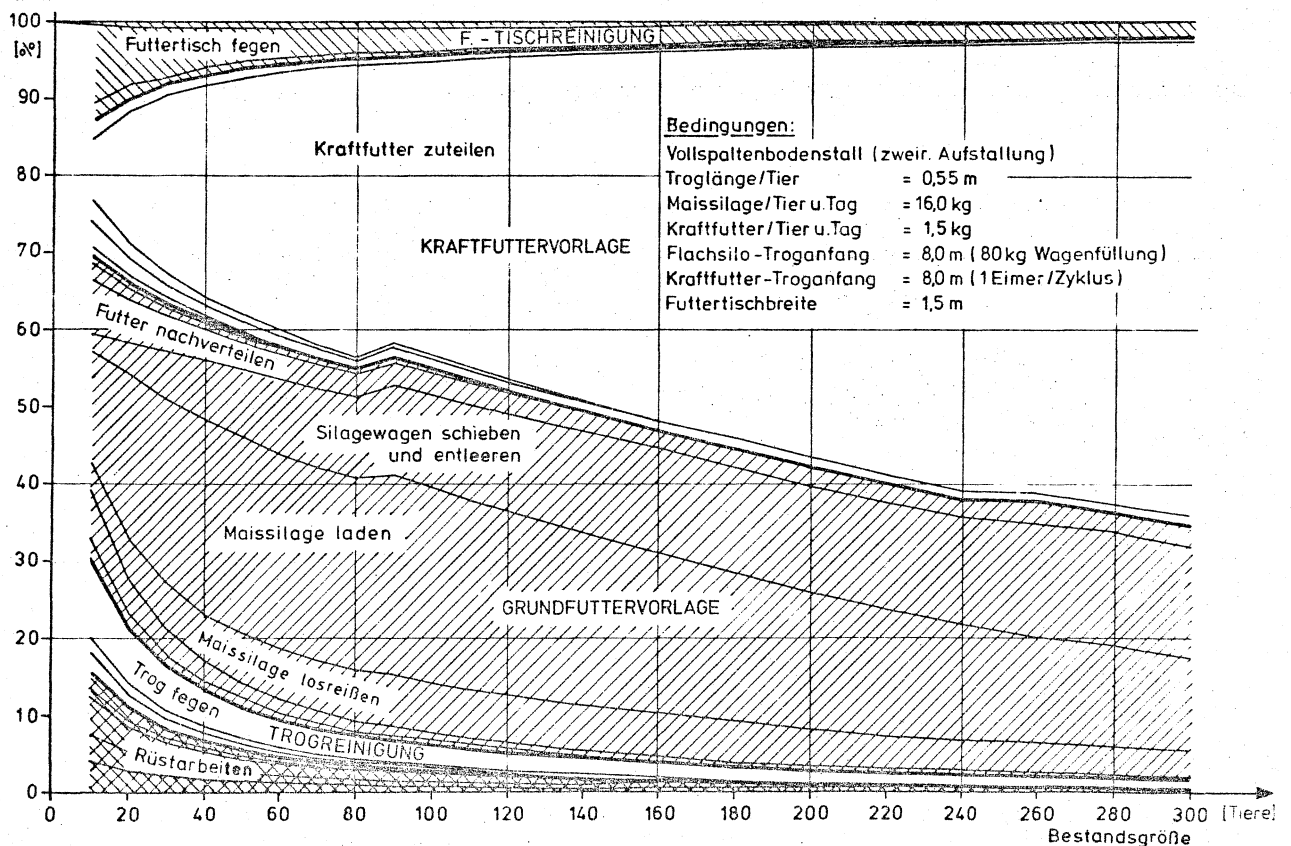
Zur besseren Verdeutlichung des Gesagten wird auf Tab. 1 der Anfang einer Modellkalkulation mit der Dokumentation der vorgegebenen Einflußgrößen abgebildet. Für die benötigten Teilvorgänge erfolgt die Ausgabe der daran beteiligten Elemente mit den dazu notwendigen Funktionen. In einem Modell kann damit jede Einflußgröße exakt verfolgt werden, zum Beispiel zeigt das 4. Arbeitselement "Gehen ohne sonderliche Belastung" mit einem Zeitbedarf von 18,2 cmin in der Funktion die zurückgelegte Wegelänge von  $2 \text{ mal } 6,5 = 13 \text{ m}$  auf.



Wie sich nun die einzelnen Elemente zum Gesamtzeitbedarf verhalten, wird auf Tabelle 3 dargestellt. Dort werden die Streubereiche, Prozentanteile und Summenprozentanteile ausgewiesen. So wird in diesem Beispiel im ersten Teilvorgang wiederum für das Element "Gehen" ein Streubereich von - 4,0 bis + 26,4 cmin mit einem Mittel von 11,2 cmin ausgewiesen. Der Prozentanteil am Gesamtzeitbedarf beträgt 1,17 % und die Summe aller bis zu diesem Element benötigten Arbeitselemente ist 13,6 %. Die Ausgabe des Streubereiches für die einzelnen Elemente bringt hier einen unschätzbaren Vorteil mit sich, denn aufgrund der Ergebnisse wird ein Rückschluß auf den Regressionsansatz möglich. Im Beispiel deutet ein Zeitgewinn von etwa 4 cmin darauf hin, daß dieses Element entweder tatsächlich sehr großen Schwankungen unterliegt, die nicht signifikant sind, oder -und dies dürfte wahrscheinlich sein-, daß ein falscher Auswertungsansatz verwendet wurde.

Wird nun eine Einflußgröße variiert, so kann (in Zukunft über den Plotter) der Einfluß dieser Variablen mit Hilfe der Summenprozentkurve direkt dargestellt werden (Abb. 3).

Abb. 3 Summenprozentkurven der Arbeitselemente und Arbeitsteilvorgänge in Abhängigkeit von der Bestandsgröße



Auf dieser Darstellung wird entsprechend den vorgegebenen Bedingungen das Verhältnis der Teilvorgänge und der darin enthaltenen Arbeitselemente sichtbar und es bietet sich eine wesentliche Entscheidungshilfe an. In diesem Modell kommt nämlich zum Ausdruck, daß schon bei Bestandsgrößen ab 20 Tieren die Vorlage der Maissilage den Hauptzeitbedarf darstellt, daß aber ab etwa 100 Masttieren der Zeitbedarf für die Kraftfuttermahlzeit alle anderen Arbeitsabschnitte zurückdrängt. Das würde bedeuten, daß eine Mechanisierung an der Grundfuttermahlzeit ansetzen muß, denn neben dem hohen Zeitbedarf ist dies auch die schwerste Arbeit. Gleichzeitig sollte aber auch an eine Verbesserung der Kraftfütterung gedacht werden. In diesem Modell bietet sich zuerst die Zuteilung mit 2 Eimern an und anschließend der Einsatz eines Muldenwagens mit Eimerzuteilung.

Um die Frage nach der relativ vorzüglichsten Mechanisierungsstufe lösen zu können, bietet sich zuerst ein Vergleich alternativer Verfahren an, wobei der zu erwartende Störzeitanfall ein wesentliches Hilfsmittel bei der Entscheidung darstellt. Diese Auswertung wurde nur mit einigen Teilvorgängen der Grundfuttermahlzeit durchgeführt. Als Gesamtzeitbedarf in Abhängigkeit von der Bestandsgröße zeigt sich dabei das auf Abb. 4 dargestellte Ergebnis.

Darauf erreicht die Handarbeit ihr Optimum bei einer Bestandsgröße von 20 - 40 Tieren, während der Frontlader infolge hoher Rüstzeit- und Leerwegzeitanteile erst bei 80 - 160 Tieren den geringsten Zeitaufwand ermöglicht. Bei dieser Bestandsgröße könnte aber durch den Einsatz eines Fütterungswagens der Zeitbedarf annähernd halbiert werden. Für Bestandsgrößen ab 125 Tieren könnte ein großvolumiger Fütterungswagen eine nochmalige Zeitersparnis bringen, denn ab dieser Größenordnung erfordert der kleinere Fütterungswagen eine zweite Verteilfahrt und führt damit zu einem nicht eingezeichneten Sprung der Zeitbedarfslinie.

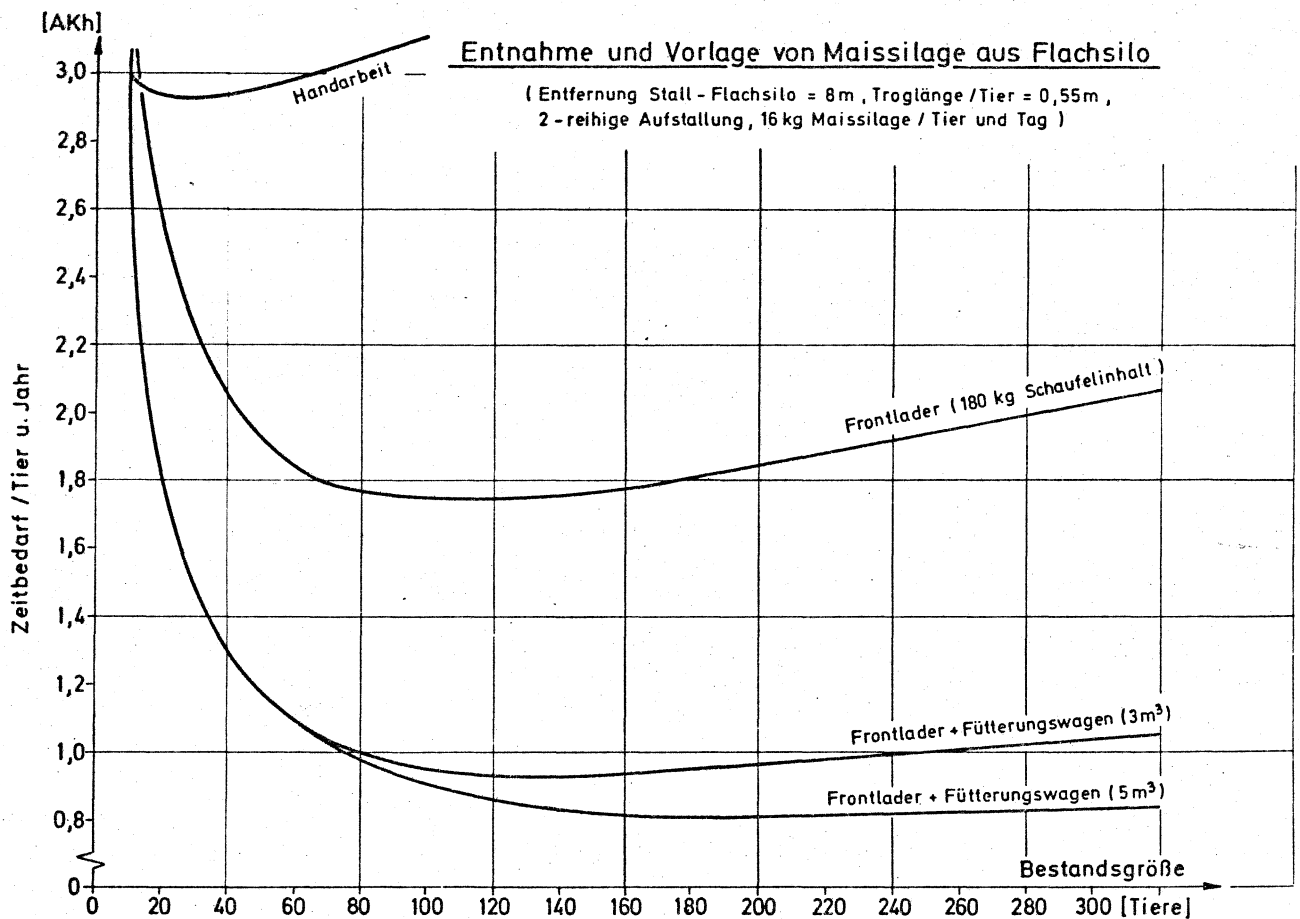
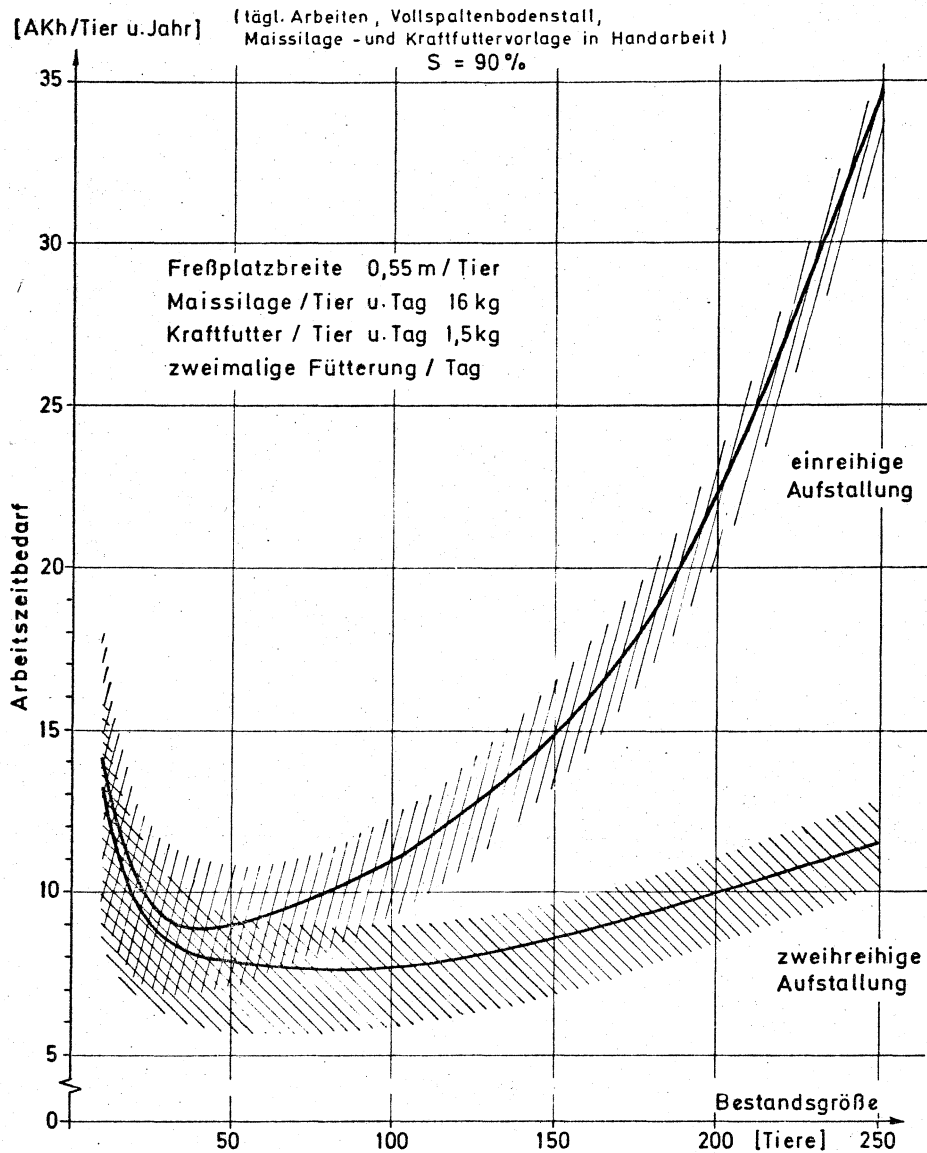


Abb. 4

Nach einer Entscheidung über konkurrierende Arbeitsverfahren interessiert sehr häufig die Fragestellung, welches Gesamtverfahren zu welcher Bestandsgröße paßt, und dabei steht der Gesamtzeitbedarf eines Verfahrens und der zu erwartende Streubereich im Vordergrund. Als Ergebnis dient in diesen Fällen das Gesamtergebnis aus Tabelle 2 mit den dafür errechneten Streubereich. Die Beispielskalkulation auf Abb. 5 sollte die Frage klären, ob ein- oder zweireihige Aufstallung von Mastbullen im Vollspaltenbodenstall einen Unterschied im Arbeitszeitbedarf erbringen.

Abb. 5

Arbeitszeitbedarf in der Bullenhaltung



Die erwarteten großen Unterschiede bleiben bei den kleinen Bestandsgrößen bis 40 Tiere aus. Dafür zeigen die zu erwartenden Streubereiche eine fast vollständige Überlappung. Erst ab etwa 40 Tieren wird die zweireihige Aufstallung überlegen, während die einreihige Aufstallung zu einem enormen Zeitbedarfsanstieg führt. Mit Sicherheit kann direkt aus der Darstellung ein Unterschied ab 90 Tieren vorausgesagt werden, da dort die positiven und negativen Streubereiche auseinander treten.

Ein gleicher Weise könnten alle entscheidenden Fragestellungen behandelt und mit der entsprechenden Sicherheit beantwortet werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine umfassendere Elementgestaltung die Voraussetzung für eine universelle Anwendung von Planzeiten ist. Alle Aggregationsformen können dann direkt auf diese Ebenen zurückgeführt werden und enthalten bei entsprechender Auswahl die geforderten Informationen. Eine wesentliche Bereicherung erhalten Modellkalkulationen durch die zu erwartenden Streubereiche der Ergebnisse, denn darin liegt eine nicht zu unterschätzende Entscheidungshilfe.

Literatur:

Auernhammer, H.,  
Schön, H.,  
v. Hennberg, B.:

Methodik zur Erstellung von  
Planzeiten am Beispiel Bullen-  
mast

In: Die Landarbeit (1964),  
1, 6 - 9

Brundke, M.,  
Jäger, P.,  
Stäude, H.:

Arbeitszeitbedarf in der  
Schweinehaltung  
KTBL Darmstadt (1974)

Sachs, L.:

Angewandte Statistik  
Berlin, Heidelberg, New York 1974

ARBEITSVERFAHREN T 1/1/3/2/1 (VOLLSPALTENRODENSTALL, FW + KF-MULDENWAGEN)  
 \*\*\*\*\*

TEILVORGANG-NR.	HAEUFIGKEIT	TEILVORGANG-NR.	HAEUFIGKEIT
1	1.000	2	1.000
21	1.000	22	1.000
62	1.000	71	1.000
81	1.000	91	0.167

MODELL-NR. 6

RECHENABLAUF MIT DEN DATEN DER EBENE 3 BULLENMAST UND DEN VORGEGEBENEN AENDERUNGEN

NR.	BESCHREIBUNG	REIHNEN	RESTANDSGROSSE	TIERE
1	AUFSTALLUNGSART	2.000	2	120.000
3	STALLTUERBREITE	0.800	4	2.000
5	FRESSPLATZBREITE	0.550	6	1.250
11	FR-SCHAUFELGEWICHT	180.000	12	1000.000
13	MULDENW.-FASSUNGSV.	150.000	14	4.000
21	TUERK-TROGANFANG	4.000	22	3.000
23	TROGLAENGE	66.000	24	25.000
25	SILU-WENDEPUNKT	8.000	26	9.000
27	WEG VOM SCHLEPPER	25.000	28	6.000
29	MU.WAGEN-SILOAUSLAUF	4.000	31	5.000
32	VOM FW-STANDPLATZ	5.000	33	3.000
34	KF.SILO-TROGANFANG	5.000	35	3.000
36	TROGANFANG-STALLTOR	2.500	37	3.000
38	STALLBREITE	11.000	51	10.000
55	GRUNDFUTTER/TIER&FR.	8.000	56	0.750

ARBEITSTEILVORGANG RUESTARBEITEN IN GESCHLOSSENEN STALLANLAGEN

ARBEITSTEILVORGANG	REIHNEN	RESTANDSGROSSE	TIERE
TUERE ODER TOR OEFFNEN	1.2 +	0.1 *	2.000
TUERE ODER TOR SCHLIESSEN	1.1 +	0.2 *	2.000
SCHALTER BETAEITIGEN (BIS 3 LICHTSCH. ODER 1 E-MOTORSCH.)	23.3		2.000
GEHEN OHNE SONDERLICHE BELASTUNG	0.0 +	1.4 *	18.20
TUERE ODER TOR OEFFNEN	1.2 +	0.1 *	25.00
TUERE ODER TOR SCHLIESSEN	1.1 +	0.2 *	24.66
ZEITBEDARF FUER RUESTARBEITEN(GESCHL.ST.)			186.56

ARBEITSTEILVORGANG TROG FEGEN (ABFALL WIRD NICHT GESONDERT ABGEFAHREN)

ARBEITSTEILVORGANG	REIHNEN	RESTANDSGROSSE	TIERE
EINEN RESEN ODER EINE GAREL HOLEN ODER WEGBRINGEN	6.9 +	2.1 *	2.000
FUTTERTROG SAEUBERN	2.0 +	0.0 *	1.000
ZEITBEDARF FUER FUTTERTROG FEGEN			192.67

Tab. 2

PROZENT- UND SUMMENPROZENTANTEILE DER ARBEITSTEILVORGÄNGE AM GESAMTARBEITSZEITAUFWAND

OEFTOR	15.018	39.539	104.097	4.15 %	4.15 %
SCHTOR	15.237	32.496	69.305	3.41 %	7.56 %
BETSCH	43.340	46.660	49.980	4.89 %	17.45 %
GEHEOB	-3.980	11.200	26.380	1.17 %	13.62 %
OEFTOR	8.612	22.672	59.691	2.38 %	16.00 %
SCHTOR	9.718	20.725	44.201	2.17 %	18.18 %
HOLGAB	6.914	20.268	33.622	2.13 %	20.30 %
SAETRO	33.012	95.060	273.731	9.97 %	30.27 %
GEHEOB	-6.780	8.400	23.580	0.88 %	31.15 %
SCHWAE	7.239	16.846	39.205	1.77 %	32.92 %
RUEFELS	24.000	60.000	36.000	6.29 %	39.21 %
LOSMA5	22.500	36.000	49.500	3.78 %	42.99 %
LADHAM	66.139	135.424	277.290	14.20 %	57.20 %
SCHWAE	9.163	21.324	49.627	2.24 %	59.43 %
NVEFFUT	24.648	68.944	192.851	7.23 %	66.66 %
SCHWAE	8.630	20.085	46.743	2.11 %	68.77 %
GEHEOB	-6.780	8.400	23.580	0.88 %	69.65 %
GEHEOB	-3.980	11.200	26.380	1.17 %	70.83 %
FUEKFI	16.773	32.095	61.413	3.37 %	74.19 %
ZUTKFE	-11.828	26.181	64.189	2.75 %	76.94 %
FUEKFE	50.042	75.823	114.883	7.95 %	84.89 %
GEHEOB	6.964	22.143	37.323	2.32 %	87.21 %
HOLGAB	6.914	20.268	33.622	2.13 %	89.34 %
FEGFUT	36.325	97.780	263.204	10.26 %	99.60 %
GEHEOB	-11.330	3.850	19.030	0.40 %	100.00 %
DER ZEITBEDARF( S = 90 %) LIEGT INNERHALB DES BEREICHES(CMIN)				2019.425	
( AKH )				24.57 (38.44 □ 100 □ 211.82 %)	

PROZENTUALER ANTEIL DER ARBEITSELEMENTE AM GESAMTARBEITSAUFWAND

OEFTOR	62.211	6.53 %
SCHTOR	53.221	5.58 %
BETSCH	46.660	4.89 %
GEHEOB	65.193	6.84 %
HOLGAB	40.536	4.25 %
SAETRO	95.060	9.97 %
SCHWAE	58.255	6.11 %
RUEFELS	60.000	6.29 %
LOSMA5	36.000	3.78 %
LADHAM	135.424	14.20 %
NVEFFUT	68.944	7.23 %
FUEKFI	32.095	3.37 %
ZUTKFE	26.181	2.75 %
FUEKFE	75.823	7.95 %
FEGFUT	97.780	10.26 %
211.82 %		