

Pflanzen

Blumenkohl und Broccoli: Wachstumsverlauf und Ertragspotential

Bettina Waltert und Robert Theiler, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil
Auskünfte: Robert Theiler, E-Mail: robert.theiler@faw.admin.ch, Fax +41 (0)1 780 63 41, Tel. +41 (0)1 783 62 69

Zusammenfassung

Im Gemüsebau sind Aussagen über den Stand der Entwicklung der Pflanzen, Ertragsabschätzungen und Erntezeitpunkt und -dauer von grosser Wichtigkeit. Es sind nicht-destruktive Messgrößen gefragt, die ohne grossen Aufwand im Feld erhoben werden können.

Das Wachstum von verschiedenen Blumenkohl- und Broccoliarten wurde anhand des Sprossdurchmessers und des Kopfdurchmessers und -gewichts untersucht. Es bestehen enge Korrelationen von Sprossdurchmesser und Biomasse und von Kopfdurchmesser und Kopfgewicht. Sowohl das Spross- als auch das Kopfwachstum hängt stark von den Kulturtagen ab, aber noch stärker von der Summe der maximalen Tagestemperatur ab der Pflanzung ins Feld. Das Kopfwachstum ist sortenspezifisch und wird durch Umwelteinflüsse stärker beeinflusst als das Sprosswachstum. Dies führt zu grösseren Streuungen der Köpfe innerhalb eines Bestandes, welche wiederum sortenabhängig sind. Anhand der Korrelationen und der Streuungen kann ein Erntefenster für jede Sorte erstellt werden.

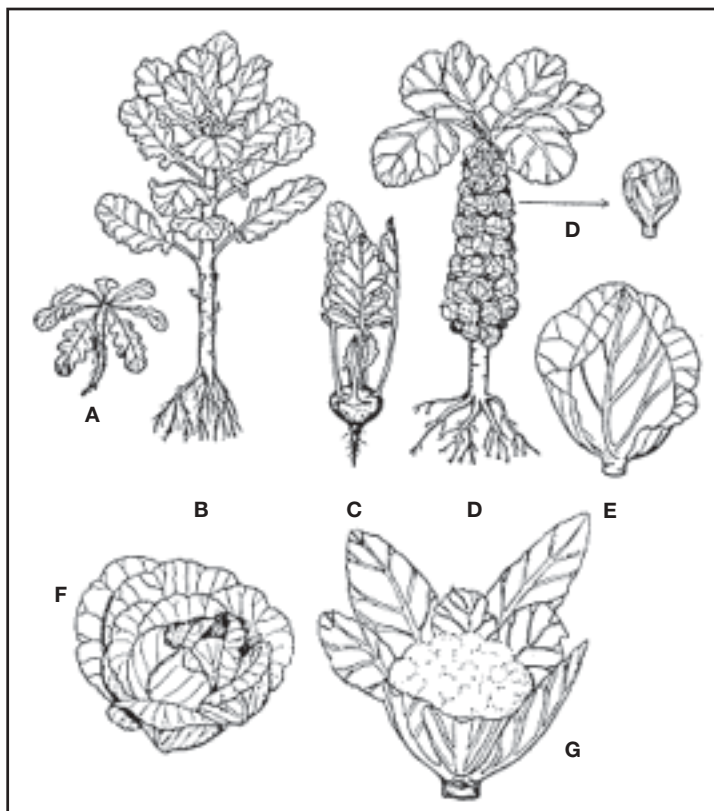
Systematik und Biologie

Blumenkohl (*Brassica oleracea* conv. *botrytis* var. *botrytis*) gehört zu den *Brassicaceae* (*Cruciferae*-Kreuzblütlern) und ist eng verwandt mit Broccoli (*Brassica oleracea* conv. *botrytis* var. *italica*). Sie stammen wie Rosenkohl, Kopfkohl, Kohlrabi und Grünkohl vermutlich vom Wildkohl (*Brassica oleracea* var. *oleracea*) ab, der noch heute an den Küsten des Mittelmeeres und an der europäischen Atlantikküste zu finden ist (Helm 1963) (Abb.1).

Das Wachstum kann in die vier folgenden Phasen aufgeteilt werden: Jugendphase, vegetative Phase, Vernalisation (Blüteninduktion durch Kälteeinwirkung) und Kopfwachstum (Wiebe 1979). Bei Broccoli spielt die Temperatur bei der Vernalisation eine deutlich geringere Rolle als bei Blumenkohl.

Der Vegetationskegel von Blumenkohlpflanzen beendet in Abhängigkeit von der Temperatur die Anlage weiterer Blätter und beginnt mit der Differenzierung von Infloreszenzprimordien. Der hiermit erfolgte Beginn der generativen Phase ist an einer Vegetationskegelbreite von über 0.6 mm zu erkennen. Der Blumenkohlkopf besteht aus fleischig verdickten Infloreszenzästen. Zur Zeit der Ernte sollen noch keine Blütenknospen angelegt sein. Später wird der Kopf locker, indem die einzelnen Infloreszenzäste mit der Streckung beginnen.

Abb. 1. A: Wildkohl; B: Blattkohl; C: Kohlrabi; D: Rosenkohl; E: Weiss- bzw. Rotkohl; F: Wirsing; G: Blumenkohl.



Auch beim Broccoli werden die gestauchten Infloreszenzen geerntet. Zum Erntezeitpunkt besteht die Kopfoberfläche jedoch aus voll entwickelten Blütenknospen, vor dem Öffnen der Knospen.

Produktion und Anbauformen

Blumenkohl wird weltweit jährlich auf etwa 400 000 Hektaren (ha) angebaut (Krug 1991). Mit der Jahresweltproduktion von 5.25 Mio t steht Blumenkohl an elfter Stelle von allen im Weltmassstab erzeugten Gemüsearten (Vogel 1996). Die grössten Flächen liegen in Asien und Europa. In der Schweiz wurde 2001 Blumenkohl auf rund 440 ha angebaut, bei einer Gesamtproduktion von ca. 6000 Tonnen (SZG Jahresbericht 2001).

Abgesetzt wird Blumenkohl fast ausschliesslich auf dem Frischmarkt, ein geringer Teil wird auch industriell verarbeitet. Typisch für die Vermarktung von Blumenkohl sind grosse Schwankungen der Erntemengen (weisse Wochen) und der Preise in Abhängigkeit von der Witterung (Krug 1991).

Blumenkohl wird geerntet wenn sich der Kopf noch in vollem Wachstum befindet, so dass infolge der Grössenzunahme und des Qualitätsabfalls die potentielle Erntedauer sehr kurz ist. Da ausserdem die Streuung der Kopfgrössen eines Bestandes sehr hoch ist, wird in einem Blumenkohlbestand mehrfach selektiv von Hand geerntet. Die Ernteperiode dauert je nach Witterung, 2-6 Wochen (Krug 1991).

Im Weltmassstab nimmt auch Broccoli einen wichtigen Rang ein. Der grösste Produzent sind die Vereinigten Staaten von Amerika mit 46 000 ha, wo die Anbaufläche weiter zunimmt (Shearer 1990). Hauptproduk-

tionsländer sind ferner Italien mit 10 000 ha, Japan, Indien, Südafrika, Kanada; Spanien, Frankreich, die Niederlande und Grossbritannien (Vogel 1996). In der Schweiz wurde 2001 Broccoli auf etwas mehr als 300 ha angebaut, was einer Produktion von rund 2500 Tonnen entsprach (SZG Jahresbericht 2001).

Der Absatz erfolgt auf dem Frischmarkt und an die Tiefkühlindustrie. Broccoli ist wesentlich reicher an Vitaminen als Blumenkohl. Die Ernte erfolgt wie bei Blumenkohl in mehreren Durchgängen von Hand, wobei der Arbeitsaufwand etwas geringer ist (Krug 1991).

Sortenangebot und Qualitätsbestimmungen

Bei Blumenkohl werden vermehrt Hybridsorten angeboten, da diese gleichmässiger sind und deshalb zu kürzeren Ernteperioden führen (Krug 1991).

Gemäss den Schweizerischen Qualitätsbestimmungen für Gemüse muss ein Blumenkohl ein Gewicht von 300-1200 g pro Stück aufweisen. Dies entspricht einem Durchmesser von ca. 10-18 cm. Neben Bestimmungen der Farbe, Schnitt des Blattkranzes und -strunkes und der Festigkeit, wird Gleichmässigkeit gefordert.

Broccolisorten unterscheiden sich in der Kulturzeit, der Farbe, der Seitentriebbildung und der Belaubung von Haupt- und Nebentrieben. Für die Industrie steht die gleichmässige Ausbildung der Köpfe am Haupttrieb im Vordergrund. Verwendet werden heute vorwiegend Hybridsorten.

Gemäss den Schweizerischen Qualitätsbestimmungen für Gemüse muss ein Broccoli einen Blumendurchmesser von 5-18 cm aufweisen. Dies entspricht

einem Gewicht ab ca. 100 g. Die Länge des Strunks mit Blume darf max. 18 cm betragen. Neben sortentypischer Farbe, frischen Seitenblättern und Gewichtsanteil und Zartheit des Stunkens, wird eine geschlossene Blume ohne geöffnete Blüten verlangt. Es wird ebenfalls Gleichmässigkeit gefordert.

Offene Fragen bei der Sortenprüfung

Das Pflanzenwachstum wird in der Literatur meist als Funktion von Gewichtsänderungen über die Zeit beschrieben (Hunt 1982, $G = dW/dT$). Weitere häufig verwendete Messparameter für Wachstum sind Teile der Biomasse (Frisch- und Trockengewicht), Längenmasse, Blattanzahl und -fläche und deren Veränderung über die Zeit (Booij 1987, Kage 1999, Tan *et al.* 1999). Für das Erheben von Pflanzendaten werden also häufig destruktive Methoden eingesetzt.

Im praktischen Gemüsebau sind vor allem Aussagen über den Stand der Entwicklung der Pflanzen (Erntezeitpunkt), die Homogenität und Ertragsabschätzungen von grosser Wichtigkeit. Es sind daher nicht-destruktive Messparameter gefragt, die den Verlauf des Wachstums zwar widerspiegeln aber gleichzeitig mit geringem Aufwand im Feld gemessen werden können.

Es ist beim Blumenkohl- und Broccolianbau wünschenswert, die Anzahl Erntegänge zu reduzieren und dabei den Anteil an marktfähigem Ertrag zu steigern. Bei ungleicher Kopfbildung innerhalb einer Sorte ergeben sich grössere oder kleinere Zeiträume für die Ernte (Erntefenster), das heisst, es sind mehr oder weniger Durchgänge nötig. Die Kenntnis solcher Erntefenster, würde die Sortenwahl, insbesondere bei Blumenkohl erleichtern.

Abb. 2. Kopf- und Sprossdurchmesser von Broccoli sind einfach im Feld zu messen.



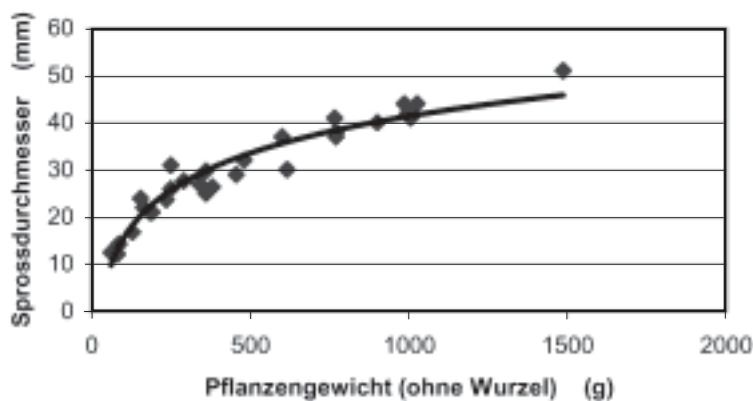
Pflanzen werden nicht nur durch ihre Gene bestimmt, sondern auch durch die Wechselwirkung mit der Umwelt. Somit stellt sich

die Frage, wie weit die Entwicklung und das Ertragspotential einer Pflanze genetisch respektive umweltbedingt bestimmt ist. Bei

der Prüfung von Sorten müssen also beide Aspekte untersucht werden. Zudem muss die wichtigste Bezugsgrösse der Zeit (Kulturtag, Temperatursumme) gefunden werden, die am engsten zum Wachstum korreliert.

Im Jahre 2000 und 2001 wurden an der FAW, Standort Sandhof, bei verschiedenen Sorten von Blumenkohl und Broccoli, in je drei Sätzen jeweils an 6-10 Pflanzen, der Spross- und der Kopfdurchmesser mit einer Schublehre gemessen (Abb.2). Zudem wurden bei allen Sorten und Sätzen bei der Pflanzung an je zehn Pflanzen Blattfläche, Frisch- und Trockengewicht und Sprossdurchmesser erhoben. Im Jahre 2001 wurden während des ganzen Wachstums stichprobenweise Pflanzen auf dieselben Parameter und zusätzlich auf Kopfdurchmesser und –gewicht untersucht. Aufgrund der Resultate wurde im Jahr 2002 derselbe Versuch mit anderen Sorten durchgeführt. Die Ernte erfolgte über den ganzen Bestand einer Sorte eines Satzes, um die Gleichzeitigkeit der Reife pro Sorte und den Anteil an marktfähigen Köpfen zu ermitteln. Dazu wurde nach der Ernte jeder Kopf einzeln gewogen und dessen Durchmesser bestimmt.

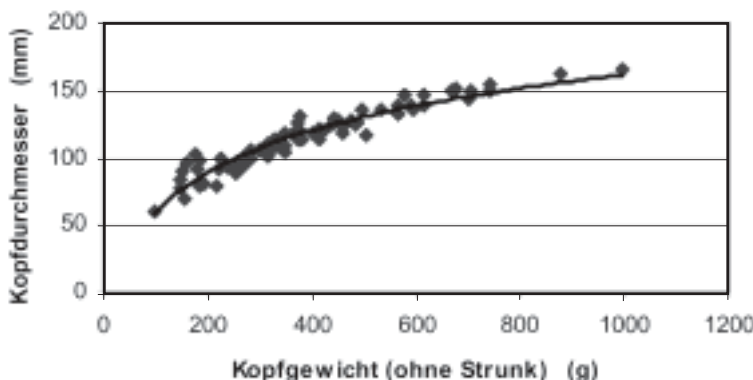
Abb. 3. Broccoli: Fiesta F1 und Lucky F1, 2001 Enge Korrelation von Pflanzengewicht und Sprossdurchmesser $y=11.286\ln(x)-36.577$; $R^2=0.9398$.



Biomasse

Wie bei Ackerkulturen (Hunt 1982) bestehen bei Blumenkohl und Broccoli enge Korrelationen von Sprossdurchmesser und Biomasse (Abb.3). Weiter konnten Korrelationen von Kopfdurchmesser und Kopfgewicht erstellt werden (Abb.4). Dies zeigt, dass sowohl Spross- als auch Kopfdurchmesser gute Messgrößen für Pflanzenwachstum sind.

Abb. 4. Blumenkohl: Cassius F1 und Fremont F1, 2002 Enge Korrelation von Kopfgewicht und Kopfdurchmesser $y=45.011\ln(x)-149.44$; $R^2=0.9106$.



Spross- und Kopfwachstum

Es besteht sowohl für den Spross- als auch für den Kopfdurchmes-

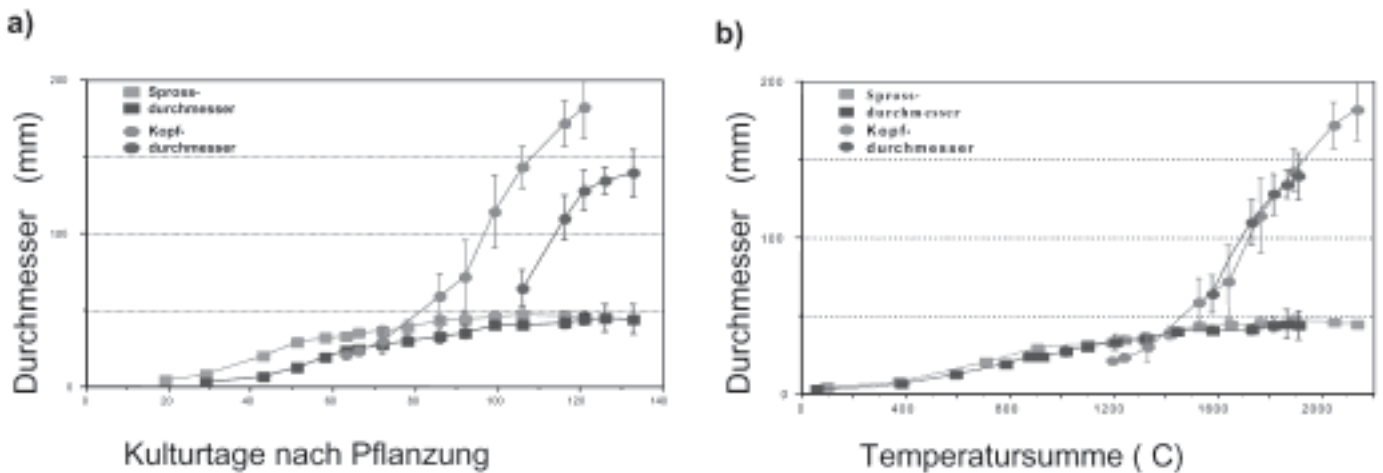


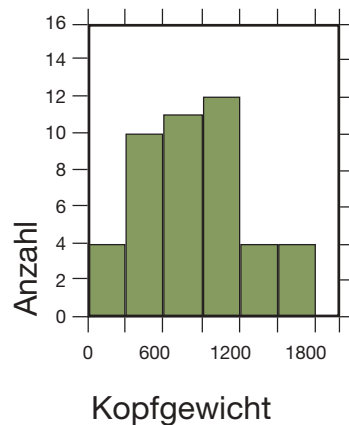
Abb. 5. Blumenkohl Cassius 2001: Spross- und Kopfdurchmesser (Mittelwert \pm SD) von zwei Pflanzterminen (rot und blau) in Abhängigkeit von a) Kulturtagen und b) Temperatursumme ($^{\circ}$ C von Tmax)

ser eine starke Abhängigkeit von Kulturtagen (Abb.5a). Während sich der Wachstumsverlauf des Sprossdurchmessers allerdings weder zwischen den Sorten, noch zwischen den Jahren und Sätzen deutlich unterschied, war das Wachstum der Kopfdurchmesser sortenspezifisch und offensichtlich anfälliger auf Umwelteinflüsse.

Eine weitere Frage war, welcher Umwelteinfluss eine starke Wirkung auf das Spross- und Kopfwachstum hat beziehungsweise von welcher Umweltbedingung eine starke Abhängigkeit besteht. Die Temperatursumme der maximalen Tagestemperatur ab dem Zeitpunkt der Pflanzung ins Feld scheint einen starken Einfluss auf den Wachstumsverlauf sowohl von Spross- als auch vom Kopfdurchmesser zu haben (Abb. 5b). Die Abhängigkeit ist sogar deutlich höher als die von den Kulturtagen und ebenfalls unabhängig von Anbauertem und Jahr.

Die Pflanzenentwicklung von Blumenkohl und Broccoli kann also gut mit den nicht-destruktiven Parametern von Spross- und Kopfdurchmesser dargestellt werden.

a) Blumenkohl 2001: Fremont F1
73 % 300-1200 g
 \varnothing 665 \pm 429 g
68 Kulturtage



b) Broccoli 2001: Lucky F1
94 % 50-150 mm
 \varnothing 89 \pm 22 mm
57 Kulturtage

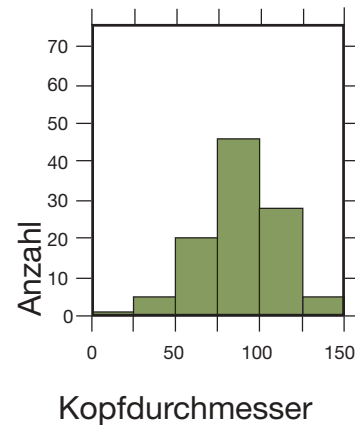


Abb. 6. Häufigkeitsverteilung nach einmaligem Erntedurchgang, für a) Fremont F1 nach dem vorgeschriebenen Gewicht und für b) Lucky nach dem geforderten Durchmesser, gemäss Qualitätsvorschriften. Beispiel a) zeigt eine Sorte mit einer grossen, gegenüber b) mit einer kleinen Streuung im Wachstum.



Abb. 7. Grosse Streuung der Blumenkohldurchmesser (Sorte CLX33202 F1; 2002) bei einmaligem Erntedurchgang in einem Bestand.

Abb. 8. a) Kleinster beziehungsweise grösster Kopfdurchmesser von Blumenkohl in einem Bestand in Abhängigkeit von Kulturtagen 2002. Sorte Cassius mittlerer und Aviron mit kleinerer Streuung. b) Kleinster beziehungsweise grösster Kopfdurchmesser von Broccoli in einem Bestand in Abhängigkeit von Kulturtagen 2002. Sorte Montop mit mittlerer und Fiesta mit grosser Streuung.

Durch die erstellten Regressionen können anhand der Temperatursumme beziehungsweise anhand der meteorologischen Prognosen, die Tage bis zur Vernalisation respektive bis zur Ernte bestimmt werden. Diese für einen bestimmten Kopfdurchmesser benötigte Temperatursumme lässt sich in Beziehung zum Sprossdurchmesser setzen und somit einfach vor dem Einsetzen des Kopfwachstums kontrollieren.

Streuung und Ernte

Das Wachstum von Broccoli und Blumenkohl zeigt eine starke Abhängigkeit von der

Temperatursumme der maximalen Tagestemperatur. Allerdings stellt sich das Problem der grossen Streuung innerhalb eines Bestandes (Abbildung 6 und 7). Eine Ernte mit nur einem Erntedurchgang wird somit schwierig.

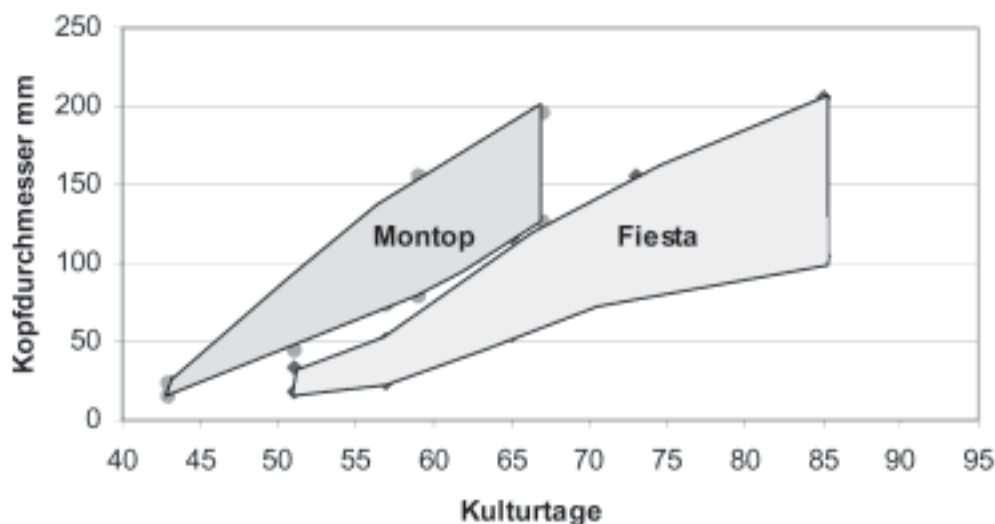
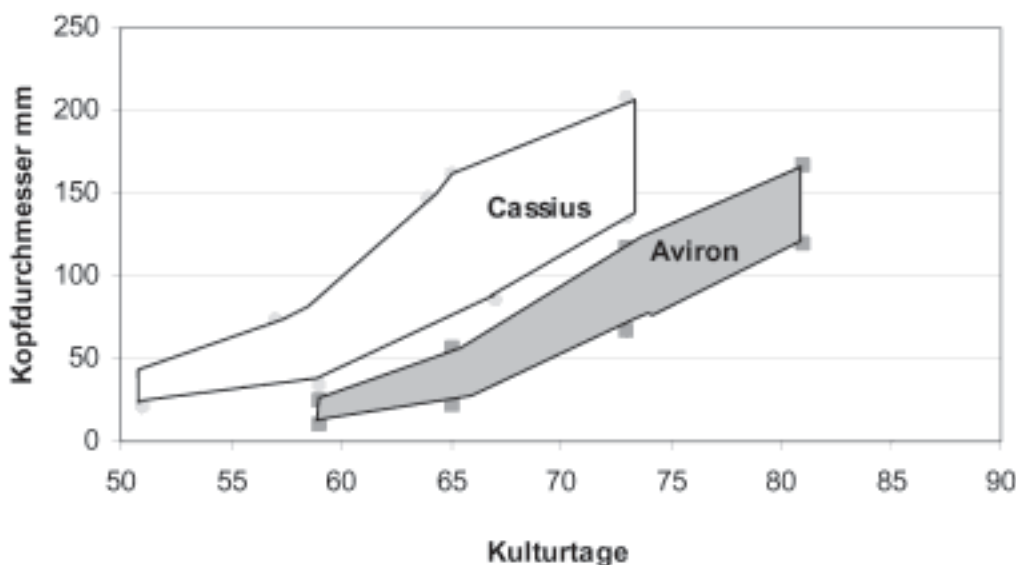
Aufgrund der Variabilität des Kopfwachstums einzelner Pflanzen einer Sorte, kann jedoch bereits nach der Vernalisation der Zeitpunkt bestimmt werden, an dem der erste beziehungsweise letzte Kopf reif ist. Daraus lässt sich ein Erntefenster erstellen, das den erst- und letztmöglichen Erntetermin darstellt. Die

Sorten unterscheiden sich stark in Ihrer Streuung. Abbildung 8a zeigt an den Blumenkohlsorten Cassius F1 und Aviron F1 eine mittelmässige beziehungsweise eine geringe Streuung der Kopfdurchmesser. Bei den Broccoli-Sorten Montop F1 und Fiesta F1 (Abb.8b) wurde eine mittelmässige und eine grosse Streuung beobachtet.

Schlussfolgerung

Sowohl für Blumenkohl, als auch für Broccoli können deutliche Interaktionen von G*E (genotype x environment) nachgewiesen werden. Der Sprossdurchmesser scheint weniger beeinflusst, der Kopfdurchmesser hingegen mehr. Diese enge Beziehung vom sortenspezifischem Kopfwachstum zur Temperatursumme der Tagesmaximatemperatur respektive den Kulturtagen, kann genutzt werden, um für jede Sorte ein Erntefenster zu erstellen. Die Kenntnis solcher Erntefenster würde die Produktion wesentlich erleichtern, indem Ertragsabschätzungen und Erntezeitpunkt schon früh erstellt werden können.

Es besteht weiterhin Bedarf nach F1 Hybriden, deren Wachstum und Erntezeitpunkt sehr gleichmässig ist, was im Hinblick auf maschinelle Erntetechniken von Vorteil wäre.



Literatur

- Booij, R., 1987. Environmental factors in curd initiation and curd growth of cauliflower in the field. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 35, 435-45.
- Hunt, R., 1982. Concepts in plant growth analysis. In: *Plant growth curves*. (Arnold, E., Ed.). London, England, 14-46
- Kage, H. und Stuetzel, H., 1999. A simple empirical model for predicting development and dry matter

partitioning in cauliflower (*Brassica oleracea* L. botrytis). *Scientia Horticulturae* **80**, 19-38

■ Krug, H., 1992. Gemüseproduktion. Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 2. Auflage, 241 S.

■ Schlaghecken, J., 1994: Blumenkohl in der Bretagne. *Gemüse* **30**, 10, 531-533 und 11, 602

■ Shearer, S.A., Jones, P.T., Casada, J.H., Swetnam, L.D., 1990. Multiple pass selective broccoli harvester field trial. ASAE-Paper No 901611

■ Tan, D. K. Y., Wearing, A. H., Rickert, K. G and Birch, C. J., 1999. Broccoli yield and quality can be determined by cultivar and temperature but not photoperiod in south-east Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* **39**, 901-09

■ Vogel, G., 1996. Handbuch des speziellen Gemüsebaus. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart Hohenheim, 1127 S

■ Wiebe, H.-J., 1979. Short term forecasting of the market supply of vegetables, especially cauliflower. *Acta Horticulturae* **97**, 399-409

RÉSUMÉ

Chou-fleur et brocoli: croissance et prévisions de récolte

Pour les cultures maraîchères, les prédictions sur le développement des plantes, le rendement potentiel et la date de la récolte sont très importantes. Pour ce faire, on recherche des paramètres n'impliquant pas de destruction des plantes et qui peuvent être mesurés sans complication dans les champs.

La croissance de plusieurs variétés de choux-fleurs et de brocolis a été analysée en mesurant le diamètre de la tige et de la fleur, ainsi que le poids de la fleur. Il y a une forte corrélation entre le diamètre de la tige et la biomasse, ainsi qu'entre le diamètre de la fleur et son poids. La croissance de la tige et de la fleur dépendent fortement du nombre de jours de culture, mais encore plus de la somme des températures journalières maximales à partir de la plantation dans les champs. La croissance de la fleur varie selon les variétés et est plus dépendante des influences environnementales que la croissance de la tige. On peut dire que la taille des fleurs d'une culture présente une variabilité plus forte et qu'elle varie en outre en fonction de la variabilité. En tenant compte des corrélations et de la variabilité, une période de récolte peut être prévue pour chaque variété.

SUMMARY

Cauliflower and broccoli: growth pattern and potential yield

In horticulture, predictions of plant development, potential and time of harvest is important. Non-destructive parameters are needed which can be easily measured in the field.

Growth of different cultivars of cauliflower and broccoli was analyzed by diameter of curd and stem and weight of curd. There was a strong correlation between the diameter of stem and plant biomass and diameter of stem and curd. Growth of stem and curd diameter is dependent on days after transplantation in the field, but dependence is even stronger if related to the sum of maximal daily temperature. Growth of curd shows higher cultivar variation and was more sensitive to environmental factors than growth of stem. In consequence there is a higher variation between curds of one crop, which differs between cultivars. Dependent on the correlations and the variation harvest periods for cultivars can be predicted.

Key words: cauliflower, broccoli, growth of stem and curd, accumulated day degrees, harvest