

## Nutzung von Ertragsmodellen zur Jahresplanung einer Gemüsekultur am Beispiel von Brokkoli

Wolfgang Lentz<sup>1</sup> und Ivonne Körner<sup>1</sup>

**Abstract:** Die Produktion von Frischgemüse ist gekennzeichnet durch einen intensiven und meist satzweisen Anbau, um eine kontinuierliche Belieferung des Lebensmitteleinzelhandels während der Anbausaison sicherzustellen. Zur Unterstützung der Produktionsplanung wird ein Planungstool entwickelt. Auf Basis eines Simulationsmodells zur Wachstumsprognose von Brokkoli werden zunächst für verschiedene Pflanzzeitpunkte die Erntezeiträume und die Verteilung der Erntemengen berechnet. Diese Daten bilden die Basis für ein Optimierungsmodell, welches bei vorgegebenen wöchentlichen Sollerntemengen einen Pflanzplan mit Pflanztermin und –mengen erstellen kann. Zielfunktionswert der Optimierung ist in einem ersten Ansatz die Minimierung der notwendigen Jungpflanzen.

**Keywords:** Produktionsplanung, Simulationsmodelle, Optimierung.

### 1 Einleitung

Die gärtnerische Frischgemüseproduktion im Freiland ist gekennzeichnet durch einen intensiven und satzweisen Anbau mit mehreren Ernten pro Jahr. Ziel der Gemüseproduzenten ist es, ein Produkt kontinuierlich über die gesamte Anbausaison anbieten zu können. Da über 80% des Frischgemüses heute über den Lebensmitteleinzelhandel (LEH) abgesetzt werden [AM12], kommt es regelmäßig zu Vereinbarungen zwischen dem LEH und den Gemüseproduzenten über wöchentliche Liefermengen für die nächste Anbausaison. Oft erwartet der LEH von den Produzenten darüber hinaus bereits 2-3 Wochen vor der Ernte eine möglichst genaue Prognose bezüglich der verfügbaren Erntemengen, um Verkaufsaktionen rechtzeitig organisieren zu können.

Allerdings treten bei vielen Gemüsekulturen in Abhängigkeit vom Wetterverlauf große Schwankungen in Kulturdauer, Erntezeitraum und Aberntrate auf, was die Terminkultur erheblich erschwert. Im Extremfall kommen zu unterschiedlichen Zeitpunkten gepflanzte Sätze im gleichen Zeitraum zur Ernte. In der gärtnerischen Praxis wird darum heute häufig nach einem festen Schema 1- bis 2-mal wöchentlich gepflanzt. Dabei werden erhebliche Reserven eingeplant, um auf jeden Fall die Vereinbarungen mit dem LEH einhalten zu können und jederzeit lieferfähig zu sein. Eine Optimierung der aufgepflanzten Jungpflanzen könnte zu einer erheblichen Direktkosten sparen und zum anderen die Lebensmittelverschwendung schon auf Erzeugerebene reduzieren.

---

<sup>1</sup> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Landbau / Umwelt / Chemie, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, Wolfgang.Lentz@HTW-Dresden.de

## 2 Methodik

### 2.1 Berechnung der Planungsdaten mit Hilfe eines Wachstumsmodells

Für die Generierung der Planungsdaten wurde das von Lindemann-Zutz [Li15, Li16] entwickelte Simulationsmodell ProgKOLI verwendet. Die Inputdaten setzen sich für jeden Satz aus Pflanztag und Pflanzmenge sowie Blattanzahl der zu pflanzenden Jungpflanzen zusammen. Die Wetterdaten beinhalten die Angabe der Tagesdurchschnittstemperatur in °C sowie die tägliche Globalstrahlung in MJ/(m<sup>2</sup>·d). Das Programm gibt die Ergebnisse sowohl grafisch als auch in Tabellenform aus (Abb. 1). Für jeden Satz werden neben dem Pflanztag und der Pflanzmenge auch die Kalendertage angegeben, an welchen mehr als 10, 50 und 90 Prozent der Pflanzen erntereif sind. Außerdem erfolgen die Ausgabe der Erntedauer (Zeitspanne zwischen dem Tag der 10 und der 90 Prozent Ernte), der Kulturdauer (Zeitspanne zwischen dem Pflanztag und dem Tag der 50 Prozent Ernte) und die Dauer der Vernalisations- und der Kopfbildungsphase.

Satznummer	Betrieb	Sorte	Menge	Pflanztag	10% Ernte	50% Ernte	90% Ernte	Erntedauer	Kulturdauer	Dauer Vernalisationsphase	Dauer Kopfbildungsphase
1	1	1	100	91	160	163	167	7	72	25	47
2	1	1	100	94	163	165	169	6	71	24	47
3	1	1	100	97	164	168	171	7	71	23	48

Abb. 1: Ausschnitt aus dem Tabellenblatt Satzbasis für das Jahr 1997, erstellt vom Simulationsprogramm ProgKOLI (Angaben in Kalendertagen).

Um den Praxisansatz der 1- bis 2-mal wöchentlichen Pflanzung im Planungsmodell abzubilden, wurde angenommen, dass ab dem 91. Kalendertag alle 3 Tage ein Satz gepflanzt wird und die letzte Pflanzung am 214. Tag erfolgt. Daraus resultieren 42 Sätze.

Da gerade das Wachstum und die Kopfbildung von Brokkoli stark wetterabhängig ist, können für die Produktionsplanung keine Werte verwendet werden, die auf einem Einzeljahr beruhen. Zur Abschätzung der Streubreite und zur Berechnung von Erwartungswerten wurde darum die Wachstumssimulation für die 42 Sätze auf der Basis von Wetterdaten der Jahre 1994 bis 2012 für den Standort Hannover wiederholt. Um einen Überblick über die Streubreite zu erhalten, bietet sich die Verwendung des Medians an, der den Zeitpunkt beschreibt, zu dem 50 Prozent eines Satzes bereits erntereif sind. Die restlichen 50 Prozent werden an den Folgetagen erntereif. Für jeden Satz wurde aus den ermittelten 19 Medianen der jeweils früheste und der späteste bestimmt, sowie der mittlere Median durch Bildung des arithmetischen Mittelwertes berechnet. Abb. 2 zeigt exemplarisch für die Sätze 23-36 das potentielle Zeitfenster für das Erreichen der 50 Prozent Ernte. Es erstreckt sich vom frühesten bis zum spätesten Median des jeweiligen Satzes. Für das Planungsmodell wurden zudem für jeden Satz und Erntetag die arithmetischen Mittelwerte über die 19 Jahre berechnet und zu Wochenwerten zusammengefasst.

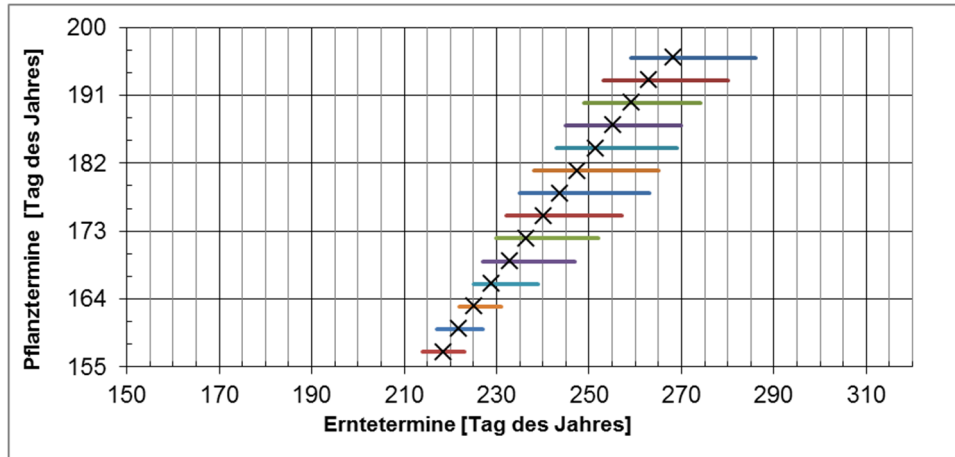


Abb. 2: Potentielles Zeitfenster für das Erreichen der 50 Prozent Ernte beim Anbau von Brokkoli in Abhängigkeit vom Pflanztermin (exemplarischer Ausschnitt, Sätze 23-36).

## 2.2 Aufbau des Planungsmodells

In Abb. 3 ist der prinzipielle Aufbau des Tableaus zur Linearen Programmierung dargestellt. Die über die 19 Jahre gemittelten Wochenenerntemengen für die 42 Sätze bilden die Basis für das Planungsmodell. Für jede Erntewoche kann in der Zeile „Sollerntemenge“ die Stückzahl vorgegeben werden. Zusätzlich kann der Anbauumfang je Satz durch die Vorgabe von Unter- und Obergrenzen eingeschränkt werden. Da Jungpflanzen- und Flächenkosten sowie die Arbeit für das Pflanzen und die Kulturpflege direkt proportional zur Zahl der Jungpflanzen sind, wurde als Zielkriterium für die Optimierung die „Summe Pflanzen“ gewählt. Für die Optimierung kam der in Excel integrierte „Solver“ mit dem LP-Simplex Modul zur Anwendung.

Erntewoche				[ - ]	23	24	25	...	42
Sollerntemenge				[Stk]	20.000	20.000	20.000	...	20.000
Gesamterntemenge				[Stk]	17.154	29.995	12.368	...	4.158
Überproduktion				[Stk]	0	9.995	0	...	0
Unterproduktion				[Stk]	2.846	0	7.632	...	15.842
	Pflanztag	Min. Umfang	Anbauumfang [Stk]	Max. Umfang	Vermarktungsfähigkeit	satzbasierte Wochenenerntemenge			
Satz 1	91	5000	10.000	25.000	100%	8.742	1.263		
Satz 2	94	5000	10.000	25.000	100%	4.575		5.211	211
Satz 3	97	5000	10.000	25.000	100%	2.787	6.263	947	
...	...	...	...						
Satz 42	214	5000	10.000	25.000	100%				4.158
Summe Pflanzen:			70.000						

Abb. 3: Prinzipieller Aufbau des Tableaus zur Linearen Programmierung (Ausschnitt).

### 3 Ergebnisse

Eine konstante Pflanzung von 50.000 Jungpflanzen alle 3 Tage führt zu einer wöchentlichen Erntemenge zwischen 60.000 und 160.000 Brokkoli-Köpfen. Die Abb. 4 zeigt einen Ausschnitt aus den Optimierungsergebnissen, wenn als Sollerntemenge 100.000 Köpfe pro Woche vorgegeben werden. Ohne Festlegung von Unter- und Obergrenzen für die Jungpflanzen je Satz ergibt sich überraschenderweise ein sehr diskontinuierliches Pflanzschema, bei dem nur 19 von den 42 Sätzen mit insgesamt 2.066.417 ausgepflanzt werden. Dieses Ergebnis deutet an, dass man die Zahl der Pflanztermine reduzieren könnte. Wird eine Mindestsatzgröße von 20.000 bzw. 40.000 Pflanzen pro Satz vorgegeben, erhöht sich die notwendige Jungpflanzenzahl um 1,9% bzw. 7,1%.

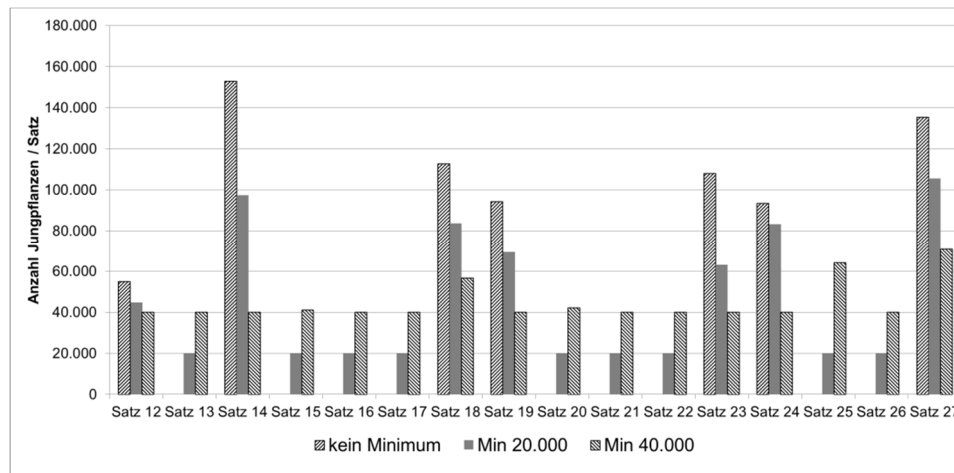


Abb. 4: Anzahl Jungpflanzen pro Satz bei unterschiedlich vorgegebenen Untergrenzen (exemplarischer Ausschnitt).

#### Literaturverzeichnis

- [AM12] AMI: Warenstromanalyse Obst und Gemüse, 2012.
- [Ko15] Körner, I.: Möglichkeiten der Nutzung von Ertragsmodellen zur Jahresplanung einer Gemüsekultur am Beispiel von Brokkoli, Bachelorarbeit, HTW Dresden.
- [Li15] Lindemann-Zutz, K.: Head size variation within broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) plantings, causes and prediction for decision support, Dissertation, Leibniz Universität Hannover, 2015.
- [Li16] Lindemann-Zutz, K.; Fricke, A.; Stützel, H.: Prediction of time to harvest and its variability of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) part II. Growth model description, parameterisation and field evaluation. *Scientia Horticulturae*. 200. 151-160, 2016.