

Welche Spezifikationen können Mähdrescher im Jahr 2000 haben?

Von Winfried Busse, Harsewinkel*)

Professor Dr.-Ing. Hans Jürgen Matthies zum 60. Geburtstag

DK 631.354.2:65.012.23

Für die Entwicklung neuer Mähdrescher ist es notwendig, die in Zukunft zu erwartenden Anforderungen an die Maschinen möglichst genau zu kennen. Die kurzfristig zu erwartenden Anforderungen lassen sich dabei relativ zuverlässig durch eine Extrapolation des zeitlichen Entwicklungsverlaufs bestimmter Maschinenparameter abschätzen. Eine längerfristige Vorausschau dagegen kann nur durch Einbeziehen zahlreicher Einzelgrößen, die auch die Entwicklung der Landwirtschaft kennzeichnen, zu genügend abgesicherten Ergebnissen kommen.

1. Einleitung

Die zur Entwicklung eines marktreifen Großmähdreschers notwendigen Zeiträume werden aus verschiedenen Gründen immer länger. Größe und Komplexität der Maschine, Vielfalt der unterschiedlichen Einsatzbedingungen und Umfang der benötigten Produktionsmittel sind nur einige Stichworte für die Begründung. Deshalb muß man versuchen, Entwicklungstrends vorhersehbar und damit die Zukunft planbarer zu machen.

Die Marktforschung befaßt sich seit langem mit Vorausschätzungen z.B. von Stückzahlentwicklungen [1]. Es gibt aber nur wenige langfristige Prognosen über Entwicklungen im technischen Bereich. Bei derartigen Versuchen liegt es nahe, Entwicklungen der Vergangenheit zu analysieren, mögliche Trends zu erkennen und in die Zukunft zu extrapolieren.

Die treibende Kraft für die Entwicklungen in der Getreideernte ist das Bemühen um stetige Verbesserung der Wirtschaftlichkeit. Ein Blick in die Vergangenheit [2] bestätigt das. Bild 1 zeigt, daß sich die Arbeitsproduktivität in der Getreideernte in Europa in einem Zeitraum von nur 200 Jahren um 3 Zehnerpotenzen gesteigert hat. Verbunden mit dieser Steigerung war eine wesentliche Erleichterung für den Menschen.

Im folgenden ersten Hauptabschnitt dieser Ausführungen wird der Zeitraum von 1950 bis 1980 betrachtet mit dem Ziel, Ansatzpunkte für die im zweiten Abschnitt behandelte Vorausschau der Entwicklung zu finden.

2. Mähdrescher-Entwicklung von 1950 bis 1980

In diesem Zeitraum begann die eigentliche Entwicklung des Mähdrescherbaus in Europa mit großen Stückzahlen. Gleichzeitig erfolgte ab 1953 die langsame Substitution der gezogenen durch die selbstfahrenden Maschinen. Bild 2 macht deutlich, daß von der

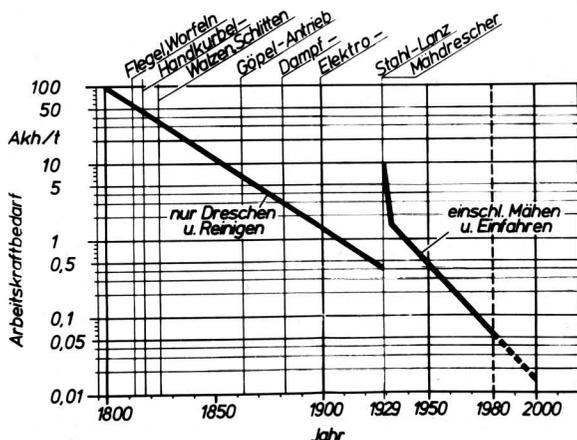


Bild 1. Arbeitskraftbedarf in der Getreideernte, nach Feldmann [3].

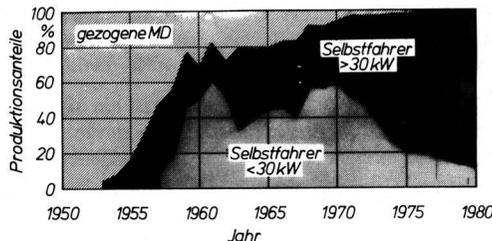


Bild 2. Anteile verschiedener Mähdreschertypen an der Produktion der Fa. CLAAS.

Firma CLAAS bis 1953 nur gezogene Maschinen produziert wurden und daß der 1953 in Serie gegangene Selbstfahrer mit 41 kW seiner Zeit voraus war; denn die 1957 in den Markt eingeführten kleineren Modelle mit weniger als 30 kW nahmen sehr schnell viel höhere Stückzahlen an. Im Jahre 1960 entfielen von rund 17000 produzierten CLAAS-Mähdreschern mehr als die Hälfte auf die Klasse der kleinen Selbstfahrer. Im Laufe der Jahre nahmen die großen Maschinen im wesentlichen zu Lasten der gezogenen Mähdrescher stetig zu.

Am Anfang der 50er Jahre wurden fast alle Maschinen mit einer Anbaustrohresse und ein sehr hoher Prozentsatz mit angehängtem Spreusammelwagen ausgeliefert. Noch 1960 – also vor ca. 20 Jahren – waren 100 % der Mähdrescher mit Anbaustrohressen und 90 % aller Maschinen entweder mit Absackstand oder mit der Kombination aus Korntank und Rohrsackung ausgerüstet.

*) Dr.-Ing. W. Busse war von 1960 bis 1965 Mitarbeiter von Herrn Prof. Dr.-Ing. H.J. Matthies am Institut für Landmaschinen der TU Braunschweig; er ist jetzt Ressortleiter "Forschung und Entwicklung" der Firma CLAAS OHG, Harsewinkel.

Hätte man Mitte der 60er Jahre für die Entwicklung der Mäh-drescher-Spezifikationen eine Voraussage machen wollen, so hätte man für die Abschätzung der Motorleistungen zwei Mög-lichkeiten gehabt. Man hätte ausgehen können von der Ent-wicklung:

1. der durchsatzbezogenen Leistung oder
2. der installierten Motorleistung selbst.

2.1 Entwicklung der durchsatzbezogenen Leistung

Die auf den Körnerdurchsatz bezogene Leistung der Motoren, die in der Vergangenheit von Mähdrescher-Herstellern in der Bundesrepublik installiert wurden, sind aus Bild 3 ersichtlich. Die Werte – jeweils auf 1 % Verlust bezogen – wurden DLG-Prüfberichten aus den Jahren 1956–1977 entnommen. Die Abnahme der durchsatzbezogenen Motorleistung im Verlauf der Jahre ist einerseits auf das absolute Größenwachstum der Mähdrescher und auf unterschiedliche Ausrüstungen, wie bei-spielsweise Anbaupressen, zurückzuführen, andererseits wirkte sich der Rückgang des Strohanteils günstig auf den Leistungsbe-darf aus. In den vergangenen Jahren hat sich für die durchsatz-bezogene Motorleistung ein mittlerer Wert von etwa 9 kWh/t ein-gestellt. Geht man davon aus, daß in Zukunft bei den Großmäh-dreschern ein Übergang zur schüttlerlosen Maschine stattfindet, so ist eine Zunahme der durchsatzbezogenen Leistung nicht aus-geschlossen. Die relativ wenigen bisher in Europa vorhandenen schüttlerlosen Mähdrescher zeigen einen vergleichsweise höheren durchsatzbezogenen Leistungsbedarf, was z.T. dem verwendeten Strohseparierverfahren angelastet werden muß. Dennoch sollte davon ausgegangen werden, daß es den Konstrukteuren gelingen wird, den durchsatzbezogenen Leistungsbedarf wieder in die Nähe heute üblicher Werte zu bringen. Trotz des Rückgangs der durchsatzbezogenen Motorleistung in der Vergangenheit wurde die Leistung der installierten Motoren entsprechend den erhöhten Durchsätzen immer größer. Eine Voraussage für die zukünftige Entwicklung der installierten Mo-torleistung wäre deshalb in der Mitte der 60er Jahre mit Hilfe der aus den DLG-Prüfberichten ermittelten Werte der durchsatz-bezogenen Leistung schwierig gewesen.

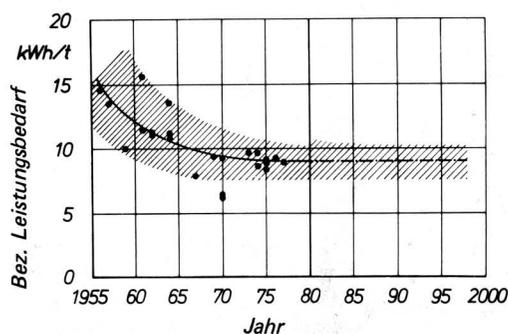


Bild 3. Durchsatzbezogener Leistungsbedarf beim Mähdreschen von Weizen mit 1 % Körnerverlust (nach DLG-Prüfberichten).

2.2 Entwicklung der Motorleistung am Beispiel der CLAAS-Mähdrescher

Diese Entwicklung wird deutlich in Bild 4, in dem die auf dem jeweils größten CLAAS-Mähdrescher installierten Motorleistungen aufgetragen sind.

Welche Motorleistung hätte man im Jahre 1966 für den größten Mähdrescher im Jahre 1980 vorausgesagt?

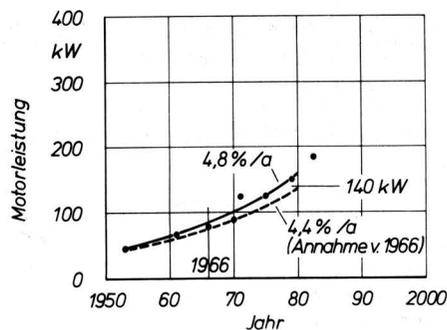


Bild 4. Motorleistung der jeweils größten CLAAS-Mähdrescher in Abhängigkeit von der Zeit.

Von 1953 bis zum Jahre 1966 ist eine Steigerung der Motorlei-stung von 4,4 % pro Jahr festzustellen. Hätte man nun 1966 die-se Steigerungsrate für die Entwicklung der Motorleistung bis zum Jahre 1980 als gleichbleibend angenommen, so hätte man für den Motor eines heutigen Großmähdreschers eine Leistung von 140 kW vorausgesagt. Tatsächlich ist im Laufe des Zeitraumes von 1953 bis 1980 nicht nur eine Steigerung um 4,4 %, sondern um jährlich 4,8 %, auf 150 kW, eingetreten. Man erkennt an dem re-lativ geringen Unterschied, daß diese im Jahre 1966 mögliche Vorhersage die tatsächliche Entwicklung bis 1980 gut wiederge-geben hätte, obwohl der zurückliegende Entwicklungsabschnitt noch sehr klein war. – Bei der Berechnung der jährlichen Stei-gerungsrate ist die Leistung des Mähdreschers (184 kW), der im Jahre 1982 eingeführt wird, nicht berücksichtigt worden, weil mit dieser Maschine die Einführung eines anderen Strohseparier-verfahrens verbunden ist.

Bei der hier vorgenommenen Beschränkung auf die größten Mäh-drescher ist ein ausdrücklicher Hinweis auf die Stückzahlen not-wendig. Zur Zeit umfaßt die Klasse der größten Mähdrescher in Europa nur ca. 4 % der verkauften Stückzahlen, was natürlich einem höheren Anteil an der gesamten Dreschkapazität entspricht.

3. Vorausschau für 1980 bis 2000

Die Entwicklung der Landtechnik ist eingebettet in die gesamte zukünftige Entwicklung. Dazu gibt es verschiedene Überlegun-gen, die bis in das Jahr 2100 reichen.

Busch [4] hält es z.B. für möglich, daß ein Ende der industriellen Periode etwa in den Bereich des Jahres 2050 gelegt werden kann, wonach dann keine wesentlichen technischen Innovati-onen mehr zu erwarten seien. Er verweist auf einige für Langfrist-Vorhersagen interessante Modelle, in denen die natürlichen Roh-stoffe dieser Erde eine wesentliche Rolle spielen.

Sehr viel näherliegend sind die Prognosen in der Studie Glo-bal 2000 [5], die dem Titel gemäß Voraussagen für das Jahr 2000 macht. Aus dem umfangreichen Werk ist hier vor allem der Ab-schnitt "Nahrungsmittel und Landwirtschaft" von Bedeutung. Sehr deutlich wird in dieser Studie der Einfluß der Agrar-, Ernäh-rungs- und Handelspolitik sowie die Bedeutung der Ölpreisstei-gerungsrate herausgestellt.

Es wird erläutert, daß Prognosen, "die sich auf einen so entfern-ten zeitlichen Horizont beziehen, keine Vorhersagen dessen sind, was sich ereignen wird, sondern vielmehr begründete Voraussagen dessen, was sich ereignen könnte".

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie für das Jahr 2000 lauten:

- Die Flächenerträge für Getreide werden auf der Welt in 40 Jahren von Index 100 auf 215 steigen (das ist eine Steigerungsrate von 1,93 % pro Jahr).
- Die Nahrungsmittelproduktion der Welt wird 90 % höher liegen als 1970 (das ist eine Steigerungsrate von 2,2 % pro Jahr)

- Die Steigerung der Nahrungsmittelproduktion wird zum größten Teil mit der Verwendung ertragssteigernder, energieintensiver Inputs und Technologien zusammenhängen.
- Die Fläche des kultivierten Landes wird auf der Welt nur um 4 % anwachsen.
- Ein ha wird 4 Personen ernähren müssen, während es in den frühen 70er Jahren nur 2,6 Personen waren.
- Nach Jahrzehnten allgemein fallender Preise werden die Realpreise für Nahrungsmittel im Zeitraum von 1970 bis 2000 um 95 % steigen.
- Die Welt-Nahrungsmittel-Produktion wird voraussichtlich schneller anwachsen als die Weltbevölkerung, allerdings sehr unterschiedlich in den Ländern.

In diesem großen Zusammenhang muß auch die Entwicklung von Getreideernteverfahren und damit von Mährescher-Spezifikationen gesehen werden.

3.1 Der Getreidepreis

Die Kosten des Ernteverfahrens und damit der Erntemaschine sollten in einer sinnvollen Relation zum Wert des Erntegutes stehen. In Nordamerika hat sich in den letzten 10 Jahren das Verhältnis vom Maschinen-Neuwert zum Wert des jährlich von der Maschine geernteten Getreides so gut wie nicht verändert [6]. Es liegt bei ca. 1:3 bis 1:4 und erreicht bei überbetrieblichem Einsatz auch 1:5. Die mittleren Listenpreise der größten in der Bundesrepublik angebotenen Mährescher lagen 1980 zwischen 150 000 DM und 175 000 DM [7].

Geht man aus von einem Winterweizenpreis von 50 DM/dt in der Bundesrepublik und setzt für das genannte Verhältnis einen Wert von 1:5 an, so müßte eine Maschine jährlich 1 500 t ernten; das entspricht einer bei dieser Maschinengröße realistisch erscheinenden Erntefläche von ca. 300 ha. Der Winterweizenpreis betrug im Jahre 1979 auf dem Weltmarkt aber nicht etwa 50 DM/dt sondern - stark schwankend - unter 30 DM/dt. Politische Entscheidungen beeinflussen diese vermutlich wichtigste Größe in hohem Maße und bringen eine entsprechende Unsicherheit in jede Vorhersage.

3.2 Flächenertrag

Der Flächenertrag wird kurzfristig vor allem von Maßnahmen der Landwirte, langfristig aber von den Erfolgen der Pflanzzüchter beeinflusst. Nach *Aufhammer* [8] liegt das in der Pflanze vorhandene Ertragspotential für Weizen bei 24 t/ha. Es ist offen, inwieweit dieses Ertragspotential ausgenutzt werden kann. Insbesondere von seiten der energieabhängigen Produktionsmittel müssen begrenzte Einflüsse gesehen werden.

Unter der Annahme einer Entwicklung, die im Abschn. 3.5 näher erläutert wird, und eines Grenzertrages von 12 t/ha ist nach **Bild 5** bis zum Jahr 2000 ein durchschnittlicher Ertrag von ca. 7 t/ha zu erwarten. Der Kurvenverlauf macht deutlich, daß der Vorhersagezeitraum vergleichsweise klein ist und daß der angenommene Grenzertrag von 12 t/ha zu 99 % erst in 190 Jahren erreicht wird. Eine besondere Unsicherheit der Vorhersage liegt dennoch vor allem in der Energieabhängigkeit der Stickstoffdüngung. Bei einem Getreideertrag von nur 4 t/ha entfallen 60 % des gesamten Einsatzes an technischer Energie auf die Düngung. Stickstoff aber macht bei der Getreideproduktion, je nach Ertrag, 35-60 % der gesamten Energieaufwendungen aus [9]. Außerdem ist der Ertrag z.Zt. fast linear vom Stickstoffaufwand abhängig. Das wird erhärtet durch den Vergleich des Durchschnittsertrages von 5 t/ha bei einem Aufwand von 115 kg/ha Stickstoff in der Bundesrepublik [9] mit einem Bericht aus England [10], in dem ein Ertrag von 10 t/ha bei einem Aufwand von 200-240 kg/ha Stickstoff erzielt wurde.

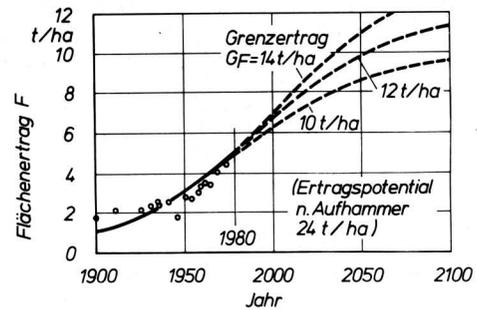


Bild 5. Entwicklung der Weizenträge; bisheriger Verlauf und Prognosen.

Bild 6 macht deutlich, daß weiter steigende Stickstoffaufwendungen notwendig sind, um den prognostizierten Ertragsanstieg zu erreichen. Da aber heute bei einem Durchschnittsertrag von 5 t/ha in der Bundesrepublik bereits Spitzenerträge von über 10 t/ha geerntet werden, erscheint trotz dieser Unsicherheit ein Anstieg des Durchschnittsertrages in den nächsten 20 Jahren bis auf 7 t/ha im Jahre 2000 durchaus realistisch.

Bezüglich der bei der Ernte zu verarbeitenden gesamten Masse spielt das Stroh eine wesentliche Rolle. Es wird davon ausgegangen, daß das Korn-Stroh-Verhältnis sich nur in engen Grenzen ändern wird, weil für die Umwandlung von anorganischer in organische Substanz auf dem Wege der Fotosynthese eine bestimmte Blattmasse notwendig ist.

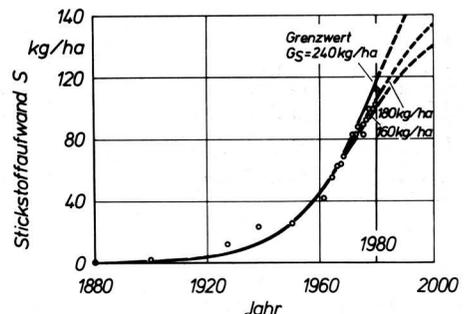


Bild 6. Entwicklung des Düngeaufwandes an Rein-Stickstoff je ha LN [13].

3.3 Flächenleistung

Für die Vorhersage der technischen Flächenleistung sind Überlegungen zur Arbeitsbreite und zur Fahrgeschwindigkeit anzustellen.

Im **Bild 7** sind die von der Fima CLAAS seit 1950 verkauften größten Schneidwerksbreiten aufgetragen. Unter der Annahme eines weiteren linearen Wachstums wird im Jahre 2000 eine Schneidwerksbreite von 8 m für die größte Maschine erreicht.

Tatsache ist, daß schon heute - selbstverständlich für geringere Erträge - in Nordamerika Schneidwerke mit 9 m Arbeitsbreite angeboten werden und daß in Australien Mährescher mit Schneidwerken von 7,5 m Arbeitsbreite bei 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit zum normalen Erntebild gehören. So gesehen erscheint eine Arbeitsbreite von 8 m für das Jahr 2000 durchaus im Rahmen des Möglichen.

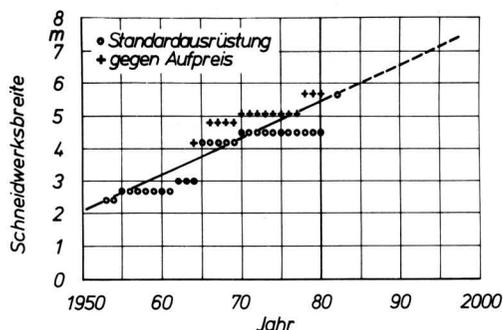


Bild 7. Schneidwerksbreiten der jeweils größten CLAAS-Mähdrescher in Abhängigkeit vom Baujahr.

Zu diesem Themenkreis wurden im Jahre 1974 die Ergebnisse einer Delphi-Studie aus einem Hohenheimer Institut veröffentlicht [11]. Bei der Befragung wurden zu 79 % europäische und zu 21 % überseeische Experten befragt. Hierauf ist vielleicht die nach heutigem Wissensstand für Europa überhöht erscheinende Voraussage einer Leistung von 10 ha/h für das Jahr 2000 zurückzuführen. Die Prognose der Delphi-Studie und die Ergebnisse der eigenen Überlegungen anhand von CLAAS-Daten aus Bild 7 sind gemeinsam in Bild 8 aufgetragen. Multipliziert man die Arbeitsbreite mit der Arbeitsgeschwindigkeit, so ergibt sich die theoretische Flächenleistung, die demnach im Jahr 2000 in der Bundesrepublik 6,5 ha/h bei den größten Maschinen betragen würde.

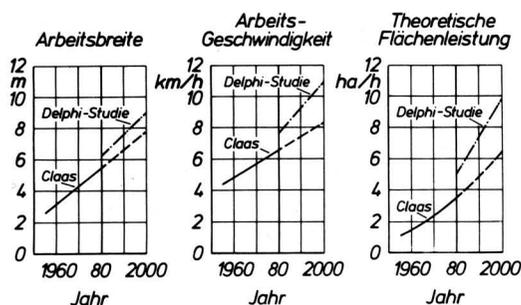


Bild 8. Arbeitsbreite, Arbeitsgeschwindigkeit und theoretische Flächenleistung in Abhängigkeit von der Zeit.

3.4 Korn-Durchsatz und Motorleistung

Aus der Flächenleistung, Bild 8, errechnet sich unter Berücksichtigung des Flächenertrages nach Bild 5 der in Bild 9 dargestellte Korn-Durchsatz für die jeweils größte Maschine. Multipliziert man diesen mit dem durchsatzbezogenen Leistungsbedarf nach Bild 3, so erhält man die Motorleistung. Für das Jahr 2000 folgt aus einer Flächenleistung von 6,5 ha/h und einem Flächenertrag von 7 t/ha ein Körnerdurchsatz von 45,5 t/h. Bei einem durchsatzbezogenen Leistungsbedarf von 9 kWh/t entspricht das einer Motorleistung von etwa 400 kW.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt man bei der Extrapolation des bisherigen Verlaufs in der Entwicklung der maximalen Motorleistung bei den Mähdreschern der Firma CLAAS, Bild 10.

Bei der unteren gepunktet gezeichneten Kurve wurde davon ausgegangen, daß bei gleicher Flächenleistung lediglich die steigenden Flächenerträge aufgewogen werden. Man wird aber sicherlich eine höhere Flächenleistung als heute verlangen. Ob die obere Kurve tatsächlich erreicht wird, hängt von den vielen Einflüssen ab, die die Wirtschaftlichkeit des Ernteverfahrens bestimmen.

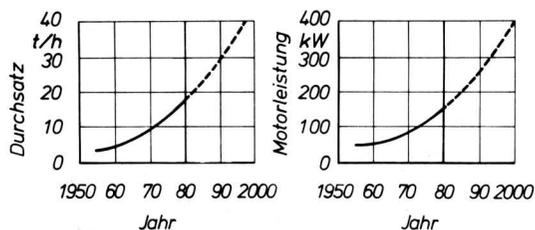


Bild 9. Entwicklung von Korndurchsatz und Motorleistung.

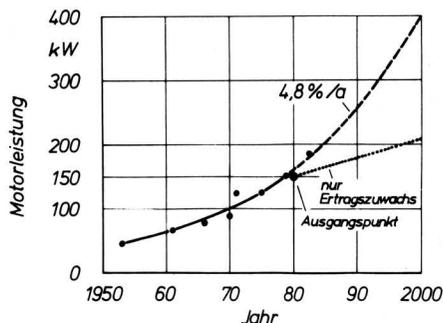


Bild 10. Motorleistung der jeweils größten Mähdrescher bis zum Jahr 2000.

Eine besonders wichtige Einflußgröße ist dabei der Faktor "Öl" bzw. Energie, und zwar weniger aufgrund des Brennstoffverbrauchs für die Motoren, sondern vielmehr wegen des Einflusses auf den Preis der Düngemittel, und zwar insbesondere von Stickstoff, der die Ertragsfähigkeit des Bodens und damit die Wirtschaftlichkeit der Getreideernte ganz besonders stark beeinflusst.

Die Zukunftseinschätzung nach Bild 9 ist nach heutigem Wissensstand realistisch, aber alle betroffenen Einflußgrößen müssen ständig auf Vollständigkeit und auf ihr Trendverhalten überprüft werden.

3.5 Berechnungsmöglichkeiten

Um eingehendere Untersuchungen zur Wahrscheinlichkeit des Eintretens der aufgezeigten Prognosen rechnen zu können, kommen zwei mathematische Modelle [12] infrage: das logistische Modell und das Modell nach Gompertz.

Bei dem ersteren ist ein symmetrischer Verlauf der Wachstumskurve, bei letzterem ein asymmetrischer Verlauf angenommen.

Beim Modell nach Gompertz liegen die prognostizierten Werte im oberen Bereich der Wachstumskurve etwas niedriger als beim logistischen Modell. Wie im folgenden gezeigt wird, lassen sich anhand des vorhandenen Datenmaterials die Wachstumskurven für den Stickstoffaufwand und die Flächenerträge durch das logistische Modell gut erfassen [13, 14].

Für den Stickstoffaufwand, Bild 6, ergibt sich nach dem logistischen Modell:

$$S = G_s / (1 + e^{a - \beta t}),$$

- worin S Stickstoffaufwand in kg/ha
- G_s Grenzwert von S in kg/ha
- t laufendes Kalenderjahr
- a vom Grenzwert G_s abhängiger Koeffizient
- β konstanter Koeffizient.

Während β nahezu unabhängig von angenommenen Grenzwerten ist, ändert sich a in Abhängigkeit von G_s . Nach einer Regressionsrechnung läßt sich für den Bereich $G_s = 130-270$ kg/ha folgende logarithmische Funktion zugrunde legen:

$$a = 133,053 + 1,379 \ln G_S,$$

während für $\beta = 0,071$ anzusetzen ist.

Es ergibt sich somit die Gleichung für den Verlauf des Stickstoffaufwandes, Bild 6:

$$S = G_S / [1 + \exp(133,053 + 1,379 \ln G_S - 0,071 t)].$$

Damit können für unterschiedliche Grenzwerte die Stickstoffaufwendungen in einem bestimmten Jahr gerechnet werden.

Analog zur Berechnung des Stickstoffaufwandes läßt sich für den Flächenertrag, Bild 5, unter Annahme des logistischen Modells, folgende Gleichung aufstellen:

$$F = G_F / (1 + e^{a - \beta t}),$$

worin F Flächenertrag in t/ha
 G_F Grenzwert von F in t/ha
 t laufendes Kalenderjahr
 a vom Grenzwert G_F abhängiger Koeffizient
 β konstanter Koeffizient.

Mit den Bild 5 zugrundeliegenden Zahlenwerten für die bisherigen Weizenträge in der Bundesrepublik ergibt sich im Bereich $G_F = 8-20$ t/ha:

$$a = 48,037 + 1,511 \ln G_F$$

$$\beta = 0,026$$

und damit die Gleichung für den Flächenertrag, Bild 5:

$$F = G_F / [1 + \exp(48,037 + 1,511 \ln G_F - 0,026 t)].$$

In die Annahmen für die Grenzwerte der Flächenerträge gehen alle Faktoren ein, die den Ertrag beeinflussen. Damit wird neben den Standortfaktoren auch der gesamte Energieaufwand sowohl für Stickstoff als auch für alle anderen Düngungsaufwendungen und evtl. notwendige Bewässerung oder steigende Aufwendungen für Fungizide, Herbizide und Insektizide berücksichtigt. Eine direkte mathematische Abhängigkeit zwischen den Gleichungen in Bild 6 und Bild 5 sollte auch deshalb nicht gesucht werden, weil nach dem Gesetz des abnehmenden Ertragszuwachses die Abhängigkeit über einen größeren Bereich nicht ständig linear bleiben wird.

3.6 Weitere Konsequenzen

Die gestellten Prognosen führen zu Konsequenzen in verschiedensten Richtungen. Die harmonische Abstimmung aller Mährescher-Spezifikationen aufeinander in den genannten Größenordnungen wird bei vielen Funktionselementen ein Umdenken erfordern. Sieht man von der wichtigsten Problematik, dem Strohseparierverfahren, einmal ab, so ist u.a. das Gewicht zu nennen. Da die Tragfähigkeit des Bodens sich praktisch nicht ändern wird, muß man zu größeren und vielleicht mehr Rädern kommen als heute. Die Korntankentleerung für einen Durchsatz von 45 t/h bringt deutlich neue Aufgaben, sowohl für die Entleerungsorgane als auch für das gesamte Transportsystem, das für einen sinnvollen Einsatz der Maschine bereitgestellt werden muß. Hier müssen nicht nur zunehmende Tragfähigkeiten, sondern auch spezielle Entleerungsarten, sowohl der landwirtschaftlichen Fahrzeuge als auch der LKW erwartet werden.

Da das Wetter sich ebenfalls nicht ändern wird, so kann auch bei noch so hoher Schlagkraft eine Ernte bei ungünstigen Kornfeuchte-Bedingungen nicht ausgeschlossen werden. Es müssen die entsprechenden Lagereinrichtungen auch mit den notwendigen Konservierungskapazitäten ausgestattet werden. Selbst wenn man für den Versand der Mährescher auf der Bahn eine weitgehende Teilerzeugung unterstellt, so wird die Straßenfahrt der Mährescher zunehmend problematisch, insbesondere dann, wenn das Schneidwerk auf einem angehängten Wagen mitgeführt werden soll.

Diese Punkte bilden nur eine kleine Auslese aus der Fülle von Aufgaben, die dem Mährescher-Konstrukteur für die kommenden Jahre gestellt sind. Sie sind in den Grenzen von gesetzlichen bzw. politischen Auflagen eine Konsequenz aus dem klaren Streben nach höherer Arbeitsproduktivität und nach Entlastung des Menschen in wirtschaftlich vernünftigen Rahmen.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] *Vornkahl, W.*: Voraussage der Bestandsentwicklung von landwirtschaftlichen Maschinen mit Hilfe einer graphischen Methode. Landtechnische Forschung Bd. 13 (1963) H. 2, S. 40/46.
- [2] *Busse, W. u. H. Albrecht*: Mechanisierung der Getreidernte – Revolution für die Kornkammern der Welt. VDI-Berichte Nr. 407, 1981.
- [3] *Feldmann, F.*: Unveröffentlichte Manuskripte. Harsewinkel: CLAAS OHG 1978.
- [4] • *Busch, H.*: Ist das Ende der industriellen Gesellschaft abzusehen? In: *Blohm, H. u. K. Steinbuch*: Technische Prognosen in der Praxis. Düsseldorf: VDI-Verlag GmbH, 1972.
- [5] • *Kaiser, R.* (Hrsg.): Global 2000. Der Bericht an den Präsidenten. 14. Aufl. Frankfurt (Main): Verlag Zweitausendeins, 1981.
- [6] *Petersen, R.*: Getreidernte; Trends in den USA. Agrartechnik international Bd. 59 (1980) Nr. 7, S. 8/9.
- [7] *Eimer, M. u. G., W. Dreses*: Entwicklungsstand, technische Kenngrößen und Druschleistung von Mähreschern – eine Analyse. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 7, S. 304/09.
- [8] *Aufhammer, W.*: 240 dt Winterweizen vom Hektar. Limburgerhof aktuell (1977) Nr. 1, S. 2/5.
- [9] *Kohlmeyer, M.*: Ist die Landwirtschaft ein Energieverschwender? Hannoversche Land- und Forstwirtschaftliche Zeitung Bd. 132 (1979) Nr. 51/52, S. 24/27.
- [10] *Wehland, W.*: Warum Englands Farmer immer häufiger auf den Pflug verzichten. top agrar (1981) Nr. 2, S. 18/20.
- [11] • *Mohn, R.*: Zukünftige mechanisch-technische Fortschritte in der Landwirtschaft. Eine Prognose mit Hilfe der Delphi-Methode. Hannover: Strothe Verlag 1974.
- [12] *Doll, H. u. A. Weber*: Zur Analyse und Prognose der langfristigen Entwicklung der Getreide- und Reiserträge sowie der gesamten Produktion in ausgewählten Ländern der gemäßigten Zone und der Tropen. Landbauforschung Völkrode Bd. 29 (1979) Nr. 1, S. 1/18.
- [13] Handelsdünger – ein wichtiger Faktor des produktionstechnischen Fortschritts. Rheinische Bauernzeitung Bd. 35 (1981) Nr. 9, S. 17.
- [14] • Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Jahrgang 1966/1967, 1972, 1980. Hamburg und Berlin: Paul Parey, 1967 und 1972; sowie Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag 1980.