

T1972PHY10

## NÄHRSTOFFAUFNAHME UND ERTRAGSBILDUNG BEI SONNENBLUMEN

E. von BOGUSLAWSKI (Rép. Féd. Allemande)

### 1 - EINFÜHRUNG

Der Anbau der Sonnenblume (*Helianthus annuus*) hat während der letzten Jahrzehnte so stark zugenommen, dass man von einer Welt-Ölpflanze sprechen kann. Die geographische Verbreitung als Ölpflanze und der in einigen Gebieten durchgeführte Anbau als Zwischenfrucht-Futterpflanze (v. BOGUSLAWSKI, 1952, 1953; SCHUSTER, 1957; ZIMMERMANN, 1951, 1958) haben zur Selektion stark differenzierter Biotypen beziehungsweise Zuchtsorten geführt. Abgesehen von den spezifischen Ansprüchen an die Faktoren Licht (Photoperiode) und Temperatur (BURDENSKI, 1941; ALEKSEED, 1958; BOYE, 1970; SCHUSTER u. BOYE, 1970) zeichnen sich die Sonnenblumen generell durch eine gute Anpassung und eine Ausnutzung der Wachstumsfaktoren und Nährstoffe aus (POSPELOWA, 1959). Wenn allgemein von einem hohen Nährstoffbedarf gesprochen wird (PRJANISCHNIKOW, 1930; v. BOGUSLAWSKI, 1953), so liegen in der Literatur nur wenig Angaben über die absolute Menge der im Verlaufe der Vegetation aufgenommenen Nährstoffe sowie über das Nährstoffverhältnis vor. Dies war die Veranlassung für die zweijährigen Untersuchungen (1969, 1970), welche N. ASSADI (1971) auf dem Versuchsbetrieb des Institutes in Rauisch-Holzhausen durchgeführt hat. Die Vegetationszeit der untersuchten drei Biotypen (die Sorten "Admiral", "HESA" und "GIGANTA") schwankte zwischen 114, 127 und 150 Tagen. Die mittlere Wuchshöhe betrug entsprechend in der genannten Reihenfolge: 120, 215 und 290 cm. Bei jeweils 4 Düngungsvarianten verschiedener Intensität und wechselndem Nährstoffverhältnis wurden zur Feststellung der hier vorgelegten Daten 8 Zeiternten unter Berücksichtigung der Entwicklungsphasen durchgeführt.

### 2 - ERGEBNISSE

Die genannten Zeiternten lieferten die Messwerte für die Wuchshöhe, die gebildete Trockenmasse (Ertrag) und die Nährstoffaufnahmen. Mit Hilfe der jeweils 8 Messwerte wurden für die genannten Größen Zeitfunktionen nach der dritten Annäherung des Ertragsgesetzes bzw. Zeitertragsgesetzes nach E. von BOGUSLAWSKI und B. SCHNEIDER (1962, 1962/63, 1964) (v. BOGUSLAWSKI, LIMBERG, SCHNEIDER, 1962/63) berechnet.

Die Funktion lautet :

$$y = M \cdot 10^{-z \left( \log \frac{x}{m} \right)^n}$$

Hierin bedeuten :  
 y = Ertrag  
 x = Zeit in Tagen

- M = der im Verlauf der Vegetation erzielte Maximalertrag  
m = Zahl der Tage zur Erreichung des Maximums  
z = Konstante, welche kennzeichnend ist für die Steilheit des Abstieges und Abfalles der Kurve  
n = Exponent, der  $> 1$  ist und zusammen mit z den Verlauf der Kurve vornehmlich im letzten Teil bestimmt.

Für die so gewonnenen Wachstumskurven (Wuchshöhen) wird in Abb. 1 das Beispiel für die Düngungsvariante 80 N, 166 K und 44 P aus dem Versuchsjahr 1970 wiedergegeben. Die ausgezogenen Linien stellen die berechneten Kurven dar, die eingezeichneten Punkte geben die gefundenen Werte wieder. Die für die Berechnung der Kurven benutzten Parameter sind in der Darstellung angegeben; in der letzten Spalte (f %) kann an dem Abweichungsfehler der Grad der Übereinstimmung zwischen "gefunden" und "berechnet" ersehen werden. Im Beispiel ist die Übereinstimmung bei den Sorten "Admiral" und "HESA" sehr gut, während bei der sehr hochwüchsigen Sorte "Giganta" im letzten Abschnitt durch Witterungseinflüsse verursachte Abweichungen auftreten. Noch ausgeprägtere S-Kurven werden für die in Abb. 2 wiedergegebenen Beispiele der Zeitertragskurven der Jahre 1969 und 1970 festgestellt. Die Steilheit des Anstieges der Zeit-Ertragskurven stimmt weitgehend mit demjenigen der Wuchshöhe im Beispiel von Abb. 1 überein, was auch in der ähnlichen Grösse der Konstanten "z" und "n" zum Ausdruck kommt. Unabhängig davon, dass die Ertragsdifferenzen zwischen den 3 Sorten (siehe M) gross sind, werden besonders von der spätesten Sorte "Giganta" beachtliche Massen an Trockensubstanz produziert. In etwa 150 Tagen entsprechen diese der Assimilationsleistung von Zuckerrüben. Dabei ist die Reaktion der Sonnenblumen auf die Jahreswitterung gross, indem die wiederum bei "Giganta" am stärksten ausgeprägten Mindererträge des Jahres 1970 vornehmlich auf die niedrigeren Temperaturen dieses Jahres zurückzuführen sind.

Bei den aufgeführten Düngungsstufen handelt es sich um diejenigen, welche 1969 bzw. 1970 jeweils die höchsten Massenerträge erbracht haben. Nachdem im 1. Versuchsjahr jede Steigerung der Nährstoffgaben - sowohl bei 100 kg N als auch bei K und P unter Berücksichtigung des Nährstoffverhältnisses - keine Mehrerträge, sondern gerade bei den späteren Sorten teilweise gesicherte Mindererträge zur Folge hatte, enthielt der Düngungsplan 1970 in der Hauptsache eine Stickstoffsteigerung von "ohne Stickstoff" bis 80 kg N/ha. Wie aus Abb. 3 zu ersehen ist, kommt im Verlaufe der Vegetation vornehmlich die Ertragsdifferenz von 40 kg N/ha gegenüber "ohne Stickstoff" deutlich zum Ausdruck, während in den meisten Fällen das Maximum bei der vorletzten Düngungsstufe gefunden wurde. Die Darstellung zeigt deutlich den sehr unterschiedlichen morphologischen Aufbau (Stengel - Blatt - Korb) der extremen Sortentypen. Den höheren Korbanteilen bei den frühen Sorten entsprechend, sind bei diesen auch höhere Kornträge zu erwarten. Tab. 1 zeigt, dass die höchsten Kornträge bei dem mittleren Sortentyp "HESA" geerntet werden, wobei die Ertragsunterschiede zwischen den beiden Versuchsjahren wiederum bei "Giganta" gross sind. Aus der Lage der Maxima und den Höchstertragsgebieten ist wiederum ersichtlich, dass besonders 1969 die Düngungssteigerung keine gesicherten Mehrerträge erbrachte, während 1970 teilweise schon bei der Stufe mit 40 kg N/ha das Maximumgebiet erreicht wurde.

In Abb. 4 wird für die mittelfrühe Sorte "HESA" und die Nährstoffe N, K, P, Ca, Mg der aus den 8 Ernteterminen errechnete Rhythmus der Nährstoffaufnahme im Vergleich zum Rhythmus der Ertragsbildung dargestellt. Die Endwerte sind = 100 gesetzt und die einzelnen Werte aus den Zeiternten in % ausgedrückt. Die absolute Menge an gebildeter Substanz ebenso wie der aufgenommenen Nährstoffe bleibt somit unberücksichtigt. Wie bei den meisten Pflanzenarten steigen die Rhythmuskurven besonders für die Faktoren Stickstoff und Kalium steiler an als die Kurven der Substanzbildung. Dem Verlauf der letzteren entsprechen dagegen weitgehend die bis zur Reife fast regelmässig ansteigenden Aufnahmekurven von Phosphor, Calcium und Magnesium. Die Werte für die absoluten Aufnahmen weisen für die einzelnen Nährstoffe erwartungsgemäss grosse Unterschiede auf. Für alle Faktoren wurden die Aufnahmekurven mit Hilfe der gleichen Formel des Zeitertragsgesetzes berechnet, wie dies oben für die Erträge geschehen war. Mit Rücksicht auf die Kürze dieser Darstellung werden in Abb. 5 aus beiden Jahren für alle 3 Sorten die Aufnahmekurven für den Faktor Kalium dargestellt. Die Werte für diesen Nährstoff liegen - wofür Literaturhinweise (PRJANISCHNIKOW, 1930; HACKBARTH, 1944; von BOGUSLAWSKI, 1953) vorliegen - besonders hoch. Die Maxima (M) übersteigen bei den spätreifen Typen teilweise diejenigen von Zuckerrüben (von BOGUSLAWSKI, ATANASIU, ZAMANI, 1960), wobei die Erträge an Trockensubstanz für beide Pflanzenarten weitgehend eine ähnliche Grössenordnung zeigen. Der steile Anstieg der Aufnahmekurven kommt insbesondere 1970 in den Werten für die Konstante "z" zum Ausdruck. In diesem Jahr werden trotz geringerer Erträge etwa gleich hohe Maxima für Kalium erreicht. Andererseits

werden besonders bei der mittleren Sorte gegen Ende der Vegetation stärkere Verluste festgestellt.

Aus Raumgründen muss an dieser Stelle darauf verzichtet werden, die in gleicher Weise berechneten Aufnahmekurven für die anderen Nährstoffe wiederzugeben. Dagegen wird in Abb. 6 der im Reifezustand der einzelnen Sorten festgestellte Nährstoffentzug für die einzelnen Faktoren quantitativ für das Jahr 1970 dargestellt. Gleichzeitig ist - im Vergleich mit dem morphologischen Aufbau der Sorten - die Verteilung der Nährstoffe in den einzelnen Pflanzenteilen ersichtlich. Während bei Stickstoff mit zunehmender Vegetation eine Umlagerung aus dem Blatt in den Korbteil stattfindet, wird bei Kalium bei den hochwüchsigen Typen auch am Ende der Vegetation der Hauptanteil im Stengel festgestellt. Mit zunehmender Fröhreife ist eine gleichmässige Verteilung auf alle 3 Pflanzenteile zu beobachten. Für Phosphor wird eine ähnliche Verteilung wie bei Stickstoff gefunden, während bei Calcium der Hauptanteil im Blattapparat festgestellt wird. Für Magnesium ergibt sich mit zunehmender Spätreife eine weitgehend gleichmässige Verteilung auf alle 3 Pflanzenteile.

Wie für die Verteilung der Nährstoffe in den Pflanzenteilen ergeben sich auch für das Nährstoffverhältnis eindeutige Gesetzmässigkeiten. Für die Darstellung in Abb. 7 wurden von den 8 Ernteterminen nur 4 Erntezeiten ausgewählt, welche die gesetzmässige Verschiebung des Nährstoffverhältnisses im Laufe der Vegetation und im Vergleich der 3 Sorten erkennen lassen. Wie üblich wird der Faktor Stickstoff als Zählerfaktor (= 1) benutzt. Mit zunehmendem Wachstum nimmt der so hervortretende Kaliumanteil bei den stengelreicheren Typen bis zum Verhältnis 1/4 zu, um mit zunehmender Reife wieder etwas abzusinken. Die Anteile der 3 anderen Faktoren wachsen im Verlaufe der Vegetation (siehe Abbildung), wobei - im Vergleich mit anderen Pflanzenarten - der hohe Calciumanteil hervorzuheben ist.

Einen Hinweis auf den Einfluss des Standortes beziehungsweise des Bodens auf den Nährstoffentzug geben die in Tab. 2 wiedergegebenen Daten aus einer Untersuchung von R. BOYE (1971), wobei 2 der aufgeführten Sorten mit den oben behandelten übereinstimmen, während es sich bei der 3. Sorte (FW 436/59) um einen ausgesprochenen Futtertyp und bei der letztgenannten Sorte (Vniimk) um eine Zuchtsorte aus der UdSSR handelt. Bei dem Vergleichsstandort (gegenüber Rausch-Holzhausen) handelt es sich in Gross-Gerau um einen Sandboden im warm-trockenen Klima des Rhein-Main-gebietes. Die ausgeprägten Ertragsunterschiede wirken sich eindeutig nur bei den Aufnahmewerten von Kalium aus, während die Differenzen für die anderen Nährstoffe und insbesondere für Stickstoff auffallend gering sind!

### 3 - SCHLUSSFOLGERUNG

Die Sonnenblumen zeichnen sich bei den adaptierten Biotypen auch im gemässigten Klima durch eine hohe assimilatorische Leistung aus und zeigen bei allgemein hohen Nährstoffaufnahmen beziehungsweise Nährstoffentzügen eine starke Ausnutzung der im Boden vorhandenen oder durch die Düngung zugeführten Pflanzennährstoffe. Bei den untersuchten Sorten schwanken die Trockenmasseerträge zwischen denjenigen von Getreide und Zuckerrüben. Die Ausnutzung ist bei allen in der Untersuchung erfassten Nährstoffen so hoch, dass auf den Böden mit gutem Fruchtbarkeitszustand angemessene Düngergaben eine verhältnismässig nur geringe Wirkung auf der Ertragszuwachs zeigen; die Nährstoffentzüge liegen erheblich über den verabfolgten Gaben. In der Versuchsreihe 1970 wurden "ohne Stickstoff" N-Aufnahmen zwischen 111 und 140 kg/ha festgestellt, welche Werte etwa denjenigen entsprechen, die auf gleichem Boden bei Zuckerrüben zu verzeichnen sind (von BOGUSLAWSKI, ATANASIU, ZAMANI, 1960). Die Kaliumaufnahmen liegen teilweise höher und können 600 kg/ha K überschreiten. Ebenso beachtenswert sind die Calciumaufnahmen zwischen 200 - 400 kg/ha. Für die Ertragsmaxima der 3 Sorten können im Mittel der beiden Versuchsjahre die folgenden Werte für die Aufnahmen beziehungsweise Entzüge sowie Nährstoffverhältnisse angegeben werden:

Reinnährstoff (Element) kg/ha - Nährstoffverhältnis

Sorte	N	K	P	Ca	Mg
Admiral	156	368	32	172	42
	1	2,36	0,21	1,10	0,27
Hesa	193	477	48	259	59
	1	2,50	0,25	1,34	0,31
Gigant	266	628	63	321	95
	1	2,36	0,24	1,21	0,36

Infolge der starken Ausnutzung der Bodennährstoffe sind die auch bei den Kornotypen (früh bis mittelfrüh) hohen Nährstoffentzüge weniger bei der Düngung der Sonnenblume, sondern vielmehr bei den Nachfrüchten und den Nährstoffumsätzen der jeweiligen Fruchtfolge zu berücksichtigen.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- 1 - ALEKSEED A.P. - 1958 - Einwirkung des Kurztages als Mittel zur Auslese von frühreifen Formen bei der Sonnenblume (russisch). *Agrobiologija*, 76-80.
- 2 - ASSADI N. - 1971 - Die Zeitfunktion der Nährstoffaufnahme bei Sonnenblumen (*H. annuus L.*) unter Berücksichtigung von Sorte und Düngung. Dissertation Giessen.
- 3 - BOGUSLAWSKI E. von - 1952 - Zwischenfruchtbau und Bodenfruchtbarkeit. *Landw. Forschung*, 181-200.
- 4 - " " " - 1952 - Neue Untersuchungen über den Anbau von Sommerölpflanzen. *Fette und Seifen*, 54, 737-743.
- 5 - " " " - 1953 - Die Sonnenblume - *Handb. d. Landw.* Bd. 2, 361-364.
- 6 - BOGUSLAWSKI E. von, ATANASIU N., ZAMANI R. - 1960 - Nährstoffaufnahme und Nährstoffverhältnis im Laufe der Vegetation bei Zuckerrüben. Dissertation Giessen.
- 7 - BOGUSLAWSKI E. von u. B. SCHNEIDER - Die dritte Annäherung des Ertragsgesetzes.  
I - *Mittl. Z. f. Acker- u. Pflanzenb.* 114, 221-236, 1962.  
II - *Mittl. Z. f. Acker- u. Pflanzenb.* 116, 113-128, 1962/63.  
III - *Mittl. Z. f. Acker- u. Pflanzenb.* 119, 1-28, 1964.
- 8 - BOGUSLAWSKI E. von, P. LIMBERG u. B. SCHNEIDER - 1962/63 - Grundlagen und Gesetzmässigkeiten der Ertragsbildung - *Z. Acker- u. Pflanzenb.* 116, 231-256.
- 9 - BOYE R. - 1970 - Unterschiedliche Reaktion von verschiedenen Sonnenblumensorten (*H. annuus L.*) auf Photoperiode und Temperatur - Dissertation Giessen.
- 10 - BURDENSKI D. - 1941 - Die Kultur der Sonnenblume mit besonderer Berücksichtigung des La-Plata Gebietes. *Beiträge z. Kolonialforschung*. Bd. 11, 160-219.
- 11 - HACKBARTH J. - 1944 - Die Ölpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart : *Wiss. Verlagsges.*, 123-137.
- 12 - POSPELOWA G. - 1959 - Der Einfluss des Standraumes bei der Sonnenblume unter verschiedenen ökologischen Bedingungen. Dissertation Giessen.
- 13 - PRJANISCHNIKOW D.N. - 1930 - Spezieller Pflanzenbau. J. Springer Verlag, Berlin, 393-402.
- 14 - SCHUSTER W. - 1957 - Untersuchungen über den Einfluss von Saatzeit, Standraum und Schnittzeit auf die Leistung der Sonnenblume. *Z. f. Acker- u. Pflanzenbau*, 104, 371-408.
- 15 - SCHUSTER W. u. R. BOYE - 1970 - Der Einfluss von Temperatur und Tageslänge auf verschiedene Sonnenblumensorten unter kontrollierten Klimabedingungen und im Freiland. *Z. f. Pflanzenzüchtung*, 65, 151-176.
- 16 - ZIMMERMANN H.G. - 1951 - Erfahrungen mit der Nutzung der Sonnenblume (*Helianthus annuus L.*) - *Die Deutsche Landwirtschaft*, 2, 89-91.
- 17 - ZIMMERMANN H.G. - 1958 - Die Sonnenblume. Deutscher Bauernverlag, Berlin.

Tabelle 1 - KORNERTRAG, SCHALENANTEIL, ÖLGEHALT UND ÖLERTRAG IN ABHÄNGIGKEIT VON DÜNGUNG UND SORTE

(n. N. ASSADI, 1971)

	RAUISCHHOLZHAUSEN 1969					RAUISCHHOLZHAUSEN 1970								
	Düngung in kg/ha			Korn- ertrag dz/ha	Schalen- anteil %	Ölge- halt %	Öl- ertrag kg/ha	Düngung in kg/ha			Korn- ertrag dz/ha	Schalen- anteil %	Ölge- halt %	Öl- ertrag kg/ha
	N	K	P					N	K	P				
<u>ADMIRAL</u>														
I <sub>1</sub> =	60	99,6	32,7	31,7	35,4	59,5	1 219,75	N <sub>0</sub> =	166	43,6	21,1	37,6	56,7	748,4
I <sub>2</sub> =	100	166,0	54,5	31,6	37,7	56,0	1 103,2	N <sub>1</sub> =	166	43,6	23,2	36,8	55,3	812,9
II <sub>1</sub> =	60	132,8	43,6	23,8*	37,3	57,5	856,7	N <sub>2</sub> =	166	43,6	24,4	42,0	53,9	765,4
II <sub>2</sub> =	100	220,8	72,8	31,1	37,0	57,7	1 130,9	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> =	249	43,6	25,6	38,0	53,3	847,5
<u>HESA</u>														
I <sub>1</sub> =	60	99,6	32,7	39,5	43,6	61,2	1 364,8	N <sub>0</sub> =	166	43,6	30,5	51,0	60,5	901,4
I <sub>2</sub> =	100	166,0	54,5	40,1	43,7	60,3	1 362,8	N <sub>1</sub> =	166	43,6	32,2	45,0	58,2	1 030,1
II <sub>1</sub> =	60	132,8	43,6	41,8	40,3	61,0	1 525,0	N <sub>2</sub> =	166	43,6	30,9	46,2	57,0	946,2
II <sub>2</sub> =	100	220,8	72,8	40,5	39,6	59,1	1 447,9	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> =	249	43,6	34,6	48,0	58,1	1 045,8
<u>GIGANTA</u>														
I <sub>1</sub> =	60	99,6	32,7	37,0	54,8	52,7	880,1	N <sub>0</sub> =	166	43,6	16,1	56,2	50,4	357,8
I <sub>2</sub> =	100	166,0	54,5	33,8	56,7	54,5	795,7	N <sub>1</sub> =	166	43,6	18,9	54,0	51,0	443,7
II <sub>1</sub> =	60	132,8	43,6	31,1	54,5	56,6	803,7	N <sub>2</sub> =	166	43,6	24,0	59,0	47,9	469,4
II <sub>2</sub> =	100	220,8	72,8	33,5	62,0	52,9	671,8	N <sub>2</sub> K <sub>2</sub> =	249	43,6	23,5	55,6	46,0	478,4

\* = Schädigung durch Vogelfrass

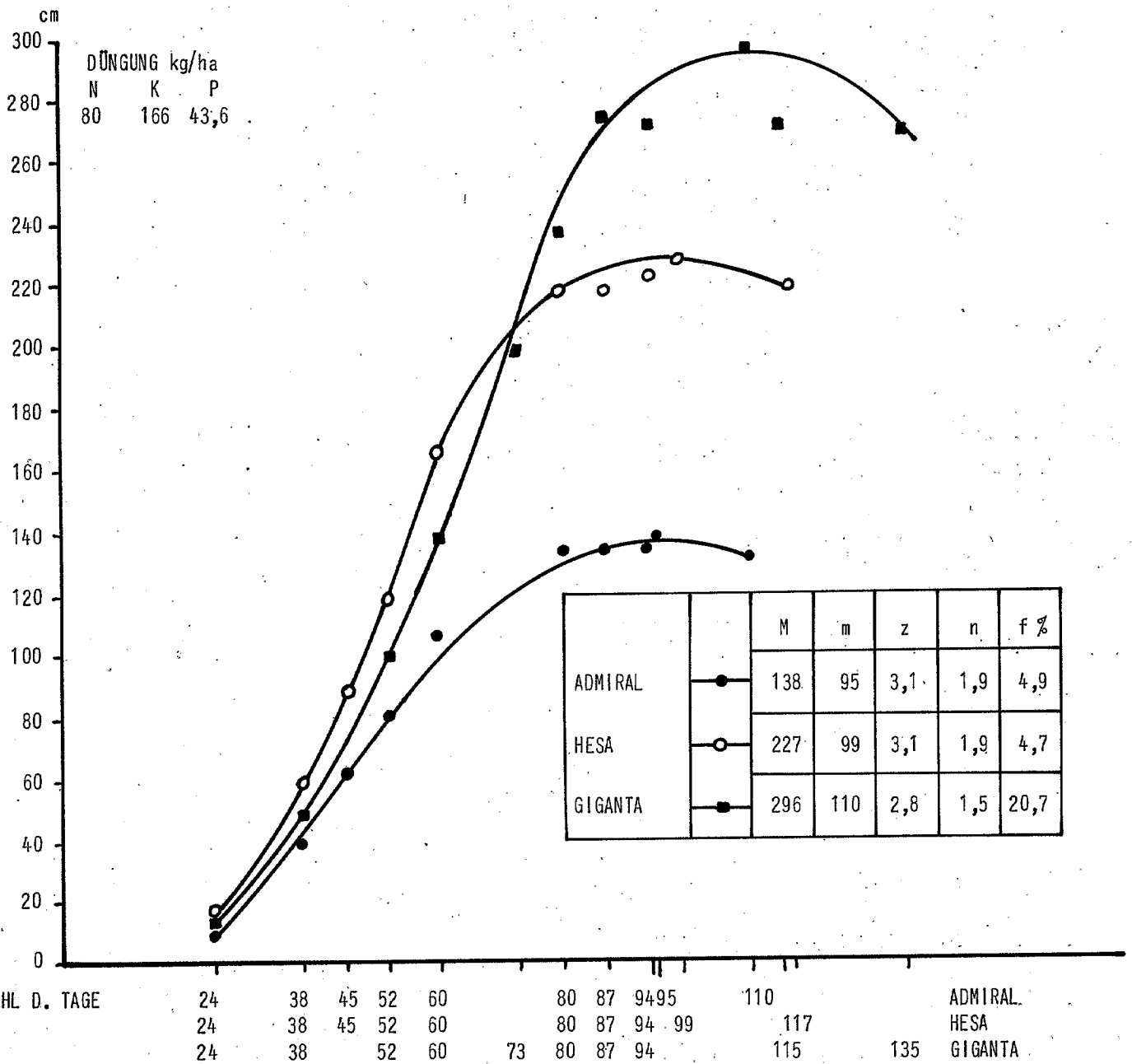
Tab. 2 - ERTRÄGE UND NÄHRSTOFFENTZUG VERSCHIEDENER SOMMENBLUMENSORTEN AUF VERSCHIEDENEN STANDORTEN (1969)

(n. R. BOYE, 1971)

Sorten Standort	ADMIRAL		HESA		FW 436/59		VNIIMK	
	RAUISCH - HOLZHAUSEN	GR. GERAU	RAUISCH - HOLZHAUSEN	GR. GERAU	RAUISCH - HOLZHAUSEN	GR. GERAU	RAUISCH - HOLZHAUSEN	GR. GERAU
Ertrag (dz/ha)	58,9	49,4	82,5	68,2	169,8	146,8	93,8	77,7
<u>Entzug</u>								
N kg/ha	119,2	116,0	150,0	140,0	185,0	211,1	154,1	169,0
K kg/ha	353,0	241,0	509,0	358,6	596,0	475,0	530,0	390,0
P kg/ha	18,1	17,5	23,5	21,8	34,4	34,8	24,1	23,7
Ca kg/ha	89,3	75,5	142,0	93,4	195,0	180,0	141,4	121,3
Mg kg/ha	27,2	16,1	29,7	20,5	47,9	42,6	21,0	32,2

Abb. 1 - WUCHSHÖHE-ZEITKURVEN VON 3 SO-BLUMENSORTEN - R.-HOLZHAUSEN 1970

(n. N. ASSADI, 1971)



Erträge in  
dz/ha Tr. M.

Abb. 2 - ZEITERTRAGSKURVEN VON 3 SONNENBLUMENSORTEN

(n. N. ASSADI, 1971)

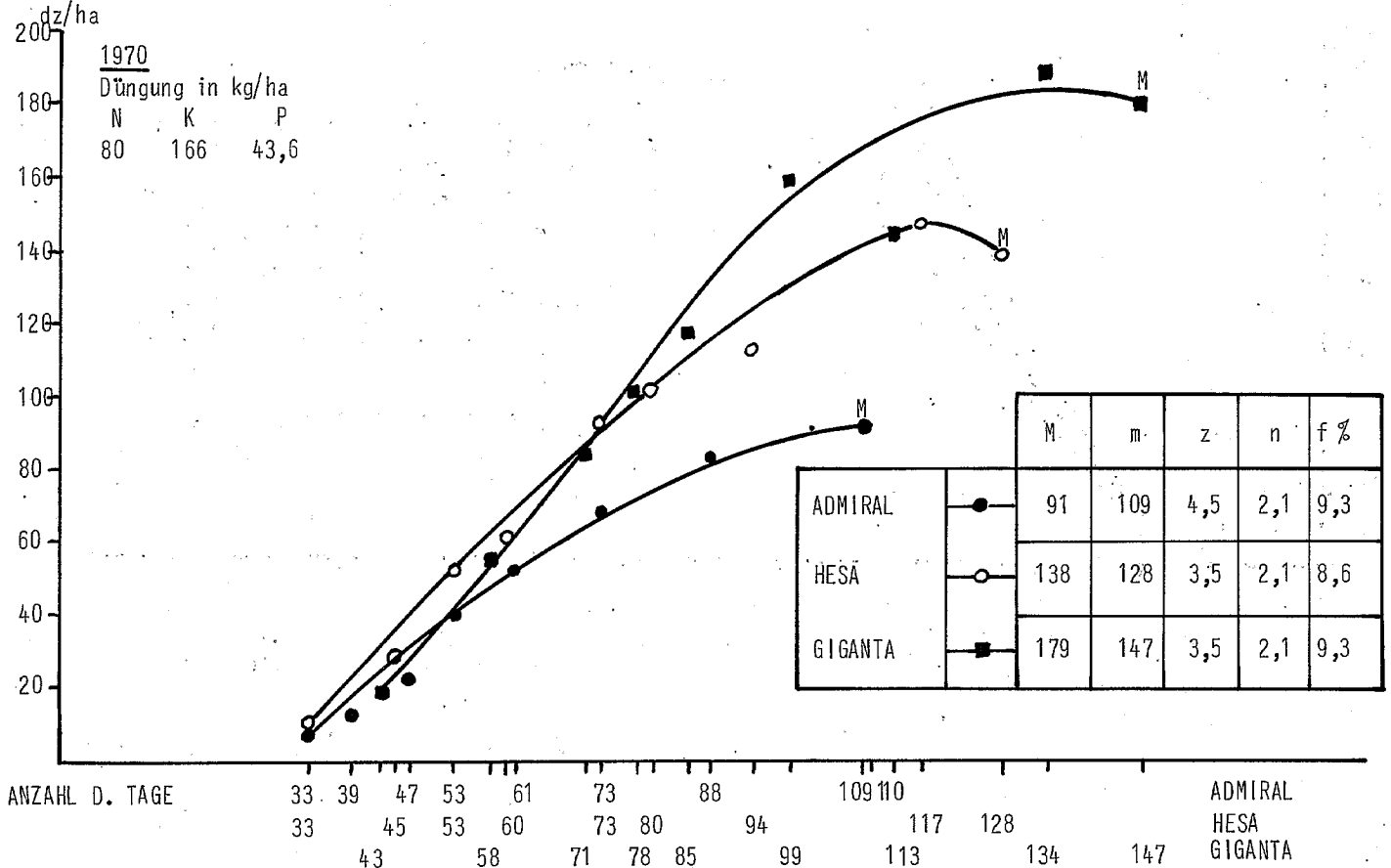
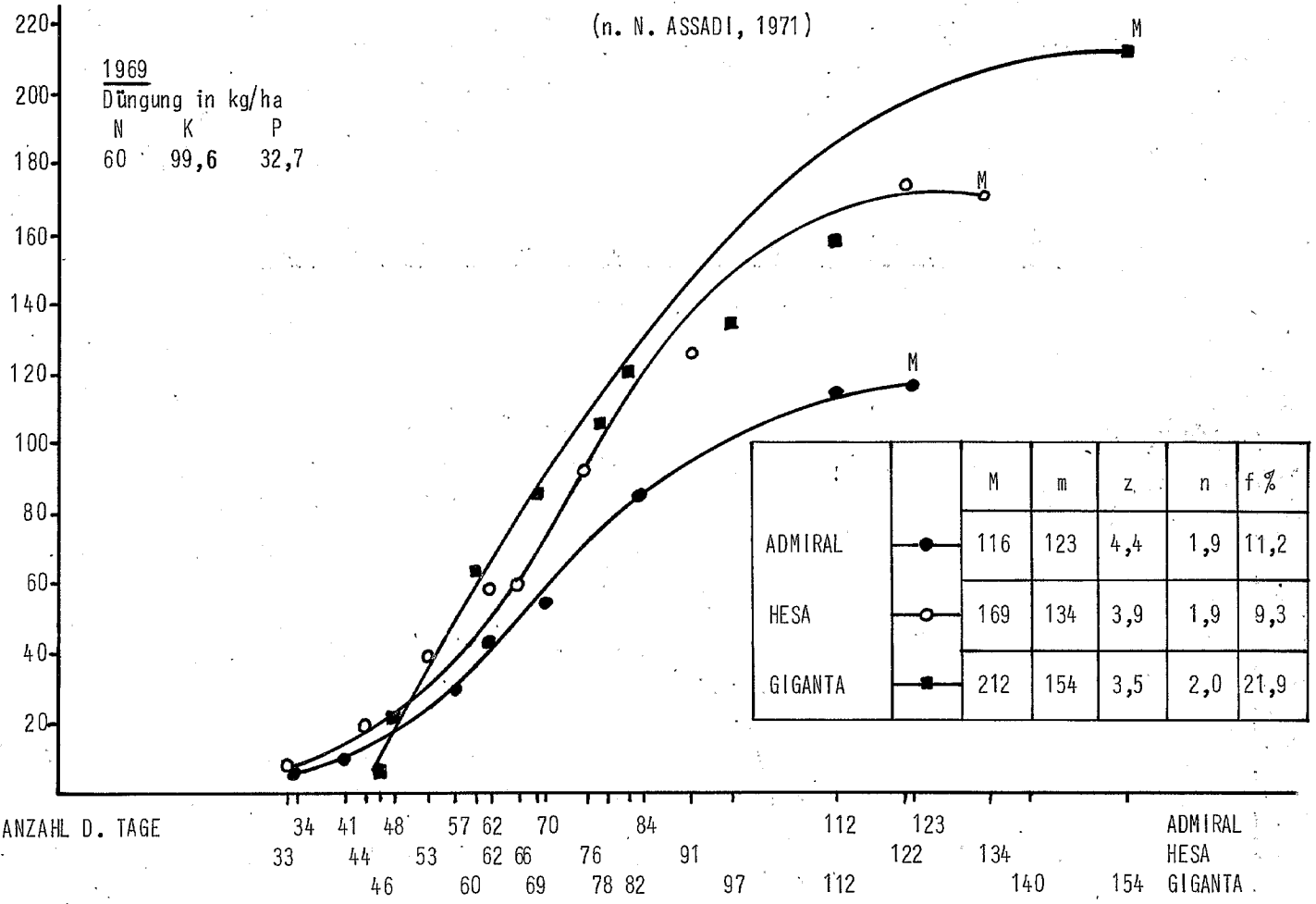




Abb. 3

ERTRÄGE UND ERTRAGSKOMPONENTEN IM LAUFE DER VEGETATION  
(IN DZ/HA TM) R-H 1970

(n.N.Assadi, 1971)

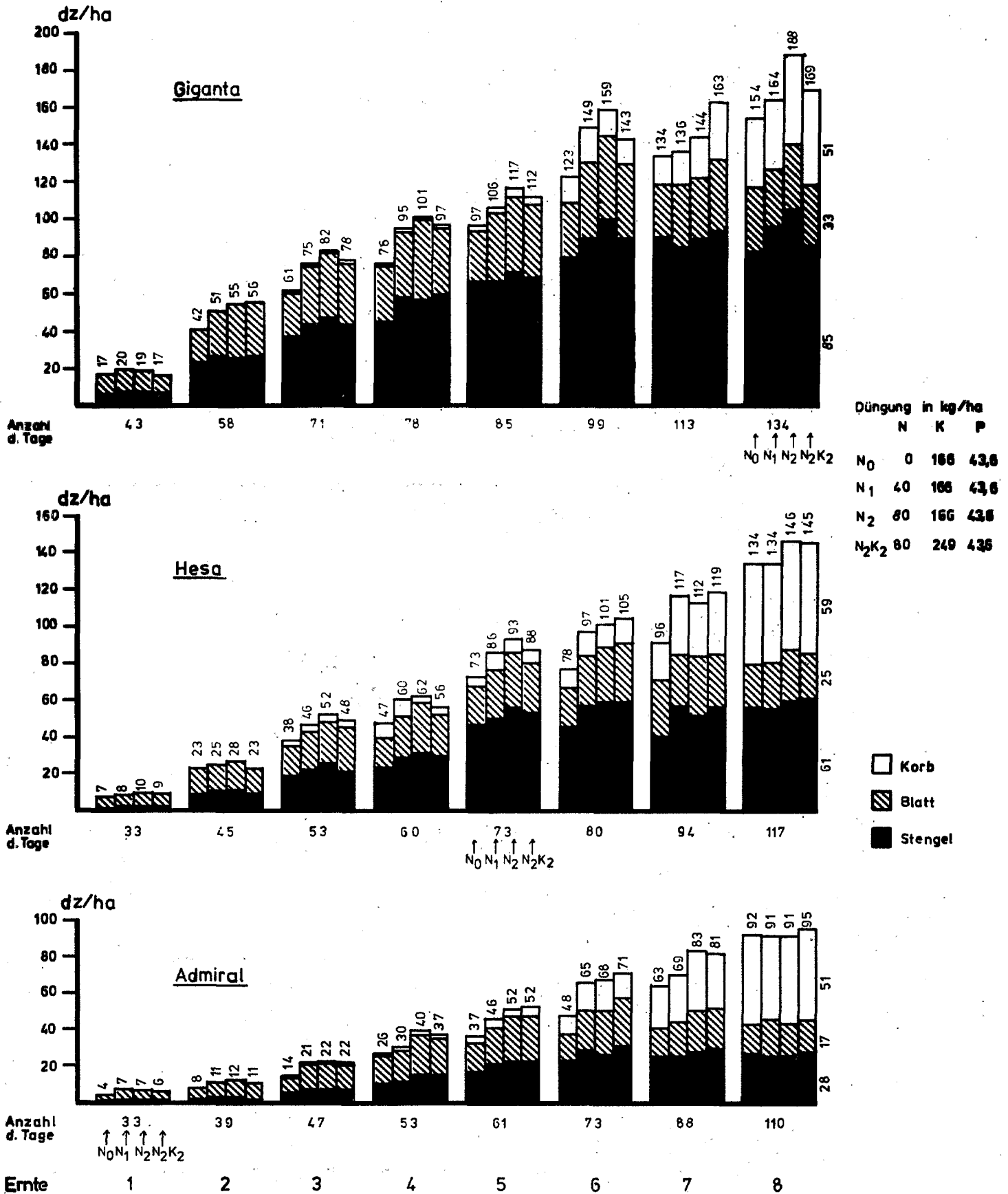


ABB. 4

WACHSTUMS-UND NÄHRSTOFFAUFNAHMERYTHMUS BEI HESA

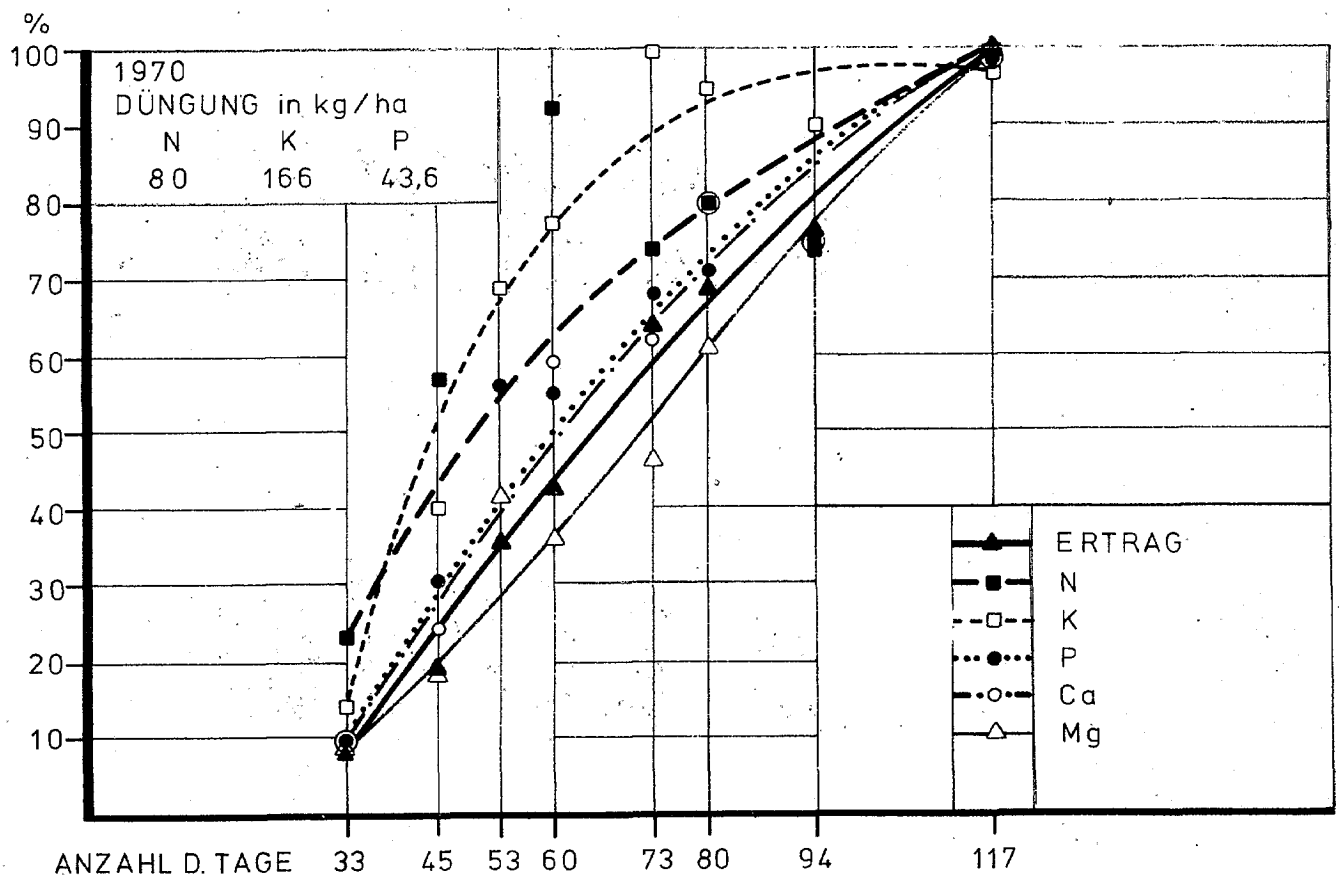
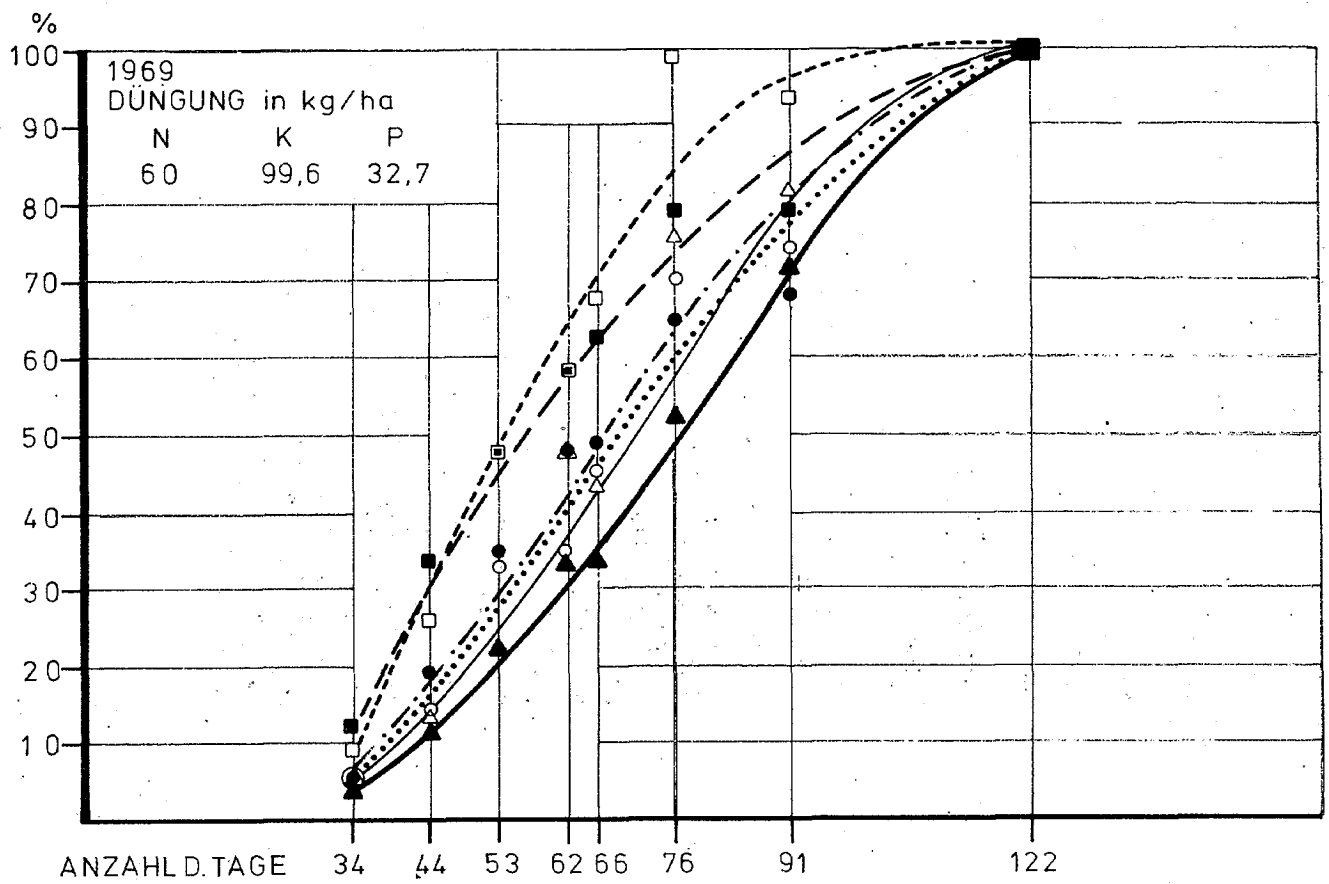
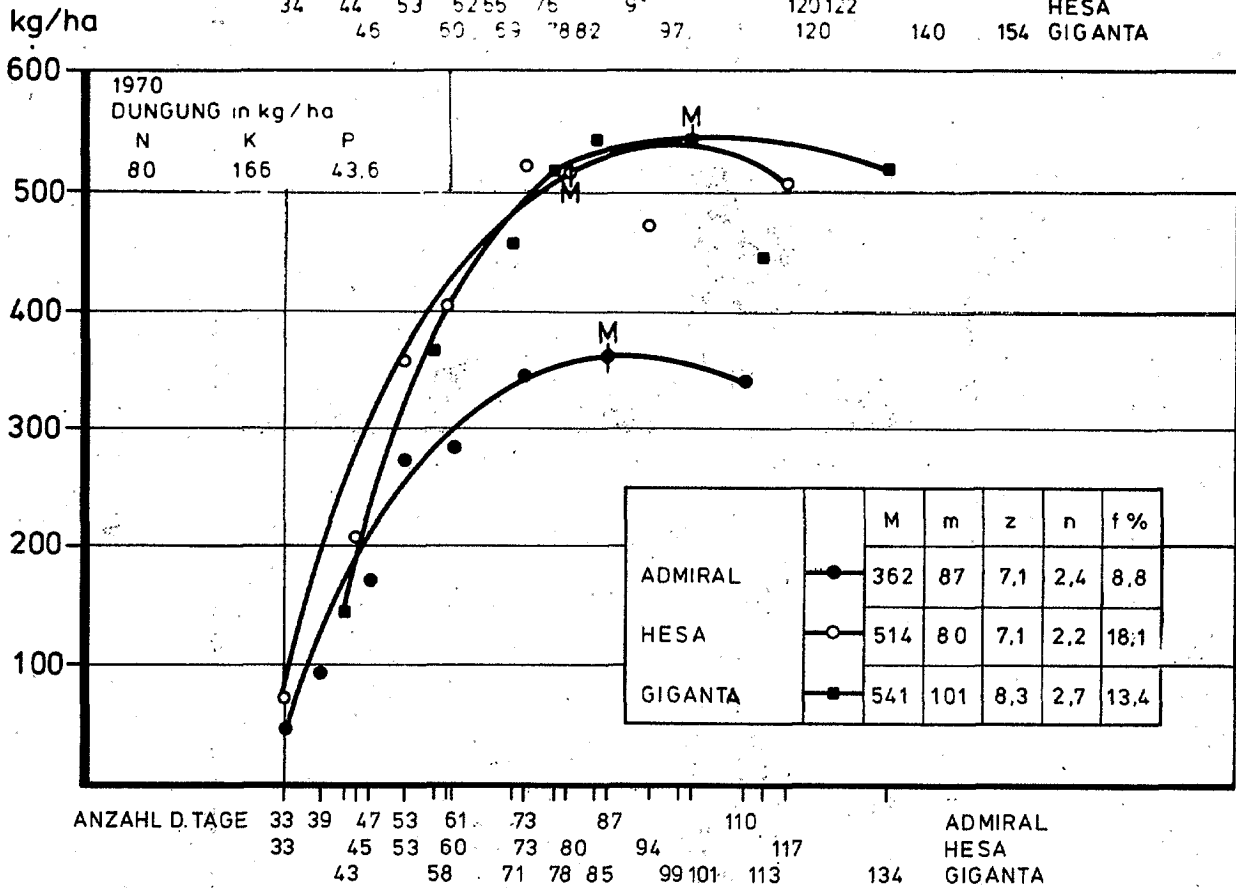
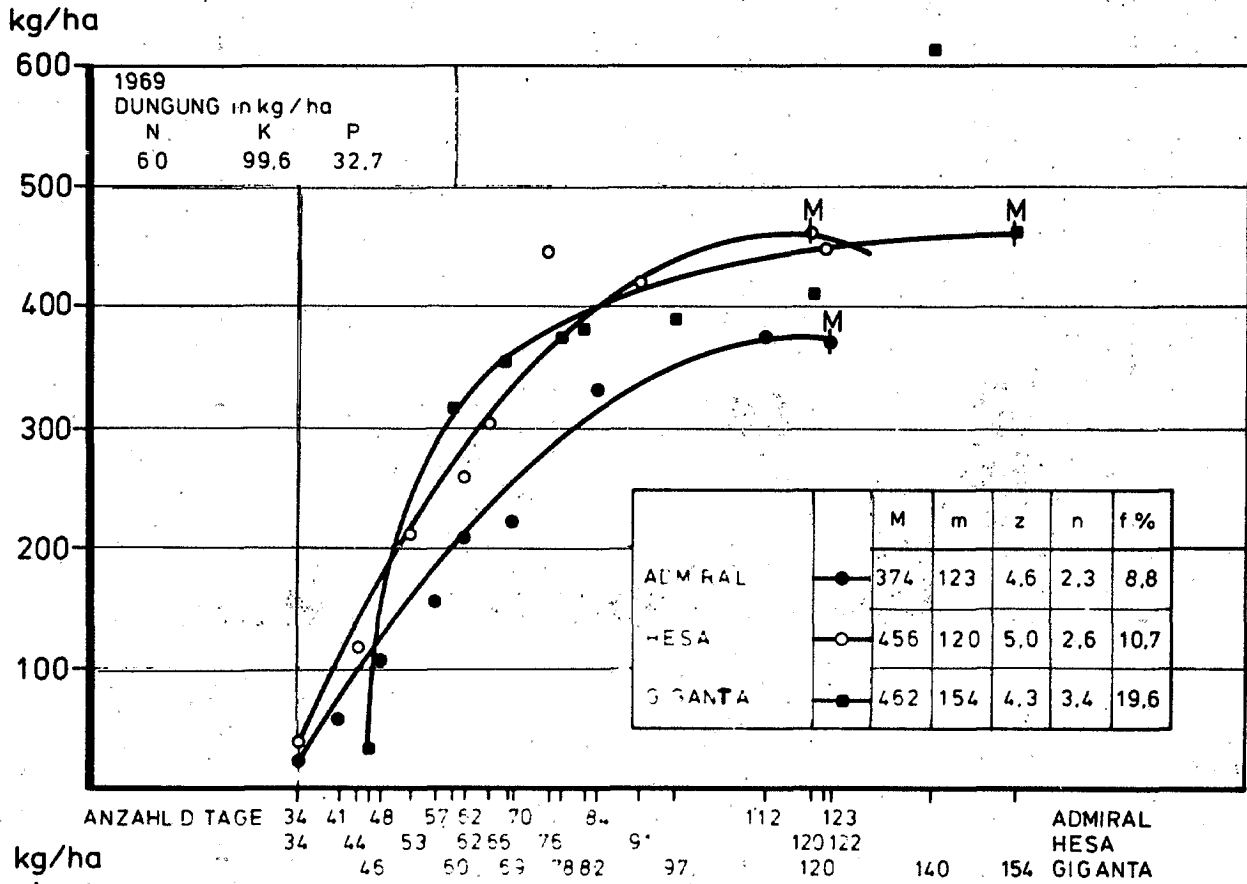


ABB. 5

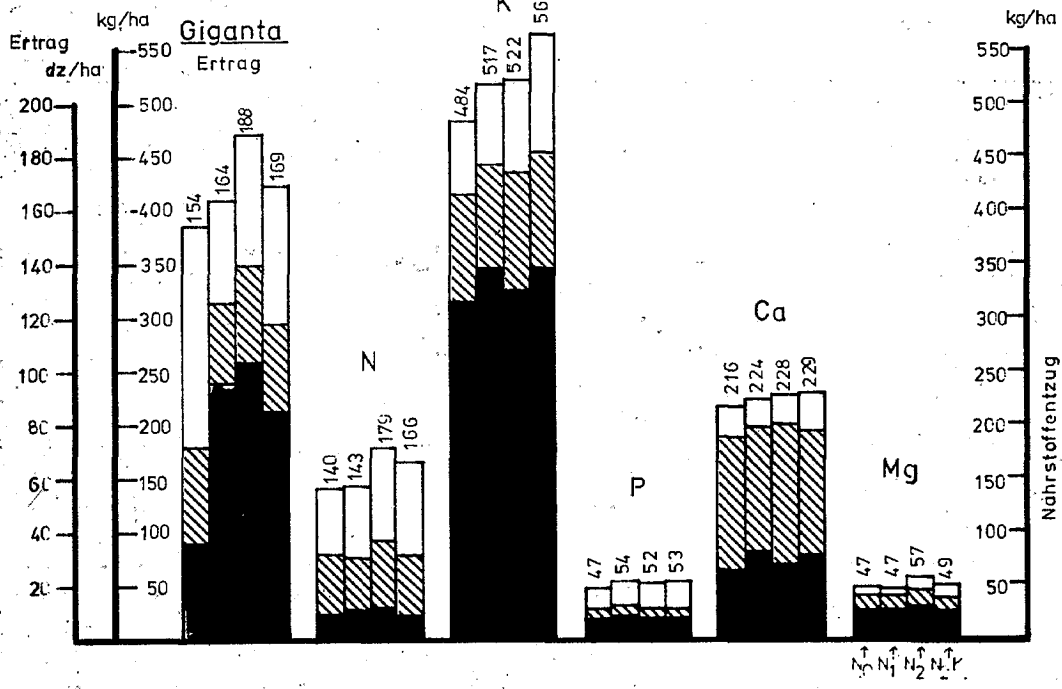
GESAMT K- AUFNAHME IM LAUFE DER VEGETATION

[ n. N. ASSADI, 1971 ]



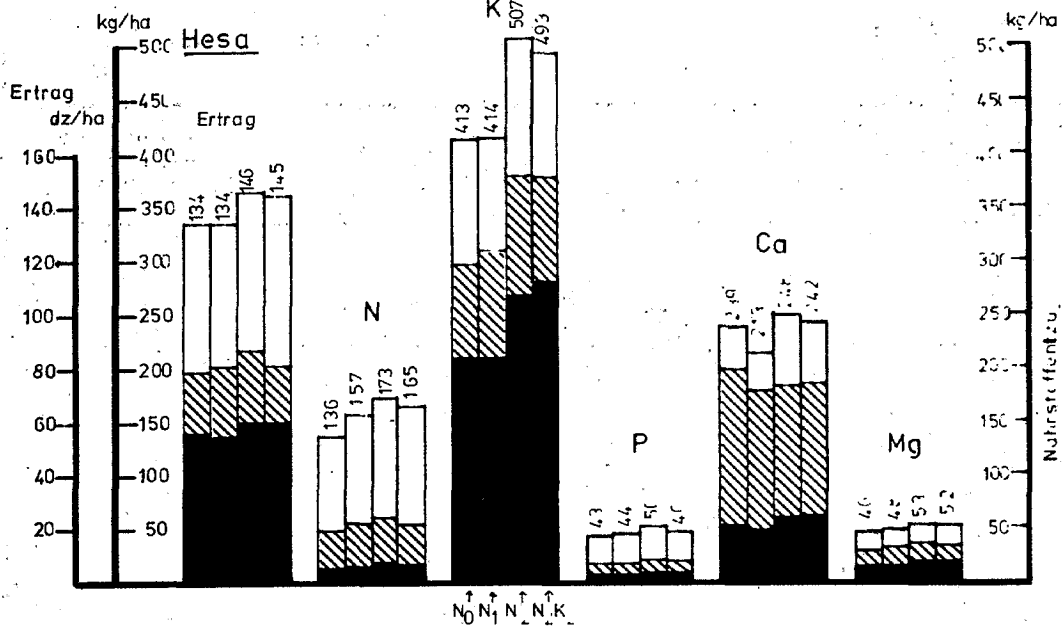
ERTRAG (dz/ha TM), N-, K-, P-, Ca- und Mg-ENTZUG (kg/ha) IN ABHÄNGIGKEIT VON SORTE UND DÜNGUNG. 8. Ernte, R-H 1970

[n. N. Assadi, 1971]

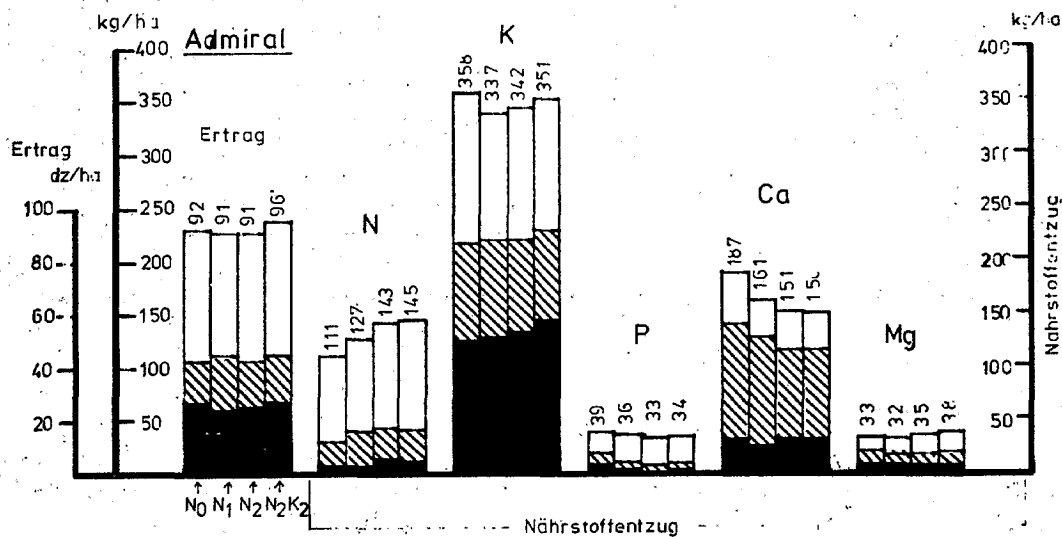


Düngung in kg/ha

	N	K	P
N <sub>0</sub>	0	166	43,6
N <sub>1</sub>	40	166	43,6
N <sub>2</sub>	80	166	43,6
N <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	80	249	43,6



- Kern
- ▨ Blatt
- Stengel



Nährstoffentzug

Abb. 7

NÄHRSTOFFVERHÄLTNISS MIT ZUNEHMENDER ERNTEZEIT IN DER  
 GESAMTAUFNAHME N:K:P:Ca:Mg, RH 1970.  
 (n. N. Assadi, 1971)

