

1. Einleitung

Bei der ständig fortschreitenden technischen und ökonomischen Entwicklung in der Landwirtschaft ist die ausreichende und qualitätsgerechte Energieversorgung eine wesentliche Voraussetzung für die Erreichung hoher Produktionsziele trotz Verringerung der zur Verfügung stehenden Arbeitskräfte.

Besonders unter den Bedingungen des Übergangs zu industriemäßigen Produktionsmethoden in der Landwirtschaft kommt dem Energieträgereinsatz immer größere Bedeutung zu. Diese Feststellungen beziehen sich nicht nur auf Elektrizität, sondern auf alle Energieträger, die für die verschiedensten Zwecke in der Landwirtschaft Anwendung finden, also auch für Treibstoffe, Heizöl, feste und gasförmige Brennstoffe.

Der zweckmäßige und rationelle Einsatz dieser Energieträger führt zu einer wesentlichen Steigerung der Arbeitsproduktivität sowohl in der Feld- als auch Innenwirtschaft, ermöglicht die Erhaltung und Verbesserung der Qualität der landwirtschaftlichen Produkte, bewirkt eine Steigerung der Erträge in der Feldwirtschaft und der tierischen Produktion und hat letztlich beträchtliche Veränderungen der Lebens- und Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft zur Folge.

Es ist offensichtlich, daß eine derartige Entwicklung zwangsläufig einen ständig steigenden Energiebedarf zur Folge hat und sowohl für die Energiewirtschaft als Energielieferant wie auch für die Landwirtschaft als Energieverbraucher eine Reihe von Problemen aufwirft, von deren erfolgreicher Lösung die technische und ökonomische Entwicklung in beiden Bereichen der Volkswirtschaft beeinflußt wird.

Eines dieser Probleme ist die Energiebedarfsforschung. Eine wissenschaftlich begründete Energiebedarfsforschung setzt aber eine gründliche Analyse sowohl der zurückliegenden als auch der zukünftigen Entwicklung voraus, um daraus die wesentlichsten, den Energiebedarf beeinflussenden Faktoren ableiten und bei Perspektivbetrachtungen berücksichtigen zu können.

Von den verschiedenen bekannten Analysemethoden rückt gegenwärtig die Regressionsanalyse stark in den Vordergrund, über deren Anwendung anhand einiger Beispiele im folgenden berichtet wird.

2. Die Regressionsanalyse als Methode zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Energieverbrauch und landwirtschaftlicher Produktion

Die Regressionsanalyse ist ein Verfahren der mathematischen Statistik, das auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung basiert.

Sie ist anwendbar für zufällige, statistisch erfaßte Erscheinungen und dient der Bestimmung der gegenseitigen stochastischen (nichtfunktionalen) Abhängigkeit zwischen zwei oder mehreren Größen.

Angewendet für energiewirtschaftliche Betrachtungen dient die Regressionsanalyse der Bestimmung des quantitativen Zusammenhangs zwischen Energieverbrauch und bestimmten Einflußfaktoren.

Während qualitative Betrachtungen eine Auskunft über die Art der Faktoren geben, die den Energieverbrauch beeinflussen, führt die Regressionsanalyse zur Beantwortung der Frage, in welchem Maße der Energieverbrauch durch die einzelnen Faktoren beeinflußt wird.

Die Regressionsanalyse stellt somit ein wertvolleres Verfahren dar, da es zu rechnerisch verwertbaren Ergebnissen führt und

mit Hilfe der maschinellen Rechentechnik durchgeführt werden kann.

Einschränkend muß aber festgestellt werden, daß die Regressionsanalyse in jedem Falle nur zu einer Wahrscheinlichkeitsaussage führt (allerdings kann der Wahrscheinlichkeitsgrad errechnet werden) und die Ergebnisse stets einen bestimmten Streubereich aufweisen, was bei der Bewertung der Ergebnisse unbedingt berücksichtigt werden muß.

Der Wahrscheinlichkeitsgrad und die Aussagekraft des Analyseergebnisses sind um so höher, je mehr statistisch erfaßte Werte vorliegen.

2.1. Zusammenhang zwischen Elektroenergieverbrauch und Arbeitsproduktivität

Der Elektroenergieverbrauch der Landwirtschaft wird zweifellos von einer Vielzahl einzelner Faktoren beeinflußt.

Im Ergebnis der Elektroenergieanwendung stellt sich aber in der Regel eine Steigerung der Arbeitsproduktivität in dieser oder jener Weise heraus.

Es liegt daher die Frage nahe, ob ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Elektroenergieverbrauch und Arbeitsproduktivität besteht, und wenn ja, wie dieser Zusammenhang mathematisch formuliert werden kann?

Für die Beantwortung dieser Fragen wenden wir die Regressionsanalyse an, wobei allerdings Voraussetzung ist, daß eine genügende Anzahl vergleichbarer Angaben über den Elektroenergieverbrauch und die Arbeitsproduktivität für einen zurückliegenden Zeitraum statistisch erfaßt vorliegen.

Für das gewählte Beispiel benutzen wir die Angaben über den Elektroenergieverbrauch der Landwirtschaft für die Jahre 1957 bis 1965 aus [1] und für die gleichen Jahre Angaben über die Bruttoproduktion und die Beschäftigten in der Landwirtschaft aus [2].

Den jeweiligen Elektroenergieverbrauch beziehen wir auf die Anzahl der Beschäftigten und erhalten damit den spezifischen Elektroenergieverbrauch a in kWh je Beschäftigten, den wir der Arbeitsproduktivität AP in MDN je Beschäftigten (Verhältnis der Bruttoproduktion zu den Beschäftigten) gegenüberstellen (siehe Bild 1, jeweilige Meßpunkte, durch x gekennzeichnet).

Mit Hilfe der Meßpunkte und der dazugehörigen Koordinaten wird unter Anwendung der Regressionsrechnung der stochastische Zusammenhang zwischen den Größen a und AP errechnet. Die Arbeitsproduktivität AP gilt hierbei als unabhängig variabel, der spezifische Elektroenergieverbrauch a als abhängig variabel.

Die durchgeführte Rechnung führte in diesem Falle zu folgendem Ergebnis:

$$a = 1,88 \cdot 10^{-3} \cdot AP^{1,382} \quad (1)$$

Dieser errechnete Zusammenhang ist statistisch gesichert (nicht bloß zufälliger Natur), was durch das Bestimmtheitsmaß B (in diesem Falle $B = 0,98$) ausgedrückt wird. In der grafischen Darstellung entspricht diese Funktion der ausgezogenen Kurve, die mit Sicherheit die geringste Abweichung von der Gesamtheit der Meßpunkte aufweist.

Für den spezifischen Elektroenergieverbrauch a wurde eine mögliche Streuung $\Delta a = \pm 147$ kWh je Beschäftigten errechnet. Der Streubereich ist im Bild 1 durch gestrichelte Linien parallel zur ausgezogenen Kurve gekennzeichnet.

Was besagt das Ergebnis?

a) Es besteht im betrachteten Zeitraum ein statistisch ge-

* Institut für Energetik, Leipzig

sicherer Zusammenhang zwischen den Größen a und AP , der durch die Gleichung (1) seinen mathematischen Ausdruck findet.

- b) Da die Bestimmtheit $B = 0,98$ beträgt, so sind 98 % der Veränderungen von a auf Veränderungen von AP zurückzuführen; die restlichen 2 % der Veränderungen von a werden durch andere Faktoren bewirkt.
- c) Da der Exponent in der errechneten Gleichung (1) größer als 1 ist (1,382), so steigt der spezifische Elektroenergiebedarf a schneller an als die Arbeitsproduktivität.

Damit ist nachgewiesen, daß die Arbeitsproduktivität tatsächlich ein sehr maßgeblicher Einflußfaktor ist, der bei Perspektivbetrachtungen stark zu beachten ist, besonders auch deshalb, weil a stärker ansteigt als AP .

Interessant ist auch die umgekehrte Fragestellung: In welchem Maße muß der spezifische Elektroenergieverbrauch a ansteigen, um eine bestimmte, vorgegebene Erhöhung der Arbeitsproduktivität AP zu erreichen?

Diese Frage läßt sich leicht durch entsprechende Umkehrung der ermittelten Regressionsgleichung (1) beantworten. In diesem Falle fungiert dann a als unabhängig Variable und AP als abhängig Variable. Die Gleichung (1) erhält nach Umkehrung folgende Form:

$$AP = 530 \cdot a^{0,725} \quad (2)$$

Sie besagt, daß eine Veränderung von a um eine Einheit eine Veränderung von AP in 0,725ter Potenz zur Folge hat.

Da der Exponent kleiner als 1 ist, so bedeutet das, daß mit zunehmendem a die Arbeitsproduktivität AP in immer geringerem Maße ansteigt und folglich eine ständige Steigerung der Arbeitsproduktivität mit Hilfe der Elektroenergieanwendung mit einem immer größer werdenden spezifischen Elektroenergieverbrauch „erkauft“ werden muß.

2.2. Verbrauch an Dieseldieselkraftstoff und PS-Besatz

Es darf angenommen werden, daß der Verbrauch an Dieseldieselkraftstoff um so höher sein wird, je größer der PS-Besatz ist.

In ähnlicher Weise wie in 2.1 durchgeführte Berechnungen mit dem spezifischen Dieseldieselkraftstoffverbrauch d (in Gcal/100 ha) und dem PS-Besatz p (in MotPS/100 ha) führten für den zurückliegenden Zeitraum 1958 bis 1965 zu folgenden Ergebnissen (siehe auch Bild 2):

$$d = 2,15 \cdot p^{0,84} \quad (3)$$

Diese Gleichung besagt, daß ein exponentieller Zusammenhang zwischen dem spezifischen Dieseldieselkraftstoffverbrauch d und dem PS-Besatz p besteht, wobei der Exponent mit 0,84 kleiner als 1 ist. Das wiederum bedeutet, daß mit zunehmenden PS-Besatz der spezifische Dieseldieselkraftstoffverbrauch nicht in dem gleichen Maße, sondern langsamer ansteigt.

Die Ursache dieser Erscheinung dürfte in einem rationelleren Einsatz der Traktoren, LKW und Mähdrescher, in höheren Wirkungsgraden der Motoren und zweckmäßigeren Leistungsklassen der Traktoren zu suchen sein.

Eine Prüfung der ermittelten Gleichung (3) ergab, daß sie mit einer Bestimmtheit $B = 0,94$ statistisch gesichert ist und demzufolge 94 % der Veränderungen des spezifischen Kraftstoffverbrauchs auf Veränderungen des PS-Besatzes zurückzuführen sind.

Der mögliche Streubereich für die Gleichung (3) Δd beträgt $\pm 14,0$ Gcal/1000 ha; das heißt, daß die in der Praxis tatsächlich vorkommenden Werte des spezifischen Dieseldieselkraftstoffverbrauchs d von den nach Gleichung (3) unter Vorgabe von p errechneten Werten um 14,0 Gcal/100 ha nach oben oder unten abweichen können.

2.3. Wärmeenergieverbrauch und Umfang der Ausrüstungen in der Innenwirtschaft

Einen hohen Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Landwirtschaft macht der Wärmeenergieverbrauch aus. Da die

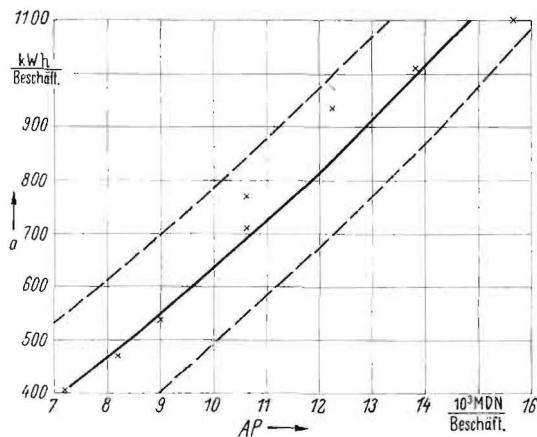


Bild 1. Abhängigkeit des spezifischen Elektroenergieverbrauchs a von der Arbeitsproduktivität AP

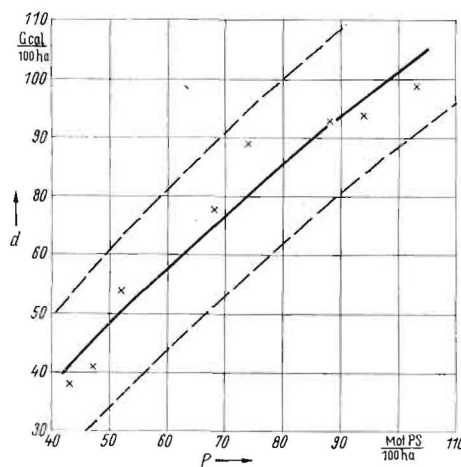


Bild 2. Abhängigkeit des spezifischen Dieseldieselkraftstoffverbrauchs d vom PS-Besatz p

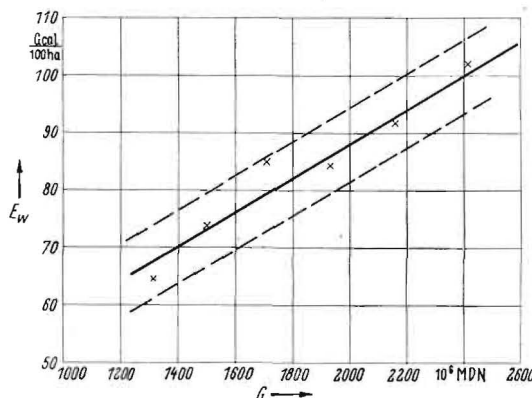


Bild 3. Abhängigkeit des spezifischen Wärmeenergieverbrauchs E_w vom Umfang der Ausrüstungen in der Innenwirtschaft G

Wärmeenergie ausschließlich im Bereich der Innenwirtschaft angewendet wird, wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen Wärmeenergieverbrauch E_w , ausgedrückt in Gcal/100 ha, und dem Umfang der Ausrüstungen in der Innenwirtschaft G , ausgedrückt in 10^6 MDN, besteht.

Vorläufige Berechnungen hierzu ergaben im Gegensatz zu den unter 2.1 und 2.2 angeführten Beispielen einen linearen Zusammenhang zwischen E_w und G :

$$E_w = 28 + 0,03 G \quad (4)$$

Es bleibt weiteren Berechnungen vorbehalten, diesen Zusam-

menhang noch näher zu untersuchen, da sich unter Umständen, ähnlich wie beim Dieselkraftstoffverbrauch, anstelle des linearen ein exponentieller Zusammenhang zwischen E_w und G mit einem Exponenten kleiner als 1 herausbilden kann.

Der der Gleichung (4) entsprechende Zusammenhang ist im Bild 3 grafisch dargestellt.

2.4. Gesamtenergieverbrauch und Bruttoproduktion

Als letztes Beispiel für die Anwendung der Regressionsanalyse soll der Zusammenhang zwischen Gesamtenergieverbrauch E und Bruttoproduktion der Landwirtschaft BP untersucht werden.

Ein Zusammenhang dieser Größen kann von vornherein vermutet werden, da anzunehmen ist, daß mit steigender Produktion auch der Gesamtenergieverbrauch in entsprechendem Verhältnis ansteigen müßte.

Die Regressionsanalyse erstreckte sich auf den Zeitraum von 1958 bis 1965; sie führte zu folgendem, linearen Zusammenhang zwischen Gesamtenergieverbrauch E (ausgedrückt in Tcal) und der Bruttoproduktion BP (ausgedrückt in 10^6 MDN):

$$E = -3523 + 974 BP \quad (5)$$

Eine Prüfung des Ergebnisses mit Hilfe des Bestimmtheitsmaßes B ergab aber, daß der errechnete Zusammenhang statistisch nicht gesichert und damit im betrachteten Zeitraum zufälliger Natur ist.

Das bedeutet, daß auf dieser Basis die Verwendung der Bruttoproduktion der Landwirtschaft als maßgebliche Einflußgröße auf den Gesamtenergieverbrauch der Landwirtschaft nicht geeignet ist.

Allerdings sei darauf verwiesen, daß sich dieser Umstand im Laufe der Entwicklung ändern kann und daß sich ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen den Größen E und BP herausbilden kann, vor allen Dingen dann, wenn Angaben über einen genügend langen Zeitraum bei normaler Entwicklung vorliegen werden.

3. Zusammenfassung

Mit Hilfe der Regressionsanalyse wurde anhand einiger Beispiele der quantitative Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und ökonomischen Kennziffern der landwirtschaftlichen Produktion untersucht.

Es zeigt sich, daß ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen Elektroenergieverbrauch und Arbeitsproduktivität, zwischen Dieselkraftstoffverbrauch und PS-Besatz und zwischen Wärmeenergieverbrauch und Umfang der Ausrüstungen in der Innenwirtschaft besteht.

Die errechneten Zusammenhänge liefern wertvolle Grundlagen für die Energiebedarfsforschung und sind bei Perspektivbetrachtungen zu beachten.

Weitere Einzelheiten bezüglich Anwendung der Regressionsanalyse für Zwecke der Energiebedarfsforschung können aus [3] entnommen werden.

Literatur

- [1] Energiewirtschaftliche Jahresberichte 1959 bis 1966. Herausgegeben vom Institut für Energetik, Leipzig
- [2] Statistische Jahrbücher der DDR 1959 bis 1966. Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik
- [3] SCHWENKER, G.: Kennziffern des Energiebedarfs der Land- und Forstwirtschaft für 1970, 71 bis 75 und 1980, Bericht des Instituts für Energetik Nr. 1/1583/66 F A 6995

Dipl.-Ing. H. RÖSSNER, KDT*

Zur Elektroenergieversorgung ländlicher Gebiete

In der Landwirtschaft der DDR entwickeln sich in zunehmendem Maße industriemäßige Produktionsmethoden. Für die moderne landwirtschaftliche Großproduktion ist die Elektroenergie eine wichtige Energieform. Ohne Elektroenergie sind auch in der Landwirtschaft industriemäßige Methoden der Produktion nicht denkbar. Diese Feststellung trifft vor allem für den Produktionsbereich der Innenwirtschaft zu. Die landwirtschaftliche Großproduktion hat einen hohen Elektroenergiebedarf sowohl hinsichtlich des Elektroenergieverbrauchs als auch hinsichtlich der Elektroenergieleistung.

Gegenwärtig sind z. B. Rinderanlagen mit 400 Kühen keine Seltenheit und solche mit 1000 Kühen und mehr sind in Vorbereitung. Anlagen mit 400 Kühen besitzen beim jetzigen Stand der Technik elektrische Anschlußwerte bis 200 kW und beanspruchen maximal etwa 100 kW. Im Zuge der Entwicklung ist durch weitere Mechanisierung und Automatisierung mit noch höheren Anschlußwerten und maximalen Leistungsansprüchen zu rechnen.

Schweinemastanlagen mit 3000 bis 10 000 Tieren gibt es in zunehmender Anzahl. Bei einer Schweinemastanlage für 4000 Tiere, die nach industriemäßigen Produktionsmethoden arbeitet, treten bereits jetzt Anschlußwerte bis 400 kW und maximale Leistungsansprüchen bis 200 kW auf. Die Größenordnung dieser Beispielwerte zeigt, daß diese landwirtschaftlichen Produktionsanlagen in bezug auf die Elektroenergiekennwerte mit kleinen bis mittleren Industriebetrieben zu vergleichen sind.

* Institut für Landtechnische Betriebslehre der TU Dresden (Direktor: Prof. Dr. R. THURN)

Die Elektroenergieversorgung in ländlichen Niederspannungsnetzen

Um keinen Wirtschaftszweig der Volkswirtschaft in der Entwicklung zu hemmen, muß es Ziel der Energieversorgungsbetriebe sein, eine bedarfsgerechte Elektroenergieversorgung aller Abnehmer zu gewährleisten. Die Landwirtschaftsbetriebe verursachen dabei den Energieversorgungsbetrieben Schwierigkeiten, weil ihre Elektroenergieversorgung ein umfangreiches Übertragungssystem bedingt. Es ist neben der Bereitstellung der Elektroenergie erforderlich, das Übertragungssystem den jeweiligen Bedingungen anzupassen.

Die Elektroenergieerzeugung erfolgt in Kraftwerken, die bei uns z. Z. vorwiegend mit Braunkohle gespeist werden. Das Höchst- und Hochspannungsnetz und die Mittelspannungsnetze dienen zur Übertragung der Elektroenergie bis in jede Ortschaft. Die Niederspannungsnetze verteilen die Elektroenergie innerhalb der Ortschaften und der Abnehmeranlagen bis zum jeweiligen Elektroenergieverbraucher (Bild 1).

Das Niederspannungsnetz spielt in der Kette der Übertragungsglieder eine wichtige Rolle. Diese Aussage wird dadurch unterstrichen, daß 50 bis 60 % der Kosten für Elektroenergieerzeugung und Elektroenergieverteilung für die Niederspannungsnetze aufgewendet werden. In der DDR gibt es etwa 90 000 km Ortsnetzniederspannungsleitungen. Steigende Anforderungen aller Niederspannungsabnehmer bedingen je nach dem Verschleiß der Netze von Zeit zu Zeit Überholungen und Erweiterungen der Elektroenergieversorgungsanlagen. Da die landwirtschaftlichen Betriebe zusammen mit