Wolfram D. Kneib

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel, Kiel

BODENKUNDLICH-AGRONOMISCHE AUSWERTUNG DER AGRARSTATISTIK AM BEISPIEL SCHLESWIG-HOLSTEINS

Auf der Grundlage des theoretischen Ansatzes der "erweiterten Kausalkette der Pedogenese" (SCHROEDER/LAMP, 1976) gilt es zu überprüfen, inwieweit Böden mit gleicher Merkmalskombination (isomorph) auch gleich entstanden (isogen) sind und gleiche Funktionen (isofunktional) im Ökosystem besitzen. Unter den Pedofunktionen nimmt die "Pflanzliche Produktion" flächenmäßig den wichtigsten Platz ein. In der bewertenden Betrachtung der Beziehung Standort - Pflanzenertrag ist die isolierte Wirkung Boden - Ertrag bislang überwiegend an Feldversuchen unter Konstanz oder Isolierung einzelner Einflußgrößen untersucht worden. Die Übertragbarkeit der Befunde ist jedoch wegen der hohen Variabilität in der Bodendecke meist nicht gewährleistet. Untersuchungen zur kleinräumigen Variabilität (KNEIB, 1979; MUTERT/LAMP/KNEIB, 1979) haben ergeben, daß in Geestgebieten bei einer statistischen Sicherheit von nur 70 % bereits nach 60 m Profilabstand mit einer neuen Kartiereinheit (auf Subtyp-Niveau) gerechnet werden muß, im Hügelland sind es sogar nur 15 m.

Veränderte Kartierprinzipien, die insbesondere auf die Erfassung einer *definierten Heterogenität* hinzielen, werden von bodenkundlicher Seite notwendig sein, um flächendeckende Aussagen zur Struktur der Bodendecke zu erarbeiten und ihre pedofunktionale Gliederung für Anwender nutzbar zu machen. Angesichts dieser Befunde stellt sich die Frage, inwieweit mit Hilfe der EDV langfristige Ertragsmessungen verschiedener Erhebungs- und Bezugseinheiten geeignet sind, unsere Kenntnisse zur differenzierten Standortgliederung zu erweitern. Da die regionale Erfassung der Böden (z.B. in der Bodenkartierung) ohnehin an natürlichen Faktorenkomplexen orientiert sein muß, dürfte sich damit auch die Beziehung zwischen regionalen Bodeneinheiten und Ertragspotential besser erfassen lassen.

Eine Gesamtbewertung der Pedofunktion "Pflanzliche Produktion" darf nicht nur an der Ertragshöhe orientiert sein, sondern muß ebenso die direkten bzw. indirekten Folgen der Nutzung berücksichtigen; Folgen, die einerseits direkt auf den Boden und sein langfristiges Ertragspotential, seine Ertragssicherheit wirken (z.B. Degradierung), oder die andererseits eine Veränderung des Ökosystems beinhalten (z.B. Eutrophierung). Das Bewertungskriterium Ertragsqualität kann hier nicht berücksichtigt werden.

Zunächst stellt sich jedoch die Frage, ob nicht das bestehende Bodenbewertungssystem, die Reichsbodenschätzung (RBS), eine ausreichend genaue Charakterisierung ermöglicht. Eine aufwendige Erarbeitung von Bodeneignungskarten aus den modernen Bodenkarten könnte dann entfallen, zumal die Bodenkarten im Maßstab 1 : 25000 nicht annähernd so genau erfaßt werden, wie es bei der RBS der Fall war.

Eine Generalisierung der RBS findet man in Schleswig-Holstein nur auf Gemeindeebene (in acht Intervallen von Ackerzahlen, LANDESPLANUNGSATLAS S.H. 1960). Durchschnittliche Ertragswerte fehlen jedoch auf diesem Bezugsniveau.

Die nächst-höhere Verwaltungseinheit mit durchschnittlichen Ertragsangaben bietet sich auf Kreis-Ebene.

Wenn man die prozentualen Flächenanteile an bestimmten Ackerzahl-Intervallen in Beziehung setzt zu prozentualen Ertragsintervallen (relativiert über Höchstertrag eines Jahres = 100 %), dann ergeben sich z.B. für Weizen und Zuckerrüben zwei sehr unterschiedliche Ergebnisse:

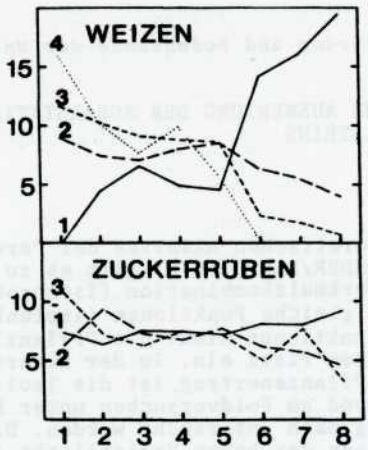

Abbildung 1: Beziehungen zwischen relativen Ertragsklassen (1=91-100%, 2=81-90%, 3=71-80%, 4=61-70% des jährlichen Maximalertrages) von Winterweizen und Zuckerrüben, den Ackerzahlenintervallen (Abszisse: 1=12,0-17,5, 2=17,6-25, 3=26-35, 4=36-45, 5=46-55, 6=56-65, 7=66-75, 8=76-85) und deren mittlerer prozentualer Anteil (Ordinate: % der jeweiligen Kreisfläche)

Bei Weizen zeigt sich in der höchsten Ertragsklasse eine starke Zunahme der Flächen mit hohen Ackerzahlen, Bereiche mit schlechter Ertragsleistung weisen entsprechend hohe Werte in den niedrigen Ackerzahlintervallen auf. Für Zuckerrüben ist eine derartige Beziehung jedoch nicht nachweisbar.

Übergreifend scheint die Bodenschätzung also für die Bewertung des Ertragspotentials von Getreide geeignet zu sein. Für eine endgültige Entscheidung ist jedoch zu klären, wie hoch die Streuung der Erträge innerhalb eines Ackerzahlenintervalls ist.

Hierüber kann man aus der "Besonderen Ernteermittlung" Aufschluß erhalten:
1977 betrug die Spannweite der gemessenen Weizenerträge 76 dt/ha. Innerhalb der ausgewiesenen Ackerzahlenintervalle (Abb. 1) treten mittlere Spannweiten von 51 dt/ha auf. Das heißt, eine gute Trennung hinsichtlich der Ertragsfähigkeit ist für spezielle Untersuchungen mit einer Regionalisierung der Ackerzahlen nicht gegeben (siehe auch WITTMANN, 1979 für Bayern). Wenn man dagegen den von uns angestrebten Ansatz einer vorab weitgehend definierten Ähnlichkeit in der natürlichen Ausstattung überprüft, dann weisen zum Beispiel die Weizenerträge innerhalb von Mittelnaturraum-Einheiten desselben Datensatzes nur eine mittlere Spannweite von 29 dt/ha auf.

Neben einer geringen Spannweite *innerhalb* sollten die Bezugseinheiten jedoch eine möglichst hohe Spannweite *zwischen* den jeweiligen Mittelwerten der Regionen aufweisen. Nur so dürfte eine klare Differenzierung am ehesten gegeben sein.

In Tabelle 1 ist die langfristige Entwicklung der Getreideerträge sowie die der Spannweiten der mittleren Ertragshöhen verschiedener Bezugseinheiten charakterisiert. Neben einem bekannten langjährigen Ertragsanstieg kann man erkennen, daß auch die Spannweiten zwischen den Bezugseinheiten ständig zugenommen haben - je nach Art und Größe unterschiedlich. Am höchsten ist der Anstieg in den Mittelnaturräumen mit 15,3 dt/ha (zwischen 1965 und 1979), gefolgt von Großnaturräumen mit 12,0 und Krei-

Tabelle 1: Entwicklung der Getreideerträge in Schleswig-Holstein und der Spannweite auf unterschiedlichem Erhebungs- und Bezugsniveau (gleitende Durchschnitte) in dt/ha

Jahr	65	68	71	74	77	79	
Bezugseinheit							Erhebungseinheit
Schleswig-Holstein $\bar{x}$	36,0	39,6	42,8	46,9	48,4		Schlag
Kreise Spannweite	14,4	16,4	18,8	21,9	22,2		Schlag
Großnaturraum Spannweite	13,4	17,0	22,0	25,4	25,4		Schlag
Mittelnaturraum Spannweite	19,4	24,9	29,2	32,7	34,7		Schlag
Kleinnaturraum Spannweite	19,0	22,0	27,0	31,0	34,0		Betrieb

sen mit 7,8 dt/ha. In der gleichen Reihenfolge nimmt auch die derzeitige Höhe der Spannweiten von 34,7 auf 22,2 dt/ha ab.

Hieraus folgt einerseits, daß wir es in den letzten Jahren mit einer zunehmenden Differenzierung der Erträge nach der Standortgunst oder -ungunst zu tun haben.

Andererseits sind naturräumliche Einheiten offenbar gut geeignet, eine Gliederung nach der Ertragsfähigkeit durchzuführen.

Die in der Tabelle unter Kleinnaturraum ausgewiesenen Spannweiten gelten für Buchführungsbezirke, denen auch eine standortbezogene (naturräumliche) Abgrenzung zugrunde liegt, hier ist die Erhebungseinheit der Einzel-Betrieb. Dies führt dazu, daß - obwohl die Bezirke kleiner sind als z.B. die Mittelnaturräume des Statistischen Landesamtes - die Spannweiten etwa gleich groß und in der langjährigen Entwicklung sehr ähnlich sind.

Die weiteren Ausführungen gründen sich auf die Daten des Buchführungsverbandes, weil hier eine sehr viel größere Datenbasis (über 45.000 Einzelbetriebsangaben aus 1955-1976) zugrunde liegt.

Ein Vergleich relativierter Erträge (Höchstwert eines Jahres = 100) über den genannten Zeitraum, bezogen auf die Bezirke und die Ackerfrüchte Getreide, Zuckerrübe und Kartoffel ist aus Abbildung 2 möglich.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Spannweiten der Relativerträge sind bei den ausgewählten Anbauarten erheblich, sie nehmen von der Kartoffel über die Zuckerrübe zum Getreide deutlich ab (von ca. 60 auf 20 %).
2. Eine Differenzierung des Ertragspotentials ist bei Zuckerrüben und Kartoffeln auf der Basis von Kleinnaturräumen nicht möglich. Bei den Spitzenwerten zeichnet sich eine gewisse Ertragsgunst ab, die für die genannten Feldfrüchte gegenläufig ist (Zuckerrüben = Dithmarschen, Oldenburg, Fehmarn / Kartoffeln = Geest, bzw. leichte Standorte im Hügelland).
3. Für den Getreidebau bietet eine Kleinnaturraumgliederung eine deutliche Differenzierung des Ertragspotentials. Etliche Standorte weisen gegenüber anderen keine Überschneidung in den Relativerträgen auf. Höchstertragsstandorte sind Fehmarn, Oldenburg und Dithmarschen, Niedrigstandorte sind Teile der Vorgeest. Relativ günstige Bezirke des Hügellands sind deutlich von Übergangsbereichen zur Geest zu unterscheiden.

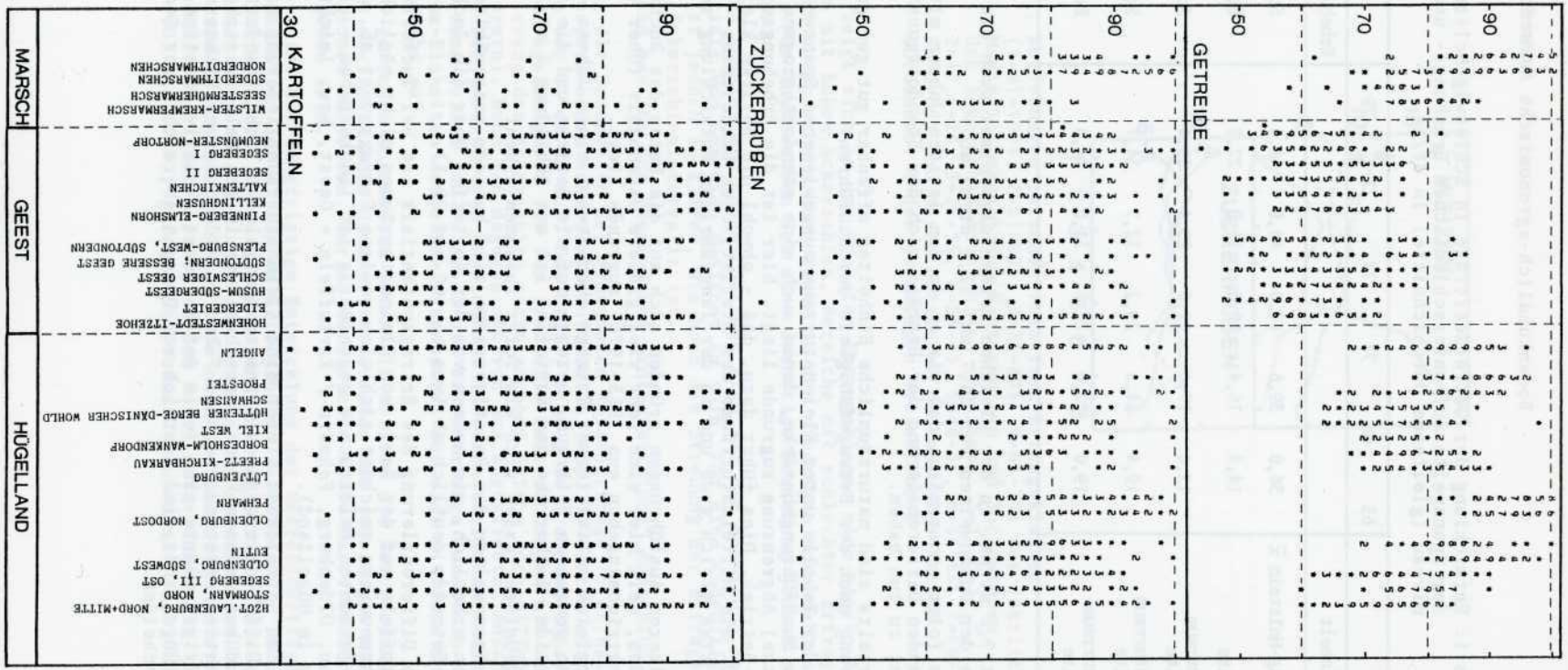

Abbildung 2: Beziehungen zwischen relativen Erträgen (jährlicher Maximalwert = 100 %) und Kleinnaturräumen bei Getreide, Zuckerrüben und Kartoffeln von 1955 - 1976
(ausgedruckte Zahlen bedeuten Häufigkeit: * = 1, 2 = 2, 3 = 3 usw. 9 = ≥9)

Entsprechend des oben dargestellten Ansatzes gilt es zu untersuchen, welche bodenkundlichen Inhalte die Standortgruppen aufweisen und inwieweit eine "definierte Heterogenität" der Böden in Beziehung zu setzen ist zum jeweiligen Ertragspotential.

Dabei stellt das Fehlen großmaßstäbiger Bodenkarten methodisch eine wesentliche Einschränkung dar. Dies gilt in Schleswig-Holstein besonders für das Hügelland, wo nur zwei Karten zur Verfügung stehen. Die Karte von Fehmarn (STREMME, 1958) ist wegen ihres Alters nur begrenzt mit neueren Karten vergleichbar. In Geest und Marsch stehen dagegen 20 Bodenkarten im Maßstab 1 : 25000 zur Verfügung.

An 2.800 Zufallsstichpunkten wurden die Nutzung (Acker/Grünland) und der jeweilige Bodentyp vermerkt. Die prozentualen Anteile wurden auf Mittelnaturräume des Statistischen Landesamtes bezogen (Abb. 3). Eine Kennzeichnung des Ertragspotentials erfolgte durch die Relativ-Erträge der jeweiligen Bezirke (aus Abb. 2).

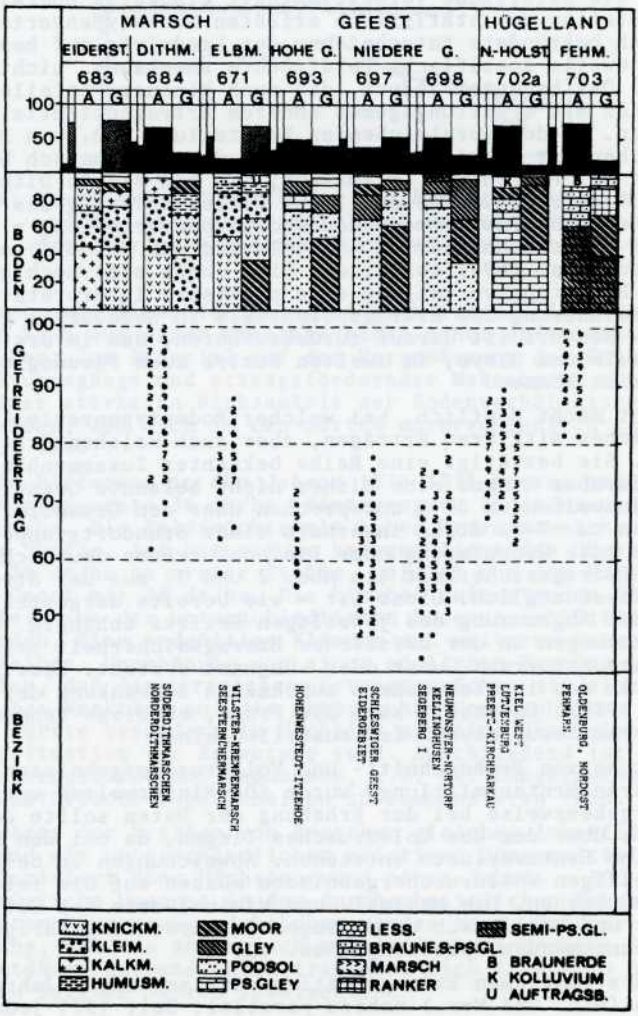

Abbildung 3: Beziehungen zwischen Relativerträgen von Getreide (siehe Abb. 2) und Bodentypenverteilungen in Acker-Grünlandflächen der Mittelnaturräume 683-703 (weitere Erläuterungen im Text)

Im oberen Teil der Darstellung weisen die starken Balken den Acker/Grünland-Anteil in der Stichprobe, die schmalen Balken den Acker/Grünland-Anteil als Mittel der Jahre 1965, 1971, 1977 (Stat. Landesamt S.-H.) auf. Ein Vergleich beider Wertepaare in den einzelnen Naturräumen zeigt, daß die Trends im Acker/Grünland-Verhältnis in der eigenen Stichprobe weitgehend nachgezeichnet werden.

Aus einem Vergleich der Acker/Grünland-Anteile in den Naturräumen werden die unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen, bedingt durch Standort und Tradition, deutlich. Im zweiten Teil der Darstellung ist das prozentuale Auftreten von bestimmten Bodentypen wiedergegeben. Aus einem Vergleich der Acker- und Grünlandspalten wird im gleichen Sinne der Einfluß natürlicher Bedingungen und traditioneller Betriebssysteme im Bodentypenspektrum sichtbar.

Vielfach sind in diesen Spalten Böden ausgewiesen, die, derzeit als Grünland genutzt, durchaus auch in Ackerkultur stehen könnten und umgekehrt. Dennoch ist die natürliche Vorbestimmtheit eindeutig überwiegend. In der Interpretation der statistisch erfaßten Bodentypenverteilung kann die empirisch begründete Entscheidung des Landwirts, auf bestimmten Standorten jeweils spezifische Feldfrüchte anzubauen, nicht berücksichtigt werden. Das bedeutet jedoch, daß auch kleinere Anteile - insbesondere von Böden mit erwartungsgemäß höherem Ertragspotential - beachtet werden müssen. In der vergleichenden Beurteilung z.B. von Dithmarschen und Elbmarschen ist nicht nur die Zunahme der Knickmarsch bedeutsam, sondern auch das Fehlen der Kalkmarsch, wie man sie in Dithmarschen mit über 10 % antrifft. Eine deutliche Differenzierung des Ertragspotentials innerhalb einer gemessenen Bodentypenverteilung z.B. zwischen Wilster- und Seestermühermarsch (Mittelnaturraum Nr. 671) oder im Bereich Niedere Geest (698) zeigt, daß hier durch eine noch genauere Erfassung der Bodentypenverteilung eine präzisere Interpretation möglich ist. Die Verminderung des Ertragspotentials in Segeberg I gegenüber Neumünster - Nortorf ist darauf zurückzuführen, daß im erstgenannten Bereich Podsole und Gleye, im zweiten Bezirk auch Pseudogley-Gebiete beackert werden können.

Die Übersicht macht deutlich, bei welcher Bodentypenverteilung langfristig mit welchen mittleren Erträgen, aber auch welchen Streubreiten zu rechnen ist. Sie bestätigt eine Reihe bekannter Zusammenhänge, ermöglicht aber darüber hinaus eine bisher nicht bekannte Quantifizierung. Relative Spannweiten um 20 % entsprechen über den Gesamtzeitraum etwa absoluten von ca. 7-12 dt/ha innerhalb einer Standortgruppe. Auch hieraus wird die gute Gruppierung über Kleinnaturräume deutlich. Eine Beurteilung der Ertragssicherheit (in Abb. 2 und 3) aus der Streubreite ist nur *regional* möglich. Diese ist - wie bereits dargestellt - weitgehend von der Abgrenzung des jeweiligen Bezirks abhängig. Untersuchungen zu Schwankungen in der *zeitlichen* Ertragssicherheit zeigen, daß auch hier eine Naturraum-Gunst oder -Ungunst besteht. Geeststandorte weisen eine in den letzten Jahren zunehmende Schwankung der Erträge auf (HANUS, 1979). Es stellt sich die Frage, ob diese Tendenzen auch auf niedrigerem Bezugsniveau festzustellen sind.

Eine Auswertung von Probeschnitt- und Volldruschergebnissen im Rahmen der "Besonderen Ernteermittlung" wurde für Winterweizen vorgenommen. Nach der Vorgehensweise bei der Erhebung der Daten sollte der Probeschnitt stets über dem des Volldrusches liegen, da bei dem ersteren faktisch keine Ernteverluste entstehen. Abweichungen in beiden Richtungen von jeweiligen Volldruschergebnissen müssen auf die feldbedingte Streuung zurückgehen. Die Maximal- und Minimalwerte der Differenz aus Probeschnitt und Volldrusch unterliegen in ihrer langjährigen Entwicklung einer zunehmenden Spreizung (Abb. 4).

Im Bereich des langsamen Ertragsanstiegs der sechziger Jahre laufen beide Kurven (Min. und Max.) nahezu parallel. Seit 1971 jedoch, einer Phase besonders starker Ertragszuwächse, steigern sich auch die auf einem Schlag auftretenden maximalen Streuungen insbesondere in die

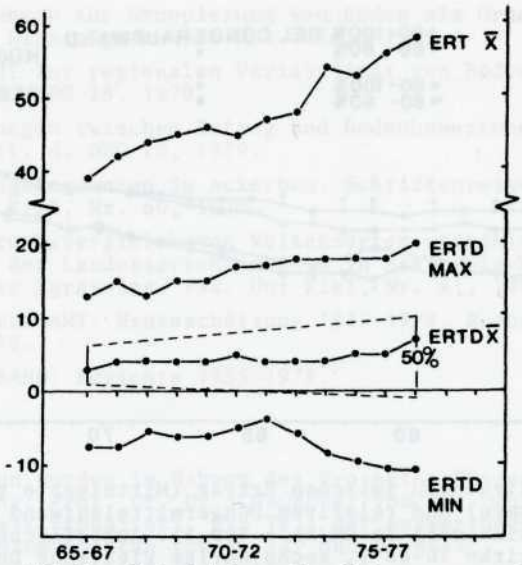

Abbildung 4: Langjährige Entwicklung des Ertrages von Winterweizen (ERT) und der Differenz (ERTD) aus Probeschnitt und Volldrusch, dreijährige gleitende Durchschnitte (Ordinate: dt/ha)

negative Richtung. Diese Tendenz gilt auch für die 50 % Werte. Diese Entwicklung kann auf einer Vielzahl nicht näher definierbarer Einflußgrößen beruhen: Zum Beispiel auf der Vergrößerung der Schläge, Zunahme der Bearbeitungsgänge und ertragsfördernder Maßnahmen, aber offenbar auch auf einer stärkeren Wirksamkeit der Bodenverhältnisse mit zunehmender Ertragshöhe, die auch in den Sorten unterschiedlich zum Tragen kommt (HANUS/MUTZ, 1980).

Die maximale Differenz in den Jahren 1976-1978 betrug bei Winterweizen 38 dt/ha, Wintergerste 36 dt/ha, Winterroggen 26 dt/ha und für Sommergerste 20 dt/ha. Die Feldfrüchte mit hohen Ertragszuwächsen liegen hier auch an der Spitze. Auf Naturräume bezogen liegt das Hügelland für Getreide mit 38 dt/ha an erster Stelle, gefolgt von der Marsch mit 30 dt/ha und der Geest mit 28 dt/ha. Die hierbei auftretenden Differenzen könnten allein aus der unterschiedlichen Bodenvariabilität (s.o.) begründet werden. Eine endgültige Klärung muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Unabhängig von einer möglichen Deutung ist jedoch festzustellen, daß die derzeitigen Ertragszuwächse mit einer zunehmend *unspezifischen* Reaktion auf die natürlichen Gegebenheiten verbunden sind. Dies dürfte besonders im Hinblick auf eine ökologische Bewertung der Ertragssituation von Bedeutung sein. Abschließend ist zu klären, inwieweit ertragsfördernde Maßnahmen, z.B. der Düngeraufwand, in der Lage sind, natürliche Gegebenheiten zu kompensieren (Abb. 5).

Die Mittelwerte der Erträge von Bezirken gleicher Ackerflächenanteile (70-80 %) und mit unterschiedlichem relativen Düngermittelaufwand (DM/ha, relativiert über Höchstaufwand eines Jahres = 100 %) belegen, daß die natürliche Ungunst in der durchschnittlichen Ertragshöhe nicht durch erhöhten Düngeraufwand behoben werden kann. Darüber hinaus zeigt die Abbildung, daß die anfänglich statistisch sicherbare Relation zwischen Gesamtdüngeraufwand und Ertragshöhe sich innerhalb beider Naturräume in den letzten Jahren verwischt.

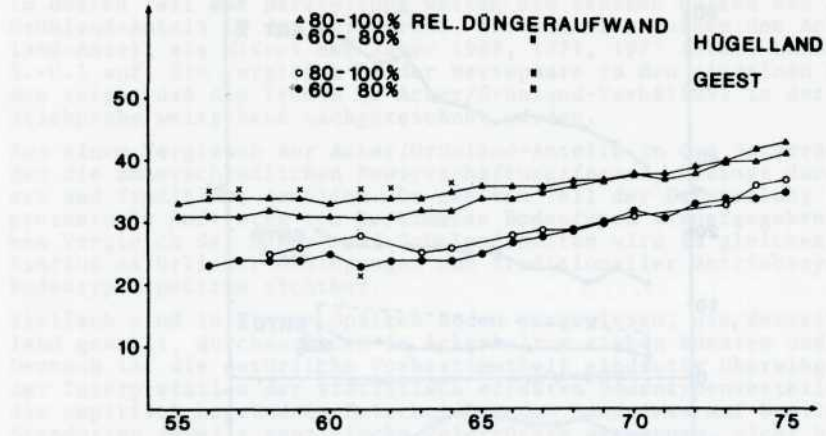

Abbildung 5: Beziehungen zwischen Ertrag (Mittelwerte von Kleinnaturräumen) und relativem Düngermittelaufwand (jährlicher Maximalwert in DM/ha = 100 %). Ackerflächenanteil der Bezirke 70-80 %, sechsjährige gleitende Durchschnitte (Ordinate: dt/ha) x = Unterschied mit 95 % gesichert

Neben der Bestätigung des Naturraum-Konzeptes zeigt sich auch hier ein zunehmend unspezifischer Einsatz z.B. der Düngemittel, deren finanzieller Aufwand gemessen am Erfolg volkswirtschaftlich zumindest fragwürdig scheint. Um so mehr stellt sich die Frage nach einer sinnvollen Verknüpfung von Ökonomie und Ökologie und den daraus folgenden Konsequenzen.

Zusammenfassend können folgende Thesen gelten:

1. Für eine pedofunktionale Gliederung ist die regionale Differenzierung der RBS (Ackerzahlen) nur begrenzt geeignet.
2. Die Wahl der Erhebungs- und Bezugseinheiten bestimmt entscheidend die Aussagekraft regionaler Einheiten zum Ertragspotential. Kleine naturräumliche Einheiten sind hierfür besonders geeignet.
3. Die Kleinnaturräume differenzieren jedoch nur das Ertragspotential von Getreide. Für Zuckerrüben und Kartoffeln ist diese Beziehung nicht nachweisbar.
4. Der Ertragsleistung einzelner Bezirke lassen sich die aus Karten erhobenen Bodentypenverteilungen zuordnen. Aus der Beziehung kann die Pedofunktion "Pflanzliche Produktion" abgeleitet und bewertet werden.
5. Sowohl in der zeitlichen wie regionalen Ertragsschwankung sind Naturraumeinflüsse nachweisbar. Negative Einflüsse auf die *zeitliche* Ertragssicherheit sind besonders in der Geest, auf die *regionale* besonders im Hügelland festzustellen.
6. Die Zunahme der feldbedingten Ertragsstreuung und der auf Bezirksniveau nicht mehr sicherbare Einfluß des Düngermittelaufwands weisen auf unspezifische und ökonomisch/ökologisch ungünstige Nutzungsmaßnahmen hin.

LITERATUR UND DATENMATERIAL

SCHROEDER/LAMP: Prinzipien der Aufstellung von Klassifikationssystemen, Pflanzenernährung und Bodenkunde, Bd. 139, 1976.

KNEIB: Untersuchungen zur Gruppierung von Böden als Grundlage für die Bodenkartierung. Diss. Agrarwiss. Fak. Kiel, 1979.

MUTERT/LAMP/KNEIB: Zur regionalen Variabilität von Böden in Schleswig-Holstein. Mitt. d. DBG 29, 1979.

WITTMANN: Beziehungen zwischen Ertrag und Bodenbewertung durch die Bodenschätzung. Mitt. d. DBG 29, 1979.

HANUS: Entwicklungstendenzen im Ackerbau. Schriftenreihe d. Agrarwiss. Fachbereichs Uni Kiel, Nr. 60, 1979.

HANUS/MUTZ: Leistungsvergleich von Weizensorten verschiedener Qualitätsgruppen aufgrund der Landessortenversuche in Schleswig-Holstein. Schriftenreihe der Agrarwiss. Fak. Uni Kiel, Nr. 61, 1980.

STATISTISCHES LANDESAMT: Ernteschätzung 1957-1978. Besondere Ernteermittlung 1965-1978.

BUCHFÜHRUNGS-VERBAND: Berichte 1955-1978.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes "Pedogenese und Pedofunktion" (Leitung: Prof. Dr. D. SCHROEDER) von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert. Ein Teil der Auswertungen erfolgte im Rahmen zweier Diplomarbeiten von R. ARP und E. REINL.

Für die Bereitstellung der Daten danke ich Herrn Dr. SIEVERS, Herrn Dr. GRUNWALDT (Stat. Landesamt S.-H.) und Herrn Dr. VOLLRATH (Buchführungsverband S.-H.).