

**Einfluss von Blattstellung und Bestandesdichte auf Ertrag, Qualität, Licht-
aufnahme und Blattflächenindex
bei Silomaisorten verschiedenen Wuchstyps**

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des akademischen Grades

doktor rerum agriculturarum

eingereicht an der
**Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin**

von
Diplom-Agraringenieur, Szu-Hsien Wang
Geb.am: 11. Oktober 1963 in Taipeh (Taiwan)

Präsident der
Humboldt-Universität zu Berlin
Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät
Prof. Dr. Dr. h.c. Ernst Lindemann

Gutachter: 1. Prof. Dr. Karlheinz Richter
 2. Prof. Dr. Frank Ellmer
 3. Dr. Gert Barthelmes

Tag der mündlichen Prüfung: Berlin, 26. Februar 2001

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielstellung	4
2	Literaturübersicht	9
2.1	Sorten	9
2.1.1	Reifegruppen	9
2.1.2	Blattstellung	10
2.1.3	Blattflächenindex	11
2.2	Bestandesdichte	12
2.3	Lichtaufnahme	14
2.4	Futterqualität	17
2.5	Methoden zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex	19
3	Standort, Material und Methoden	23
3.1	Standortbeschreibung	23
3.2	Versuchsbeschreibung	25
3.2.1	Landessortenversuche Brandenburg	25
3.2.2	Versuche zum Einfluss von Sorte und Bestandesdichte	30
3.3	Messung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex	34
3.4	Statistische Auswertung	36
4	Ergebnisse	37
4.1	Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte	37
4.1.1	Landessortenversuche	37
4.1.2	Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte	39
4.1.3	Zwischenernten während des Maiswachstums (Zuwachsverlauf)	40
4.1.3.1	Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt der Gesamtpflanze	40
4.1.3.2	Blattstellung (Blattwinkel) während des Maiswachstums	44
4.2	Futterqualität und Energieertrag	46
4.2.1	Futterqualität und Energieertrag (Landessortenversuche)	46
4.2.2	Futterqualität und Energieertrag in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte	51
4.3	Lichtaufnahme in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte	55

4.3.1	Lichtinterzeption	55
4.3.2	Lichtextinktionskoeffizient	58
4.3.3	Aufgenommene Lichtenergie und Lichtnutzungseffizienz	59
4.4	Blattflächenindex in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte	61
4.4.1	Blattflächenindex der Gesamtpflanze	61
4.4.2	Blattflächenindex in unterschiedlicher Pflanzenhöhe	63
4.4.3	Blattfläche der einzelnen Blätter und Lebensdauer des Einzelblattes	65
4.5	Methoden zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex	67
4.5.1	Lichtinterzeption	67
4.5.2	Blattflächenindex	69
5	Diskussion	71
5.1	Landessortenversuche	71
5.2	Einfluss von Sorte und Bestandesdichte auf Ertrag, Futterqualität und Lichtaufnahme	74
5.3	Messmethoden zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex	83
5.3.1	Bestimmung der Lichtinterzeption	83
5.3.2	Bestimmung des Blattflächenindexes	83
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	86
	Literaturverzeichnis	91
	Anhang	98
	Verzeichnis der Abbildungen	98
	Verzeichnis der Tabellen	99
	Tabellen und Abbildungen im Anhang	102

Erklärung der verwendeten Abkürzungen

BFI	Blattflächenindex
BFI _{lai}	mittels Messgerät LAI-2000 gemessener Blattflächenindex
BFI _{man}	durch manuelle Messung von Länge und Breite aller Einzelblätter je Pflanze ermittelter Blattflächenindex
BSD	Bestandesdichte in Pflanzen m ⁻²
ElosT	enzymlösliche organische Substanz
FFT	Fast-Fourier Transformation (Simulationskurve)
GD ≤ 5 %	Grenzdifferenz des t-Tests bei $\alpha \leq 5 \%$ (α = Fehler 1. Art)
HT	„Heliotrope“ Maissorten (in der Bedeutung von „der Sonne zugewandt“)
k	Lichtextinktionskoeffizient ($= -\ln(1-LI) * BFI^{-1}$)
LI	Lichtinterzeption in %
L _{lin}	mittels Ceptometer (PhAR-Sensor) in der Reihe gemessene Lichtinterzeption in %
L _{lai}	mittels Messgerät LAI-2000 gemessene Lichtinterzeption in %
L _{zw}	mittels Ceptometer (PhAR-Sensor) zwischen den Reihen gemessene Lichtinterzeption in %
LUE	Lichtnutzungseffizienz (Light Use Efficiency)
ME	umsetzbare Energie
n s	statistisch nicht signifikant
PhAR	photosynthetisch aktive Strahlung
sig (*)	statistisch signifikant
TM	Trockenmasse
XA	Rohaschegehalt (bezogen auf Trockensubstanz)
XF	Rohfasergehalt (bezogen auf Trockensubstanz)
XP	Rohproteingehalt (bezogen auf Trockensubstanz)

1 Einleitung und Zielstellung

Mais hat in Deutschland mehr als jede andere Kulturart an Bedeutung für die Landwirtschaft gewonnen. Seit den 60er Jahren sind die Anbauflächen von zunächst etwa 70.000 ha auf mehr als das Zwanzigfache gestiegen (STRUBE 1996). Dabei entfällt ein Anteil von ca. 80 % auf den Silomais. Die Maisanbaufläche und das hohe Ertragspotential des Maises sind eng verbunden mit dem Zuchtfortschritt in der Hybridmaiszüchtung (Abb. 1 und Abb. A2).

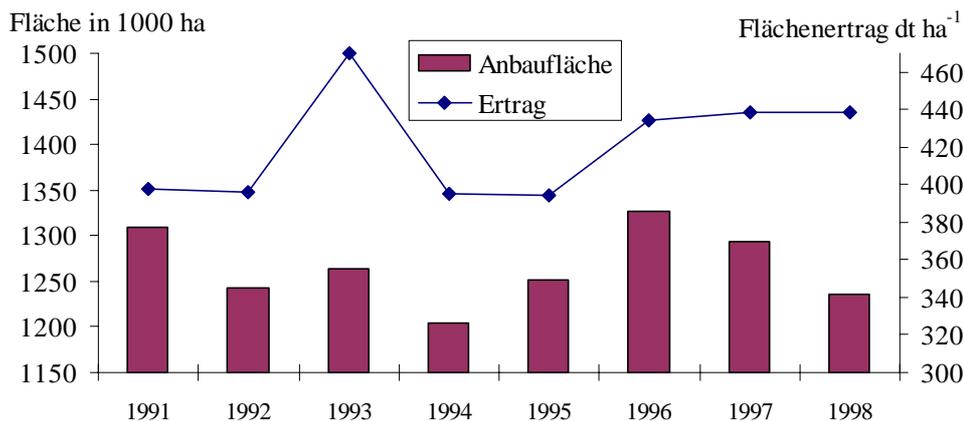


Abb. 1: Flächenentwicklung 1991-1998 in Deutschland bei Silomais im Vergleich zur Ertragsentwicklung

[Quelle: <http://www.maiskomitee.de/fakten>, Deutsches Maiskomitee e.V., Geschäftsbericht 1999/2000]

Der hohe Stellenwert des Silomaisertrages bei der Sortenbeurteilung hat in der Vergangenheit in Deutschland zu hochwüchsigen und blattreichen Sortentypen geführt. Die Silomaisqualität wurde dabei nicht immer genügend berücksichtigt. Die Erfahrungen aus Silomais-EU-Versuchen zeigen, dass etwa 60 Prozent der geprüften EU-Sorten im weltweiten Vergleich im Stärkeertrag deutlich unterlegen und nur zu 15 Prozent leicht besser waren (HEPTING 1994). Der Züchtungsfortschritt und die richtige Sortenwahl werden im Hinblick auf Ertrag und Futterqualität die wichtigste Grundlage für hohe Produktivität und Wirtschaftlichkeit im Maisanbau in europäischen Ländern sein (Tab. 1). Die Sortenwahl beginnt bei der Wahl der passenden Reifegruppe, die sich nach dem Nutzungszweck und der klimatischen Lage des Anbauortes richtet. Aufgrund der klimatischen Bedingungen in Nordostdeutschland ist der Anbau der frühen und mittelfrühen Sorten im Vergleich zu den mittelspäten Sorten bei der Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung zu bevorzugen. Dabei ist man bestrebt, durch die Wahl einer

Sorte mit der passenden Reifegruppe einerseits die Vegetationszeit voll auszunutzen, andererseits muss zur Ernte das erforderliche Reifestadium noch vor Eintritt der Frühfröste im Herbst erreicht sein.

Tab. 1: Anbau, Ertrag (Grünmasse) und Erzeugung von Silomais in europäischen Ländern (Vergleich der Mittelwerte 1996-1998)

Länder	Anbaufläche(1000 ha)	Ertrag (dt ha ⁻¹)	Erzeugung (1000 t)
	1996-1998	1996-1998	1996-1998
Deutschland	1285	438	56448
Frankreich	1518	384	58066
Niederland	225	449	10690
Belgien / Lux.	188	488	8023
Großbritannien	108	383	4117
Spanien	106	464	4929
Österreich	83	477	3908
Dänemark	43	383	1629
Griechenland	5	90	135
EU-15 ¹⁾	3983	485	162879

1) 15 europäische Länder [Quelle: DMK <http://www.maiskomitee.de>]

Tab. 2: Mittelwerte der jährlichen Sonnenscheindauer (1996 bis 1998) in ausgewählten europäischen und lateinamerikanischen Ländern

Länder	Sonnenscheindauer Stunden pro Jahr	Länder	Sonnenscheindauer Stunden pro Jahr
Deutschland	1672	Polen	1544
Frankreich	2040	Italien	2340
Belgien	1585	Rumänien	2159
Luxemburg	1630	Portugal	3888
Großbritannien	1383	Irland	1503
Spanien	2694	Schweiz	1865
Österreich	1806	Finnland	1799
Dänemark	1603	Ukraine	1514
Griechenland	2718	Island	1258
Jugoslawien	2117	Mexiko	2367
Norwegen	1362	Argentinien	2513
Slowakei	2168	Brasilien	2447

[Quelle: <http://www.stadtklima.de/webklima/index.htm>]

Im mitteleuropäischen Maisanbau ist das Lichtangebot ein begrenzender Wachstumsfaktor und somit ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Wahl des Anbauverfahrens. Damit ist die Zunahme der Ertragsfähigkeit und die Verbesserung der Qualitätsmerkmale des Silomais von den nördlichen zu den südlichen Anbauregionen Europas vorwiegend eine Folge von Licht, Temperatur und der daraus resultierenden Länge der Vegetationsperiode (DUNCAN 1971)(Tab. 2).

Die Globalstrahlung und die Sonnenscheindauer (Tab. 3) gelten für Potsdam (Bundesland Brandenburg). Diese Werte sind auf den in räumlicher Nähe dazu liegenden Standort Berge (Kreis Havelland) der Versuchsstation Pflanzenbauwissenschaften der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin übertragbar. Sie sind deutlich geringer als in Mexiko, wo man den Ursprung des Maises annimmt.

Tab. 3: Langjähriges Monatsmittel und Jahresmittel von Globalstrahlung und Sonnenscheindauer in Mexiko und Potsdam (Brandenburg)

Monat Geographische Lage	Potsdam ¹⁾		Mexiko ²⁾	
	Breite 52°22'N	Länge 13°05' E	Breite 19°20' N	Länge 99°11' W
	Höhe über NN 089		Höhe über NN 2268	
	Sonnenscheindauer Stunden Monatssumme	Globalstrahlung MJ m ⁻² Monatssumme	Sonnenscheindauer Stunden Monatssumme	Globalstrahlung MJ m ⁻² Monatssumme
Januar	48	65	225	510
Februar	71	119	232	541
März	121	249	251	668
April	172	378	233	635
Mai	222	542	213	624
Juni	217	558	177	589
Juli	235	559	162	567
August	226	481	167	551
September	160	312	146	491
Oktober	114	182	191	514
November	54	76	212	487
Dezember	50	47	219	464
Jahr	1634	3566	2428	6642

1) langjähriges Mittel: 1969-1993 2) langjähriges Mittel: 1963-1993 [Quelle: World Radiation Data Centre and National Renewable Energy Laboratory <http://wrdc-mgo.nrel.gov/>]

Eine optimale Nutzung des Lichtangebots als entscheidende Voraussetzung für Photosynthese und Stoffproduktion ist sowohl über eine größere Blattfläche als auch durch eine verbesserte Blattausrichtung denkbar.

In den 60er Jahren haben Pflanzenphysiologen und Züchtungsforscher zunächst in den USA, später dann auch in Europa nach neuen Wegen zur Leistungssteigerung gesucht (ZSCHEISCHLER 1993). Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass die Lichtausnutzung in einem Bestand gleichartiger Pflanzen dann höher wird, wenn die Blätter aufrecht ausgerichtet sind. Etwa ab dem 6-Blattstadium werden die Unterschiede in der Blattstellung zwischen den Maissorten sichtbar. Gegenüber dem normalen Wuchstyp mit horizontal ausgerichteten Blättern zeichnen sich die neuen Sorten des pyramidalen Wuchstyps durch eine aufrechte Blatthaltung der oberhalb des Kolbens angesetzten Blätter und durch eine horizontale Blatthaltung

unterhalb des Kolbens aus.

Eine deutlich bessere Ausnutzung des Leistungspotentials setzt in erster Linie die Einhaltung bewährter agrotechnischer Grundsätze (Saatzeit, Düngung, Pflege) voraus, wobei besonders eine standortangepasste Bestandesdichte zur Steigerung der Stoff- und Ertragsbildung von Silomais führen kann. Weiterhin stehen die Ansprüche des Silomaises an den Boden mit den am Anbauort herrschenden klimatischen Bedingungen in engem Zusammenhang (NÖSBERGER et al 1986). Trockenperioden in der Zeit des größten Wasserbedarfes sind stets mit Ertragseinbußen verbunden. Die Zunahme des Ertrages durch eine erhöhte Bestandesdichte wurde von vielen Autoren beschrieben (SCHLUMBOHM 1975). Eine hohe Bestandesdichte muss aber nicht unbedingt zu hohem Ertrag und gesicherter Futterqualität führen. Wegen der häufig nicht ausreichenden natürlichen Wasserverhältnisse während des Maiswachstums werden die Bestandesdichten für die nordostdeutschen Anbauggebiete zwischen 8 und 11 Pflanzen m² je nach Standort und Silomaisorten empfohlen (ANONYMUS DLZ 1992). Für neue Sortentypen muß die Standorteignung jedoch stets neu geprüft werden.

In den seit 1995 am Standort Berge durchgeführten Landessortenversuchen Brandenburg wurden neu zugelassene Sorten der Reifegruppen „früh“ und „mittelfrüh“ unter den herrschenden Boden- und Klimabedingungen auf ihre Leistungs- und Qualitätsmerkmale geprüft, um standortabhängige Sortenempfehlungen abzuleiten. Diese Versuche wurden durch das Fachgebiet Grünlandssysteme des Instituts für Pflanzenbauwissenschaften zum Bestimmen von Ertragsstruktur- und Qualitätsparametern genutzt. Weiterhin wurden im Jahre 1998 an ausgewählten Sortentypen bei verschiedenen Bestandesdichten Messungen zur Lichtinterzeption sowie zum Blattflächenindex (Parzellenversuche) vorgenommen.

Mit der Nutzung der Ergebnisse der Landessortenversuche und der zusätzlich angelegten Parzellenversuche mit unterschiedlichen Sortentypen und Bestandesdichten sollte ein Beitrag zur Klärung folgender Fragen erbracht werden:

1. Wie variieren die geprüften Silomaisorten der Reifegruppen „früh“ und „mittelfrüh“ in den Ertrags- und Qualitätsparametern sowie in der Lichtinterzeption auf einem Standort im nordostdeutschen Tiefland?
2. Welchen Einfluss haben Reifegruppe, Wuchstyp und Bestandesdichte auf die Relationen zwischen Kolben und Restpflanze sowie auf die Qualitätsparameter Rohfaser, Rohprotein, Stärkegehalt, Energiedichte in der Gesamtpflanze und in

Rohprotein, Stärkegehalt, Energiedichte in der Gesamtpflanze und in verschiedenen Pflanzenteilen.

3. Wie unterscheiden sich Maissorten unterschiedlichen Wuchstyps in der Lichtmenge, die in den Pflanzenbestand eindringen kann? Welche Blattstellung bietet dabei die Voraussetzungen für eine günstigere Lichtverteilung und effizientere Lichtaufnahme sowie Ertragsbildung?
4. Welchen Einfluss hat der Blattflächenindex oberhalb des Kolbens auf die Lichtaufnahme und den Ertrag?
5. Wie reagieren Ertrag und Futterqualität verschiedener Silomaissorten auf eine höhere Bestandesdichte von 10 im Vergleich zu 8 Pflanzen m^{-2} am Standort Berge?
6. Einschätzung der Zuverlässigkeit der Messergebnisse zum Blattflächenindex und zur Lichtinterzeption.

2 Literaturübersicht

In den gemäßigten Klimazonen besitzt der Wachstumsfaktor Licht eine große Bedeutung für den Ertrag des Mais. Mais nutzt als C4-Pflanze die Sonnenenergie besonders effizient, allerdings nur bei hohem Wärme- und Strahlungsangebot, genügender Wasserversorgung und einem zügig gebildeten, leistungsfähigen Assimilationsapparat (BÖSE 1998). Um den Silomaisanbau hinsichtlich der Ertrags- und Futterqualitätsergebnisse in den klimatischen Grenzlagen des Maisanbaus in Mitteleuropa stabiler zu gestalten, müssen zunächst alle agrotechnischen Grundsätze eingehalten werden. Weitere Möglichkeiten zur verbesserten Nutzung des Ertragspotentials sind in der Züchtung der Sorten mit höherem Blattflächenindex, steilerer Blattausrichtung, höherer Lichtaufnahme und besserer Lichtnutzungseffizienz (LUE) sowie in der Regulierung der Bestandesdichte zu sehen. In der nachfolgenden Literaturübersicht wird dazu ein Überblick gegeben.

2.1 Sorten

2.1.1 Reifegruppen

Die richtige Sortenwahl ist bei Silomais von besonderer Bedeutung, da Unterschiede in Klima, Standort, Verwertungszweck und speziellen Ansprüchen je nach Betrieb eine große Rolle spielen. Im Hinblick auf die Forderung, dass ein guter Silomais als ein nicht ganz reif gewordener Körnermais zu betrachten ist, werden zur Silagenutzung relativ frühreife Sorten benötigt, die geringere Ansprüche an die Länge der Vegetationsperiode haben und eine höhere Kältetoleranz in der Jugendentwicklung und eine entsprechende Ausreife erreichen, die einen hohen Energieertrag mit guter Futterqualität sichert. Aufgrund der klimatischen Bedingungen in Nordostdeutschland (z. B. in Brandenburg) gibt es beim Anbau der frühen und mittelfrühen Sorten im Vergleich zu den mittelspäten Sorten größere Vorteile in den Qualitätseigenschaften, dem Abreifeverhalten und der Ertragsbildung. Nach SCHNELL und UDZ (1981) bestehen zwischen Ertrag und Frühreife entgegengesetzte Beziehungen. Ebenso steht die Frühreife auch zu vielen anderen Merkmalen wie Standfestigkeit und Kolbenhöhe in negativer Beziehung. Es wird versucht, den geringeren Ertrag der frühreifen Sorten durch Züchtung von Wuchstypen mit aufrechter Blatthaltung auszugleichen, die enger gestellt werden können, so dass der Trockenmasseertrag bzw. die Futterqualität gesichert ist.

2.1.2 Blattstellung

Ein zweites Kriterium ist die Wahl der passenden Wuchstypen. Ein Wuchstyp mit besserer räumlicher Anordnung der Blätter bei etwa gleicher Wuchshöhe lässt die Lichtmenge auch in die unteren Bereiche des Pflanzenbestandes eindringen. Andererseits ist aber eine größere Blattfläche während der Vegetationszeit maßgeblich, um die Lichtmenge voll aufnehmen zu können.

Das Problem der Lichtausnutzung liegt beim Mais darin, dass in der Zeit höchster Strahlungsintensität von Mitte Juni bis Ende Juli/Anfang August der Blattapparat noch nicht ausgebildet ist. Nach Abschluß des Wachstums des Maises nimmt die Lichtintensität aber bereits wieder ab. Hier könnte die steilere Blattstellung der oberen Blätter die Schattenwirkung auf die unteren Blätter verringern. Das setzt allerdings nicht zu dichte Bestände voraus. Damit diese Blattstellung zu Mehrerträgen führt, muss die Sorte zusätzlich eine hohe genetische Leistungsveranlagung besitzen (HUGGER 1998). Nach VIDOVIC (1974) zeichnen sich Sorten mit einer mehr horizontalen bis leicht aufrechten Blattstellung unter mitteleuropäischen Bedingungen durch eine zu geringe Lichtaufnahme aus. Zur Zeit der Blüte braucht der Silomais Licht, da der Kolben in diesem Entwicklungsstadium nur eine schwache Anziehungskraft für Assimilate hat, welche er aus den nächstliegenden Blättern bezieht. Wenn diese zu wenig Licht erhalten, können sie die Weiterentwicklung des Kolbens nicht mehr sichern (POMMER et al. 1981).

In Beschattungsversuchen von TOLLENAAR (1977) zeigte sich, dass eine Verringerung der Strahlung gerade zur Zeit der Blüte einen ungünstigen Einfluss auf den Ertrag hatte. Bei Zusatzbeleuchtung mittels Leuchtstoffröhren am Boden zwischen den Reihen wurde eine Abhängigkeit des Kolbenertrages von der zusätzlich gegebenen Lichtmenge festgestellt (GRAHAM et al. 1972). Demnach würde das Eindringen des Lichtes in den Pflanzenbestand wesentlich von Blattstellung und Pflanzenarchitektur (stärker aufrechte Blattstellung der oberhalb des Kolbens inserierten Blätter) bestimmt. Ein größerer Lichtgenuss der Pflanzen im inneren Bestand trägt damit zur besseren Stoffproduktion der Gesamtpflanze und speziell des Kolbens bei. Bei einem Vergleich von zwei isogenen Einfachhybriden, die sich nur im Blattwinkel unterscheiden, fanden PENDLETON et al. (1968) einen Ertragsvorteil von 40 % für Sorten mit aufrechter Blattstellung. WILLIAMS et al. (1968) stellten bei senkrechter Blattstellung ein tieferes Eindringen des Lichtes in den Bestand fest, was bis zu einer Bestandesdichte von 12,5 Pflanzen m⁻² mit höheren Zuwachsraten gegenüber normaler Blattstellung verbunden

war. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von LOOMIS et al. (1968) ermittelt. Nach der Angabe von FRÖLICH und POLLMER (1978) wurde ein Mehrertrag von den Sorten mit steilerer Blattstellung erreicht. Eine steilere Blattstellung verringert zwar die Lichtintensität auf der Oberfläche der oberen Blätter, jedoch wird durch die bessere Lichtversorgung der unteren Blätter die Photosyntheseleistung erhöht. Ein höherer Blattflächenindex von mindestens 4 als Folge einer größeren Bestandesdichte kann dazu beitragen, den Mehrertrag der Hybriden mit aufrechter Blatthaltung zu gewährleisten (OTTOMAN und WELCH 1989, FRÖLICH und POLLMER 1978, MOCK und PEARCE 1975, POMMER 1977). Die mögliche Toleranz gegenüber erhöhter Bestandesdichte kann bei Sorten mit aufrechter Blattstellung von Vorteil sein. Für Silomaisorten mit steilerer Blattstellung der oberen Blätter werden die gleichmäßige Belichtung der unteren Blätter und das Durchlüften der Bestände als günstig angesehen (HUGGER 1998). Der von MOCK und PEARCE (1975) beschriebene Ideotyp sollte über dem Kolben eine aufrechte und eine mehr waagerechte Blattstellung unterhalb des Kolbens haben, um mehr Licht aufzunehmen. Der pyramidalförmige Wuchstyp (so genannter HT-Typ) zeichnet sich nach BÖSE (1998) gegenüber dem normalen Wuchstyp durch ein höheres Ertragspotential aus.

2.1.3 Blattflächenindex

Die Entwicklung und Größe der Blattfläche sind wesentliche Voraussetzungen, um eine größere Lichtmenge aufnehmen zu können. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Ertrag und Blattfläche. Zur Beschreibung der Blattfläche dient der Blattflächenindex, der die Oberfläche eines Pflanzenbestandes je Einheit Bodenfläche angibt (WATSON 1947). Die räumliche Anordnung der Blattfläche wird hauptsächlich durch die Pflanzenart bestimmt. MOCK und PEARCE (1975) definierten für einen „idealen Maissortentyp“ einen Blattflächenindex, der größer als 4 sein soll. Nach Modellversuchen (MUCHOW et al. 1990) würde ein Blattflächenindex von 4 bzw. 4-5 ausreichen, wenn die Lichtinterzeption bei mehr als 95 % liegt.

Die Leistungssteigerung setzt einen höheren Blattflächenindex voraus, der entweder über eine höhere Bestandesdichte oder durch blattreichere Sorten erreicht werden kann. Mit der gegenseitigen Beschattung der Blätter steigen die Atmungsverluste im unteren Sprossbereich, die Nettoassimilation der Silomaispflanze sinkt. Ein weiterer Aspekt ist die Erhöhung der Blattzahl oberhalb des Kolbens (SHAVER 1983). Hier steht die bessere Assimilatversorgung des Kolbens während der Kornfüllung im Vordergrund. Durch dieses Merkmal wird die Zeitdauer bestimmt, in der junge effiziente Blätter während der Kornfüllung zur Verfügung stehen. Ein zusätzlicher Vorteil besteht in der aufrechten Blatthaltung der oberen Blätter.

2.2 Bestandesdichte

Beim Maisanbau sind Sortenwahl und Bestandesdichte entscheidende Kriterien. Eine gleichmäßige Verteilung der Maispflanzen auf dem Schlag hätte aus ökologischer Sicht Vorteile, wie günstigerer Standraum je Einzelpflanze, rascherer Reihenschluss, schnellere Bodenbeschattung, Verbesserung der Ertragssicherheit, Steigerung der Erträge bei höherer Qualität, eine bessere Nährstoffausnutzung und damit eine geringere Auswaschungsgefahr für Nitrat sowie eine bessere Ausreife (SCHMITT und FISCH 1992).

Die Reihenabstände von 75 cm im Mais haben viele technologische Vorteile. Die reihengebundene Erntetechnik, der geringere maschinelle Aufwand, ein geringerer Raddruck auf die Reihen und bessere Möglichkeit zur Unkrautbekämpfung sprechen für diese Reihenweite. Nach HUGGER (1998) haben sich die Reihenabstände von 75 cm bewährt. In seinen Versuchen wurde bei engeren Reihenweiten wie 50 cm mit den älteren Kompaktsorten kein besserer Körnermaisenertrag erzielt, dafür aber dünnere Stängel mit erhöhter Lageranfälligkeit festgestellt.

In Deutschland gab es in den verschiedenen Bundesländern seit Mitte der 80er Jahre zahlreiche Untersuchungen zum Einfluss der Bestandesdichte auf Ertrags- und Qualitätsparameter bei Mais (HEPTING und ZSCHEISCHLER 1975, WERMKE und ROHR 1985). Für Körnermais bestehen bereits seit längerem Empfehlungen zu einer optimalen Standraumzumessung in Abhängigkeit von der Reifezeit der Sorte und der Wasserversorgung. In Versuchen zu Silomais in Bernburg bzw. in Thüringen wurde mit zunehmender (von schlechter bis guter) Wasserversorgung beinahe bei jeder Steigerung der Bestandesdichte von 7 bis 11 Pflanzen m^{-2} der Ertrag an Grün- und Trockensubstanz erhöht (BOESE 1997). Nach den in Thüringen durchgeführten Silomaisversuchen wurde sogar bei jeder Steigerung der Bestandesdichte von 10 bis 14 Pflanzen m^{-2} der Ertrag an Grün- und Trockensubstanz erhöht (PEYKER 1994).

Mit der Züchtung von neuen Maissorten, die vom Kompakttyp bis zu den so genannten „stay-green-Sorten“ reichen, wird die Zuweisung einer optimalen Bestandesdichte zu einer wichtigen Frage (ANONYMUS DLZ 1992). Von besonderem Interesse dabei ist, ob bei diesen Sorten, die sich durch eine bessere und schnellere Ausreife des Kolbens ausweisen, die Qualitätsparameter durch eine steigende Bestandesdichte weniger ungünstig beeinflusst werden. Mit einer erhöhten Bestandesdichte bei Silomais kann ein Rückgang des Frisch- und Trockenkolbenanteils, eine verzögerte Reife des Kolbens und der Restpflanze sowie eine verminderte Standfestigkeit zum Zeitpunkt der Ernte verbunden sein (BOESE 1997).

Bei erhöhter Bestandesdichte nimmt die intraspezifische Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser und Licht zu. Die Konkurrenz um die Wachstumsfaktoren im Wurzel- und Sprossbereich ist entscheidend (CRÖSSMANN 1967, NÖSBERGER 1971). Die Einzelpflanze kann sich auf begrenztem Standraum schlechter entwickeln. Die den Futterwert bestimmenden Anteile von Kolben und Restpflanze verändern sich bei höherer Konkurrenz zu Ungunsten des Kolbens, womit die Energiedichte sinkt.

Nach ZSCHEISCHLER (1990) wird für die niederschlagsreicheren Maisanbaugebiete bei Verwendung früher bis mittelfrüher Sorten eine Bestandesdichte von 7,5 - 9 Pflanzen m^{-2} empfohlen. In Trockengebieten werden je nach Silomaisorte und Tiefgründigkeit des Bodens 6-8 Pflanzen m^{-2} empfohlen. Bei ungenügender Wasserversorgung ist jeweils die geringere Pflanzenzahl zu wählen. Für die nordostdeutschen Anbaugebiete wurden in Abhängigkeit von Wasser, Wärme und Globalstrahlung Bestandesdichten zwischen 8 und 10 Pflanzen m^{-2} bei Silomais angegeben (ZSCHEISCHLER 1979). Aufgrund der zum Teil leichten Böden (S, IS) und der geringeren Niederschläge zur Zeit der Blüte wird die zunehmende Bedeutung der Wasserversorgung mit steigender Bestandesdichte herausgestellt.

Entsprechend der Entwicklung des Nährstoffertrages (HEPTING 1988) in der Gesamtpflanze, im Kolben und in der Restpflanze geht ab einem bestimmten Zeitpunkt der Ertrag insgesamt zurück, der vor allem durch die Abnahme an Restpflanzenmasse (Stängel + Blätter + Lieschblätter) verursacht wird. Dieser Abbau an Restpflanzenmasse hängt von der Bestandesdichte und der Wasserversorgung ab. Mit einer höheren Bestandesdichte und ungünstiger Wasserversorgung ist ein stärkerer Abbau verbunden. SCHLUMBOHM (1975) berichtete von einer Entwicklungsverzögerung von bis zu 10 Tagen bei 13,5 Pflanzen m^{-2} im Vergleich zu 10 Pflanzen m^{-2} . Nach NÖSBERGER (1971) führte eine höhere Bestandesdichte in Folge Lichtmangels durch Zunahme der Beschattung innerhalb des Bestandes zu erhöhten Blattverlusten. Aufgrund des schwachen ‚sinks‘ des Kolbens während der Blüte bezieht die Kolbenanlage die Assimilate nur von den nächstgelegenen Blättern, wahrscheinlich überwiegend vom Blatt direkt unterhalb des Kolbens. Wenn dieses Kolbenblatt in Folge zu hoher Bestandesdichte oder ungünstiger Bestandesarchitektur zu wenig Licht bekommt, dann reicht das Assimilatangebot nicht mehr für die Weiterentwicklung zum Kolben aus. Nach der Befruchtung wird der Kolben zu einem sehr starken ‚sink‘, dem die Assimilate der über ihm gelegenen Blätter zufließen.

Nach ZSCHEISCHLER et al. (1974) verminderte sich bei einem Anstieg von 8 Pflanzen m^2 auf 24 Pflanzen m^2 der Kolbenanteil der Pflanzen von 46,3 auf 36,1 %. WERMKE und ROHR (1985) beschrieben einen negativen Einfluss von hohen Bestandesdichten auf die Ausreife der Pflanze, den Ertrag und auf die Qualität. BOHLE und WAGNER (1978) stellten durch die Erhöhung der Bestandesdichte von 10 auf 15 Pflanzen m^2 eine Verminderung des Trockensubstanzgehaltes der Gesamtpflanze von 27,7 % auf 26,5 % fest.

Beim Überschreiten einer bestimmten Bestandesdichte nimmt der Rohfasergehalt zu und beeinflusst den Futterwert und die Verdaulichkeit negativ. Mit zunehmender Bestandesdichte von 10 auf 15 Pflanzen m^2 wurde von BOHLE und WAGNER (1978) eine Zunahme des Rohfasergehaltes im Kolben von 10,1 % auf 11,2 % und eine Abnahme des Stärkegehalts von 39,5 % auf 35,7 % festgestellt.

2.3 Lichtaufnahme

Im Maisanbau ist das Lichtangebot in den gemäßigten Klimazonen ein begrenzender Wachstumsfaktor. Einen Überblick über das Lichtangebot in Mitteleuropa und Deutschland vermitteln die Abb. 2, 3, A3 und A4.

Ein Zusammenhang zwischen dem Wachstumsfaktor Licht und dem Ertrag wurde von BAEUMER (1992) beschrieben. Er schlussfolgert, dass in einem Pflanzenbestand mit guter Wasser und Nährstoffversorgung und einem geschlossenen gesunden Blätterdach die Trockenmasse nur noch von der Lichtenergie, der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre und der Temperatur abhängt. Nach DE WIT (1965) verhält sich unter solchen Wachstumsbedingungen die Brutto-Assimilationsrate eines Pflanzenbestandes proportional zur Sonnenenergie. Der Anteil der eindringenden Strahlung, der von einem Bestand absorbiert und zur Assimilation genutzt werden kann, hängt von Blattflächenindex und Pflanzenart ab. Nach POMMER et al. (1981) ist eine Optimierung der pflanzlichen Produktion nur mit verbesserten Kulturpflanzen zu erreichen. Obwohl Mais das Licht besonders effizient nutzt, wirkt sich dieser Vorteil aufgrund der verkürzten Vegetationszeit, des limitierten Wärme- und Strahlungsangebots in Mitteleuropa im Vergleich zu den heimischen C3-Getreidearten nur eingeschränkt aus (ZSCHEISCHLER et al. 1990). Als Maß für die Stärke des Lichtabfalls im Bestand wird der Lichtextinktionskoeffizient (k) verwendet. Der Lichtextinktionskoeffizient ergibt sich nach MONSI und SAEKI (1953) für Silomais aus dem Zusammenhang von Lichtabsorption und Blattflächenindex.

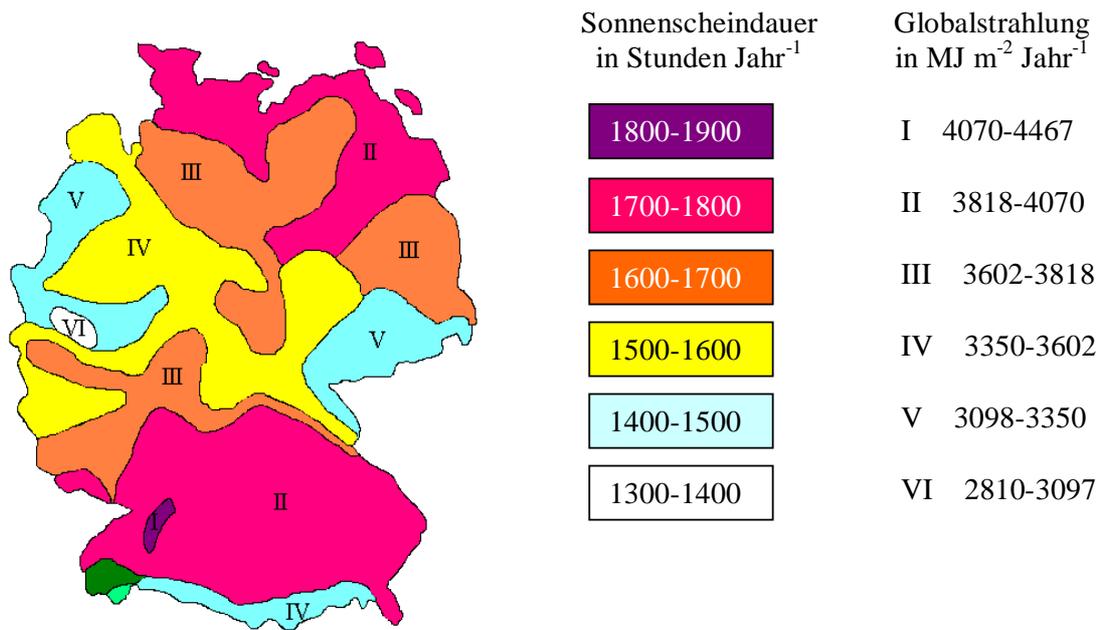


Abb. 2: Jährliche Energiezufuhr der Sonne auf 1m² Erdoberfläche (MJ m⁻²) und durchschnittliche Sonnenscheindauer (Stunden Jahr⁻¹)
 [Quelle: <http://www.stadtklima.de/stuttgart/SAS/Daten.htm>]

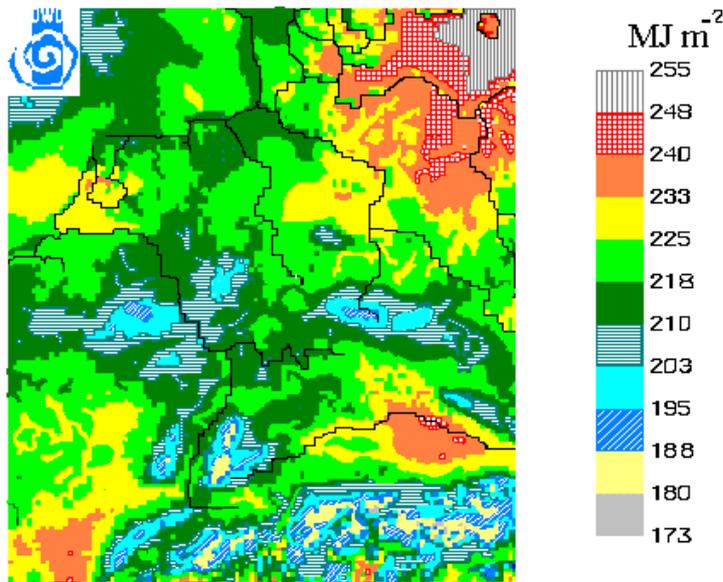


Abb. 3: Monatswerte der Globalstrahlung (MJ m⁻²) in Mitteleuropa für Juli 1994
 [Quelle: Deutscher Wetterdienst, <http://www.dwd.de/research/satmet/global/beispiel.html>]

$$\text{Transmission} = I_u/I_o = e^{-k \cdot \text{BFI}} \quad (1)$$

I_u	Lichtintensität unterhalb einer Blattschicht
I_o	Lichtintensität oberhalb einer Blattschicht,
BFI	Blattflächenindex der Blattschicht,
k	Lichtextinktionskoeffizient (Schätzung über Anstieg der linearen Regression)

Der Lichtextinktionskoeffizient k umfasst unter den beschriebenen Voraussetzungen die Absorptionseigenschaften einer Blattschicht einer bestimmten Silomaisorte. Je größer der Blattwinkel innerhalb einer Blattschicht ist, desto kleiner ist deren Lichtextinktionskoeffizient, da der Anteil des Lichtes, der die Blattschicht ungehindert passieren kann, zunimmt. Um die Lichtintensität unterhalb der Blattfläche unabhängig von der Höhe der aktuellen Einstrahlung zu beschreiben, wurde die Transmission nach TOLLENAAR und BRUULSEMA (1988) nach Gleichung (2) ermittelt. Für die Berechnung der Lichtinterzeption (Lichtabsorption) wurde der von den Blättern bzw. vom Boden reflektierte Anteil der Einstrahlung, der nach TOLLENAAR und BRUULSEMA (1988) im Bereich der photosynthetisch aktiven Strahlung (PhAR) weniger als 1 % beträgt, vernachlässigt. Mit dieser Vereinfachung ergab sich die Lichtinterzeption durch die Differenz zwischen aktueller Einstrahlung und Transmission nach Gleichung (3). Die Messung der Einstrahlung während der Vegetation erfolgt über die photosynthetisch aktive Strahlung.

$$\text{Transmission} = \text{PhAR}_u / \text{PhAR}_o \quad (2)$$

$$\text{Lichtinterzeption} = 1 - \text{Transmission} = (\text{PhAR}_o - \text{PhAR}_u) / \text{PhAR}_o \quad (3)$$

PhAR _o	photosynthetisch aktive Strahlung in $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{ s}^{-1}$
u : unterhalb der Blattschicht	o : oberhalb der Blattschicht

Nach OTTMAN und WELCH (1989) weisen Sorten mit senkrechter Blattstellung und kleinerem Lichtextinktionskoeffizienten k gegenüber Sorten mit horizontaler Blatthaltung die größere Lichtinterzeption im Bestandsbereich von Bodenoberfläche bis 99 cm Höhe, im Bereich von 100 bis 199 cm und oberhalb 200 cm dagegen die geringere Lichtinterzeption auf.

Ausgehend vom Faktor Licht als Energiebasis der Photosynthese, lässt sich die Stoffproduktion eines Pflanzenbestandes als Produkt aus Lichtaufnahme und Lichtnutzungseffizienz (LUE = Light Use Efficiency) beschreiben (CHARLES-EDWARDS et al. 1986). Die Lichtnutzungseffizienz wird als produzierte Trockenmasse je aufgenommener Lichteinheit definiert. Die Lichtnutzungseffizienz wird von vielen Faktoren z. B. dem Genotyp (DUNCAN und HESKETH 1968), der Zuwachsrate der Trockenmasse (SINCLAIR und HORIE 1989) und der Temperatur

(ANDRADE et al. 1992) beeinflusst. Für Mais wurde nach WILLIAMS et al. (1965) eine Lichtnutzungseffizienz von $3,3 \text{ g MJ}^{-1}$ bestimmt. ANDRADE et al. (1992) untersuchten den Einfluss der Temperatur auf die Lichtnutzungseffizienz, wobei Messwerte von $2,27\text{--}3,17 \text{ g MJ}^{-1}$ ermittelt wurden. Nach Auffassung von MAJOR et al. (1991) besteht zwischen dem genetischen Unterschied in der Lichtnutzungseffizienz und der Lichtaufnahme kein Zusammenhang.

2.4 Futterqualität

Der Futterwert des Silomaises verändert sich mit steigendem Kolbenanteil so, dass der Trockensubstanzgehalt, die Nährstoffkonzentration, die Verdaulichkeit und damit die Nährstoffaufnahme durch das Tier steigen (GROSS 1986, HEPTING 1992, EDER 1993).

Wesentliche Kriterien für den Einsatz des Silomaises in der Fütterung sind der Energieertrag (GJ NEL ha^{-1}), die Siloreife anhand des Trockensubstanzgehaltes der Gesamtpflanze und der Stärkegehalt in der Trockenmasse (HEPTING 1994).

Von den Witterungsfaktoren beeinflussen die Temperatur und die Lichtintensität besonders die futterwertbestimmenden Eigenschaften. Bei steigenden Temperaturen erhöht sich der Rohfasergehalt (DEINUM 1984, SOEGAARD 1984). Verschiedene Autoren (JENNER et al. 1993, LANDES 1993) wiesen bei Weizen auf die umgekehrt proportionale Beziehung zwischen Temperatur und Stärkeeinlagerung hin. Mit zunehmendem Alter geht eine zunehmende Lignifizierung der Rohfaser einher. Beide Prozesse führten zur Verschlechterung der Verdaulichkeit mit zunehmendem Alter der Pflanzen. Frühe Sorten weisen einen schneller ansteigenden Rohfasergehalt auf als mittelfrühe Sorten.

Übersteigt der relative Stärkeertrag den relativen Energieertrag, so liefert die Silomaisensorte ein sehr hochwertiges Futter, das eine Erfolg versprechende Verwertung bei Hochleistungstieren verspricht. Der in der Gesamtpflanze ermittelte Stärkegehalt wird durch den Stärkegehalt im Kolben und dem Kolbenanteil an der Trockenmasse der Maispflanze bestimmt. Die Stärkebildung beginnt mit der Kolbenbildung und nimmt mit der fortschreitenden Kolbenentwicklung zu (STÄHLIN 1968). Es besteht damit eine enge Beziehung zwischen dem Stärkegehalt und dem Kolbenanteil. Für die Ausbildung hoher Stärkegehalte ist eine ausreichende Niederschlagsversorgung sowie Lichtaufnahme notwendig. Ein höherer Stärkegehalt kann nur indirekt über die Schaffung eines möglichst großen Ertragspotentials erzielt werden, welches da-

mit gleichzeitig eine große Anziehungskraft für Assimilate (wie Saccharose) darstellt (SCHOOP 1986).

Bei der Beurteilung der Energiedichte eines Futtermittels interessiert nicht die Bruttoenergie, sondern die vom Tier verwertbare Nettoenergie. Für die Milchkuhhaltung ist das Energiebewertungssystem ‚Netto-Energie-Laktation‘ entwickelt worden (VAN ES 1986).

Silomais übertrifft in Energiedichte und -ertrag alle anderen Futterpflanzen. Die höhere Energiedichte in der Trockensubstanz von Maissilage mindert den Energiemangel im oberen Leistungsbogen der Hochleistungsperiode bei Milchkühen. Bei dem Bemühen, die Energiedichte im Grundfutter zu steigern, muss die Strukturwirkung der Maissilage beachtet werden. Diese ergibt sich aus der Struktur, dem Stärke-, dem Rohfaser-, dem Rohasche- und dem Trockensubstanzgehalt (ROHR 1975, HELLER und POTTHAST 1985).

Mit zunehmender Ausbildung der Körner nimmt die Energiedichte immer mehr zu, so dass bei einem guten Silomaisbestand die verdauliche Energie zu etwa 60 – 65 % allein von den Kolben geliefert wird (ZSCHEISCHLER et al. 1974). HEPTING (1988) stellte anhand der Entwicklung der Energiedichte in der Gesamt- und Restpflanze sowie im Kolben fest, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt der Ertrag insgesamt, aber auch im Kolben, besonders stark jedoch in der Restpflanze (Stängel, Blätter und Lieschblätter) zurückgeht. Der maximale Energiegehalt in der Restpflanze wird etwa zwei Wochen nach der Blüte erreicht. Danach geht der Energiegehalt in Folge steigender Rohfasergehalte und der Umlagerung der Nährstoffe in die Kolben sowie durch Atmungsverluste und durch das Absterben der unteren Blätter kontinuierlich zurück. Dieser Abbau ist bei höherer Bestandesdichte und ungünstiger Wasserversorgung stärker als bei gut mit Stickstoff und Wasser versorgten Pflanzen.

Neben den Wasser- und Temperaturverhältnissen am Standort beeinflusst auch der Sortentyp den Futterwert. Die Abreife der Restpflanze bedeutet einerseits einen Verlust an Ertrag, andererseits einen Qualitätsgewinn durch die indirekte Erhöhung des Kolbenanteils. Im Silomaisanbau ist wichtig, durch Nutzung der am Standort verfügbaren Vegetationszeit das sortenspezifische Leistungspotential besser auszuschöpfen, um hochwertiges Futter zu produzieren.

Die Höhe des Trockensubstanzgehaltes beeinflusst nicht nur die Energiedichte im Mais, sondern in hohem Maße die Silierbarkeit sowie Gärverluste. Der Gehalt an Nährstoffen und die Verdaulichkeit veränderte sich mit fortschreitender Vegetationszeit. Nach NÖSBERGER und BOBERFELD (1986) bzw. HUSSEN (1983) ist der optimale Erntetermin für den gesicherten Ertrag sowie Futterwerte unter mitteleuropäischen Klimaverhältnissen dann erreicht, wenn der

Trockensubstanzgehalt in der Gesamtpflanze 30 % (27-33 %) beträgt. Nach Untersuchungen von GROSS und AVERDUNK (1974) stieg durch eine Steigerung des Trockensubstanzgehaltes der Gehalt an Stärkeeinheiten. Im Zeitraum von Beginn der Milchreife bis zum Abschluß der Teigreife ging mit einer Steigerung des Trockensubstanzgehaltes von 12,3 auf 31,2 % der Rohfasergehalt von 13 % auf 8 % zurück. Der verdauliche Rohproteingehalt der Gesamtpflanze ging von 98 g kg⁻¹ auf 76 g kg⁻¹ zurück bei einer Steigerung des Trockensubstanzgehaltes des Kolbens von 46 % auf 68 % (GROSS und AVERDUNK. 1974). Bei einer Zunahme des Trockensubstanzgehaltes von 20 auf 25 % stieg der Energiegehalt von 555 bis 605 StE auf 629 bis 662 StE an (GROSS und PESCHKE 1980 a, b). Nach HUSSEN (1983) war der Erntetermin von den Sorten unterschiedlicher Siloreifezahl, Beregnung und klimatischen Bedingungen abhängig.

2.5 Methoden zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex

Nach MONTEITH (1977) ist die Trockenmasseproduktion der Pflanzen von der aufgenommenen photosynthetisch aktiven Strahlung (PhAR) der Pflanzen abhängig. Diese Abhängigkeit zwischen Trockenmasse und PhAR liefert eine praktikable Methode zur Analyse des Pflanzenwachstums (TOLLENAAR und BRUULSEMA 1988). Die Trockenmasseproduktion wird als das Produkt von drei Faktoren geschrieben:

$$\mathbf{P = e * f * S} \quad (4)$$

P = Trockenmasse, e = Transformationskoeffizient (Conversion Efficiency),
f = Anteil der von Pflanzen aufgenommenen Lichtmenge, S = PhAR pro m²

Dabei hängen die Faktoren e und f von pflanzenphysiologischen und genetischen Merkmalen sowie agrotechnischen Maßnahmen ab. Der Faktor S ist ein Witterungsfaktor, der über einen PhAR-Sensor (Ceptometer) gemessen werden kann. Die Lichtinterzeption wird nach Gleichung (3) berechnet.

Die Messung des **Blattflächenindex** ist eine wichtige Grundlage für die Beschreibung der Pflanzenentwicklung und der Lichtabsorption (DE WIT 1965, MCNAUGHTON und JARVIS 1983). Die richtige Wahl der Messmethoden zur Bestimmung des Blattflächenindex hängt immer von der Blattmorphologie der gemessenen Pflanzen, der Größenordnung der Messwerte (z. B. die genetisch bedingte Variation der Blattfläche zwischen den Pflanzen, Probenvorbereitung), der Messzeit, den verwendeten Messgeräten, der Zahl der aufgenommenen Proben und der

Verteilung der Pflanzen im Bestand ab (KVET und MARSHALL 1971). Nach DAUGHTRAY und HOLLINGER (1984) ist für die manuelle Messung des Blattflächenindex (Messung der Länge und Breite der einzelnen Blätter) ein hoher Zeitaufwand (6 Minuten pro gemessener Pflanze) erforderlich, um den Messfehler zu verringern, der durch die wenigen aufgenommenen Proben pro Versuchsparzelle verursacht wird. Der Zeitaufwand begrenzt ebenfalls die Anzahl der zu messenden Versuchspartzen.

Die Messung des Blattflächenindex mit dem Messgerät LAI-2000 ist weniger zeitaufwendig. Das Modell geht auf die Bestimmung der Lichttransmission zurück, die von der Lichtmenge unterhalb und oberhalb der Blattfläche eines Pflanzenbestandes abhängig ist (NORMAN und CAMPBELL 1989).

Mit dem mobilen Messgerät LAI-2000 können die Lichtinterzeption (LI), der Blattwinkel und der Blattflächenindex ohne Entnahme von Blättern aus dem Feldbestand ermittelt werden. Das Messgerät LAI-2000 wurde von LI-COR (LINCOLN, NE) entwickelt (WELLES und NORMAN 1991). Die Messmethode beruht auf folgender Theorie: Wenn die Sonnenstrahlung in den Pflanzenbestand eindringt, wird sie von den Blättern absorbiert. Die Möglichkeit der Lichtinterzeption ist proportional zur Weglänge, Blattdichte und Blatorientierung. Wenn die Blattstellung der Pflanzen senkrecht anstatt parallel zur Sonne ausgerichtet ist, wird die Lichtinterzeption größer.

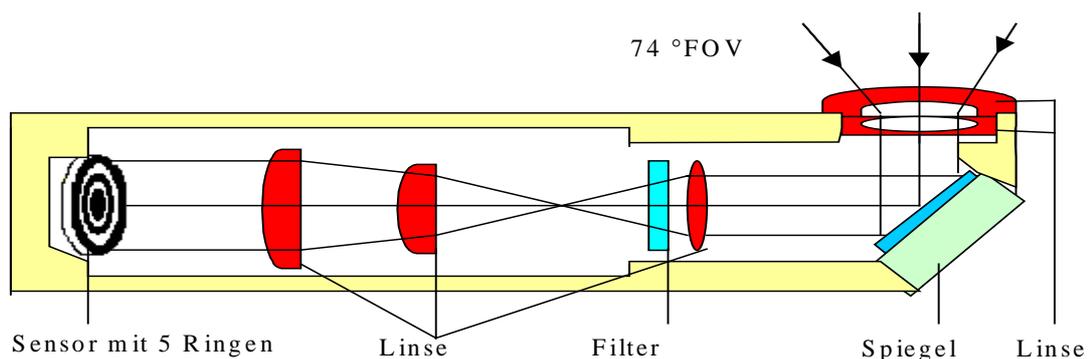


Abb. 4: Messgerät LAI-2000 zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex

Die Transmission der Sonnenstrahlung $T(\theta, \phi)$ wird in Richtung der Sonnenstrahlung nach Gleichung (5) beschrieben.

$$T(\theta, \phi) = \exp [-G(\theta, \phi) * \mu * S(\theta, \phi)] \quad (5)$$

$T(\theta, \phi)$ = Transmission (Möglichkeit der Durchdringung der Sonnenstrahlung).

$G(\theta, \phi)$ = in der Richtung (θ, ϕ) projektierter Anteil der Blätter.

μ = Blattdichte (Blattfläche m^2 pro m^3 Pflanzenbestand)

$S(\theta, \phi)$ = Weglänge (m) durch den Pflanzenbestand

θ = Zenit (Winkel zwischen Y- und Z-Achse)

ϕ = Seitenwinkel (Winkel zwischen X- und Y-Achse der Erde)

Weil der optische Sensor des Messgerätes LAI-2000 nur den Mittelwert aller Seitenwinkel misst, wird der Seitenwinkel ϕ weggelassen. Die Gleichung (5) wird beschrieben:

$$G(\theta) * \mu = - \ln (T(\theta)) * S(\theta)^{-1} = K(\theta) \quad (6)$$

$K(\theta)$ Kontaktfrequenz = Kontakt (Mittelwert) der Sonnenstrahlung/Weglänge bei Winkel θ

Eine Lösung für die Kontaktfrequenz $K(\theta)$ wurde von Miller (1967) entwickelt. Die Gleichung wird beschrieben:

$$\mu = 2 \int_0^{\pi/2} \ln (T(\theta)) * S(\theta)^{-1} * \sin \theta * d\theta \quad (7)$$

In einem beschatteten und gleichmäßig verteilten Pflanzenbestand ist die Blattdichte proportional zum Blattflächenindex (BFI) und zur Pflanzenhöhe (z).

$$BFI = \mu * z \quad (8)$$

$$S(\theta) = z * \cos \theta^{-1} \quad (9)$$

Aus der Gleichung (7), (8) und (9) wird der Blattflächenindex formuliert:

$$BFI = 2 \int_0^{\pi/2} \ln T(\theta) * \cos \theta * \sin \theta * d\theta \quad (10)$$

$$BFI = 2 \sum_{i=1}^5 - \ln(T_i) * S_i^{-1} * W_i \quad (11)$$

T_i = gemessene Transmission in i^{th} Ringe

S_i = gemessene Weglänge (m) durch den Pflanzenbestand in i^{th} Ringe

W_i = gemessene $\sin \theta * d\theta$ in i^{th} Ringe, die gleich 0,034; 0,104; 0,160; 0,218 und 0,484 sind.

Das Messgerät LAI-2000 liefert einen Wert für den Blattflächenindex auf Basis der mittels der fünf Ringe des Sensors (Abb. 4) aufgenommenen Messwerte der Transmission und der Gleichung (11), die sich durch Umformen der Gleichung (10) ergibt. Die fünf normalisierten Si-Werte ($1/\cos\theta$), 1,008; 1,087; 1,270; 1,662 und 2,670 sind im Messgerät gespeichert. Die Berechnung des Blattflächenindexes mittels Messgerät LAI-2000 beruht auf folgenden Annahmen:

- Der Sensor misst nur die Strahlung, die nicht von den Blättern behindert wird. Die Blätter sind nicht durchsichtig und reflektieren kaum Licht.
- Die Blätter sind im ganzen Pflanzenbestand normal verteilt.
- Die Blätter sind in Bezug auf die XY-Ebene normal orientiert.
- Die Blätter sind kleiner als der 4fache Abstand zwischen Sensor und Blatt.

Weil die Länge der Blätter bei Mais vier mal größer ist als der Abstand zwischen Sensor und Blatt und damit die Annahme 4 nicht erfüllt ist, muss in diesem Fall ein zusätzliches Verfahren zur Bestimmung des Blattflächenindexes mittels LAI-2000 während der Messung durchgeführt werden (STANLEY und ROBERT 1995).

Die Bestimmung des Blattflächenindexes mit dem Messgerät LAI-2000 erfolgt mindestens an vier Stellen einer Parzelle. An jeder Stelle wurden, entsprechend den Richtlinien des Herstellers, vier einzelne Messungen auf einer Diagonalen zwischen zwei benachbarten Reihen vorgenommen. Nach den Untersuchungen bei Sojabohnen, Winterweizen usw. mittels Messgerät LAI-2000 von WELLES et al. (1991) sind der Blattflächenindex und die Verteilung der Blattwinkel als verwendete Indizes für die Blattdichte ($\text{m}^2 \text{m}^{-3}$) und Blattwinkel geeignet.

Die nach WELLES und NORMAN (1991) ermittelte Abweichung der Blattflächenindex-Messung an einem Tag lag unter 10 %. Unter der direkten Sonneneinstrahlung nahm der Messfehler des Blattflächenindexes bei anderen Pflanzenarten um 30 % zu. Die Änderung der Helligkeit des Himmels im Tagesverlauf kann ca. 10 % des Messfehlers verursachen.

3 Standort, Material und Methoden

3.1 Standortbeschreibung

Der Versuchsstandort Berge (Versuchsstation Pflanzenbauwissenschaften, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin) liegt im Land Brandenburg im Übergangsbereich zwischen dem stärker maritim beeinflussten norddeutschen Tiefland und dem kontinentalen osteuropäischen Festland. Der diluviale Standort lässt ein biotisches Ertragspotential zwischen ‚gering‘ und ‚mittel‘ erwarten (Tab. 4). In diesem Grenzbereich mit mittleren Temperaturamplituden zwischen Sommer und Winter ist aus klimatischer Sicht der Anbau von Silomaisarten möglich, wobei das Wasserangebot am Standort zum ertragslimitierenden Faktor werden kann.

Tab. 4: Kurzcharakteristik des Versuchsstandortes Berge

Geographische Lage			
Latitude	52° 37" N		
Longitude	12° 47" E		
Höhe ü. NN	40 m		
Bodenverhältnisse (Ap-Horizont)			
Standortregionaltyp	D 4a Nord		
Bodentyp	Parabraunerde, Fahlerde		
Bodenart			
Krume	lehmiger Sand bis sandiger Lehm		
Unterboden	Sand bis sandiger Lehm		
Bodenstruktur			
Sandanteil (%)	75,6		
Schluffanteil (%)	16,6		
Tonanteil (%)	7,8		
Chemische Bodeneigenschaften			
pH	6,6	P _{DL}	24,1
Corg (%)	0,8	K _{DL} (mg/100g Boden)	13,0
Nt (%)	0,08	Mg _{DL}	5,9
Physikalische Bodeneigenschaften			
Trockenrohichte (g cm ⁻³)	1,74	Porenvolumen	33,1
Nutzbare Feldkapazität (nFK) mm dm ⁻¹	22,4		
Ackerzahl	40		

[Quelle : Abschlussbericht des interdisziplinären DFG-Projektes Ri 640 (1999)]

Die Klimamittelwerte von 1961-1990 sowie Temperaturen und Niederschläge der Versuchsjahre 1997 und 1998 sind der Abb. 5 zu entnehmen. In den Jahren 1997 und 1998 entfielen 226,9 mm bzw. 185,5 mm Niederschlag auf den Zeitraum von Mai bis September, der für das Maiswachstum entscheidend ist. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8,7 °C.

Ende April waren in beiden Versuchsjahren die für die Maisbestellung notwendigen Bodentemperaturen von 8 bis 10 °C erreicht. Die Monate Mai und August waren im Vergleich zum langjährigen Mittel wärmer. Während der Zeit des größten Wasserbedarfs des Mais im Juli und August traten in den letzten Jahren häufig Trockenperioden auf, die zu Trockenstress geführt haben. Die überdurchschnittlich hohen Temperaturen und Wassermangel im August (1997 und 1998) führten zu einer deutlich früheren Reife der Maisbestände im Vergleich zum durchschnittlichen Reifeverlauf der Jahre.

Der Witterungsverlauf im Sommer 1998 förderte eine gute Entwicklung des Mais. Durch die Trockenheit sowie zunehmende Wärme ab dem 20. 07. 1998 setzte aber eine deutliche Abnahme der Blattfläche ein. Im Jahre 1998 lag die Sonnenscheindauer unter dem langjährigen Mittel. Die Globalstrahlung wird erst seit dem Jahre 1994 am Standort Berge mittels einer automatischen Wetterstation gemessen. Auf langjährige Daten für diesen Parameter kann aus diesem Grunde nicht zurückgegriffen werden.

Der Befall mit Fritfliege und Maisbeulenbrand war im Jahre 1998 gering.

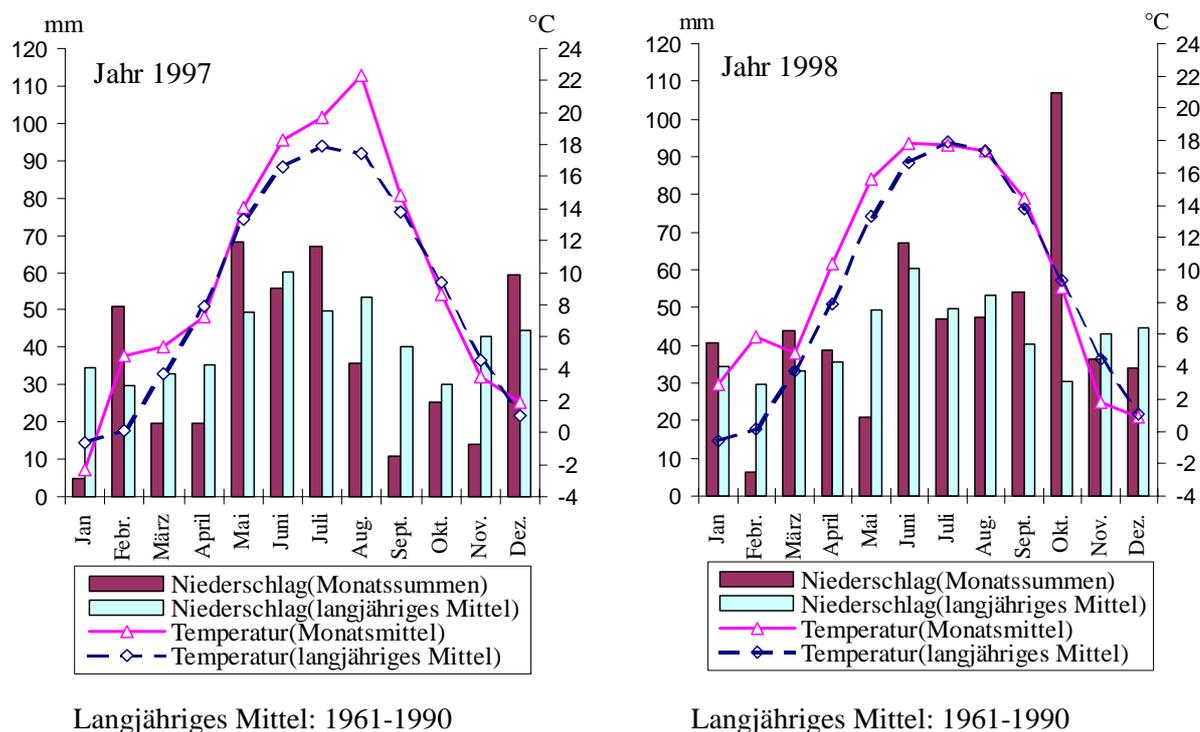


Abb. 5: Klima- und Witterungsverläufe am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998

Im Vergleich zum Jahre 1998 ist das Jahr 1997 durch die längere Sonnenscheindauer und höhere Globalstrahlung von Anfang Mai bis Ende August gekennzeichnet (Tab. 5).

Tab. 5: Sonnenscheindauer und Globalstrahlung für den Versuchsstandort Berge

Monat	Sonnenscheindauer in Stunden (Monatssumme)			Globalstrahlung MJ m ² (Monatssumme)	
	1)	1997	1998	1997	1998
April	171	164	113	427	361
Mai	223	208	226	576	588
Juni	243	251	161	655	557
Juli	228	224	188	576	527
August	214	237	193	521	470
September	174	178	88	316	267
Jahr	1708	1715	1373	3935	3536

1) langjähriges Mittel: 1961-1990

3.2 Versuchsbeschreibung

3.2.1 Landessortenversuche Brandenburg

In den Landessortenversuchen Brandenburg am Standort Berge wurden in den Jahren 1997 und 1998 28 bzw. 33 Sorten geprüft, die in die Reifegruppen „früh“ und „mittelfrüh“ unterteilt sind. Aus beiden Reifegruppen wurden jeweils 13 Sorten ausgewählt (Tab. 6 und 7), die in beiden Jahren in der Prüfung standen. Für die Landessortenversuche gab es einige grundlegende Neuerungen. So sind die bisherigen FAO-Zahlen seit 1998 durch nutzungsspezifische Reifezahlen ersetzt worden. Für die Vergabe der Siloreifezahl ist der Trockensubstanzgehalt in der Gesamtpflanze maßgebend. Dieser Optimalbereich für die Silierung ist in Abhängigkeit vom Sortentyp zu sehen.

Eine Differenz in der Siloreifezahl von 10 entspricht einem Unterschied im Trockensubstanzgehalt der Gesamtpflanze von einem Prozentpunkt bzw. von 1 bis 2 Tagen in der Ausreife. Die Zuordnung der Maissorten in die Reifegruppen nach FAO-Zahl berücksichtigte z. B. nicht eine unterschiedliche Abreife der Restpflanze. Deshalb änderte sich in den Versuchsjahren die Zuordnung einzelner Sorten zu den Reifegruppen. So sind z. B. die nach der neuen Einteilung mittelfrühen Sorten *Agadir* (S 230), *Achat* (S 240), *Santiago* (S 240), *Trento* (S 240) noch im frühen Sortiment mitgeprüft worden. Die Versuchsdurchführung ist für die Landessortenversuche aus Tab. 8 und 9 ersichtlich.

Tab. 6: Silomaisorten (Reifegruppe „früh“) im Landessortenversuch Brandenburg am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998

<i>Sorte</i>	Siloreife- zahl	Hybrid- form	Nutzungsrich- tung	Blattstellung	Versuch 1 1997	Versuch 3 1998
<i>Antares</i>	S 190	S	(S),(K)	N	X	X
<i>Arsenal</i>	S 210	S	(S),(K)	N	X	X
<i>Marquis</i>	S 220	T	(S)	N	X	X
<i>Akim</i>	S 220	S	(S),(K)	HT	X	X
<i>Symphony</i>	S 220	S	(S)	-	X	X
<i>Agadir</i>	S 230	T	(S)	HT	X	X
<i>Canberra</i>	S 230	T	(S),(K)	HT	X	X
<i>Noveta</i>	S 230	S	(S),(K)	HT	X	X
<i>Helix</i>	S 230	S	(S),(K)	HT	X	X
<i>Volvik</i>	S 230	T	(S)	N	X	X
<i>Achat</i>	S 240	S	(S),(K)	HT	X	X
<i>Santiago</i>	S 240	S	(S)	HT	X	X
<i>Trento</i>	S 240	S	(S)	-	X	X
<i>Lincoln</i>	S 200	T	(S)	-	X	
<i>Aral</i>	S 210	T	(S),(K)	-	X	
<i>Rasant</i>	S 210	T	(S)	-	X	
<i>Jericho</i>	S 220	T	(S),(K)	-	X	
<i>Toledo</i>	S 230	S	(S),(K)	-	X	
<i>Bergamo</i>	S 230	T	(S),(K)	-	X	
<i>Lava</i>	S 230	T	(S),(K)	-	X	
<i>Banquise</i>	S 210	S	(S),(K)	HT		X
<i>Goldoli</i>	S 210	T	(S)	N		X
<i>Ulla</i>	S 210	S	(S),(K)	N		X
<i>Byzance</i>	S 210	S	(S)	-		X
<i>Belfor</i>	S 220	S	(S),(K)	HT		X
<i>Monitor</i>	S 220	S	(S)	HT		X
<i>Pedro</i>	S 220	T	(S)	HT		X
<i>Volens</i>	S 220	S	(S)	-		X

S= Einfachhybride, T= Dreiweghybride,

(S)= geeignet zur Silomaisnutzung, (K)= geeignet zur Körnermaisnutzung,

N= normale Blattstellung, HT= pyramidaler Wuchstyp, - = keine Angaben.

X= die Sorte wurde in diesem Jahre geprüft

[Quelle : <http://www.maiskomitee.de/f-arbeit> und Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Sortenblatt, Silo- und Körnermais-Ausgabe 2000]

Tab. 7: Silomaisorten (Reifegruppe „mittelfrüh“) im Landessortenversuch Brandenburg am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998

Sorte	Siloreifezahl	Hybridform	Nutungsrichtung	Blattstellung	Versuch 2 1997	Versuch 4 1998
<i>Kerkenna</i>	S 230	S	(S)	HT	X	X
<i>Limatop</i>	S 230	T	(S),(K)	HT	X	X
<i>List</i>	S 230	T	(S)	HT	X	X
<i>Türkis</i>	S 230	T	(S),(K)	N	X	X
<i>Banguy</i>	ca. S 240 ¹⁾	S	(S),(K)	N	X	X
<i>Attribut</i>	S 240	T	(S)	HT	X	X
<i>Harpun</i>	S 240	T	(S),(K)	HT	X	X
<i>Lenz</i>	S 240	T	(S),(K)	HT	X	X
<i>Lorenzo</i>	S 240	S	(S)	N	X	X
<i>Major</i>	S 250	S	(S)	HT	X	X
<i>Ilias</i>	S 250	S	(S),(K)	HT	X	X
<i>Kampala</i>	S 250	S	(S)	HT	X	X
<i>Magister</i>	S 250	S	(S)	N	X	X
<i>Tomasso</i>	S 200	T	(S),(K)	-	X	
<i>Kanzler</i>	S 220	S	(S)	-	X	
<i>Latour</i>	S 230	T	(S)	-	X	
<i>Olivin</i>	S 230	S	(S),(K)	-	X	
<i>Friivol</i>	S 230	S	(S),(K)	-	X	
<i>Arnold</i>	S 240	S	(S),(K)	-	X	
<i>Limastar</i>	S 240	T	(S),(K)	-	X	
<i>Bosco</i>	S 240	S	(S),(K)	-	X	
<i>Safrane</i>	S 250	S	(S),(K)	-	X	
<i>Atoll</i>	S 230	T	(S),(K)	HT		X
<i>Javotte</i>	S 230	S	(S),(K)	HT		X
<i>Lopez</i>	S 230	T	(S)	HT		X
<i>Probat</i>	S 230	S	(S)	-		X
<i>Argument</i>	S 240	T	(S),(K)	N		X
<i>Caballero</i>	S 240	S	(S)	HT		X
<i>Florett</i>	S 240	T	(S),(K)	HT		X
<i>Irene</i>	S 240	S	(S),(K)	-		X
<i>Limabest</i>	S 240	T	(S)	HT		X
<i>Carrera</i>	S 250	S	(S),(K)	HT		X
<i>Fuego</i>	S 250	S	(K)	HT		X

siehe Legende Tab. 6

1) [Quelle: <http://www.nickerson.de>]

Tab. 8: Versuchsstruktur, Versuchsfaktoren, Pflegearbeiten, Düngung, Nährstoffversorgung und Erntetermine der Landessortenversuche Brandenburg am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998

Versuch		1	2	3	4
Versuchsjahr		1997	1997	1998	1998
Reifegruppe		früh	mittelfrüh	früh	mittelfrüh
Versuchs- anlagen	Anagemethode	Blockanlage			
	Prüffaktor	Sorte	Sorte	Sorte	Sorte
	Zahl der Prüfglieder	20	22	21	25
	Zahl der Wiederholungen	4	4	4	4
	Größe der Teilstücke (m ²)	30	30	30	30
		(10 m Länge*3 m Breite)			
	Reihenentfernung (cm)	75	75	75	75
	Abstand in der Reihe (cm)	16,7	16,7	16,7	16,7
	Bestandesdichte (Pfl. m ⁻²)	8	8	8	8
	Zahl der Teilstücke	80	88	84	100
Düngung (kg ha⁻¹)	10 dt ha ⁻¹ Branntkalk (75 % CaO 1,5 % MgO)	-	-	11.8.1997	24.9.1997
	KAS kg N ha ⁻¹	100	100	100	100
	Termin der N-Gabe	25.04.1997	25.04.1997	23.04.1998	23.04.1998
	NP-Unterfußdüngung	02.05.1997	02.05.1997	30.04.1998	30.04.1998
Boden- bearbeitug	Scheiben	23.08.1996	23.08.1996	12.08.1997	12.08.1997
	Herbstfurche	11.11.1996	11.11.1996	30.09.1997	20.11.1997
	Saatbettkombination	14.03.1997	14.03.1997	26.03.1998	26.03.1998
Insektizid	0,2 l ha ⁻¹ Karate 300	16.05.1997	16.05.1997		
	0,15 kg ha ⁻¹ Karate WG			11./13.05.9 8	11./13.05.9 8
Herbizid	4,5 l ha ⁻¹ Gardoprim Plus +2 kg ha ⁻¹ Lentagran WP (Zintan-Pack)	23.05.1997	23.05.1997	19.05.1998	19.05.1998
Aussaat		02.05.1997	02.05.1997	30.04.1998	30.04.1998
Ernte		3(4).9.1997	08.09.1997	04.09.1998	07.09.1998

Tab. 9: Prüfmerkmale, Messmethoden und Messtermine in den Landessortenversuchen (Versuche 1 bis 4) am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998

Prüfmerkmal	Versuch	Messtermine	Messmethode/ Messgerät
Trockenmasse (dt ha ⁻¹) Trockensubstanz gehalt (%)	1	3(4).9.1997	Ernte der zwei Kernreihen pro Parzelle automatische Wägung des Ernteguts Einwaage von 1000 g Erntegut Trocknung bei 105 °C, 24 Stunden (Massekonstanz), Rückwaage
	2	08.09.1997	
	3	04.09.1998	
	4	07.09.1998	
Lichtinterzeption (LI %)	1	03.06.1997	je fünf Messungen pro Parzelle Ceptometer (Decagon Devices, Inc) LI (%) = [1-Lichtmenge oberhalb der Blattschicht (PhAR)/Lichtmenge unterhalb der Blattschicht (PhAR)]*100
		19.06.1997	
	2	03.07.1997	
		17.07.1997	
	3	29.07.1997	
		14.08.1997	
		25.06.1998	
		09.07.1998	
4	21.07.1998		
	07.08.1998		
Stärkegehalt (%) Rohproteingehalt (%) Rohfasergehalt (%)	1	<u>Energieschätzformeln für NIRS-Anwendung</u> (abgeleitet nach WEIBBACH 1996a, b)	
	2	$NEL = \frac{ME * [48,8103 - 0,49343 * XA + 0,1486 * ElosT + 0,0289 * XP]}{(100 - XA)}$	
	3	$ME = 2,27 - 0,027 * XA + 0,12 * ElosT + 0,0234 * XP$	
	4	XA = Rohaschegehalt in % (5 % angenommen, da über NIRS kein XA-Wert ausgewiesen wird)	
Umsetzbare Energie, Nettoenergie-Laktion (MJ NEL kg ⁻¹ TM) Energieertrag (GJ NEL ha ⁻¹)	1	ElosT = enzymlösliche org. Substanz in %	
	2	XP = Rohproteingehalt in % <u>Schätzung nach nasschemischer Bestimmung</u> (XA, XF und XP)	
	3	$NEL = ME [0,46 + 12,38 * ME / (100 - XA)]$	
	4	$ME = 14,36 - 0,0147 * XA - 0,0117 * XF - 0,0000128 * XF^2 + 0,00234 * XP$	
Blattflächenindex	1	03.06.1997	BFI = -ln(1-LI) * k ⁻¹ LI von 1997 k aus den Versuchen I und II von 1998
		19.06.1997	
		03.07.1997	
		17.07.1997	
	2	29.07.1997	
		14.08.1997	
	3		
	4		

Die NIRS-Analyse (Nahinfrarot-Reflexions-Spektroskopie) wird im landwirtschaftlichen Bereich zur Bestimmung der Parameter Rohprotein, Rohfaser, Rohasche, enzymlösliche organische Substanz, Stärke, Protein und Feuchte eingesetzt (Abb. 6). Diese Inhaltsstoffe weisen im nahinfraroten Spektralbereich sehr deutlich ausgeprägte Absorptionsbänder auf. Die NIRS-Analytik und die Schätzgleichungen nach WEISSBACH (1996 a,b) liefern detaillierte Angaben zu den Futterwertparametern sowie zur Energiedichte (Abb. 6). Die NIRS-Analyse beruht auf der Messung der Lichtreflexion bekannter, nasschemisch untersuchter Silomaisproben (NAETHER und CLAUS 1998). Die Genauigkeit der NIRS-Schätzwerte entspricht denen der nasschemischen Analysen nach Methodenbuch der LUFA.

Die von WEISSBACH (1996) entwickelten Schätzformeln für die Energiedichte beim Silomais basieren auf den Gehalten an enzymlösbarer organischer Substanz, Asche und Rohprotein. Die Netto-Energie-Laktation (NEL) bezieht sich auf die Milchleistung. Die Energiedichte des aufgewachsenen Futters wird gut beschrieben und damit eine genaue energetische Rationsberechnung möglich (DEGENHARDT 1996, ANONYMUS DMK 1996).

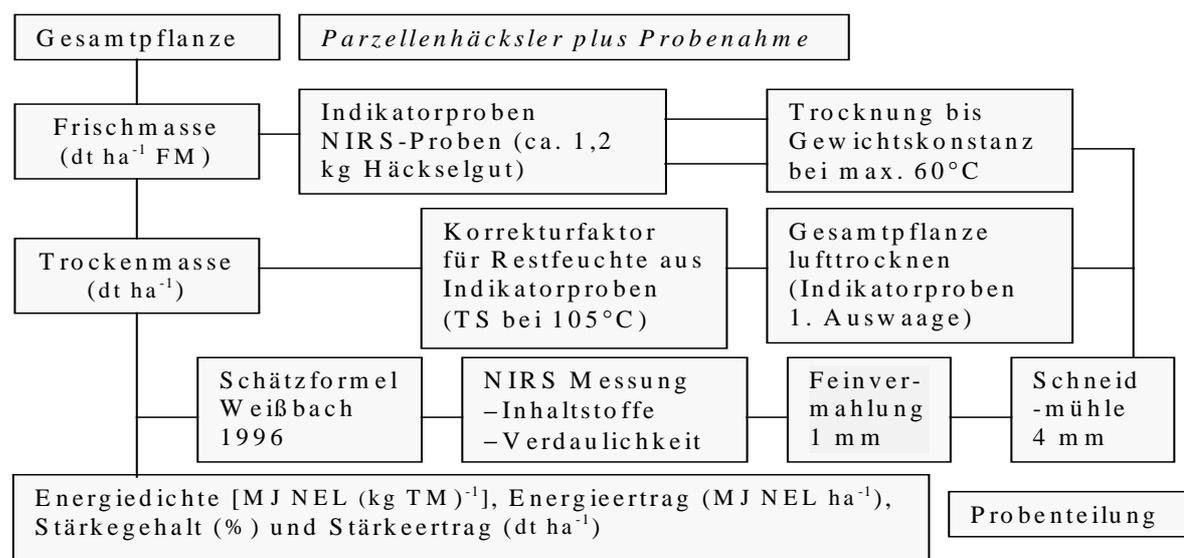


Abb. 6: Probenahme bei Silomais zur Ermittlung des Futterwertes nach Ganzpflanzen- und NIRS-Analyse (Quelle: NAETHER et al. 1998)

3.2.2 Versuche zum Einfluss von Sorte und Bestandesdichte

Im Jahre 1998 wurden zusätzlich Versuche mit jeweils zwei Sorten der Reifegruppe „früh“ und „mittelfrüh“ aus den Landessortenversuchen durchgeführt (Tab. 10 und 11). Innerhalb einer Reifegruppe unterscheiden sich die Sorten in der Blattstellung. Unter „pyramidalem

Wuchstyp“ wird verstanden, dass die Blätter oberhalb des Kolbens steiler aufrecht stehen, das Kolbenblatt und die Blätter unterhalb des Kolbens dagegen mehr horizontal ausgerichtet sind (siehe Abb. A1 im Anhang).

Tab. 10: Versuchsanstellung, Düngung und Erntetermine in den zweifaktoriellen Versuchen (I und II) am Standort Berge im Jahre 1998

	Versuch	I	II
	Versuchsjahr Reifegruppe	1998 früh	1998 mittelfrüh
Versuchsanlage Prüffaktor und Stufen	Faktor A: Sorte ¹⁾	Spaltanlage a1 <i>Arsenal</i> (normaler Wuchstyp) a2 <i>Agadir</i> (pyramidaler Wuchstyp)	Spaltanlage a1 <i>Banguy</i> (normaler Wuchstyp) a2 <i>Attribut</i> (pyramidaler Wuchstyp)
	Faktor B: Bestandesdichte	b1 8 Pflanzen m ⁻² b2 10 Pflanzen m ⁻²	b1 8 Pflanzen m ⁻² b2 10 Pflanzen m ⁻²
	Zahl der Prüfglieder:	4	4
	Zahl der Wiederholungen	4	4
	Parzellengröße (m ²)	10 m*3 m=30 m ²	10 m*3 m=30 m ²
Reihenentfernung (cm)	75	75	
Abstand in der Reihe (cm)	13,3 bei 10 Pflanzen m ⁻²) 16,7 bei 8 Pflanzen m ⁻²	13,3 bei 10 Pflanzen m ⁻²) 16,7 bei 8 Pflanzen m ⁻²	
Zahl der Teilstücke	16 (+8 für Zwischenernten)	16 (+8 für Zwischenernten)	
Düngung (kg ha⁻¹)	N (Kalkammonsalpeter) Termin der N-Gabe P	100 23.04.1998 Unterfußdüngung	100 23.04.1998 Unterfußdüngung
Bodenbearbeitung	Herbstfurche	30.09.1997	20.11.1997
Insektizid	Saatbettkombination	26.03.1998	26.03.1998
Herbizid	0,15 kg ha ⁻¹ Karate WG 4,5 l ha ⁻¹ Gardoprim Plus +2 kg ha ⁻¹ Lentagran WP (Zintan-Pack)	11.05.1998 19.05.1998	11.05.1998 19.05.1998
Aussaat- termin		29.4.1998	29.04.1998
Ernte		31.08.1998	01.09.1998

1) Die Sorte *Agadir* war ursprünglich nach der alten Reifeinteilung mit einer FAO-Zahl von 220 in der Reifegruppe „früh“ eingruppiert, aber nach der neuen Einteilung über die Siloreifezahlen mit S 230 im Jahre 1998 in die Reifegruppe „mittelfrüh“ zugeordnet worden..

Tab. 11: Prüfmerkmale und Messmethoden der Parzellenversuche I und II im Jahre 1998

Prüfmerkmal	Messtermine	BBCH-Stadium	Messmethode/ Messgerät
Trockenmasseertrag (dt ha ⁻¹) Trockensubstanzgehalt (%) ¹⁾ Stärkegehalt (%) Rohprotein (%) Rohfasergehalt (%) Energiedichte (MJ NEL kg ⁻¹) Energieertrag (GJ NEL ha ⁻¹)	31.08.1998 (I) 01.09.1998 (II)	84 84	Ernte von 2 Kernreihen je Parzelle NIRS-Analyse ²⁾ (siehe Abb. 6 und Tab. 9) Teilen von 10 Pflanzen aus einer Kernreihe in die Abschnitte: Pflanze oberhalb des Kolbens Pflanze unterhalb des Kolbens Kolben Lieschblätter
Zuwachsrate der Trockenmasse (dt ha ⁻¹ d ⁻¹) Kolbenertrag (dt ha ⁻¹) Kolbenanteil (%)	19.05. bis 24.08.1998 06.07. bis 24.08.1998	15 bis 83 39 bis 83	wöchentliche Entnahme und Trennen von je 3 Pflanzen per Hand aus zusätzlich angelegten Zwischenernte-Parzellen in die Abschnitte: 0-50 cm 50-100 cm 100-150 cm > 150 cm (Kolben + Lieschblätter) Kolbenanteil am Trockenmasseertrag
Kolbenansatzhöhe (cm) Pflanzenhöhe (cm)	30.07.1998 30.07.1998	71 71	alle Pflanzen einer Kernreihe alle Pflanzen einer Kernreihe
Blattflächenindex (BFIman) Blattzahl Einzelblattfläche Lebensdauer der Blätter (in Tagen)	19.05. bis 24.08.1998	15 bis 83	wöchentliche Messung und Beobachtung an drei hintereinanderstehenden Pflanzen in einer Kernreihe (Gleichung 12, Tab. A1, Abb. 7)

Tab. 11: Prüfmerkmale und Messmethoden der Versuche I und II im Jahre 1998 (Fortsetzung)

Prüfmerkmal	Messtermine	BBCI-Stadium	Messmethode/ Messgerät
Blattflächenindex (BFI _{lai}) Blattwinkel	13.06 bis 24.08.1998	30 bis 83	wöchentliche Messung in diagonaler Richtung zwischen den Maisreihen mit 4 Wiederholungen pro Parzelle Messgerät LAI-2000
	02.07. bis 24.08.1998	38 bis 83	Messung in den Abschnitten: 0-50 cm 50-100 cm 100-150 cm > 150 cm
Lichtinterzeption (LI %) L_{lin} L_{Izw}	13.05. bis 24.08.1998	13 bis 83	wöchentliche Messung mit Ceptometer in der Maisreihe (L_{lin}) zwischen den Maisreihen (L_{Izw})
	11.06. bis 24.08.1998		partiell in den Abschnitten des Maisbestandes von je 25 cm
L_{lai}	11.06. bis 24.08.1998		mit Messgerät LAI-2000 (siehe BFI_{lai})
Aufgenommene Lichtenergie (PhAR MJ m⁻²) ³⁾			PhAR = 0,49 * 0,36 MJ W ⁻¹ *Globalstrahlung (W m ⁻²) * LI
Lichtextinktionskoeffizient k ⁴⁾			$k = -\ln(1-LI) / BFI$
Lichtnutzungseffizienz (LUE)	19.05. bis 24.08.1998	15 bis 83	lineare Regression zwischen PhAR und Trockenmasseertrag Regressionskoeffizient (Anstieg) kennzeichnet LUE

1) Wenn der Trockensubstanzgehalt in der Gesamtpflanze ca. 30 % beträgt, ist der optimale Erntetermin erreicht.

2) Parallel zur NIRS-Bestimmung wurden in den Versuchen I und II nasschemisch der N-Gehalt nach KJELDAHL (Rohproteingehalt=N-Gehalt * 6,25), der Rohfaser- sowie der Rohaschegehalt bestimmt.

3) Eine kontinuierliche Bestimmung des aufgenommenen Lichtes während des Maiswachstums ergab sich aus Globalstrahlung und Lichtinterzeption. Der Faktor 0,49 leitet sich aus der Annahme her, dass die Hälfte des Lichtes von der Pflanze aufgenommen wird (MONTEITH 1965, MEEK et al. 1984).

4) Unter Einbeziehung aller Methoden zur Bestimmung von BFI und LI sowie aller Messtermine wurde k bestimmt.

3.3 Messung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex

Die von Pflanzen aufgenommene Lichtmenge wird prozentual zur gesamten Lichtintensität angegeben. Für die Berechnung der **Lichtinterzeption** wurde der von den Blättern reflektierte Anteil der Einstrahlung vernachlässigt, der nach LARCHER (1984) im Bereich der photosynthetisch aktiven Strahlung zwischen 6 bis 12 % liegt. Mit dieser Vereinfachung ergibt sich die Lichtabsorption aus der Differenz zwischen aktueller Einstrahlung und Transmission nach Gleichung (3). Die Messtermine im Zeitraum sind aus Tab. 9 und 11 ersichtlich. Zur Bestimmung der Lichtinterzeption in den Landessortenversuchen wurde ein Ceptometer der Firma LI-COR (Decagon Devices, Inc.) verwendet. Das Ceptometer ist ein Stabmeter [100 cm (Länge) * 1 cm (Breite) * 1,5 cm (Höhe)], auf dem 80 Punkte des Sensors (Photodiode) enthalten sind. Die aus den 80 Messpunkten des Sensors akkumulierten Messwerte können durch einen Mikroprozessor des Ceptometers gespeichert und berechnet werden, woraus sich der Mittelwert für die photosynthetisch aktive Strahlung ergibt. Das Ceptometer eignet sich für Messungen während der Mittagszeit (12:00 Uhr \pm 2 Stunden) unter direkter Sonneneinstrahlung. Hierbei ist der Messfehler, der durch das nicht direkt auf den Sensor fallende Licht verursacht wird, am geringsten. Die photosynthetisch aktive Strahlung (Wellenlängenbereich 400–700 nm) oberhalb und unterhalb der Blattfläche wurde in kurzem Zeitabstand gemessen (Messung horizontal über der Bodenoberfläche; zwischen zwei benachbarten Maisreihen; innerhalb der Reihe; oberhalb des Pflanzenbestandes). Dieser Messvorgang wurde an fünf Stellen einer Parzelle wiederholt. Ein zweites Messgerät, Blattflächenindex-Messgerät LAI-2000, wurde auch zur Lichtmessung verwendet.

Die Bestimmung des Blattflächenindexes erfolgte über eine manuelle Messung der einzelnen Blätter der Maispflanzen und dem Messgerät LAI-2000, mit dem auch die Parameter Blattflächenindex, Lichtinterzeption und Blattwinkel gemessen werden können. Das Messgerät LAI-2000 liefert im Gegensatz zu der manuellen Messung eine schnellere Bestimmung des Blattflächenindexes. Das Ziel dieser Messungen des Blattflächenindexes bzw. der Lichtinterzeption war, die Korrelation zwischen den Methoden je nach Sorte und Messtermin zu bestimmen. Anhand der Korrelationen zum Parameter Trockenmasseertrag soll exemplarisch für das Jahr 1998 die Sicherheit der unterschiedlichen Messmethoden für die Bestimmung des Blattflächenindexes beurteilt werden.

Die Bestimmung des Blattflächenindexes (BFIman) erfolgte durch Messen von Länge und Breite der Maisblätter an drei hintereinander stehenden Pflanzen innerhalb einer Kernreihe.

Die Blattfläche jedes einzelnen Blattes ergab sich aus der Multiplikation von Länge und Breite mit einem Korrekturfaktor b1 (Abb. 7):

$$BF_i = \text{Länge (cm)} * \text{Breite (cm)} * \text{Faktor } b_1 \quad (12)$$

BF_i = Einzelblattfläche des Blattes i

Der Koeffizient b₁ ist abhängig vom Einzelblatt und der Blattentwicklung;

b₁ lag zwischen 0,65 -0,80 (KVET et al. 1971, HATFIELD et al. 1976)

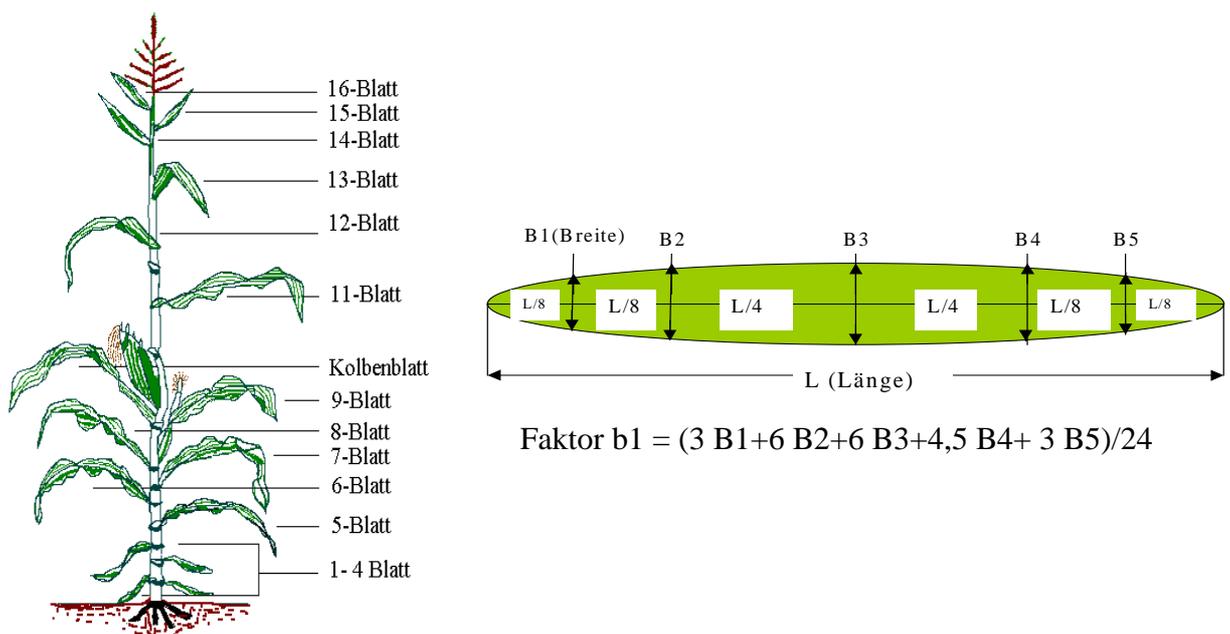


Abb. 7: Einzelne Blätter der Maispflanze, je Blatt gemessene Länge L und Breite B zur Schätzung des Faktors b₁ und Schätzformel für den Faktor b₁

Der Blattflächenindex einer Parzelle wurde aus der Blattfläche aller Einzelblätter (cm²) einer Pflanze und aus der Bestandesdichte (Pflanzen m⁻²) berechnet.

$$\text{Blattflächenindex} = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^m (BF_i) * \text{BSD} / 30000 \quad (13)$$

m = Anzahl der in der Pflanze j inserierten Einzelblätter

BSD = Bestandesdichte in Pflanzen m⁻²

30000 = Umrechnungsfaktor der Blattfläche von cm² in m² von drei Pflanzen

Der Faktor b₁ liegt je nach Sorte und Entwicklungsstadium zwischen 0,75 und 0,79 (einzelne Blätter siehe Tab. A1 im Anhang).

Die Bestimmung des Blattflächenindexes erfolgte außerdem mit dem Messgerät LAI-2000.

An vier Stellen einer Parzelle wurden jeweils vier Messungen auf einer Diagonalen zwischen zwei benachbarten Maisreihen vorgenommen. Das Messgerät LAI-2000 ist unter Feldbedingungen nur einzusetzen, wenn keine direkte Sonneneinstrahlung vorliegt. Um den Messfehler möglichst gering zu halten, wurden die Messungen auf die Zeiträume eine Stunde vor Sonnenaufgang bzw. eine Stunde vor Sonnenuntergang beschränkt.

3.4 Statistische Auswertung

Die Prüfung der Differenzen zwischen den Mittelwerten der Prüfglieder erfolgte mit dem F-Test bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$. Die Varianzanalysen und die Berechnung von Korrelationen und Regressionen einschließlich ihrer F-Wert-Bestimmungen wurden mit der Statistik-Software EFDAS 3.2 und Statistica 6.0 (RÖHR 1997) durchgeführt. Die Grenzdifferenzen des t-Tests (* signifikant bei Irrtumswahrscheinlichkeit α von 5 %, n. s. nicht signifikant bei Irrtumswahrscheinlichkeit α von 5%) wurden für die Haupt- und Wechselwirkungen berechnet.

Die Ergebnisse zu den Verläufen (z. B. Blattwinkel) wurden mittels FFT-Algorithmus (Fast-Fourier-Transformationen) nach COOLEY und TUKEY (1965) ausgewertet. Es wurden die Verfahren zur Identifikation von Mustern in Zeitreihen-Daten angewendet (wie z. B. Glättung zum Anpassen von Kurve und Autokorrelation). Danach wird eine allgemeine Klasse von Modellen vorgestellt, mit der Daten in Zeitreihen dargestellt und Prognosen erzeugt werden können. Schließlich werden Verfahren zur Modellierung und zur Prognose auf der Basis linearer Regressionen angewandt. Das Ziel dieser Analyse besteht darin, eine komplexe Zeitreihe mit zyklischen Komponenten in wenige sinusartige Funktionen (Sinus und Kosinus) mit bestimmter Wellenlänge zu zerlegen.

4 Ergebnisse

4.1 Trockenmasseerträge und Trockensubstanzgehalte

4.1.1 Landessortenversuche

In der Reifegruppe „früh“ lag der Trockenmasseertrag im Mittel der Sorten im Jahre 1998 mit 147,4 dt ha⁻¹ deutlich über dem Ergebnis des Jahres 1997 mit 137,8 dt ha⁻¹ (Tab. 12). Die höchsten Trockenmasseerträge erreichten die Sorten *Arsenal* (1997) und *Byzance* (1998). Im zweijährigen Vergleich zeigten die frühe Sorte *Akim* und die mittelfrühen Sorten *Achat* und *Santiago*, die nach der FAO-Zahl ursprünglich in der Reifegruppe „früh“ eingestuft waren, überdurchschnittlich hohe Trockenmasseerträge. Von den einjährig geprüften Sorten wiesen *Toledo* (1997) und *Monitor* (1998) ein hohes Ertragsniveau auf.

Tab. 12: Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt von Silomaissorten der Reifegruppe „früh“ (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)

Versuchsjahr 1997			Versuchsjahr 1998		
Sorte	Trockenmasseertrag dt ha ⁻¹	Trockensubstanzgehalt %	Sorte	Trockenmasseertrag dt ha ⁻¹	Trockensubstanzgehalt %
<i>Antares</i>	138,5	47,0	<i>Antares</i>	141,4	36,7
<i>Arsenal</i>	149,3	45,8	<i>Arsenal</i>	146,7	35,5
<i>Marquis</i>	127,6	41,9	<i>Marquis</i>	134,1	36,1
<i>Akim</i>	141,7	41,5	<i>Akim</i>	150,1	31,6
<i>Symphony</i>	132,4	45,6	<i>Symphony</i>	140,4	33,6
<i>Agadir 1)</i>	135,8	42,1	<i>Agadir1)</i>	148,2	34,1
<i>Canberra</i>	136,4	42,8	<i>Canberra</i>	142,3	34,2
<i>Noveta</i>	131,7	43,3	<i>Noveta</i>	139,4	32,9
<i>Helix</i>	137,0	37,0	<i>Helix</i>	153,9	34,4
<i>Volvik</i>	146,6	39,6	<i>Volvik</i>	145,0	32,6
<i>Achat</i>	147,1	36,8	<i>Achat</i>	156,6	33,5
<i>Santiago</i>	144,1	39,8	<i>Santiago</i>	152,4	34,8
<i>Trento</i>	137,4	37,4	<i>Trento</i>	157,9	33,9
<i>Lincoln</i>	135,8	52,2	<i>Banquise</i>	147,7	35,3
<i>Aral</i>	137,3	43,6	<i>Goldoli</i>	146,2	34,4
<i>Rasant</i>	132,5	44,6	<i>Ulla</i>	143,7	34,7
<i>Jericho</i>	125,8	49,5	<i>Byzance</i>	158,9	36,4
<i>Toledo</i>	145,7	38,1	<i>Belfor</i>	139,6	35,1
<i>Bergamo</i>	136,5	39,8	<i>Monitor</i>	155,5	33,8
<i>Lava</i>	136,6	38,8	<i>Pedro</i>	149,8	32,9
			<i>Volens</i>	146,6	34,8
Sortenmittel (n=20)	137,8	42,4	Sortenmittel (n=21)	147,4	34,3
GD($\alpha \leq 5\%$)	11,6	3,7	GD($\alpha \leq 5\%$)	12,3	1,5

1) Die Sorte Agadir ist mit einer Siloreifezahl von S 230 seit 1998 zur Reifegruppe ‚mittelfrüh‘ zugeordnet.

Die Sorten der Reifegruppe „früh“ wurden bei einem mittleren Trockensubstanzgehalt von 42,4 % (1997) und 34,3 % (1998) geerntet. Der Trockensubstanzgehalt der ab 1998 in die Reifegruppe „mittelfrüh“ eingestuften Sorten *Helix*, *Achat*, *Trento* und *Santiago* mit „stay-green-Verhalten“ lag im Jahre 1997 bei 37 bis 40 %. Die höchsten Trockensubstanzgehalte wiesen die Sorten *Lincoln* (1997) und *Antares* (1998) auf.

Die Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ wiesen im Vergleich zur Reifegruppe „früh“ in beiden Jahren ein etwas höheres Ertragsniveau auf (Tab. 13). Die Sorten *Lenz* (1997) und *Ilias* (stay-green Sorte, 1998) erreichten in der Reifegruppe „mittelfrüh“ die höchsten Erträge (Tab. 13). Die Sorten *Magister* und *Banguy* lagen im Ertragsniveau in beiden Jahren deutlich über dem Versuchsmittel.

Tab. 13: Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt von Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)

Versuchsjahr 1997			Versuchsjahr 1998		
Sorte	Trockenmas- seertrag dt ha ⁻¹	Trockensub- stanzgehalt %	Sorte	Trockenmas- seertrag dt ha ⁻¹	Trockensub- stanzgehalt %
<i>Kerkenna</i>	133,7	57,4	<i>Kerkenna</i>	145,0	36,9
<i>Limatop</i>	141,3	44,9	<i>Limatop</i>	150,9	32,3
<i>List</i>	143,7	42,5	<i>List</i>	146,5	32,2
<i>Türkis</i>	137,1	40,9	<i>Türkis</i>	150,5	32,3
<i>Banguy</i>	149,3	40,7	<i>Banguy</i>	151,5	31,6
<i>Attribut</i>	146,7	45,7	<i>Attribut</i>	146,6	32,0
<i>Harpun</i>	127,0	34,8	<i>Harpun</i>	155,0	30,5
<i>Lenz</i>	152,2	40,6	<i>Lenz</i>	148,8	31,2
<i>Lorenzo</i>	136,1	42,9	<i>Lorenzo</i>	149,4	31,8
<i>Major</i>	141,5	35,5	<i>Major</i>	150,4	29,8
<i>Ilias</i>	136,2	41,2	<i>Ilias</i>	163,3	31,7
<i>Kampala</i>	147,5	40,7	<i>Kampala</i>	147,4	28,7
<i>Magister</i>	149,0	39,2	<i>Magister</i>	154,0	29,2
<i>Tomasso</i>	125,4	50,9	<i>Atoll</i>	139,6	33,1
<i>Kanzler</i>	131,1	49,2	<i>Javotte</i>	146,9	32,6
<i>Latour</i>	143,5	45,3	<i>Lopez</i>	152,3	32,0
<i>Olivin</i>	142,0	44,9	<i>Probat</i>	145,2	31,2
<i>Frivol</i>	142,6	48,3	<i>Argument</i>	157,5	31,6
<i>Arnold</i>	150,1	44,3	<i>Caballero</i>	155,3	31,8
<i>Limastar</i>	132,9	42,4	<i>Florett</i>	150,7	32,3
<i>Bosco</i>	137,0	39,3	<i>Irene</i>	151,5	32,3
<i>Safrane</i>	138,7	38,1	<i>Limabest</i>	157,9	32,3
			<i>Carrera</i>	162,7	31,8
			<i>Fuego</i>	149,3	30,0
Sortenmittel	140,2	43,2	Sortenmittel	151,3	31,6
(n=22)			(n=24)		
GD($\alpha \leq 5\%$)	10,8	3,2	GD($\alpha \leq 5\%$)	11,5	1,4

Von den einjährig geprüften Sorten erzielten besonders die Sorten *Carrera* und *Limabest* des pyramidalen Wuchstyps überdurchschnittliche Erträge, gefolgt von *Argument*. Im Jahre 1998 lagen die Trockensubstanzgehalte mit 31,6 % im optimalen Bereich. Im Jahre 1997 lag der Trockensubstanzgehalt aufgrund der höheren Temperaturen und der geringeren Niederschläge von August bis Anfang September im Vergleich zum Jahre 1998 mit durchschnittlich 43,2 % deutlich zu hoch. Die Sorte *Kerkenna* wies in beiden Jahren ausgesprochen hohe Trockensubstanzgehalte auf.

4.1.2 Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte

Die Höhe des Gesamtertrages, des Kolbenenertrages und des Restmaises ist in Tab. 14 für die im Parzellenversuch geprüften Reifegruppen (Versuche I und II) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte dargestellt. Bei den beiden Reifegruppen sind der Trockenmasse- und Kolbenenertrag der Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* dem der Sorte *Agadir* bzw. *Attribut* überlegen. Die Unterschiede im Kolbenenertrag zwischen den Wuchstypen waren in beiden Reifegruppen signifikant. Die Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* gehörten aufgrund des ca. 50 %igen Kolbenanteils zu den mehr kolbenbetonten Silomaisssorten.

Tab.14: Trockenmasseerträge (dt ha⁻¹) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Ver- such/ Reife- grup- pe-	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	Gesamt- ertrag dt ha ⁻¹	Teilertrag							
				Kolben		Lieschblätter		Stängel und Blätter			
				dt ha ⁻¹	rel.%	dt ha ⁻¹	rel.%	oberhalb des Kolbens		unterhalb des Kolbens	
		dt ha ⁻¹	rel.%	dt ha ⁻¹	rel.%	dt ha ⁻¹	rel.%	dt ha ⁻¹	rel.%		
I früh	<i>Arsenal</i>	8	163,8	78,9	48	10,6	6	29,6	18	44,7	27
		10	152,3	75,3	49	8,9	6	31,7	21	36,4	24
	<i>Agadir</i>	8	144,5	66,8	46	8,4	6	31,1	22	38,2	26
		10	145,9	65,1	45	8,6	6	32,1	22	40,1	27
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			12,7	14,2		2,8		7,7		11,6	
II mit- tel- früh	<i>Banguy</i>	8	176,0	90,1	51	11,2	6	35,9	20	38,8	22
		10	179,6	90,7	51	10,2	6	37,1	21	41,6	23
	<i>Attribut</i>	8	170,0	67,7	40	14,9	9	39,7	23	47,7	28
		10	170,7	60,9	36	13,2	8	41,8	24	54,8	32
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			6,0	6,3		1,5		6,9		2,1	

Die Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* sind durch den höheren Teilertrag bei Stängeln und Blättern gekennzeichnet. Im Jahre 1998 führte die höhere Bestandesdichte von 10 im Vergleich zu 8 Pflanzen m⁻² bei den Sorten *Arsenal*, *Agadir* und *Attribut* zu niedrigeren Kolbenenerträgen, wobei der Unterschied zwischen 8 und 10 Pflanzen m⁻² bei der Sorte *Attribut* signifikant war.

Im Gesamtertrag waren keine gesicherten Unterschiede zwischen den Varianten mit 8 und 10 Pflanzen m⁻² nachweisbar.

Tendenziell stieg der Restmaisertrag in beiden Reifegruppen mit der Bestandesdichte an.

Die Trockensubstanzgehalte in den Versuchen schwankten zwischen 31,8 % (*Banguy* und *Attribut*) und 35,8 % (*Arsenal* mit 8 Pflanzen m⁻²). Die Trockensubstanzgehalte haben sich in Abhängigkeit vom Wuchstyp in den Reifegruppen nicht signifikant unterschieden, mit Ausnahme des Vergleichs der Sorten *Arsenal* und *Agadir* bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² (Tab. 15).

Gegenüber den Sorten des normalen Wuchstyps (*Arsenal* und *Banguy*) traten beim pyramidalen Wuchstyp (*Agadir* und *Attribut*) ein geringerer Trockensubstanzgehalt des Kolbens und ein höherer Trockensubstanzgehalt des Restmaises auf.

In den Reifegruppen führte die Verringerung der Bestandesdichte von 10 auf 8 Pflanzen m⁻² zu höheren Trockensubstanzgehalten bei den Sorten *Arsenal* und *Agadir*. Der Trockensubstanzgehalt des Kolbens ging mit zunehmender Bestandesdichte zurück.

Tab. 15: Trockensubstanzgehalt (%) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Ver- such/ Reife- gruppe-	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	Gesamt- pflanze	Pflanzenteile			
				Kolben	Liesch- blätter	Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens	unterhalb des Kolbens
I früh	<i>Arsenal</i>	8	35,8	51,8	30,1	26,8	22,0
		10	33,4	48,8	28,7	28,3	22,5
	<i>Agadir</i>	8	32,6	49,6	27,2	28,6	23,6
		10	32,3	47,8	25,6	29,0	24,9
GD (α≤5 %, n=4)			3,0	3,3	2,6	2,4	2,9
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	31,8	50,2	24,8	26,0	19,6
		10	31,8	48,5	24,5	26,7	20,3
	<i>Attribut</i>	8	31,8	48,6	28,0	27,7	22,8
		10	31,8	44,7	25,1	27,1	24,8
GD (α≤5 %, n=4)			0,9	2,8	2,9	2,7	1,4

4.1.3 Zwischenernten während des Maiswachstums (Zuwachsverlauf)

4.1.3.1 Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt der Gesamtpflanze

Der Verlauf der Trockenmassebildung und die Veränderungen im Trockensubstanzgehalt sind für die vier Sorten in der Abb. 8 dargestellt. Von Mitte Mai bis Ende Juli war ein statistisch

gesicherter Unterschied in der Trockenmassebildung zwischen den Sorten *Arsenal* und *Agadir* nicht nachweisbar. Erst nach dem 3. August (BBCH-Stadium 72) stieg die Trockenmasse von *Arsenal* deutlich an. Bei den Sorten *Attribut* und *Banguy* setzte die Differenzierung in der Trockenmassebildung erst nach Anfang August ein.

Der Trockensubstanzgehalt stieg ab Mitte Juli (BBCH-Stadium 60) mit einsetzender Kolben-
ausbildung schnell an. Signifikante Unterschiede wurden erst ab Mitte Juli festgestellt, wobei
nur geringfügige Unterschiede im Trockensubstanzgehalt zwischen den Sortentypen während
der Pflanzenentwicklung bestanden.

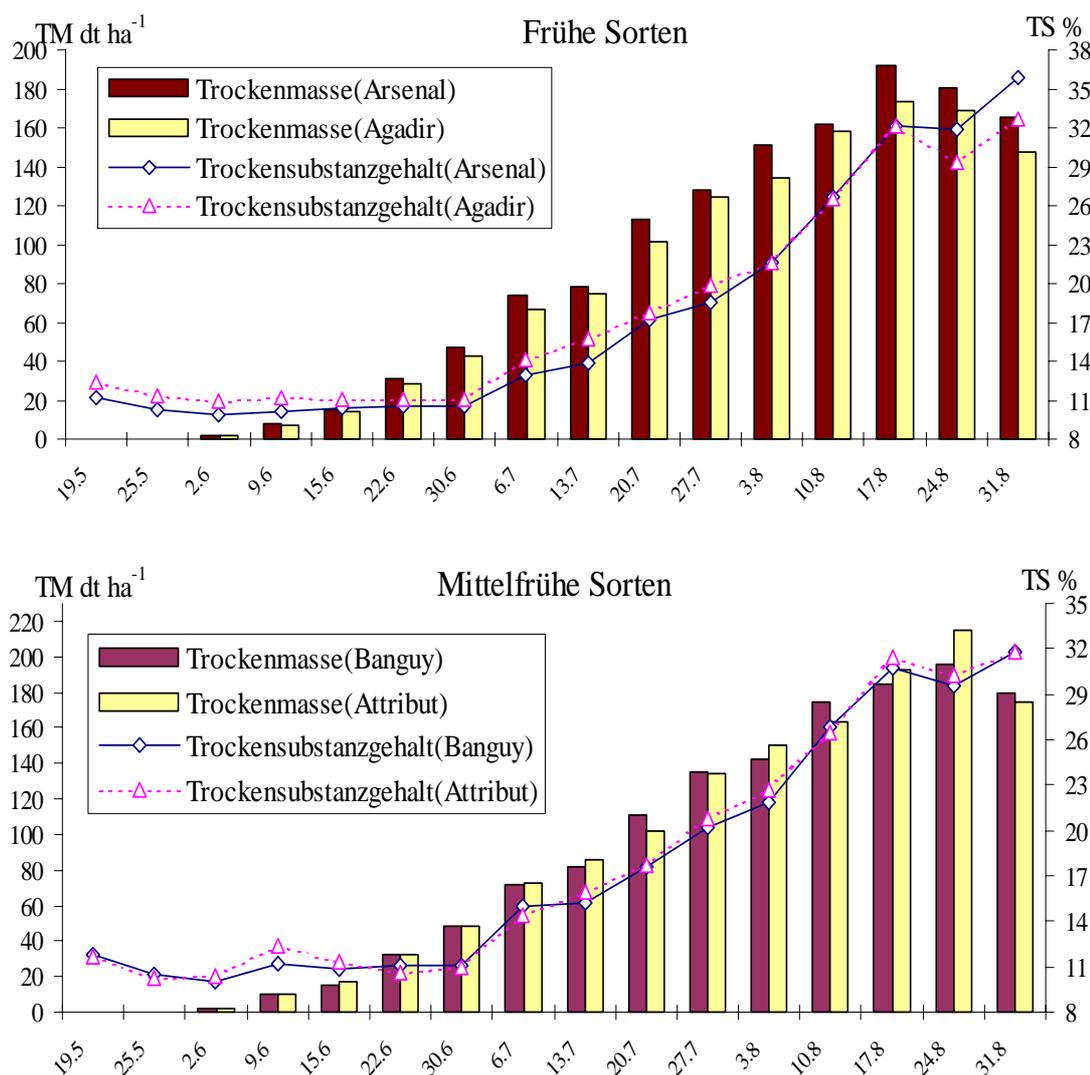


Abb. 8: Trockenmassebildung und Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² während des Maiswachstums im Jahre 1998

Die Zuwachsraten der Trockenmasse (Anstieg in dt TM ha⁻¹ Tag⁻¹) zwischen den Sorten *Arsenal* und *Agadir* unterschieden sich wenig voneinander (Abb. 9). Die Zuwachsraten der Sor-

te *Arsenal* lagen etwas höher als bei der Sorte *Agadir*. Beide Sorten erreichten bis zum 20. Juli (BBCH-Stadium 68) die höchsten täglichen Zuwachsraten mit 4,94 bei *Arsenal* bzw. 3,82 dt TM ha⁻¹ Tag⁻¹ bei *Agadir*. Die mittelfrühen Sorten erreichten Anfang August (BBCH-Stadium 72) die höchsten Zuwachsraten mit 4,66 (*Attribut*) und 4,54 dt TM ha⁻¹ Tag⁻¹ (*Banguy*), wobei die Unterschiede zwischen den Sorten während der Vegetationszeit gering blieben. Ab Mitte August nahmen die Zuwachsraten aller Sorten deutlich ab.

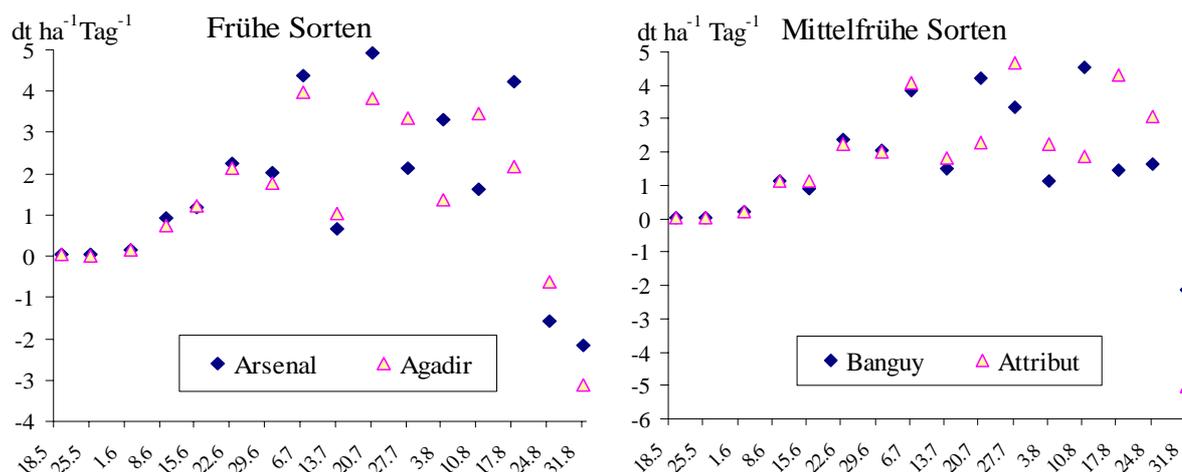


Abb. 9: Tägliche Zuwachsraten der Trockenmasse in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m² im Jahre 1998

Mit der Kolbenausbildung nahm die Trockenmassebildung von Blättern und Stängeln relativ zum Gesamtertrag der Maispflanze ab, die des Kolbens dagegen zu (Abb. 10). Mit zunehmender Höhe über dem Erdboden nahm anteilig die Trockenmasse der untersuchten Wuchsabschnitte an der Gesamttrockenmasse der Maispflanze ab. Die Verteilung der Trockenmasse innerhalb der Maispflanze variierte in Abhängigkeit von der Sorte. In den Reifegruppen zeichnete sich jeweils der normale Wuchstyp im Vergleich zum pyramidalen Wuchstyp durch einen höheren Kolbenanteil aus (Tab. 14, 26 und Abb. 13). Im Zeitraum vom 6. Juli (BBCH-Stadium 50) bis 24. August (BBCH-Stadium 83) wiesen alle Sorten im Wuchsabschnitt „Bodenoberfläche – 100 cm Wuchshöhe“ die stärkste Abnahme der Trockenmasse innerhalb der Maispflanze auf. Dabei ließen sich die Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* gegenüber den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* des pyramidalen Wuchstyps durch die höhere Abnahme erkennen. Ein Einfluss der Maissorte zeichnete sich erst mit einsetzender Kolbenbildung ab.

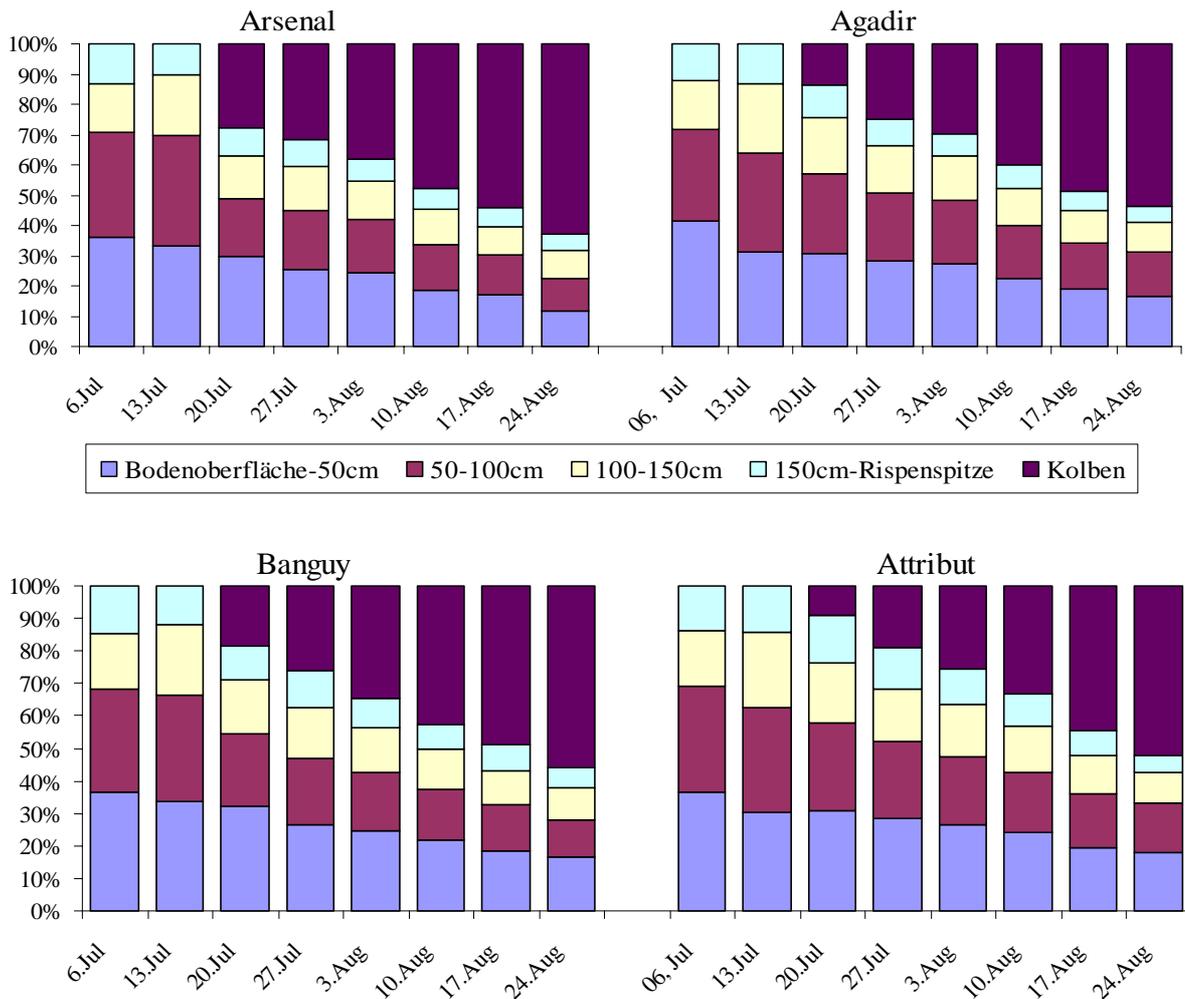


Abb. 10: Relative Verteilung der Trockenmasse innerhalb der Maispflanze in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² von Blühbeginn bis Ernte im Jahre 1998 (Gesamt-trockenmasse der Sorten zum jeweiligen Messtermin = 100%)

Der Kolbenertrag bzw. der Trockensubstanzgehalt zwischen normalem und pyramidalem Wuchstyp unterschied sich bis Ende Juli (BBCH-Stadium 69) deutlich. Mit zunehmender Reife des Silomaises stieg der Trockensubstanzgehalt in allen Wuchsabschnitten bis zum 17. August (BBCH-Stadium 75) stetig an. Der Trockensubstanzgehalt des Kolbens nahm bei allen Sorten schneller als der des Restmaises zu (Abb. 11). Die Sorten unterschieden sich in den geprüften Abschnitten von Stängel und Blättern nur geringfügig voneinander. Nach dem 17. August nahm der Trockensubstanzgehalt des Restmaises in allen Wuchsabschnitten ab.

Die Trockensubstanzgehalte innerhalb der Maispflanze nahmen in folgender Reihenfolge zu:

$$\text{Kolben} > \text{Stängel und Blätter (davon 150 cm-Rispenspitze} > \text{100-150 cm} > \\ \text{50 - 100cm} > \text{Bodenoberfläche-50 cm)}$$

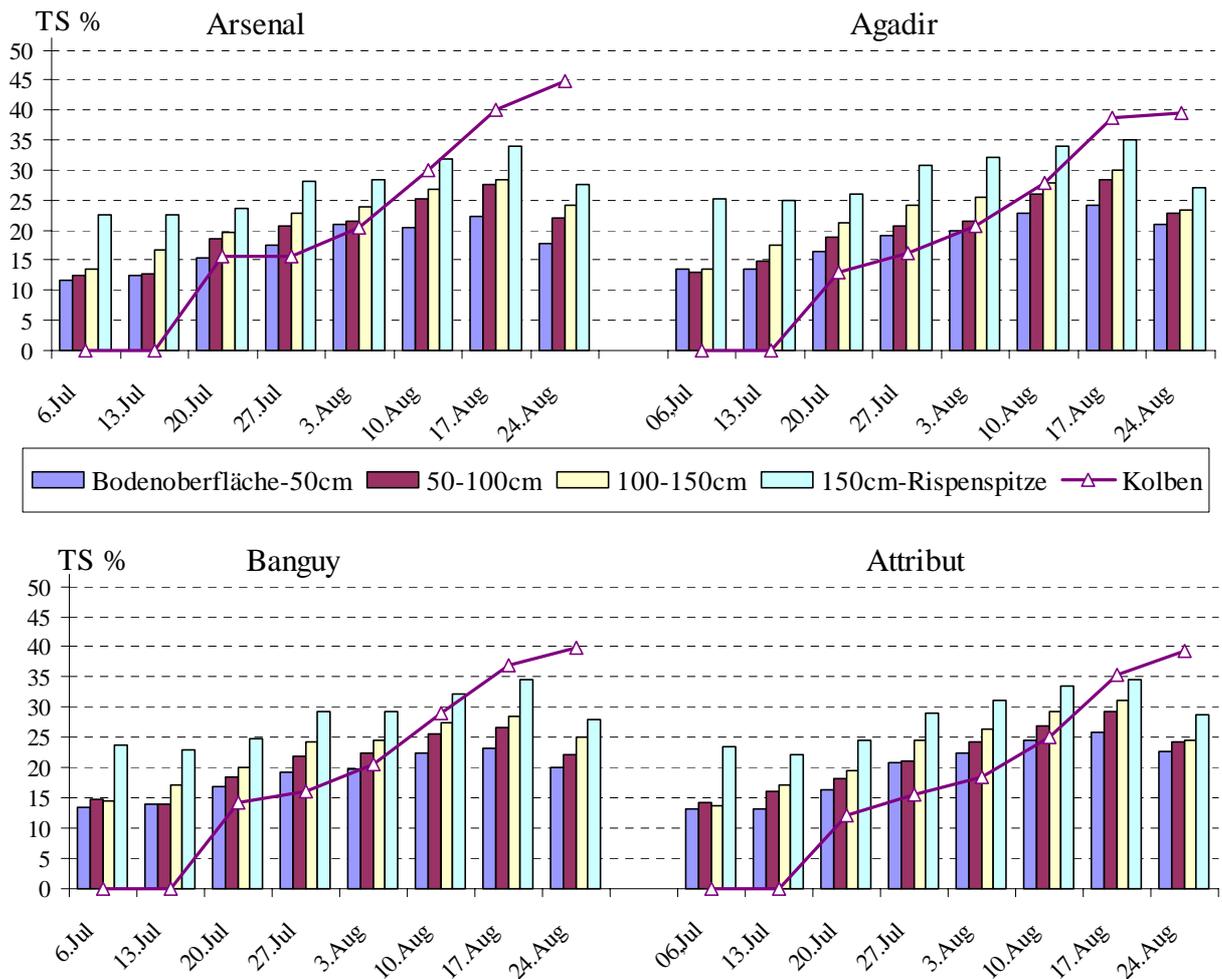


Abb. 11: Trockensubstanzgehalt in unterschiedlicher Bestandeshöhe in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} während der Kolbenausbildung im Jahre 1998

4.1.3.2 Blattstellung (Blattwinkel) während des Maiswachstums

In der Abb. 12 ist die Veränderung der Blattwinkel während des Maiswachstums wiedergegeben (FFT-Simulationskurve). Zu Beginn des Maiswachstums waren die mittleren Blattwinkel bezogen auf den Maisstängel eher horizontal ausgerichtet, wobei zwischen den Maissorten keine Unterschiede bestanden. Während des Streckungswachstums und Rispenschiebens (Anfang Juli) traten erstmalig signifikante Unterschiede in den Blattwinkeln auf. Die Sorte *Agadir* wies im Vergleich zu der Sorte *Arsenal* die größeren mittleren Blattwinkel auf, d. h. die Blätter waren steiler aufgerichtet (Versuch 1). Vor der Ernte nahm Ende August bei allen Sorten der Blattwinkel zu, wobei die zuvor nachgewiesenen Unterschiede zwischen den Sorten verschiedenen Wuchstyps in den Reifegruppen nicht mehr so deutlich zu erkennen waren.

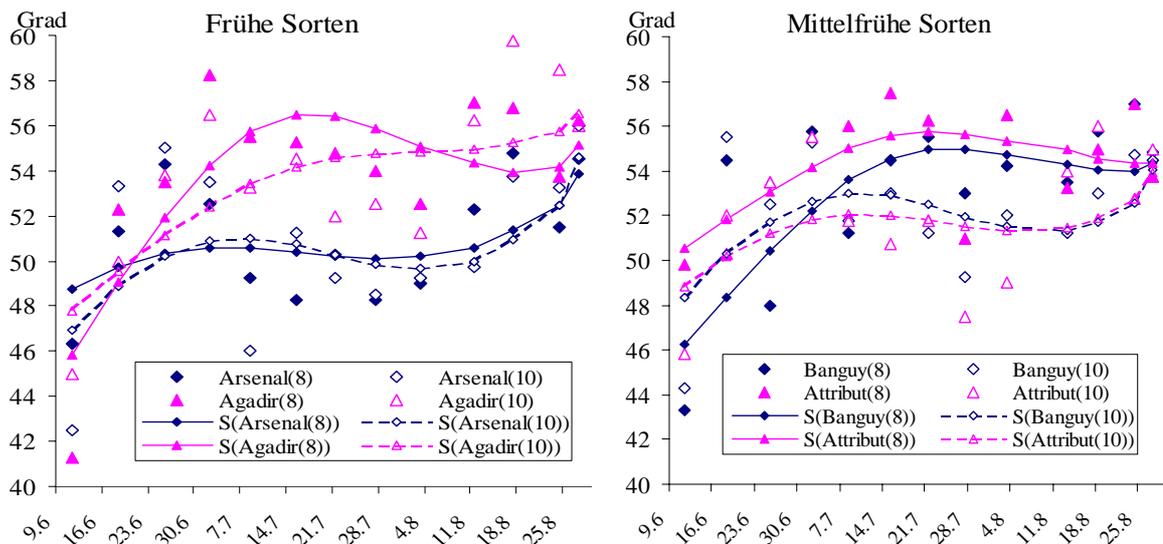


Abb. 12: Veränderung des mittleren Blattwinkels während des Maiswachstums in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

(FFT-Simulationskurve, S(Arsenal(8))=Simulationskurve von Arsenal mit 8 Pflanzen m⁻²)

Tab. 16: Mittlerer Blattwinkel nach voller Blattentwicklung in unterschiedlichen Wuchsabschnitten in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte (27. Juli 1998, BBCH-Stadium 71)

Versuch/ Reife- gruppe	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	Blattwinkel (Grad)				
			Alle Blätter	Blätter in den Wuchsabschnitten von: 0-50 cm 50-100 100-150 cm >150 cm			
I früh	<i>Arsenal</i>	8	48	35	45	44	58
		10	49	45	45	44	54
	<i>Agadir</i>	8	53	41	51	45	63
		10	53	34	46	53	64
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			1	12	4	6	3
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	53	52	54	48	59
		10	50	48	51	51	49
	<i>Attribut</i>	8	51	46	50	56	50
		10	47	39	49	46	50
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			2	7	4	5	3

Die schnelle Zunahme des mittleren Blattwinkels war auf das starke Verwelken der älteren Blätter durch die Trockenheit zurückzuführen. Bei der Sorte *Agadir* waren die Blätter im unteren Wuchsbereich mehr horizontal und im Bereich oberhalb 100 cm eher steiler ausgerichtet als bei der Sorte *Arsenal*. Ab einer Bestandeshöhe von 150 cm war dieser Unterschied bei den frühen Sorten statistisch gesichert (Tab. 16).

Zwischen den Sorten in der Reifegruppe „mittelfrüh“ war der Unterschied im mittleren Blattwinkel entgegen der Erwartung weniger stark ausgeprägt. Unerwartet wies die Sorte *Attribut*

mit 10 Pflanzen m⁻² die etwas kleineren Blattwinkel im Vergleich zu *Banguy* auf. In der Tendenz hatte die Sorte *Attribut* im Bereich „Bodenoberfläche – 50 cm bzw. 50 – 100 cm“ Wuchshöhe stärker horizontal ausgerichtete Blätter als die Sorte *Banguy*.

Der Unterschied im mittleren Blattwinkel zwischen den Bestandesdichten von 8 und 10 Pflanzen m⁻² war nicht statistisch gesichert. Einige Unterschiede zeichneten sich ab. Bei der höheren Bestandesdichte von 10 Pflanzen m⁻² richteten sich die Blätter vom Stängelgrund bis 100 cm Höhe bei den Sorten *Agadir*, *Attribut* und *Banguy* horizontaler aus.

4.2 Futterqualität und Energieertrag

4.2.1 Futterqualität und Energieertrag (Landessortenversuche)

Die Silomaisbestände am Standort Berge erreichten in den Landessortenversuchen im Jahre 1997 gegenüber 1998 die deutlich bessere Futterqualität. Die Unterschiede zwischen beiden Jahren waren am stärksten im Stärke- und Rohfasergehalt sowie in der Energiedichte und im Energieertrag ausgeprägt (Tab. 17, 18, 19 und 20).

Bei den frühen Sorten lag die mittlere **Energiedichte** bei 5,56 MJ NEL kg⁻¹ TM (1998) bzw. 6,19 MJ NEL kg⁻¹TM (1997), wobei die Sorten *Akim* und *Canberra* des pyramidalen Wuchstyps in beiden Jahren überdurchschnittliche Werte erreichten (Tab. 17 und 18). An der Spitze lagen die Sorten *Lincoln* (1997) und *Trento* (1998). Die einjährig geprüften Sorten *Aral*, *Jericho* (1997) bzw. *Byzance* (1998) heben sich durch einen hohen Stärkegehalt und niedrigen Rohfasergehalt ab. Die Sorten *Helix* und *Monitor* haben im Jahre 1998 eine hohe Energiedichte erreicht.

Die Sorten der Reifegruppe „früh“ erreichten mittlere **Energieerträge** von 85,254 (1997) bzw. 82,144 GJ NEL ha⁻¹ (1998). Von den zweijährig geprüften Sorten sind *Akim*, *Achat* und *Santiago* mit überdurchschnittlichen Energieerträgen hervorzuheben. Die Sorten *Arsenal* und *Trento* erreichten die höchsten Energieerträge mit 95,910 (1997) bzw. 94,493 GJ NEL ha⁻¹ (1998). Die einjährig geprüften Sorten *Byzance*, *Banquise* und *Monitor* haben im Jahre 1998 hohe Trockenmasseerträge, niedrige Rohfasergehalte und hohe Energiedichten sowie Energieerträge erreicht. Die im Jahre 1997 geprüften Sorten *Lincoln* und *Aral* sind hinsichtlich der Futterqualität ebenfalls hervorzuheben.

Die Sorten der Reifegruppe „früh“ erreichten einen durchschnittlichen **Stärkegehalt** von

36,0% (1997) bzw. 22,1 % (1998). Die Sorten *Lincoln* (1997) und *Achat* (1998) erzielten mit 43,4 % bzw. 25,5 % den höchsten Stärkegehalt. Die Sorten *Arsenal*, *Antares*, *Symphony* und *Noveta* haben in beiden Jahren überdurchschnittliche Werte erreicht. Die Sorte *Trento* lag in beiden Jahren im mittleren Niveau. Der Stärkegehalt lag bei den einjährig geprüften Sorten *Jericho* (1997) und *Banquise* (1998) überdurchschnittlich hoch. Insgesamt haben die früh abreifenden Sorten aufgrund der guten Ausreife im Jahre 1997 einen höheren Stärkegehalt als die später reifenden Sorten erreicht.

Tab. 17: Qualitätsparameter von Silomaissorten der Reifegruppe „früh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1997 (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)

Reifegruppe „früh“	Energie- dichte MJ NEL kg ⁻¹	Energie- ertrag GJ NEL ha ⁻¹	Stärke- gehalt %	Rohfaser- gehalt %	Rohprotein- gehalt %
<i>Antares</i>	6,28	86,988	38,6	18,1	8,10
<i>Arsenal</i>	6,41	95,910	39,5	17,5	7,50
<i>Marquis</i>	6,01	76,669	31,2	20,5	8,00
<i>Akim</i>	6,37	90,239	38,9	17,3	8,30
<i>Symphony</i>	6,32	83,643	39,1	18,6	7,60
<i>Agadir</i>	6,24	84,627	36,4	19,0	7,70
<i>Canberra</i>	6,16	83,869	34,6	19,3	8,00
<i>Noveta</i>	6,28	82,758	39,2	18,3	7,60
<i>Helix</i>	5,80	79,501	29,7	22,4	7,10
<i>Volvik</i>	6,12	89,796	34,5	19,6	7,40
<i>Achat</i>	5,89	86,607	32,2	21,9	7,20
<i>Santiago</i>	6,05	87,363	33,8	20,5	7,60
<i>Trento</i>	6,11	84,027	35,0	20,4	7,30
<i>Lincoln</i>	6,66	90,403	43,4	16,1	7,80
<i>Aral</i>	6,36	87,263	38,7	18,3	7,40
<i>Rasant</i>	6,16	81,577	35,5	19,8	7,40
<i>Jericho</i>	6,35	79,930	39,2	17,7	8,40
<i>Toledo</i>	6,04	87,959	33,1	20,5	7,30
<i>Bergamo</i>	6,17	84,118	35,0	19,4	8,00
<i>Lava</i>	6,00	81,830	32,4	20,7	7,70
Sortenmittel(n=20)	6,19	85,254	36,0	19,3	7,70
GD(α≤5%)	0,23	8,390	3,4	1,79	0,42

Die Unterschiede zwischen beiden Jahren waren am stärksten im **Stärkegehalt** ausgeprägt. Bei den frühen Sorten lag der mittlere Stärkegehalt bei 36,0 % (1997) bzw. 22,1 % (1998). Die frühen Sorten erreichten einen durchschnittlichen **Rohproteingehalt** von 7,70 % (1997) bzw. 7,27 % (1998). Überdurchschnittlich hohe Gehalte erreichte die Sorte *Akim* in beiden Jahren. Die zweijährig geprüften Sorten *Antares*, *Marquis* und *Canberra* haben einen hohen Rohproteingehalt erzielt. Die einjährig geprüften Sorten *Jericho* (1997) und *Volens* (1998)

wiesen einen überdurchschnittlichen Rohproteingehalt auf.

Tab. 18: Qualitätsparameter von Silomaisorten der Reifegruppe „früh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1998 (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)

Reifegruppe „früh“	Energie- dichte MJ NEL kg ⁻¹	Energie- ertrag GJ NEL ha ⁻¹	Stärke- gehalt %	Rohfaser- gehalt %	Rohprotein- gehalt %
<i>Antares</i>	5,43	76,815	22,1	24,2	7,61
<i>Arsenal</i>	5,48	80,586	22,7	23,9	6,94
<i>Marquis</i>	5,42	72,717	21,1	24,6	7,30
<i>Akim</i>	5,56	83,555	19,1	23,7	7,76
<i>Symphony</i>	5,37	75,419	23,2	25,2	7,13
<i>Agadir</i>	5,53	82,125	19,9	24,0	7,21
<i>Canberra</i>	5,67	80,682	21,4	22,8	7,47
<i>Noveta</i>	5,50	76,577	23,0	23,7	7,12
<i>Helix</i>	5,74	88,617	23,3	22,4	7,51
<i>Volvik</i>	5,57	80,700	22,3	24,1	7,06
<i>Achat</i>	5,70	89,320	25,5	23,0	7,07
<i>Santiago</i>	5,59	85,322	24,4	23,3	7,14
<i>Trento</i>	5,98	94,493	22,6	21,2	7,59
<i>Banquise</i>	5,60	82,751	24,7	23,2	7,32
<i>Goldoli</i>	5,53	80,840	19,6	24,1	7,21
<i>Ulla</i>	5,47	78,621	21,3	24,1	7,09
<i>Byzance</i>	5,61	89,311	23,6	23,1	7,31
<i>Belfor</i>	5,49	76,472	22,2	23,8	7,29
<i>Monitor</i>	5,63	87,643	20,7	23,5	7,08
<i>Pedro</i>	5,64	84,503	21,2	23,9	6,76
<i>Volens</i>	5,31	77,962	19,9	24,9	7,69
Sortenmittel(n=21)	5,56	82,144	22,1	23,6	7,27
GD($\alpha \leq 5\%$)	0,28	9,401	3,1	1,9	0,46

Im Durchschnitt erreichten die mittelfrühen Sorten eine **Energiedichte** von 6,29 (1997) bzw. 5,56 MJ NEL kg⁻¹ (1998). Hier erreichten die zweijährigen Sorten *Attribut* (1997) und *Banguy* (1998) die höchsten Gehalte. Im zweijährigen Vergleich überzeugten die Sorten *Limatop*, *Banguy*, *Lenz* und *Magister* mit überdurchschnittlichen Werten (Tab. 19 und 20). Die einjährig geprüften Sorten wie *Latour*, *Friivol* und *Arnold* im Jahre 1997 bzw. *Florett*, *Irene* und *Carrera* im Jahre 1998 heben sich durch einen hohen Stärke- und niedrigen Rohfasergehalt hervor.

Die Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ erreichten mittlere **Energieerträge** von 88,146 (1997) bzw. 84,121 GJ NEL ha⁻¹ (1998). An der Spitze lagen die Sorten *Arnold* (1997) und *Ilias* (1998). Von den zweijährig geprüften Sorten sind *Limatop*, *Banguy*, *Lenz* und *Magister* hervorzuheben. Die einjährig geprüften Sorten *Latour*, *Oliven*, *Friivol* und *Arnold* im Jahre 1997 bzw. *Carrera* (1998) wiesen hohe Trockenmasseerträge, Stärkegehalte und niedrige

Rohfasergehalte auf, ebenso die Sorten *Caballero* (1998) und *Irene* (1998).

Bei den mittelfrühen Sorten lagen die **Stärkegehalte** bei 36,9 % (1997) und 24,2 % (1998). Die Sorten *Attribut* (1997) und *Ilias* (1998) erreichten den höchsten Stärkegehalt. Die zweijährig geprüften Sorten *Kerkenna*, *Limatop*, *Banguy*, *Lenz*, *Lorenzo* und *Magister* haben überdurchschnittliche Gehalte erreicht. Von den einjährig geprüften Sorten haben *Latour* (1997), *Arnold* (1997), *Caballero* (1998) und *Irene* (1998) gute Werte erzielt. Der Unterschied im Stärkegehalt innerhalb der Reifegruppe „mittelfrüh“ war hier nicht so stark ausgeprägt wie in der Reifegruppe „früh“.

Tab. 19: Qualitätsparameter von Silomaisorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1997 (Landessortenversuche Brandenburg am Standort Berge)

Reifegruppe „mittelfrüh“	Energie- dichte MJ NEL kg ⁻¹	Energie- ertrag GJ NEL ha ⁻¹	Stärke- gehalt %	Rohfaser- gehalt %	Rohprotein- gehalt %
<i>Kerkenna</i>	6,44	86,094	39,9	17,1	7,90
<i>Limatop</i>	6,35	89,711	37,4	18,1	7,70
<i>List</i>	6,20	89,119	35,3	19,0	7,70
<i>Türkis</i>	6,28	86,053	36,7	18,1	8,20
<i>Banguy</i>	6,40	95,360	37,9	17,4	7,40
<i>Attribut</i>	6,53	95,914	42,2	16,8	7,80
<i>Harpun</i>	5,88	74,769	29,1	20,4	8,40
<i>Lenz</i>	6,31	96,025	37,4	18,1	7,70
<i>Lorenzo</i>	6,43	87,425	39,4	17,4	7,80
<i>Major</i>	5,76	81,523	30,4	21,4	7,80
<i>Ilias</i>	5,99	81,622	33,7	21,0	7,00
<i>Kampala</i>	6,33	93,299	37,0	18,3	7,80
<i>Magister</i>	6,36	94,688	37,2	18,2	7,60
<i>Tomasso</i>	6,48	81,284	41,2	17,1	8,00
<i>Kanzler</i>	6,28	82,254	36,7	17,8	8,40
<i>Latour</i>	6,37	91,420	38,5	17,7	7,90
<i>Olivin</i>	6,31	89,667	36,8	17,7	8,20
<i>Frivol</i>	6,32	90,039	38,3	17,6	8,60
<i>Arnold</i>	6,50	97,425	39,7	17,0	7,50
<i>Limastar</i>	6,35	89,711	35,0	18,5	8,00
<i>Bosco</i>	6,22	85,207	36,2	18,6	7,60
<i>Safrane</i>	6,32	87,626	36,8	18,2	8,20
Sortenmittel(n=22)	6,29	88,146	36,9	18,3	7,90
GD($\alpha \leq 5\%$)	0,30	8,227	4,4	2,3	0,46

Die mittelfrühen Sorten erreichten einen durchschnittlichen **Rohfasergehalt** von 18,3 % (1997) bzw. 22,8 % (1998). Die zweijährig geprüften Sorten *Limatop*, *Banguy* und *Lenz* wiesen einen unterdurchschnittlichen Rohfasergehalt auf. Die Sorte *Attribut* hat im Jahre 1997 und die Sorte *Banguy* im Jahre 1998 den niedrigsten Rohfasergehalt erreicht. Die einjährig

geprüften Sorten *Tomasso* (1997), *Arnold* (1997) und *Florett* (1998) sind ebenfalls durch einen niedrigen Rohfasergehalt gekennzeichnet.

Der **Rohproteingehalt** lag durchschnittlich bei 7,90 % (1997) bzw. 7,73 % (1998). Hier erreichten die einjährigen Sorten *Friivol* (1997) und *Florett* (1998) die höchsten Gehalte. Von den zweijährig geprüften Sorten lag *Harpun* über dem Durchschnitt. Die einjährig geprüften Sorten *Kanzler* (1997), *Caballero* (1998) und *Fuego* (1998) erwiesen sich ebenfalls als rohproteinreichere Sorten.

Tab. 20: Qualitätsparameter von Silomaisorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1998 (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)

Reifegruppe „mittelfrüh“	Energie- dichte MJ NEL kg ⁻¹	Energie- ertrag GJ NEL ha ⁻¹	Stärke- gehalt %	Rohfaser- gehalt %	Rohproteingehalt %
<i>Kerkenna</i>	5,49	79,737	25,3	23,9	7,34
<i>Limatop</i>	5,66	85,372	24,3	22,6	7,56
<i>List</i>	5,53	80,993	22,7	23,5	7,49
<i>Türkis</i>	5,49	82,757	23,4	23,8	7,35
<i>Banguy</i>	5,90	89,409	28,6	20,9	7,78
<i>Attribut</i>	5,48	80,252	21,0	24,1	8,04
<i>Harpun</i>	5,56	86,218	22,5	22,6	8,41
<i>Lenz</i>	5,69	84,721	26,0	22,3	7,68
<i>Lorenzo</i>	5,46	81,551	24,8	24,4	7,62
<i>Major</i>	5,36	80,855	22,2	24,3	7,93
<i>Ilias</i>	5,76	94,110	30,0	21,5	7,34
<i>Kampala</i>	5,45	80,246	20,1	24,5	7,85
<i>Magister</i>	5,60	86,273	26,1	23,3	7,87
<i>Atoll</i>	5,47	76,371	21,2	23,9	7,45
<i>Javotte</i>	5,49	80,709	21,7	24,0	7,30
<i>Lopez</i>	5,35	80,709	22,3	24,5	7,48
<i>Probat</i>	5,54	81,507	25,4	23,6	7,80
<i>Argument</i>	5,67	89,264	24,1	22,6	7,64
<i>Caballero</i>	5,61	87,185	26,7	23,0	7,89
<i>Florett</i>	5,67	85,522	25,6	21,5	8,46
<i>Irene</i>	5,65	85,622	27,0	22,0	8,35
<i>Limabest</i>	5,45	86,039	20,9	24,2	7,31
<i>Carrera</i>	5,64	91,750	25,0	22,8	7,55
<i>Fuego</i>	5,51	82,171	24,1	22,9	8,42
Sortenmit- tel(n=24)	5,56	84,121	24,2	22,8	7,73
GD($\alpha \leq 5\%$)	0,19	8,061	2,5	1,6	0,50

4.2.2 Futterqualität und Energieertrag in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte

In Tab. 21 ist eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale für Silomais, die Energiedichte sowie deren Verteilung in der Maispflanze in den Parzellenversuchen des Jahres 1998 dargestellt. Die Energiedichte der Sorte *Banguy* war der Sorte *Attribut* überlegen, während bei den frühen Sorten keine eindeutige Reaktion vorlag. Die Energiedichte in der Restpflanze war bei den Sorten des pyramidalen Wuchstyps deutlich höher als bei den Sorten des normalen Wuchstyps. Die Energiedichte nahm innerhalb der Maispflanze in folgender Reihenfolge ab:

Kolben > Lieschblätter > Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens > Stängel und Blätter unterhalb des Kolbens.

Die Energiedichte von den Sorten *Agadir*, *Banguy* (NIRS-Analyse) und *Attribut* nahm mit der höheren Bestandesdichte von 10 Pflanzen m⁻² ab.

Tab. 21: Energiedichte (MJ NEL kg⁻¹TM) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Versuch/ Reife- gruppe	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	Gesamtpflanze Analyse		Pflanzenteil ¹⁾			
			nassche- misch ²⁾	NIRS	Kolben	Liesch- blätter	Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens	Blätter unterhalb des Kolbens
I früh	<i>Arsenal</i>	8	6,16	6,14	7,90	5,34	4,67	3,92
		10	6,28	6,24	7,94	5,37	4,95	3,90
	<i>Agadir</i>	8	6,27	6,20	7,95	5,60	4,91	4,26
		10	6,14	6,10	7,96	5,62	4,76	4,09
	GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,21	0,20	0,11	0,29	0,27
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	6,36	6,42	7,96	5,22	4,76	4,09
		10	6,37	6,36	7,98	5,28	4,86	4,12
	<i>Attribut</i>	8	6,12	6,16	7,85	5,79	4,94	4,51
		10	5,89	5,95	7,78	5,11	4,86	4,56
	GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,21	0,19	0,13	1,30	0,23

1) nasschemische Bestimmung im Labor 2) Energiedichte wurde nach nasschemischer Analyse von Rohasche-, Rohfaser und Rohproteingehalt geschätzt.

Im Kolben wurden die höheren Stärke- und Rohproteingehalte sowie geringere Rohfasergehalte und folglich die höchste Energiedichte festgestellt. Die höhere Energiedichte der Lieschblätter in Relation zur grünen Restpflanze war auf die niedrigeren Rohfaser- und Rohaschegehalte zurückzuführen.

Aus Tab. 22 sind die Energieerträge und deren Verteilung innerhalb der Maispflanze zu entnehmen. Im Vergleich zu den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* wiesen die Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* die höheren Energieerträge sowohl nach der NIRS-Analyse als auch nach der nass-

chemischen Bestimmung im Labor auf. Aber die mehr restmaisbetonten Sorten des pyramidalen Wuchstyps erzielten die höheren Energieerträge sowie -dichten im Restmais. Die Energieerträge nahmen innerhalb der Maispflanze in folgender Reihenfolge ab:

Kolben > Lieschblätter > Stängel und Blätter unterhalb des Kolbens > Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens

Bemerkenswert waren die Energieerträge im Wuchsabschnitt „Restmais unterhalb des Kolbens“ von den Sorten *Arsenal*, *Agadir* und *Attribut*, die über den Erträgen „Restmais oberhalb des Kolbens“ lagen. Die höheren Energieerträge im unteren Bereich sind auf die höheren Energiedichten und Trockenmasseerträge zurückzuführen.

Die Sorten reagierten unterschiedlich auf die höheren Bestandesdichten. Bei den Sorten *Arsenal*, *Agadir* und *Attribut* nahm der Energieertrag mit einer höheren Bestandesdichte ab, bei der Sorte *Banguy* dagegen zu.

Tab. 22: Energieertrag (GJ NEL ha⁻¹) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Versuch/ Reife- gruppe	Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Gesamtpflanze Analyse		Pflanzenteil ¹⁾			
			nasschemisch	NIRS-	Kolben	Lieschblätter	Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens	Blätter unterhalb des Kolbens
I früh	<i>Arsenal</i>	8	100,9	100,5	62,50	5,69	13,87	17,53
		10	95,6	94,9	59,80	4,86	15,68	14,05
	<i>Agadir</i>	8	90,6	89,6	53,08	4,72	15,28	16,34
		10	89,5	89,0	51,80	4,83	15,25	16,33
GD ($\alpha \leq 5\%$ n=4)			9,2	8,4	11,77	1,68	4,00	4,88
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	112,0	112,9	71,80	5,86	17,11	15,85
		10	114,4	114,2	72,44	5,40	18,00	17,18
	<i>Attribut</i>	8	104,1	104,6	53,09	8,63	19,64	21,60
		10	100,6	101,6	47,42	6,84	20,32	24,98
GD ($\alpha \leq 5\%$ n=4)			5,4	5,4	5,23	1,90	3,56	1,60

1) nasschemische Bestimmung im Labor

Tab. 23: Stärkegehalt (%) des Kolbens in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Reifegruppe früh	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Stärkegehalt %	Reifegruppe mittelfrüh	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Stärkegehalt %
<i>Arsenal</i>	8	27,2	<i>Banguy</i>	8	29,9
	10	28,7		10	29,1
<i>Agadir</i>	8	25,8	<i>Attribut</i>	8	22,8
	10	26,0		10	19,2
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)		
		3,6			2,5

Der Stärkegehalt der Gesamtpflanze resultierte fast ausschließlich aus dem Stärkegehalt im Kolben. Der Unterschied im Stärkegehalt war zwischen den Wuchstypen in der Reifegruppe „mittelfrüh“ signifikant. Die kolbenbetonten Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* haben im Vergleich zu den Sorten des pyramidalen Wuchstyps höhere Stärkegehalte erreicht (Tab. 23).

Die Bestandesdichte wirkte sich nicht signifikant auf den Stärkegehalt aus. Tendenziell führte die zunehmende Bestandesdichte von 8 bis 10 Pflanzen m⁻² bei den Sorten *Attribut* und *Banguy* zu etwas niedrigeren bzw. bei *Arsenal* und *Agadir* zu höheren Stärkegehalten.

In der Reifegruppe „früh“ bestand in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte nur ein geringer Unterschied im Rohfasergehalt. Bei der Reifegruppe „mittelfrüh“ wies *Attribut* im Vergleich zu *Banguy* analog zu den Landessortenversuchen im Jahre 1998 den höheren Rohfasergehalt sowohl nach der NIRS-Analyse als auch nach der nasschemischen Bestimmung im Labor auf (Tab. 24). Der Rohfasergehalt nahm innerhalb der Maispflanze in folgender Reihenfolge ab:

Stängel und Blätter unterhalb des Kolbens > Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens > Lieschblätter > Kolben

Ein höherer Rohfasergehalt in der Pflanze wurde bei 10 Pflanzen m⁻² für die Sorten *Agadir*, *Banguy* und *Attribut* festgestellt.

Tab. 24: Rohfasergehalt (%) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Versuch/ Reife- gruppe	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	Gesamtpflanze Analyse		Pflanzenteil ¹⁾			
			nassche- misch ²⁾	NIRS	Kolben	Liesch- blätter	Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens	Blätter unterhalb des Kolbens
I früh	<i>Arsenal</i>	8	21,2	19,8	8,2	29,7	30,1	36,2
		10	20,4	19,1	7,9	29,2	28,7	36,7
	<i>Agadir</i>	8	20,4	19,3	7,7	27,4	28,8	34,5
		10	21,3	20,0	7,4	26,8	30,0	35,8
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			1,5	1,5	0,8	2,3	2,1	2,7
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	19,1	17,5	7,5	29,6	28,8	34,2
		10	19,1	18,0	7,3	29,0	28,4	34,1
	<i>Attribut</i>	8	20,8	19,5	8,1	25,5	27,5	32,2
		10	22,7	21,2	8,7	30,6	28,9	31,7
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			1,5	1,4	1,3	9,3	2,0	1,8

1) Pflanzenteile wurden nasschemisch im Labor analysiert. 2) gewogenes arithmetisches Mittel

Die Rohprotein- und Rohfasergehalte aus der nasschemischen Analyse waren bei allen vier Sorten höher als die der NIRS-Analyse. Die pyramidalen Wuchstypen erreichten in den Versuchen die etwas höheren Rohproteingehalte (Tab. 25), was durch die Ergebnisse der Landes-

sortenversuche Brandenburg aus den Jahren 1997 und 1998 bestätigt wurde. Innerhalb der Pflanze nahm der Rohproteingehalt in folgender Reihenfolge ab:

Kolben > Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens > Stängel und Blätter unterhalb des Kolbens > Lieschblätter.

In den Reifegruppen reagierten die Sorten unterschiedlich auf die höheren Bestandesdichten. Bei den frühen Sorten nahm der Rohproteingehalt mit einer höheren Bestandesdichte zu, bei den mittelfrühen Sorten dagegen ab.

Tab. 25: Rohproteingehalt (%) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Versuch/ Reife- gruppe	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	Gesamtpflanze Analyse		Pflanzenteil ¹⁾			
			nass- chemisch	NIRS	Kolben	Liesch- blätter	Stängel und Blätter oberhalb des Kolbens	unterhalb des Kolbens
I früh	<i>Arsenal</i>	8	7,1	6,80	8,9	3,0	5,6	5,8
		10	7,5	7,05	9,4	3,5	7,0	5,4
	<i>Agadir</i>	8	8,0	7,28	10,1	3,7	8,5	4,9
		10	8,6	7,40	10,8	4,5	8,6	6,1
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			1,2	0,54	1,4	1,1	2,5	2,1
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	8,5	7,60	9,8	3,6	8,6	6,9
		10	8,2	7,25	9,5	3,4	8,5	6,3
	<i>Attribut</i>	8	9,2	7,82	11,8	4,7	9,6	6,5
		10	8,5	7,43	11,3	5,1	8,3	6,5
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,5	0,22	1,2	0,9	1,4	0,9

1) Pflanzenteile wurden nasschemisch im Labor analysiert.

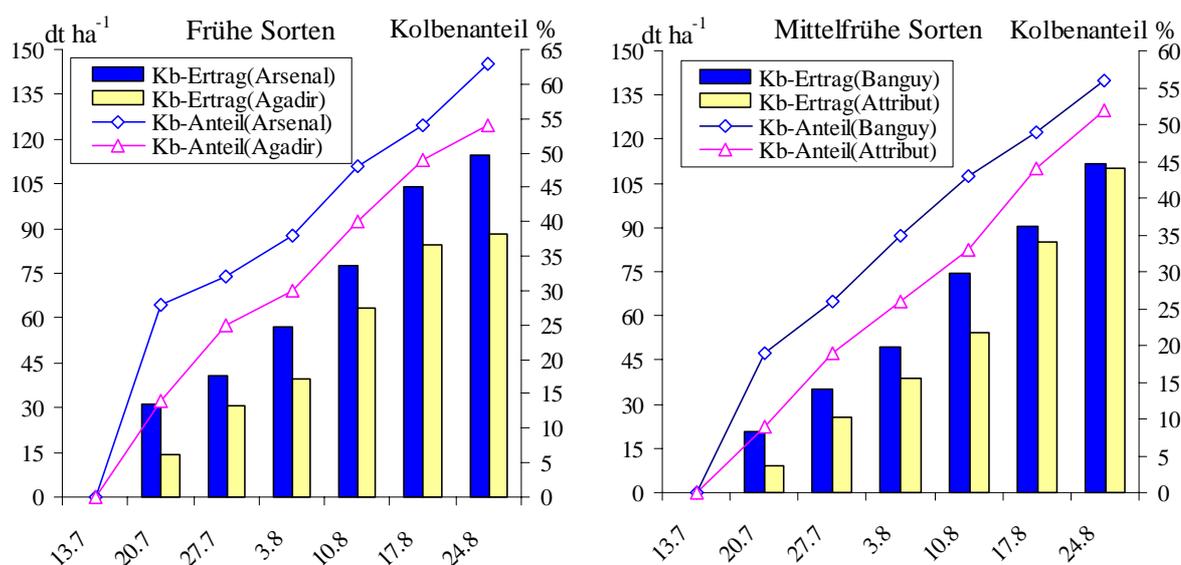


Abb. 13: Entwicklung von Kolbenerträgen und Kolbenanteilen in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² im Jahre 1998

Ab dem 20 Juli (BBCH-Stadium 65) wurden Kolbenanteil und Kolbenerträge gesondert erfasst. In den folgenden 40 Tagen (bis eine Woche vor der Ernte) nahmen sowohl der Kolbenanteil als auch der Kolbenertrag der Sorten nahezu linear zu, wobei in beiden Reifegruppen der normale Wuchstyp dem pyramidalen Wuchstyp überlegen war (Abb. 13). Aus Tab. 26 wird der Einfluss von Sorte und Bestandesdichte auf den Kolbenanteil ersichtlich. Die Trockenmasse des Kolbens erreichte einen Anteil von ca. 50 % der Gesamttrockenmasse bei den Sorten *Arsenal* und *Banguy*. Der normale Wuchstyp war dem pyramidalen Wuchstyp jeweils in der Reifegruppe im Kolbenanteil überlegen, wodurch günstigere Voraussetzungen für die Einlagerung der futterwertbestimmenden Inhaltsstoffe bestanden. Der Kolbenanteil am Trockenmasseertrag von den Sorten *Agadir*, *Banguy* und *Attribut* nahm mit zunehmender Bestandesdichte ab.

Tab. 26: Kolbenanteil am Trockenmasseertrag, Kolbenansatzhöhe und Pflanzenhöhe in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte zur Ernte im Jahre 1998

Versuch/ Reifegruppe	Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Kolbenanteil %	Kolbenansatzhöhe cm	Pflanzenhöhe cm
I früh	<i>Arsenal</i>	8	48,2	80	244
		10	49,2	81	245
	<i>Agadir</i>	8	46,2	80	245
		10	44,6	77	243
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			6,5	3	5
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	8	51,3	83	246
		10	50,5	78	247
	<i>Attribut</i>	8	39,8	79	258
		10	35,7	73	260
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			3,4	7	8

Die Sorten des pyramidalen Wuchstyps wiesen im Vergleich zum normalen Wuchstyp die etwas niedrigeren Kolbenansatzhöhen auf. Die Sorte *Attribut* erreichte gegenüber *Banguy* eine signifikant größere Pflanzenhöhe. Die Bestandesdichte wirkte sich in beiden Reifegruppen nicht auf die Kolbenansatz- bzw. Pflanzenhöhe aus.

4.3 Lichtaufnahme in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte

4.3.1 Lichtinterzeption

Die in den Landessortenversuchen geprüften Sorten der Reifegruppe „früh“ erreichten vom Rispschieben bis zum BBCH-Stadium 68 eine mittlere Lichtinterzeption von 90,6 % (1997) bzw. 92,9 % (1998) (Tab. 27). An der Spitze lag im Jahre 1997 die zweijährig geprüfte Sorte *Antares* (1997), gefolgt von *Arsenal*, *Achat* und *Marquis*. Im Jahre 1998 hat die Sorte *Akim*

die höchste Lichtinterzeption erreicht, gefolgt von *Symphony* und *Volvik*. Die einjährig geprüften Sorten *Rasant* (1997) bzw. *Byzance*, *Belfor* und *Pedro* (1998) haben ebenso gute Werte erzielt.

Die Lichtinterzeption unterschied sich in der Reifegruppe „früh“ wenig in Abhängigkeit vom Wuchstyp der Sorten. Die Sorten des pyramidalen Wuchstyps (*Canberra* und *Santiago*) lagen unter dem Sortenmittel und die Sorte *Volvik* des normalen Wuchstyps und *Achat* des pyramidalen Wuchstyps in beiden Jahren über dem Sortenmittel.

Tab. 27: Lichtinterzeption (%) in Abhängigkeit von der Sorte (Reifegruppe „früh“, Landessortenversuche Brandenburg) am 20.07.1997 bzw. 27.07.1998 (BBCH-Stadium 68)

Versuchsjahr 1997				Versuchsjahr 1998			
Sorte	LI %	Sorte	LI %	Sorte	LI %	Sorte	LI %
<i>Antares</i>	93,2	<i>Santiago</i>	90,3	<i>Antares</i>	91,2	<i>Santiago</i>	92,8
<i>Arsenal</i>	92,9	<i>Trento</i>	92,3	<i>Arsenal</i>	91,1	<i>Trento</i>	89,9
<i>Marquis</i>	92,2	<i>Lincoln</i>	90,3	<i>Marquis</i>	93,4	<i>Banquise</i>	92,3
<i>Akim</i>	86,5	<i>Aral</i>	89,5	<i>Akim</i>	96,2	<i>Goldoli</i>	92,3
<i>Symphony</i>	88,7	<i>Rasant</i>	93,0	<i>Symphony</i>	95,1	<i>Ulla</i>	91,5
<i>Agadir</i>	88,7	<i>Jericho</i>	87,8	<i>Agadir</i>	92,9	<i>Byzance</i>	93,3
<i>Canberra</i>	89,6	<i>Toledo</i>	90,5	<i>Canberra</i>	91,0	<i>Belfor</i>	94,6
<i>Noveta</i>	89,4	<i>Bergamo</i>	89,7	<i>Noveta</i>	92,7	<i>Monitor</i>	92,3
<i>Helix</i>	89,4	<i>Lava</i>	89,5	<i>Helix</i>	93,5	<i>Pedro</i>	93,4
<i>Volvik</i>	91,7			<i>Volvik</i>	94,1	<i>Volens</i>	92,3
<i>Achat</i>	92,6			<i>Achat</i>	93,6		
Sortenmittel (n=20)			90,6	Sortenmittel (n=21)			92,9
GD ($\alpha \leq 5\%$)			2,9	GD ($\alpha \leq 5\%$)			0,6

Tab. 28: Lichtinterzeption (%) in Abhängigkeit von der Sorte (Reifegruppe „mittelfrüh“, Landessortenversuche Brandenburg) am 27.07. 1997 bzw. 01.08. 1998 (BBCH-Stadium 68)

Versuchsjahr 1997				Versuchsjahr 1998			
Sorte	LI %	Sorte	LI %	Sorte	LI %	Sorte	LI %
<i>Kerkenna</i>	89,2	<i>Magister</i>	91,9	<i>Kerkenna</i>	91,5	<i>Magister</i>	94,6
<i>Limatop</i>	89,1	<i>Tomasso</i>	85,5	<i>Limatop</i>	93,1	<i>Atoll</i>	88,0
<i>List</i>	88,9	<i>Kanzler</i>	92,9	<i>List</i>	92,4	<i>Javotte</i>	92,1
<i>Türkis</i>	89,2	<i>Latour</i>	88,0	<i>Türkis</i>	91,7	<i>Lopez</i>	90,7
<i>Banguy</i>	90,1	<i>Olivin</i>	89,4	<i>Banguy</i>	92,9	<i>Probat</i>	92,0
<i>Attribut</i>	90,4	<i>Frivol</i>	92,1	<i>Attribut</i>	91,1	<i>Argument</i>	93,7
<i>Harpun</i>	88,9	<i>Arnold</i>	87,3	<i>Harpun</i>	95,1	<i>Caballero</i>	94,9
<i>Lenz</i>	91,1	<i>Limastar</i>	87,7	<i>Lenz</i>	92,7	<i>Florett</i>	92,5
<i>Lorenzo</i>	91,1	<i>Bosco</i>	89,0	<i>Lorenzo</i>	95,0	<i>Irene</i>	94,9
<i>Major</i>	91,5	<i>Safrane</i>	89,8	<i>Major</i>	93,1	<i>Limabest</i>	93,2
<i>Ilias</i>	91,6			<i>Ilias</i>	94,2	<i>Carrera</i>	92,2
<i>Kampala</i>	92,1			<i>Kampala</i>	93,6	<i>Fuego</i>	94,2
Sortenmittel (n=22)			90,4	Sortenmittel (n=24)			93,2
GD ($\alpha \leq 5\%$)			2,9	GD ($\alpha \leq 5\%$)			1,1

Im Jahre 1998 erreichten die Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ im Vergleich zum Jahre 1997 in den Landessortenversuchen eine um 2,8 % höhere Lichtinterzeption (Tab. 28). Die einjährig geprüfte Sorte *Kanzler* (1997) und die zweijährig geprüfte Sorte *Harpun* mit pyramidalen Blattstellung haben die höchste Lichtinterzeption erreicht.

Die zweijährig geprüften Sorten *Lorenzo*, *Ilias*, *Kampala* und *Magister* haben überdurchschnittliche Werte erreicht, ebenso die einjährig geprüften Sorten *Frivol* (1997), *Caballero* und *Irene* (1998). Die Sorten *Attribut*, *Ilias* und *Kampala* mit pyramidalem Wuchstyp erzielten in beiden Jahren überdurchschnittlich hohe Werte.

Weiterhin wurde der Einfluss der Sorten und der Bestandesdichte auf die Lichtaufnahme und die Verteilung der Lichtinterzeption im Bestand untersucht. In Abb. 14 wurden die Lichtinterzeptionsverläufe der vier aus den Landessortenversuchen geprüften Sorten mit unterschiedlicher Bestandesdichte während des Hauptwachstums dargestellt. Am 20. Juli (BBCH-Stadium 68) erreichten in der Reifegruppe „früh“ die Sorten *Arsenal* mit 98,1 % und *Agadir* mit 96,9 % die maximale Lichtinterzeption (Tab. 29). Die mittelfrühen Sorten *Attribut* und *Banguy* haben am 3. August ihre maximale Lichtinterzeption mit 96,8 % bzw. 97,7 % erreicht, wobei dieser Unterschied statistisch zu sichern war.

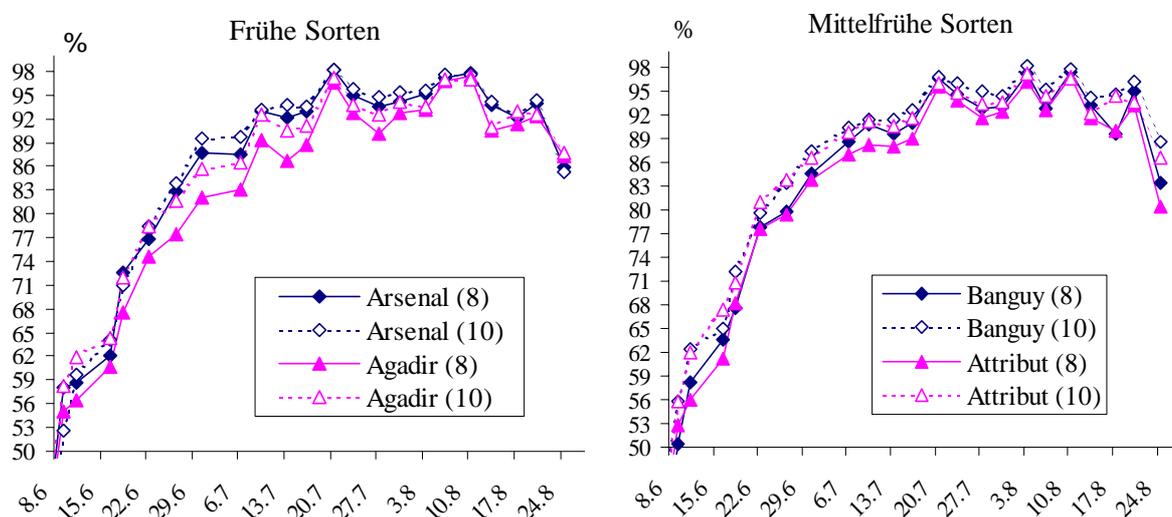


Abb. 14: Zwischen den Maisreihen gemessene Lichtinterzeption in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998 (Ceptometer-Messungen)
(Arsenal (8) = Arsenal mit 8 Pflanzen m^{-2})

Die Lichtinterzeption in unterschiedlicher Bestandeshöhe war sowohl von der Sorte als auch von der Bestandesdichte abhängig. Bei maximaler Lichtinterzeption des Gesamtbestands be-

trug die in einer Höhe von 100 cm gemessene Lichtinterzeption mehr als 80 % (Tab. 29). Die pyramidalen Wuchstypen ließen die größere Lichtmenge tiefer in den Bestand eindringen, so dass im unteren Bereich (Bodenoberfläche bis 100 cm Bestandshöhe) eine höhere Lichtinterzeption gemessen wurde.

Tab. 29: Lichtinterzeption (%) der Gesamtpflanze und der verschiedenen Abschnitte der Maispflanzen in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte am 20.07.1998 (Reifegruppe „früh“) bzw. 03.08.1998 (Reifegruppe „mittelfrüh“)

Ver- such/ Reife- gruppe	Sorte	Bestan- desdichte Pflanzen m ⁻²	LI _{max} Gesamt- pflanze	Wuchsabschnitt (cm)							
				0-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	> 200
I früh	<i>Arsenal</i>	8	98,1	0,8	2,4	4,1	17,2	12,4	21,9	20,4	14,3
		10	98,1	1,2	1,1	3,5	14,2	17,2	24,3	22,1	11,2
	<i>Agadir</i>	8	96,6	0,8	2,8	5,8	14,9	12,7	19,0	17,7	16,5
		10	97,2	2,5	1,8	5,5	13,6	13,3	17,9	15,8	22,3
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,8	1,0	2,0	1,0	2,9	5,5	12,6	6,1	5,2
II mittel- früh	<i>Banguy</i>	8	97,2	3,0	3,2	6,0	15,1	9,0	21,3	21,8	13,5
		10	98,1	3,0	2,3	4,9	13,2	9,3	21,2	27,7	13,5
	<i>Attribut</i>	8	96,2	3,9	4,9	6,7	14,1	8,0	14,8	22,4	16,7
		10	97,3	2,7	3,1	5,7	11,3	8,0	15,4	26,6	20,8
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,5	1,1	2,4	1,1	3,8	4,8	8,9	4,0	3,1

Die normalen Wuchstypen *Arsenal* bzw. *Banguy* wiesen im Abschnitt von 150 – 200 cm Wuchshöhe die größte Lichtaufnahme auf und ab 200 cm Wuchshöhe bis Rispenspitze die vergleichsweise geringere Lichtaufnahme. Dagegen wurde bei den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* eine gleichmäßig verteilte Lichtaufnahme festgestellt.

Die Bestandesdichte von 10 Pflanzen m⁻² führte im Vergleich zu 8 Pflanzen m⁻² bei den mittelfrühen Sorten zu einer höheren Lichtinterzeption (Abb. 14). Im Messbereich von 50 - 125 cm verringerte sich bei der höheren Bestandesdichte die Lichtaufnahme deutlich.

4.3.2 Lichtextinktionskoeffizient

Für die Interpretation der Ergebnisse zur Lichtverteilung wurden in Tab. 30 die Lichtextinktionskoeffizienten **k** der Sorten vor und nach Erreichen des maximalen Blattflächenindex dargestellt. Ein kleiner Wert für **k** deutet auf eine bessere Lichtverteilung hin. In der Reifegruppe „früh“ wies die Sorte *Agadir* gegenüber der Sorte *Arsenal* die niedrigeren Werte für **k** auf. In der Reifegruppe „mittelfrüh“ bestand kein Unterschied zwischen den geprüften Sorten. Bis zum Erreichen des maximalen Blattflächenindex (BBCH-Stadium 55) wies die

Sorte *Agadir* im Vergleich zu *Arsenal* in den Bestandesschichten die niedrigeren Lichtextinktionskoeffizienten auf was auf eine bessere Lichtverteilung hindeutet. Die Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ haben sich nicht signifikant in diesem Parameter unterschieden. Mit dem fortschreitenden Verwelken der älteren Blätter bei allen Sorten nahmen der Blattflächenindex und die Lichtinterzeption ab. Der Lichtextinktionskoeffizient **k** ist nach Erreichen des maximalen Blattflächenindexes größer als vor Erreichen des maximalen Blattflächenindexes. Mit der Bestandesdichte nahm bei allen geprüften Sorten der Lichtextinktionskoeffizient zu.

Tab. 30: Lichtextinktionskoeffizient k vor bzw. nach Erreichen des maximalen Blattflächenindexes (BFI_{max}) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Versuch/ Reifegruppe	Sorte	Bestandes- dichte Pflanzen m ⁻²	Lichtextinktionskoeffizient k		
			insgesamt	vor BFI _{max}	nach BFI _{max}
I früh	<i>Arsenal</i>	8	0,79	0,78	0,92
		10	0,80	0,80	0,89
	<i>Agadir</i>	8	0,76	0,74	0,89
		10	0,78	0,77	0,93
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,01	0,02	0,06
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	8	0,76	0,74	0,78
		10	0,78	0,76	0,91
	<i>Attribut</i>	8	0,76	0,76	0,82
		10	0,77	0,76	0,75
	GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,03	0,03

4.3.3 Aufgenommene Lichtenergie und Lichtnutzungseffizienz

Die Lichtaufnahme (aufgenommene Lichtenergie pro Tag) ist in der Abb. 15 dargestellt. Gegen Ende Juli (BBCH-Stadium 71) wurde der größte Anteil an photosynthetisch aktiver Strahlung (PhAR) von den Pflanzen aufgenommen, wobei auch die höchste Lichtinterzeption bzw. der größte Blattflächenindex nachgewiesen wurde (Abb. 14, 17 und 18). Anschließend ging die Lichtaufnahme wegen des abnehmenden Blattflächenindexes deutlich zurück.

In den beiden Reifegruppen wiesen jeweils die Sorten des normalen Wuchstyps die höhere Lichtaufnahme auf. Die mittlere Lichtaufnahme lag in der Vegetationszeit bei den Sorten zwischen 630 MJ m⁻² (*Agadir*) und 650 MJ m⁻² (*Banguy*).

Die Lichtnutzungseffizienz (LUE) der Maisbestände nahm während des Maiswachstums bis

Anfang August zu (Abb. 16). Die Sorten des normalen Wuchstyps wiesen in beiden Reifegruppen eine höhere Lichtnutzungseffizienz als die Sorten des pyramidalen Wuchstyps auf (Tab. 31). Die Sorte *Banguy* erreichte im Vergleich zu der Sorte *Attribut* aufgrund der größeren Lichtaufnahme und der höheren Lichtnutzungseffizienz die größten Trockenmasseerträge. Entsprechend war in der Reifegruppe „früh“ die Sorte *Arsenal* der Sorte *Agadir* aufgrund der besseren Lichtnutzungseffizienz im Ertrag überlegen.

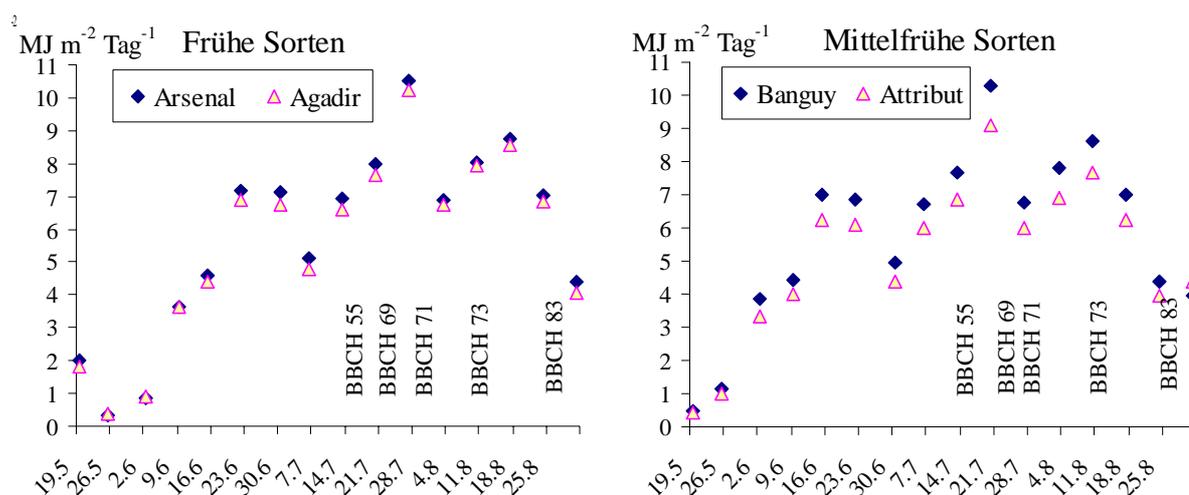


Abb. 15: Tägliche Lichtaufnahme (MJ m⁻² Tag⁻¹) während des Maiswachstums

Tab. 31: Lichtinterzeption, aufgenommene Lichtenergie und Lichtnutzungseffizienz (LUE) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Versuch Reifegruppe	Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Lichtinterzeption %	aufgenommene Lichtenergie MJ m ⁻²	LUE g MJ ⁻¹
I früh	<i>Arsenal</i>	8	98,1	637	3,18
		10	98,1	648	nicht bestimmt
	<i>Agadir</i>	8	96,6	617	3,03
		10	97,2	643	nicht bestimmt
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,8	9	0,11
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	8	97,1	641	3,80
		10	98,1	659	nicht bestimmt
	<i>Attribut</i>	8	96,2	632	3,43
		10	97,3	653	nicht bestimmt
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,5	7	0,15

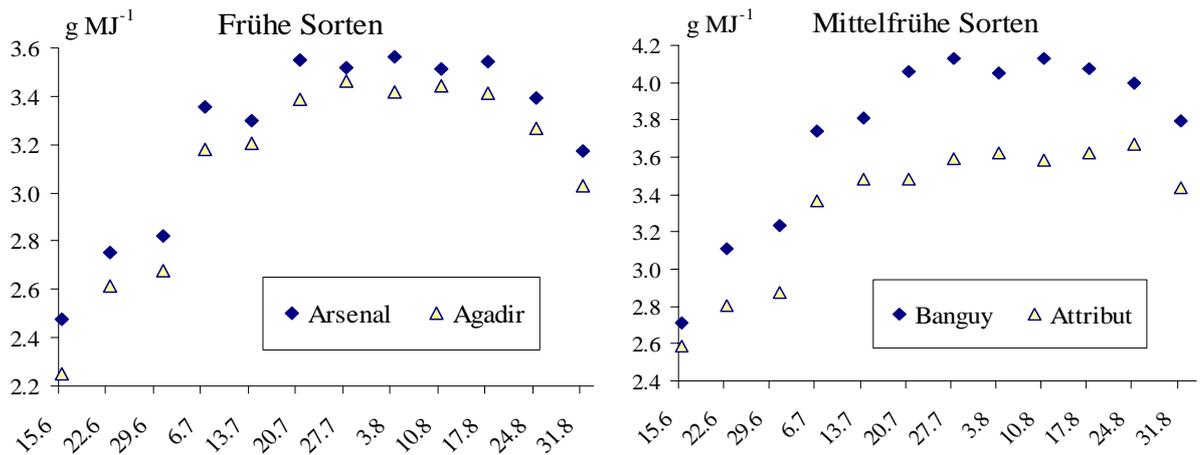


Abb. 16: Lichtnutzungseffizienz (LUE) während des Maiswachstums in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² im Jahre 1998

4.4 Blattflächenindex in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte

4.4.1 Blattflächenindex der Gesamtpflanze

Die manuelle Messung des Blattflächenindex (BFIman) wurde vom 10. Mai (BBCH-Stadium 13) bis zum 24. August (BBCH-Stadium 83) durchgeführt. Der BFIman nahm zunächst sehr langsam zu und stieg Anfang Juni nach Erscheinen des neunten Maisblattes schnell an (Abb. 17). Die Sorten erreichten im Zeitraum Mitte Juli bis Anfang August den maximalen Blattflächenindex (BFIman), wobei sich diese Werte dann bis zum 10. August (BBCH-Stadium 73) nur geringfügig veränderten. Der Blattflächenindex (BFIman) der Sorte *Arsenal* übertraf deutlich den der Sorte *Agadir* bei den geprüften Bestandesdichten.

In der Reifegruppe „mittelfrüh“ zeichnete sich eine Überlegenheit der Sorte *Banguy* gegenüber *Attribut* nur bei einer Bestandesdichte von 10 Pflanzen m⁻² ab (Tab. 32). Aufgrund der Sommertrockenheit (20. Juli bis 3. August) trat vorübergehend eine Verminderung des Blattflächenindex (BFIman) ein. Nach dem 10. August verringerte sich bei allen Sorten der Blattflächenindex irreversibel aufgrund der anhaltenden Trockenheit, die ein Verwelken und Absterben der älteren Blätter zur Folge hatte. Zum Erntetermin waren nur noch die oberhalb des Kolbens inserierten Blätter grün. Der Blattflächenindex (BFIman) nahm bei allen Sorten mit der Bestandesdichte zu.

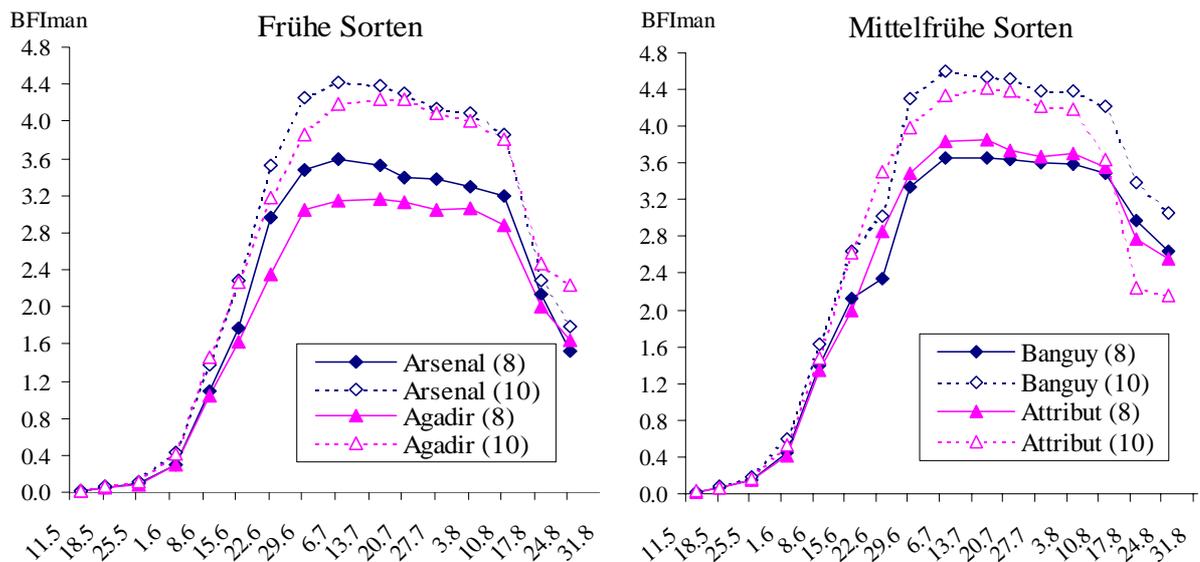


Abb. 17: Blattflächenindex während des Maiswachstums (BFIman) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

(Arsenal (8)= Arsenal mit 8 Pflanzen m⁻²)

Ab dem 11. Juni (BBCH-Stadium 30) wurde parallel zu der manuellen Messung das Messgerät LAI-2000 zur Ermittlung des Blattflächenindex (BFIlai) genutzt. Diese Ergebnisse waren eng mit denen der manuellen Messung korreliert, wobei die Werte kleiner waren als die der manuellen Messung. Der Kurvenverlauf des mit dem Messgerät erfassten Blattflächenindex (BFIlai) war dem des manuell erfassten Blattflächenindex (BFIman) ähnlich (Abb. 18). Die Relationen, die zwischen den Sorten in den beiden Reifegruppen ermittelt wurden, waren nach beiden Methoden identisch.

Tab. 32: Blattflächenindex nach manueller Messung (BFIman) sowie nach Messgerät LAI 2000 (BFIlai) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte in den Jahren 1997 und 1998

Versuch/ Reifegruppe	Sorte	Bestandes- dichte Pflanzen m ⁻²	BFI ¹⁾ 1997	BFIman 1998	BFIlai 1998
I früh	<i>Arsenal</i>	8	3,31	3,59	3,75
		10	--	4,42	3,91
	<i>Agadir</i>	8	2,93	3,16	3,19
		10	--	4,24	3,54
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,33	0,32	0,13
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	8	2,93	3,66	3,71
		10	--	4,60	3,96
	<i>Attribut</i>	8	3,06	3,85	3,39
		10	--	4,42	3,74
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)			0,76	0,26	0,19

BFI¹⁾ wurde auf der Basis der Lichtextinktionskoeffizienten (k) der zwei Parzellenversuche 1998 und der gemessenen Lichtinterzeption in den Landessortenversuchen im Jahre 1997 berechnet

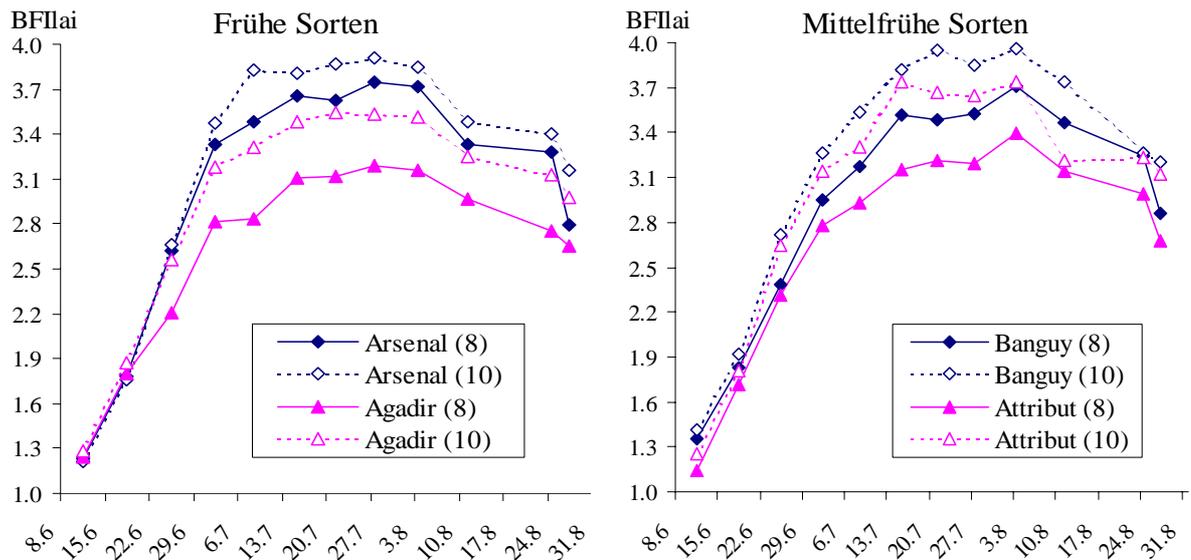


Abb. 18: Blattflächenindex nach Messung mit Messgerät LAI-2000 (BFI_{lai}) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998
(Arsenal(8) = Arsenal mit 8 Pflanzen m⁻²)

Nach dem 10. August ist eine im Vergleich zu der manuellen Messung geringere Abnahme des Blattflächenindex (BFI_{lai}) bei allen Sorten festgestellt worden. Der Blattflächenindex der Sorten wurde mittels der Messwerte für die Lichtinterzeption aus dem Jahre 1997 (Tab. 32) und des Lichtextinktionskoeffizienten simuliert. Der Blattflächenindex war im Vergleich zum Jahr 1998 kleiner. Die Sorte *Arsenal* wies im Vergleich zur Sorte *Agadir* während der Vegetationszeit die größeren Werte für den Blattflächenindex auf.

Die Zunahme des Blattflächenindex bei der Sorte *Banguy* vollzog sich schneller als bei der Sorte *Attribut*, wobei bezogen auf den maximalen Blattflächenindex ein signifikanter Unterschied zwischen den Sorten bestand. Die Bestandesdichte von 10 Pflanzen m⁻² führte im Vergleich mit 8 Pflanzen m⁻² im Jahre 1998 zu einer deutlichen Zunahme des Blattflächenindex (BFI_{lai}) während des Maiswachstums in beiden Reifegruppen.

4.4.2 Blattflächenindex in unterschiedlicher Pflanzenhöhe

In den Tab. 33 und 34 wird der Blattflächenindex (BFI_{lai}) unterschiedlicher Wuchsabschnitte zu jedem Messtermin für die beiden Parzellenversuche dargestellt. Der größte Blattflächenindex (BFI_{lai}) im Bereich von 100 cm über dem Erdboden bis zur Rispen Spitze lag bei den Sorten mit 2,53 (*Agadir*), 2,73 (*Arsenal*), 2,57 (*Attribut*) und 2,76 (*Banguy*) (27.07.1998 BBCH-Stadium 69). Der Blattflächenindex im unteren Wuchsbereich war bei

den Sorten von der Bestandesdichte abhängig. Die Sorte *Agadir* wies in den Wuchsabschnitten "Bodenoberfläche–50 cm" einen höheren Blattflächenindex auf als die Sorte *Arsenal*, während die Sorte *Attribut* mit 8 Pflanzen m⁻² im Abschnitt „Bodenoberfläche–100cm“ Wuchshöhe den größeren Blattflächenindex als die Sorte *Banguy* erreichte.

Tab. 33: Blattflächenindex (BFI_{lai}) in unterschiedlichen Wuchsabschnitten in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte (Versuch I, Reifegruppe „früh“)

Termine	Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Wuchsabschnitt (cm)				BFI insgesamt
			0-50	50–100	100–150	>150	
27.07.1998 BBCH 71	<i>Arsenal</i>	8	0,24	0,97	1,24	1,30	3,75
		10	0,18	0,82	1,46	1,45	3,91
	<i>Agadir</i>	8	0,23	0,67	1,02	1,27	3,19
		10	0,28	0,51	1,27	1,50	3,54
24.08.1998 BBCH 83	<i>Arsenal</i>	8	0,31	0,51	0,98	1,24	3,04
		10	0,27	0,62	0,93	1,36	3,18
	<i>Agadir</i>	8	0,34	0,49	0,61	1,09	2,53
		10	0,47	0,52	0,67	1,37	3,03

Tab. 34: Blattflächenindex in unterschiedlichen Wuchsabschnitten in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte (Versuch II, Reifegruppe „mittelfrüh“)

Termine	Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Abschnitt (cm)				BFI insgesamt
			0-50	50–100	100–150	>150	
27.07.1998 BBCH 71	<i>Banguy</i>	8	0,34	0,82	1,08	1,47	3,71
		10	0,21	0,78	1,28	1,69	3,96
	<i>Attribut</i>	8	0,16	1,04	0,45	1,76	3,39
		10	0,24	0,55	1,20	1,73	3,74
24.08.1998 BBCH 83	<i>Banguy</i>	8	0,37	0,30	1,08	1,24	2,99
		10	0,14	0,54	1,23	1,59	3,50
	<i>Attribut</i>	8	0,16	0,74	0,28	1,72	2,90
		10	0,25	0,26	1,00	1,53	3,04

Der Blattflächenindex (BFI_{lai}) nahm bei allen Sorten bis zum letzten Messtermin vor der Maisernte ab, wobei sich die Verteilung des Blattflächenindexes innerhalb der Maispflanze ebenfalls änderte. Bei den frühen Sorten nahm nach dem 27. Juli der Blattflächenindex im Abschnitt „Bodenoberfläche – 50 cm“ Wuchshöhe zu sowie in Kolbennähe („50 – 150 cm“ Wuchshöhe) ab. Der Blattflächenindex (BFI_{lai}) war im Abschnitt „Bodenoberfläche – 100 cm“ Wuchshöhe bei der Sorte *Agadir* unmittelbar vor der Maisernte im Mittel der Bestandesdichten höher als bei der Sorte *Arsenal* (Tab. 33). Im Abschnitt < 100 cm Wuchshöhe wies die Sorte *Attribut* mit 8 Pflanzen m⁻² einen höheren Blattflächenindex auf als die Sorte *Banguy* (Tab. 34). Die Abnahme des Blattflächenindexes (BFI_{lai}) im unteren Wuchsbereich war beim pyramidalen Wuchstyp weniger ausgeprägt als beim normalen

Wuchstyp. Das könnte darauf hindeuten, dass eine größere Anzahl grüner Blätter vorhanden war, die auch eine Zunahme der Lichtinterzeption im unteren Bereich zur Folge hatte.

Mit Zunahme der Bestandesdichte nahm der Blattflächenindex (BFI_{lai}) im Abschnitt „Bodenoberfläche – 50 cm“ Wuchshöhe bei den Sorten des normalen Wuchstyps ab und bei den Sorten des pyramidalen Wuchstyps dagegen zu (27. Juli). Nach dem 27. Juli war die Abnahme des Blattflächenindexes im Abschnitt „100 – 150 cm“ Wuchshöhe bei einer Bestandesdichte von 10 Pflanzen m⁻² größer als bei 8 Pflanzen m⁻².

4.4.3 Blattfläche der einzelnen Blätter und Lebensdauer des Einzelblattes

Bis zur Ernte blieben bei den Sorten *Arsenal* und *Agadir* zwölf Blätter und bei den mittelfrühen Sorten *Attribut* bzw. *Banguy* elf Blätter grün und vital. Die Blattfläche je Einzelblatt nahm mit dem Erscheinen von neuen Blättern, d.h. mit der Zunahme der Blattzahl je Pflanze zu. Bei den Sorten *Agadir* und *Attribut* war das zehnte bzw. neunte Blatt als Kolbenblatt ausgebildet, bei den Sorten *Arsenal* und *Banguy* das elfte bzw. zehnte Blatt (Tab. 35). Als Kolbenblatt wird das unmittelbar unter dem Kolben angelegte Blatt verstanden.

Tab. 35: Blattfläche (cm²) der einzelnen Blätter in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Blattzahl ¹⁾											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>Arsenal</i>	8	96	177	306	443	555	635	659 ²⁾	601	521	409	274	95
	10	96	173	259	440	548	630	654 ²⁾	599	529	412	289	108
<i>Agadir</i>	8	121	227	359	516	605	629 ²⁾	593	535	369	195	76	11
	10	135	250	394	529	601	622 ²⁾	581	493	375	248	95	7
(α≤5%, n=4)		45	35	39	45	50	44	52	65	59	92	78	50
<i>Banguy</i>	8	122	216	331	470	561	659 ²⁾	679	647	525	370	147	
	10	112	203	309	452	565	653 ²⁾	676	644	527	359	145	
<i>Attribut</i>	8	126	247	402	545	645 ²⁾	686	675	629	512	342	229	
	10	138	239	381	509	604 ²⁾	627	608	575	459	412	264	
GD (α≤5%, n=4)		30	31	43	37	20	27	35	40	67	46	60	-

1) Die ersten bis vierten Blätter waren jeweils zu mehr als 50% verwelkt (BBCH Stadium 69) und wurden deshalb nicht dargestellt.

2) Kolbenblatt (erster Kolben)

Bei den mittelfrühen Sorten *Attribut* bzw. *Banguy* erreichten das elfte bzw. zwölfte Blatt die maximale Einzelblattfläche innerhalb der Pflanze. Der Unterschied in der Blattfläche zwischen den Sorten *Arsenal* und *Agadir* war bei jeder Blattzahl oder Blattgeneration signifikant. Die Blattfläche des fünften bis neunten Blattes war bei der Sorte *Agadir* immer größer als bei *Arsenal*. Die Blattfläche der älteren Blätter unterhalb des Kolbens (erstes bis fünftes bzw. neuntes Blatt) der Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* waren größer als die der Sorten *Arsenal* bzw.

Banguy. Die wesentliche Blättfläche für den Assimilattransport in Kolbennähe (z. B. Kolbenblatt plus vier Blätter neben dem Kolben) lag um 2230 cm² (**Agadir**), 2413 cm² (**Arsenal**), 2450 cm² (**Attribut**) und 2542 cm² (**Banguy**).

Die höhere Bestandesdichte führte bis zum zwölften Blatt bei den frühen Sorten bzw. dreizehnten Blatt bei den mittelfrühen Sorten zu einer Abnahme der Einzelblattfläche. Ein signifikanter Einfluss der Bestandesdichte auf die Position des Kolbenblattes bestand nicht.

Tab. 36: Lebensdauer (Tage) der einzelnen Blätter in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Sorte	Bestandesdichte Pflanzen m ⁻²	Blattzahl ¹⁾											
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Arsenal	8	65	72	74	77	75	76	78 2)	76	72	70	67	56
	10	59	68	72	76	76	77	79 2)	76	70	69	65	58
Agadir	8	72	76	77	77	78	81 2)	79	72	66	66	60	47
	10	74	75	77	80	79	81 2)	80	72	69	60	57	47
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)		9	10	4	4	2	2	2	1	4	4	4	6
Banguy	8	83	86	85	87	88	85 2)	84	78	72	65	62	
	10	75	83	83	85	89	85 2)	84	78	73	65	61	
Attribut	8	75	83	80	85	84 2)	84	83	76	72	71	67	
	10	77	76	76	77	77 2)	80	80	77	74	70	66	
GD ($\alpha \leq 5\%$, n=4)		4	4	3	4	3	2	3	2	3	2	6	

1) Die ersten bis vierten Blätter waren jeweils zu mehr als 50% verwelkt und wurden deshalb nicht dargestellt. 2) Kolbenblatt (erster Kolben)

Die Lebensdauer oder das Blattalter der einzelnen Blätter (Tab. 36) umfasst den Zeitraum (in Tagen) vom Erscheinen des Blattes bis zum Absterben (Vergilben, Verwelken von mehr als 50 % der Blattfläche) bzw. im Fall der jüngeren Blätter bis zur Ernte.

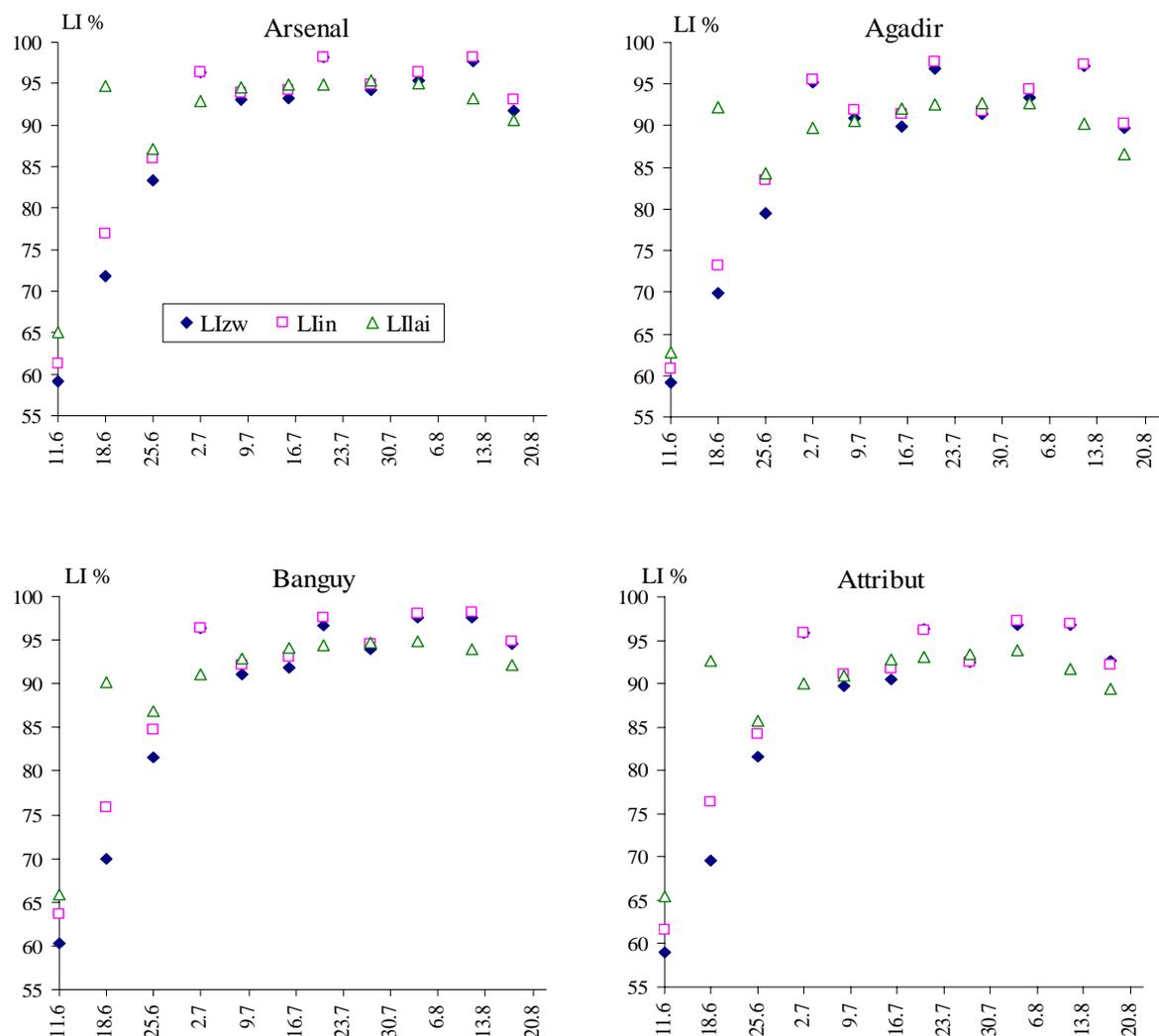
Die Lebensdauer der Blätter schwankte zwischen 43 (die ersten bis vierten Blätter) und 81 (Reifegruppe „früh“) bzw. 89 (Reifegruppe „mittelfrüh“) Tagen und war sowohl von der Sorte als auch von der Bestandesdichte abhängig. Bei der Sorte **Agadir** erreichten das fünfte bis elfte Blatt eine längere Lebensdauer als bei der Sorte **Arsenal**, während die einzelnen Blätter der Sorte **Banguy** jeweils länger vital blieben als bei der Sorte **Attribut** (besonders bei höherer Bestandesdichte).

Die höhere Bestandesdichte wirkte sich in der Reifegruppe „früh“ nicht auf die Lebensdauer der Einzelblätter aus (mit Ausnahme des vierzehnten). In der Reifegruppe „mittelfrüh“ wirkte sich die Bestandesdichte auf die Lebensdauer des sechsten bis zehnten Blattes aus. Bei der Sorte **Attribut** war die höhere Bestandesdichte mit einer kürzeren Lebensdauer dieser Blätter verbunden. Eine negative Korrelation von Bestandesdichte und Lebensdauer trat dagegen bei Sorten der Reifegruppe „früh“ nur bei wenigen Blättern auf.

4.5 Methoden zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex

4.5.1 Lichtinterzeption

Die Lichtinterzeption wurde sowohl zwischen zwei Maisreihen als auch innerhalb der Reihen des Maisbestandes (L_{zw} bzw. L_{lin}) mittels Ceptometer und Messgerät LAI-2000 (L_{lai}) gemessen. Die in der Reihe gemessene Lichtinterzeption war gegenüber der zwischen den Reihen gemessenen Lichtinterzeption im Zeitraum von 11. Juni bis 25. Juni etwas höher.



L_{zw} Lichtinterzeption zwischen den Reihen (Ceptometer)
 L_{lai} Lichtinterzeption zwischen den Reihen (Messgerät LAI-2000)
 L_{lin} Lichtinterzeption in den Reihen (Ceptometer)

Abb. 19: Lichtinterzeption der Maissorten nach verschiedenen Messmethoden während der Blühtentwicklung im Jahre 1998

Tab. 37: Korrelationskoeffizient r zwischen verschiedenen Messwerten für die Lichtinterzeption (L_{Izw}, L_{Ilin} und L_{Ilai}) in Abhängigkeit von der Sorte während des Hauptwachstums vom 11. Juni – 24. August 1998

Versuch/ Reifegruppe	Sorte	r zwischen L _{Izw} und L _{Ilin}	r zwischen L _{Ilin} und L _{Ilai}	r zwischen L _{Izw} und L _{Ilai}
I früh	<i>Arsenal</i>	0,99*	0,81*	0,76*
	<i>Agadir</i>	0,99*	0,77*	0,73*
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	0,99*	0,85*	0,80*
	<i>Attribut</i>	0,99*	0,81*	0,74*

* bei $\alpha \leq 5$ signifikant, n=36

Der Unterschied zwischen den verschiedenen maximalen Messwerten für die Lichtinterzeption (L_{Ilai}, L_{Izw} bzw. L_{Ilin}) betrug bei der Sorte *Arsenal* 3,1 % (3,2 %), bei *Agadir* 4,4 % (5,2 %), bei *Banguy* 2,7 % (3,1 %) und bei *Attribut* 3,0 % (3,4 %) (Abb. 19).

Die Messwerte der verschiedenen Methoden zeigten einen parallelen Verlauf. Es bestand eine enge Korrelation zwischen den Messwerten L_{Izw} (bzw. L_{Ilin}) und L_{Ilai} unter Berücksichtigung der Sortenunterschiede (Tab. 37). Die Beziehung zwischen Trockenmassebildung und Lichtinterzeption wurde in Tab. 38 für den Zeitraum, in dem der maximale Blattflächenindex erreicht wurde, dargestellt. Die Zuverlässigkeit der Lichtinterzeptionsmessung war vom Messtermin abhängig. Mitte Mai war der Unterschied zwischen den Werten nach beiden Messmethoden am größten. Diese Differenz verringerte sich bei allen Sorten nach dem Schließen der Bestände.

Ab Mitte August, besonders unmittelbar vor der Ernte, lagen die Werte des Messgeräts LAI-2000 (L_{Ilai}) deutlich über denen des Ceptometers (L_{Izw} und L_{Ilin}).

Tab. 38: Korrelationskoeffizient r zwischen Trockenmasse (TM) und den Messwerten für die Lichtinterzeption (L_{Izw}, L_{Ilin} und L_{Ilai}) in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998

Versuch/ Reifegruppe	Sorte	r zwischen TM und L _{Izw}	r zwischen TM und L _{Ilin}	r zwischen TM und L _{Ilai}
		18. Mai-03. August	18. Mai-03. August	11. Juni-03. August
I früh	<i>Arsenal</i>	0,83*	0,80*	0,54*
	<i>Agadir</i>	0,83*	0,80*	0,57*
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	0,83*	0,80*	0,61*
	<i>Attribut</i>	0,84*	0,81*	0,55*

* bei $\alpha \leq 5$ signifikant, n=27

4.5.2 Blattflächenindex

Der Blattflächenindex wurde im Vergleich zum Messgerät LAI-2000 (BFI_{lai}) im Zeitraum Anfang Juni bis 10. Juli durch die manuelle Messung (BFI_{man}) wesentlich höher eingeschätzt (Abb. 20). Diese Differenz zwischen den Messmethoden war vom Wuchstyp abhängig, verringerte sich aber kontinuierlich von Mitte Juli bis Mitte August. Bei den Sorten mit pyramidalen Blattstellung *Agadir* bzw. *Attribut* wurde der Blattflächenindex durch das Messgerät stets stärker unterschätzt als bei den Sorten mit normaler Blattstellung (*Arsenal* bzw. *Banguy*).

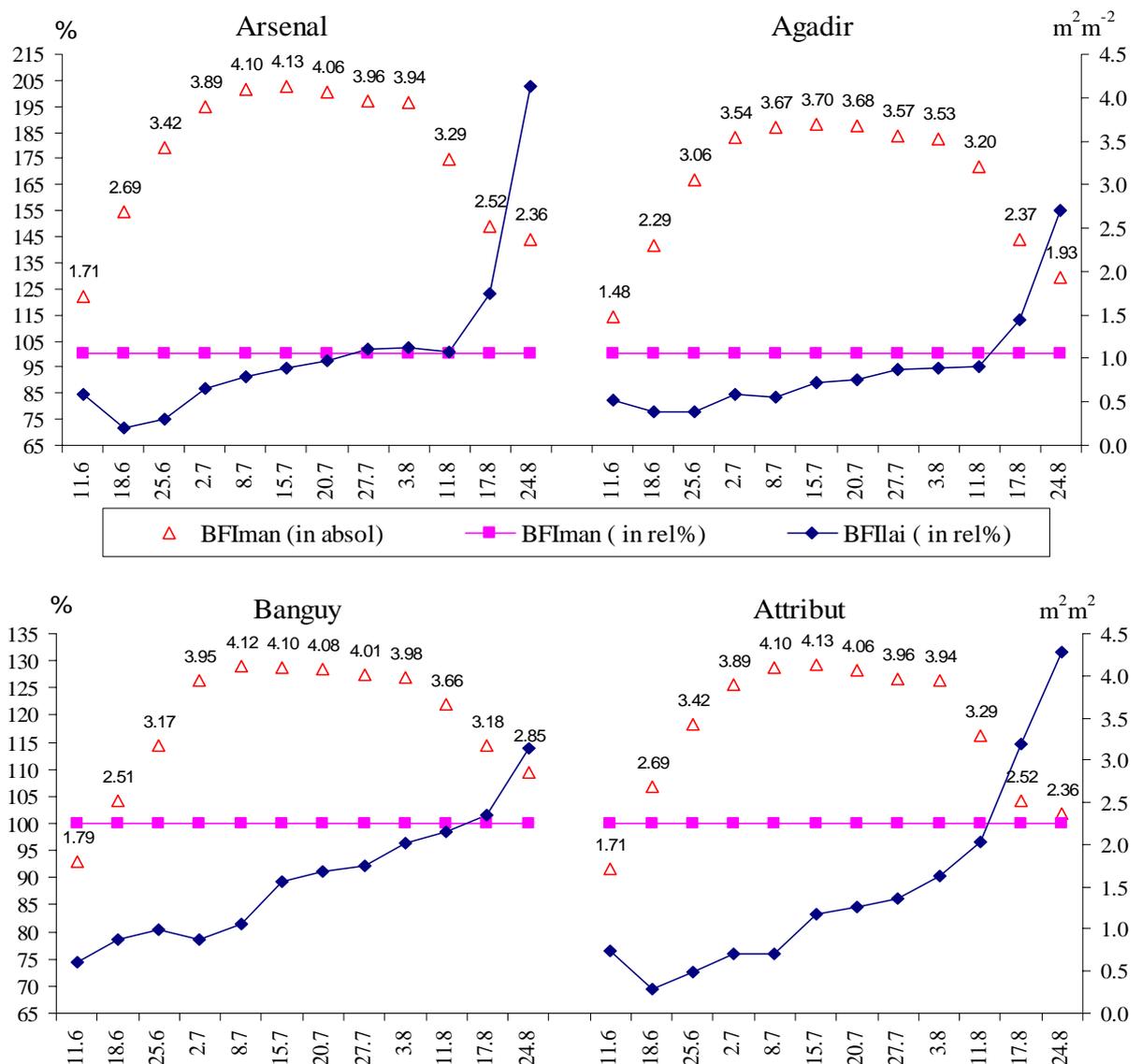


Abb. 20: Blattflächenindex nach Messgerät LAI-2000 (BFI_{lai}) und manueller Messung (BFI_{man}) in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998 (Bezugsbasis: BFI_{man} = 100 %)

Tab. 39: Korrelationskoeffizient r zwischen Trockenmasse (TM), BFIman und BFIIai bei den Sorten während der Hauptwachstumsphase im Jahre 1998

Versuch/ Reifegruppe	Sorte	r zwischen BFIman und BFIIai	r zwischen TM und BFIIai	r zwischen TM und BFIman
		11. Juni–24. August	11. Juni-03. August.	11. Juni- 03. August
I früh	<i>Arsenal</i>	0,65*	0,85*	0,64*
	<i>Agadir</i>	0,75*	0,87*	0,72*
II mittelfrüh	<i>Banguy</i>	0,84*	0,90*	0,79*
	<i>Attribut</i>	0,73*	0,88*	0,74*

* bei $\alpha \leq 5$ signifikant, n = 36

Nach Erreichen des maximalen Blattflächenindex (BFIIai), lag der Messwert des Messgerätes LAI-2000 bei der Sorte *Arsenal* um 2,6 %, bei *Agadir* um 5,7 %, bei *Banguy* um 7,8 % und bei *Attribut* um 13,8 % niedriger als bei der manuellen Bestimmung. Ab Mitte August, besonders unmittelbar vor der Ernte, wurde mit dem Messgerät LAI-2000 ein höherer Wert ausgewiesen als durch die manuelle Messung.

Die Beziehung zwischen Trockenmassebildung und Höhe des Blattflächenindex wurde in Tab. 39 für den Zeitraum vom 11. Juni bis 03. August (Erreichen des maximalen Blattflächenindex) dargestellt. Die Messwerte (BFIIai) korrelierten gegenüber den manuell bestimmten Werten enger mit der Trockenmasse. Nach der Korrelationsanalyse bestand eine enge Beziehung zwischen beiden Messmethoden. Die Korrelationskoeffizienten r schwankten zwischen 0,65 (*Arsenal*) und 0,84 (*Banguy*)

5 Diskussion

5.1 Landessortenversuche

Im Vergleich zum Jahre 1998 ist das Jahr 1997 durch die längere Sonnenscheindauer, höhere Globalstrahlung, höhere Temperaturen und höhere Niederschläge von Anfang Mai bis Ende August gekennzeichnet, jedoch bewirkten Niederschlagsdefizite in der letzten Julidekade und im August eine frühzeitig einsetzende Seneszenz und damit eine vorzeitige Abreife der Maispflanzen. Die Trockenmasseerträge des Silomais im Jahre 1998 lagen in der Reifegruppe „früh“ gegenüber 1997 um 7,0 % und in der Reifegruppe „mittelfrüh“ um 7,9 % höher. Es besteht während der generativen Entwicklung des Maises ein direkter Einfluss der Witterung auf die Wasserversorgung und damit auf die Assimilation (KROPF 1992). Nach MARTIN (1979) benötigt Silomais während der Jugendentwicklung im Mai nur ca. 30 mm Wasser. Diese Wassermenge steht dem Mais meist durch die Bodenwasservorräte aus dem Winterhalbjahr zur Verfügung. Der monatliche Wasserverbrauch steigt im Juni auf ca. 60 mm, im Juli/August, zur Zeit der Blüte bis zur Milchreife, auf ca. 100 mm an. GEISLER und AFSHAR (1977) stellten ohne ausreichende Niederschläge eine Entwicklungsverzögerung von 14 bis 30 Tagen gegenüber den berechneten Varianten fest. Trockenperioden von 25 bis 30 Tagen führten vor der Blüte zu Ertragseinbußen von 60 % und nach der Blüte von 25 % (CAVALON 1977, DESVIGNES 1978). Nach STOY (1973) ist der Witterungseinfluss bei Getreide gegen Ende der Hauptwachstumsphase zur Zeit der Kornfüllung am stärksten. Nicht ausreichende Wasserverfügbarkeit behindert die Translokation von Assimilaten (BERINGER 1981). Diese Vorgänge erklären die relativ niedrigen Erträge für Silomais im Jahre 1997. Nach ZELITCH (1971, 1973) liegt die optimale Temperatur für die Ertragsbildung des Maises um 30 °C. Die Temperatur führt bei dem wärmeanspruchsvollen Mais im gemäßigten Klima trotz einer erheblichen Entwicklungsbeschleunigung meist zu einer erhöhten Substanzbildung. Damit könnten die höheren Temperaturen im Jahre 1997 nicht der ertragslimitierende Faktor sein.

Im Jahre 1997 erreichten die Maissorten eine wesentlich bessere Futterqualität als im Jahre 1998. Die höheren Stärke- und Rohproteingehalte, die niedrigeren Rohfasergehalte und damit die höhere Energiedichte bzw. die höheren Energieerträge bei frühen und mittelfrühen Sorten waren im Jahre 1997 dafür kennzeichnend.

Als optimaler Erntetermin wird nach NÖSBERGER und OPITZ von BOBERFELD (1986) ein Trockensubstanzgehalt von etwa 30 % (27 - 33 %, nach neueren Empfehlungen von 30 – 35 %)

in der Gesamtpflanze angegeben. Diese Werte sind im Versuch 1998 in der letzten Augustdekade erreicht worden. Die Blätter wiesen bei der Mehrzahl der Sorten bis zum Kolbenansatz und teilweise auch darüber, z. T. sehr starke Trockenschäden auf. Durch die starke Sonneneinstrahlung wurde in der Abreifephase die Zunahme der Trockensubstanzgehalte von ca. 1 % pro Tag im Kolben erreicht. Um einen Anstieg der Trockensubstanzgehalte auf ≥ 35 % im Jahre 1998 auszuschließen, mussten die Bestände sehr zeitig (Anfang September) geerntet werden, was sich besonders ungünstig auf den Stärkegehalt in der Gesamtpflanze und die Energiedichte auswirkte. Der angestrebte Stärkegehalt von 30 % in der Gesamtpflanze wurde nicht erreicht. Nach BARTHELMES (2000) sind die Sorten mit länger grünbleibender Restpflanze („stay-green“ Sorten) vorteilhaft, da trotz der fortgeschrittenen Ausreife der Körner die Assimilateinlagerung ins Korn (Stärkebildung) verlängert wird. Es handelt sich hierbei meist um Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ (S 230 – 250). Zu den Sorten gehören z. B. **Achat**, **Santiago**, **Trento** (Reifegruppe „früh“), **Banguy**, **Major** und **Ilias** (Reifegruppe „mittelfrüh“). Der Stärkegehalt und die Energiedichte nehmen gleichzeitig mit der im Vergleich zur Restpflanze vorauseilenden Körnerreife zu, was sich in der Rinderfütterung günstig auf die Energie- und Stärkeaufnahme auswirkt. In diesem Zusammenhang muss beachtet werden, dass das Verhalten von „stay-green“ Sorten nicht immer mit höherer Verdaulichkeit verbunden ist. Die „stay-green“ Sorten verringern bei ausgeprägter Sommertrockenheit, wie sie am Standort Berge nahezu in jedem zweiten Jahr zu erwarten ist, das witterungsbedingte Ertrags- und Qualitätsrisiko. In Jahren mit verzögerter Ausreife bestehen bei „stay-green“ Sorten aufgrund niedrigerer Trockensubstanzgehalte Nachteile in den zu niedrigen Stärkegehalten, den niedrigen Energiedichten und einer geringeren Nährstoffaufnahme bei Rindern. Sie könnten dadurch in klimatisch günstigeren Lagen die bessere Ertragsleistung sowie Futterqualität erzielen. Für diese Witterungskonstellation eignen sich Sorten mit synchroner Abreife von Kolben und Restpflanze wie **Antares** und **Arsenal** besser (BARTHELMES 2000).

Aus den Ergebnissen der Landessortenversuche ist festzustellen, dass der Anbau nur eines Sorten- oder Wuchstyps allein angesichts der genannten Vor- und Nachteile nicht empfehlenswert ist. Vielmehr sollten bei größerer Maisanbaufläche im landwirtschaftlichen Betrieb mehrere Sorten unterschiedlicher Reifegruppen und Abreifetypen angebaut werden, um witterungsbedingte Ertrags- und Qualitätseinbußen zu reduzieren. Bei der Sortenwahl muss neben dem Energieertrag und dem Futterwert auch das Abreifeverhalten berücksichtigt werden. Ein hoher Stärkegehalt bietet aufgrund der dann besonders effizienten Dünndarmverdauung der Stärke vor allem bei Hochleistungskühen physiologische Vorteile (KIRCHGEBNER et al. 1985, KIRCHGEBNER 1987). Sind bei hohem Energieertrag und guter Energiedichte die Stärkegehalte

relativ niedrig, spricht das nicht zwangsläufig für ein geringeres Ertragspotential einer Sorte. Die Ursache kann eine mangelhafte Kornausreife sein. Die Assimilate sind dann noch nicht vollständig in die Körner umgelagert und in Stärke umgebaut worden. Dieser Zusammenhang ist auch der Grund dafür, dass die Sorten *Argument* und *Monitor* im Jahre 1998 nur geringe Stärkegehalte, jedoch gute Erträge aufwiesen. Sorten mit möglichst früher Stärkeeinlagerung (bei gleichzeitig nicht zu schnell abreifender Restpflanze) können bei Trockenheit Vorteile aufweisen. Bei Sorten mit späterer Stärkeeinlagerung wirkt sich Trockenheit mit einer deutlicheren Abnahme des Stärkegehalts aus. So sind die Sorten wie *Arsenal*, *Santiago* in der Reifegruppe „früh“ und *Limatop*, *Latour*, *Arnold*, *Florett*, *Irene* und *Carrera* in der Reifegruppe „mittelfrüh“ empfehlenswert. Nach MÜLLER (1993) kann mit einem Hochschnitt noch bei der Ernte der Stärkegehalt und die Energiedichte relativ erhöht werden. Hier besteht vor allem in Jahren mit hohem Ertragsniveau eine Möglichkeit zur Qualitätserhöhung der Silage. Die restmaisbetonten Sorten *Rasant* (Reifegruppe „früh“), *Magister*, *List*, *Major* und *Volvik* (Reifegruppe „mittelfrüh“) sowie die „stay-green“ Sorten *Achat* und *Argument* mit niedrigen Stärkegehalten, Energiedichten sowie Energieerträgen kämen dafür in Betracht.

Nach der Analyse des Blattflächenindexes der vier aus den Landessortenversuchen ausgewählten Sorten war der Blattflächenindex im Jahre 1998 größer als im Jahre 1997. Die höhere Lichtinterzeption mit größerem Blattflächenindex führte bei allen Sorten im Jahre 1998 zu höheren Trockenmasseerträgen. Die zweijährig geprüften Sorten *Achat* und *Magister* bzw. die einjährigen Sorten *Byzance*, *Pedro*, *Argument* und *Caballero* im Jahre 1998 erzielten entsprechend ihrer höheren Lichtaufnahme auch höhere Erträge. Die zweijährig geprüften Sorten *Santiago*, *Banguy* sowie die einjährigen Sorten *Carrera* (1998), *Arnold* (1997) und *Monitor* (1998) erreichten trotz der unterdurchschnittlichen Lichtinterzeption gute Erträge. Die Ursache könnte in der höheren Lichtnutzungseffizienz und besseren Lichtverteilung bestehen. Nach RADEMACHER (1950) wurde bei Pflanzen mit einer mehr waagerechten Stellung der Blätter die Lichtintensität im Bestand bereits im oberen Teil der „Grünmasse“ reduziert, während Pflanzen mit steiler gestellten Blättern einen langsamen Abfall der Intensität des Lichts innerhalb des Bestandes aufwiesen. Die durchschnittliche Nettoassimilation des Einzelblattes nahm gleichzeitig in den Pflanzenbeständen ab. Der voll entwickelte Pflanzenbestand ist daher in der Lage, die Lichtenergie meist so vollständig auszunutzen, dass sich eine annähernd lineare Beziehung zwischen der eingestrahnten Energie und der Photosynthese, bezogen auf die Bodenoberfläche, ergibt (DE WIT 1965, ZELITCH 1971). Es könnte darauf hindeuten, dass die Sorten mit pyramidalen Wuchsform (Tab. 6 und 7) sowie die Sorten mit steiler Blattstellung (z. B. *Banguy* und *Arnold*) mehr Sonnenlicht im unteren Pflanzenbestand

eindringen ließen und damit gute Ertragsleistungen sowie gesicherte Futterqualität erzielen.

Diese Sorten mit guter Lichtnutzungsfähigkeit und stabiler Ertragsbildung in den beiden Jahren eignen sich für den Anbau in einigen Bundesländern wie Brandenburg, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern mit begrenzter Sonneneinstrahlung, Sonnenscheindauer (Abb. 2, Abb. A3 und A4) und geringeren Temperatursummen in der Wachstumsperiode des Mais. Die niedrige Lichtinterzeption führte bei einigen Sorten des pyramidalen Wuchstyps wie *Canberra*, *Noveta* und *Kerkenna* gegenüber anderen Sorten normalen Wuchstyps zu niedrigeren Trockenmasseerträgen bzw. Energieerträgen (Tab. 27 und 28). Die spezifische Blattstellung des Wuchstyps begünstigte bei den Sorten nicht unbedingt die Ertragsbildung. Der Grund für die niedrigeren Erträge kann nicht allein durch die Wirkung der Wuchsform erklärt werden. Die anderen Faktoren wie die Siloreifezahl, die Witterungseinflüsse, die standortangepasste Bestandesdichte, die Wasserversorgung usw. müssen auch berücksichtigt werden (HUSSEN 1983).

In der Gesamtbewertung der wichtigsten Eigenschaften Gesamttrockenmasse, Trockensubstanzgehalt, Stärkegehalt, Energiedichte, Energieertrag und Lichtaufnahme im zweijährigen Vergleich sind in der Reifegruppe „früh“ die Sorten *Akim* sowie *Achat*, *Santiago* (diese Sorten sind nach den Siloreifezahlen der Reifegruppe „mittelfrüh“ zuzuordnen) und *Banguy* als empfehlenswert einzustufen, gefolgt von den frühen Sorten *Antares*, *Arsenal* und *Trento*. Von den einjährig geprüften Sorten sind *Byzance* und *Monitor* (1998) der Reifegruppe „früh“ hervorzuheben. Unter besonderer Berücksichtigung der Futterqualität sind die einjährig geprüften Sorten *Lincoln*, *Aral* und *Belfor* zu erwähnen.

In der Reifegruppe „mittelfrüh“ heben sich die Sorten *Limatop*, *Lenz* und *Magister* aufgrund der ausgewogenen Ertrags- und Qualitätsleistungen bei gesicherter (*Limatop*) bis etwas verzögerter Abreife hervor, ebenso die einjährig geprüften Sorten *Lator*, *Friivol* und *Arnold* (1997) sowie *Caballero* und *Carrera* (1998). Aus Sicht der Futterqualität eignen sich die einjährig geprüften Sorten *Florett* und *Irene* besonders.

5.2 Einfluss von Sorte und Bestandesdichte auf Ertrag, Futterqualität und Lichtaufnahme

Unter den Witterungsbedingungen des Jahres 1998 reagierten die für die Parzellenversuche ausgewählten Sorten zum Einfluss von Sortentyp und Bestandesdichte gegenüber anderen

Sorten aus den Landessortenversuchen Brandenburg mit vergleichsweise gegingerer Abnahme des Trockenmasseertrages auf den Wassermangel.

Die Ertragsüberlegenheit der Sorten des normalen Wuchstyps (*Arsenal* und *Banguy*) gegenüber den Sorten des pyramidalen Wuchstyps (*Agadir* und *Attribut*) resultierte aus höheren Kolbenanteilen, höheren Zuwachsraten, einer höheren Lichtaufnahme und Lichtnutzungseffizienz sowie einem größeren Blattflächenindex (Abb. 9, 13, 15, 16, 17 und 19).

Die frühe Sorte *Agadir* ist im Vergleich zu der Sorte *Arsenal* durch die unterhalb des Kolbens mehr horizontal und oberhalb des Kolbens mehr senkrechte Blattstellung gekennzeichnet (Tab. 23). Die mittelfrühe Sorte *Attribut* ist zum pyramidalen Wuchstyp zu rechnen. Die Sorte *Banguy* zeichnete sich durch eine etwas steilere Ausrichtung aller Blätter aus. Sie erreichte das höchste Ertragsniveau. Die pyramidale Blattstellung wirkte sich in den Versuchen eher ungünstig auf den Ertrag aus. Bei DUNCAN et al. (1967) und PENDLETON et al. (1968) wird auf eine Überlegenheit der aufrechten Blattstellung in Maisversuchen verwiesen, ebenso bei LOOMIS et al. (1968), LAMBERT und JOHNSON (1978). Von neutralen oder negativen Auswirkungen der aufrechten Blattstellung auf die Ertragsfähigkeit von Maisbeständen berichten HICKS und STUCKER (1972), FRÖLICH und POLLMER (1978) und ARIYANAGAM et al. (1974). MASON und ZUBER (1976) und ARIYANAGAM et al. (1974) haben in Versuchen keinen Vorteil im Kornertrag von Sorten mit aufrechter Blattstellung nachweisen können. Andererseits werden durch neue Wuchstypen bei dann höheren Bestandesdichten Mehrerträge im Maisanbau für möglich gehalten (HEPTING und ZSCHEISCHLER 1975). Aus den einjährigen Ergebnissen ließ sich keine Ertragsüberlegenheit des pyramidalen Wuchstyps, der synonym als „HT-Typ“ oder „idealer Wuchstyp“ (MOCK und PEARCE 1975) bezeichnet wird, für die untersuchten Standortbedingungen im nordostdeutschen Tiefland ableiten. Dieses Ergebnis kann neben der Blattstellung aber auch mit anderen Sorteneigenschaften in Beziehung stehen (z. B. „stay-green“-Verhalten in der Abreife von Kolben und Restmais).

Für die eigenen Ergebnisse gilt es, einige Besonderheiten des Versuchsjahres und der Versuchsanstellung zu diskutieren:

- Nach Simulationsrechnungen von DUNCAN (1971) soll der ideale Blattwinkel für Maisblätter von Sorten in der gemäßigten Klimazone bei 80° liegen. Der Unterschied der Blattwinkel zwischen den Wuchstypen der beiden Reifegruppen war nicht so stark ausgeprägt (4,5° zwischen *Arsenal* und *Agadir* bzw. 2,5° zwischen *Banguy* und *Attribut*), dass die bessere Lichtverteilung innerhalb der Pflanze bei den Sorten, die nach der Sortenbeschreibung dem pyramidalen Wuchstyp zugeordnet werden, hinreichend deutlich wurde.

Das traf besonders auf den Vergleich der Blattwinkel zwischen den mittelfrühen Sorten *Attribut* und *Banguy* zu.

- Durch die Ende Juli beginnende Trockenperiode war ein schnelles Ansteigen der Blattwinkel zu beobachten, was durch das Einrollen der Blätter bei allen Sorten ab Mitte August verursacht wurde. Folglich traten dann keine deutlich ausgeprägten Unterschiede im Blattwinkel zwischen den Sorten verschiedenen Wuchstyps auf.
- Nach MADONNI und OTEGUI (1996) variierte der Blattflächenindex bei drei Maissorten mit unterschiedlicher Blattstellung zwischen 3,65 und 4,59. Dabei ergaben sich Lichtextinktionskoeffizienten von $k = 0,46$ (pyramidale Blattstellung mit einem Blattwinkel der oberen Blätter von 65° bzw. der unteren Blätter von 57°) und von $k = 0,62$ (normale Blattstellung mit einem Blattwinkel der oberen Blätter von 54° und der unteren Blätter von 51°). Im Vergleich dazu ist der in den eigenen Untersuchungen bestimmte Wert für den Lichtextinktionskoeffizienten relativ hoch. Die oberen Blätter waren beim pyramidalen Wuchstyp nicht wesentlich steiler aufgerichtet als beim normalen Wuchstyp (Tab. 16 und Abb. 12).

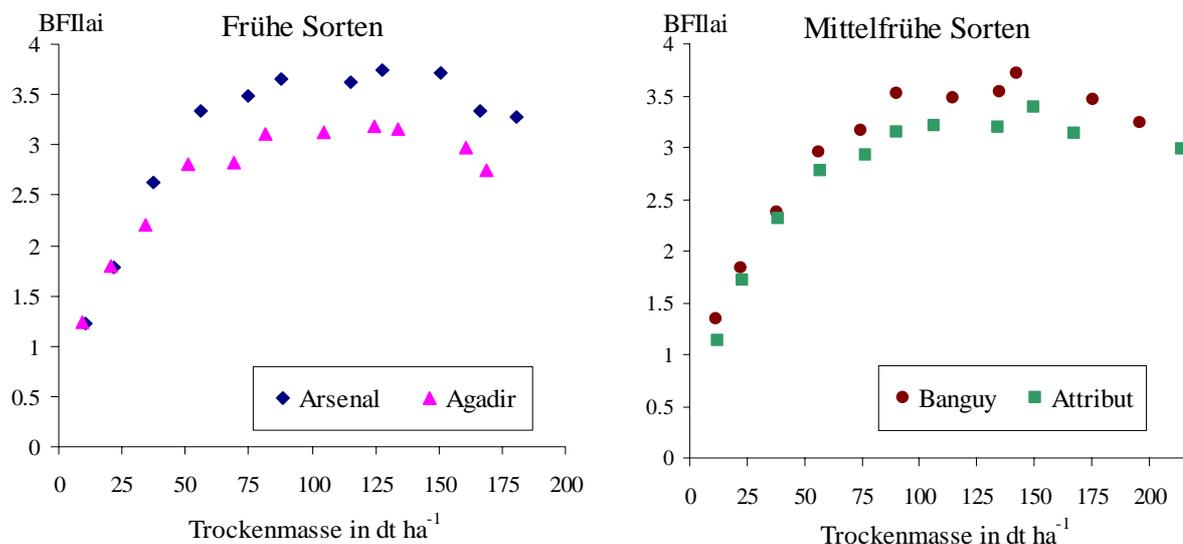


Abb. 21: Beziehung zwischen Blattflächenindex (BFI_{lai}) und Trockenmasseertrag in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998

Nach den dargestellten Ergebnissen ist der Blattflächenindex für die Lichtaufnahme und Stoffproduktion von größerer Bedeutung als die Blattstellung. Ein größerer Blattflächenindex führte zu einem höheren Ertrag (Abb. 21). Bei größerem Blattflächenindex der Sorten mit normaler Blattstellung *Arsenal* bzw. *Banguy* wurde mehr Sonnenstrahlung aufgenommen als bei den Sorten des pyramidalen Wuchstyps *Agadir* bzw. *Attribut* und folglich ein höherer

Gesamt-trockenmasseertrag erzielt (Abb. 22). Nach MASON und ZUBER (1976) sollte der Blattflächenindex für Mais bei 5 liegen. Aufgrund der negativen Wirkung eines größeren Blattflächenindexes auf die Assimilationsleistung in Folge der Zunahme der Beschattung in den unteren Bereichen des Pflanzenbestandes entsteht die Frage nach einem optimalen Blattflächenindex. Bei CRÖSSMANN (1967) wird ein optimaler Blattflächenindex unter guter Wasser- und Nährstoffversorgung von 4 bis 6 angegeben. TOLLENAAR und BRUULSEMA (1988) ermittelten in Bezug auf den Trockenmasseertrag einen maximalen Blattflächenindex von 3,5, wobei die Zuwachsraten der Trockensubstanz mit zunehmendem Blattflächenindex bis zum maximalen Blattflächenindex anstiegen. In den vorgestellten Versuchen wurde auf dem Standort im Nordosten Deutschlands bei Wasserstress im Juli/August in den Jahren 1997 und 1998 sowie die überdurchschnittliche Temperatur im August (1997) ein aus dem Messgerät LAI-2000 gemessener Blattflächenindex von ≤ 4 ermittelt. Der anhand der Lichtextinktionskoeffizienten im Jahre 1998 und der Lichtinterzeption im Jahre 1997 abgeschätzte Blattflächenindex sowie der Ertrag der vier ausgewählten Sorten mit 8 Pflanzen m^{-2} lag im Jahre 1997 deutlich unter denen im Jahre 1998.

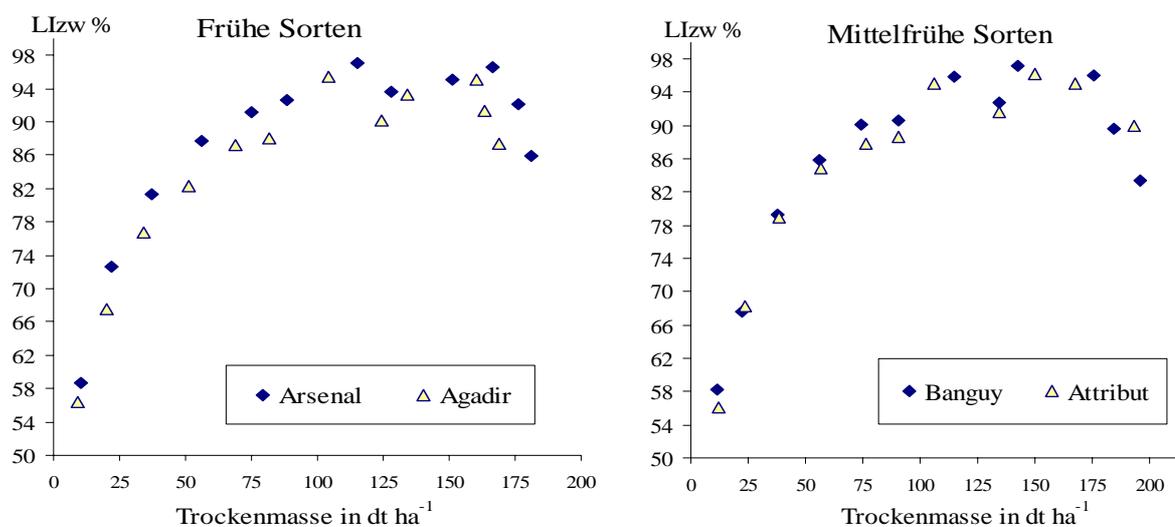


Abb. 22: Beziehung zwischen Lichtinterzeption (Lizw) und Trockenmasseertrag in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998

In den zweifaktoriellen Parzellenversuchen konnte kein Vorteil der pyramidalen Blattstellung in der Ertragsbildung nachgewiesen werden, was in der Auswahl extremer, zu wenig adaptierter Typen (ligueless) mit geringem Blattflächenindex liegen oder im Vergleich von genetisch zu unterschiedlichen Materials begründet sein kann (POMMER et al. 1981). MOCK und PEARCE (1975) sowie TOLLENAAR (1977) verweisen dagegen auf eine Ertragsüberlegenheit von Maissorten mit aufrechter Blatthaltung.

In den Versuchen bestand zwischen den Merkmalen Trockenmassebildung und Blattflächenindex bzw. der Lichtinterzeption ein Zusammenhang (Abb. 21 und 22). Die Sorten erreichten bis Ende Juli die maximale Zuwachsrate, Lichtaufnahmerate und Lichtnutzungseffizienz (Abb. 9, 15 und 16). Die günstigste Lichtverteilung innerhalb des Pflanzenbestands bestand vor Erreichen des maximalen Blattflächenindex. Nach WILLIAMS et al. (1965) haben die Maispflanzen bei einem Blattflächenindex von 4,0 bereits 90 % des Lichts aufgenommen. Der größere Blattflächenindex der Sorten des normalen Wuchstyp war die Voraussetzung für die höhere Ertragsleistung im Vergleich zum pyramidalen Wuchstyp.

Obwohl die Differenz in der Lichtinterzeption zwischen den Wuchstypen gering war, bewirkte die Photosynthesekapazität bei größerer Assimilationsfläche eine größere Lichtnutzungseffizienz von Sorten des normalen Wuchstyps. Der Assimilattransport zum Kolben von den kolbennahen und höher inserierten Blättern ist für die Ertragsbildung und die Ausprägung der Futterqualität von Silomaisorten wesentlich. Die Sorten der Reifegruppen „früh“ und „mittel-früh“ wiesen mit einem Blattflächenindex von ca. 2,63 bzw. 2,67 „oberhalb 100 cm“ Wuchshöhe günstige Voraussetzungen für den Ertrag auf (Tab. 33 und 34). Nach DWYER et al. (1992) vermögen Sorten mit einem Blattflächenindex von weniger als 3 im Abschnitt „oberhalb des Kolbens“ die größere Lichtaufnahme in Kolbennähe zu Gunsten der Ertragsbildung zu nutzen. Die Blätter in der Nähe des Kolbens, die eine längere Lebensdauer und größere Blattfläche haben, sind maßgebend für die Photosynthese (THIAGARAJAH et al., 1981 DWYER et al. 1989) und den Kolbenertrag (HOYT und BRADFIELD 1962). Diese Blätter haben die höchste Photosyntheserate, bleiben bis zur Kolbenbildung meistens vital, erreichen eine längere Lebensdauer als die anderen Blätter und übernehmen den Haupttransport der Assimilate in Richtung „Sink“. Im Abschnitt „50 - 100 cm“ Wuchshöhe, wo sich die Kolben befanden, haben die Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* im Vergleich zu den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* den größeren Blattflächenindex (Tab. 33 und 34) erzielt.

Entsprechend fand man auch bei der Blattfläche der Einzelblätter, dass die gesamten Blattflächen der für den Assimilattransport wesentlichen Blätter in Kolbennähe bei den Sorten des pyramidalen Wuchstyps kleiner waren. Die kleinere Blattfläche in Kolbennähe der Sorten des pyramidalen Wuchstyps war mit der niedrigeren Lichtaufnahme und Kolbenbildung verbunden (Tab. 35). Andererseits bewirkten das „stay-green“ Verhalten und die größere Lichtinterzeption im unteren Wuchsbereich von den restmaisbetonten Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* eine größere Einzelblattfläche (Blätter 5 bis 9), ein ein bis zwei Blattetagen tiefer angelegtes Kolbenblatt, die geringere Abnahme des Blattflächenindex und eine längere Lebensdauer des

Einzelblattes (Blätter 5 bis 9 von *Agadir*) im unteren Stängeldrittel mit fortschreitender Reife vom 27. Juli bis 24. August. Diese Sorten begünstigten die Assimilateinlagerung und erzielten größere Restmaiserträge (Stängel, Blätter und Lieschblätter). Im Wuchsabschnitt „unterhalb des Kolbens“ wiesen sie höhere Energieerträge als die Sorten des normalen Wuchstyps auf.

Nach WINTER und OHLROGGE (1973) beeinflusst die Lichtverteilung innerhalb des Bestandes den Ertrag von Mais, wobei senkrecht gestellte Blätter das Eindringen einer größeren Lichtmenge zulassen. Die Sorte *Banguy* mit einer relativ steilen Blattstellung in allen Blattetagen erreichte während des Maiswachstums im Vergleich zur Sorte *Attribut* bei fast gleicher Lichtinterzeption einen größeren Blattflächenindex. Nach DUNCAN (1971) und PEPPER und MOCK (1977) hat eine senkrechte Blattstellung bei gleicher Lichtinterzeption den größeren Blattflächenindex zur Folge. In den Versuchen wies allerdings die Sorte *Agadir* mit insgesamt steilerer Blattstellung gegenüber *Arsenal* einen geringeren Blattflächenindex auf. Ein Grund könnte sein, dass die pyramidal wuchsförmige Sorte mit etwas besserer Lichtverteilung die Blattbildung im unteren Bereich begünstigte, aber nicht unbedingt die Blattausbildung in allen Blattetagen sicherte. BÖSE (1998) wies darauf hin, dass die gesamte Blattfläche von den Sorten des pyramidalen Wuchstyps nicht generell größer, i.d.R. jedoch die Blätter ober- und unterhalb des Kolbens größer waren. Andererseits kann der Grund mit weniger Lichtaufnahme und niedrigerer Lichtnutzungseffizienz verbunden sein (Abb. 15 und 16).

Die aufgenommene Lichtenergie (PhAR) war bei den Sorten verschiedenen Wuchstyps nicht mit der Lichtnutzungseffizienz (LUE) korreliert. Die höhere Lichtnutzungseffizienz erklärt die höheren Erträge der Sorten *Arsenal* und *Banguy* im Vergleich zu den Sorten *Agadir* und *Attribut*. Die Lichtnutzungseffizienz erreichte Anfang August den Maximalwert von $3,03 - 3,80 \text{ g MJ}^{-1}$ und nahm dann bis zur Ernte ständig ab. Vergleichbare Werte werden bei WILLIAMS et al. (1965) und ANDRADE et al. (1992) mitgeteilt. Nach MAJOR et al. (1991) stehen die genetisch bedingten Unterschiede in der Lichtnutzungseffizienz nicht in Beziehung zur Lichtaufnahme. Im Vergleich der frühen Sorten zeigte sich deutlich, dass trotz des geringeren Unterschiedes der Lichtinterzeption von 3 % im unteren Abschnitt des Pflanzenbestandes (bis 100 cm Höhe) die Sorte *Arsenal* der Sorte *Agadir* im Gesamttrockenmasseertrag um 8,8 % überlegen war. Die Sorte *Banguy* hat in der Reifgruppe „mittelfrüh“ im Vergleich zu *Attribut* bei leicht höherer Lichtaufnahme (PhAR) eine um 11 % größere Lichtnutzungseffizienz aufgewiesen.

Eine höhere Lichtaufnahme in Maisbeständen mit vergleichsweise höherer Bestandesdichte führt nicht immer zu hohen Trockenmasseerträgen und Futterqualitäten (LOOMIS et al. 1968,

GIAUFFRET et al. 1991). Die Lichtaufnahme stellt zwar die potentielle Grundlage für die Ertragsbildung dar, die Lichtverteilung innerhalb des Maisbestandes limitiert aber die tatsächliche Ertragsleistung. Der Unterschied in der Höhe der Lichtextinktionskoeffizienten k bei verschiedenen Sortentypen (EDMEADES und LAFITTE 1993), in der Blattzahl (DWYER et al. 1992), im Blattwinkel (LOOMIS et al. 1968, PEPPER et al. 1977) und im Blattflächenindex (DWYER et al. 1992) während des Hauptwachstums sind weitere ertragsbestimmende Merkmale.

Eine größere Blattbildung in Verbindung mit einer höheren Lichtnutzungseffizienz in der Vegetationszeit war die Voraussetzung für die hohe Ertragsleistung des Silomaises. Die Sorten *Agadir* und *Attribut* reagierten aufgrund der vergleichsweise geringeren Lichtnutzungseffizienz und des Blattflächenindex gegenüber den Sorten *Arsenal* und *Banguy* nicht mit einer höheren Ertragsleistung, vermochten es also nicht, den Vorteil durch die Blattstellung in einen höheren Ertrag umzusetzen. Etwas anders dagegen ist die Ausprägung der Futterqualität zu beurteilen. Wegen der höheren Lichtaufnahme im unteren Wuchsbereich der Sorten des pyramidalen Wuchstyps wiesen die vegetativen Pflanzenteile hier einen höheren Anteil am Ertrag sowie einen etwas besseren Futterwert auf.

Der Kolbenanteil am Trockenmasseertrag von über 50 % bietet die Voraussetzung für hohe Energiedichten und Stärkegehalte. Die kolbenbetonte Sorte *Banguy* mit höheren Kolbenerträgen hat mit einem mittleren Kolbenanteil in den Landessortenversuchen Brandenburg und in den Parzellenversuchen die sichereren Erträge und Futterqualitäten bei überdurchschnittlicher Energiedichte und -erträgen erzielt. Die Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* sind restmaisbetonter und ließen sich durch höhere Restpflanzenerträge von den Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* abgrenzen. Nach DEINUM und KNOPPERS (1979) wird die Siliereignung von Sorten mit geringem Kolbenanteil durch hohe Rohfasergehalte und eine schlechte Verdaulichkeit der vegetativen Teile charakterisiert.

Die Abnahme des Trockenmasseanteils des Restmais sowie der Trockenmasseabbau in der Restpflanze deutete darauf hin, dass die Kolbenbildung (sink) ab der generativen Entwicklung auf Kosten der anderen Pflanzenanteile (source) erfolgt. Die Assimilate wurden dabei hauptsächlich aus den unteren Wuchsabschnitten der Maispflanze in Richtung Kolben transportiert (Abb. 9 und 10). Der Assimilattransport zum Kolben von den unteren Wuchsabschnitten bzw. kolbennahen Blättern der Maispflanze führte zu geringeren Trockensubstanzgehalten, geringeren Energiedichten und höheren Rohfasergehalten im Restmais unterhalb des Kolbens gegenüber dem Restmais „oberhalb des Kolbens“.

Zwischen den Wuchstypen bestand kein Unterschied im Trockensubstanzgehalt der Gesamtpflanze. Sorten des pyramidalen Wuchstyps wiesen dabei vergleichsweise niedrigere Trockensubstanzgehalte im Kolben, aber höhere Trockensubstanzgehalte der Restpflanze auf.

Aus der Verteilung der Qualitätsparameter in unterschiedlichen Abschnitten der Maispflanze wurde deutlich, dass die restmaisbetonten Sorten des pyramidalen Wuchstyps eine gute Futterqualität erzielt haben (Tab. 15, 21, 22, 24 und 25). Die Sorte *Arsenal* reagierte mit einem deutlich geringeren Rohproteingehalt besonders empfindlich auf die Witterung im Jahre 1998. Die frühen Sorten durchlaufen eine kürzere Entwicklungsphase und reagierten damit auf Störungen im Wachstumsverlauf um so stärker. Wegen der im Jahre 1998 früher einsetzenden Trockenperiode war die Nährstoffaufnahme zeitiger limitiert.

Da die Stärke fast ausschließlich im Kolben eingelagert wird, weisen die kolbenbetonten Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* auch die höheren Stärkegehalte in der Gesamtpflanze gegenüber den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* auf. Es bestand in beiden Reifegruppen in den Jahren 1997 und 1998 eine negative Korrelation ($r = -0,33$) zwischen Stärkegehalt und Rohproteingehalt. Diese negative Beziehung zwischen den Parametern wurde von vielen Autoren beschrieben (GEISLER 1988, GEBAUER und SCHÖNBERGER 1989, LANDES 1993). Die Ursache dafür könnte auf den höheren Energiebedarf der Proteinbildung zurückzuführen sein (JENNER et al. 1991 a, b). Aus 1 g Glucose können entweder 0,42 g Protein oder 0,83 g Kohlenhydrate gebildet werden (PENNIG de VRIES et al. 1974). Dies kann eine Ursache für die Konkurrenzbeziehung zwischen Protein- und Stärkesynthese zur Zeit der Kornentwicklung sein. Eine weitere Erklärung für die gegensätzliche Entwicklung von Stärke- und Rohproteingehalt im Korn liegt im zeitlichen Ablauf dieser Prozesse (HERZOG und STAMP 1983, GEBAUER und SCHÖNBERGER 1989). In den ersten Tagen nach der Blüte wird vorrangig Protein gebildet. Die Rate der Proteineinlagerung im Korn erreicht ihr Maximum früher als die der Stärkebildung, ebenso werden die proteinbildenden Prozesse zu einem früheren Zeitpunkt abgeschlossen. Dieser Unterschied erklärt die relativ hohen Protein- und niedrigen Stärkekonzentrationen bei verkürzten Einlagerungszeitspannen.

Der höchste Rohfasergehalt lag im Restmais vor, wobei der Gehalt von Rispen Spitze in Richtung der Stängelbasis zunahm. Die Sorten des pyramidalen Wuchstyps haben im Vergleich zum normalen Wuchstyp die geringeren Kolbenanteile und Stärkegehalte und demnach dann die höheren Rohfasergehalte aufgewiesen. Der dennoch niedrigere Rohfasergehalt der Sorte *Agadir* gegenüber der Sorte *Arsenal* bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} ist auf die

länger grün gebliebene Restpflanze im unteren Pflanzenbereich zurückzuführen (Tab. 21 und 36).

Unter den gegebenen Standortbedingungen führte ein Anstieg der Bestandesdichte von 8 auf 10 Pflanzen m^{-2} in Folge der lang ausgedehnten Trockenperiode zu einer Abnahme des Gesamtertrages bei der Sorte *Arsenal*, während die Sorten *Agadir*, *Attribut* und *Banguy* die höhere Bestandesdichte besser tolerierten. Der Trockensubstanzgehalt, der Kolbenanteil am Trockenmasseertrag und der Kolbenertrag nahm bei höherer Bestandesdichte ebenfalls ab (Tab. 14, 15 und 26). Durch die Zunahme der Konkurrenz um Nährstoffe, Wasser und Licht zwischen den Silomaispflanzen bei höherer Bestandesdichte trat ebenfalls eine Reduzierung des Trockenmasseertrages sowie der Trockensubstanzgehalte ein, was die Ergebnisse von GEISLER (1983) bestätigt. Nach WERMKE und ROHR (1985) nimmt das Ertragspotential mit steigender Bestandesdichte zu, was aber mit einer sinkenden Lichtaufnahme der einzelnen Pflanzen verbunden ist. Diese Resultate sprechen für den Standort und unter den beschriebenen Witterungsbedingungen in den Monaten Juli und August zu Gunsten der geringeren Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} .

Ein anderer Grund dafür kann in der Verteilung der Blattfläche sowie der Lichtverteilung innerhalb der Maisbestände liegen. Der größere Lichtextinktionskoeffizient \mathbf{k} bei der höheren Bestandesdichte von 10 gegenüber 8 Pflanzen m^{-2} deutete auf eine schlechtere Lichtverteilung hin. Im Wuchsbereich „oberhalb 100 cm Wuchshöhe“ konnte das Kolbenblatt bei dem höheren Lichtextinktionskoeffizienten \mathbf{k} mit der größeren Bestandesdichte nicht ausreichend Licht aufnehmen (Tab. 30). Die größere Lichtaufnahme bei der höheren Bestandesdichte führte im unteren Wuchsbereich der Pflanze zur schnelleren Abnahme der Blattfläche des Einzelblattes und zur Verkürzung der Lebensdauer der einzelnen Blätter während der Kolbenausbildung. Ein geringerer Blattflächenindex wurde auch im unteren Wuchsabschnitt gemessen (Tab. 34).

In den Versuchen führte die Bestandesdichte von 10 im Vergleich zu 8 Pflanzen m^{-2} trotz der kleineren Einzelblattfläche zum größeren Blattflächenindex. Die Einzelblattfläche wird mit zunehmender Bestandesdichte kleiner, wogegen der Blattflächenindex aber zunimmt (CRÖSSMANN 1967, NÖSBERGER 1971, SCHLUMBOHM 1975, WERMKE und ROHR 1985). Die kürzere Lebensdauer der einzelnen Blätter sowie die geringere Lichtinterzeption im Bereich unterhalb des Kolbens kennzeichnen den ungünstigen Einfluss der höheren Bestandesdichte bei den geprüften Sorten.

5.3 Messmethoden zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex

5.3.1 Bestimmung der Lichtinterzeption

Nach der Messung der Lichtinterzeption im Maisbestand mittels Ceptometer war der Unterschied zwischen der Lichtinterzeption zwischen den Reihen (LI_{zw}) bzw. in der Reihe (LI_{in}) sehr klein und es bestand zwischen den Methoden eine enge Beziehung ($r = 0,99$). Die etwas geringere Lichtinterzeption zwischen den Maisreihen ist während der Jugendentwicklung auf die noch nicht voll entwickelten Blätter zurückzuführen, die den Bestand zwischen den Reihen noch nicht geschlossen hatten (Mitte Mai). Nach dem Bestandesschluss war dieser Unterschied nicht mehr festzustellen.

Die mit dem Messgerät LAI-2000 erfassten Werte während des Maiswachstums waren bis auf den letzten Messtermin vor der Ernte stets niedriger als die mit dem Ceptometer bestimmten Werte. Die mit dem Ceptometer ermittelten Werte für die Lichtinterzeption waren während des Maiswachstums größer als die mit dem Messgerät LAI-2000 erfassten. Während der Blüte schwankte die Differenz zwischen den beiden Messgeräten bei allen Sorten um weniger als 5%. Der Trockenmasseertrag stand enger mit der mit dem Ceptometer gemessenen Lichtinterzeption (LI_{zw} bzw. LI_{in} mittels Ceptometers) in Beziehung als mit der mit dem Messgerät LAI-2000 gemessenen Lichtinterzeption (Tab. 21). Der Grund für eine Überschätzung der Lichtinterzeption durch das Messgerät LAI-2000 besteht darin, dass verwelkte Blätter das Messergebnis verfälschen können. Nach GALLO et al. (1986) steht die Schätzung der Lichtinterzeption sowie des Blattflächenindex nach dem Rispenziehen mit den Rispen und dem Anteil verwelkter Blätter in Beziehung. Wegen der technischen Einschränkung des Messgerätes LAI-2000 auf bestimmte Messzeiten (Sonnenaufgang und -untergang) waren die Ceptometermessungen im Maisbestand weniger zeitaufwändig. Schlussfolgernd ist festzustellen, dass beide Messgeräte zuverlässige Ergebnisse liefern, sobald die Pflanzenbestände geschlossen sind und noch keine verwelkten Blätter auftreten. Für Maisbestände liegen Ergebnisse über die Zuverlässigkeit von Ceptometer-Messungen in einem Messbereich für die Lichtinterzeption von 2 bis 95 % vor (ARMBRUST 1990).

5.3.2 Bestimmung des Blattflächenindex

Der Unterschied zwischen den Bestimmungen des Blattflächenindex (BFI_{man} und BFI_{lai} mittels Messgerät LAI-2000) war von Messtermin, phänologischem Stadium sowie der Sorte abhängig. Eine enge Korrelation zwischen beiden Methoden wurde bei allen Sorten gefunden.

Nach HICKS und LASCANO (1995) bestand bei Blattflächenindex-Messungen an Baumwolle eine **Korrelation** von $r = 0,84$ zwischen den Messwerten mit dem Messgerät LAI-2000 und der manuellen Messung der abgeschnittenen Blätter, wobei ein Blattflächenindex (BFI) von 0,5 – 3,5 vorlag. Das Verhältnis beider Messergebnisse lag bei 1 : 1. Nach dem Schließen der Maisreihen und bei gleichmäßig verteilten Pflanzen innerhalb der Reihen wichen die Werte des Messgerätes nicht von denen des direkt bestimmten Blattflächenindex ab. Unter Wasserstress und nach dem Verwelken von Blättern stieg der Fehler durch das Messgerät LAI-2000 an, wobei der Blattflächenindex um $> 20\%$ unterschätzt wurde. Auf eine Überschätzung des Blattflächenindex durch das Messgerät LAI-2000 bei der Messung in einem Grapefrucht-Bestand wird von SOMMER und LANG (1994) hingewiesen.

Nach den eigenen Ergebnissen war der Unterschied zwischen den Methoden (BFIman und BFIlai) während der Jugendentwicklung des Silomaises am größten (BBCH-Stadium 18) und verringerte sich während des Maiswachstums und betrug zur Blüte 2 – 10 %. Vor der Ernte wurden aufgrund der schnell vertrockneten Blätter im unteren Abschnitt der Maispflanzen durch das Messgerät wesentlich höhere Werte als bei der manuellen Messung erfasst. Die vertrockneten älteren Blätter (fünftes bis neuntes Blatt) verdeckten teilweise den Sensor (Fischauge) des Messgerätes LAI-2000 und gingen folglich in die Berechnung des Blattflächenindex ein. Bei der manuellen Messung wurden die verwelkten Blätter ($> 50\%$ der Gesamtblattzahl) nicht in die Berechnung des Blattflächenindex einbezogen. Das muss als Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse der Messmethoden angesehen werden, da so ein unterschiedlicher Anteil der Biomasse einbezogen wird. Dadurch ergab sich im Zeitraum vom 17. bis 24. August die größte Überschätzung des Blattflächenindex durch das Messgerät LAI-2000 bei den Prüfgliedern mit einem größeren Anteil vertrockneter Blätter.

Die geringeren Messwerte (BFIlai) im Vergleich zur manuellen Messung von Mitte Juni bis Anfang Juli sind auf zwei Gründe zurückzuführen. Erstens steht der höhere Wert bei der manuellen Messung in Beziehung zur Auswahl der Stichproben. Hierzu sind drei hintereinander stehende gesunde Pflanzen innerhalb einer Kernreihe ausgewählt worden. Mit dem Messgerät LAI-2000 wurde mit vier Wiederholungen pro Parzelle gemessen, wobei gesunde und kranke Pflanzen sowie unterschiedlich entwickelte Pflanzen innerhalb der gesamten Parzelle das Messergebnis bestimmten. Nach DAUGHTRY et al. (1984) hängt die Abweichung der manuellen Messung mittels Länge und Breite der Einzelblätter eng mit der Probenzahl zusammen. Drei Pflanzen pro Parzelle sind bei Berücksichtigung der erforderlichen Messzeit demnach für

die Zuverlässigkeit der Bestimmung des Blattflächenindex ausreichend.

Zweitens wurde mit dem Messgerät in diagonaler Richtung zwischen den Reihen (Reihenweite = 75 cm) gemessen. In der Reihe des Maisbestandes wurde durch das Messgerät nur der Messbereich von 27° bis 90° (horizontal = 0°; senkrecht = 90°) erfasst. Dadurch wurden einige Blätter, die außerhalb des Messbereichs von 27° lagen, nicht mit erfasst. Die Unterschätzung des Blattflächenindex (Abb. 20) war während der Jugendentwicklung am größten, wenn die Blattfläche noch klein war und sich die Maisreihen noch nicht geschlossen hatten. Ein Grund für die Unterschätzung liegt nach SMITH et al. (1993) in einer ungleichmäßigen Verteilung des Pflanzenbestandes. Der in den Parzellenversuchen ermittelte Blattflächenindex mit dem Messgerät LAI-2000 lag dann in einem zuverlässigen Bereich, wenn die Pflanzen die Reihen geschlossen hatten und gleichmäßig verteilt waren.

Nach PAMPOLINO und DOBERMANN (1994) ist der Schätzfehler des Messgerätes LAI-2000 während der Jugendentwicklung ziemlich groß und nimmt mit Bestandesschluss immer mehr ab. Der Blattflächenindex (mit dem LAI-2000 bestimmt) korrelierte eng mit dem Trockenmasseertrag ($r = 0,71-0,96$). Nach der Korrelationsanalyse (Tab. 22) bestand zwischen Trockenmasseertrag und Blattflächenindex, der mit dem Messgerät LAI-2000 bestimmt wurde (BFI_{lai}) eine engere Beziehung als zum manuell bestimmten Wert (BFI_{man}). In der Wuchsform der Maissorte liegt möglicherweise eine weitere Fehlerquelle für die Bestimmung des Blattflächenindex (BFI_{lai}) begründet. Nach WELLES und NORMAN (1991) ist Mais mit pyramidalen Wuchsform nicht normal azimuthal orientiert. Die Diffusion der Strahlung nahm mit den lichtorientierten („heliotropen“) Blättern zu, was zu einer Unterschätzung des Blattflächenindex mittels Messgerät LAI-2000 führen kann. Das wird dadurch bestätigt, dass die Unterschätzung des Blattflächenindex bei den pyramidalen Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* größer war als bei Sorten des normalen Wuchstyps (*Arsenal* bzw. *Banguy*).

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Am Standort Berge (nordostdeutsches Tiefland, Land Brandenburg), der Versuchsstation Pflanzenbauwissenschaften der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, sind in den Jahren 1997 und 1998 vier Landessortenversuche (Brandenburg) und zwei Parzellenversuche mit verschiedenen Silomaisorten und Bestandesdichten in die Untersuchungen zum Ertragsniveau, zur Futterqualität und zum Einfluss des Faktors Licht auf die Ertragsbildung bei Silomais einbezogen worden. Es handelte sich im Landessortenversuch um Untersuchungen in den Silomaisortimenten der Reifegruppe „früh“ mit 28 Sorten und der Reifegruppe „mittelfrüh“ mit 33 Sorten, wovon jeweils 13 in beiden Versuchsjahren geprüft wurden. In ergänzenden Parzellenversuchen ging es um detaillierte Untersuchungen zur Lichtinterzeption und des Blattflächenindex in Abhängigkeit vom Wuchstyp der Maisorten sowie von der Bestandesdichte.

Am Beginn der Untersuchungen standen die Sortenunterschiede bei den Merkmalen Gesamtertrag, Futterqualität (Trockensubstanzgehalt, Energiedichte, Stärke-, Rohfaser- und Rohproteingehalt) und Lichtinterzeption im Mittelpunkt. Darauf aufbauend konzentrierten sich die Untersuchungen auf den Einfluss von Sorte und Bestandesdichte auf die vor allem auf den Ertragsparameter Trockenmassebildung in unterschiedlichen Wuchsabschnitten der Maispflanze, Kolbenanteil am Trockenmasseertrag, die Blattflächen, den Blattflächenindex und die Lebensdauer der Blätter, die Pflanzenhöhe (Kolbenansatzhöhe), die Lichtaufnahme [Lichtinterzeption, photosynthetisch aktive Strahlung (PhAR), den Lichtextinktionskoeffizienten k und die Lichtnutzungseffizienz (LUE)]. Dazu wurden im Jahre 1998 zwei Parzellenversuche mit je zwei Sorten der Reifegruppen „früh“ (*Arsenal* und *Agadir*) und „mittelfrüh“ (*Banguy* und *Attribut*) angelegt. Ab dem 18. Mai wurden die Pflanzen in unterschiedliche Pflanzenabschnitten getrennt und gewogen sowie der Trockenmassezuwachs bestimmt.

Weiterhin ist die Zuverlässigkeit der Messwerte für die Lichtaufnahme und den Blattflächenindex gewertet worden. In den zweifaktoriellen Parzellenversuchen wurden bei der Messung der Lichtinterzeption zwei Messgeräte (PhAR-Sensor und Messgerät LAI-2000) verwendet. Für die Messung des Blattflächenindex wurde ebenfalls das Messgerät LAI-2000 verwendet. Der Blattflächenindex wurde mit den Ergebnissen aus der manuellen Messung der einzelnen Blätter verglichen.

Landessortenversuche zum Einfluss von Sorte auf Ertrags- und Qualitätsparameter und auf die Lichtaufnahme

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Im Vergleich zum Jahre 1998 ist das Jahr 1997 durch die längere Sonnenscheindauer und höhere Globalstrahlung von Anfang Mai bis Ende August gekennzeichnet. Die überdurchschnittlich hohen Temperaturen und Wasserstress während des Monats August führten im Jahre 1997 zu einer deutlich früheren Reife der Maisbestände im Vergleich zum durchschnittlichen Reifeverlauf der Jahre. Im Gegensatz zum Jahre 1997 waren keine Hitzeschäden und Wassermangel im Sommer 1998 zu verzeichnen.

Das Ertragsniveau am Standort Berge lag bei den Sorten der Reifegruppe „früh“ bei 137,8 (1997) und 147,4 dt ha⁻¹ (1998) Trockenmasse und bei den Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ bei 140,2 (1997) und 151,3 dt ha⁻¹ (1998). Die Futterqualität war aufgrund der höheren Temperaturen, der längeren Sonnenscheindauer, der höheren Globalstrahlung und der guten Ausreife bei allen Sorten im Jahre 1997 besser einzuschätzen als im Jahre 1998 und durch höhere Stärke- und Rohproteingehalte, niedrigere Rohfasergehalte und damit höhere Energiedichten gekennzeichnet. Im Durchschnitt der beiden Jahre lag die Energiedichte bei 5,88 (Reifegruppe „früh“) bzw. 5,93 MJ NEL kg⁻¹ TM (mittelfrüh), der Energieertrag bei 83,699 (früh) bzw. 86,134 GJ NEL ha⁻¹ (mittelfrüh), der Stärkegehalt bei 29,1 (früh) bzw. 30,6 % (mittelfrüh). Die Werte der Lichtinterzeption der beiden Reifegruppen haben in beiden Jahren mehr als 90 % erreicht. Die höhere Lichtinterzeption der geprüften Sorten mit größerem Blattflächenindex führte im Jahre 1998 zu höheren Erträgen.

In den Landessortenversuchen (Brandenburg) in Berge in den Jahren 1997 und 1998 haben die folgenden geprüften Sorten in Bezug auf hohe Lichtnutzungseffizienz und die steile Blattstellung ihre besondere Anbauberechtigung nachgewiesen.

Die Sorten des pyramidalen Wuchstyps **Banquise** (S210), **Akim** (S220), **Santiago** (S240) und **Carrera** (S250) und die Sorte **Banguy** (S240) mit steilerer Blattstellung haben trotz der Lichtinterzeption, die in der jeweiligen Reifegruppe unter dem Sortenmittel lag, relativ hohe Erträge erreicht. Wegen des „stay-green“ Verhaltens reifte der Restmais von den Sorten **Santiago** und **Banguy** langsamer im Verhältnis zum Kolben ab. Sie sind in der Gesamtbewertung der Ertragsleistung, des Stärkegehaltes, der Energiedichte und der Lichtnutzungseffizienz für

den Anbau in Brandenburg mit häufig auftretendem Wassermangel als empfehlenswert einzustufen.

Die Sorten des pyramidalen Wuchstyps *Monitor* (S220), *Achat* (S240) und *Caballero* (S240), die Sorte des normalen Wuchstyps *Argument* (S240) sowie die Sorten *Byzance* (S210), *Irene* (S240) und *Magister* (S250) sind mit überdurchschnittlicher Ertragsleistung sowie gesicherter Futterqualität für die trockenen Standorte empfohlen worden. Ihre höhere Lichtinterzeption führte zu höheren Erträgen. Die Energiedichte von *Achat*, *Magister* und *Argument* kann durch eine bessere Ausreife sowie einen etwas höheren Schnitt verbessert werden.

Die einjährig geprüften Sorten *Friivol* (S230), *Latour* (S230) und *Arnold* (S240) wiesen unter ungünstigen Witterungsbedingungen im Jahre 1997 stabile Energie- sowie Trockenmasseerträge bei mittlerer Abreife auf. Sie erreichten eine hohe Lichtnutzungseffizienz und lieferten eine bessere Silagequalität.

Die Sorten des pyramidalen Wuchstyps *Akim* (S220), *Helix* (S230) und *Ilias* (S250) sollten aufgrund der späteren Abreife der Restpflanze im Jahre 1997 in klimatisch günstigeren Lagen angebaut werden.

Parzellenversuche zum Einfluss von Sorte und Bestandesdichte auf Ertrags- und Qualitätsparameter und auf die Lichtaufnahme

In der Reifegruppe „früh“ ist die Sorte *Agadir* im Vergleich zur Sorte *Arsenal* als pyramidalen Wuchstyp gekennzeichnet. In der Reifegruppe „mittelfrüh“ ist die Sorte *Attribut* zu diesem Wuchstyp zu rechnen. Die mittelfrühe Sorte *Banguy* weist innerhalb der gesamten Pflanze eine etwas steilere Blattstellung auf.

Die Mehrerträge der kolbenbetonten Sorten des normalen Wuchstyps (*Arsenal* und *Banguy*) gegenüber den restmaisbetonten Sorten des pyramidalen Wuchstyps (*Agadir* und *Attribut*) resultierten aus höheren Kolbenanteilen, höheren Zuwachsraten, einer höheren Lichtaufnahme und Lichtnutzungseffizienz sowie einem größeren Blattflächenindex.

Die Trockensubstanzgehalte der Sorten lagen im Jahre 1998 im Bereich von 31,8 % (*Banguy* bzw. *Attribut*) und 34,6 % (*Arsenal*). In der Energiedichte (nasschemische Analyse) wurden zwischen den Sorten der Reifegruppe „früh“ nur geringe Unterschiede ermittelt, wobei die durchschnittliche Energiedichte bei 6,22 MJ NEL kg⁻¹ TM lag. Die Energiedichte lag bei den

mittelfrühen Sorten bei 6,01 (*Attribut*) und 6,37 MJ NEL kg⁻¹ TM (*Banguy*). Der Energieertrag schwankte zwischen 90,1 (*Agadir*) und 113,2 GJ NEL ha⁻¹ (*Banguy*). Der Stärkegehalt im Kolben schwankte zwischen 25,9 % (*Agadir*) und 29,5 % (*Banguy*). In der Gesamtbewertung der Futterqualitätsparameter Trockensubstanzgehalt, Energiedichte und Stärkegehalt sind die Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* überlegen.

Der Lichtextinktionskoeffizient (k) variierte in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte und erreichte relativ hohe Werte von 0,76 (*Agadir* mit 8 Pflanzen m⁻²) bis 0,80 (*Arsenal* mit 10 Pflanzen m⁻²). Bis zum Erreichen des maximalen Blattflächenindex wies die frühe Sorte *Agadir* gegenüber *Arsenal* mit kleineren Werten für den Lichtextinktionskoeffizienten die bessere Lichtverteilung innerhalb des Pflanzenbestandes auf. Kein signifikanter Unterschied war zwischen den Sorten *Attribut* und *Banguy* nachweisbar. Die bessere Lichtverteilung innerhalb des Maisbestandes und die größere Wuchshöhe (wie bei *Attribut*) aufgrund der pyramidalen Blattstellung bewirkte keinen Vorteil in der Trockenmassebildung der Sorten. Die Ertragsunterschiede der Sorten standen in Beziehung zu der Differenzierung in der Lichtnutzungseffizienz, wobei die Werte im Bereich von 3,03 (*Agadir* mit 8 Pflanzen m⁻²) bis 3,80 g MJ⁻¹ (*Banguy* mit 8 Pflanzen m⁻²) lagen. Die Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy* wiesen gegenüber den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* die größere von den Pflanzen aufgenommene photosynthetisch aktive Strahlung auf.

Der mit dem Messgerät LAI-2000 ermittelte Blattflächenindex schwankte bei den Sorten zwischen 3,37 (*Agadir*) und 3,84 (*Banguy*). Die geringeren Blattflächen bzw. Blattflächenindices in Kolbennähe der Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* im Vergleich zu *Arsenal* bzw. *Banguy* führten zu niedrigerer Lichtaufnahme und geringerer Kolbenbildung. Die Sorten *Arsenal* und *Banguy* zeichneten sich durch die höhere Lichtnutzungseffizienz, den größeren Blattflächenindex und die größere Lichtinterzeption sowie Lichtaufnahme (PhAR) aus, was als Grund für den höheren Ertrag angesehen werden kann. Die Sorte *Banguy* mit „stay green“ Verhalten wies nicht nur hohe Erträge, sondern auch eine hohe Futterqualität mit niedrigerem Rohfasergehalt, höherem Stärkegehalt und höherer Energiedichte aus. Bei den Sorten *Agadir* und *Attribut*, die dem pyramidalen Wuchstyp zuzurechnen sind, blieb die assimilatorische Fläche im Wuchsbereich „unterhalb des Kolbens“ länger erhalten. Sie vermochten aufgrund der steileren Blattstellung mehr Licht unterhalb des Kolbens aufzunehmen. Das bot die Voraussetzung für einen größeren Anteil der vegetativen Biomasse sowie die größere Blattfläche (unterhalb des Kolbens bzw. in Kolbennähe), eine geringere Abnahme der Blattfläche (im Abschnitt „≤100 cm Wuchshöhe“) mit fortschreitender Alterung der Maispflanze, eine bessere Lichtver-

teilung und eine längere Lebensdauer der einzelnen Blätter (*Agadir*) im unteren Bereich. Damit kann die Assimilateinlagerung in die Körner verlängert werden. Bei diesen Sorten könnte ein tieferer Schnitt bei der Ernte mit geringeren Qualitätseinbußen einher gehen als bei den Sorten mit normaler Blattstellung.

Im Jahre 1998 führte die höhere Bestandesdichte von 10 im Vergleich zu 8 Pflanzen m^{-2} unter den herrschenden Standortverhältnissen aufgrund der Konkurrenz um Wasser, Nährstoffe und Licht zu keiner Ertragsüberlegenheit und es kam zu schlechteren Qualitätseigenschaften der vier Sorten. Die höhere Bestandesdichte führte zu einem größeren Blattflächenindex sowie einer höheren Lichtinterzeption und es trat innerhalb des Maisbestandes eine schlechtere Verteilung des Lichts und der Blattfläche auf. Die kürzere Lebensdauer der einzelnen Blätter, deren kleinere Blattflächen, geringere Kolbenanteile am Trockenmasseertrag und eine schnellere Abnahme des Blattflächenindex sind weitere Gründe, bei limitiertem Wasserangebot von einer höheren Bestandesdichte abzuraten. Schlussfolgernd ist eine Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} auf den trockeneren Anbaulagen im nordostdeutschen Tiefland – wie für den Versuchsstandort Berge typisch – für stabile Erträge sowie hohe Futterqualität zu empfehlen. Bei der Erfassung des Blattflächenindex wurde eine enge Korrelation zwischen den Werten, die durch das Messgerät LAI-2000 bestimmt wurden und den manuell bestimmten Werten ermittelt. Der Unterschied zwischen den Werten des Blattflächenindex der beiden Messmethoden bei Erreichen des maximalen Blattflächenindex war kleiner als 14 %. Nach der Korrelationsanalyse war die Trockenmasse enger mit dem gemessenen Wert (LAI-2000) für den Blattflächenindex korreliert als mit dem manuell bestimmten Wert. Bei den Sorten *Agadir* bzw. *Attribut* lag wegen der größeren Lichtdurchdringung innerhalb des Pflanzenbestandes eine größere Unterschätzung des Blattflächenindex (LAI-2000) vor als bei den Sorten *Arsenal* bzw. *Banguy*.

Die Lichtinterzeption wurde im Jahre 1998 mittels Ceptometer und Messgerät LAI-2000 gemessen. Die Messwerte des Ceptometers lagen etwas höher als die des Messgerätes LAI-2000. Zur Maisblüte haben sich die Ergebnisse der Methoden um weniger als 5 % unterschieden. Die Trockenmasse war enger mit den Messwerten des Ceptometers als mit denen des Messgerätes LAI-2000 korreliert. Zwischen der Lichtinterzeption, die innerhalb und zwischen den Maisreihen gemessen wurde, bestand nach dem Schließen der Maisreihen kein Unterschied mehr.

Literaturverzeichnis

- ANDRADE, F. H., S. A. UHART G. G. ARGUISSAIN UND R. A. RUIZ** (1992): Radiation use efficiency of maize grown in a cool area. *Field Crops Research*, **28**, 345-354.
- ARIYANAGAM, P. R., C. L. MOORE UND V. R. CARANGAL** (1974): Selection for leaf angle in maize and its effect on grain yield and other characters. *Crop Science*, **14**, 551-556.
- ARMBRUST, D. V.** (1990): Rapid measurement of crop canopy cover. *Agronomy Journal*, **82**, 1170-1171.
- BARTHELMES G.** (2000): Silomais und Körnermais 1999/2000. Landesanstalt für Landwirtschaft Brandenburg. Sortenratgeber. <http://www.brandenburg.de/land/melf/lfl/sortrat>.
- BAEUMER, K.** (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BERINGER, H.** (1981): Zur Steuerung der Ertragsbildung durch Umweltfaktoren und Nährstoffe. *Kali-Briefe (Büntehof)*, **15 (8)**, 505-514.
- BOHLE, H. UND F. WAGNER** (1978): Ertragsstruktur von Silomais bei variiertem Standraum. Das wirtschaftseigene Futter, **24**, 115-124.
- BOESE, L.** (1997): Mais in engeren Reihen ablegen? *top agrar spezial*, **(3)**, 26-29.
- BÖSE, S.** (1998): ‚Heliotrop‘-Maissorten nutzen die Sonnenenergie effizienter und versprechen Vorteile. *Neue Landwirtschaft*, **2**, 48-51.
- CHARLES-EDWARDS, D. A., D. DOLEY UND G. M. RIMMINGTON** (1986): Modelling plant growth and development. Academic Press, Sydney.
- COOLEY, J. K. UND J. W. TUKEY** (1965): An algorithm for the machine computation of complex Fourier series. *Mathematics of computation*, **19**, 297-301.
- CRÖSSMANN, G.** (1967): Standraum und Stoffproduktion bei Mais. *Acker- und Pflanzenbau*, **125**, 222-253.
- DAUGHTRY, C. S. T. UND S. E. HOLLINGER** (1984): Cost of measuring leaf area index of corn. *Agronomy Journal*, **76**, 836-841.
- DEGENHARDT, H.** (1996): NIRS-Untersuchungen zur Erfassung futterwertrelevanter Qualitätsparameter von Silomaisorten in einem Gerätenetzwerk. Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. *Landbauforschung Völkenrode*, **163**. 147 S. ISSN 0376-0723.
- DEINUM, B.** (1984): Chemical composition and nutritive value of herbage in relation to climate. Proc. 10th. Gen. Meet. Europ. Grassland Federation, Norway 1984, 338-350.
- DEINUM, B. UND J. KNOPPERS** (1979): The growth of maize in the cool temperate climate of the Netherlands: Effect of grain filling on production of dry matter and on chemical composition and nutritive value. *Neth. J. agric. Sci.*, **27**, 116-130.
- DESVIGNES, P. H.** (1978): Richtige Bewässerung von Mais. *Produktew. Agric. France Paris*, **53**, 20-21.
- DE WIT, C. T.** (1965): Photosynthesis of leaf canopies. *Versl. Lansbouwk. Onderz.*, 663.
- DLZ** (1992): Bestandesdichten noch erhöhen? *Die landwirtschaftliche Zeitschrift für Produktion, Technik, Management*, **92(2)**, 51-54.

- DMK** (1996): Richtlinie für die Probenahme, Probenaufbereitung und Probentrocknung von Silomaisganzpflanzen für Qualitätsuntersuchungen mit der Nah-Infrarot-Reflexionspektroskopie (NIRS). Fassung vom 16. April 1996. (DMK e.V., Clemens-August-Str. 54, 53115 Bonn) 5S.
- DUNCAN, W. G.** (1971): Leaf angles, leaf area, and crop photosynthesis. *Crop Science*, **11**, 482-485.
- DUNCAN, W. G., R. S. LOOMIS, W. A. WILLIAMS UND R. HANU** (1967): A model for simulating photosynthesis in plant communities. *Hilgardia*, **38**, 181-205.
- DUNCAN, W. G. und J. D. HESKETH** (1968): Net photosynthetic rate relative leaf growth rate and leaf numbers of 2 years of maize grown at eight temperatures. *Crop Science*, **8**, 670-674.
- DWYER, L. M., STEWART, D. W., HAMILTON, R. I. und L. HOUWING** (1992): Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. *Agronomy Journal*, **84**, 430-438.
- DWYER, L. M., D. W. STEWART, D. BALCHIN, L. HOUWING, C. J. MARUR, UND R. I. HAMILTON** (1989): Photosynthetic rates of six maize cultivars during development. *Agronomy Journal*, **81**, 597-602.
- EDER** (1993): Die neuen Sorten leisten mehr - Silomais mit höherem Kornanteil liefert eine energiereiche Silage. *Bayerisches-Landwirtschaftliches-Wochenblatt* (Germany), **183(52)**, 21-26.
- EDMEADES, G. O. UND H. R. LAFITTE** (1993): Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. *Agronomy Journal*, **85**, 850-857.
- FRÖLICH, W. UND M. POLLMER** (1978): Die Blatthaltung bei Mais (*Zea mays* L.) als ertragbeeinflussender Faktor. *Kali-Briefe*, **5**, 345-354.
- GALLO, K. P., C. S. T. DAUGHTRY, UND C. L. WIEGAND** (1986): Errors in measuring absorbed radiation and computing crop radiation use efficiency. *Agronomy Journal*, **85**, 1222-1228.
- GEBAUER, A. UND H. SCHÖNBERGER** (1989): Die Bildung der Weizenstärke unter Berücksichtigung der Kornbildung. *Kali-Briefe* (Büntehof), **19(9)**, 677-691.
- GEISLER, G. und J. AFSHAR** (1977): Der Einfluss der Wasserversorgung und Stickstoffdüngung auf die Entwicklung der generativen Organe bei Mais. *Acker- und Pflanzenbau*, **145(4)**, 257-271.
- GEISLER, G.** (1983): Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Parey Verlag, Berlin und Hamburg.
- GEISLER, G.** (1988): Pflanzenbau. 2. Auflage. Parey Verlag, Berlin und Hamburg.
- GIAUFFRET, C., R. BONHOMME, D. DORVILLEZ und M. DEIREUX** (1991): Conversion of intercepted radiation into aerial dry biomass for three maize genotypes Influence of plant density. *Maydica*, **36**, 25-27.
- GRAHAM, E. R., P. L. LOPEZ UND T. M. DEAN** (1972): Artificial light as a factor influencing yield of high population corn. *Trans ASAE*, St. Joseph, Mich, **15(3)**, 576-579.
- GROSS, F.** (1986): Der Stärkegehalt in Silomais und seine Beziehungen zum Kolbenanteil und Nettoenergiegehalt. *Das wirtschaftseigene Futter*, **32(2)**, 141-152.
- GROSS, F. UND G. AVERDUNK** (1974): Der Gehalt an Nährstoffen in Maissilagen, ihre Verdaulichkeit und ihre Beziehungen zum TS-Gehalt. *Z. Das wirtschaftseigene Futter*, **20**,

- GROSS, F. UND W. PESCHKE** (1980a): Nährstoffgehalt von Silomais. 3. Mitt.: Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit der Maiskolben. *Z. Das wirtschaftseigene Futter*, **26**, 184-192.
- GROSS, F. UND W. PESCHKE** (1980b): Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. 4. Mitt.: Einfluß der Kolbenbildung auf Nährstoffgehalt und Verdaulichkeit von Silomais. *Z. Das wirtschaftseigene Futter*, **26**, 193-206.
- HATFIELD, J. L., C. D. STANLEY UND R. E. VARLSON** (1976): Evaluation of an electronic foliometer to measure leaf area in corn and soybeans. *Agronomy Journal*, **68**, 434-436.
- HELLER, C. UND V. POTTHAST** (1985): Erfolgreiche Milchviehfütterung. DLG-Verlag, Frankfurt.
- HEPTING, L. UND J. ZSCHEISCHLER** (1975): Der Einfluss der Reihenweite und Bestandesdichte auf Kornertrag und Trocksubstanzgehalt bei Körnermais. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **141**, 178-186.
- HEPTING, L.** (1988): Zum Erntezeitpunkt bei Silomais. *MAIS-Informationen*, HARMS-Herford, **2/88**.
- HEPTING, L.** (1992): Der Futterwert der Maissorten. *Mais*, **20(4)**, 16-19.
- HEPTING, L.** (1994): Maisanbau- am Anfang steht die Züchtung. *Mais*, **22(1)**, 6-8.
- HERZOG, H. UND P. STAMP** (1983): Dry matter and nitrogen accumulation in grains at different ear positions in ‚Gras‘ semidwarf and normal spring wheat. *Euphytica*, **32**, 511-520.
- HICKS, D. R. UND E. R. STUCKER** (1972): Plant density effect on grain yield of corn hybrid diverse in leaf orientation. *Agronomy Journal*, **64**, 484-487.
- HICKS, S. K. und R. J. LASCANO** (1995): Estimation of leaf area index for cotton canopies using the LI-COR LAI-2000 plant canopy analyser. *Agronomy Journal*, **87 (3)**, 458-464.
- HOYT P. UND R. BRADFIELD** (1962): Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agronomy Journal*, **54**, 523-525.
- HUGGER, H.** (1998): Moderne Sorten verlangen mehr Know-how. *Deutsche landschaftliche Zeitung*, **98(4)**, 30-34.
- HUSSEN, I. M.** (1983): Untersuchungen zum Einfluß von Bestandesdichte, Beregnung und Erntetermin auf Pflanzenentwicklung, Ertrag, Ertragskomponenten und auf einige Qualitätsparameter bei frühem Silomais. Dissertation Humboldt Universität Berlin 1983.
- JENNER, C. F.** (1991a): Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. I. Immediate responses. *Australian Journal of Plant Physiology*, **18**, 165-177.
- JENNER C. F.** (1991b): Effects of exposure of wheat ears to high temperature on dry matter accumulation and carbohydrate metabolism in the grain of two cultivars. II. Carry-over effects. *Australian Journal of Plant Physiology*, **18**, 165-177.
- JENNER, C. F., K. SIWEK UND J. S. HAWKER** (1993): The synthesis of [14C]starch from [14C] sucrose in isolated wheat grains is dependent upon the activity of soluble starch synthase. *Australian Journal of Plant Physiology*, **20**, 329-335.
- KIRCHGEBNER, M.** (1987): Tierernährung: Leitführung für Studium, Beratung und Praxis. 7.

Auflage Frankfurt (M) DLG-Verlag, 44-49.

- KIRCHGEBNER, M., R. J. KELLNER UND M. KREUZER** (1985): Beeinflussung der Verdaulichkeit von Rohnährstoffen und Zellwandbestandteilen beim Schaf durch den Austausch von Rohfaser durch Stärke. Technische Universität München, Freising (Germany). Institut für Ernährungsphysiologie. Das wirtschaftseigene Futter, **31(2)**, 105-116.
- KROPF, U.** (1992): Vegetative und generative Entwicklung von Haupt- und Nebentrieben des Winterweizens (*Triticum aestivum* L., cv. Kanzler und cv. Ares). Dissertation Kiel.
- KVET, J. UND J. K. MARSHALL** (1971): Assessment of leaf area and other assimilating plant surfaces. 517-574. In Z. Sestak et al. (ed.) Plant photosynthetic production Manual of methods. Dr. W. Junk. The Hague, Netherlands.
- LAMBERT, R. J. UND R. R. JOHNSON** (1978): Leaf angle, tassel morphology and the performance of maize hybrids. *Crop Science*, **18**, 499-502.
- LANDES, A.** (1993): Beeinflussung der Stärke- und Proteinbildung sowie der Stärkegewinnung und -qualität bei verschiedenen Winterweizensorten durch Stickstoff- und Auxinapplikationen. Dissertation Kiel.
- LARCHER, W.** (1984): Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage. 4. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- LOOMIS, R. S., W. A. WILLIAM, W. G. DUNCAN, A. DORVAT UND A. NUNEZ** (1968): Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in field communities of corn plants. *Crop Science*, **8**, 352-356.
- MADONNI, G. A. UND M. E. OTEGUI** (1996): Leaf area, light interception, and crop development in maize. *Field Crops Research* **48**, 81-87.
- MAJOR, D. J., B. W. BEASLEY UND R. I. HAMILTON** (1991): Effect of maize maturity on radiation-use efficiency. *Agronomy Journal* **83**, 895-903.
- MARTIN, K. H.** (1979): Mais-Während der Blüte wächst der Durst. Zur Berechnung von Körner- und Silomais. *Mitt. DLG*, **94**, 1260-1262.
- MASON, L. UND M. S. ZUBER** (1976): Diallel analysis of maize for leaf angle, leaf area, yield and yield components. *Crop Science*, **174**, 371-378.
- MCNAUGHTON, K. G. UND P. G. JARVIS** (1983): Predicting effects of vegetation on transpiration and evaporation, 1-47. In T.T. Kozlowski.
- MEEK, D.W., J. L. HARTFIELD, T. A. HOWELL, S. B. IDSO, UND R. J. REGINATO** (1984): A generalized relationship between photosynthetically active radiation and solar radiation. *Agronomy Journal*, **76**, 939-945.
- MILLER, J. B.** (1967): A formula for average foliage density. *Australian Journal*, **15**, 141-144.
- MOCK, J. J. UND R. B. PEARCE** (1975): An ideotype of maize. *Euphytica*, Wageningen, **24**, 613-623.
- MONSI, M. UND T. SAEKI** (1953): Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. J. Bot.*, **14**, 22-52.
- MONTEITH, J. L.** (1965): Radiation and Crops. *Exp. Agriculture*, **1**, 241-251.
- MUCHOW, R. C., T. R. SINCLAIR UND J. M. BENNETT** (1990): Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy Journal*, **82**, 338-343.
- MÜLLER, W.** (1993): Maissilage, -konkurrenzlos in der Rinderfütterung- Maissilage stellt die erforderliche Energiedichte bereit. *Mais* **21(1)**, 48-50.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. UND G. CZEPLAK** (2000): Die Witterung in Deutschland. <http://www.dwd.de/scripts/search.cgi>

- NAETHER, J. UND D. CLAUS** (1998): Die besten Sorten zum Silieren. *Neue Landwirtschaft* **2**, 42-46.
- NORMAN, J. M. UND G. S. CAMPBELL** (1989): Canopy structure, 301-325. In R.W. Pearcy et al. (ed.) *Plant physiological ecology: Field methods and instrumentation*. Chapman and Hall, London and New York.
- NÖSBERGER, J.** (1971): Einfluss der Bestandesdichte auf die Ertragsbildung bei Mais. I. Teil: Effekte der Bestandesdichte und der Lichtintensität auf die Ertragsbildung. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **133**, 215-232.
- NÖSBERGER, J. UND W. OPITZ V. BOBERFELD** (1986): *Grundfutterproduktion*. Berlin und Hamburg P-Parey.
- OTTOMAN, M. J. UND L. F. WELCH** (1989): Planting Patterns and Radiation Interception, Plant Nutrient Concentration and Yield in Corn. *Agronomy Journal*, **81**, 167-174.
- PAMPOLINO, M. F. UND A. DOBERMANN** (1994): Optical leaf area index measurement as a tool for characterizing crop growth at the field scale. *Philippine J. of Crop Science*, **19** (suppl. 1), 21. Issued May 1996.
- PENNING DE VRIES, F. W. T., A. H. M. BRUNSTING UND H. H. VAN LAAR** (1974): Products, requirements and efficiency of biosynthesis: A quantitative approach. *Journal of Theoretical Biology*, **45**, 339-377.
- PENDLETON, J. W., G. E. SMITH, S. R. WINTER UND T. I. JAHNSTON** (1968): Field investigations of the relationships of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. *Agronomy Journal*, **60(4)**, 422-424.
- PEPPER, G. E. UND J. J. MOCK** (1977): Leaf orientation and yield of maize. *Crop Science*, **17**, 883-886.
- PEYKER, W.** (1994): Mais: Höhere Bestandesdichten-mehr Ertrag? *top agrar spezial*, **23**, 20-21.
- POMMER, G.** (1977): Ertragsphysiologie und Züchtung. I. Assimilatbildung, Photosynthese, Source. *Bayer. Landwirtsch. Jb. München*, **54(2)**, 141-152.
- POMMER, G., W. SANCHEZ UND H. HÄCKEL** (1981): Auswirkungen verschiedener Reihenweiten und Bestandesdichten auf den Ertrag von Maissorten mit waagerechter und aufrechter Blatthaltung. *Z. Acker- u. Pflanzenbau*, Berlin Hamburg, **150(2)**, 113-128.
- RADEMACHER, B.** (1950): Über die Lichtverhältnisse in Kulturpflanzenbeständen, insbesondere im Hinblick auf den Unkrautbesatz. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, **92**, 129-165.
- ROHR, K.** (1975): Zur Bedeutung des Grundfutters in Milchviehrationen. *Kali-Briefe*, **12**, 1-6.
- RÖHR, M.** (1997): *Statistica 6.0 Statistica für Windows*. Eine anwendungsorientierte Einführung. 1. Auflage-Bonn: Addison Wesley Longman. <http://www.statsoft.com>.
- SCHLUMBOHM, F.** (1975): Untersuchungen zur Ertragsanalyse bei Mais, in Abhängigkeit von Anbauart, Jahreseinfluss, Bestandesdichte, N-Gabemenge und N-Gabezeit. *Dissertation Kiel*.
- SCHMITT, K. O. UND R. FISCH** (1992): Silomais: Höhere Erträge durch engeren Reihenabstand. *Top agrar*, **92(4)**, 70-71.
- SCHNELL, F. M. UND H. F. UDZ** (1981): Der züchterische Fortschritt in Frühreife und Ertrag bei Körnermais. *Mais*, **4(81)**, 10-14.
- SCHOOP, P.** (1986): Ausbildung der Einzelkornmasse und resultierende durchschnittliche

Einzelkornmasse je Ähre bei Winterweizen. Dissertation Kiel.

- SHAVER, D. L.** (1983): Genetics and breeding of maize with extra leaves above the ear. Proc. 38th. Am. Corn and Sorghum Res. Conference, 161-180.
- SINCLAIR, T. R. UND T. HORIE** (1989): Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Science*, **29**, 90-98.
- SMITH, N. J., J. M. CHEN UND T. A. BLACK** (1993): Effects of clumping on estimates of stand leaf area index using the LI-COR LAI-2000. *Canadian Journal of Forest Research*, **23(9)**, 1940-1943.
- SOEGAARD, K.** (1984): The effect of drought on feed quality and physiological processes in perennial ryegrass. Proc. 10th Gen. Meet. Europ. Grassl. Fed., Norway 1984, 312-316.
- SOMMER, K. J., und A. R. G. LANG** (1994): Comparative analysis of two indirect methods of measuring leaf area index as applied to minimal and spur pruned grape vines. *Australian Journal of Plant Physiology*, **21(2)**, 197-206.
- STANLEY, K. H. UND J. L. ROBERT** (1995): Estimation of leaf area index for cotton canopies using LI-COR LAI-2000 Plant canopy Analyser. *Agronomy Journal*, **87**, 458-464.
- STÄHLIN, A.** (1968): (Titel fehlt). *Das wirtschaftseigene Futter*, H.2, **14**, 164-176.
- STOY, V.** (1973): Assimilatbildung und -verteilung als Komponenten der Ertragsbildung beim Getreide. *Angewandte Botanik*, **47**, 17-26.
- STRUBE, H.** (1996): Pflanzenzüchtung als Schlüssel zum Erfolg. *Mais*, **24(1)**, 10-13.
- THIAGARAJAH, M. R., L. A. HUNT UND J. D. MAHON** (1981): Effect of position and age on leaf photosynthesis on corn (*Zea mays* L.). *Can. J. Bot.*, **59**, 28-33.
- TOLLENAAR, M.** (1977): Sink-source relationship during reproductive development in maize. A review. *Maydica*, **22**, 49-75.
- TOLLENAAR, M. UND T. W. BRUULSEMA** (1988): Efficiency of Maize Dry Matter Production During Periods of Complete Leaf Area Expansion. *Agronomy Journal*, **80**, 580-585.
- VAN ES, A. J. H.** (1986): Practical application of recent advances in feed evaluation for dairy cows in extensive and intensive production systems. The scope and purpose of the report. Institute for Livestock Feeding and Nutrition Research, Lelystad (Netherlands). Balch, C.C. (National Inst. for Research in Dairying, Shinfield (UK)); Es, A. J.-van (eds). Recent advances in feed evaluation and rationing systems for dairy cattle in extensive and intensive production systems. Bruxelles (Belgium). FIL-IDF. Secretariat General. 2-3. Bulletin - International Dairy Federation (Belgium). Federation Internationale de Laiterie, **196**.
- VIDOVIC, J.** (1974): Effect of the change of leaf angle arrangement on productivity of maize (*Zea mays* L.) standard. *Bilo. Plantarum, Praha*, **16(3)**, 174-183.
- WATSON, D. J.** (1947): Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Ann. Bot.*, **11**, 41-76.
- WEIßBACH, F., S. KUHLA UND L. SCHMIDT** (1996a): Schätzung der umsetzbaren energie von grundfutter mittels einer Cellulase-Methode. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, **5**, 115.
- WEIßBACH, F., L. SCHMIDT UND S. KUHLA** (1996b): Vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der NEL aus der umsetzbaren Energie. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.*, **5**, 117.

- WELLES J. M. UND J. M. NORMAN** (1991): Instrument for indirect Measurement of Canopy Architecture. *Agronomy Journal*, **83**, 818-825.
- WERMKE, M. UND K. ROHR** (1985): Einfluss der Bestandesdichte auf die Ertragsleistung , Siliereignung und den Futterwert von Silomais.-1.-Mitteilung, Trockenmasse und Ernteertrag, stoffliche Zusammensetzung und Silagequalität. *Das wirtschaftseigene Futter*, **31**, 20-34.
- WILLIAMS, W. A., R. S. LOOMIS UND C. R. LEPLEY** (1965): Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation interception of solar radiation. *Crop Science*, **5**, 211-215.
- WILLIAMS, W. A., R. S. LOOMIS, W. G. DUNCAN, A. DORVAT UND F. NUNEZ** (1968): Canopy architecture at various population densities and the growth and grain of maize. *Crop Science*, **8**, 303-308.
- WINTER, S. R. UND A. J. OHLROGGE** (1973): Leaf angle, leaf area and corn yield (*Zea mays* L) . *Agronomy Journal*, **56**, 165-169.
- ZELITCH. I.** (1971): Photosynthesis, photorespiration and productivity. C.Y: Academic Press.
- ZELITCH. I.** (1973): Plant productivity and the control of photorespiration. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, **70**, 579-584.
- ZSCHEISCHLER, J., F. GROSS UND L. HEPTING** (1974): Einfluss von Schnittzeit, Sorte und Standweite auf Ertrag und Futterwert von Silomais. *Bayer. Ldw. J.*, **51**, 611-636.
- ZSCHEISCHLER, J.** (1979): Maisanbau und Verwertung. DLG-Verlag. Frankfurt (Main).
- ZSCHEISCHLER, J.** (1990): Umweltgerechter Anbau - Wirtschaftliche Verwertung. DLG-Verlag Frankfurt (Main), Handbuch Mais.
- ZSCHEISCHLER, J.** (1993): Entwicklung der Hybridmaiszüchtung in Deutschland. *Mais*, **21**, 10-14.

Anhang

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Flächenentwicklung 1991-1998 in Deutschland bei Silomais im Vergleich zur Ertragsentwicklung.....	4
Abb. 2: Jährliche Energiezufuhr der Sonne auf 1m ² Erdoberfläche (MJ m ²) und durchschnittliche Sonnenscheindauer (Stunden Jahr ⁻¹).....	15
Abb. 3: Monatswerte der Globalstrahlung (MJ m ⁻²) in Mitteleuropa für Juli 1994	15
Abb. 4: Messgerät LAI-2000 zur Bestimmung von Lichtinterzeption und Blattflächenindex.....	20
Abb. 5: Klima- und Witterungsverläufe am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998.....	24
Abb. 6: Probenahme bei Silomais zur Ermittlung des Futterwertes nach Ganzpflanzen- und NIRS-Analyse (Quelle: NAETHER et al. 1998).....	30
Abb. 7: Einzelne Blätter der Maispflanze, je Blatt gemessene Länge L und Breite B zur Schätzung des Faktors b1 und Schätzformel für den Faktor b1	35
Abb. 8: Trockenmassebildung und Trockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m ⁻² während des Maiswachstums im Jahre 1998	41
Abb. 9: Tägliche Zuwachsraten der Trockenmasse in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m ² im Jahre 1998	42
Abb. 10: Relative Verteilung der Trockenmasse innerhalb der Maispflanze in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m ⁻² von Blühbeginn bis Ernte im Jahre 1998 (Gesamt-trockenmasse der Sorten zum jeweiligen Messtermin = 100%).....	43
Abb. 11: Trockensubstanzgehalt in unterschiedlicher Bestandeshöhe in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m ⁻² während der Kolbenausbildung im Jahre 1998.....	44
Abb. 12: Veränderung des mittleren Blattwinkels während des Maiswachstums in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	45
Abb. 13: Entwicklung von Kolbenerträgen und Kolbenanteilen in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m ⁻² im Jahre 1998.....	54
Abb. 14: Zwischen den Maisreihen gemessene Lichtinterzeption in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998 (Ceptometer-Messungen)	57
Abb. 15: Tägliche Lichtaufnahmerate (MJ m ⁻² Tag ⁻¹) während des Maiswachstums	60
Abb. 16: Lichtnutzungseffizienz (LUE) während des Maiswachstums in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m ⁻² im Jahre 1998.....	61
Abb. 17: Blattflächenindex während des Maiswachstums (BFIman) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998.....	62
Abb. 18: Blattflächenindex nach Messung mit Messgerät LAI-2000 (BFIlai) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	63
Abb. 19: Lichtinterzeption der Maissorten nach verschiedenen Messmethoden während der Blattentwicklung im Jahre 1998.....	67
Abb. 20: Blattflächenindex nach Messgerät LAI-2000 (BFIlai) und manueller Messung (BFIman) in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998 (Bezugsbasis: BFIman = 100 %).....	69
Abb. 21: Beziehung zwischen Blattflächenindex (BFIlai) und Trockenmasseertrag in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998	76
Abb. 22: Beziehung zwischen Lichtinterzeption (LLzw) und Trockenmasseertrag in	

Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998	77
Abb. A1: Maissorten verschiedenen Wuchstyps	102
Abb. A2: Flächenentwicklung 1961-1998 in Deutschland bei Körnermais im Vergleich mit der Ertragsentwicklung bei Mais	102
Abb. A3: Globalstrahlung im Jahre 1998 in Prozent des Mittelwertes der Jahre 1981-1995	103
Abb. A4: Sonnenscheindauer im Jahre 1998 in Prozent des Mittelwertes der Jahre 1961- 1990	103

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Anbau, Ertrag (Grünmasse) und Erzeugung von Silomais in europäischen Ländern (Vergleich der Mittelwerte 1996-1998)	5
Tab. 2: Mittelwerte der jährlichen Sonnenscheindauer (1996 bis 1998) in ausgewählten europäischen und lateinamerikanischen Ländern.....	5
Tab. 3: Langjähriges Monatsmittel und Jahresmittel von Globalstrahlung und Sonnenscheindauer in Mexiko und Potsdam (Brandenburg)	6
Tab. 4: Kurzcharakteristik des Versuchsstandortes Berge	23
Tab. 5: Sonnenscheindauer und Globalstrahlung für den Versuchsstandort Berge.....	25
Tab. 6: Silomaissorten (Reifegruppe „früh“) im Landessortenversuch Brandenburg am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998.....	26
Tab. 7: Silomaissorten (Reifegruppe „mittelfrüh“) im Landessortenversuch Brandenburg am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998	27
Tab. 8: Versuchsstruktur, Versuchsfaktoren, Pflegearbeiten, Düngung, Nährstoffversorgung und Erntetermine der Landessortenversuche Brandenburg am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998.....	28
Tab. 9: Prüfmerkmale, Messmethoden und Messtermine in den Landessortenversuchen (Versuche 1 bis 4) am Standort Berge in den Jahren 1997 und 1998	29
Tab. 10: Versuchsanstellung, Düngung und Erntetermine in den zweifaktoriellen Versuchen (I und II) am Standort Berge im Jahre 1998	31
Tab. 11: Prüfmerkmale und Messmethoden der Parzellenversuche I und II im Jahre 1998	32
Tab. 11: Prüfmerkmale und Messmethoden der Versuche I und II im Jahre 1998 (Fortsetzung)	33
Tab. 12: Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt von Silomaissorten der Reifegruppe „früh“ (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)	37
Tab. 13: Trockenmasseertrag und Trockensubstanzgehalt von Sorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge).....	38
Tab. 14: Trockenmasseerträge (dt ha ⁻¹) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	39
Tab. 15: Trockensubstanzgehalt (%) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	40
Tab. 16: Mittlerer Blattwinkel nach voller Blattentwicklung in unterschiedlichen Wuchsabschnitten in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte (27. Juli 1998, BBCH-Stadium 71).....	45
Tab. 17: Qualitätsparameter von Silomaissorten der Reifegruppe „früh“ nach NIRS- Analyse im Jahre 1997 (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge).....	47

Tab. 18: Qualitätsparameter von Silomaisorten der Reifegruppe „früh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1998 (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge).....	48
Tab. 19: Qualitätsparameter von Silomaisorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1997 (Landessortenversuche Brandenburg am Standort Berge)	49
Tab. 20: Qualitätsparameter von Silomaisorten der Reifegruppe „mittelfrüh“ nach NIRS-Analyse im Jahre 1998 (Landessortenversuche Brandenburg, Standort Berge)	50
Tab. 21: Energiedichte (MJ NEL kg ⁻¹ TM) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	51
Tab. 22: Energieertrag (GJ NEL ha ⁻¹) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	52
Tab. 23: Stärkegehalt (%) des Kolbens in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	52
Tab. 24: Rohfasergehalt (%) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	53
Tab. 25: Rohproteingehalt (%) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	54
Tab. 26: Kolbenanteil am Trockenmasseertrag, Kolbenansatzhöhe und Pflanzenhöhe in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte zur Ernte im Jahre 1998	55
Tab. 27: Lichtinterzeption (%) in Abhängigkeit von der Sorte (Reifegruppe „früh“, Landessortenversuche Brandenburg) am 20.07.1997 bzw. 27.07.1998 (BBCH-Stadium 68)	56
Tab. 28: Lichtinterzeption (%) in Abhängigkeit von der Sorte (Reifegruppe „mittelfrüh“, Landessortenversuche Brandenburg) am 27.07. 1997 bzw. 01.08. 1998 (BBCH-Stadium 68).....	56
Tab. 29: Lichtinterzeption (%) der Gesamtpflanze und der verschiedenen Abschnitte der Maispflanzen in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte am 20.07.1998 (Reifegruppe „früh“) bzw. 03.08.1998 (Reifegruppe „mittelfrüh“)	58
Tab. 30: Lichtextinktionskoeffizient k vor bzw. nach Erreichen des maximalen Blattflächenindex (BFImax) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	59
Tab. 31: Lichtinterzeption, aufgenommene Lichtenergie und Lichtnutzungseffizienz (LUE) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998.....	60
Tab. 32: Blattflächenindex nach manueller Messung (BFIman) sowie nach Messgerät LAI 2000 (BFIlai) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte in den Jahren 1997 und 1998	62
Tab. 33: Blattflächenindex (BFIlai) in unterschiedlichen Wuchsabschnitten in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte (Versuch I, Reifegruppe „früh“).....	64
Tab. 34: Blattflächenindex in unterschiedlichen Wuchsabschnitten in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte (Versuch II, Reifegruppe „mittelfrüh“).....	64
Tab. 35: Blattfläche (cm ²) der einzelnen Blätter in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	65
Tab. 36: Lebensdauer (Tage) der einzelnen Blätter in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	66
Tab. 37: Korrelationskoeffizient r zwischen verschiedenen Messwerten für die Lichtinterzeption (LIzw, Llin und Llai) in Abhängigkeit von der Sorte während des Hauptwachstums vom 11. Juni – 24. August 1998.....	68

Tab. 38: Korrelationskoeffizient r zwischen Trockenmasse (TM) und den Messwerten für die Lichtinterzeption (LIzw , Llin und LIai) in Abhängigkeit von der Sorte im Jahre 1998 68	
Tab. 39: Korrelationskoeffizient r zwischen Trockenmasse (TM), BFI _{man} und BFI _{lai} bei den Sorten während der Hauptwachstumsphase im Jahre 1998.....	70
Tab. A1: N_{\min} -Untersuchung (29. April 1998, Standort Berge).....	104
Tab. A2: Faktor b_1 zur Berechnung der Blattfläche für die Sorten während des Maiwachstums im Jahre 1998 nach der Schätzformel	104
Tab. A2 (Fortsetzung): Faktor b_1 zur Berechnung der Blattfläche für die Sorten während des Maiswachstums im Jahre 1998 nach der Schätzformel.....	105
Tab. A3: Zuwachsraten an Trockenmasse ($dt\ ha^{-1}\ Tag^{-1}$) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} im Jahre 1998.....	105
Tab. A4: Trockenmasseertrag ($dt\ ha^{-1}$) zur Zwischenernte in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} während des Maiswachstums im Jahre 1998	106
Tab. A5: Aufgenommene Lichtenergie ($MJ\ m^{-2}\ PhAR$) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte während der Vegetationszeit im Jahre 1998.....	106
Tab. A6: Kolbenanteil (%) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} von Beginn der generativen Entwicklung bis zur Maiserte im Jahre 1998	107
Tab. A7: Trockensubstanzgehalt (%) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} während des Maiswachstums im Jahre 1998	107
Tab. A8: Trockenmasse ($dt\ ha^{-1}$) verschiedener Teile der Maispflanze in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} von Beginn der generativen Entwicklung bis zur Ernte im Jahre 1998	108
Tab. A9: Mittlere Blattwinkel (Grad) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Bereich von Stängelbasis bis Rispen Spitze von Beginn der generativen Entwicklung bis zur Ernte im Jahre 1998.....	109
Tab. A10: Blattflächenindex (BFI _{man}) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte während des Maiswachstums im Jahre 1998.....	109
Tab. A11: Trockensubstanzgehalt (%) in verschiedenen Wuchsabschnitten der Maipflanze in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} während der Kolbenausbildung im Jahre 1998.....	110
Tab. A12: Lichtnutzungseffizienz LUE ($g\ MJ^{-1}$) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m^{-2} im Jahre 1998	111
Tab. A13: Lichtinterzeption (%) zwischen den Maisreihen in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte während des Maiswachstums im Jahre 1998.....	111
Tab. A14: Lichtinterzeption (%) innerhalb der Maisreihen in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998	112

Tabellen und Abbildungen im Anhang



Sorte Arsenal

normaler Wuchstyp

Sorte Attribut

pyramidaler Wuchstyp (HT-Wuchstyp)

Abb. A1: Maissorten verschiedenen Wuchstyps

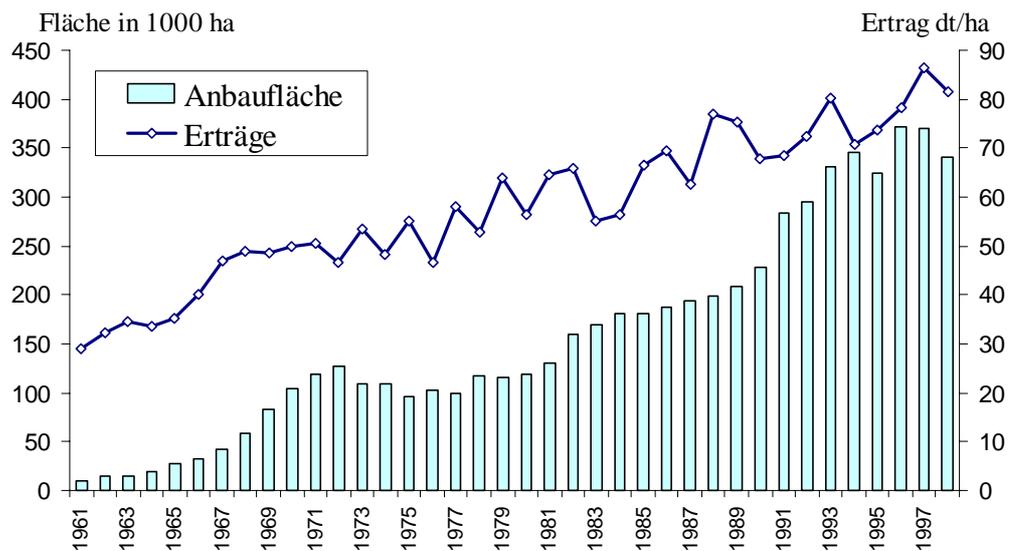


Abb. A2: Flächenentwicklung 1961-1998 in Deutschland bei Körnermais im Vergleich mit der Ertragsentwicklung bei Mais

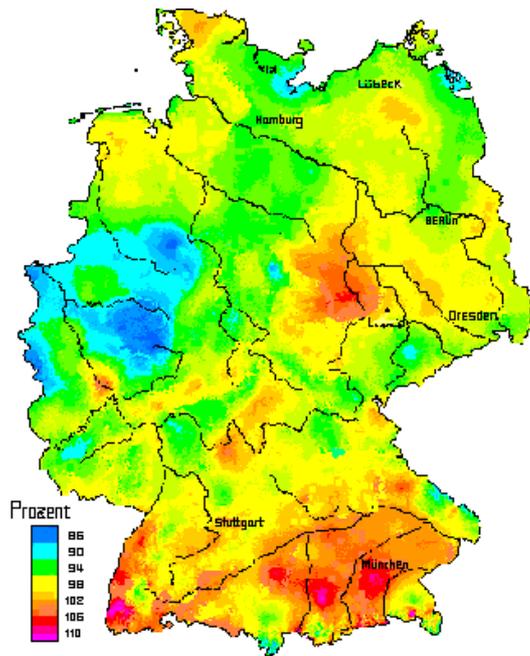


Abb. A3: Globalstrahlung im Jahre 1998 in Prozent des Mittelwertes der Jahre 1981-1995

[Quelle : MÜLLER-WESTERMEIER und CZEPLAK 2000, <http://www.dwd.de/scripts/search.cgi>]

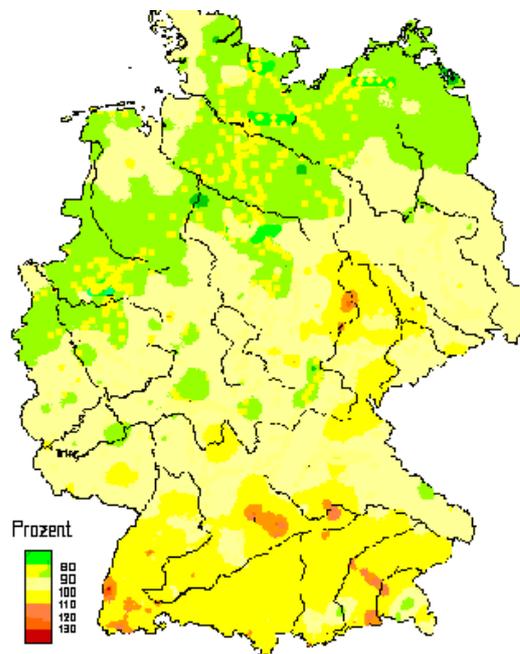


Abb. A4: Sonnenscheindauer im Jahre 1998 in Prozent des Mittelwertes der Jahre 1961-1990

[Quelle : MÜLLER-WESTERMEIER und CZEPLAK 2000, <http://www.dwd.de/scripts/search.cgi>]

Tab. A1: N_{min}-Untersuchung (29. April 1998, Standort Berge)

Parzellenver- such/ Reifegruppe	Bodentiefe	NO ₃ -N kg ha ⁻¹	NH ₄ -N kg ha ⁻¹	N _{org} -N kg ha ⁻¹	N _{min}	Lage- rungsdich- te g cm ⁻³
I früh	0-30cm	23,18	5,22	3,03	28,40	1,74
	30-60cm	19,55	3,33	2,15	22,88	1,71
	60-90cm	18,94	1,75	0,70	20,69	1,67
	0-90cm	61,66	10,31	5,88	71,97	
II mittelfrüh	0-30cm	27,87	2,92	1,04	30,79	1,74
	30-60cm	27,80	3,18	2,57	30,98	1,71
	60-90cm	41,83	0,00	0,60	41,83	1,67
	0-90cm	97,51	6,10	4,21	103,61	

Tab. A2: Faktor b1 zur Berechnung der Blattfläche für die Sorten während des Maiwachstums im Jahre 1998 nach der Schätzformel

Datum	BBCH - Stadium	Sorte	Blatt													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
26.05.1998	16	<i>Arsenal</i>	0,71	0,73	0,66	0,40	0,64	0,59	0,60							
		<i>Agadir</i>	0,65	0,73	0,67	0,61	0,56	--	--							
		<i>Banguy</i>	0,73	0,79	0,80	0,75	0,75	0,77	--							
		<i>Attribut</i>	0,77	0,73	0,69	0,66	0,62	0,59	--							
28.05.1998	17	<i>Arsenal</i>	0,71	0,71	0,78	0,75	0,63	0,43	0,19							
		<i>Agadir</i>	0,74	0,75	0,77	0,78	0,69	0,40	--							
		<i>Banguy</i>	0,84	0,79	0,84	0,76	0,75	0,56	0,43							
		<i>Attribut</i>	0,77	0,78	0,76	0,76	0,60	0,42	0,42	8	9					
03.06.1998	18	<i>Arsenal</i>	0,76	0,77	0,77	0,75	0,76	0,70	0,53	0,37	--					
		<i>Agadir</i>	0,66	0,81	0,76	0,75	0,76	0,67	0,43	0,41	--					
		<i>Banguy</i>	0,78	0,78	0,86	0,77	0,76	0,77	0,69	0,50	0,42					
		<i>Attribut</i>	0,72	0,77	0,82	0,78	0,80	0,77	0,56	0,40	0,38	10	11	12		
11.06.1998	18/30	<i>Arsenal</i>	0,76	0,77	0,77	0,75	0,76	0,75	0,78	0,74	0,73	0,69	0,42	0,27		
		<i>Agadir</i>	0,66	0,81	0,76	0,75	0,75	0,78	0,75	0,70	0,70	0,60	0,44	--		
		<i>Banguy</i>	0,78	0,78	0,86	0,77	0,78	0,77	0,78	0,73	0,72	0,49	0,42	0,26		
		<i>Attribut</i>	0,72	0,77	0,72	0,78	0,77	0,81	0,77	0,76	0,69	0,52	0,25	--		13
15.06.1998	30	<i>Arsenal</i>	0,76	0,77	0,77	0,75	0,76	0,75	0,78	0,76	0,71	0,64	0,61	0,37	,28	
		<i>Agadir</i>	0,66	0,81	0,76	0,75	0,75	0,78	0,75	0,73	0,69	0,52	0,26	--	--	
		<i>Banguy</i>	0,78	0,78	0,86	0,77	0,78	0,77	0,78	0,82	0,70	0,68	0,64	0,40	--	
		<i>Attribut</i>	0,72	0,77	0,82	0,78	0,77	0,81	0,77	0,76	0,72	0,65	0,55	0,50	--	14
25.06.1998	36	<i>Arsenal</i>	0,76	0,77	0,77	0,75	0,76	0,75	0,78	0,80	0,77	0,75	0,73	0,73	0,55	0,53
		<i>Agadir</i>	0,66	0,81	0,76	0,75	0,75	0,78	0,75	0,78	0,79	0,69	0,68	0,51	0,13	--
		<i>Banguy</i>	0,78	0,78	0,86	0,77	0,78	0,77	0,78	0,80	0,74	0,74	0,74	0,63	0,48	0,13
		<i>Attribut</i>	0,72	0,77	0,82	0,78	0,77	0,81	0,77	0,79	0,77	0,74	0,66	0,51	0,31	--

Tab. A2 (Fortsetzung): Faktor b1 zur Berechnung der Blattfläche für die Sorten während des Maiswachstums im Jahre 1998 nach der Schätzformel

Datum	BBCH-Stadium	Sorte	Blatt *)											
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
02.07.1998	39/50	<i>Arsenal</i>	0,77	70,5	0,76	0,74	0,73	0,73	0,69	0,70	0,69	0,60	0,26	15
		<i>Agadir</i>	0,73	0,73	0,77	0,76	0,79	0,76	0,74	0,70	0,60	0,40	0,35	
		<i>Banguy</i>	0,80	0,76	0,75	0,78	0,79	0,74	0,74	0,74	0,66	0,57	0,40	
		<i>Attribut</i>	0,70	0,75	0,79	0,76	0,77	0,77	0,74	0,70	0,62	0,51	0,35	
12.07.1998	50	<i>Arsenal</i>	0,77	0,75	0,76	0,74	0,73	0,73	0,69	0,67	0,65	0,64	0,67	0,68
		<i>Agadir</i>	0,73	0,73	0,77	0,76	0,79	0,76	0,74	0,72	0,69	0,67	0,70	0,69
		<i>Banguy</i>	0,80	0,76	0,75	0,78	0,79	0,74	0,74	0,74	0,70	0,66	0,68	--
		<i>Attribut</i>	0,70	0,75	0,79	0,76	0,77	0,77	0,74	0,73	0,73	0,71	0,69	0,71
16.07.1998	64	<i>Arsenal</i>	0,72	0,72	0,76	0,79	0,77	0,75	0,70	0,71	0,72	0,66	0,67	0,68
		<i>Agadir</i>	0,71	0,72	0,78	0,77	0,79	0,75	0,75	0,50	0,70	0,67	0,70	0,69
		<i>Banguy</i>			0,77	0,76	0,79	0,75	0,68	0,74	0,71	0,49	0,69	--
		<i>Attribut</i>			0,78	0,79	0,81	0,78	0,54	0,77	0,77	0,72	0,70	0,71

*) Blatt 1-4 abgestoben

Tab. A3: Zuwachsraten an Trockenmasse (dt ha⁻¹ Tag⁻¹) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe "früh"			Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“		
	<i>Arsenal</i>	<i>Agadir</i>	t-Test	<i>Banguy</i>	<i>Attribut</i>	t-Test
02. Juni	0,16	0,14	n.s	0,19	0,22	n.s
09. Juni	0,91	0,75	sig	1,12	1,11	n.s
15. Juni	1,20	1,20	n.s	0,90	1,11	n.s
22. Juni	2,26	2,13	n.s	2,40	2,22	n.s
30. Juni	2,04	1,78	n.s	2,04	2,03	n.s
06. Juli	4,36	3,97	n.s	3,83	4,10	n.s
13. Juli	0,67	1,05	n.s	1,51	1,81	n.s
20. Juli	4,94	3,82	sig	4,22	2,28	sig
27. Juli	2,15	3,34	n.s	3,33	4,66	n.s
03. August	3,29	1,37	sig	1,12	2,22	n.s
10. August	1,60	3,46	sig	4,54	1,89	sig
17. August	4,25	2,17	sig	1,44	4,29	sig
24. August	1,58*)	0,64*)	sig	1,66	3,06	sig
31. August	2,17*)	3,11*)	n.s	2,11*)	5,05*)	sig

* Trockenmasseabbau durch vertrocknen der älteren Blätter

Tab. A4: Trockenmasseertrag (dt ha⁻¹) zur Zwischenernte in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² während des Maiswachstums im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“			Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“		
	<i>Arsenal</i>	<i>Agadir</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)	<i>Banguy</i>	<i>Attribut</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)
02. Juni	2	2	1	2	2	1
09. Juni	8	7	2	10	10	3
15. Juni	15	14	5	15	17	6
22. Juni	31	29	7	32	32	4
30. Juni	48	43	9	48	49	9
06. Juli	75	67	10	71	73	9
13. Juli	78	74	14	82	86	7
20. Juli	113	110	42	111	102	14
27. Juli	128	124	18	135	134	18
03. August	151	134	13	143	150	25
10. August	162	158	25	174	163	10
17. August	192	174	25	185	193	19
24. August	181	169	7	196	215	14

Tab. A5: Aufgenommene Lichtenergie (MJ m⁻² PhAR) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte während der Vegetationszeit im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“				Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“				
	Sorte	<i>Arsenal</i>		<i>Agadir</i>		<i>Banguy</i>		<i>Attribut</i>	
	Pflanzen m ⁻²	8	10	8	10	8	10	8	10
19. Mai		2	2	2	1	1	1	1	1
25. Mai		3	4	3	3	2	2	2	3
02. Juni		8	9	8	8	6	6	7	8
09. Juni		30	31	30	33	22	32	30	34
15. Juni		57	57	56	61	42	60	56	61
22. Juni		106	106	102	110	77	110	103	112
29. Juni		162	163	155	166	118	167	157	169
06. Juli		192	194	184	195	140	197	187	199
13. Juli		241	243	230	243	176	246	233	247
20. Juli		296	300	283	298	217	301	287	302
27. Juli		370	373	354	371	271	374	359	375
03. August		418	422	401	418	307	423	406	423
10. August		474	478	457	474	348	479	461	478
18. August		535	539	517	534	394	540	521	538
24. August		584	588	564	582	431	591	570	588
31. August		614	620	592	611	455	622	601	620

Tab. A6: Kolbenanteil (%) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² von Beginn der generativen Entwicklung bis zur Maiserte im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“			Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“		
	<i>Arsenal</i>	<i>Agadir</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)	<i>Banguy</i>	<i>Attribut</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)
20. Juli	28	14	7	19	9	2
27. Juli	32	25	6	26	19	3
03. August	38	31	8	35	26	6
10. August	48	40	5	43	33	3
17. August	54	49	4	49	44	3
24. August	63	54	3	56	52	2
31. August	52	56	2	58	49	4

Tab. A7: Trockensubstanzgehalt (%) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² während des Maiswachstums im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“			Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“		
	<i>Arsenal</i>	<i>Agadir</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)	<i>Banguy</i>	<i>Attribut</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)
19. Mai	11,2	12,4	0,9	11,7	11,6	0,5
25. Mai	10,3	11,3	1,4	10,5	10,2	0,5
02. Juni	9,8	10,9	0,9	10,1	10,4	1,6
09. Juni	10,2	11,2	0,2	11,1	12,3	3,1
15. Juni	10,5	11,0	1,5	10,8	11,3	1,1
22. Juni	10,6	11,0	0,8	11,1	10,6	0,9
30. Juni	10,6	11,0	0,8	11,1	11,0	0,5
06. Juli	13,0	14,2	0,8	15,0	14,5	1,4
13. Juli	13,9	15,8	1,3	15,2	15,9	3,1
20. Juli	17,1	17,8	4,0	17,6	17,7	2,0
27. Juli	18,6	19,8	1,1	20,2	20,8	1,5
03. August	21,6	21,7	2,4	21,8	22,7	1,6
10. August	26,6	26,6	0,5	26,9	26,5	1,6
17. August	32,2	32,2	1,4	30,7	31,5	2,5
24. August	31,8	31,8	1,1	29,6	30,3	0,9
01. September	35,9	35,9	5,7	31,8	31,8	0,7

Tab. A8: Trockenmasse (dt ha⁻¹) verschiedener Teile der Maispflanze in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² von Beginn der generativen Entwicklung bis zur Ernte im Jahre 1998

Sorte	Termine	BBCH-Stadium	Abschnitt von Stängelbasis bis Rispen Spitze (cm)				Kolben
			0-50	50-100	100-150	> 150	
<i>Arsenal</i>	06. Juli	40	26,6	25,4	11,7	9,9	0
	13. Juli	55	26,0	28,5	15,7	8,1	0
	20. Juli	65	33,6	21,6	16,0	10,4	31,2
	27. Juli	71	32,5	24,7	18,8	11,3	40,6
	03. August	72	36,9	26,7	18,5	11,6	57,3
	10. August	73	30,3	24,3	18,9	11,3	77,4
	17. August	75	32,4	25,4	18,1	12,5	103,9
	24. August	83	21,5	19,1	17,1	10,3	114,5
<i>Agadir</i>	06. Juli	40	20,2	20,2	10,8	8,2	0
	13. Juli	55	24,3	24,3	17,2	9,7	0
	20. Juli	65	26,6	26,6	18,7	10,6	10,4
	27. Juli	71	27,8	27,8	19,6	11,0	30,9
	03. August	72	28,2	28,2	19,9	9,8	39,7
	10. August	73	28,1	28,1	19,3	11,9	63,4
	17. August	75	26,3	26,3	18,8	10,7	84,7
	24. August	83	23,6	23,6	16,2	9,1	88,3
<i>Banguy</i>	06. Juli	40	21,6	22,5	12,4	10,3	0
	13. Juli	50	27,6	26,9	17,7	9,7	0
	20. Juli	65	36,0	24,6	18,7	11,4	20,7
	27. Juli	71	35,8	27,6	20,8	15,4	34,1
	03. August	72	35,3	25,6	19,4	12,9	49,4
	10. August	73	37,8	27,8	21,3	12,7	74,7
	17. August	75	33,9	26,5	19,8	14,8	90,5
	24. August	83	32,9	23,1	20,2	12,1	111,9
<i>Attribut</i>	06. Juli	40	26,7	23,9	12,4	10,1	0
	13. Juli	50	26,2	27,4	19,9	12,2	0
	20. Juli	65	31,3	27,6	18,8	14,8	9,2
	27. Juli	71	38,4	31,9	21,5	17,1	25,4
	03. August	72	39,6	31,3	24,2	16,1	38,7
	10. August	73	39,1	30,6	23,3	15,6	54,5
	17. August	75	37,5	31,6	22,8	14,7	85,2
	24. August	83	38,0	31,9	20,0	10,8	109,9

Tab. A9: Mittlere Blattwinkel (Grad) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Bereich von Stängelbasis bis Rispen Spitze von Beginn der generativen Entwicklung bis zur Ernte im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“					Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“					
	Sorte	<i>Arsenal</i>		<i>Agadir</i>		GD ($\alpha \leq 5\%$)	<i>Banguy</i>		<i>Attribut</i>		GD ($\alpha \leq 5\%$)
	Pflanzen m ⁻²	8	10	8	10		8	10	8	10	
02. Juli		53	54	58	57	4	56	52	56	56	3
08. Juli		49	46	56	53	4	51	55	56	52	4
15. Juli		48	51	55	55	3	55	53	58	51	4
21. Juli		50	49	55	52	3	56	51	56	52	3
27. Juli		48	49	53	53	1	53	50	51	47	2
03. August		49	49	53	51	5	53	51	50	48	2
11. August		52	50	57	56	4	54	51	53	54	5
17. August		55	54	57	60	2	56	53	55	56	4
24. August		52	53	54	59	5	57	55	57	53	5

Tab. A10: Blattflächenindex (BFI_{man}) in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte während des Maiswachstums im Jahre 1998

Termin	Versuch I/ Reifegruppe „früh“					Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“					
	Sorte	<i>Arsenal</i>		<i>Agadir</i>		GD ($\alpha \leq 5\%$)	<i>Banguy</i>		<i>Attribut</i>		GD ($\alpha \leq 5\%$)
	Pflanzen m ⁻²	8	10	8	10		8	10	8	10	
13. Mai		0,01	0,02	0,01	0,02	0,003	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
18. Mai		0,04	0,06	0,05	0,07	0,01	0,06	0,08	0,06	0,07	0,02
25. Mai		0,10	0,12	0,09	0,12	0,02	0,14	0,18	0,15	0,16	0,03
02. Juni		0,31	0,43	0,30	0,42	0,07	0,44	0,59	0,42	0,53	0,09
09. Juni		1,10	1,38	1,05	1,45	0,20	1,39	1,62	1,34	1,47	0,16
15. Juni		1,77	2,29	1,62	2,27	0,17	2,12	2,64	2,00	2,63	0,13
22. Juni		2,97	3,52	2,35	3,17	0,12	2,35	3,03	2,85	3,51	0,26
29. Juni		3,47	4,26	3,05	3,86	0,32	3,34	4,30	3,49	3,99	0,27
06. Juli		3,59	4,42	3,14	4,18	0,31	3,65	4,60	3,84	4,34	0,26
15. Juli		3,52	4,39	3,16	4,24	0,33	3,66	4,53	3,85	4,42	0,26
20. Juli		3,40	4,30	3,12	4,24	0,32	3,64	4,51	3,74	4,38	0,28
27. Juli		3,37	4,14	3,05	4,08	0,33	3,61	4,38	3,67	4,22	0,26
03. August		3,30	4,08	3,06	4,00	0,30	3,58	4,38	3,71	4,18	0,27
10. August		3,20	3,85	2,88	3,80	0,28	3,49	4,22	3,56	3,63	0,23
18. August		2,14	2,28	2,00	2,47	0,51	2,98	3,38	2,78	2,25	0,30
24. August		1,52	1,78	1,64	2,23	0,22	2,64	3,06	2,56	2,16	0,35

Tab. A11: Trockensubstanzgehalt (%) in verschiedenen Wuchsabschnitten der Maipflanze in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² während der Kolbenausbildung im Jahre 1998

Sorte	Termine	BBCH-Stadium	Abschnitt von Stängelbasis bis Rispen Spitze (cm)				Kolben
			0-50	50-100	100-150	> 150	
Arsenal	06. Juli	40	11,5	12,4	13,5	22,5	-
	13. Juli	55	12,5	12,7	16,7	22,5	-
	20. Juli	65	15,5	18,6	19,5	23,5	15,8
	27. Juli	71	17,5	20,8	22,9	28,2	15,6
	03. August	72	21,0	21,5	23,8	28,4	20,5
	10. August	73	20,4	25,1	26,9	31,8	30,0
	17. August	75	22,3	27,5	28,5	34,1	40,2
	24. August	83	17,8	22,1	24,3	27,6	44,8
Agadir	06. Juli	40	13,6	12,9	13,5	25,2	-
	13. Juli	55	13,5	15,0	17,6	24,9	-
	20. Juli	65	16,4	18,8	21,3	26,1	13,0
	27. Juli	71	19,1	20,7	24,2	30,7	16,2
	03. August	72	19,8	21,4	25,4	32,0	20,6
	10. August	73	22,9	25,9	27,9	33,9	27,8
	17. August	75	24,2	28,4	30,1	35,0	38,6
	24. August	83	21,0	22,9	23,4	27,1	38,5
Banguy	06. Juli	40	13,5	14,7	14,4	23,8	-
	13. Juli	50	13,9	13,9	17,2	23,1	-
	20. Juli	65	17,0	18,3	20,0	24,7	14,2
	27. Juli	71	19,3	21,9	24,2	29,2	16,2
	03. August	72	19,7	22,5	24,5	29,4	20,6
	10. August	73	22,6	25,7	27,6	32,2	29,2
	17. August	75	23,3	26,8	28,6	34,5	36,9
	24. August	83	20,0	22,1	25,0	28,0	39,7
Attribut	06. Juli	40	13,2	14,1	23,4	23,4	-
	13. Juli	50	13,3	16,2	22,2	22,2	-
	20. Juli	65	16,4	18,3	24,6	24,6	12,2
	27. Juli	71	20,9	21,0	29,1	29,1	15,6
	03. August	72	22,4	24,4	31,0	31,0	18,4
	10. August	73	24,6	26,9	33,6	33,6	25,1
	17. August	75	25,9	29,2	34,5	34,5	35,3
	24. August	83	22,6	24,3	28,7	28,7	39,2

Tab. A12: Lichtnutzungseffizienz LUE (g MJ⁻¹) in Abhängigkeit von der Sorte bei einer Bestandesdichte von 8 Pflanzen m⁻² im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“			Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“			
	Sorte	<i>Arsenal</i>	<i>Agadir</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)	<i>Banguy</i>	<i>Attribut</i>	GD($\alpha \leq 5\%$)
15. Juni		2,47	2,25	0,80	2,71	2,59	0,70
22. Juni		2,75	2,61	0,63	3,11	2,80	0,37
30. Juni		2,82	2,68	0,18	3,23	2,87	0,35
06. Juli		3,35	3,18	0,80	3,74	3,40	0,17
13. Juli		3,30	3,21	0,38	3,81	3,48	0,11
20. Juli		3,55	3,39	0,37	4,06	3,49	0,26
27. Juli		3,52	3,46	0,64	3,59	4,13	0,28
03. August		3,56	3,42	0,46	3,62	4,05	0,44
10. August		3,51	3,44	0,30	3,58	4,13	0,25
18. August		3,54	3,41	0,29	3,62	4,08	0,29
24. August		3,39	3,27	0,25	3,61	4,00	0,24
31. August		3,18	3,03	0,15	3,43	3,80	0,17

Tab. A13: Lichtinterzeption (%) zwischen den Maisreihen in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte während des Maiswachstums im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“				Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“				
	Sorte	<i>Arsenal</i>		<i>Agadir</i>		<i>Banguy</i>		<i>Attribut</i>	
		Pflanzen m ⁻²	8	10	8	10	8	10	8
13.05.98		3,7	2,9	2,6	1,6	2,3	1,1	0,9	1,7
18.05.98		1,2	1,9	1,0	1,1	0,1	0,5	0,7	1,1
25.05.98		3,3	3,0	3,5	3,7	3,9	3,3	3,9	4,1
28.05.98		8,2	8,4	7,9	7,6	7,3	5,0	6,2	5,7
02.06.98		6,6	7,8	7,9	9,6	12,1	12,9	12,4	14,1
05.06.98		30,3	30,6	30,8	35,7	28,8	37,9	32,2	36,5
09.06.98		58,1	52,7	55,1	58,3	50,4	55,8	52,8	55,7
11.06.98		58,7	59,7	56,5	61,9	58,2	62,4	56,0	61,9
16.06.98		62,1	64,2	60,6	64,4	63,5	65,0	61,3	67,4
18.06.98		72,6	71,1	67,6	72,0	67,6	72,3	68,3	70,9
22.06.98		76,8	78,4	74,5	78,4	77,9	79,5	77,6	81,0
26.06.98		82,8	84,0	77,4	81,6	79,8	83,4	79,4	83,9
30.06.98		87,7	89,6	82,0	85,8	84,6	87,4	83,7	86,5
06.07.98		87,6	89,6	83,0	86,6	88,7	90,4	87,0	89,8
09.07.98		93,0	93,2	89,3	92,6	90,7	91,5	88,3	91,2
13.07.98		92,1	93,7	86,8	90,4	89,6	91,5	88,0	90,6
16.07.98		92,9	93,6	88,7	91,1	91,0	92,7	89,1	91,7
20.07.98		98,1	98,1	96,6	97,2	96,6	96,8	95,6	96,0
23.07.98		94,9	95,8	92,8	93,8	94,5	95,9	93,9	94,9
27.07.98		93,6	94,8	90,2	92,5	92,8	95,0	91,6	93,4
30.07.98		94,2	95,4	92,8	94,2	93,0	94,3	92,4	93,6
03.08.98		95,1	95,5	93,2	93,6	97,2	98,1	96,2	97,3
06.08.98		97,2	97,6	96,9	96,9	92,9	95,3	92,7	94,3
10.08.98		97,9	97,6	97,3	97,0	97,4	97,9	96,7	96,7
13.08.98		93,8	94,2	90,4	91,0	93,3	94,1	91,5	92,2
17.08.98		92,2	92,4	91,3	92,9	89,6	94,7	90,0	94,4
20.08.98		93,9	94,4	92,4	92,6	95,1	96,2	93,2	93,6
24.08.98		85,9	85,4	87,4	87,8	83,4	88,6	80,4	86,6

Tab. A14: Lichtinterzeption (%) innerhalb der Maisreihen in Abhängigkeit von Sorte und Bestandesdichte im Jahre 1998

Termine	Versuch I/ Reifegruppe „früh“				Versuch II/ Reifegruppe „mittelfrüh“				
	Sorte	<i>Arsenal</i>		<i>Agadir</i>		<i>Banguy</i>		<i>Attribut</i>	
	Pflanzen m ⁻²	8	10	8	10	8	10	8	10
27.04.98		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13.05.98		1,8	2,5	1,1	1,4	1,5	2,3	2,3	3,0
18.05.98		3,1	3,4	4,2	5,2	5,2	5,3	5,9	6,8
25.05.98		7,7	10,1	9,7	9,7	13,8	16,1	12,4	14,0
28.05.98		11,1	13,3	10,9	14,8	15,4	20,5	18,4	17,5
02.06.98		18,2	20,0	19,5	23,7	23,3	26,5	22,2	24,9
05.06.98		39,7	43,3	38,5	47,4	41,8	44,0	44,5	47,2
09.06.98		61,3	60,7	61,1	69,3	61,0	64,2	59,4	65,7
11.06.98		59,7	63,0	57,7	64,0	61,5	65,7	58,5	64,7
16.06.98		67,0	69,6	64,8	70,4	68,7	71,8	66,0	72,2
18.06.98		78,0	75,9	73,2	73,4	73,8	77,8	74,9	77,7
22.06.98		80,1	82,2	77,1	81,7	81,5	83,4	79,5	83,4
26.06.98		85,2	86,9	81,4	85,4	83,3	86,2	81,9	86,4
30.06.98		89,3	91,4	83,8	87,9	87,1	89,7	85,5	88,6
06.07.98		89,3	91,2	84,2	88,1	90,0	91,9	88,2	91,1
09.07.98		93,4	94,6	90,3	93,6	91,1	93,2	89,8	92,4
13.07.98		93,1	95,0	88,3	91,4	90,9	93,1	88,9	91,3
16.07.98		93,8	94,8	90,2	92,6	92,4	93,8	90,4	92,9
20.07.98		98,0	98,4	97,7	97,6	97,7	97,4	95,9	96,4
23.07.98		95,9	96,0	92,7	94,6	94,2	95,9	94,1	94,7
27.07.98		94,5	95,4	90,5	92,8	93,4	95,7	91,4	93,6
30.07.98		94,9	96,4	93,4	95,1	93,7	95,2	92,9	94,2
03.08.98		96,2	96,5	93,9	94,9	97,5	98,5	96,6	97,7
06.08.98		97,5	98,1	97,0	97,2	93,5	96,1	92,6	94,9
10.08.98		98,3	98,1	97,4	97,2	98,0	98,3	96,7	97,1
13.08.98		94,9	95,6	91,5	92,3	94,4	95,3	92,1	93,0
17.08.98		93,5	92,1	92,7	92,2	90,3	95,3	90,0	94,5
20.08.98		94,7	95,4	93,2	93,5	95,8	96,3	94,0	94,4
24.08.98		87,3	86,6	88,4	88,5	86,0	89,7	83,2	88,9

Lebenslauf

Persönliche Daten

Vorname: Szu-Hsien
Nachname: Wang
Heimatadresse: Lin-Yi-St. 71-19-22 Taipeh Taiwan (R.O.C.)
Heimattelefonnummer: 0049-02-23960670
E-Mail: szu_hsien@hotmail.com
Geburtstag und -ort: 11. Oktober 1963 Taipeh (Taiwan)
Geschlecht: männlich
Staatsangehörigkeit: Taiwan (Republic of China)

Grundschule (Taiwan):

1971/73-1975/76 Chung-Zheng Grundschule

Oberschule (Taiwan):

1976/77-1978/1979 Dai-An Oberschule

Gymnasium (Taiwan):

1979/80-1981/82 Guang-Yen Gymnasium (katholisch)

Bachelor-Studium (Taiwan)

1982/83 -1983/84 Fakultät Chemie an der Tamkang Universität

1983/84-1986/87 Fakultät Agrarkulturchemie an der National Taiwan Universität

Aufbaustudium (Taiwan)

1987/88 National Taiwan Universität, Fachgebiet Landschaftsplanung,
Institut für Umwelttechnik

Diplomstudium (Deutschland)

1990/91 Fakultät Chemie an der Universität Dortmund

1991/92-95/96 Fakultät Pflanzenbau an der Universität Göttingen, Fachgebiet
Agrikulturchemie, Institut für Agrikulturchemie

Diplomthema Phosphor- und Stickstoff-Effizienz von 7 Ackerbohnenlinien und
ihren Hybriden

Betreuer: Prof. W. Römer

Promotion (Deutschland)

1997/2001 als Doktorand an der Universität zu Berlin, Institut für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Fachgebiet Grünlandssysteme.

Dissertation Einfluss von Blattstellung und Bestandesdichte auf Ertrag, Qualität, Lichtaufnahme und Blattflächenindex bei Silomaissorten verschiedenen Wuchstyps

Betreuer: Prof. K. Richter

Berufserfahrungen:

1988/89-1989/90 Ein Leutnant während des Wehrdienstes in Taiwan (als politischer Lehrer)

1996 als Verkäufer und Übersetzer bei der elektrotechnischen Firma Yuang-Ging während der Messe in Deutschland

2000 Mitarbeiter der Überseechinesen Konferenz 2000 in Europa

Spracherkenntnisse: Chinesisch, Deutsch, Englisch

Veröffentlichung

WANG, SZU-HSIEN,(1996): Phosphor- und Stickstoff-Effizienz von 7 Ackerbohnenlinien und ihren Hybriden. Diplomarbeit, Fakultät Pflanzenbau an der Universität Göttingen, Fachgebiet Agrikulturchemie, Institut für Agrikulturchemie.

WANG, SZU-HSIEN, KATRIN SCHMALER UND K. RICHTER,(2000): Blattflächenindex und Lichtnutzungseffizienz bei Silomaissorten mit unterschiedlicher Blattstellung. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 44. Jahrestagung. Band 2, 71-74

WANG, SZU-HSIEN, (2001): Einfluss von Blattstellung und Bestandesdichte auf Ertrag, Qualität, Lichtaufnahme und Blattflächenindex bei Silomaissorten verschiedenen Wuchstyps. Dissertation. Universität zu Berlin, Institut für landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Fachgebiet Grünlandssysteme.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides statt, die vorliegende Dissertation selbständig, ohne fremde Hilfe und nur unter Nutzung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben.

Berlin, den 19. 12. 2000

Danksagung

Es ist mir eine angenehme Pflicht, allen zu danken, die durch ihre Unterstützung wesentlich zum Zustandekommen der Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. K. Richter für die Überlassung des Themas und die wissenschaftliche Betreuung der Dissertation.

Ich möchte mich bei der Landsanstalt für Landwirtschaft (Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Dezernat Landessorten- und Verwsuchswesen), insbesondere bei Dr. Barthelmes, für die Möglichkeit bedanken, dass ich die Untersuchungen für meine Arbeit in den Jahren 1997 und 1998 in den Landessortenversuchen Silomais (Land Brandenburg) durchführen konnte.

Ich bedanke mich ganz herzlich bei Frau Dr. Schmalzer für ihre Hilfe bei der Auswertung der Versuche und bei der Anfertigung der Arbeit.

Den Mitarbeitern der Versuchsstation Pflanzenbauwissenschaften am Standort Berge fühle ich mich für die Ausführung der versuchstechnischen Arbeiten zu Dank verpflichtet. Ohne deren Unterstützung wäre die vorliegende Arbeit nicht zustande gekommen.

Mein Dank gilt ferner den Mitarbeitern des Fachgebietes Grünlandssysteme des Institutes für Pflanzenbauwissenschaften für die mir gewährte Hilfe und Unterstützung.

Ich danke meinen Eltern und meiner Frau.