

Forschungsanstalt Geisenheim
Prof. Dr. habil. P.-J. Paschold,
Uwe Rieckmann
Fachgebiet Gemüsebau
Von-Lade-Str. 1
65366 Geisenheim
Tel. 06722 502511, Fax 06722 502510
E-Mail paschold@fa-gm.de

Verbundprojekt:

Optimierung von Produktions-, Aufbereitung- und Verarbeitungsverfahren bei Spargel

Teilprojekt 200HS050/1: **Steuerung der Spargelkultur**

Schwerpunkt 00HS050/1b: **Untersuchung der Ausbildung hohler Stangen und Möglichkeiten zu deren Reduzierung unter besonderer Berücksichtigung der Bodenfeuchte**

Laufzeit: 15.03.2001 – 14.03.2004

Berichtszeitraum: 15.03.2001 – 14.03.2004

Zusammenarbeit mit:

Projektpartnern
und

FH Wiesbaden, Prof. Dr. W. Jaki

Kooperationspartner:

Joachim Ziegler - SLFA Neustadt

Bericht als Anlage beigefügt.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ziele und Aufgabenstellungen des Projekts	6
1.1.	Planung und Ablauf des Projektes	7
1.1.1.	Beschreibung des Arbeitsplans des Teilprojektes	7
1.2.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde	8
1.2.1.	Reservekohlenhydrate	9
1.2.2.	Wirkung der Bodenfeuchte	10
2.	Material und Methoden	10
2.1.	Modellversuche	10
2.1.1.	Untersuchungen zur Bodenfeuchte	10
2.1.2.	Untersuchungen zur Bodentemperatur vor dem Treiben	11
2.1.3.	Untersuchungen zur Bodentemperatur während des Treibens	11
2.1.4.	Untersuchungen zum Einfluss des Ernteabschlusses vom Vorjahr	11
2.2.	Lysimeter-Untersuchungen	12
2.3.	Feldversuche	13
2.3.1.	Untersuchungen unter Freilandbedingungen in Geisenheim	13
2.3.2.	Sorteneinfluss auf die Induktion hohler Stangen	13
3.	Ergebnisse	14
3.1.	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	14
3.1.1.	Wirkung der Bodenfeuchte	14
3.1.2.	Wirkung der Temperatur	19
3.1.3.	Wechselwirkungen zwischen Bodenfeuchte und Temperatur	29
3.1.4.	Reservekohlenhydratversorgung	35
3.1.5.	Bedeckung	37
3.1.6.	Sorten	38
3.2.	Ursachen des Auftretens hohler Stangen	44
3.3.	Empfehlungen zum Reduzieren hohler Stangen	45
3.4.	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	47
4.	Zusammenfassung	49
5.	Gegenüberstellung der geplanten zu den erreichten Zielen	50
6.	Literaturverzeichnis	51
7.	Anhang	53
7.1.	Versuchsbeschreibungen	53
7.1.1.	Modellversuche	53
7.1.2.	Lysimeter Versuche	78
7.1.3.	Freiland Versuche	80

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Wägbare Lysimeteranlage für Bewässerungsuntersuchungen bei Spargel	12
Abb. 2: Wurzelsystem des Spargels aus der Lysimeteranlage komplett entnommen	13
Abb.3: Aufwuchs des Spargels im Lysimeter 2001	14
Abb. 4: Erntemenge und Anteil hohler Stangen im Lysimeter 2002	15
Abb.5: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (Lysimeter 2003)	15
Abb.6: Anzahl Stangen 2001 bei der Sorte Eposs (SpHBew01-1)	16
Abb.7: Gesamtzahl und Anteil hohler Stangen bei der Sorte 'Gijnlim' (SpHBew02-1)	17
Abb.8: Bodenfeuchteverlauf mit Folie und Auftreten hohler Stangen 2002	18
Abb.9: Bodenfeuchteverlauf mit Folie und Auftreten hohler Stangen 2003	18

Abb.10: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2003	20
Abb.11: Temperaturverlauf in Kronentiefe im Modellversuch 2003	21
Abb.12: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2003	21
Abb.13: Temperaturverlauf in Kronentiefe (SpHTemp03-1)	22
Abb.14: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.1 (SpHTemp02-1)	23
Abb.15: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.2 (SpHTemp02-1)	23
Abb.16: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.3 (SpHTemp02-1)	24
Abb.17: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.4 (SpHTemp02-1)	24
Abb. 18: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTemp02-1)	25
Abb.19: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTemp02-2)	25
Abb.20: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTemp02-3)	25
Abb.21: Temperaturverlauf Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen (SpHTempxBew03-1) ..	26
Abb.22: Temperaturverlauf Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen (SpHTempxBew03-1) ..	26
Abb.23: Temperaturverlauf Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen (SpHTempxBew03-1) ..	27
Abb.24: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTempxBew03-1)	27
Abb.25: Temperaturverlauf in 2 Tiefen und bei Var. 1 und 2 (SpHTempxInt03-1)	28
Abb.26: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTempxInt03-1)	28
Abb. 27: Bodentemperaturverlauf Var. 1 (SpHTempxBew03-2)	29
Abb.28: Bodentemperaturverlauf Var. 2 (SpHTempxBew03-2)	29
Abb.29: Bodentemperaturverlauf Var. 3 (SpHTempxBew03-2)	30
Abb. 30: Bodenfeuchte in zwei Tiefen der geprüften Varianten (SpHTempxBew03-2) ..	30
Abb.31: Anteil hohler Stangen an der Gesamterntemenge (TexBew03-2)	31
Abb. 32: Berechnung des Anteils hohler Stangen der Sorte Gijnlim ohne Folie aus der Temperaturdynamik des Bodens zwischen Damm und Wurzelbereich mit Hilfe neuronaler Netze	32
Abb. 33: Berechnung des Anteils hohler Stangen der Sorte Grolim ohne Folie aus der Temperaturdynamik des Bodens zwischen Damm und Wurzelbereich mit Hilfe neuronaler Netze	32
Abb. 34: Neuronale Netze zur Darstellung des Auftretens hohler Stangen bei den Sorten Grolim und Gijnlim	33
Abb. 35: Einfluss der Temperatur und Temperaturdifferenzen auf das Auftreten hohler Stangen bei ‚Gijnlim‘	33
Abb.36: Einfluss der Temperatur und Temperaturdifferenzen auf das Auftreten hohler Stangen bei ‚Grolim‘	34
Abb.37: Gesamtstangenzahl und Anteil hohler Stangen (SpHKhy03-2)	35
Abb. 38: Aufwuchs des Vorjahres im Vergleich zu den Brix-Werten	36
Abb. 39: Brixwerte vor dem Treiben, Erntemenge und Anteil hohler Stangen	36
Abb. 40: Temperaturdifferenz zwischen Folienbedeckung und ohne Bedeckung 2002 ..	37
Abb. 41: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2002	38
Abb.42: Anteil hohler und nicht hohler Stangen an der Gesamterntemenge (Int03-1) ..	39
Abb. 43:Ernteverteilung nach Durchmesser bei der Sorte Gijnlim	40
Abb. 44: Ernteverteilung nach Durchmesser bei der Sorte Grolim	40
Abb. 45: Gesamterntemengen 2001 bis 2003 bei ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘	40
Abb. 46: Erntemenge Feld 10, 2001-03, Durchmesser >16mm	41
Abb. 47: Tägliche Erntemengen hohler Stangen als Mittelwert von 14 Sorten 2003	41
Abb. 48: Anteile hohler Stangen 2003 im Sortenversuch mit Folienbedeckung	42
Abb. 49: Anteile hohler Stangen 2003 im Sortenversuch ohne Folienbedeckung	43
Abb. 50: Hohle Stangen der Sorten in 2002 und 2003 mit Folienbedeckung	43
Abb. 51: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe (SpHBew01-1)	54
Abb. 52:Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHBew01-1)	54

Abb.53: Bodenfeuchteverlauf bei unterschiedlichen Bodenfeuchten	55
Abb.54: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe 2002	55
Abb.55: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2002	55
Abb.56: Temperaturverlauf während des Treibens bei allen Varianten 2003	57
Abb.57: Bodenfeuchteverlauf während des Treibens bei allen Varianten 2003	57
Abb.58: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003	57
Abb.59: Temperaturverlauf in Kronentiefe bei verschiedenen Varianten 2003	58
Abb.60: Temperaturverlauf der verschiedenen Varianten in Kronentiefe	59
Abb.61: Temperaturverlauf der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen 2002	60
Abb.62: Temperaturverlauf der Var.2 in unterschiedlichen Tiefen 2002	60
Abb.63: Temperaturverlauf der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen 2002	60
Abb.64: Temperaturverlauf der Var. 4 in unterschiedlichen Tiefen 2002	61
Abb.65: Bodenfeuchteverlauf in Kronentiefe bei versch. Varianten 2002	61
Abb.66: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2002	61
Abb.67: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe 2002	62
Abb.68: Temperaturverlauf der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen 2002	63
Abb.69: Temperaturverlauf der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen 2002	63
Abb.70: Temperaturverlauf der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen 2002	63
Abb.71: Temperaturverlauf der Var. 4 in unterschiedlichen Tiefen 2002	64
Abb.72: Bodenfeuchteverlauf in Kronentiefe bei versch. Varianten 2002	64
Abb.73: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2002	64
Abb.74: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe 2002	65
Abb.75: Temperaturverlauf der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen 2002	65
Abb.76: Temperaturverlauf der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen	66
Abb.77: Temperaturverlauf der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen	66
Abb.78: Temperaturverlauf der Var. 4 in unterschiedlichen Tiefen	66
Abb.79: Bodenfeuchteverlauf Var. 1 in verschiedenen Bodentiefen	67
Abb.80: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte	67
Abb.81: Temperaturverlauf der versch. Var. in Kronentiefe (TempxBew03-1)	68
Abb.82: Temperaturverlauf der Var. 1 in verschiedenen Tiefen 2003	68
Abb.83: Temperaturverlauf der Var. 2 in versch. Tiefen	69
Abb.84: Temperaturverlauf der Var. 3 in versch. Tiefen 2003	69
Abb.85: Bodenfeuchteverlauf verschiedener Var. in Kronentiefe (TempxBew03-1)	69
Abb.86: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003	70
Abb.87: Temperatur der verschiedenen Var. in Kronentiefe (TempxBew03-2)	71
Abb.88: Temperatur der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen	71
Abb.89: Temperatur der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen	71
Abb.90: Temperatur der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen	72
Abb.91: Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen bei 3 Var. (TempxBew03-2)	72
Abb.92: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003	72
Abb.93: Temperaturverlauf in 2 Tiefen und bei Var.1 und 2	73
Abb.94: Bodenfeuchteverlauf Var.1 in verschiedenen Tiefen	74
Abb.95: Bodenfeuchteverlauf Var.2 in verschiedenen Tiefen	74
Abb.96: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte	74
Abb.97: Temperatur in verschiedenen Tiefen bei unterschiedlichen Varianten	75
Abb.98: Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen	76
Abb.99: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte	76
Abb.100: Temperaturen in verschiedenen Tiefen bei unterschiedlichen Varianten	77
Abb.101: Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen bei unterschiedlichen Varianten	77
Abb.102: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte	77

Abb.103: Anzahl und Länge der Triebe	78
Abb.104: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2002	79
Abb. 105: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003	79
Abb.106: Temperaturverlauf ohne Folie im Freiland Geisenheim 2001	80
Abb.107: Anzahl und Anteil hohler Stangen bei Sorten mit und ohne Folie 2001	81
Abb.108: Temperaturen ohne Folie in verschiedenen Bodentiefen 2002	81
Abb.109: Temperaturen mit Folie in verschiedenen Bodentiefen 2002	82
Abb.110: Bodenfeuchteverlauf in verschiedenen Tiefen 2002	82
Abb.111: Anzahl und Anteil hohler Stangen in Geisenheim 2002	82
Abb.112: Temperaturverlauf ohne Folie in verschiedenen Tiefen 2003	83
Abb.113: Temperaturverlauf mit Folie in verschiedenen Tiefen 2003	83
Abb.114: Bodenfeuchteverlauf in verschiedenen Tiefen 2003	83
Abb.115: Anzahl und Anteil hohler Stangen in Geisenheim 2003	84
Abb. 116: Temperaturverlauf in zwei Bodenschichten Ingelheim 2001	85
Abb.117: Gesamtstangenzahl und Anteil massiv hohler Stangen Ingelheim 2001	85
Abb.118: Erntemengen und Anteil massiv hohler Stangen ohne Folie 2002	86
Abb.119: Erntemengen und Anteil massiv hohler Stangen mit Folie 2002	86

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Planung und Ablauf der Projektuntersuchungen zu hohlen Stangen	8
Tab. 2: Einfluss der Sorten auf die Ausbildung hohler Stangen	9
Tab. 3: Containerversuche 2001 bis 2003	11
Tab. 4: Varianten der Lysimeterversuche ab 2001	12
Tab. 5: Lysimeterversuche mit differenzierter Bewässerung während der Vegetationsperiode	14
Tab. 6: Varianten mit differenzierter Bodenfeuchte während der Erntezeit	16
Tab. 7: Temperaturvarianten der simulierten Winterbedingungen	20
Tab. 8: Temperaturvarianten bei der Sorte ‚Grolim‘ 2003	21
Tab. 9: Varianten der Temperaturunterschiede	22
Tab. 10: Varianten zur differenzierten Temperatur bei ‚Gijnlim‘ 2003	26
Tab. 11: Differenzierte Temperaturschwankungen bei ‚Gijnlim‘ 2003	27
Tab. 12: Wechselwirkungen zwischen Bodenfeuchte und Temperatur	29
Tab. 13: Brixwerte in Spargelspeicherwurzeln in Abhängigkeit vom Ernteabschluss	35
Tab. 14: Varianten zur Simulation unterschiedlicher Winterbedingungen	38
Tab. 15: Sorten- und Bedeckungsvarianten im Feldversuch Geisenheim	39
Tab. 16: Varianten zur Untersuchung des Einflusses der Bodenfeuchte bei ‚Eposs‘	53
Tab. 17: Varianten zur Untersuchung der Temperaturen vor der Ernteperiode	56
Tab. 18: Varianten mit unterschiedlicher Umgebungstemperatur 2003	58
Tab. 19: Varianten mit differenzierten Bodentemperaturunterschieden	59
Tab. 20: Varianten mit differenzierten Umgebungsbedingungen	62
Tab. 21: Varianten zur differenzierten Umgebungstemperatur 2003, 2. Satz	67
Tab. 22: Varianten mit unterschiedlicher Bodentemperatur	70
Tab. 23: Varianten mit abgesenkter Umgebungstemperatur	73
Tab. 24: Varianten mit differenziertem Ernteabschluss	75
Tab. 25: Varianten im Lysimeter	78
Tab. 26: Varianten im Freiland Geisenheim (2Sorten und Folie)	80
Tab. 27: Varianten des Sortenversuches Ingelheim, gepflanzt 2000	84

1. Ziele und Aufgabenstellungen des Projekts

• Gesamtziel des Projektes (00HS050/1a+b) Steuerung der Spargelkultur

Das Gesamtziel des Projektes wurde hier nicht noch einmal beschrieben, da es im Projektteil 00HS050/1a bereits dargestellt wurde.

• Gesamtziel des Teilprojektes (00HS050/1b):

Untersuchungen zu den Ursachen der Ausbildung hohler Stangen und Möglichkeiten zu deren Reduzierung unter besonderer Berücksichtigung der Bodenfeuchte als Ursache (**Hohle Stangen**)

Ein erhebliches wirtschaftliches Problem stellt die Ausbildung hohler Stangen dar. Zu Beginn der Saison können in einzelnen Jahren bis zu 80 % der ansonsten marktfähigen Stangen hohl werden.

Mit dem zunehmenden Spargelaufkommen durch die vergrößerte Anbaufläche in Deutschland und die erheblichen Importe anwird sich der ökonomische Druck auf die Betriebe noch weiter erhöhen hohe Anteile an Stangen der Handelsklasse I zu erreichen, da sich die Qualitätsanforderungen des Handels und der Kunden weiter erhöhen. In warmen Wachstumsperioden konnten schon in den zurückliegenden Jahren teilweise nur noch Stangen der Handelsklasse I vermarktet werden. Eine Verarbeitung von Spargel erfolgt in Deutschland nicht, weshalb die erheblichen Mengen an Reststangen nicht verwertet werden können.

Die Weiterentwicklung der Anbaustrategien mit dem Ziel einer Einflussnahme auf eine verbesserte Qualitätsausbildung im Ernteverlauf erfordert genaue Kenntnisse zur Reaktion des Spargels auf Veränderungen wichtiger Einflussgrößen unter Berücksichtigung der wesentlichsten Wechselwirkungen. Wegen der großen wirtschaftlichen Bedeutung waren die Faktoren zu ermitteln, die zur Ausbildung hohler Stangen und weiterer äußerlicher Qualitätsmängel führen. Diese Informationen wurden durch eine Kombination von Modelluntersuchungen und Messungen unter Feldbedingungen gewonnen. Die Modelluntersuchungen erfolgten übereinstimmend zum Versuchsplan in zwei Versuchskomplexen:

- Gefäße, in denen jeweils eine Pflanze im Freiland angezogen wurde, wurden unter definierter Bodenfeuchte und –temperatur zum Treiben gebracht. Durch Differenzierung der Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen und nachfolgend in Wechselwirkung mit der Temperatur wurde versucht, hohle Stangen zu induzieren und somit die Schwellenwerte für deren Ausbildung zu bestimmen.
- In einer wägbaren Lysimeteranlage erfolgte der Anbau von Spargelpflanzen bei einem differenzierten Wasser- und definierten Nährstoffangebot. Diese Pflanzen wurden hinsichtlich ihrer Qualität bewertet und jeweils im Folgejahr beerntet, um zu prüfen, wie durch die Bewässerung und die damit erfolgende differenzierte Einlagerung von Reservekohlenhydraten die Qualitätsausbildung der Stangen, insbesondere die Anteile hohler Stangen, beeinflusst werden.
- Im Feldversuch mit 15 überwiegend neuen Sorten und Neuzuchtstämmen wurde die sortenspezifische Ausbildung hohler Stangen und weiterer Qualitätsmängel unter definierten Anbaubedingungen ermittelt. Durch Einbeziehung des Unterauftrages an die SLFA Neustadt (jetzt DLR Rheinpfalz) konnten diese Untersuchungen an zwei Standorten vorgenommen werden, die sich in den

Bodeneigenschaften wesentlich unterscheiden (Geisenheim – Sandboden, Neustadt – Lößlehm). Beide Standorttypen sind für den Spargelanbau von wesentlicher Bedeutung.

- In Neustadt wurden außerdem bei der Sorte 'Gijnlim' durch Einsatz verschiedener Bedeckungssysteme unter Feldbedingungen die Modellaussagen der FA Geisenheim zur Ausbildung hohler Stangen auf **Lößlehm Böden** validiert.
- Dieses Programm wurde durch zwei Varianten ohne bzw. mit Qualitätsberechnung der Dämme ergänzt.
- Zusätzlich erfolgten 2003 in Geisenheim weitere Untersuchungen zu Möglichkeiten der Beeinflussung der Temperaturverhältnisse durch Berechnung in der Ernteperiode.

Aus den Untersuchungsergebnissen wurden Empfehlungen abgeleitet, die dazu beitragen, das Risiko des Auftretens hohler Stangen zu kalkulieren und Maßnahmen einzuleiten, die den Anteil hohler Stangen reduzieren und damit das Aufkommen an qualitativ hochwertigen Stangen erhöhen.

• **Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele des Teilprojektes 00HS050/lb**

In Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen können hohle Stangen zeitweise Anteile von bis zu 80 % des Ernteaufkommens erreichen, was entsprechende ökonomische Verluste in den Betrieben verursacht, da diese Stangen am Frischmarkt nicht absetzbar sind. Da die ansonsten hochwertigsten Stangen am häufigsten zu Beginn der Saison hohl werden, wenn überdurchschnittliche Erlöse zu erzielen wären, ist der finanzielle Verlust für die Betriebe besonders groß. Bei einem Ernteaufkommen von 8 dt/ha in einer Woche, wovon 70 % der Stangen nicht verkäuflich sind, entspricht das einem Erlösausfall von über 2.200 €/ha (bei einem Preis von 4,00 €/kg). Allerdings tritt diese Situation in den Anbaugebieten und in verschiedenen Jahren unterschiedlich stark auf. Auch während der Erntesaison stellen hohle Stangen zeitweise ein Problem dar, wobei kurzzeitig bis zu 20 % der ansonsten marktfähigen Stangen unverkäuflich werden.

Dieses Problem kann die ökonomische Situation der Betriebe wesentlich verschlechtern und unter extremen Bedingungen die Existenz gefährden. Das gilt vor allem in der Zukunft, wo mit weiter sinkenden Erlösen aus der Spargelproduktion zu rechnen ist.

Die auslösenden Faktoren für die Entwicklung hohler Stangen waren unbekannt, nur Thesen wurden aufgestellt. Durch kombinierte Untersuchungen in Gefäßen, Lysimetern sowie in Feldversuchen konnten die Ursachen für das zeitweise massive Auftreten obiger Qualitätsprobleme weitgehend ermittelt werden.

Die Versuchshypothesen zu Beginn der Untersuchungen bestätigten sich nur teilweise, was die Dringlichkeit der Untersuchungen nochmals unterstreicht.

1.1. Planung und Ablauf des Projektes

1.1.1. Beschreibung des Arbeitsplans des Teilprojektes

Die in der Projektbeschreibung dargelegten Modell und Feldversuche wurden wie geplant durchgeführt und teilweise durch Zusatzversuche ergänzt (Tab. 1).

Tab. 1 Planung und Ablauf der Projektuntersuchungen zu hohlen Stangen

März 2001- März 2002	
Modellversuche	Einfluss der Bodenfeuchtebereiche
	Einfluss der Bodentemperatur in verschiedenen Bodenschichten
	Wechselwirkung zwischen Bodenfeuchte und Bodentemperatur in verschiedenen Bodenschichten
Lysimeter	Nachwirkung differenzierter Wassergaben während der Vegetationszeit auf die Ausprägung hohler Stangen
Feldversuche	15 Sorten an einem Standort mit leichtem Boden mit sw-Folie
	Zwei Sorten mit und ohne Folie auf lehmigem Sand
März 2002- März 2003	
Modellversuche	Einfluss der Bodenfeuchtebereiche
	Einfluss der Bodentemperatur in verschiedenen Bodenschichten
	Wechselwirkung zwischen Bodenfeuchte und Bodentemperatur in verschiedenen Bodenschichten
Lysimeter	Nachwirkung differenzierter Wassergaben während der Vegetationszeit auf die Ausprägung hohler Stangen
Feldversuche	15 Sorten an einem Standort mit leichtem Boden mit sw-Folie und Screening ohne Folie
	Zwei Sorten mit und ohne Folie auf lehmigem Sand
März 2003- Februar 2004	
Modellversuche	Einfluss der Bodenfeuchtebereiche
	Einfluss der Bodentemperatur in verschiedenen Bodenschichten
	Wechselwirkung zwischen Bodenfeuchte und Bodentemperatur in verschiedenen Bodenschichten
	Einfluss der Temperatur vor dem Treiben auf die Ausbildung hohler Stangen
	Einfluss der Reservekohlenhydratgehalte auf das Auftreten hohler Stangen
Lysimeter	Nachwirkung differenzierter Wassergaben während der Vegetationszeit auf die Ausprägung hohler Stangen
Feldversuche	15 Sorten an einem Standort mit leichtem Boden mit sw-Folie und Screening ohne Folie
	Zwei Sorten mit und ohne Folie auf lehmigem Sand

Die Versuche in Neustadt wurden ebenfalls wie geplant durchgeführt. Sie werden in einem gesonderten hinten anliegenden Teil dieses Berichtes aufgeführt.

1.2. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an dem angeknüpft wurde

Für die Ursachen der Bildung hohler Stangen gab es bisher nur Hypothesen und fast keine Veröffentlichungen. Da dieses Problem bei Grünspargel keine wesentliche Rolle spielt, besteht international nur wenig Interesse an Forschung auf diesem Gebiet, denn weltweit ist der Grünspargelanbau entscheidend. Erstmals 2002 gab es Hinweise zu hohlen Stangen bei Grünspargel in Amerika. Wegen der Klärung der Ursachen wandte sich der zuständige Wissenschaftler mit der Bitte um Unterstützung an die FA Geisenheim.

Bei Bleichspargel waren neben dem Hinweis auf ein zu hohes Stickstoffangebot (Krug, 1991), steigender Wärme und damit starken Knospen nach harten Wintern (Böhme, 1963, Hartmann 1989, Vogel, 1996) keine Literaturangaben über mögliche Ursachen zu

finden. Lediglich relativ allgemeine Aussagen zum Standort- oder Klimaeinfluss ohne Nachweis durch Versuche (Böhme, 1963, Anonym, 1998, Rasp, 1976) oder eingeschränkt auf die Anteile hohler Stangen am Gesamtertrag bei verschiedenen Sorten (Paschold et al. 1999) liegen vor.

In zurückliegenden Sortenversuchen zeigte sich eine ausgeprägte Sortenspezifität und Jahresdynamik des Auftretens hohler Stangen (Tab. 2).

Tab. 2: Einfluss der Sorten auf die Ausbildung hohler Stangen

(% vom Gesamtertrag) 1993 –1998 in Ingelheim

Sorte	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Durchschn.
Gijnlim	6,2	2,7	0,5	5,9	3,4	7,3	4,3
Backlim	20,0	1,9	0,3	6,5	2,2	7,5	6,4
Horlim	21,1	1,1	0,7	4,5	3,5	5,9	6,1
Thielim	19,8	3,1	0,6	2,6	1,2	2,7	5,0
Calet	2,9	6,6	2,6	18,1	7,3	5,9	7,2
Huch.Alpha	3,0	1,6	0,6	6,0	4,5	2,9	3,1
Schw. MS	0,9	0,0	0,2	2,1	0,8	1,8	1,0
Vulkan	0,0	0,3	0,0	0,1	0,3	1,0	0,3
Mars	0,9	0,0	0,2	0,1	0,5	2,5	0,7
Eposs	7,4	3,6	0,7	8,2	3,5	10,0	5,6
Huch. LA	5,2	1,6	0,9	6,4	2,1	4,3	3,4
Rekord	0,0	0,3	0,2	0,8	0,0	0,8	0,4

Bedingt durch die klimatisch günstige Lage Ingelheims am Rhein ist der Anteil hohler Stangen an diesem Standort relativ gering, erreichte jedoch in ungünstigen Jahren bezogen auf die gesamte Saison teilweise dennoch über 20 % aller Stangen. Deutlich wird, dass durch die Auswahl einer wenig anfälligen Sorte am entsprechenden Standort der Anteil hohler Stangen deutlich reduziert werden kann.

Da sich das Sortenspektrum seit Beendigung des obigen Versuches wesentlich änderte, wurden die Anteile hohler Stangen bei den neuen Sorten ermittelt. Durch die Ausdehnung des praktischen Anbaus neben Sandboden auch auf Standorte mit lehmigem Sand war es notwendig, differenzierte Untersuchungen für beide Standorttypen vorzunehmen, da die Unterschiede im Spargelwachstum zwischen beiden Standorten erheblich sind. Für eine Empfehlung zur Sortenwahl ist nicht nur das Gesamtertragspotential der jeweiligen Sorten entscheidend, sondern auch das Risiko des Auftretens weiterer Qualitätsmängel und insbesondere der Anteile hohler Stangen. Das Bundessortenamt führt nach wie vor seit ca. zehn Jahren zu Spargel keine Sortenuntersuchungen mehr durch.

1.2.1. Reservekohlenhydrate

Ein Zusammenhang zwischen der Ausbildung hohler Stangen und dem Reservekohlenhydratstoffwechsel wird angenommen, da dieser wesentlich die Ausbildung der Stangenanzahl und –durchmesser beeinflusst (Martin 1989; Wilcox-Lee, Drost 1991; Drost, Wilson 2000). Entsprechende erste Probenahmen wurden in die Untersuchungen einbezogen, um diese in die erforderlichen Lösungsansätze einbeziehen zu können. Dabei wurden die Menge und Struktur der eingelagerten Reservekohlenhydrate sowie deren Verteilung bestimmt.

1.2.2. Wirkung der Bodenfeuchte

Hinsichtlich der Bodenfeuchte bzw. des Wasserbedarfs von Spargel sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Phasen zu unterscheiden:

- Wasserbedarf und Bewässerungssteuerung vor und während der Erntesaison
- Wasserbedarf und Bewässerungssteuerung nach der Erntesaison.

Der Wasserhaushalt spielt bei Spargel eine entscheidende Rolle, wobei die bisher in der Literatur vorliegenden Daten zum Wasserbedarf noch sehr unbefriedigend sind. Die Empfehlungen zur Bewässerung schwanken international in einem großem Bereich (Roth, Gardner 1989; Wilson et al. 19996; Drost, Wilcox-Lee 1997). Zur Steuerung der Bewässerung fehlen objektive Kriterien. Empfehlungen liegen im Rahmen der Geisenheimer Steuerung vor (Paschold et al. 2003). Diese wurden in die software verschiedener Hersteller (z. B. helm-software) eingebunden. Auch die Empfehlungen der Online-Berechnungsberatung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) basieren auf den Geisenheimer Ergebnissen (Janssen, Paschold 2004).

Im Rahmen dieses Projektes wurde die Wirkung des Wassers in der Phase der direkten Ertragsbildung untersucht. International liegen zur Rolle des Wasserhaushaltes bei Bleichspargel während der Ernteperiode und zu den Wechselwirkungen mit der Temperatur bisher keine Versuchsergebnisse vor.

Doppelbedeckungssysteme mit Vliesen auf schwarzweißer Folie und Einzelbedeckungen mit schwarzweißer Folie finden seit ca. 5 Jahren zunehmend Einzug in die Praxis. Unklar war, welche Auswirkungen diese Materialien auf Bodenfeuchte und Dammtemperatur sowie Qualitätsbeeinflussung der Stangen (hohle, Verfärbung, offene Köpfe, Berostung) haben.

Unbefriedigend ist die bei einigen Sorten verstärkt auftretende Neigung zur Anthozyanfärbung bei Einsatz von Taschenfolien allgemein und insbesondere bei den aktuell am Markt erhältlichen schwarzweißen Taschenfolien (Elmpt, Slenders 1998, Wonneberger 1999 und 2000, Ziegler 1997 bis 2000).

2. Material und Methoden

Die Messtiefen für den Einbau der Bodenfeuchte- und -temperatursensoren wurden zu Beginn für alle Experimente zwischen den Projektpartnern abgestimmt, um einen besseren Datenaustausch zu gewährleisten.

2.1. Modellversuche

Die Pflanzen wurden im Mai 2001 und Mai 2002 in 120 bzw. 240 l Liter Container mit Spargelboden aus Ingelheim gepflanzt und unter Freilandbedingungen kultiviert. Für den Versuch des Jahres 2001 wurde die Sorte ‚Eposs‘ verwendet. 2002 stand die Sorte ‚Gijnlim‘ zur Verfügung und wurde 2003 durch weitere Pflanzen der Sorten ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘ ergänzt.

Die in den Versuchen verwendeten Pflanzen hatten einen vergleichbaren Aufwuchs in der Vegetationsperiode des Vorjahres. Die Pflanzen wurden vor dem Treiben bewertet sowie täglich die Ertrags- und Qualitätsbestimmung vorgenommen.

2.1.1. Untersuchungen zur Bodenfeuchte

Zu untersuchen war, ob in einem bestimmten Bereich der unter praktischen Bedingungen auftretenden Bodenfeuchte hohle Stangen induziert werden, wenn die Umgebungstemperatur nicht differenziert wird.

Die vorgesehenen Bodenfeuchten wurden durch Wägungen eingestellt. Die Pflanzen wurden vor dem Treiben aus ihren Behältern entnommen, bewertet und wieder in die Behälter mit der eingestellten Bodenfeuchte eingepflanzt. Die vorgesehenen vier Bodenfeuchtebereiche (40 bis 100 % nWK in vier Abstufungen) wurden untersucht.

2.1.2. Untersuchungen zur Bodentemperatur vor dem Treiben

Es wurde untersucht, ob die Bodentemperatur, insbesondere aber auch Temperaturschwankungen vor dem Treiben bei gleicher Bodenfeuchte Einfluss auf das Auftreten hohler Stangen nimmt. Dazu wurden die Container unter definierten Bedingungen gelagert. Das ermöglichte es zudem, die Ernteperiode entsprechend den Arbeitskapazitäten zu verlagern, so dass ab Januar bis August die Modellversuche beerntet werden konnten.

2.1.3. Untersuchungen zur Bodentemperatur während des Treibens

Untersucht wurde, ob die Bodentemperatur und insbesondere eine deutliche Differenzierung der Bodentemperatur im Wurzelraum bei gleichbleibender Bodenfeuchte (80 % nWK) während des Treibens Einfluss auf das Auftreten hohler Stangen hat. Es wurde eine Versuchsanlage erstellt mit der die Container mit den Spargelpflanzen unterschiedlichsten simulierten Freilandbedingungen ausgesetzt werden konnten, wie z. B. Frost im Unterboden und extreme Einstrahlung auf den Damm.

2.1.4. Untersuchungen zum Einfluss des Ernteabschlusses vom Vorjahr

Untersucht wurde, ob der Termin des Ernteabschlusses des Vorjahres Einfluss auf die Qualität der Ernte, insbesondere auf das Vorkommen hohler Stangen nimmt. Aufgrund der Versuche im Vorjahr unterschied sich bei gleich langer Erntedauer das Erntende erheblich, dem entsprechend auch die Zeiten für den Aufwuchs und somit die Bildung und Einlagerung der Reservekohlenhydrate.

Tab. 3: Containerversuche 2001 bis 2003

V. Nr.	Faktor	Sorte	Vol.	Var.	Wdhlg.	Ernte
2001						
SpHBew01-1	Bodenfeuchte	‚Eposs‘	120l	4	3	14 Tage
2002						
SpHBew02-1	Bodenfeuchte	‚Gijnlim‘	120l	4	4	14 Tage
SpHTemp02-1	Bodentemp.	‚Gijnlim‘	120l	4	4	14 Tage
SpHTemp02-2	Bodentemp.	‚Gijnlim‘	120l	4	4	14 Tage
SpHTemp02-3	Bodentemp.	‚Gijnlim‘	120l	4	4	14 Tage
2003						
SpHTTemp03-1	Bodentemp.	‚Grolim‘	240l	4	3	14 Tage
SpHTempxBew03-1	Bodentemp.	‚Gijnlim‘	120l	3	4	28 Tage
SpHTempxBew03-2	Bodentemp.	‚Gijnlim‘	120l	3	4	28 Tage
SpHTempxInt03-1	Bodentemp.	‚Gijnlim‘	120l	2	3	28 Tage
SpHInt03-1	Bodentemp.	‚Gijnlim‘ ‚Grolim‘	120l	6	4	14 Tage
SpHKhy03-1	Kohlenhydr.	‚Gijnlim‘	120l	3	4	28 Tage
SpHKhy03-2	Kohlenhydr.	‚Gijnlim‘	120l	3	4	28 Tage

Nähere Angaben zu den durchgeführten Versuchen befinden sich im Anhang 7.1

2.2. Lysimeter-Untersuchungen

In der wägbaren Lysimeteranlage (Abb. 1) wurde in den Jahren 2001 bis 2003 geprüft, welchen Einfluss die Bewässerung auf den Aufwuchs des Spargelkrautes und in der nachfolgenden Ernteperiode auf die Qualität des Spargels, insbesondere auf die Ausprägung hohler Stangen, hat.



Abb. 1: Wägbare Lysimeteranlage für Bewässerungsuntersuchungen bei Spargel

Im April 2001 wurde pro Behälter eine Spargelpflanze der Sorte „Gijnlim“ gepflanzt. Während der Vegetationsperiode 2002 wurde dem natürlichen Wasserangebot in Form von Niederschlägen eine Bewässerungssteuerung in zwei Bodenfeuchtebereichen gegenübergestellt.

Tab. 4: Varianten der Lysimeterversuche ab 2001

Var.Nr.	Nutzbare Wasserkapazität in % (nWK)
1	Natürlicher Niederschlag
2	40-70
3	70-100

Der jeweils untere Schwellwert wurde durch Wägung der Lysimeter im witterungsabhängigen Ein- bis Dreitagehythmus festgestellt. Durch Tropfbewässerung wurde die Bodenfeuchte auf das gewünschte Niveau angehoben. Nach Abschluss des Versuches wurde das gesamte Wurzelsystem des Spargels herausgespült, gewogen und vermessen, was unter Feldbedingungen nicht möglich ist (Abb. 2). So können einzigartige Informationen über das Speicherwurzelsystem des Spargels gewonnen werden.



Abb. 2: Wurzelsystem des Spargels aus der Lysimeteranlage komplett entnommen

Die Vermessungen des Wurzelsystems erfolgten mit Hilfe des Softwaresystems „Rhizo“, nachfolgend die chemische Analyse der Reservekohlenhydratgehalte und analog die Bestimmung der Brix-Werte mit Hilfe des Refraktometers als Schnelltest, um später eine Übertragung auf Praxisbedingungen zu ermöglichen. Die weiteren Bedingungen der Versuche beschreibt Anlage 7.1

2.3. Feldversuche

2.3.1. Untersuchungen unter Freilandbedingungen in Geisenheim

Geprüft wurde der Einfluss der Sorten 'Gijnlim' und 'Grolim' sowie des Folieneinsatzes auf die Qualität, insbesondere auf das Auftreten hohler Stangen auf lehmigem Sandboden in den Jahren 2001 – 2003.

Die weiteren Bedingungen der Versuche beschreibt Anlage 7.1

Ausgewählte Bonitürkriterien für die Spargelernte im Freiland in Geisenheim waren: Handelsklasse, Gewicht, Länge und Anteile an hohlen Stangen.

2.3.2. Sorteneinfluss auf die Induktion hohler Stangen

Die im Rahmen von Sortenbewertungen miteinander abgestimmt angelegten Versuche in Ingelheim und in der SLFA Neustadt wurden wie vorgesehen in den Jahren 2001 - 2003 beerntet. Im Rahmen dieses Projektes wurde zusätzlich die Anteile an hohen Stangen bestimmt. Die weiteren Bedingungen der Versuche beschreibt Anlage 7.1.

3. Ergebnisse

3.1. Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1. Wirkung der Bodenfeuchte

3.1.1.1. Wirkung der Bewässerung auf Aufwuchs und Ernte im Folgejahr

In den Lysimeterversuchen von 2001 bis 2003 wurde der Einfluss einer differenzierten Bewässerung während der Vegetationsperiode untersucht (Tab. 5).

Tab. 5: Lysimeterversuche mit differenzierter Bewässerung während der Vegetationsperiode

Var.Nr.	Nutzbare Wasserkapazität in % (nWK)
1	Natürlicher Niederschlag
2	40-70
3	70-100

Der Aufwuchs wurde bonitiert und in der darauf folgenden Ernteperiode wurden die Stangen hinsichtlich Menge und Qualität beurteilt. Weiteres zum Versuchsaufbau wird im Anhang 7.1 beschrieben.

Ausgewählte Ergebnisse zum Aufwuchs zeigt die nachfolgende Abbildung.

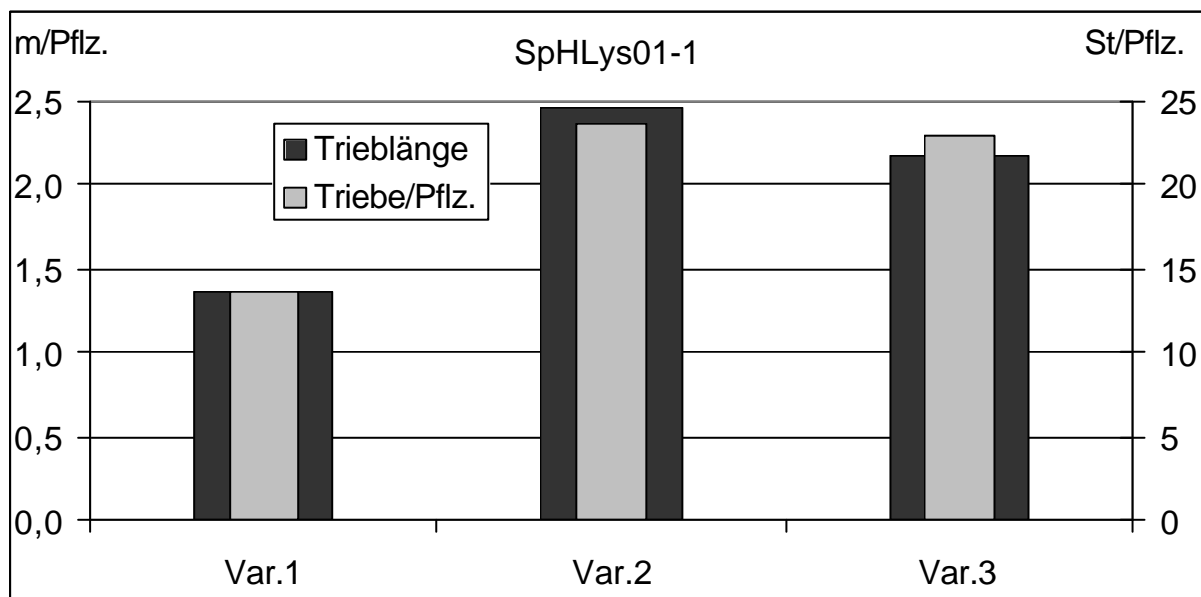


Abb.3: Aufwuchs des Spargels im Lysimeter 2001

Es zeigte sich 2001 und 2002, dass die Variante mit der geringsten Wasserversorgung den schwächsten Aufwuchs bildete. Während sich die Varianten 2 und 3 2001 im Aufwuchs kaum unterschieden, war 2002 der Aufwuchs der Variante 3 deutlich geringer im Vergleich zur Variante 2. Dabei besteht eine erhebliche Differenzierung zwischen den einzelnen Pflanzen einer Variante hinsichtlich der Wassernutzung. Dies im Einzelnen zu analysieren ist jedoch nicht Gegenstand dieses Projektes. Hier sollen die Anteile hohler Stangen in Abhängigkeit vom Wasserangebot der vor der Ernte liegenden Vegetationsperiode ermittelt werden.

Die Erntemengen und auch die Anteile hohler Stangen unterschieden sich in den zwei Jahren erheblich. 2002 war die Anzahl der Stangen bei der trockensten Variante am höchsten, bei der feuchtesten am niedrigsten. Der Anteil hohler Stangen war bei der feuchtesten am niedrigsten, während die Varianten 1 und 2 einen sehr hohen Anteil hohler Stangen aufwiesen. Das resultiert jedoch auch aus den deutlich höheren Anteilen an dicken Stangen bei Beregnung.

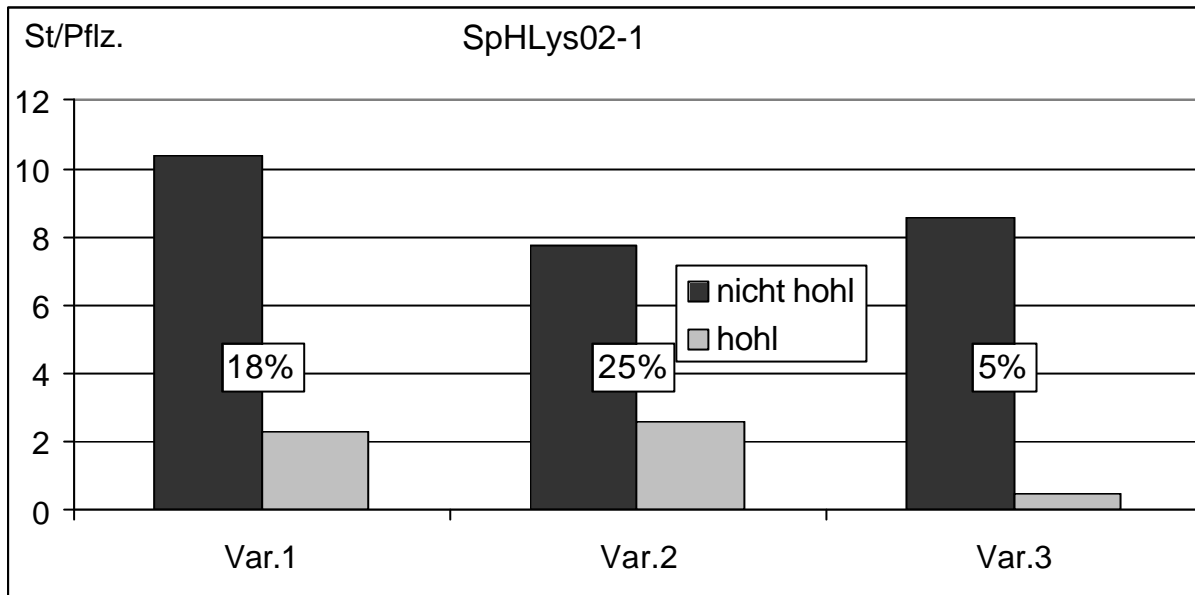


Abb. 4: Erntemenge und Anteil hohler Stangen im Lysimeter 2002

Im Jahr 2003 zeigten die Varianten ohne (1) und mit höchster Bewässerung (3) niedrigere Stangenanzahlen als die Variante 2. Der Anteil hohler Stangen war im Vergleich zu 2002 niedriger, bei Variante 3 mit 12,2% aber deutlich höher als bei den trockenen Varianten (Abb.5).

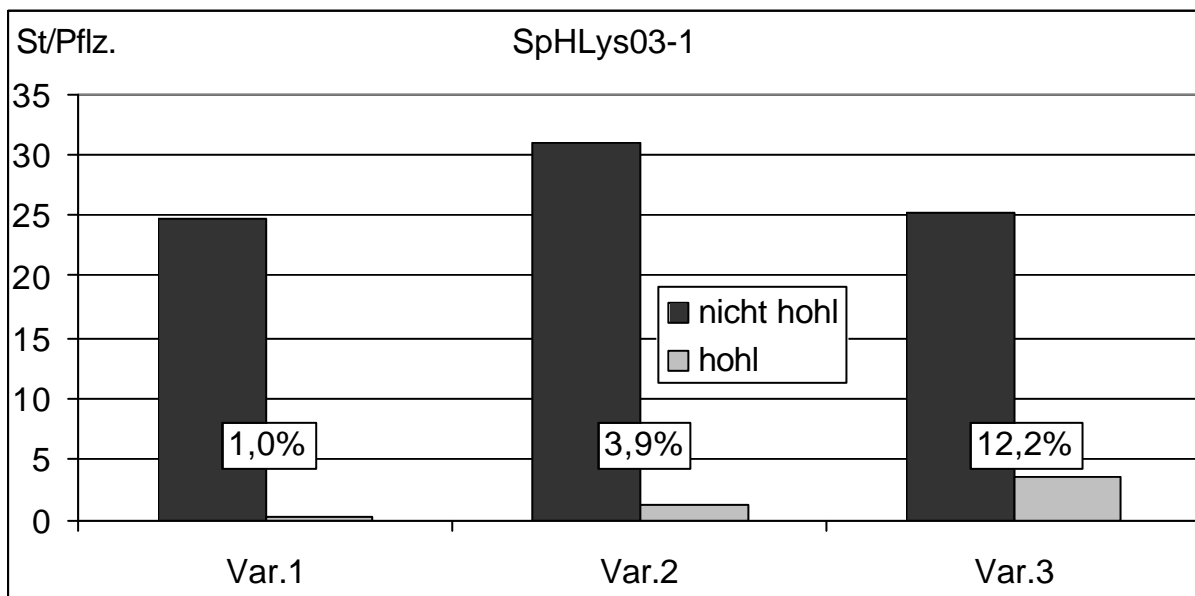


Abb.5: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (Lysimeter 2003)

Der Anteil hohler Stangen war im Jahr 2002 bei Variante 1 und 2 sehr hoch (18 bzw. 25%), bei der stärker mit Wasser versorgten Variante 3 deutlich geringer (5%).

Der Vergleich vom Aufwuchs 2002 zur Erntemenge 2003 zeigt ein anderes Ergebnis. Variante 2 hatte den stärksten Aufwuchs, gefolgt von Variante 3 und Variante 1 ohne Bewässerung. Bei der Erntemenge gilt die gleiche Reihenfolge, die Varianten mit Wasserstress lagen zurück. Hohle Stangen traten im Vergleich zur Ernte 2002 nur in geringem Umfang auf, mit Ausnahme der Variante 3 (12%).

Eine eindeutige allgemein gültige Beziehung zwischen der Bodenfeuchte und dem Anteil an hohlen Stangen konnte noch nicht abgeleitet werden. Deshalb werden diese Versuche auch noch fortgesetzt.

3.1.1.2. Wirkung der Bodenfeuchte während des Treibens

2001 und 2002 wurden Modellversuche durchgeführt, um den Einfluss einer differenzierten Bodenfeuchte während des Treibens auf Erntemenge und Qualität zu untersuchen. Die Bodenfeuchte wurde vor dem Treiben gravimetrisch eingestellt. Weitere Angaben zu den Versuchen sind in Anhang 7.1 zu finden.

Tab. 6: Varianten mit differenzierter Bodenfeuchte während der Erntezeit

Var.	nWK in %
1	40
2	60
3	80
4	100

2001 wurden die Versuche mit der Sorte ‚Eposs‘ durchgeführt. Die Umgebungstemperatur für die Modellversuche lag zwischen 15-17°C.

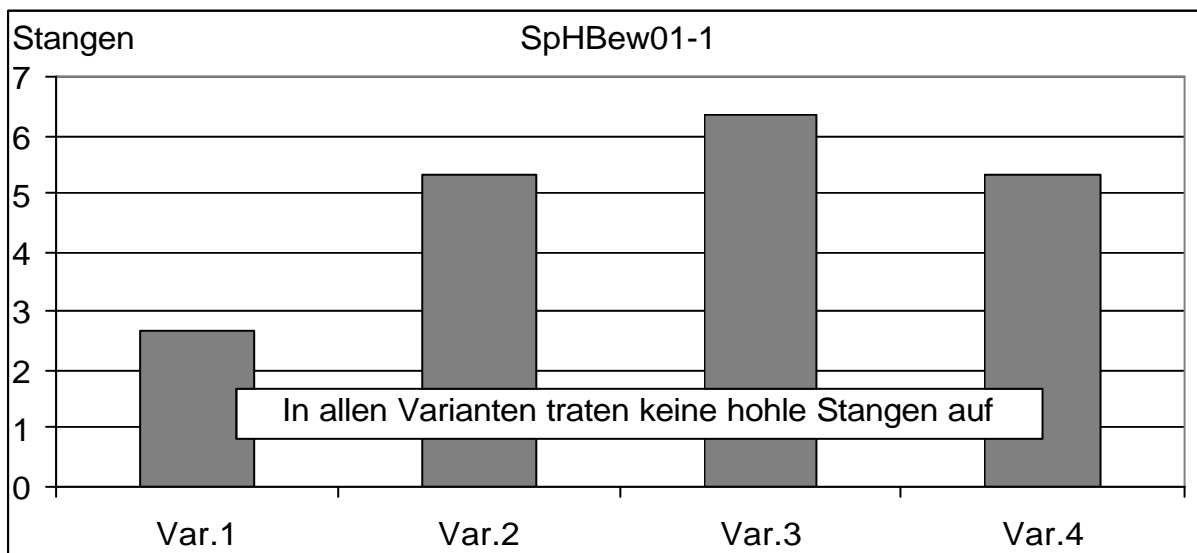


Abb.6: Anzahl Stangen 2001 bei der Sorte Eposs (SpHBew01-1)

Im Versuch 2001 hatte die Variante 1 mit 40% nWK die deutlich geringste Erntemenge. Var. 2 und 4 hatten einen vergleichbaren Ertrag, Variante 3 mit 80% nWK den höchsten Ertrag. Hohle Stangen traten nicht auf.

2002 wurde der Versuch mit der Sorte ‚Gijnlim‘ wiederholt. Die Bodentemperaturen lagen zwischen 16 und 19°C.

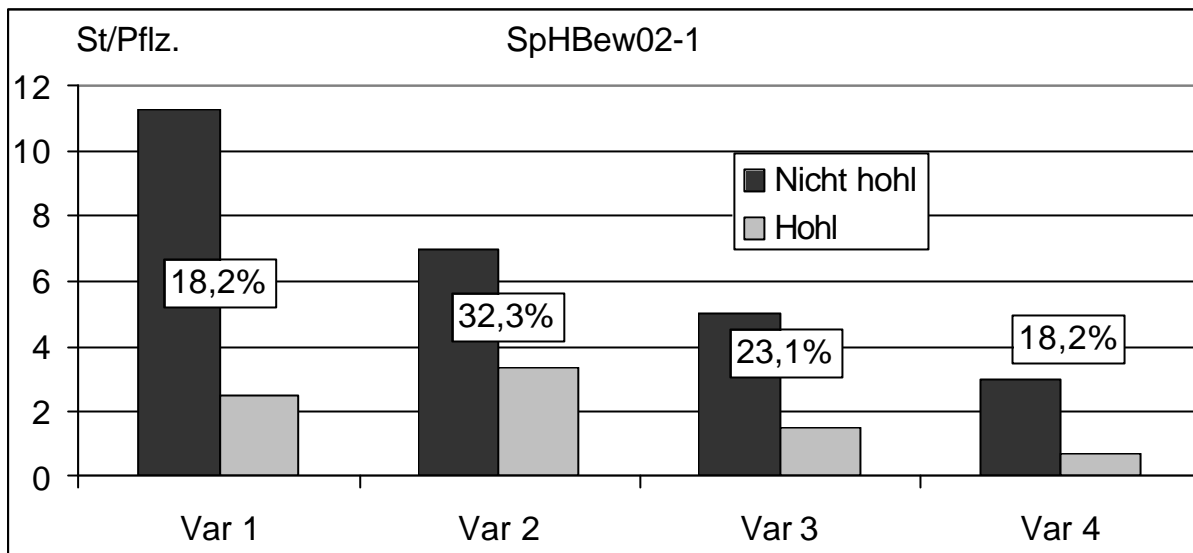


Abb.7: Gesamtzahl und Anteil hohler Stangen bei der Sorte 'Gijnlim' (SpHBew02-1)

2002 stellte sich die Verteilung der Erntemenge gegensätzlich zum Vorjahr dar. Die trockenste Variante hatte mit Abstand die höchste Erntemenge und mit zunehmender Bodenfeuchte nahm die Erntemenge ab.

Der Anteil hohler Stangen lag zwischen 18,2 und 32,3%, wobei 60% nWK den höchsten Anteil hohler Stangen aufwies. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant wegen der hohen Einzelpflanzenstreuung.

Es zeigt sich eine erhebliche Einzelpflanzen- und sortenspezifische Reaktion, weshalb keine klare Aussage zum Einfluss der Bodenfeuchte aus den Modellversuchen möglich sind. Wiederholungsversuche konnten noch keine Klarheit bringen.

Wesentlich ist deshalb die Ergänzung der Untersuchungen unter Feldbedingungen mit großen Pflanzenzahlen.

3.1.1.3. Bodenfeuchteveränderungen während des Treibens

2001 bis 2003 wurden Freilandversuchen in Geisenheim zum Einfluss der Bodenfeuchte analysiert. Neben der Qualitäts- und Ertragsbestimmung wurden deshalb auch die Temperatur- und Bodenfeuchteverläufe erfasst. Es fand keine zusätzliche Beregnung statt, Veränderungen ergaben sich durch den natürlichen Niederschlag. Durch einen Defekt des Systems der Bodenfeuchtemessung liegen jedoch für das Jahr 2001 keine Daten vor. Es wird auf die Werte mit den längeren Ernteperioden 2002 und 2003 verwiesen.

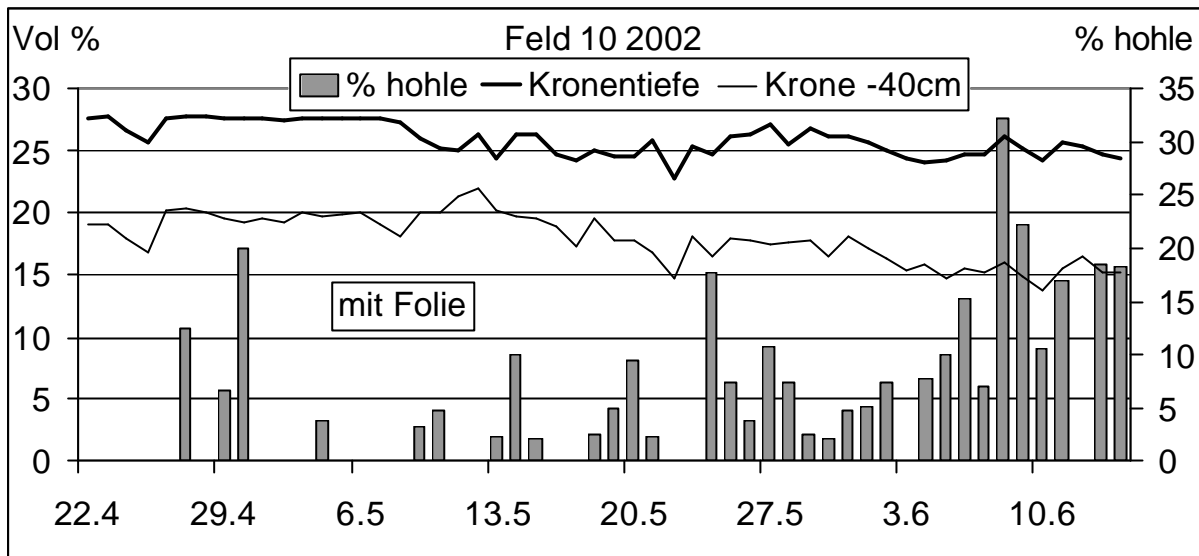


Abb.8: Bodenfeuchteverlauf mit Folie und Auftreten hohler Stangen 2002

In den Versuchen 2002 und 2003 zeigten sich an einzelnen Erntetagen mit bis zu 60% sehr hohe Anteile an hohlen Stangen (Abb.8 und Abb.9). Das Niveau der Bodenfeuchte war in beiden Jahren ähnlich.

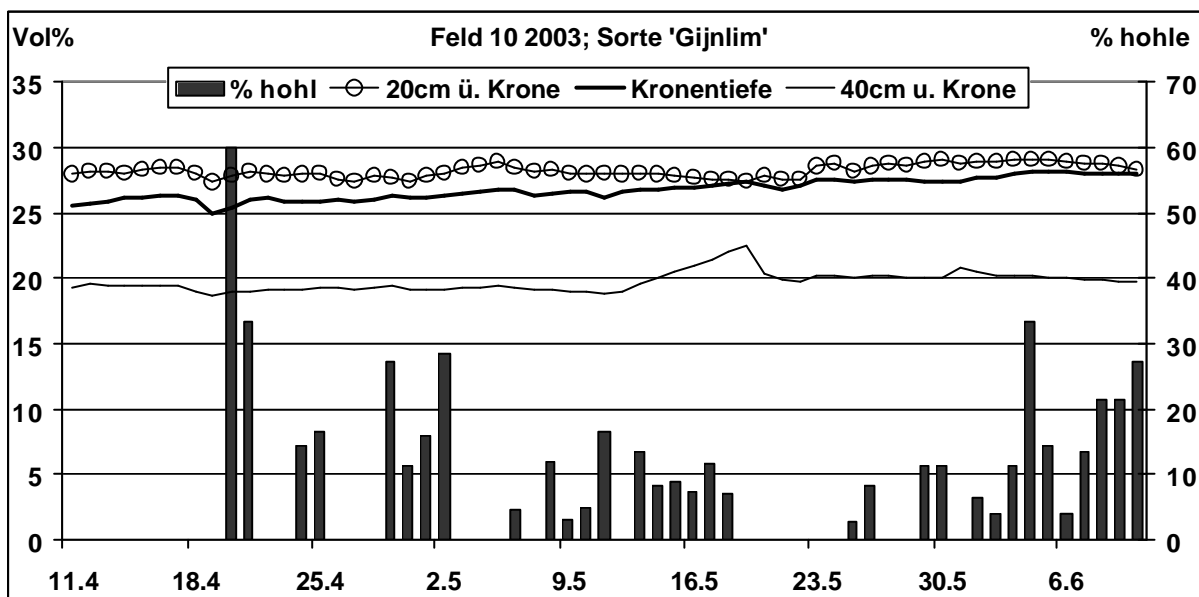


Abb.9: Bodenfeuchteverlauf mit Folie und Auftreten hohler Stangen 2003

2002 gab es allerdings stärkere Schwankungen im Bodenfeuchteverlauf. Ein Zusammenhang zwischen den Bodenfeuchteveränderungen und dem Auftreten hohler Stangen ist nicht zu erkennen. 2003 war die Bodenfeuchte nahezu konstant, die Gesamtsumme hohler Stangen war jedoch höher als im Vorjahr. Das erhebliche Auftreten hohler Stangen lässt sich somit durch Schwankungen der Bodenfeuchte und den Bodenfeuchteverlauf im untersuchten Bereich nicht erklären.

• Zusammenfassende Bewertung des Einflusses der Bodenfeuchte

Die Bodenfeuchte während der Vegetationsperiode entscheidet wesentlich über die Ertragshöhe und den Anteil von Stangen mit ausreichendem Durchmesser für die Vermarktung zu einem oberen Preissegment, also insbesondere über 16 mm.

Auch während der Ernteperiode nimmt die Bodenfeuchte Einfluss auf die Ausprägung der morphologischen Eigenschaften der Spargelstangen, was über die weitere Klassifizierung nach Handelklassen entscheidet. Dabei besteht eine relativ große Toleranz des Spargels. Erst wenn die Bodenfeuchte extrem trocken oder feucht wird, werden gravierende Auswirkungen sichtbar. Die Grenzwerte sind noch weiter zu präzisieren.

Zu berücksichtigen ist, dass bei hoher Bodenfeuchte ohne Folienbedeckung die Erntemenge durch die Verdunstungskälte vermindert wird.

Doch auch mit Folienbedeckung wird bei zu hoher Bodenfeuchte die Ertragshöhe reduziert, weil sich der Boden langsamer erwärmt. Zudem verstärkt sich die Berostung, wenn die Bodenfeuchte zum Bedeckungszeitpunkt zu hoch ist.

Das Auftreten hohler Stangen ist insoweit besonders bedeutsam, da diese Stangen nicht handelsfähig sind. Ohne diesen Makel wären die Stangen oft in der Handelklasse I 16 – 26 mm Durchmesser einzustufen.

Alle Typen der Versuche machten jedoch deutlich, dass die Entwicklung hohler Stangen nicht maßgeblich durch die Bodenfeuchte beeinflusst wird. Das gilt sowohl für den Gesamtbereich der Bodenfeuchte von 40 bis 100 % nFK, der unter Praxisbedingungen relevant ist, als auch für Schwankungen der Bodenfeuchte innerhalb dieses Bereiches innerhalb kurzer oder längerer Zeitspannen während der Ernteperiode.

Die Lysimeterversuche verdeutlichten, dass auch die Bodenfeuchte in der vor der Ernteperiode liegenden Vegetationsperiode keinen signifikanten Einfluss auf die Ausbildung hohler Stangen besitzt.

Die Bodenfeuchte nimmt jedoch maßgeblich Anteil an der Ausprägung weiterer qualitativer Merkmale der Spargelstangen, wie des Durchmessers der Stangen, der Aufblüher, der Rotverfärbung und der Verformung (z. B. Ausbildung von ‚Keulen‘). Diese Merkmale sind jedoch nicht Gegenstand dieses Teilprojektes. Daten dazu wurden auch ermittelt, die personelle Kapazität reichte jedoch nicht aus, um diese Auswertung abzuschließen.

3.1.2. Wirkung der Temperatur

3.1.2.1. Wirkung der Temperatur vor dem Treiben

In dem Modellversuch von 2003 wurde bei den Sorten ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘ überprüft, ob die Temperatur vor dem Treiben, insbesondere Unterbrechungen der Winterruhe Einfluss auf die Ausprägung hohler Stangen nehmen. Folgende Varianten wurden untersucht:

Tab. 7: Temperaturvarianten der simulierten Winterbedingungen

Var.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Lagerung 5 Wochen bei Temperaturen $+5^{\circ}\text{C}$, Sorte ‚Grolim‘
2	Lagerung Intervall 2 Wochen -1°C , 1 Woche $+10^{\circ}\text{C}$, 2 Wochen -1°C , Grolim‘
3	Lagerung Intervall 2 Wochen -5°C , 1 Woche $+10^{\circ}\text{C}$, 2 Wochen -5°C , Grolim‘
4	Lagerung 5 Wochen bei Temperaturen $+5^{\circ}\text{C}$, Sorte ‚Gijnlim‘
5	Lagerung Intervall 2 Wochen -1°C , 1 Woche $+10^{\circ}\text{C}$, 2 Wochen -1°C ‚Gijnlim‘
6	Lagerung Intervall 2 Wochen -5°C , 1 Woche $+10^{\circ}\text{C}$, 2 Wochen -5°C , Gijnlim‘

Die Pflanzen wurden nach den unterschiedlichen Lagerungsbedingungen einheitlich bei Temperaturen zwischen 20 und 24 °C getrieben. Die Bodenfeuchte betrug ca. 50 hPa in Kronentiefe. Weitere Bedingungen des Versuches werden in Anhang 7.1 beschrieben.

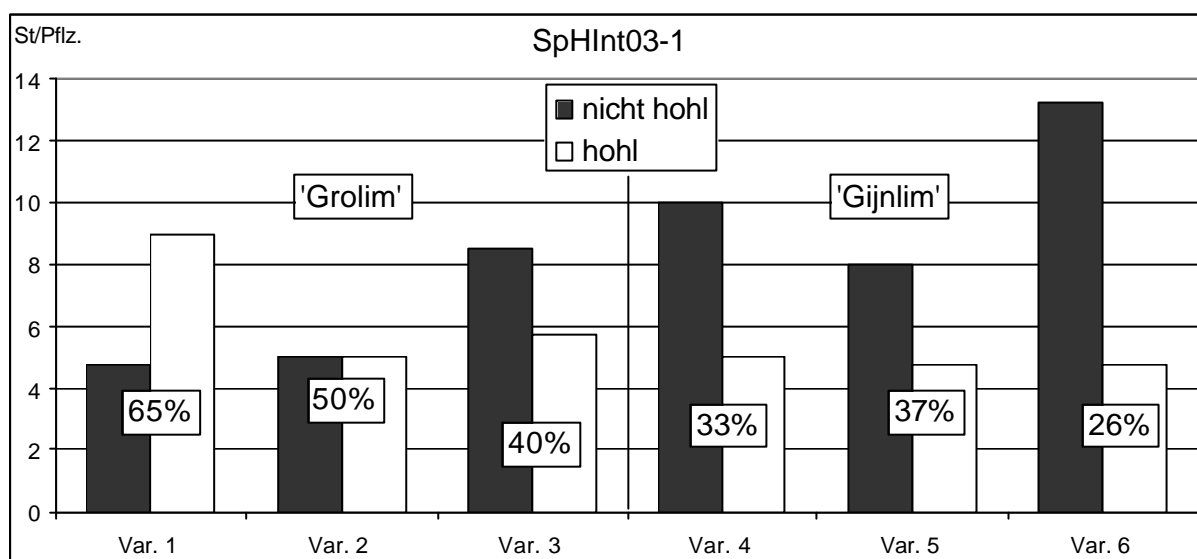


Abb.10: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2003

In dem Versuch zeigte sich, dass die Sorten unterschiedlich reagieren. Die Sorte ‚Grolim‘ ist hinsichtlich der Stangenzahl unterlegen, und hat einen höheren Anteil hohler Stangen bezogen auf die Gesamterntemenge. Mit zunehmender Temperaturdifferenz während der Winterruhe sank der Anteil hohler Stangen tendenziell.

Bei der Sorte ‚Gijnlim‘ unterschied sich die Variante mit der höchsten Temperaturdifferenz von den anderen Varianten dadurch, dass sie einen niedrigeren Anteil hohler Stangen ausgebildet hat.

Die weiteren Versuchsbedingungen werden im Anhang 7.1 beschrieben.

3.1.2.2. Wirkung der Umgebungstemperatur während des Treibens

In einem Modellversuch 2003 wurde bei der Sorte ‚Grolim‘ untersucht, welchen Einfluss die Umgebungstemperatur während des Treibens auf die Erntemenge und –qualität nimmt.

Folgende Varianten wurden überprüft:

Tab. 8: Temperaturvarianten bei der Sorte ‚Grolim‘ 2003

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	18°C Umgebungstemperatur
2	24°C Umgebungstemperatur
3	30°C Umgebungstemperatur

Die eingestellte Lufttemperatur entsprach nahezu der Temperatur des Bodens in den Behältern.

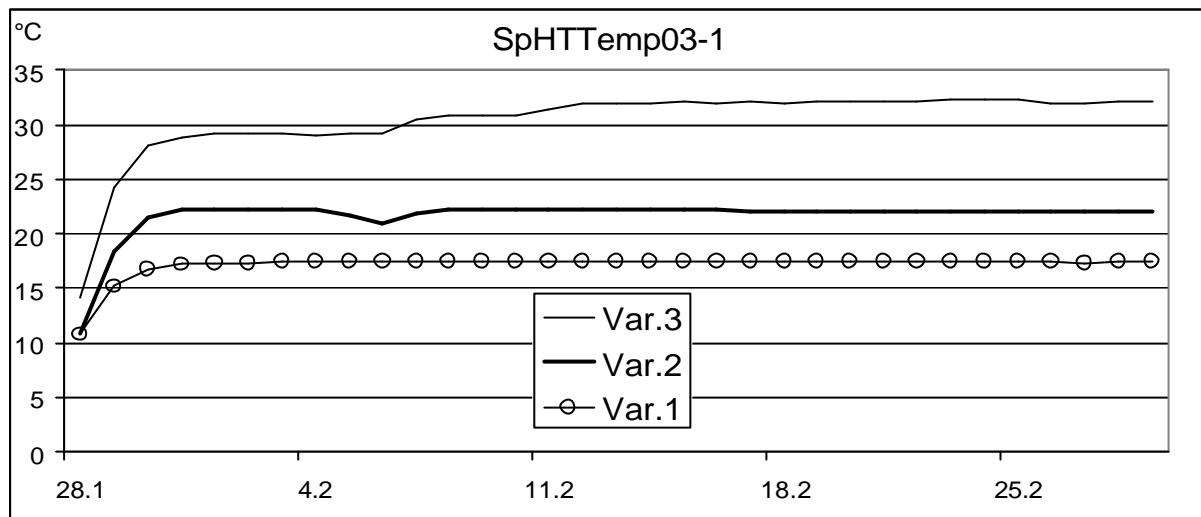


Abb.11: Temperaturverlauf in Kronentiefe im Modellversuch 2003

In dem Versuch bestätigte sich, dass die Variante mit der höchsten Umgebungstemperatur die höchste Gesamterntemenge erzielte.

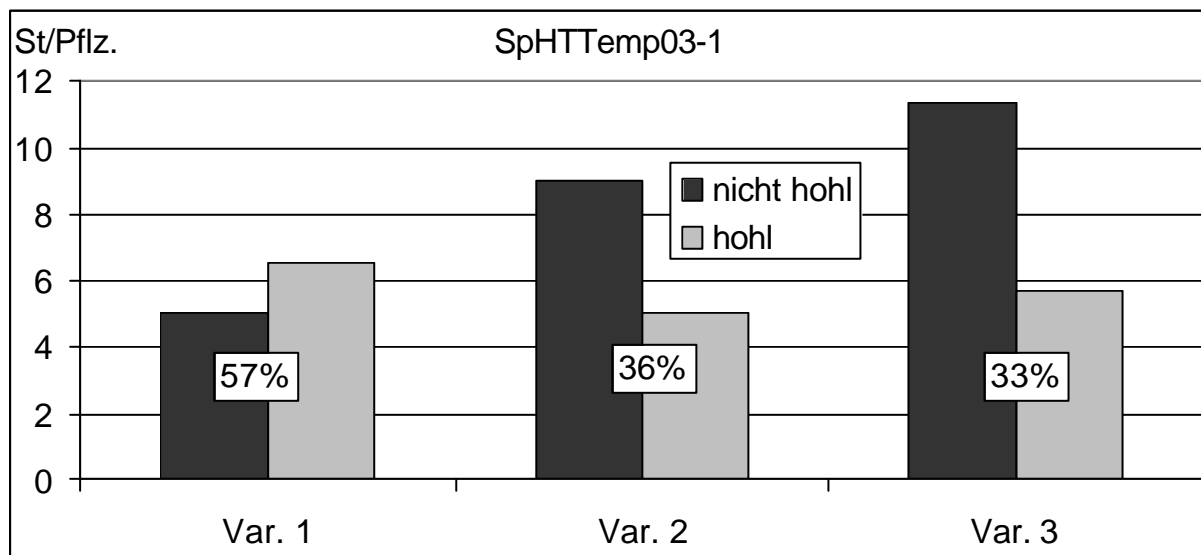


Abb.12: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2003

Trotz Tag-Nacht-Zyklus kam es nicht zum vermehrten Auftreten hohler Stangen bei konstant hohen Temperaturen. Im Gegenteil waren nur bei der kältesten Variante 1(18°C) verstärkt hohle Stangen (57%) zu erfassen.

Die weiteren Versuchsbedingungen werden beschreibt Anhang 7.1.

3.1.2.3. Temperaturunterschiede während des Treibens

In den Jahren 2002 – 2003 wurden zu dieser Fragestellung Modellversuche mit der Sorte ‚Gijnlim‘ durchgeführt.

Tab. 9: Varianten der Temperaturunterschiede

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1.	Treiben bei Umgebungstemperatur
2.	Vorher eingefroren, dann wie Var.1
3.	Wie Var.2 aber Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C
4.	Wie Var.3, aber zusätzlich IR Bestrahlung

Der Versuch wurde 2002 dreimal mit leicht variierten Umgebungstemperaturen wiederholt. Die Temperaturverläufe in Kronentiefe waren sehr ähnlich, deshalb werden sie nur an einem Versuch dargestellt, die Verläufe der anderen Versuche befinden sich im Anhang 7.1. Deutlich waren die Unterschiede jedoch bei Betrachtung der verschiedenen Tiefen.

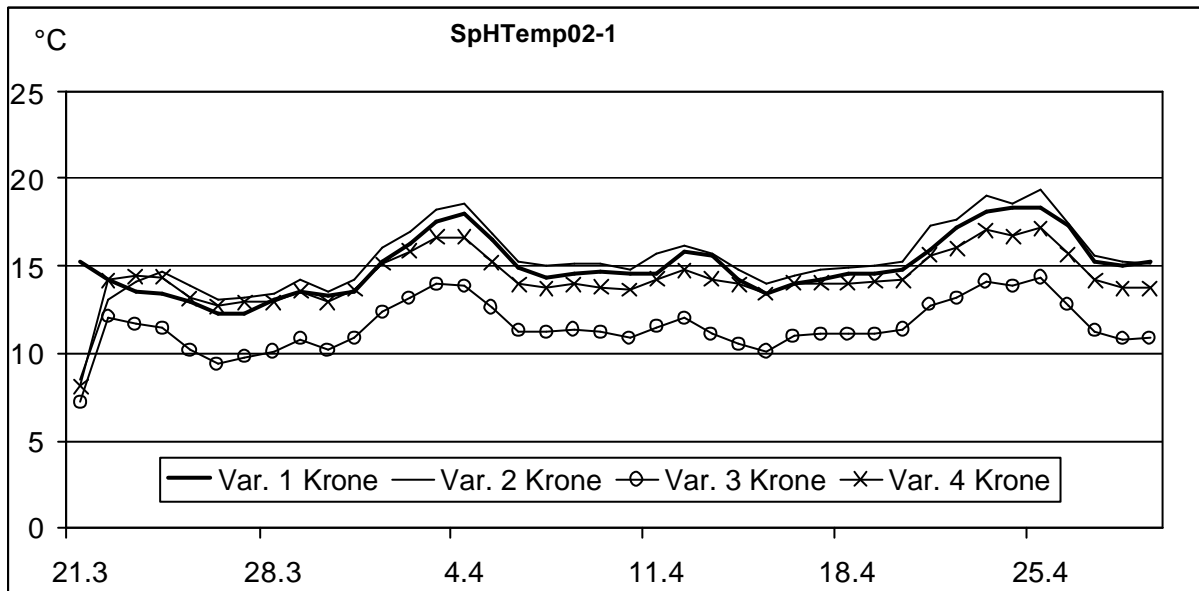


Abb.13: Temperaturverlauf in Kronentiefe (SpHTemp03-1)

Die Temperatur der ungekühlten Varianten differierte sehr wenig. Bei Variante 4 wurde die Kühlung des unteren Bereiches auf Höhe der Krone durch Infra-Rot Bestrahlung annähernd kompensiert.

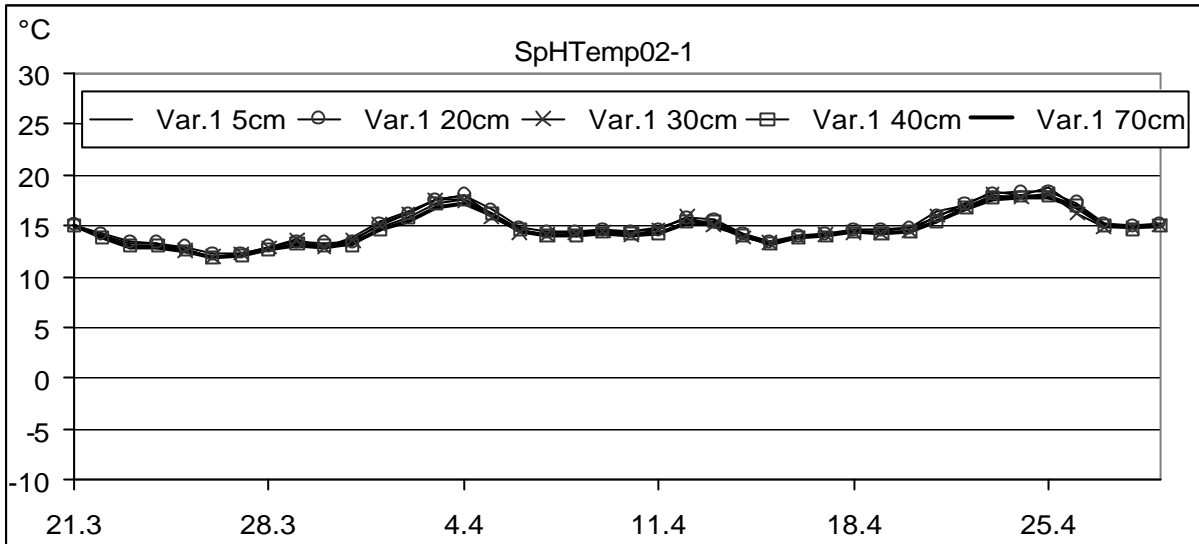


Abb.14: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.1 (SpHTemp02-1)

Die Temperaturverläufe zeigten deutlich, dass sich die Temperaturen der verschiedenen Bodenschichten bei den ungekühlten Varianten nur gering unterschieden.

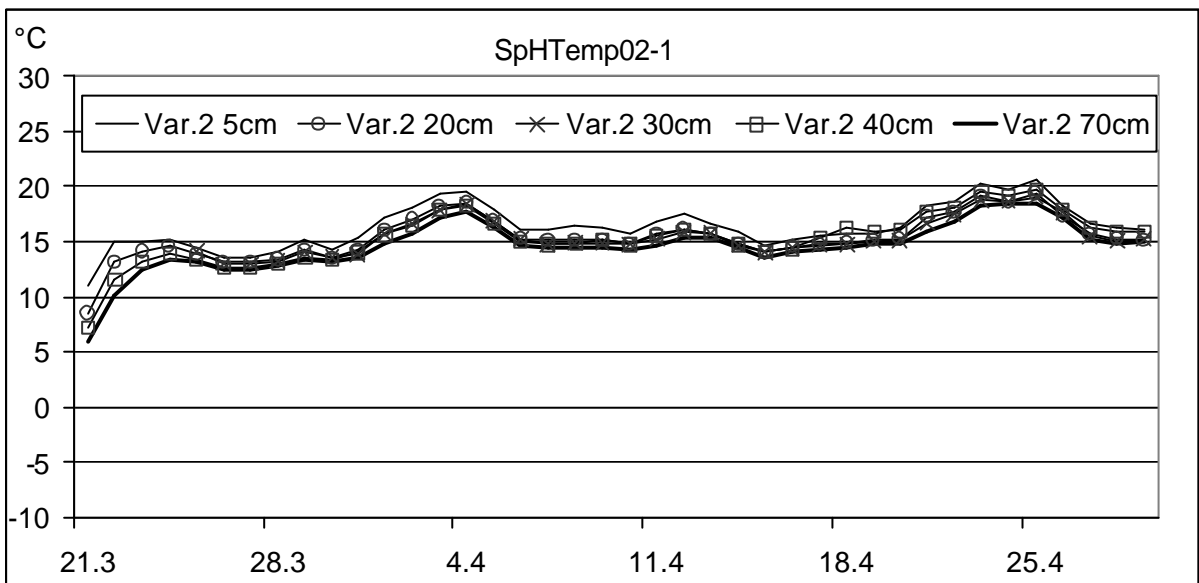


Abb.15: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.2 (SpHTemp02-1)

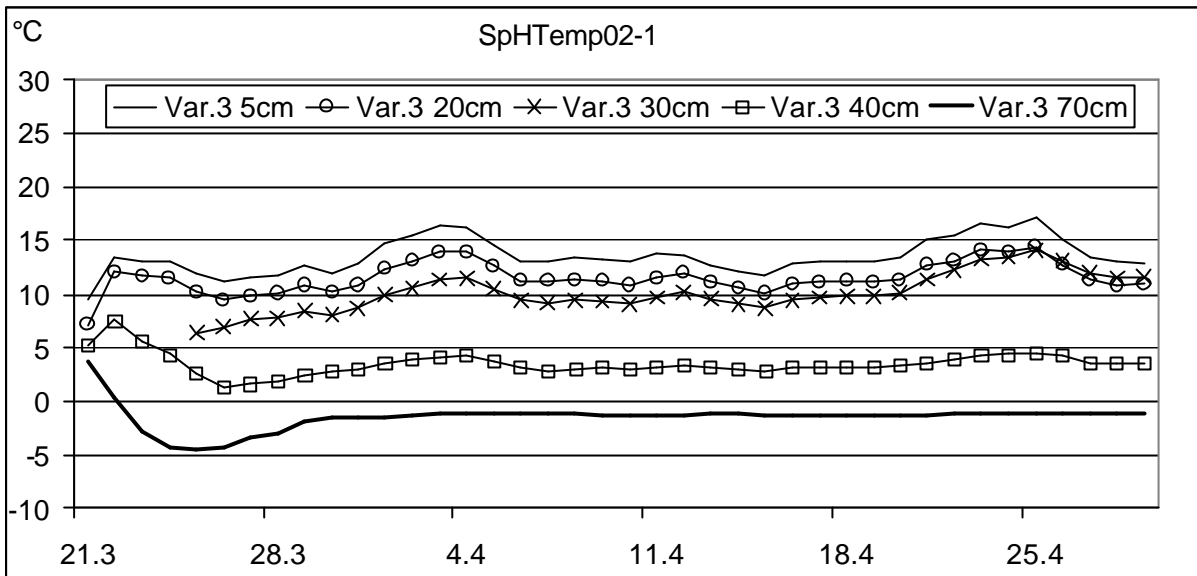


Abb.16: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.3 (SpHTemp02-1)

Der Effekt der Kühlung zeigte sich bei der unbestrahlten Variante 3 bis zur Tiefe von 5cm von der Oberfläche.

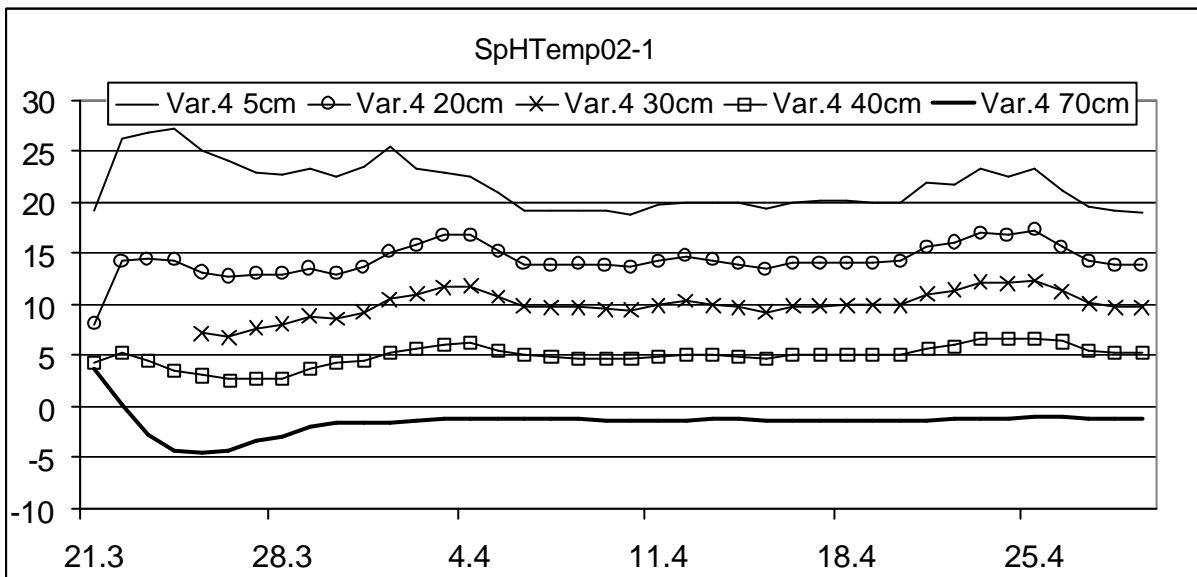


Abb.17: Temperaturverlauf in verschiedenen Bodentiefen Var.4 (SpHTemp02-1)

Bei Variante 4 wurde die obere Bodenschicht erheblich erwärmt, dieser Effekt hob sich bei einer Tiefe von 30cm durch die Kühlung auf.

Die Erntemengen variierten stark zwischen den Wiederholungen des Versuches. Bei den unterschiedlichen Varianten zeigte sich, dass Variante 3 die geringste Bodentemperatur und auch die geringste Erntemenge aufwies.

Im Modellversuch bestätigte sich, dass hohle Stangen vor allem entstehen, wenn sich der Damm schnell erwärmt und der Unterboden noch kühl ist, wie es die untenstehende Abbildung deutlich macht. Diese Bedingungen wurden bei der Variante 3 simuliert.

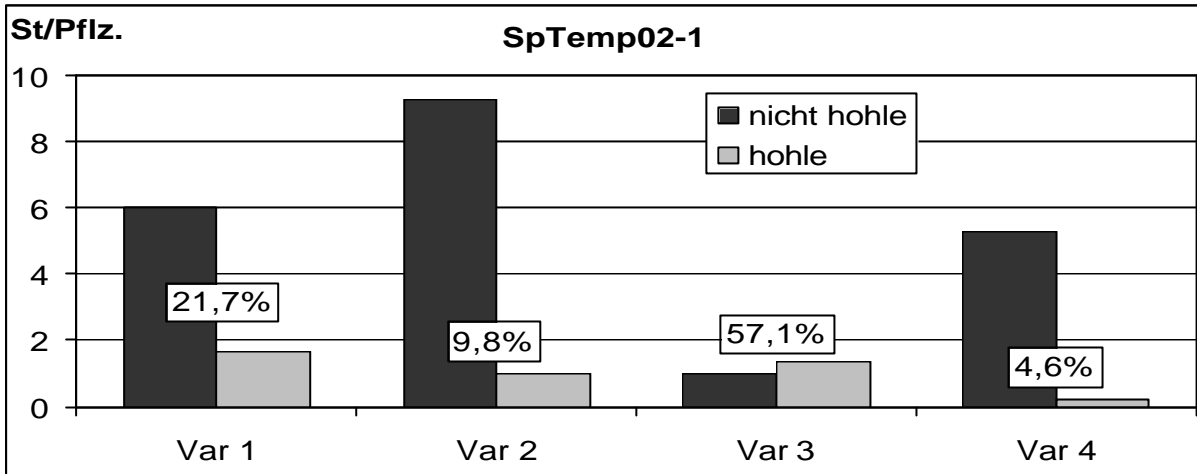


Abb. 18: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTemp02-1)

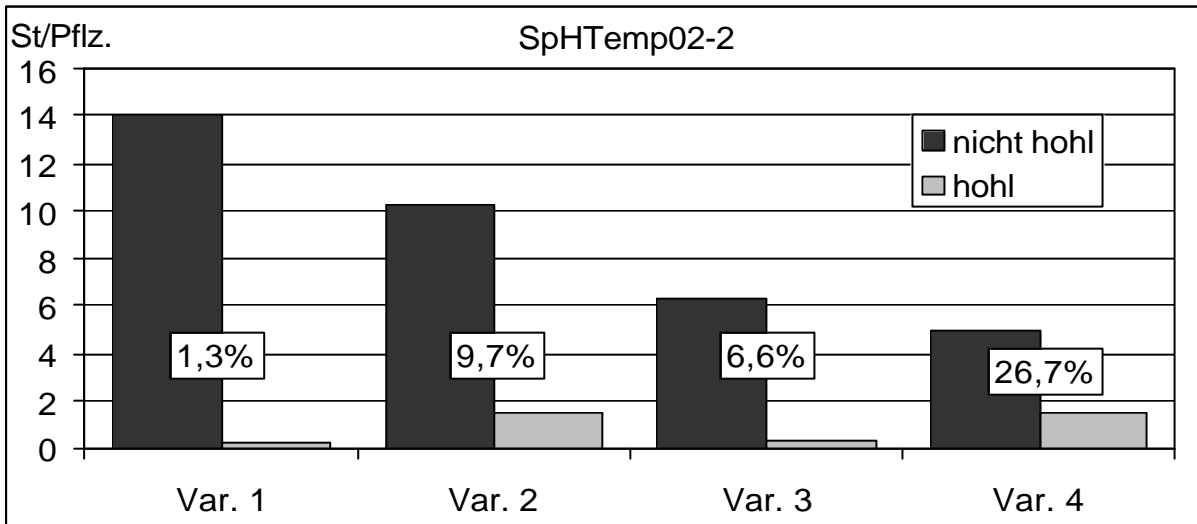


Abb.19: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTemp02-2)

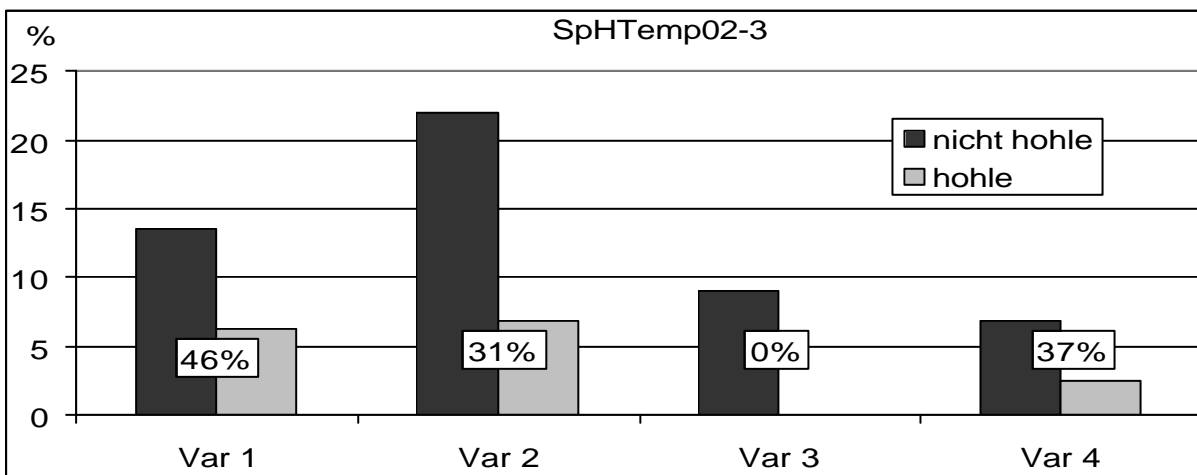


Abb.20: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTemp02-3)

Bei zusätzlicher Bestrahlung der Oberfläche stieg die Erntemenge an, blieb aber bei annähernd gleicher Bodentemperatur in Kronentiefe hinter der unbehandelten

Varianten zurück. Der Anteil hohler Stangen war innerhalb der Wiederholungen uneinheitlich hoch. Zwischen den Varianten ergab sich kein einheitliches Bild.

Im Jahr 2003 wurden die Versuche mit der Sorte ‚Gijnlim‘ und einer längeren Ernteperiode von 28 Tagen fortgesetzt.

Tab. 10: Varianten zur differenzierten Temperatur bei ‚Gijnlim‘ 2003

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Treiben bei Umgebungstemperatur von 18°C
2	Wie Var. 1, Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C
3	Wie Var. 2, zusätzlich IR Bestrahlung

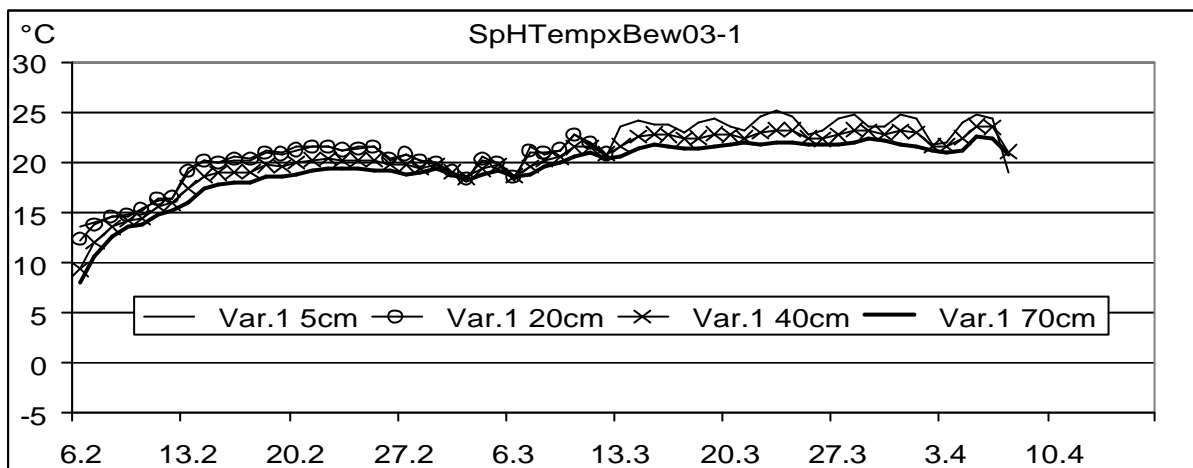


Abb.21: Temperaturverlauf Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen (SpHTempxBew03-1)

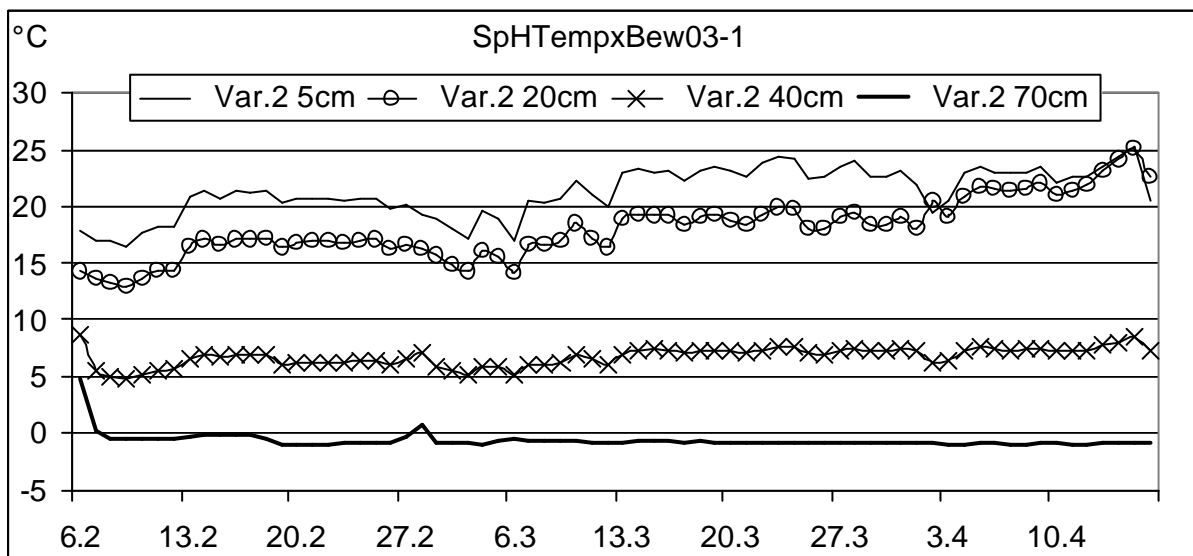


Abb.22: Temperaturverlauf Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen (SpHTempxBew03-1)

Die Temperaturverläufe in den verschiedenen Bodenschichten der ungekühlten Variante lagen dicht bei einander. Bei den Variante 2 und 3 zeigte sich der Effekt der Kühlung bis 20cm unter der Oberfläche.

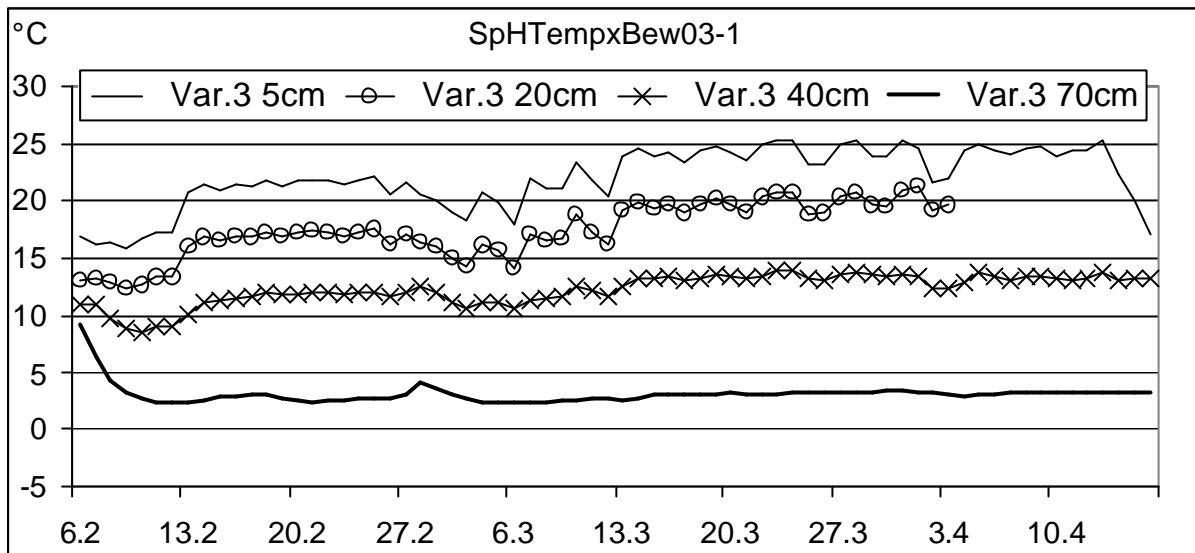


Abb.23: Temperaturverlauf Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen (SpHTempxBew03-1)
Der Einfluss der IR-Bestrahlung bei Variante 3 beschränkte sich auf die obersten 20cm.

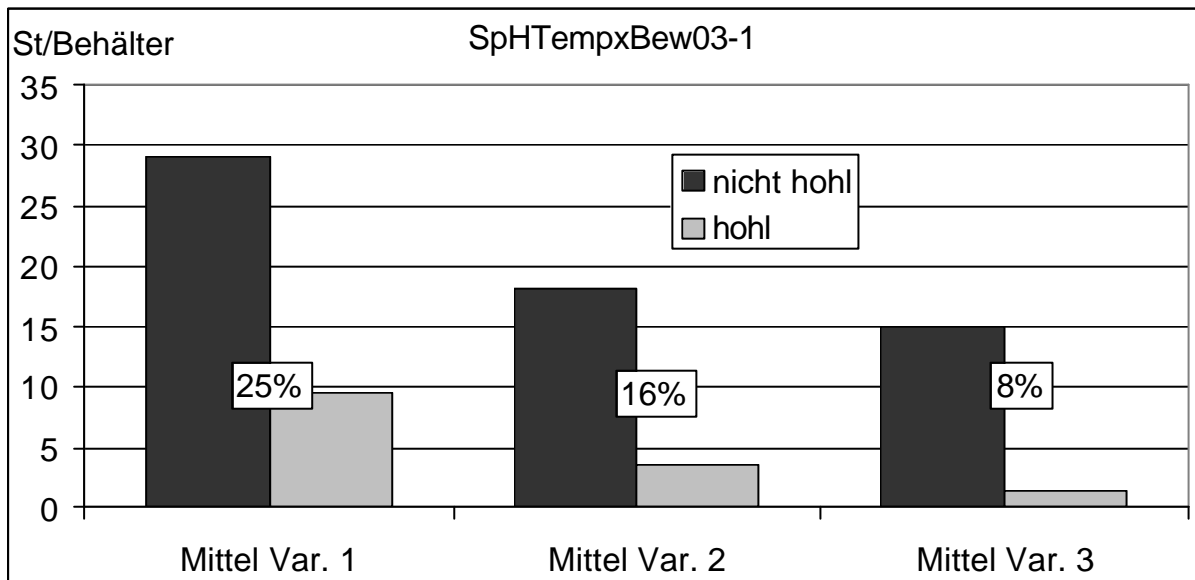


Abb.24: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTempxBew03-1)

Die ungekühlte Variante 1 erreichte die höchste Gesamterntemenge, die Variante mit der höchsten Temperaturdifferenz produzierte die wenigsten Stangen. Der Anteil hohler Stangen war insgesamt durchschnittlich. Die nicht behandelte Variante 1 hatte den höchsten Anteil hohler Stangen, gefolgt von der Variante mit Kühlung. Variante 3, die zusätzlich zur Kühlung auch mittels Infra-Rot Strahler erwärmt wurde, hatte den geringsten Anteil hohler Stangen.

2003 wurde ein Modellversuch mit der Sorte ‚Gijnlim‘, durchgeführt, bei dem der Einfluss von Temperaturschwankungen untersucht wurde. Geerntet wurde 4 Wochen. Folgende Varianten wurden geprüft:

Tab. 11: Differenzierte Temperaturschwankungen bei ‚Gijnlim‘ 2003

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
---------	---------------------------------

1.	Treiben bei Umgebungstemperatur 15 bis 35 °C
2.	Treiben bei Umgebungstemperatur, 1. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur 2. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur – 4 K 3. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur 4. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur – 4 K

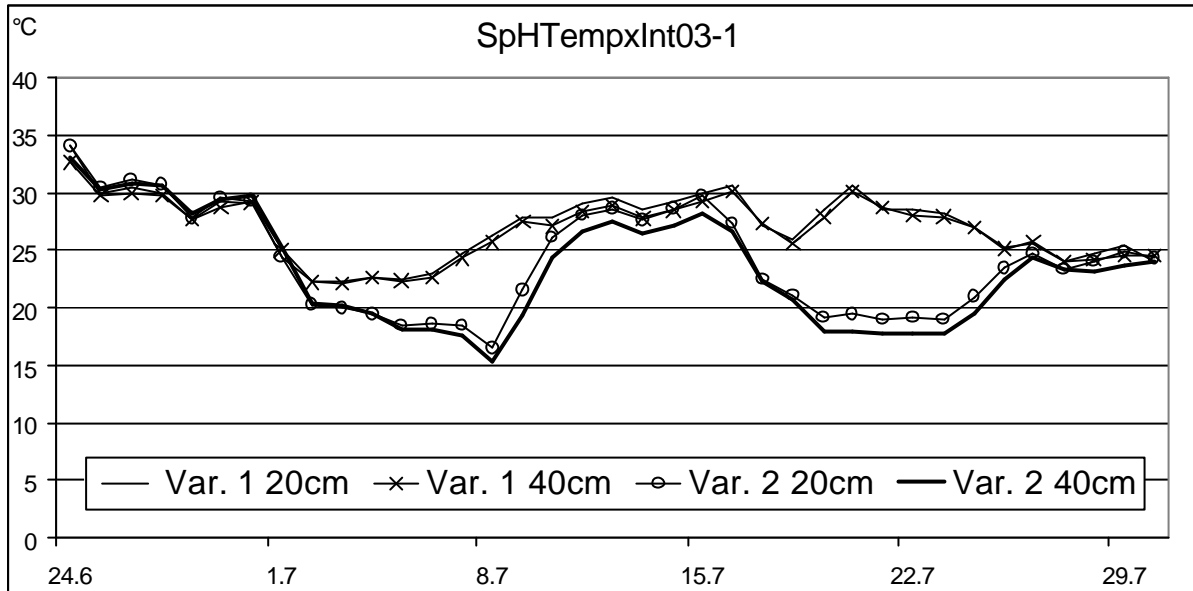


Abb.25: Temperaturverlauf in 2 Tiefen und bei Var. 1 und 2 (SpHTempxInt03-1)

Die Temperaturverläufe innerhalb der Varianten liegen dicht bei einander. Der Einfluss der Kühlung bei der Variante 2 erbrachte eine Temperaturabsenkung von 5 – 10 K.

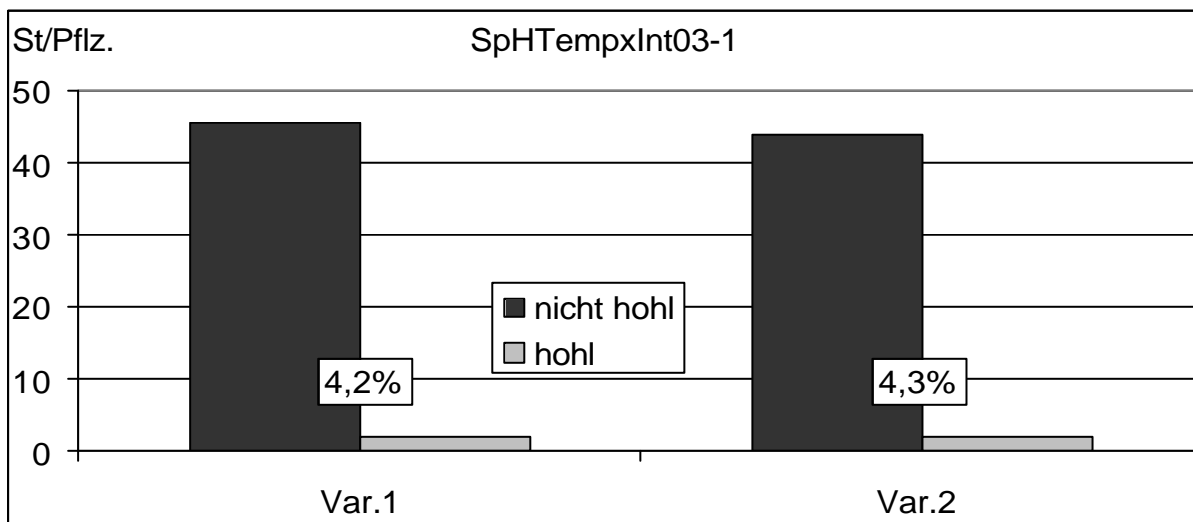


Abb.26: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHTempxInt03-1)

Sowohl in der Anzahl der geernteten Stangen sowie im Anteil hohler Stangen traten entgegen den Erwartungen bei einem Erntezeitraum von 28 Tagen keine Unterschiede zwischen den Varianten auf.

3.1.3. Wechselwirkungen zwischen Bodenfeuchte und Temperatur

Zu den Wechselwirkungen zwischen Bodenfeuchte und Temperatur wurde 2003 ein Modellversuch durchgeführt. Folgende Varianten wurden überprüft.

Tab. 12: Wechselwirkungen zwischen Bodenfeuchte und Temperatur

Var.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Treiben bei Umgebungstemperatur 18°C, Boden 0-30cm 40% nWK
2	Wie Var.1., Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C
3	Wie Var.2, zusätzlich IR-Bestrahlung

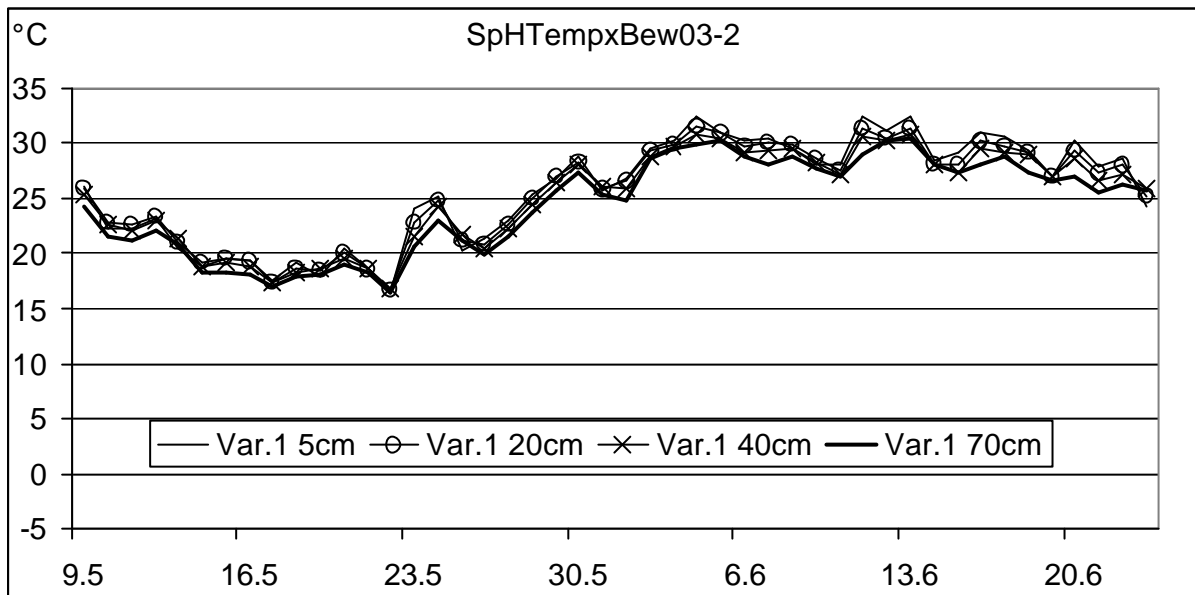


Abb. 27: Bodentemperaturverlauf Var. 1 (SpHTempxBew03-2)

Bei Variante 1 lagen die Temperaturen wie geplant in den verschiedenen Bodenschichten dicht beieinander.

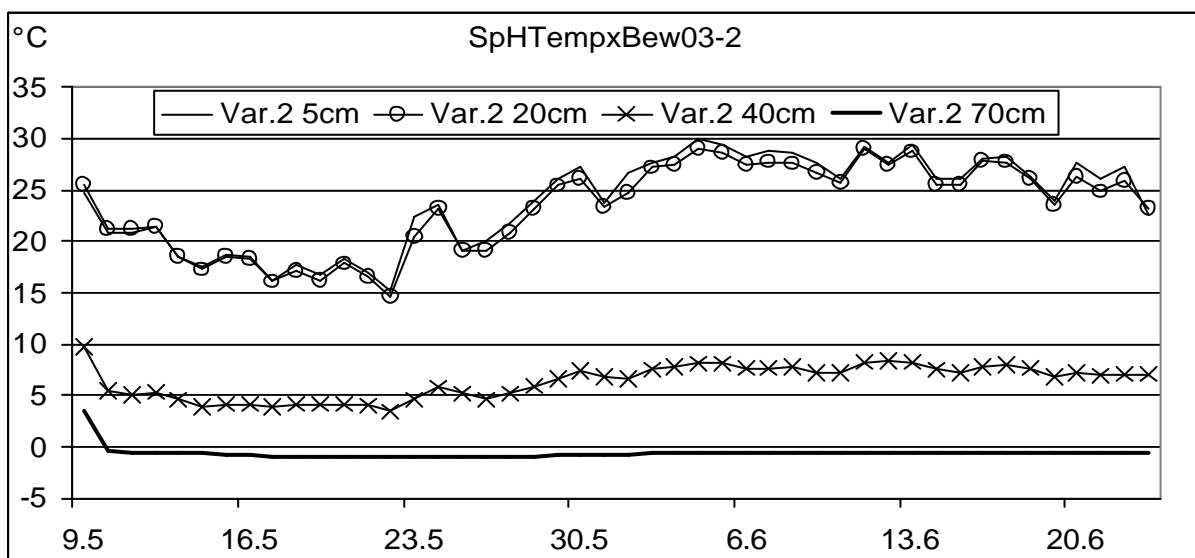


Abb.28: Bodentemperaturverlauf Var. 2 (SpHTempxBew03-2)

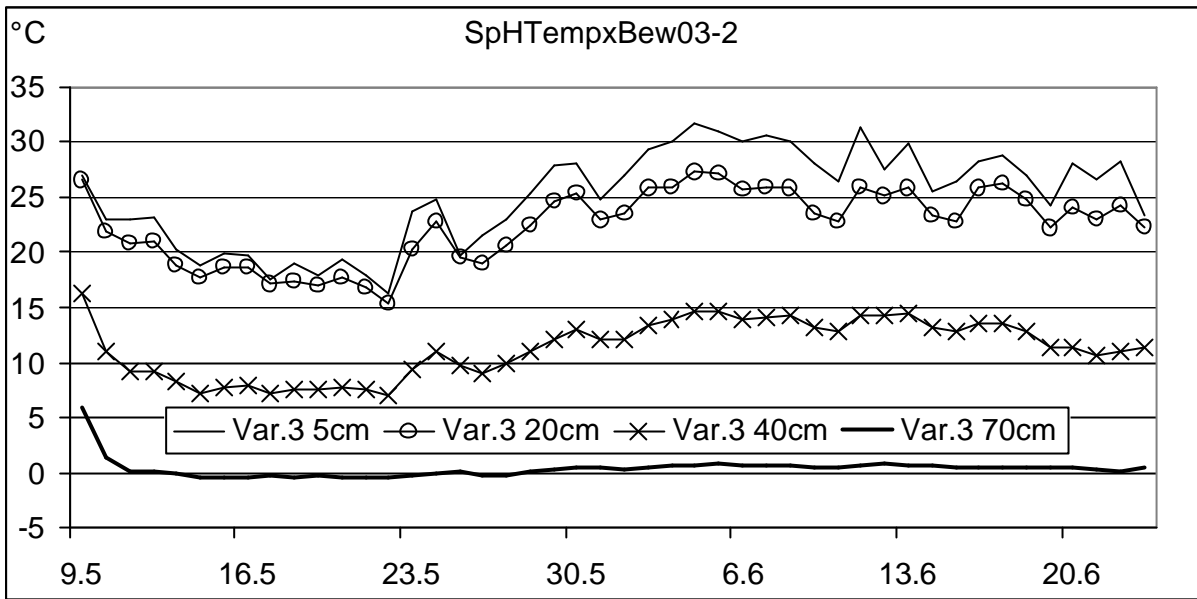


Abb.29: Bodentemperaturverlauf Var. 3 (SpHTempxBew03-2)

Bei Variante 2 und 3 war das Temperaturgefälle aufgrund der Kühlung erheblich größer. In 70cm Tiefe wurde zeitweise Frost erreicht. Die IR-Bestrahlung der Variante 3 musste zeitweise ausgesetzt werden, da die Umgebungstemperaturen sowie die Sonneneinstrahlung so erheblich waren, dass bei den geernteten Stangen der Variante 3 Missbildungen auftraten.

Der Effekt der Kühlung ist bis in einer Tiefe von 20 cm nachweisbar.

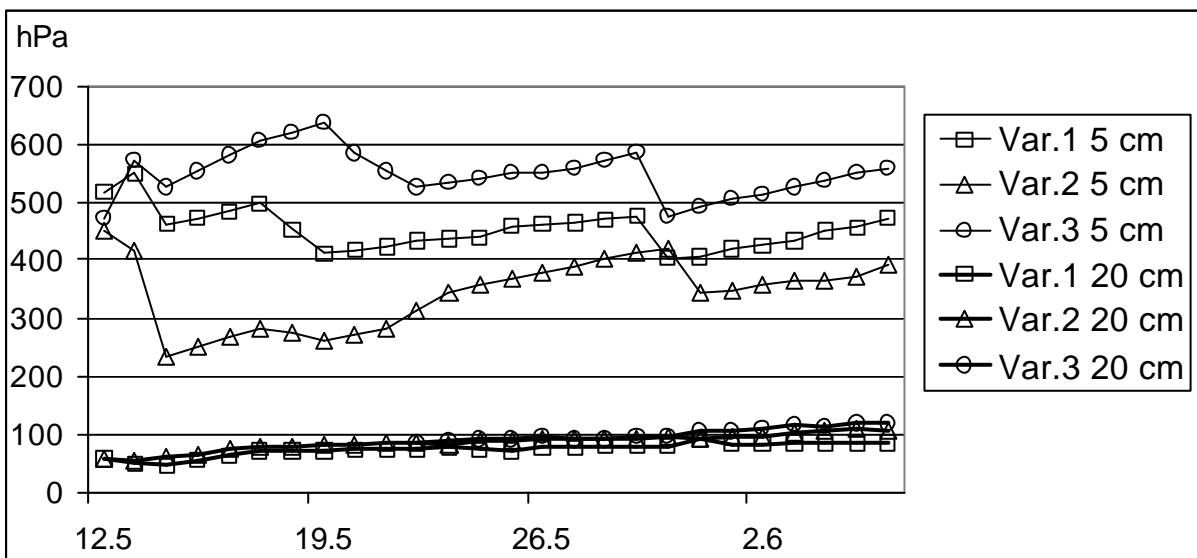


Abb. 30: Bodenfeuchte in zwei Tiefen der geprüften Varianten (SpHTempxBew03-2)

Der Verlauf der Bodenfeuchte zeigte in 20 cm Tiefe eine sehr hohe Bodenfeuchte, während der Bereich oberhalb sehr trocken war.

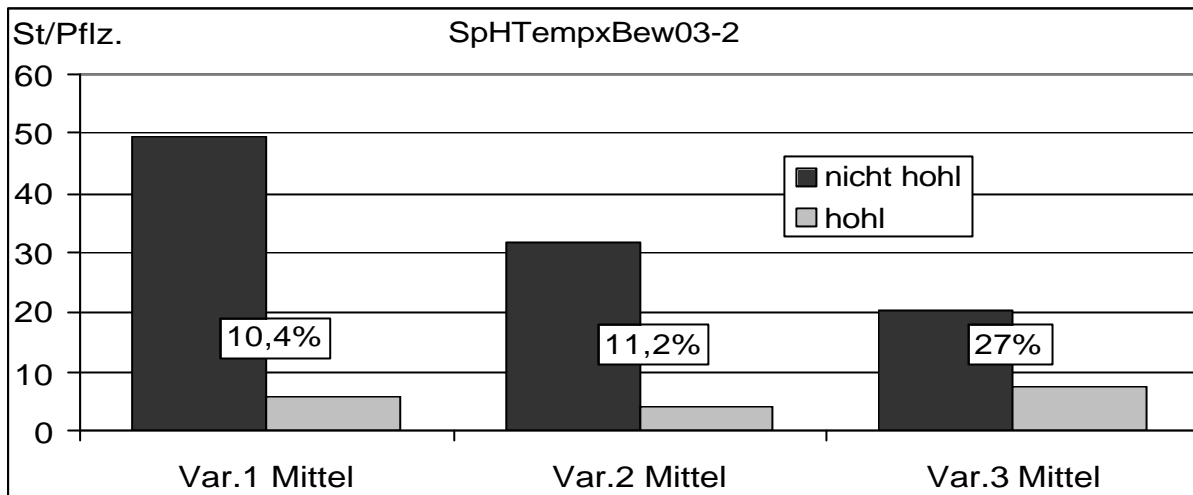


Abb.31: Anteil hohler Stangen an der Gesamterntemenge (TexBew03-2)

Im Ertrag zeigte sich die ungekühlte Variante deutlich überlegen. Die Erntemenge der Variante 2 war höher als die der Variante 3. Vom Anteil hohler Stangen unterschieden sich Variante 1 und 2 nur gering von einander, der Anteil bei Variante 3 lag deutlich höher. Dieses Bild entspricht auch den Beobachtungen aus Praxisbeständen, was deutlich macht, dass die Beobachtungen aus den Modellversuchen bei wenigen Einschränkungen gut auf die Feldbedingungen übertragbar sind.

- **Zusammenfassende Bewertung der Temperaturwirkung**

Die einzelnen Versuche zeigten die Reaktion der Pflanzen unter den jeweils gegebenen Bedingungen. Erst bei der Zusammenführung der Einzelergebnisse werden allgemeinere Zusammenhänge deutlich, die beim Anbau genutzt werden können, um den Anteil hohler Stangen zu reduzieren.

Die Summen der Erträge einer Vegetationsperiode beim Variantenvergleich lassen nicht immer die Zusammenhänge zwischen den spezifischen Bedingungen der Umwelt und dem Auftreten hohler Stangen erkennen. In den Mittelwerten werden Zusammenhänge teilweise nicht sichtbar, weil einzelne Pflanzen gegensätzlich reagieren. Das hängt vermutlich auch damit zusammen, dass zwischen einzelnen Knospen und Speicherwurzeln enge Verbindungen bestehen, die unterschiedliche Zuckervorräte aufweisen und damit auch unterschiedlich reagieren. In Versuchen mit relativ kleinen Pflanzanzahlen nimmt deshalb der Stichprobenfehler mehr Einfluss als bei der Bewertung auf großen Schlägen, wo dieser Fehler deutlich reduziert wird. Deshalb müssen Aussagen auch auf entsprechend großen Flächen überprüft und validiert werden. Zur Reduzierung des Aufwandes wurden teilweise aus den Ertragsbildungsperioden nur Zeitsegmente ausgewählt und analysiert, um kausale Wirkungsmechanismen besser erkennen zu können.

Dabei zeigte sich, dass die Temperaturverhältnisse den wesentlichsten Einfluss auf die Ausbildung hohler Stangen besitzen. Ein enge Wechselwirkung besteht zu den Sorten, wo die Neigung zur Ausbildung hohler Stangen differenziert ausgeprägt ist. Hohle Stangen können zu jeder Zeit der Ernteperiode entstehen, wenn die Umweltbedingungen entsprechend ausgeprägt sind.

Hohle Stangen treten vor allem auf, wenn eine Temperaturdifferenz von mindestens 4 K zwischen dem oberen Dammbereich und dem durchwurzelteten Unterboden (unterhalb des Rhizoms) besteht, aber auch dann, wenn innerhalb weniger Tage ein starker Temperaturwechsel in dem Bereich des Dammes auftritt, in dem die Stangen wachsen. Das gilt sowohl für Temperaturanstiege, wie auch -absenkungen.

Nachfolgend wird das bei der Modellierung durch Neuronale Netze deutlich gemacht. Diese Arbeiten erfolgte in Zusammenarbeit mit Jaki von der FH Wiesbaden, Standort Geisenheim. Die engste Beziehung zwischen Temperaturmesswerten und der Ausbildung hohler Stangen konnte durch Einbeziehung der 3-Tagesmitteltemperaturen erreicht werden. Dies deckt sich sehr gut mit den Beobachtungen unter Feldbedingungen in Neustadt.

Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen die gute Übereinstimmung der dabei erreichten Anpassung an das Auftreten hohler Stangen bei der Sorte Gijnlim und noch besser bei Grolim für die Verhältnisse von 2003. Dieses Beispiel wurde ausgewählt, da es das Jahr mit der längsten Ernteperiode während des Untersuchungszeitraumes war.

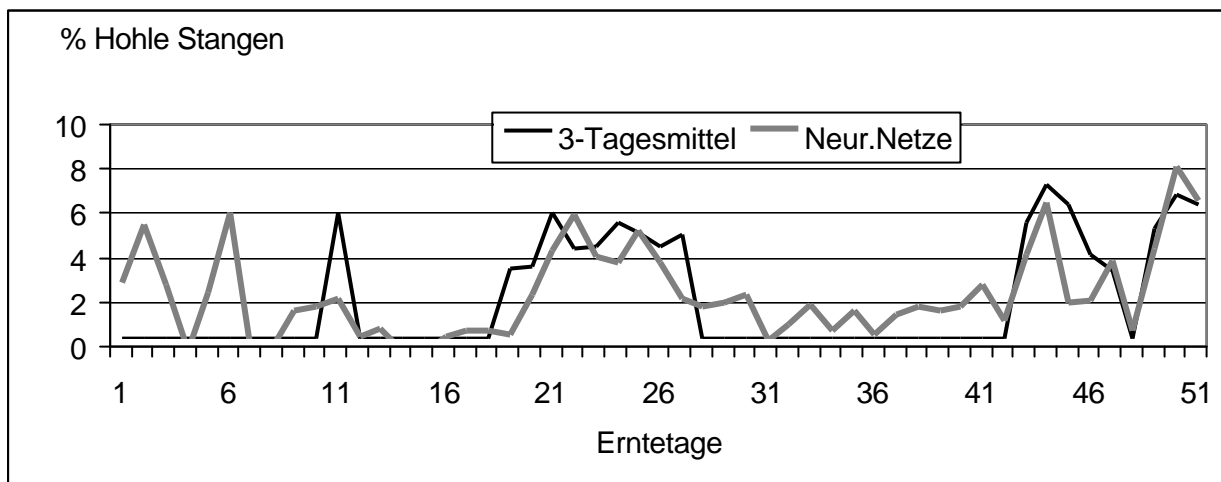


Abb. 32: Berechnung des Anteils hohler Stangen der Sorte Gijnlim ohne Folie aus der Temperaturdynamik des Bodens zwischen Damm und Wurzelbereich mit Hilfe neuronaler Netze

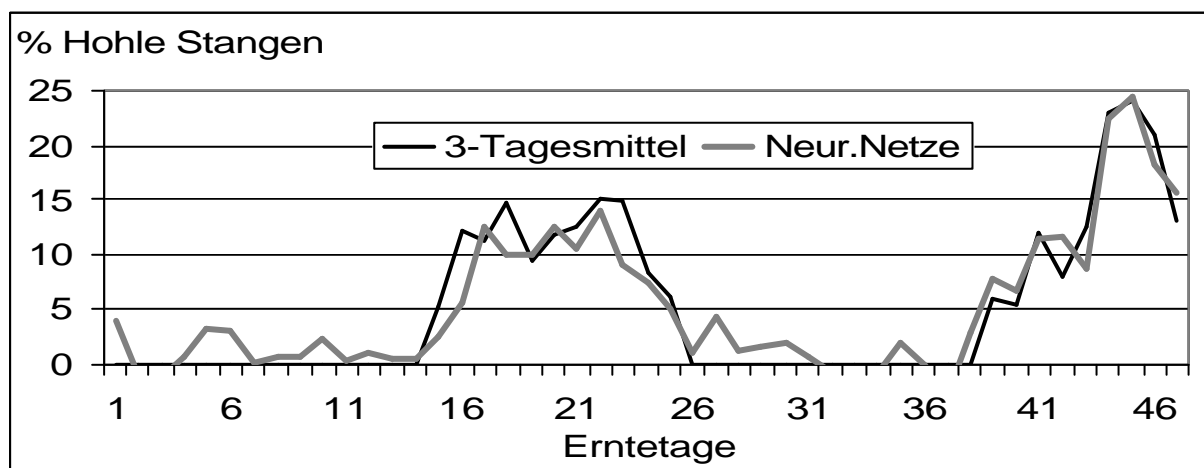


Abb. 33: Berechnung des Anteils hohler Stangen der Sorte Grolim ohne Folie aus der Temperaturdynamik des Bodens zwischen Damm und Wurzelbereich mit Hilfe neuronaler Netze

Auch in Zeiten mit hohen Anteilen hohler Stangen in Junganlagen (3.Standjahr) besteht dieser deutliche Zusammenhang wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

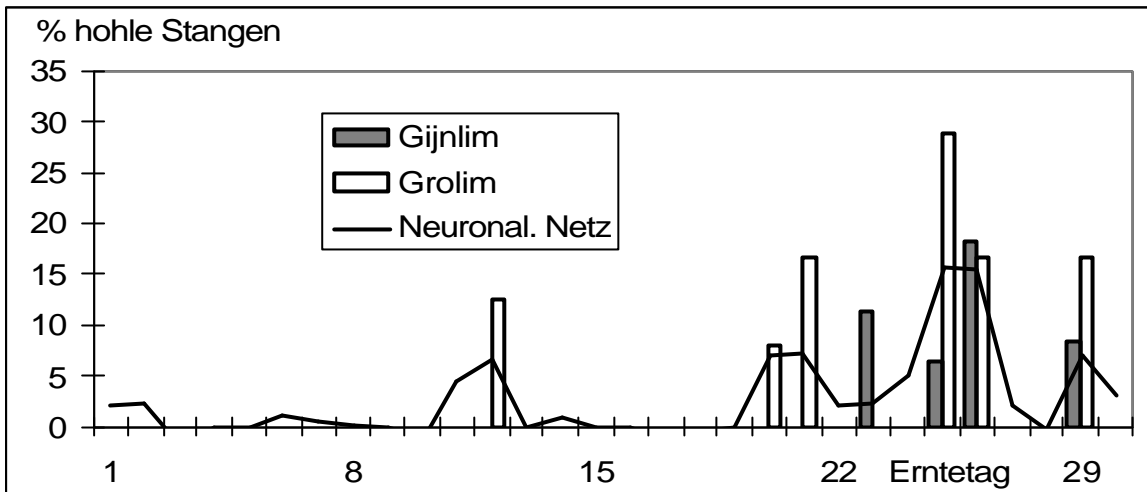


Abb. 34: Neuronale Netze zur Darstellung des Auftretens hohler Stangen bei den Sorten Grolim und Gijnlim

Die dargestellten mathematischen Verhältnisse können für die Vorhersage der Wahrscheinlichkeit des Auftretens hoher Stangen als Anteile der Gesamtstangen genutzt werden. Zur besseren Absicherung der Aussagen wird nach Einbeziehung weiterer Daten aus dem Jahr 2004 eine entsprechende Veröffentlichung erarbeitet und damit weiter präziserte Hinweise an die Anbauer gegeben.

Hohle Stangen treten jedoch auch mit zunehmender Bodentemperatur, also allgemein gegen Ende der Ernteperiode, verstärkt auf. Je höher die mittlere Wachstumstemperatur und die maximale Temperaturdifferenz zwischen Damm und Wurzelbereich ist desto stärker muss mit hohlen Stangen gerechnet werden. Das gilt sowohl für Gijnlim als auch Grolim, wie die Abbildungen verdeutlichen. Dabei ergibt sich keine Einschränkung, ob der Anbau mit oder ohne Folienbedeckung erfolgt.

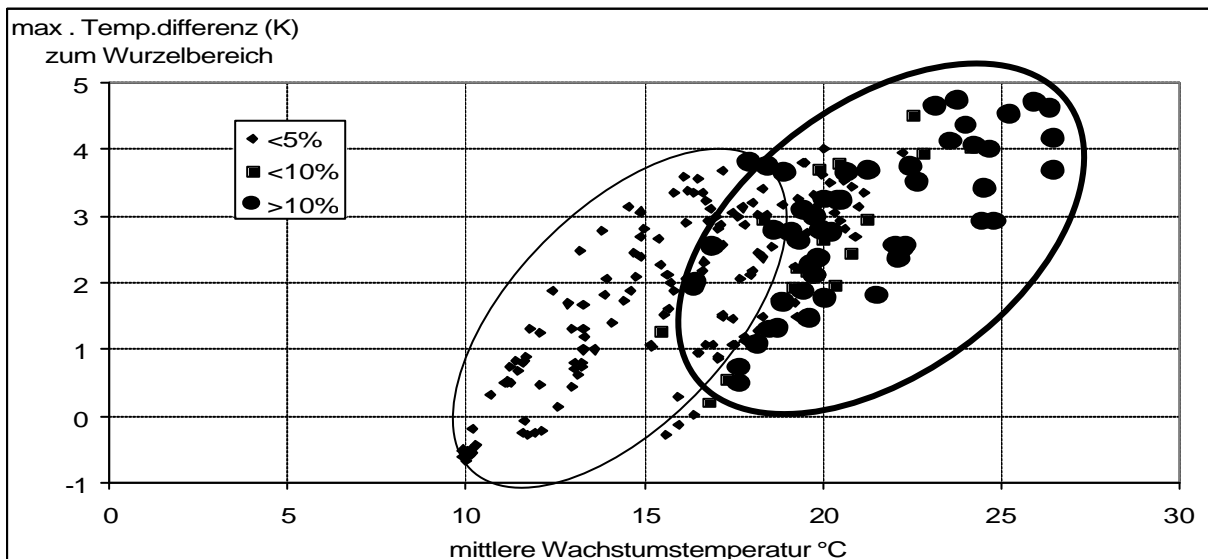


Abb. 35: Einfluss der Temperatur und Temperaturdifferenzen auf das Auftreten hohler Stangen bei 'Gijnlim'

Die unterschiedlichen Signaturen in den Abbildungen zeigen, dass sich die Häufigkeit des Auftretens hohler Stangen, hier klassifiziert in die Gruppen < 5%, 5-10 % und >10 %, mit dem Anstieg der mittleren Wachstumstemperatur deutlich vergrößert.

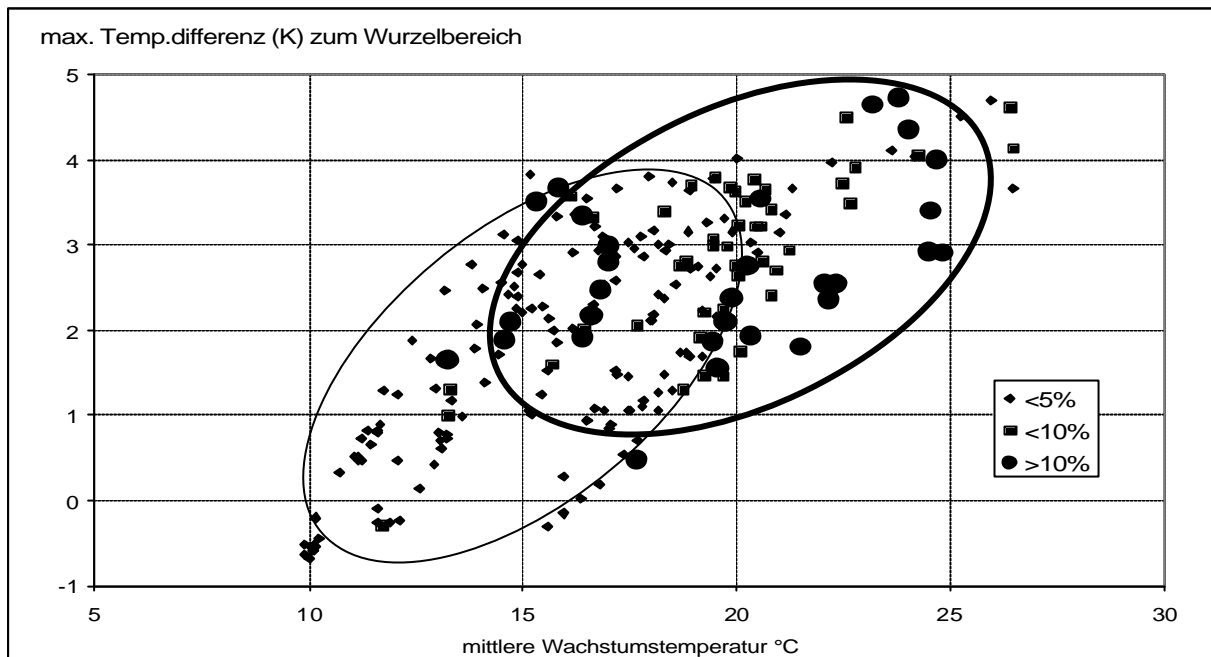


Abb.36: Einfluss der Temperatur und Temperaturdifferenzen auf das Auftreten hohler Stangen bei ‚Grolim‘

Klimatisierende Beregnung

Um neben dem Einsatz der Folie mit der weißen Seite nach oben zu prüfen, ob noch eine weitere Temperaturabsenkung zu erreichen ist, wurden Praxisversuche mit einer Überkopfbewässerung durchgeführt (Weinheimer 2003). Hierzu wurden die Dämme zum Beregnen aufgedeckt. Nach der Beregnung mit Gaben von 5 mm blieben die Dämme so lange unbedeckt, bis die Bodenoberfläche abgetrocknet war. Danach wurde die Folie wieder aufgelegt. Durch diese Vorgehensweise konnte keine Temperaturabsenkung im Vergleich zu weiß eingedeckten Dämmen erzielt werden. Die Temperaturen in den beregneten Dämmen und in den eingedeckten Dämmen blieben die gesamte Zeit nahezu gleich. In den beregneten Dämmen bildeten sich nach der Beregnung wesentlich mehr gefärbte Stangen. Auch eine positive Entwicklung der geöffneten Köpfe war nicht zu erkennen, sodass eine solche Beregnung beim Anbau mit schwarzweißen Folien nicht empfehlenswert erscheint.

In weiteren Versuchen wurde die Möglichkeit einer Temperaturabsenkung mittels einer Überkopfbewässerung bei komplett unbedeckten Dämmen untersucht. Diese Versuche zeigten, dass die Maximaltemperatur in den beregneten Dämmen ca. 10 K unter der Temperatur der unberegneten Dämme liegt. Mit einer klimatisierenden Beregnung ist es möglich, die Höchsttemperaturen beim folienlosen Anbau in denselben Bereich zu bringen, wie beim Einsatz weißer Folien. Begrenzend wirkt allerdings die teilweise zu niedrige Wasserversickerung, insbesondere auf schwereren Böden, was die Ernte behindern kann.

Neben den Praxisversuchen wurden Berechnungen durchgeführt, um die Temperaturentwicklung nach der Beregnung abschätzen zu können. Mit Hilfe dieser Berechnungen können relativ genaue Vorhersagen der zu erwartenden Temperatureffekte getroffen werden.

3.1.4. Reservekohlenhydratversorgung

Im Jahr 2003 wurden ein Vorversuch und ein Modellversuch mit der Sorte ‚Gijnlim‘ durchgeführt. Die Reservekohlenhydrate wurden mit dem Refraktometer als Schnelltest gemessen, da nur diese Werte mit einem vertretbaren Aufwand unter Praxisbedingungen ermittelt werden können. Die Vergleichswerte chemischer Analysen liegen in Geisenheim vor.

Tab. 13: Brixwerte in Spargelspeicherwurzeln in Abhängigkeit vom Ernteabschluss

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors	Brix Werte
1.	Versuchspflanzen mit frühem Erntende: 14.03.02	29,0
2.	Versuchspflanzen mit normalem Erntende: 26.06.02	22,0
3.	Versuchspflanzen mit spätem Erntende: 02.08.02	10,2

Bei Betrachtung der Ergebnisse erkennt man einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Erntende und den Brix-Werten im Folgejahr. Die weiteren Versuchsbedingungen sind im Anhang 7.1. beschrieben. Die Bodenfeuchte und Temperatur wurden nicht variiert, jedoch in unterschiedlichen Tiefen erfasst.

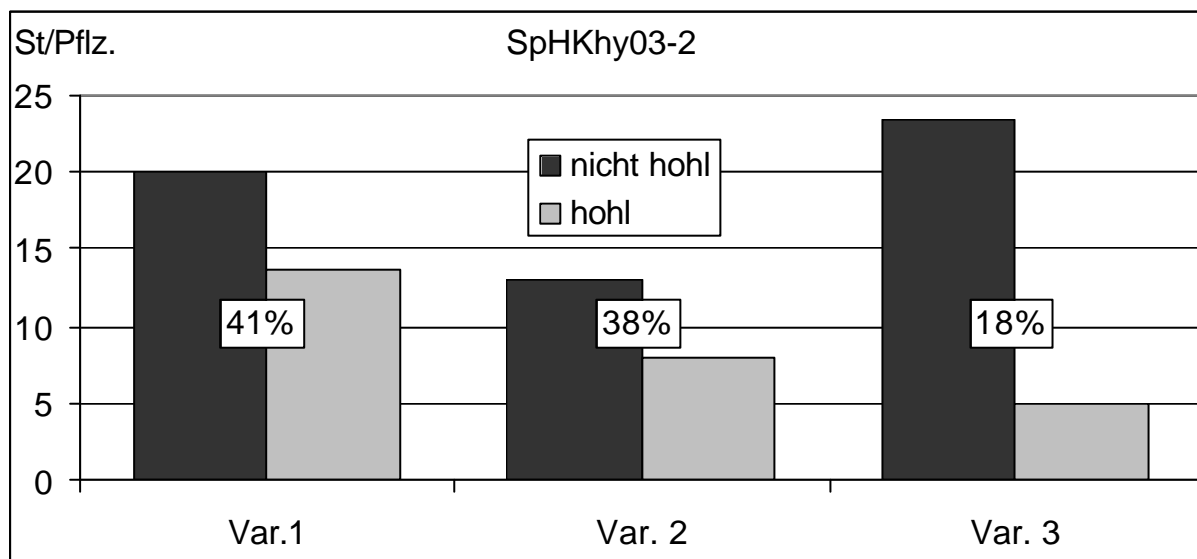


Abb.37: Gesamtstangenzahl und Anteil hohler Stangen (SpHKhy03-2)

Die Variante mit dem frühen Erntende zeigte den höchsten Ertrag, Variante 2 und 3 unterschieden sich nur gering. Im Anteil hohler Stangen hatte Variante 1 den höchsten Anteil, gefolgt von Variante 2 und mit 18% deutlich am niedrigsten bei Variante 3.

Bei den Modellversuchen wurden Wurzelproben von einer Pflanze pro Variante genommen und untersucht. Für die folgenden Abbildungen wurden Pflanzen vergleichbaren Alters und ähnlichen Versuchsbedingungen zusammengestellt. Deutlich werden die erheblichen Streuungen der Werte, weshalb analog zu den N_{\min} -Probenahmen für die Reservekohlenhydrat (RKH) Untersuchungen allgemein 20 Wurzelproben für Praxisbonituren empfohlen werden.

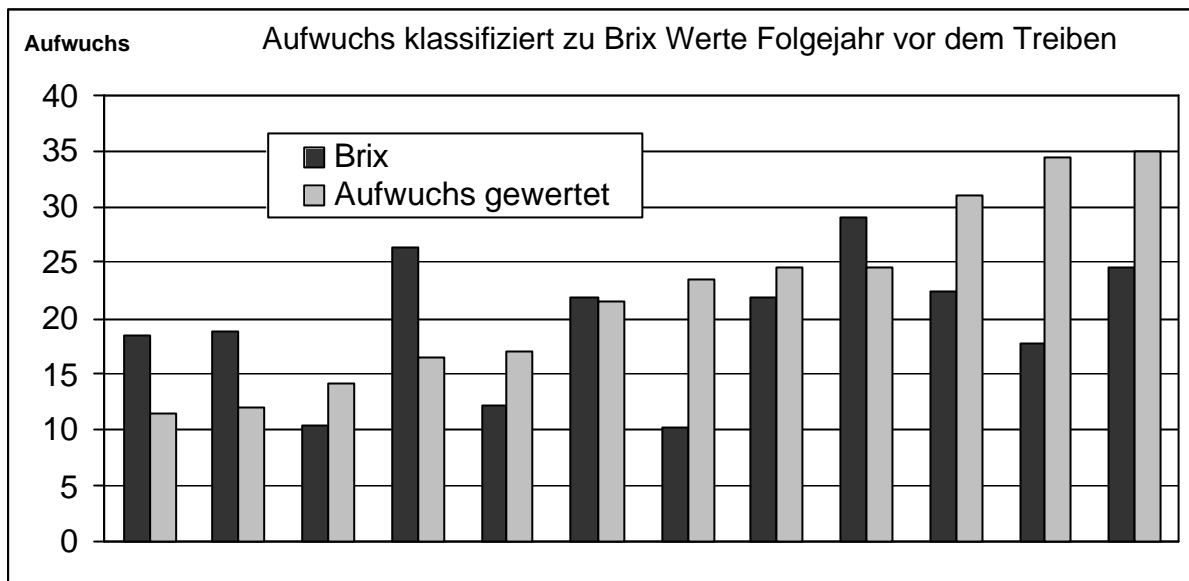


Abb. 38: Aufwuchs des Vorjahres im Vergleich zu den Brix-Werten

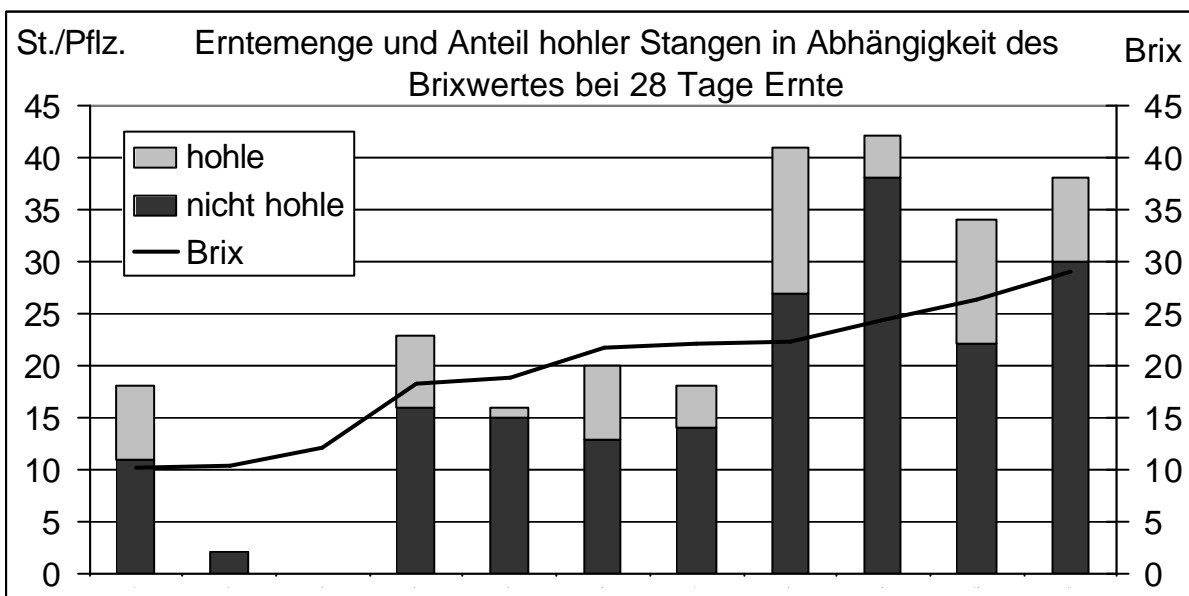


Abb. 39: Brixwerte vor dem Treiben, Erntemenge und Anteil hohler Stangen

In der Abbildung zeigt sich die Tendenz, dass bei stärkerem Aufwuchs im Vorjahr auch die Kohlenhydratversorgung in den Wurzeln ansteigt.

Auch die Erntemenge nimmt bei steigenden Brix-Werten ebenfalls tendenziell zu. Auf den Anteil hohler Stangen hatte in diesen Modellversuchen der Brix-Wert keinen erkennbaren Einfluss.

Durch die finanziell stark begrenzten Untersuchungen zur Ausprägung des Speicherwurzelsystems der in den Containern und Lysimetern angezogenen Pflanzen und deren Gehalte an RKH war es insgesamt nur mit Einschränkungen möglich, weitere Erkenntnisse zum Einfluss der Bewässerung auf die Ertragsbildung zu gewinnen.

Diese werden bei der Entwicklung eines Online-Systems zur Bestandesführung auf objektiver Basis, resultierend auf den Erfahrungen mit AspireNZ in Neuseeland, für die Bedingungen Deutschlands mit berücksichtigt. Derartige Erkenntnisse zur Entwicklung

des Speicherwurzelsystems in Abhängigkeit vom Wasserangebot liegen auch dort noch nicht vor. Der gegenwärtige Stand der Erkenntnisse lässt jedoch noch keine endgültigen Aussagen zum Einfluss der RKH und der Dimensionen des Speicherwurzelsystems auf die Ausbildung hohler Stangen ableiten. Die bisher vorliegenden Daten aus den Versuchen lassen keine unmittelbaren Zusammenhänge erkennen. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass erst bei der Ausdehnung der Versuche auf Praxisschläge der erforderliche Stichprobenumfang von 20 Pflanzen je Probenahmetermin erreicht werden kann. Die im Rahmen dieses Projektes vorgenommenen Untersuchungen ermöglichten jedoch die erforderlichen Basisaussagen und die Weiterentwicklung der Methode zur Probenahme.

3.1.5. Bedeckung

Bei den Freilandversuchen in Geisenheim Feld 10 wurde 3 Jahre lang der Einfluss der Sorte und der Bedeckung auf das Auftreten hohler Stangen untersucht. Der Einfluss der Sorten wird unter Punkt 3.1.6 beschrieben.

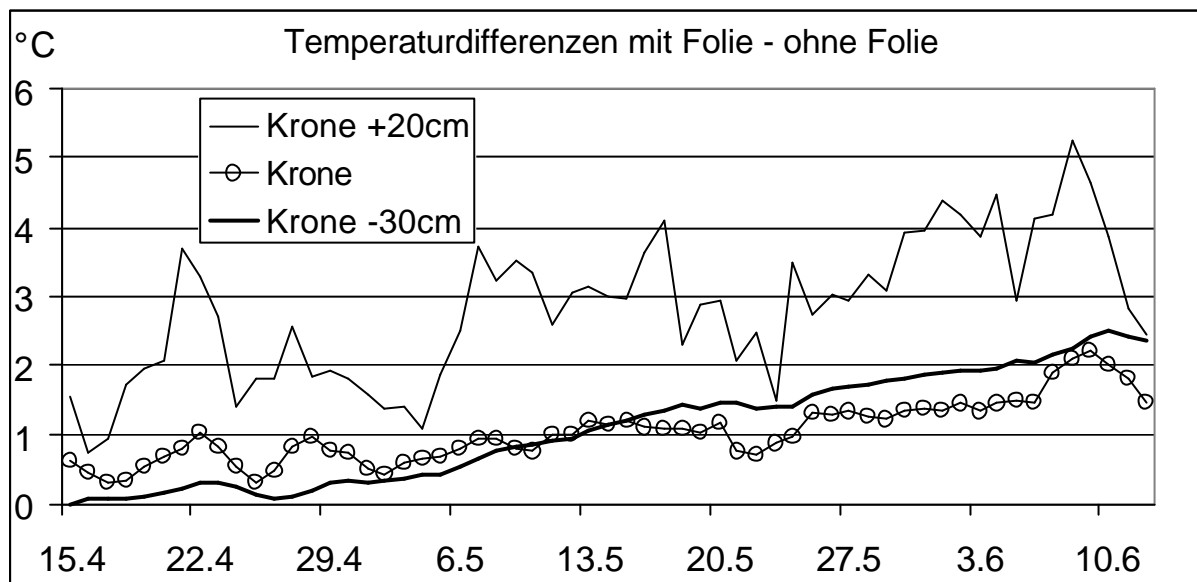


Abb. 40: Temperaturdifferenz zwischen Folienbedeckung und ohne Bedeckung 2002

Anhand der Abbildung wird sichtbar, dass bei Einsatz von schwarz-weißer Taschenfolie (SWT-Folie), schwarze Seite oben, der Boden bis in 30cm unterhalb der Krone stärker erwärmt wird als ohne Folieneinsatz.

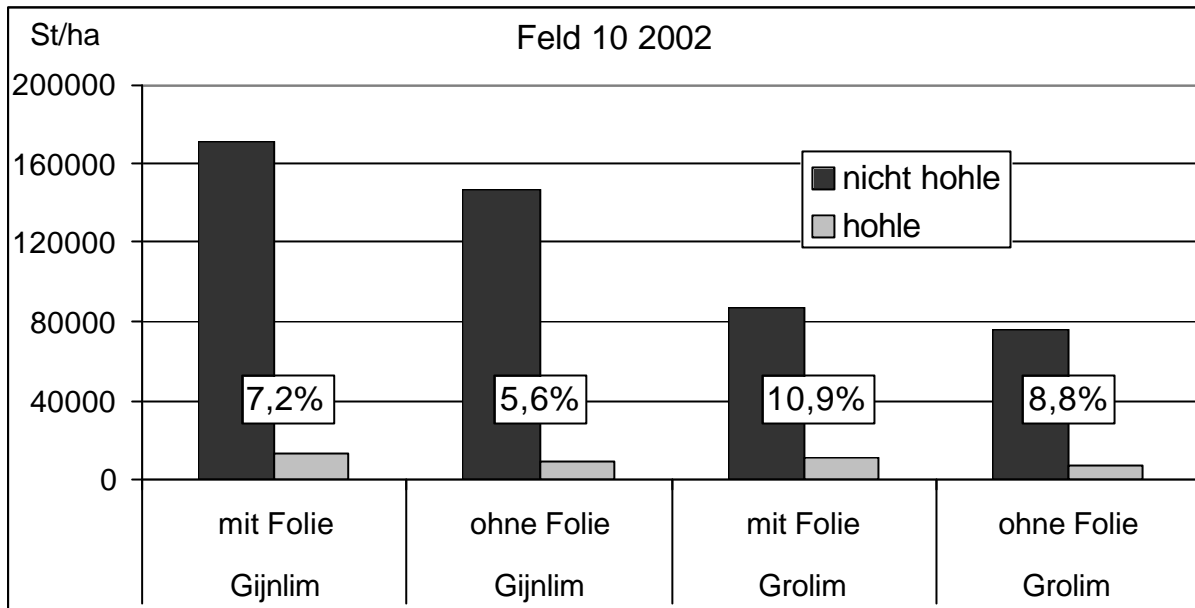


Abb. 41: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2002

Aus der Abbildung wird deutlich, dass der Folieneinsatz im Jahr 2002 eine höhere Gesamterntemenge erbrachte. Der Anteil hohler Stangen ist bei der Foliendeckung mit SWT-Folie, schwarze Seite oben, deutlich höher. Das Wenden der Folie auf die weiße Seite ist also auch gut, um die Anteile hohler Stangen zu reduzieren.

3.1.6. Sorten

Die Sortenbewertung erfolgte in zwei Versuchskomplexen in Feldversuchen neben den spezifischen Modelluntersuchungen.

Am wesentlichsten für die Praxisbewertung sind die Feldversuche während die weiteren Versuche diese Aussagen in spezifischen Bereichen ergänzen.

- **Modellversuch**

In einem Modellversuch wurden die für den Anbau wesentliche Sorten ‚Grolim‘ und ‚Gijnlim‘ unter vergleichbaren Bedingungen gelagert (Tab. 14). Dabei wurden die Temperaturen differenziert, um unterschiedliche Winterbedingungen zu simulieren. Nachfolgend wurden die Container bei gleichen Bedingungen zum Treiben gebracht. Die Erntemenge und Qualität wurden bonitiert.

Tab. 14: Varianten zur Simulation unterschiedlicher Winterbedingungen

Var.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Lagerung 5 Wochen bei Temperaturen +5°C , Sorte ‚Grolim‘
2	Lagerung Intervall 2 Wochen -1°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -1°C, ‚Grolim‘
3	Lagerung Intervall 2 Wochen -5°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -5°C, ‚Grolim‘
4	Lagerung 5 Wochen bei Temperaturen +5°C , Sorte ‚Gijnlim‘
5	Lagerung Intervall 2 Wochen -1°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -1°C, ‚Gijnlim‘
6	Lagerung Intervall 2 Wochen -5°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -5°C, ‚Gijnlim‘

Der Versuch wurde in Hinblick auf den Einfluss der Temperatur vor dem Treiben bereits unter dem Punkt 3.1.2.1 erläutert, weitere Versuchbedingungen sind im Anhang 7.1 beschrieben.

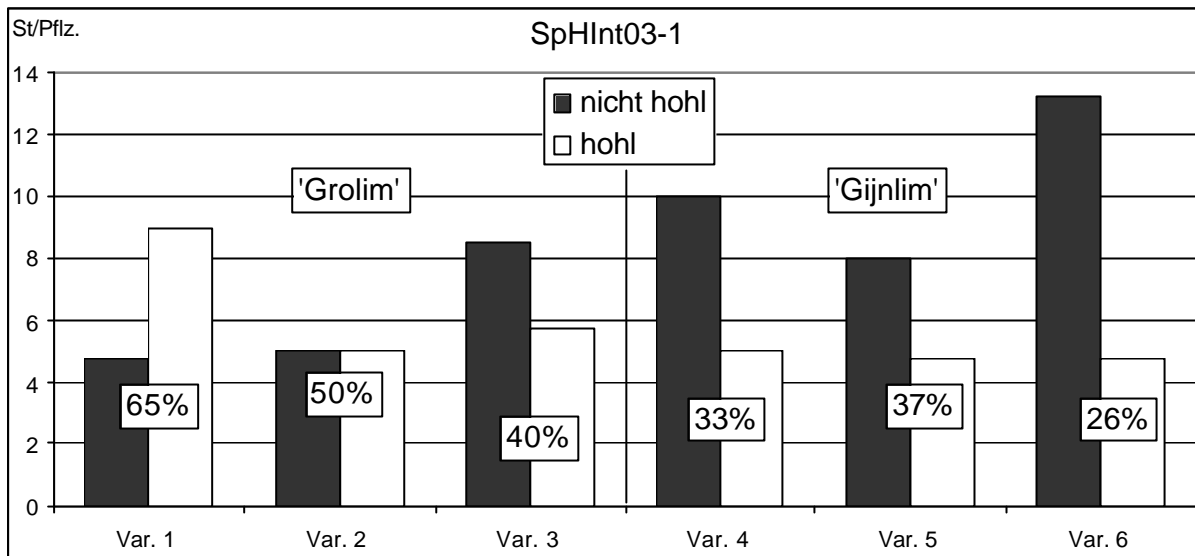


Abb.42: Anteil hohler und nicht hohler Stangen an der Gesamterntemenge (Int03-1)

Deutlich erkennbar ist die höhere Anzahl an Stangen sowie die geringere Anzahl hohler Stangen bei der Sorte ‚Gijnlim‘ im Vergleich zu ‚Grolim‘. Ein deutlicher Einfluss der simuliert unterschiedlichen Winterbedingungen auf den Anteil hohler Stangen ist nicht erkennbar.

- **Freilandversuch Geisenheim**

In dem Freilandversuch in Geisenheim wurden in den Jahren 2001 bis 2003 folgende Varianten untersucht:

Tab. 15: Sorten- und Bedeckungsvarianten im Feldversuch Geisenheim

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Sorte ‚Gijnlim‘, mit SWT Folie
2	Sorte ‚Gijnlim‘ ohne Folie
3	Sorte ‚Grolim‘ mit SWT Folie
4	Sorte ‚Grolim‘ ohne Folie

In Bezug auf den Temperatur- und Bodenfeuchteinfluss wurde der Versuch schon unter den entsprechenden Punkten beschrieben (Anhang 7.1).

Bei der Verteilung der Erntemenge auf den Durchmesser bestätigte sich, dass die Sorte ‚Grolim‘ einen größeren Anteil Stangen mit hohem Durchmesser erbringt als die Sorte ‚Gijnlim‘.

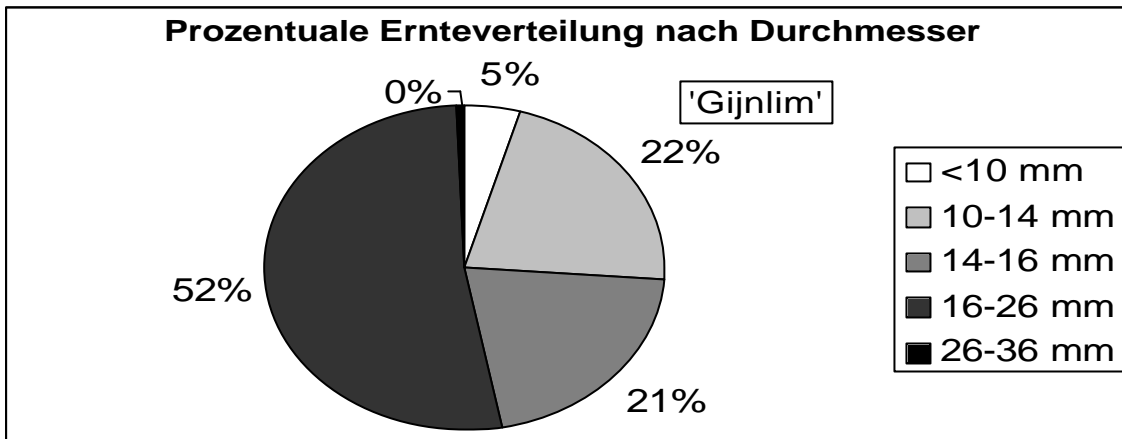


Abb. 43: Ernteverteilung nach Durchmesser bei der Sorte Gijnlim

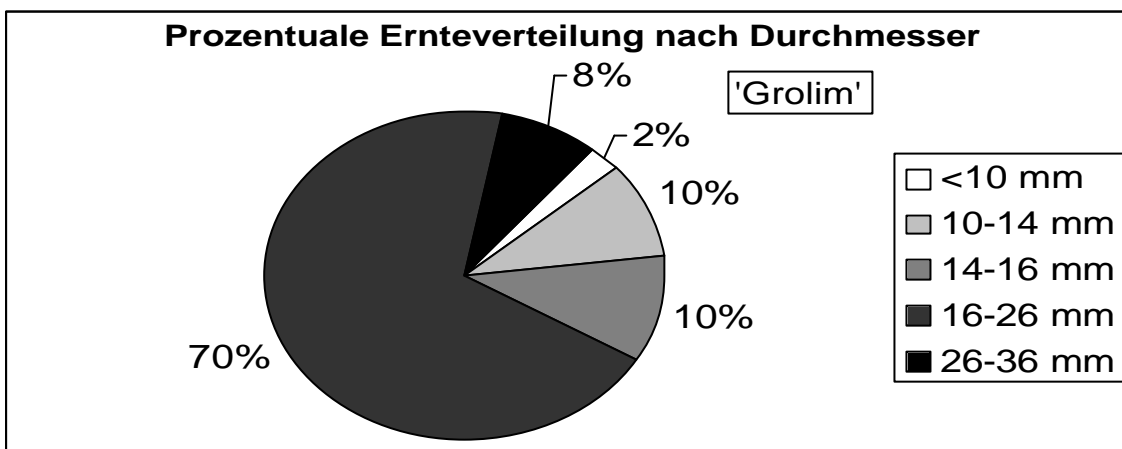


Abb. 44: Ernteverteilung nach Durchmesser bei der Sorte Grolim

In den Versuchen von 2001-2003 zeigte sich, dass die Sorte ‚Gijnlim‘ eine höhere Gesamtstückzahl erbracht hat. Der Anteil hohler Stangen war wesentlich geringer als bei der Sorte ‚Grolim‘.

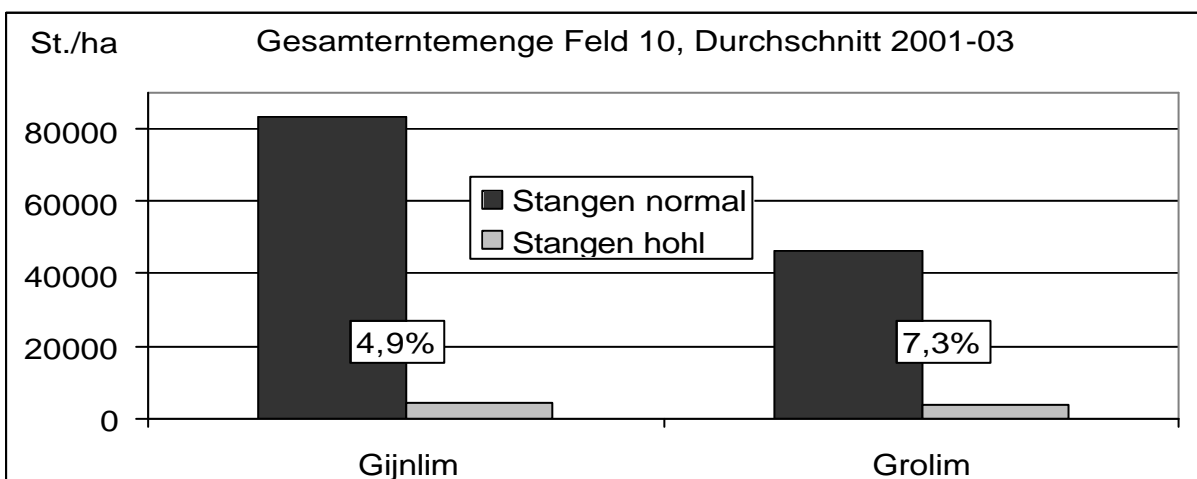


Abb. 45: Gesamterntemengen 2001 bis 2003 bei ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘

Bei Berücksichtigung der Stangen mit Durchmessern oberhalb 16 mm waren die Unterschiede zwischen den Sorten ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘ sowohl in der Erntemenge als auch im Anteil hohler Stangen wesentlich geringer als bei der Gesamterntemenge.

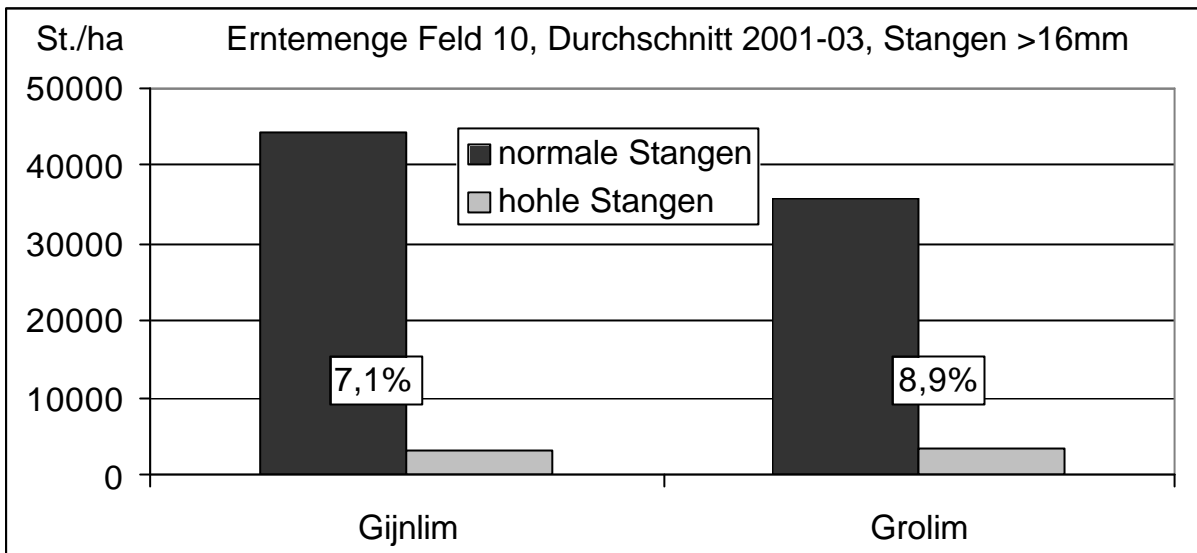


Abb. 46: Erntemenge Feld 10, 2001-03, Durchmesser >16mm

Der Anteil hohler Stangen in dem Bereich >16mm bei der Sorte ‚Grolim‘ stieg nur gering an, da der Ernteanteil von Stangen mit hohem Durchmesser an der Gesamternte hoch war.

• Feldversuch Ingelheim

Im neuen Sortenversuch Ingelheim wurden die Anteile hohler Stangen am Gesamtertrag erfasst, wobei seit 2002 bei drei Wiederholungen die Flächen mit schwarz-weiß-Folie bedeckt werden, da dies den häufigsten Einsatzfall in der Praxis darstellt. Als Beispiele werden hier die Ergebnisse des Jahres 2003 dargestellt. Dies ist möglich, da sich die Rangfolge zwischen den Jahren nicht wesentlich unterscheidet. Die Abb. 47 zeigt zunächst das tägliche Auftreten der Menge an hohlen Stangen im Mittel der untersuchten 14 Sorten, um zu dokumentieren, dass die Verteilung deutliche Differenzierungen im Ernteverlauf aufweist.

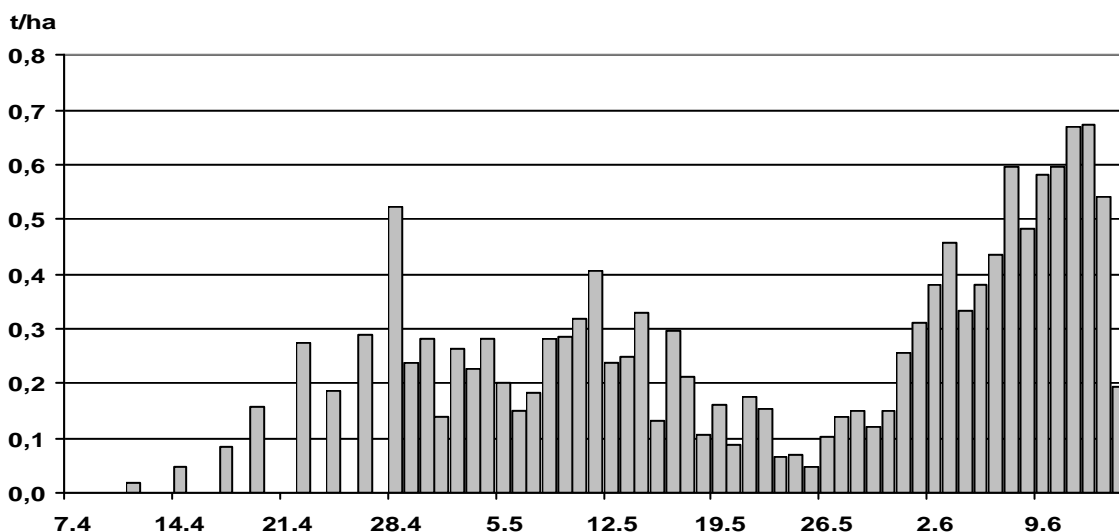


Abb. 47: Tägliche Erntemengen hohler Stangen als Mittelwert von 14 Sorten 2003

Entsprechend der Stärke der Ausprägung der hohlen Stangen wurde eine Differenzierung des Grades der Hohlraumbildung vorgenommen. Die schwarzen Teile der Säulen (Abb. 48) beziehen sich auf eine sehr stark ausgeprägte Hohlraumbildung,

die hellen auf geringere Hohlräume. Damit wird deutlich, dass der Anteil hohler Stangen nach subjektivem Empfinden bestimmt wird, wobei ein Anbauer zwangsläufig die Situation des Marktes berücksichtigt. Scheinbare Widersprüche der Aussagen aus verschiedenen Versuchen lassen sich damit jedoch auch erklären. Da allerdings davon auszugehen ist, dass die Anforderungen an die Qualität in der Zukunft weiter steigen, wurden in den Versuchen Geisenheim strenge Maßstäbe angelegt.

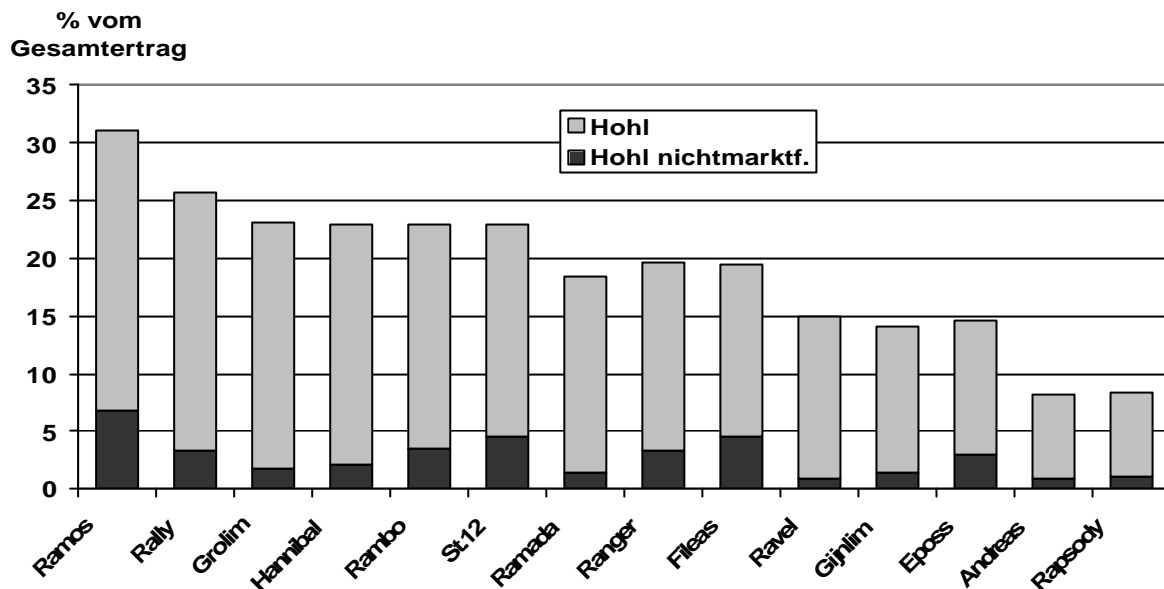


Abb. 48: Anteile hohler Stangen 2003 im Sortenversuch mit Folienbedeckung

In der Gesamtsumme hohler Stangen konnten mit Folienbedeckung Sorten mit Anteilen von ca. 7 % in der gesamten Vegetationsperiode, aber auch Sorten mit > 30 % beobachtet werden.

Von den häufig angebauten Sorten ist Grolim etwas negativer als Gijnlim zu bewerten. Der Unterschied von Gijnlim zu Ravel ist nicht signifikant. Letztgenannte deutsche Sorte wird zunehmend angebaut.

Auf einer Wiederholungsfläche je Variante wurden die Anteile hohler Stangen im Sinne eines Screening auch ohne Folienbedeckung ermittelt. Bei den wirtschaftlich bedeutenden Sorten zeigten sich ohne Folienbedeckung weitgehend die gleichen Bewertungen wie mit Folieneinsatz. Unter den Bedingungen des Jahres 2003 waren somit die Anteile hohler Stangen mit und ohne Folie bei diesen Sorten weitgehend gleich.

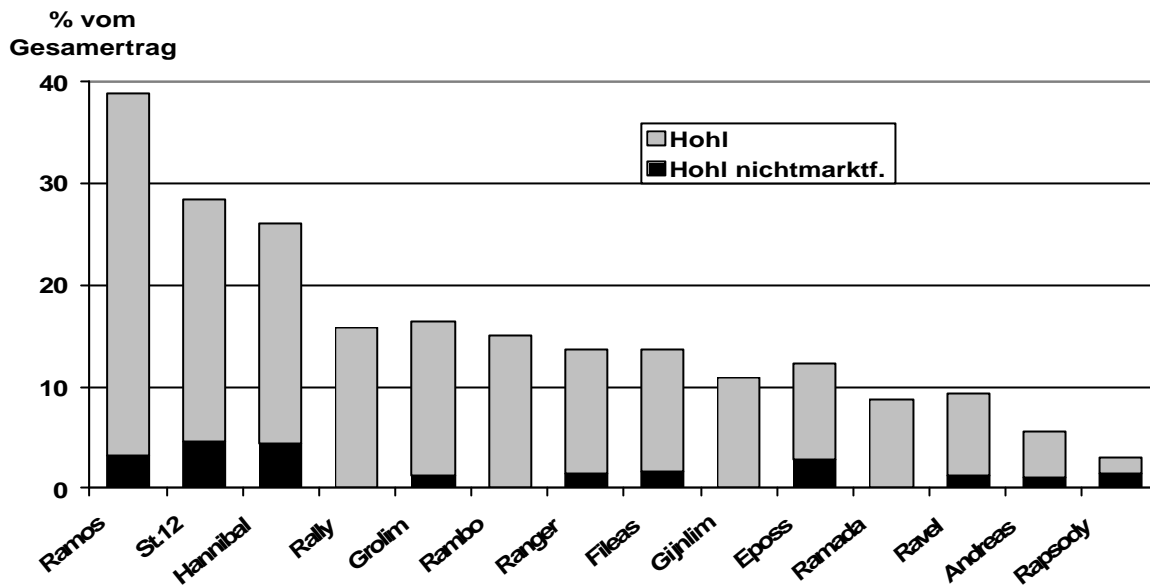


Abb. 49: Anteile hohler Stangen 2003 im Sortenversuch ohne Folienbedeckung

Im Jahre 2003 lagen die Anteile nicht marktfähiger hohler Stangen in der Gesamtsumme der Ernteperiode allgemein etwas höher als im Vorjahr. Mit Folienbedeckung waren diese Anteile bei den genannten Sorten deutlich erhöht, insbesondere bei 'Gijnlim', die ohne Folie im Jahr 2003 keine hohlen Stangen aufwies.

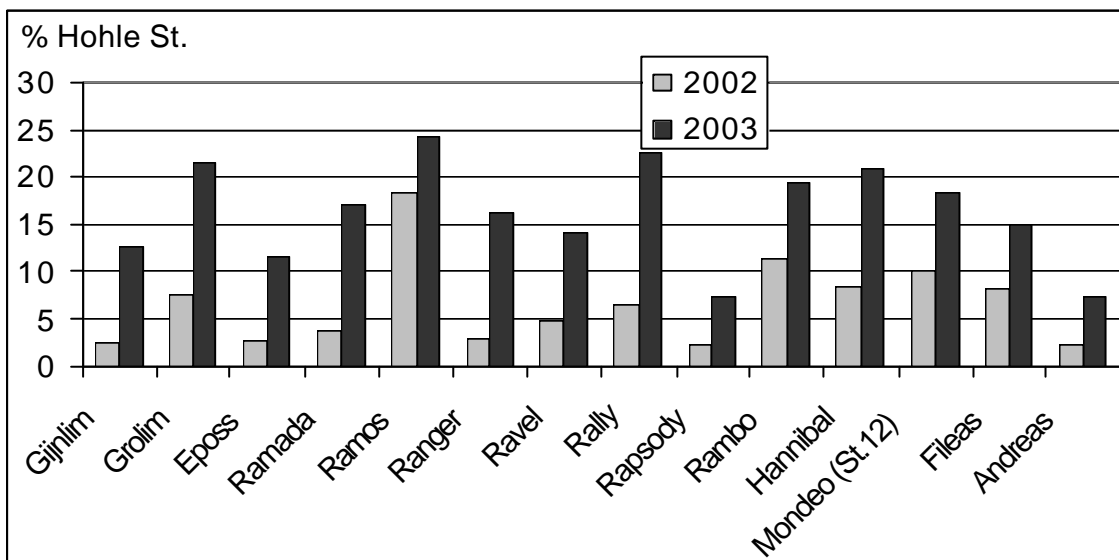


Abb. 50: Hohle Stangen der Sorten in 2002 und 2003 mit Folienbedeckung

Die Summe hohler Stangen von 2002 und 2003 mit Folienbedeckung in Abhängigkeit von der Sortenwahl zeigt ein erhöhtes Risiko vor allem bei den Sorten Ramos, Rally aber auch Grolim.

Bezogen auf einzelne Erntezeiträume erreichte der Anteil hohler Stangen in den Versuchsjahren teilweise bis zu 50 % der Stangen, was die wirtschaftliche Tragweite des Problems nochmals verdeutlichte.

Insgesamt kann ausgehend von den Versuchen aus Geisenheim, Neustadt und auch Großbeeren sowie aus Praxisbeobachtungen eingeschätzt werden, dass erhebliche sortenbedingte Unterschiede hinsichtlich des Auftretens hohler Stangen bestehen. Andere Merkmale der Sorten, wie Ertragshöhe und Anteile an Stangen der Handelsklasse I in den erforderlichen Größenklassen, sind jedoch bei der Sortenauswahl wesentlicher, so dass diese Parameter über die Sortenwahl des Anbauers entscheiden.

Die in dieser Hinsicht für den Anbau relevanten Sorten unterschieden sich hinsichtlich des Auftretens hohler Stangen nur in geringem Umfang.

Zur Lösung des Problems hohle Stangen sind deshalb andere Maßnahmen erforderlich, um in kritischen Zeiträumen diese Anteile zu vermindern.

3.2. Ursachen des Auftretens hohler Stangen

Zur Ableitung von Gegenmaßnahmen konnten die Bedingungen, die zum morphologischen Mangel ‚Hohle Stangen‘ führen, weitgehend aufgeklärt werden. Vermutungen, die gelegentlich geäußert werden, dass das Auftreten hohler Stangen vom Mangel an Nährstoffen im Boden, wie Bor, abhängen würde, erscheinen unwahrscheinlich, da eindeutig beobachtet wurde, dass eine einzelne Pflanze innerhalb kürzester Zeiträume sowohl morphologisch unauffällige als auch hohle Stangen ausbilden kann. Während dieser Zeiten sind maßgebliche Veränderungen der Nährstoffverhältnisse und der Nährstoffverfügbarkeit im Boden auszuschließen.

Insgesamt kann zur Ausbildung hohler Stangen festgestellt werden:

- Hohle Stangen können zu jeder Zeit der Ernteperiode entstehen, wenn die Umweltbedingungen entsprechend ausgeprägt sind.
- Bei der gegenwärtig am häufigsten angebaute Sorte Gijnlim lagen die Anteile von Stangen mit sehr starker Hohlraumbildung bezogen auf die Gesamternteperiode im Bereich von 5 %, was bei den geprüften Sorten im mittleren Bereich liegt. Diese Zahl erscheint relativ niedrig, es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Werte auch bei dieser Sorte in einzelnen Abschnitten der Ernteperiode auf bis zu 60 % angestiegen sind. Bei extremen Witterungskonstellationen, die im Untersuchungszeitraum nicht auftraten, kann dieser Anteil noch höher sein.
- Die Entwicklung hohler Stangen ist das Ergebnis des komplexen Zusammenwirkens von genetischen, pflanzenphysiologischen und Umweltfaktoren, wobei der Temperatur eine entscheidende Rolle zukommt.

Die Wirkung der Temperatur auf die Ausbildung hohler Stangen kann folgendermaßen charakterisiert werden:

- Wechselnde Umweltbedingungen bewirken sehr spezifische Reaktionen der Spargelpflanzen hinsichtlich des Auftretens hoher Stangen, wobei insbesondere die Temperaturverhältnisse entscheidenden Einfluss nehmen. Kleine Veränderungen der Temperaturverhältnisse können gravierende Auswirkungen besitzen, wobei Einzelpflanzen spezifisch reagieren. Trotzdem konnten die nachfolgenden Wirkungsmechanismen abgeleitet werden, die in der Mehrzahl der Konstellationen zutreffen.

- Hohle Stangen treten vor allem auf, wenn eine Temperaturdifferenz von mindestens 4 K zwischen dem oberen Dammbereich und dem durchwurzelten Unterboden besteht.
- Hohle Stangen bilden sich auch, wenn innerhalb weniger Tage ein starker Temperaturwechsel im in den oberen 20 cm des Dammes auftritt. Das gilt sowohl für kurzzeitige Temperaturanstiege, wie auch kurzzeitige Temperaturabsenkungen.
- Hohle Stangen bilden sich verstärkt, wenn die Bodentemperaturen stärker ansteigen. Besonders kritisch wird es bei Temperaturen > 20 °C.
- Die Ausbildung hohler Stangen kann zu verschiedenen Zeiten des Stangenwachstums induziert werden, was die Kausalanalyse weiter erschwert, da eine zerstörungsfreie Bestimmung dieses Zeitpunktes nicht möglich ist.
- In Abhängigkeit von den für diese Merkmalsausprägung wirksamen Bedingungen und der Zeitdauer deren Einwirkung auf die jeweilige Stange ist der Hohlraum mehr oder weniger stark ausgeprägt. Die Stange kann demzufolge nur in einem kleinen Segment hohl werden oder auch nahezu über die gesamte Länge.
- Die Bestimmung des Zeitpunktes der Induktion der Hohlrumbaueung kann nicht präzise vorgenommen werden, da dies eine zerstörungsfreie Messung dieses Prozesses erforderlich machen würde. Dies ist allerdings nur mit Messtechniken möglich, die aus finanziellen Gründen nicht eingesetzt werden konnten, wie entsprechende Recherchen ergaben.

Diese obigen Modellvorstellungen zur Ausbildung hohler Stangen treffen häufig zu, allerdings traten immer wieder Wachstumsperioden auf, in denen zu unerwarteten Zeitpunkten hohle Stangen gebildet wurden oder aber größere Mengen an hohlen Stangen zu erwarten waren, die dann jedoch nicht auftraten. Deshalb können zum gegenwärtigen Stand der Untersuchungen auch die obigen Zahlen nicht als feste Grenzwerte angesehen werden. Die Einzelpflanzenstreuung ist bei Spargel höher als bei jeder anderen Gemüseart.

Einzelpflanzen der geprüften Varianten reagierten teilweise widersprüchlich, wenn Versuche wiederholt wurden. Auch die Sortenunterschiede waren teilweise erheblich. Deshalb war es häufig erforderlich, nicht nur die Mittelwerte je Variante darzustellen, sondern die Reaktionen von Einzelpflanzen zu analysieren, um weitgehend allgemeingültige Zusammenhänge ableiten zu können.

3.3. Empfehlungen zum Reduzieren hohler Stangen

Die Untersuchungen machten deutlich, dass die Ausbildung hohler Stangen bei den gegenwärtig zugelassenen Sorten nicht vermeidbar ist. Es gibt jedoch Möglichkeiten, diese Anteile deutlich zu reduzieren. Die Analysen des komplizierten Vorgangs der Indikation hohler Stangen sind noch nicht endgültig abgeschlossen, jedoch konnten bereits erste Empfehlungen abgeleitet werden.

- **Sortenwahl**

Die Sortenwahl beeinflusst das Risiko der Ausbildung hohler Stangen deutlich. In Verbindung mit dem Folieneinsatz zeigen sich sortenspezifische Reaktionen hinsichtlich dieses Merkmals.

Ohne Folie zeigten sich erhebliche Anteile bei 'Ramos', Stamm 12 (2004 zugelassen als 'Mondeo') und Hannibal.

Mit Folie sind die Sortenunterschiede oftmals kleiner. Probleme bleiben jedoch bei 'Ramos' und 'Mondeo'. 'Grolim' ist etwas ungünstiger als 'Gijnlim' einzuschätzen.

Andere Merkmale der Sorten, wie Ertragshöhe und Anteile an Stangen der Handelsklasse I in den erforderlichen Durchmesserklassen, sind jedoch bei der Sortenauswahl wesentlicher, so dass diese Parameter primär über die Sortenwahl entscheiden. Die in dieser Hinsicht für den Anbau relevanten Sorten unterschieden sich hinsichtlich des Auftretens hohler Stangen nur noch in geringem Umfang. Bei den Prioritäten bezüglich der Sortenwahl müssen deshalb wegen der hohlen Stangen keine Besonderheiten beachtet werden.

- **Anbaumaßnahmen**

- **Bodenfeuchte**

Die Entwicklung hohler Stangen wird nicht maßgeblich durch die Bodenfeuchte in der Ernteperiode beeinflusst, wenn sie in dem häufig unter Praxisbedingungen relevanten Gesamtbereich von 40 bis 100 % nFK liegt. Allerdings werden in Verbindung mit Veränderungen der Bodenfeuchte auch teilweise die Temperaturen beeinflusst, was dann wiederum Auswirkungen auf die Ausbildung hohler Stangen besitzt.

- **Temperatur**

Das Risiko für die Ausbildung hohler Stangen steigt vor allem bei großen Temperaturdifferenzen zwischen Damm und Unterboden, bei schnellem Temperaturwechsel innerhalb weniger Tage und/oder bei hohen Temperaturen im Damm. Daraus abgeleitet ist es wichtig, die Temperatursituation eines Bestandes möglichst genau zu verfolgen, denn nur so kann das aktuelle Risiko bewertet werden.

Empfehlenswert für die Temperaturüberwachung, die ohnehin für das Folienmanagement sinnvoll ist, sind beispielsweise Pt 100-Temperatur Sensoren mit Mini-Datenloggern, die auch die aktuelle Temperatur digital angeben. Zudem speichern sie die Werte für ein ganzes Vegetationsjahr. Diese Werte können für die weitere Bearbeitung jederzeit auf den PC übertragen werden. Zweijährige Erfahrungen zum erfolgreichen Praxiseinsatz liegen in Geisenheim vor. Die Autoren können Hinweise zur Beschaffung geben. Wegen der raschen technischen Entwicklung wären hier angegebene Quellen schnell nicht mehr zeitgemäß.

Wird eine Risikosituation erkannt, dann hilft es nur, das Stangenwachstum durch Wechseln der sw-Folie, mit der weißen Seite nach oben, zu verzögern. Das könnte also schon relativ zeitig zu Beginn der Erntesaison sein. In der Folge würde der Ertrag zunächst wieder zurück gehen, was die Reservekohlenhydratgehalte (RKH) schont und das Ertragspotential erhält. Sinn macht dies jedoch nur, wenn relativ hohe Anteile hohler Stangen erwartet werden, also in einer Periode sehr schneller Erwärmung im Frühjahr, wenn der Unterboden noch kalt ist. Alternativ würden viele unverkäufliche Stangen geerntet.

Eine weitere Möglichkeit von Gegenmaßnahmen besteht dann, wenn hohle Stangen verstärkt bei geringer Bodenfeuchte auftreten. In dieser Situation sollte die Folie abgedeckt und mit relativ hohen Wassergaben beregnet werden, um die Dammwärme in tiefere Schichten zu verlagern und somit die Temperaturgradienten zu vermindern. In Abhängigkeit von der herrschenden Boden- und Wasser-Temperatur kann es dadurch zu einem vorübergehenden Rückgang der Erntemengen kommen. Zudem kann sich bei sehr hohen Dammtemperaturen kurzfristig der Anteil verfärbter Stangen erhöhen.

In der Mitte oder gegen Ende der Erntezeit wird bei zu hohen Temperaturen ohnehin die Folie auf die weiße Seite nach oben gedreht. Diese Maßnahme dient zugleich der Verminderung des Anteils hohler Stangen. Es ist zu prüfen, ob die Folie schon früher als bisher auf weiß zu wenden ist, um die Anteile hohler Stangen zu mindern. Die dafür zutreffenden Temperaturkonstellationen werden noch näher bestimmt.

- **Reservekohlenhydrate**

Inwieweit auch der aktuelle Status der Reservekohlenhydrate bei der Ausbildung hohler Stangen eine Rolle spielt, ist noch nicht endgültig geklärt. Die Untersuchungen werden auch unter Praxisbedingungen weitergeführt.

Insgesamt ist zu bilanzieren, dass das Reduzieren der Anteile hohler Stangen zu bestimmten Zeiten der Ernteperiode keine leichte Aufgabe darstellt, da es sich um einen komplexen Vorgang handelt. Bezogen auf die lokalen Gegebenheiten ist es erforderlich, weitere Versuche durchzuführen und Praxiserfahrungen zu sammeln, da auch die Bodenbedingungen eine Rolle spielen. Erst dann können nach weiterer Validierung des entsprechenden Modellansatzes differenzierte Grenzwerte angegeben werden, ab wann welche Maßnahmen gegen die Ausbildung hohler Stangen einzuleiten sind. Künftig wird ein einfach zu handhabendes Modell entwickelt, wo der Anbauer seine Temperaturdaten einträgt und womit dann relativ einfach das Risiko für das Auftreten hohler Stangen kalkuliert wird.

3.4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Untersuchungen umfassten die erforderliche Breite von Modell- und Feldversuchen, wodurch die unterschiedlichsten Bedingungen der Ertrags- und Qualitätsausbildung geprüft werden konnten. Enthalten sind sowohl definierte Bodenfeuchte und -temperatur als auch täglich wechselnde Witterung unter Freilandbedingungen.

Insgesamt muss jedoch vermerkt werden, dass drei Jahre eine extrem kurze Bearbeitungszeit für die Dauerkultur Spargel sind, weil in diesen drei Jahren die Etablierung der Bestände erfolgt, was auch in jedem Jahr umweltspezifische Reaktionen hervorrufen kann. Effizienter könnten in den Folgejahren Ergebnisse abgeleitet werden, wenn ein Bestand weitgehend stabile Verhältnisse erreicht hat und auch jedes Jahr die gleich lange Erntedauer möglich ist.

Durch den deutlichen Einfluss des Aufbaus und der Etablierung der Bestände im untersuchten Zeitraum bestand eine erhebliche Wechselwirkung zu den untersuchten Faktoren, was die Kausalität erheblich beeinflusst.

Das Projekt stellt jedoch eine wesentliche Grundlage für weiterführende Untersuchungen in der Zukunft dar.

In Abstimmung und arbeitsteilig zum Institut Großbeeren lagen die Schwerpunkte des Geisenheimer Teilprojektes in der Klärung der Beziehungen zwischen Bodenfeuchte, Temperatur und Sorte als vermuteten Hauptursachen für das Auftreten hohler Stangen.

- Beim Vergleich der aus den Daten abgeleiteten Schlussfolgerungen zeigten sich in weiten Bereichen gute Übereinstimmungen, was auch daraus resultiert, dass die Rahmenbedingungen der Versuche vor deren Beginn gut miteinander abgestimmt wurden.
- Die Übertragung der Aussagen aus den Modellversuchen in Containern und Gewächshäusern erfordert allerdings noch erheblichen Aufwand bevor eine Übertragung auf Feldbedingungen uneingeschränkt möglich ist. Andererseits

kann nur in derartigen Modellversuchen das erforderliche Basisdatenmaterial gewonnen werden.

- Durch die FA Geisenheim wurden deshalb die Modellversuche durch Feldversuche an den Standorten Geisenheim und Ingelheim ergänzt sowie spezifische Fragen zum Folieneinsatz in Neustadt untersucht. Dies war nur deshalb möglich, weil durch die Tradition der Spargelforschung an diesen Standorten auf entsprechende Versuchsflächen zurückgegriffen werden konnte.
- Die Ergebnisse zeigten wie erwartet, dass die starke Streuung der Einzelpflanzen die Ableitung allgemeingültiger Aussagen stark erschwert, weshalb zum bearbeiteten Problem keine Lösungen in der Literatur zu finden sind.
- Dessen ungeachtet konnten im Rahmen des vorliegenden Teilprojektes Empfehlungen abgeleitet werden, deren Anwendung es ermöglicht, den Anteil hohler Stangen unter Berücksichtigung der aktuellen Witterungssituationen deutlich zu reduzieren. Eine Quantifizierung der ökonomischen Aussage ist nicht möglich, da die meteorologischen Bedingungen nicht vorhergesagt werden können, diese jedoch den Umfang des Auftretens hohler Stangen maßgeblich beeinflussen.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die vorliegenden Ergebnisse einen deutlichen Beitrag für die Verbesserung der ökonomischen Situation der Betriebe und deren Existenzsicherung leisten können, wie auch erste Reaktionen von Betrieben nach der Präsentation der Geisenheimer Ergebnisse in Großbeeren deutlich machten. Wie angespannt die ökonomische Situation inzwischen auch für Spargelbetriebe ist, zeigte das Jahr 2003, in dessen Folge erste Spargelbetriebe Insolvenz anmelden mussten.

Diese Situation gilt nicht nur für Deutschland, sondern europaweit, wie auf dem 5. Europäischen Spargelsymposium am 1. und 2. März 2004 in Bologna festgestellt wurde. Bei der von der Politik forcierten Globalisierung fühlen sich die Betriebe zunehmend der Unterstützung beraubt. Beklagt wurde die europaweite Verminderung der gartenbaulichen Forschungskapazitäten und der Mangel einer europäischen Koordinierung des verbliebenen Pools.

Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen, wie des vorliegenden Projektes, die es ermöglichen, die ökonomische Situation der Betriebe durch Erhöhung des Anteils an Stangen der Handelsklasse I zu erhöhen, stellen letztlich einen Beitrag zur Existenzsicherung der Betriebe dar.

Insgesamt kann eingeschätzt werden, dass mit Abschluss dieses Teilprojektes lange erwartete Empfehlungen an die Praxis gegeben werden können, um das Problem des Auftretens hohler Stangen zu reduzieren. Es entspricht der Zielstellung des Projektes, von einer Verminderung auszugehen, da ein Unterbinden des Auftretens hohler Stangen eine unrealistische Zielstellung darstellen würde.

Folgende Maßnahmen sind vorgesehen, um eine umgehende Verwertung der Ergebnisse zu sichern:

- Eine Publikation der Ergebnisse ist durch verschiedene Veröffentlichungen vorgesehen. Neben der KTBL-Schrift werden die Ergebnisse in der Zeitschrift

„Gemüse“, in hortigate, der Reihe „Versuche im deutschen Gartenbau – Teil Gemüse“, sowie in den Ergebnisberichten und auf der Internetseite der Forschungsanstalt Geisenheim dargestellt.

- In Vorträgen werden die Ergebnisse den Spargelanbauern u. a. in der Bildungsstätte Gartenbau in Grünberg sowie bei den Veranstaltungen im kommenden Winterhalbjahr in den verschiedenen Anbaugebieten Deutschlands erläutert und diskutiert.
- Der Leiter dieses Teilprojektes, der Vorsitzender des Arbeitskreises Spargel der Bundesfachgruppe Gemüse ist, sichert, dass die mit dem Projekt geförderten Arbeiten und Ergebnisse auf der nächsten Arbeitskreissitzung im September 2004 entsprechend erläutert und weiter verbreitet werden.
- Zur Umsetzung der Empfehlungen werden Abstimmungen mit den Anbauberatern der Regionen vorgenommen. Konkrete Maßnahmen wurden z. B bereits in Verbindung mit dem zuständigen Berater für das Beelitzer Anbauggebiet vorgenommen, wo auf ausgewählten Schlägen in diesen Tagen Temperatursensoren eingebaut werden, um die Risikosituationen für die Ausbildung hohler Stangen möglichst frühzeitig erkennen zu können und Gegenmaßnahmen abzuleiten. Dabei werden die im Rahmen von langjährigen Vorarbeiten und im Rahmen dieses Projektes ergänzten Informationen zum Umfang des Wurzelsystems und zu deren Gehalten an Reservekohlenhydraten unter Praxisbedingungen ebenfalls mit einbezogen.

4. Zusammenfassung

Ein erhebliches wirtschaftliches Problem stellt beim Spargelanbau die Ausbildung hohler Stangen dar. Zu Beginn der Saison können in einzelnen Jahren bis zu 80 % der ansonsten marktfähigen Stangen hohl werden. Wegen der großen wirtschaftlichen Bedeutung galt es die Bedingungen zu ermitteln, die zur Ausbildung hohler Stangen führen. Diese Informationen wurden durch eine Kombination von Modelluntersuchungen und Messungen unter Feldbedingungen in den Jahren 2001 bis 2003 in der Forschungsanstalt Geisenheim, ergänzt durch Versuche in Neustadt, gewonnen.

Die Untersuchungen machten deutlich, dass die Ausbildung hohler Stangen das Ergebnis des komplexen Zusammenspiels verschiedenartiger biotischer Faktoren und der Umwelt darstellt. Eine besondere Rolle spielen dabei die Sortenwahl und die Temperaturen im Damm und Unterboden. Geringe Veränderungen der Temperaturverhältnisse können gravierende Auswirkungen hervorrufen, wobei die einzelnen Pflanzen umweltspezifisch reagieren. Hohle Stangen treten vor allem auf, wenn eine erhebliche Temperaturdifferenz zwischen dem oberen Dammbereich und dem durchwurzelteten Unterboden besteht oder wenn innerhalb weniger Tage ein starker Temperaturwechsel im in den oberen 20 cm des Dammes auftritt. Das gilt sowohl für kurzzeitige Temperaturanstiege, als auch kurzzeitige -absenkungen. Hohle Stangen bilden sich verstärkt, wenn die Bodentemperaturen stärker ansteigen. Besonders kritisch sind Bodentemperaturen über 20 °C zu bewerten.

Die Ausbildung hohler Stangen kann zu verschiedenen Zeiten des Stangenwachstums induziert werden. In Abhängigkeit von den für diese Merkmalsausprägung wirksamen Bedingungen und der Zeitdauer deren Einwirkung auf die jeweilige Stange ist der Hohlraum mehr oder weniger stark ausgeprägt. Die Stange kann demzufolge nur in einem kleinen Segment hohl werden oder auch nahezu über die gesamte Länge. Die Sorten unterscheiden sich deutlich im Risiko für die Ausbildung hohler Stangen. Merkmale der Sorten, wie Ertragshöhe und Anteile an Stangen der Handelsklasse I in den erforderlichen Durchmesserklassen, sind jedoch bei der Sortenauswahl wesentlicher, so dass diese Parameter primär über die Sortenwahl entscheiden. Das aktuelle Risiko des Auftretens hohler Stangen erfordert die Temperatursituation eines Bestandes möglichst genau zu verfolgen. Wird eine Risikosituation erkannt, dann ist das Stangenwachstum durch Wechseln der sw-Folie, mit der weißen Seite nach oben, zu verzögern. Eine weitere Möglichkeit von Gegenmaßnahmen besteht dann, wenn hohle Stangen verstärkt bei geringer Bodenfeuchte auftreten. In dieser Situation sollte die Folie abgedeckt und mit relativ hohen Wassergaben beregnet werden, um die Dammwärme in tiefere Schichten zu verlagern und somit die Temperaturgradienten zu vermindern. In der Mitte oder gegen Ende der Erntezeit wird bei zu hohen Temperaturen ohnehin die Folie auf die weiße Seite nach oben gedreht. Diese Maßnahme dient zugleich der Verminderung des Anteils hohler Stangen. Eine Verhinderung des Auftretens hohler Stangen ist mit einem vertretbaren Aufwand nicht möglich, lediglich Verminderungen sind möglich.

5. Gegenüberstellung der geplanten zu den erreichten Zielen

Die geplanten Zielstellungen wurden im vorgesehenen Zeitrahmen erreicht, wobei der bewilligte finanzielle Rahmen eingehalten wurde. Fehlende Reisemittel für die Abschlusspräsentation der Ergebnisse in Großbeeren wurden aus anderen Quellen ersetzt.

Unerwartete Widersprüche und die erhebliche Einzelpflanzenstreuung bei der Wiederholung von Versuchen machten es erforderlich, die Modellversuche über den ehemals geplanten Rahmen hinaus auszudehnen, was ebenfalls nur durch eine Erhöhung der Eigenmittel der FA Geisenheim möglich war.

Die Messungen zum Umfang der Speicherwurzelssysteme und zu deren Reservekohlenhydratgehalten waren nur in einem relativ kleinen Umfang möglich, was jedoch deren Wert nicht schmälert.

Alle Daten, die im Rahmen dieses Projektes gewonnen wurden, konnten in der zur Verfügung stehenden Zeit noch nicht vollständig ausgewertet werden. Deshalb wurde abgestimmt, die begonnene Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Partnern, insbesondere zwischen Geisenheim, Neustadt und Großbeeren auch in der Zukunft weiterzuführen. Dazu gehört der Austausch von Daten und die arbeitsteilige Kausalanalyse mit unterschiedlichen Methoden, was zur Entwicklung und Validierung von Modellen führen wird. Diese werden einer Vorhersage der Ertragsbildung dienen, aber auch der Einschätzung des Risikos für das Auftreten hohler Stangen und zu späterer Zeit auch weiterer Qualitätsmängel. Auf dieser Basis werden dann die Anbauer die Wirkung von entsprechenden Gegenmaßnahmen kalkulieren können.

Einschränkend ist festzustellen, dass die weitere Bearbeitung der oben aufgeführten Themen nur mit erheblich gemindertem Tempo erfolgen kann, da die personellen und finanziellen Kapazitäten mit Auslaufen dieses Projektes drastisch reduziert worden sind.

Zur Verbesserung der Datenlage sind auch weitere Versuche bzw. eine weitere Datenerfassung in den angelegten Versuchen notwendig. Die Möglichkeiten dazu werden gegenwärtig geprüft.

Verbindliche Zeitpunkte für die Vorlage weiterer Ergebnisse zum obigen Themenkomplex, sind somit gegenwärtig nicht zu nennen.

Die Möglichkeiten zur Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis wurden bereits oben dargestellt.

Dem BMVEL wird für die Unterstützung der Versuche ausdrücklich gedankt.

6. Literaturverzeichnis

- BEHR, H.-C. (2002): ZMP-Bilanz Gemüse, Deutschland - EU - Weltmarkt, Verlag ZMP Bonn. CD-Rom.
- BÖHME (1963): Hohler Spargel, Badischer Obst- und Gartenbauer, Heft 13, Karlsruhe.
- DROST, D.; WILCOX-LEE, D. (1997): Soil water deficits and asparagus. *Scien. Hort.* 70, 131-143
- DROST, D.; WILSON, D. (2000): Root Length Density and Carbohydrate Levels in Asparagus. Poster Crop Science Congress Hamburg. Veröffentlichung in Vorbereitung.
- ELMPT, P; SLENDERS, S. (1998): Gebruikswaarde bepaling verschillende soorten Hi-pro folie, HAS Kennis Transfer Den Bosch, ,s Hertogenbosch, NL
- HARTMANN, H. D. (1989): Spargel - Grundlagen für den Anbau. *Ulmer-Verlag Stuttgart*.
- HARTMANN, H. D.; HERMANN, G. (1989): Beurteilung des Ernährungszustandes des Spargels anhand von Blatt- und Wurzelanalysen. *Landw. Forsch.* 42, 2-3, 127- 134.
- HOBERG, E.; ULRICH, D.; STANDARDT, D.; PASCHOLD, P.-J. (1998): Sensorische Analyse bei Spargel - Grundlage für die Züchtung. *Gemüse* 34, 8, 474-476.
- JANNSEN, W.; PASCHOLD, P.-J. (2004): Berechnungsberatung online. *GEMÜSE* 40, 2, 20 – 22. und (www.agrowetter.de), Seite individuell - Berechnungsberatung
- KRUG, H. 1991. Gemüseproduktion, 2. Auflage, Hrsg. Verlag Paul Parey, Hamburg.
- LAVRIJSEN, P. (2000). Persönliche Mitteilung. Asparagus BV (Spargelzüchter)
- MARTIN, S. (1989): Untersuchungen über den Kohlenhydratstoffwechsel von Spargel (*Asparagus officinalis* L.) in Abhängigkeit von der jahreszeitlichen Entwicklung der Pflanze 159 Seiten.
- MEINHARDT, R. (2000): Persönliche Mitteilung. Spargelvermehrer Weiterstadt.
- PASCHOLD, P.-J.; HERMANN, G.; ARTELT, B. (1997): Einfluß des Ernteendes auf Ertrag und Alterung einer Spargelanlage. *GEMÜSE* 33, , 6, 375-376
- PASCHOLD, P.-J. (1998a): Berostung von Spargel - Teil I: Symptome und Ursachen. *GEMÜSE* 34, 9, 519-520
- PASCHOLD, P.-J. (1998b). Maschineneinsatz zur Spargelernte. *GEMÜSE* 34, 12, 684-686
- PASCHOLD, P.-J.; HERMANN, G.; ARTELT, B. (1998). Einfluß der Stechdauer auf den Anteil Spargel der Handelsklasse I. *GEMÜSE* 34, 1, 35-36

- PASCHOLD, P.-J.; GEYER, M. (1998): Maschinelle Ernte von Bleichspargel. GEMÜSE 34, 2, 114
- PASCHOLD, P.-J.; HERMANN, G.; ARTELT, B. (1999 a): Influence of catch crops on leaching, yield and quality of white asparagus (*asparagus officinalis* L.) Proc. 9th Int. Asparagus Symp. Ed. B. Benson, Acta Hort, 479, ISHS, 439 – 445.
- PASCHOLD, P.-J.; HERMANN, G.; ARTELT, B. (1999 b): Beeinflußt die Dauer der Ernte das Altern der Spargelanlage? TASPO 9, 2, 46-48
- PASCHOLD, P.-J.; HERMANN, G.; ARTELT, B (1999 c). Spargelsorten 6 Jahre getestet. GEMÜSE 35, 4.
- PASCHOLD, P.-J. (2004): Geisenheimer Bewässerungssteuerung (www.gemuesebau.forschungsanstalt-geisenheim.de)
- RASP, H. (1976): Muss Spargel hohl sein?, Rheinische Bauernzeitung Speyer.
- ROTH, R.; GARDNER, B. (1989): Asparagus Yield response to water and nitrogen. Am.Soc.of Agric. Engineers 32, 105 – 112.
- VOGEL, G. (1996): Handbuch des speziellen Gemüsebaus, 1. Auflage, Verl. Eugen Ulmer GmbH, Hohenheim.
- WEINHEIMER, S. (2003): Einfluss der Bewässerung auf ausgewählte Qualitäts- und Bodenkennwerte bei Bleichspargel in der Ernteperiode. Dipl.arbeit FH Wiesbaden, Geisenheim, 108.
- WILCOX-LEE, D.; DROST, D. (1991). Tillage Reduces Yield and Crown, Fern, and Bud Growth in a Mature Asparagus Planting
- WILSON, D.; SINTON, S.; FRASER-KEVERN, H. (1996): Irrigation responses of established asparagus. Acta Hort. 415, 333-342.
- WONNEBERGER, C. (1999 und 2000): Versuchsberichte im deutschen Gartenbau – Spargel- Folienbedeckung. FH Osnabrück
- ZIEGLER, J. (1997 bis 2000): Versuchsberichte im deutschen Gartenbau, Spargel – Folien- und Sorten.

7. Anhang

7.1. Versuchsbeschreibungen

7.1.1. Modellversuche

7.1.1.1. Einfluss der Bodenfeuchte

7.1.1.1.1. SpHBew01-1

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob der Faktor Bodenfeuchte bei konstanter Temperatur Einfluss auf die Ausprägung hohler Stangen hat.

Tab. 16: Varianten zur Untersuchung des Einflusses der Bodenfeuchte bei 'Eposs'

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	40% nWK
2	60% nWK
3	80% nWK
4	100% nWK

Wiederholungen: 3

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: 14.02. 2001, 120l Behälter.
Sorte: ‚Eposs‘
Standort: Verbinder
Standweite: 1 Pflanze / Behälter
Temperatur: 15-17°C in Kronentiefe
Erntedauer: 14 Tage
Düngung: nach Versuchsabschluss
Pflanzenbedarf: 12

Untersuchungen:

Bonitur aller Pflanzen vor dem Bepflanzen der Behälter.
Bonitur einer Pflanze pro Variante nach der Ernte.
Erfassung des täglichen Triblängenwachstums bei einer Pflanze / Variante.
Erfassung von Erntemenge und Qualität.

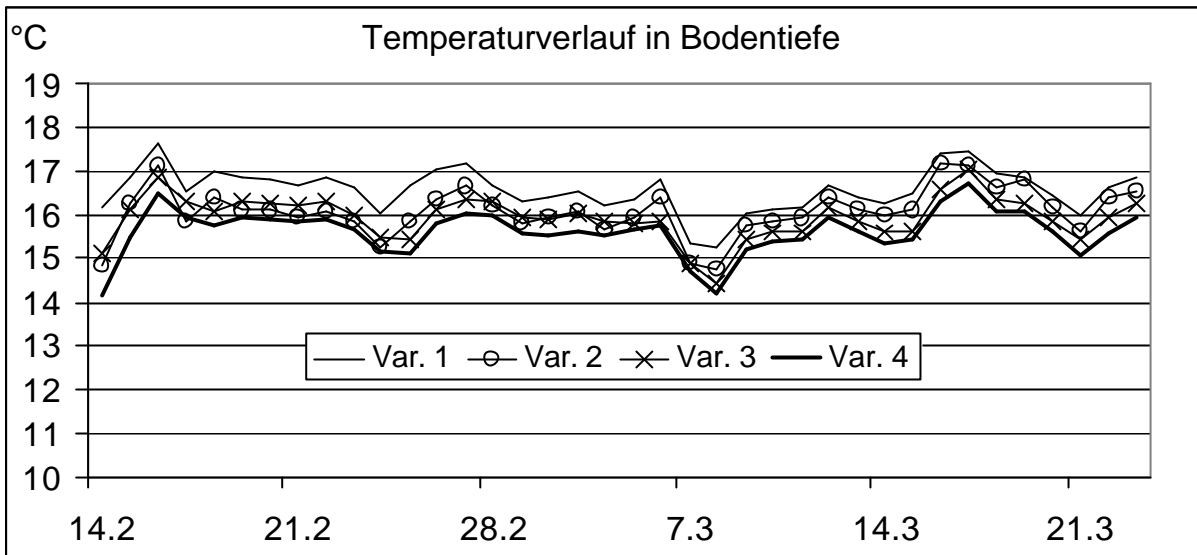


Abb. 51: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe (SpHBew01-1)

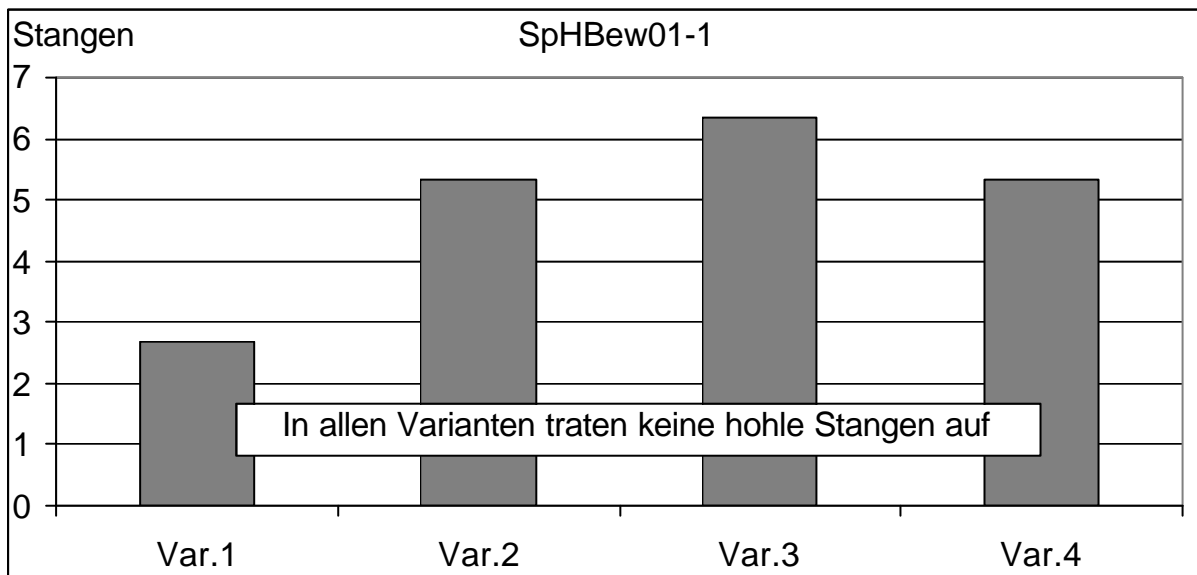


Abb. 52: Erntemenge und Anteil hohler Stangen (SpHBew01-1)

7.1.1.1.2. SpHBew02-1

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob der Faktor Bodenfeuchte bei konstanter Temperatur Einfluss auf die Ausprägung hohler Stangen bei der Sorte 'Gijnlim' hat. Varianten und Versuchsbedingungen wie im Versuch SpHBew01-1, wenn nicht anders angegeben.

Wiederholungen: 4

Sorte: 'Gijnlim'
 Temperatur: 16-19°C in Kronentiefe
 Pflanzenbedarf: 16

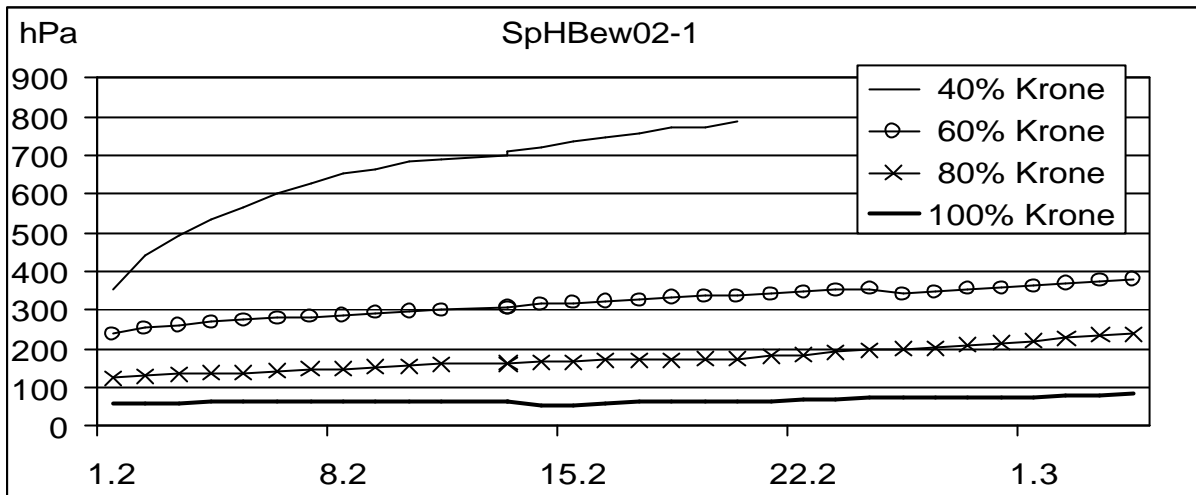


Abb.53: Bodenfeuchteverlauf bei unterschiedlichen Bodenfeuchten

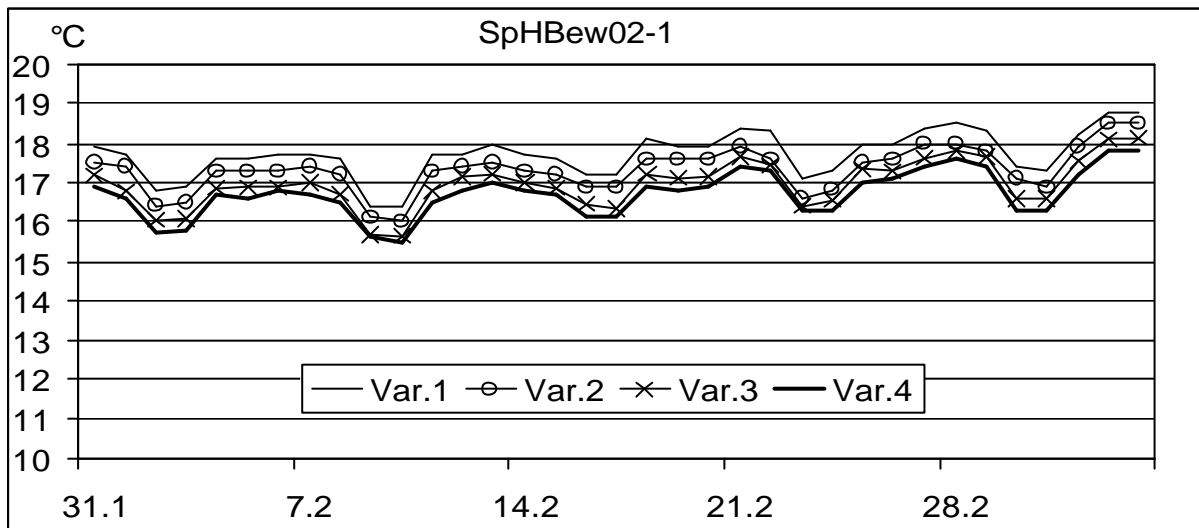


Abb.54: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe 2002

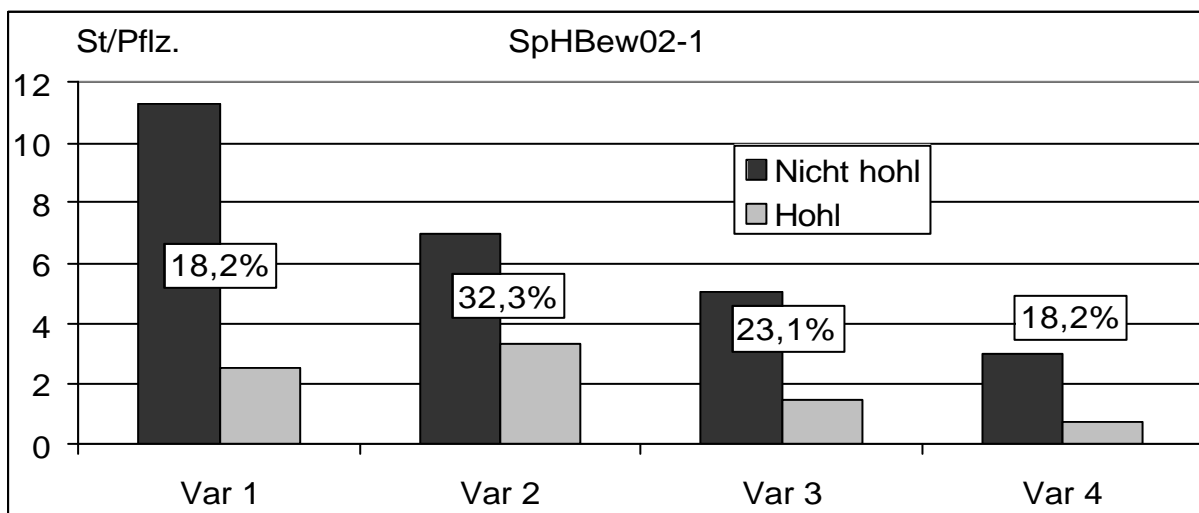


Abb.55: Erntemenge und Anteil hohler Stangen 2002

7.1.1.2. Einfluss der Bodentemperatur

7.1.1.2.1. SpHInt03-1

Versuchshintergrund:

Untersucht wird der Einfluss unterschiedlicher Temperaturverläufe während der Winterruhe auf das Auftreten hohler Stangen. Zusätzlich wird die Sorte „Grolim“ unter den selben Bedingungen getestet.

Tab. 17:Varianten zur Untersuchung der Temperaturen vor der Ernteperiode

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Lagerung 5 Wochen bei Temperaturen +-5°C , Sorte ‚Gijnlim‘
2	Lagerung Intervall 2 Wochen -1°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -1°C, ‚Gijnlim‘
3	Lagerung Intervall 2 Wochen -5°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -5°C, ‚Gijnlim‘
4	Lagerung 5 Wochen bei Temperaturen +-5°C , Sorte ‚Grolim‘
5	Lagerung Intervall 2 Wochen -1°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -1°C, ‚Grolim‘
6	Lagerung Intervall 2 Wochen -5°C, 1 Woche +10°C, 2 Wochen -5°C, ‚Grolim‘

Wiederholungen: 4 / Sorte

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: Mai 2002, 120l Behälter
Sorte: ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘
Standort: Kühlraum Zierpflanzenbau, Kühlzelle & Kühlcontainer
Obstbau.
Standweite: 1 Pflanze / Behälter
Temperatur: nach Varianten
Erntedauer: 14 Tage
Düngung: nach Ernte
Pflanzenbedarf: 24 (12 ‚Gijnlim‘, 12 ‚Grolim‘)
Bewässerung: nach Versuchsabschluss

Untersuchungen:

Bonitur einer Pflanze pro Variante vor dem Treiben (vor der Überwinterung) und nach der Ernte.

Erfassung des täglichen Triebängenwachstums bei einer Pflanze / Variante

Erfassung von Erntemenge und Qualität.

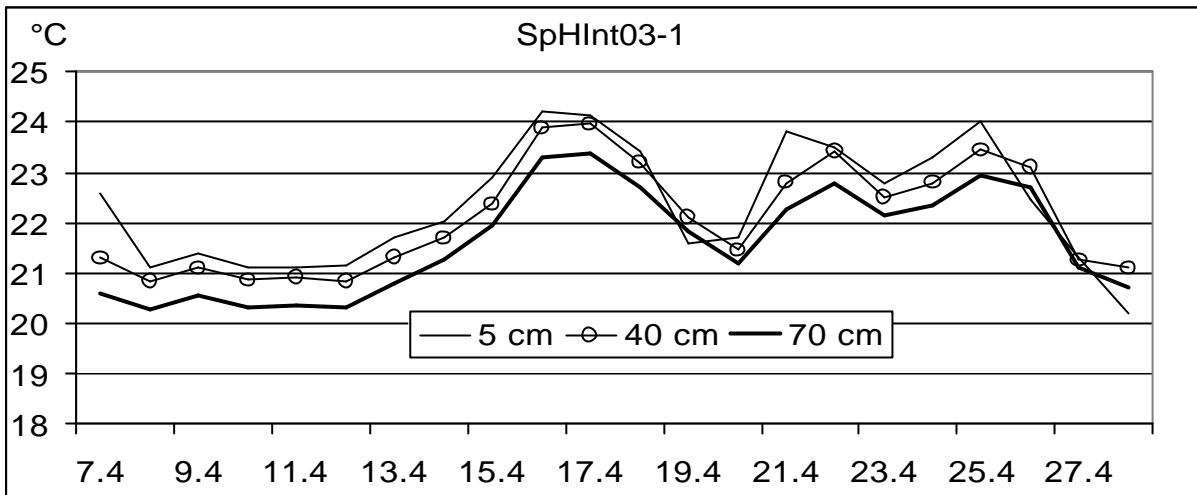


Abb.56: Temperaturverlauf während des Treibens bei allen Varianten 2003

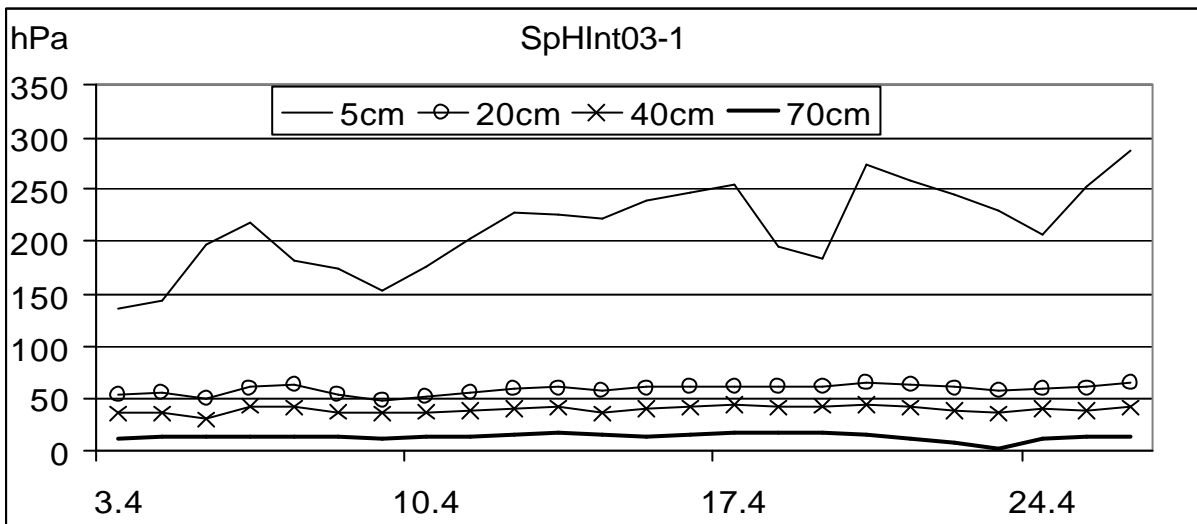


Abb.57: Bodenfeuchteverlauf während des Treibens bei allen Varianten 2003

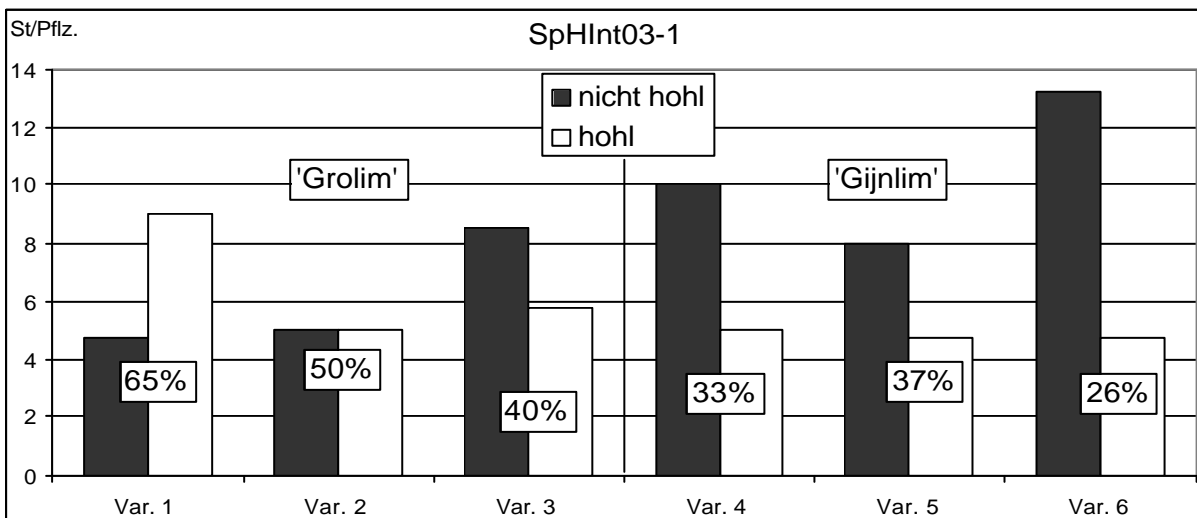


Abb.58: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003

7.1.1.2.2. SpHTTemp03-1

Versuchshintergrund:

In den vorhergehenden Versuchen zeigte sich, dass die Umgebungstemperatur Einfluss auf die Erntemenge und Qualität hat. Ob das Auftreten hohler Stangen unter bestimmten Temperaturbedingungen gefördert wird, soll in diesem Versuch herausgefunden werden.

Tab. 18: Varianten mit unterschiedlicher Umgebungstemperatur 2003

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	18°C Umgebungstemperatur
2	24°C Umgebungstemperatur
3	30°C Umgebungstemperatur

Wiederholungen: 3

Pflanzung: Mai 2002, 240l Behälter
Sorte: „Grolim“
Standort: Zierpflanzenbau Stressräume (18-30°C)
Standweite: 1 Pflanze / Behälter
Temperatur: Treiben nach Varianten
Erntedauer: 14 Tage
Düngung: nach dem Versuch
Pflanzenbedarf: 12
Bewässerung: 120 – 200 hPa in Kronentiefe

Untersuchungen:

Pflanzenbonitur

- Entnahme von Wurzelproben zur Kohlenhydratanalyse.
- Erfassung vom Triebblängenwachstums
- Erfassung von Erntemenge und Qualität

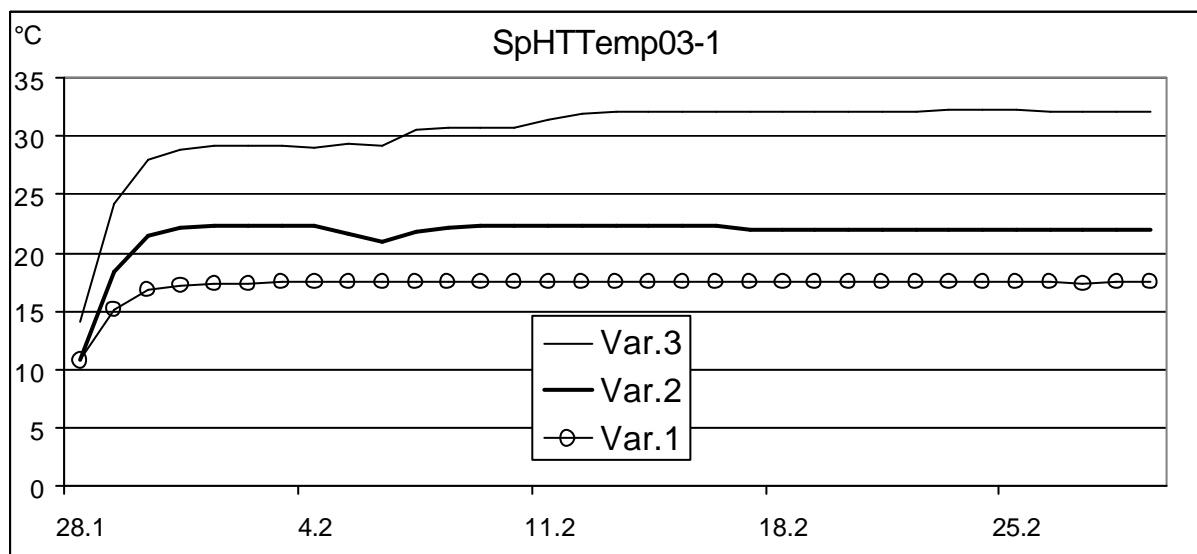


Abb.59: Temperaturverlauf in Kronentiefe bei verschiedenen Varianten 2003

7.1.1.2.3. SpHTemp02-1

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob hohe Bodentemperaturunterschiede bei niedriger Bodenfeuchte zum verstärktem Auftreten hohler Stangen führen kann.

Tab. 19: Varianten mit differenzierten Bodentemperaturunterschieden

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Treiben bei Umgebungstemperatur
2	Vorher eingefroren, dann wie Var.1
3	Wie Var.2 aber Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C
4	Wie Var.3, aber zusätzlich IR Bestrahlung

Wiederholungen: 4

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: Mai 2001, 120l Behälter
 Sorte: ‚Gijnlim‘
 Standort: Haus 6, Kälteaggregat
 Standweite: 1 Pflanze / Behälter
 Temperatur: 12 - 19°C
 Erntedauer: 14 Tage
 Düngung: nach Versuchsabschluss
 Pflanzenbedarf: 16
 Bewässerung: nach Versuchsende

Untersuchungen:

Bonitur einer Pflanze pro Variante vor dem Treiben und nach der Ernte.
 Erfassung des täglichen Triebblängenwachstums bei einer Pflanze / Variante.
 Erfassung von Erntemenge und Qualität.

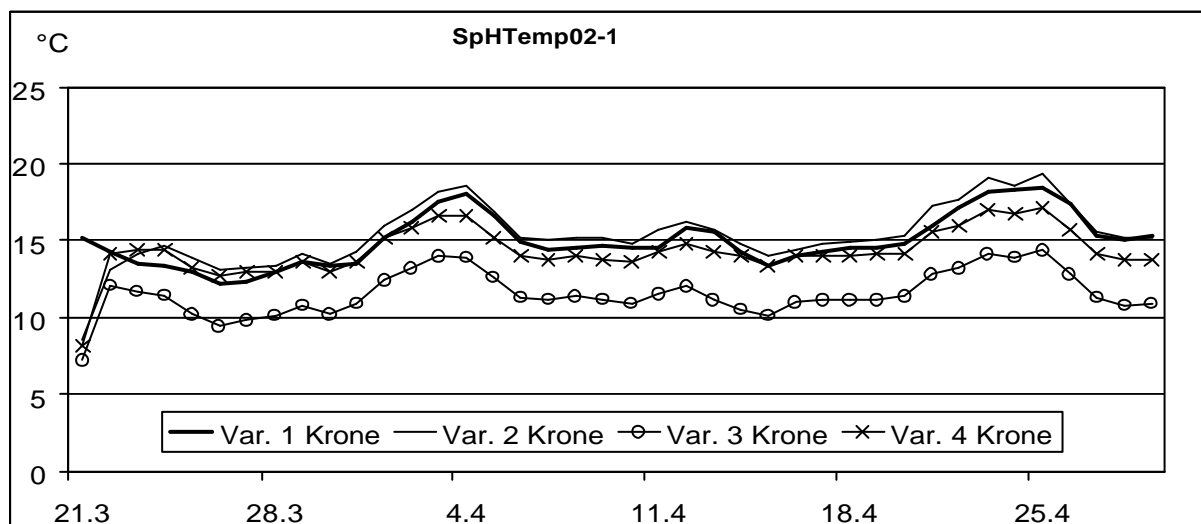


Abb.60: Temperaturverlauf der verschiedenen Varianten in Kronentiefe

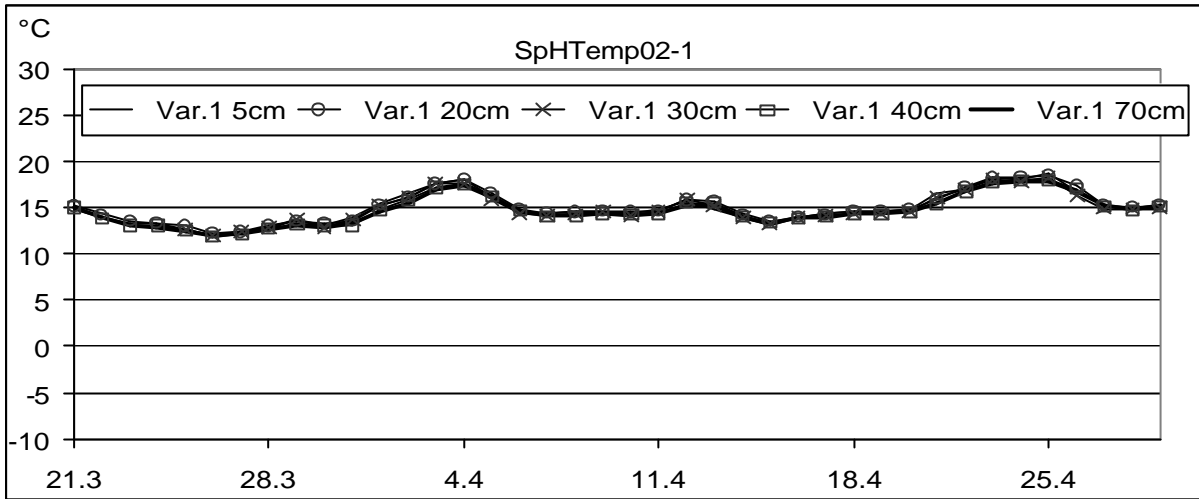


Abb.61: Temperaturverlauf der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen 2002

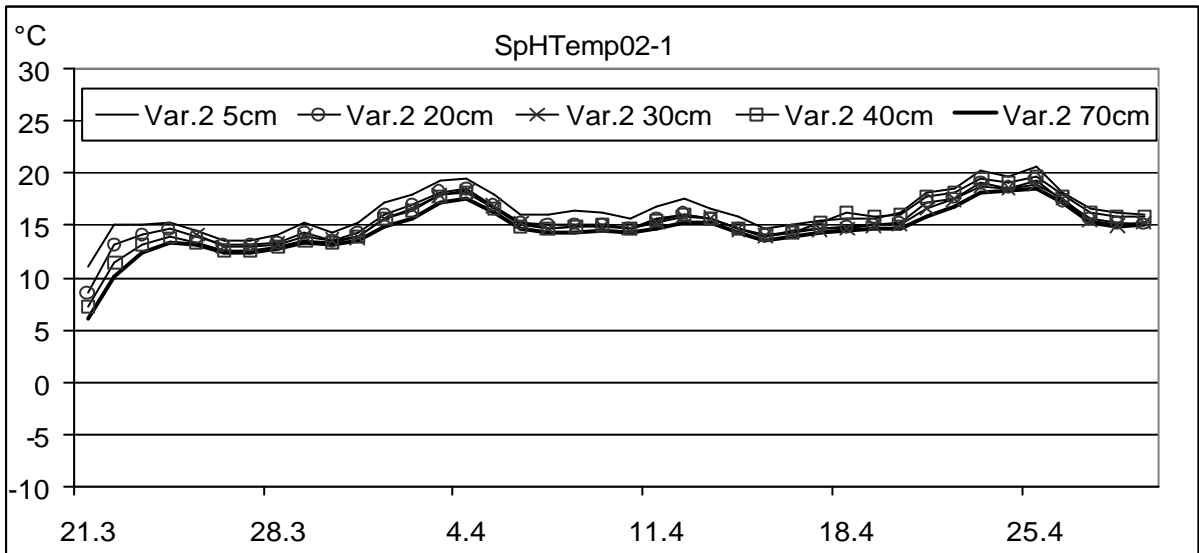


Abb.62: Temperaturverlauf der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen 2002

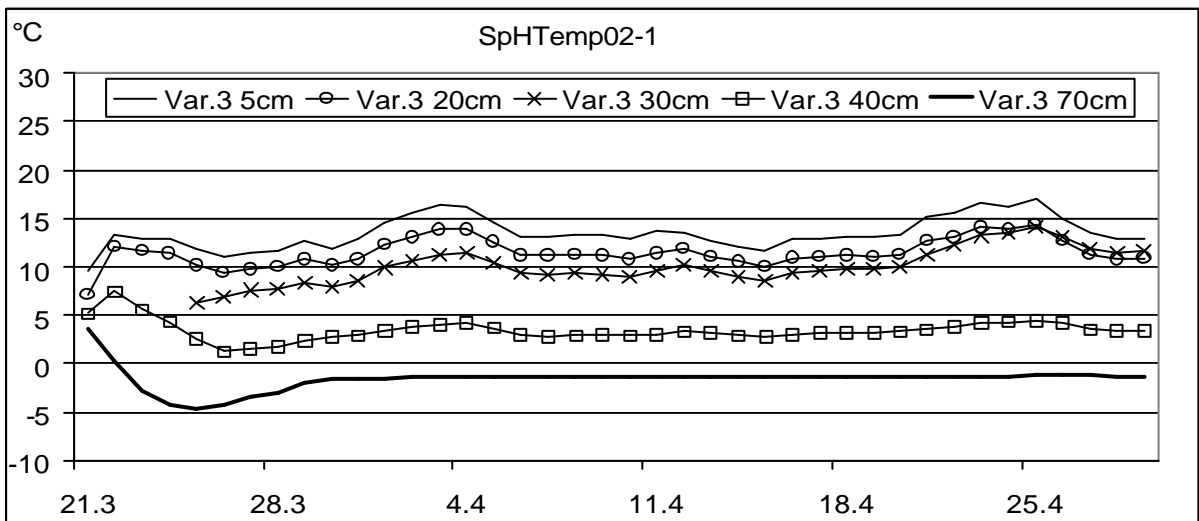


Abb.63: Temperaturverlauf der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen 2002

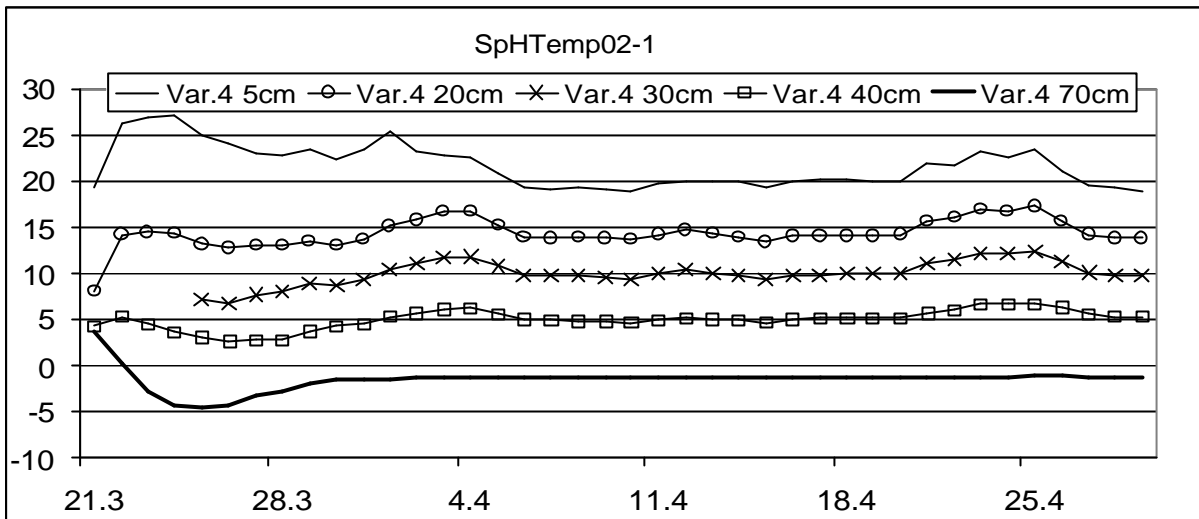


Abb.64: Temperaturverlauf der Var. 4 in unterschiedlichen Tiefen 2002

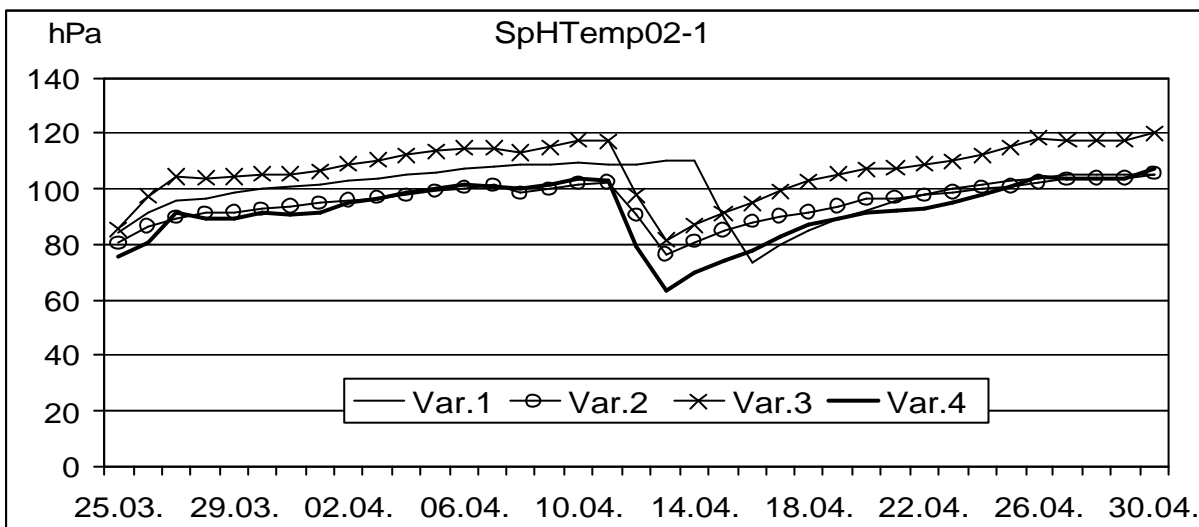


Abb.65: Bodenfeuchteverlauf in Kronentiefe bei versch. Varianten 2002

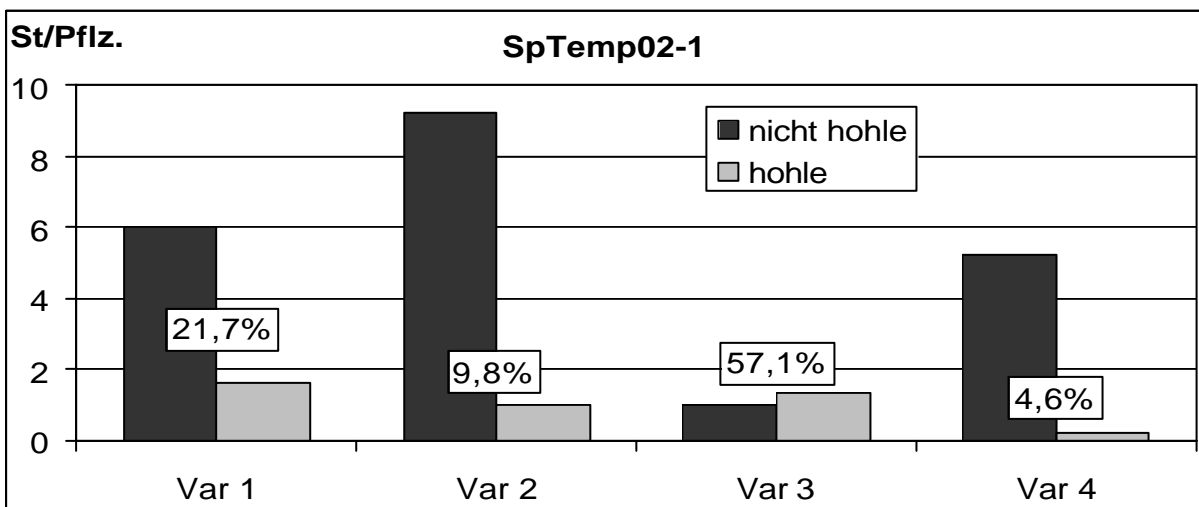


Abb.66: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2002

7.1.1.2.4. SpHTemp02-2

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob hohe Bodentemperaturunterschiede bei niedriger Bodenfeuchte zum verstärktem Auftreten hohler Stangen führen kann.

Tab. 20: Varianten mit differenzierten Umgebungsbedingungen

Var.nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Treiben bei Umgebungstemperatur
2	Vorher eingefroren, dann wie Var.1
3	Wie Var.2 aber Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C
4	Wie Var.3, aber zusätzlich IR Bestrahlung

Wiederholungen: 4

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: Mai 2001, 120l Behälter
 Sorte: ‚Gijnlim‘
 Standort: Haus 6, Kälteaggregat
 Standweite: 1 Pflanze / Behälter
 Temperatur: 17 - 31°C
 Erntedauer: 14 Tage
 Düngung: nach Versuchsabschluss
 Pflanzenbedarf: 16
 Bewässerung: nach Versuchsende

Untersuchungen:

Bonitur einer Pflanze pro Variante vor dem Treiben und nach der Ernte.
 Erfassung des täglichen Triebblängenwachstums bei einer Pflanze / Variante.
 Erfassung von Erntemenge und Qualität.

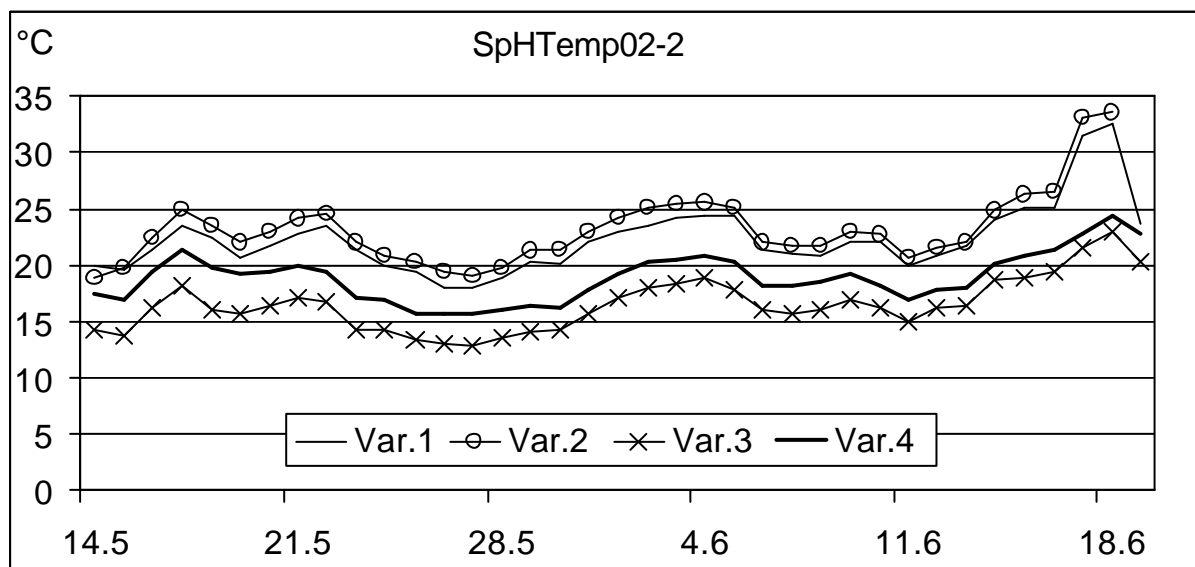


Abb.67: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe 2002

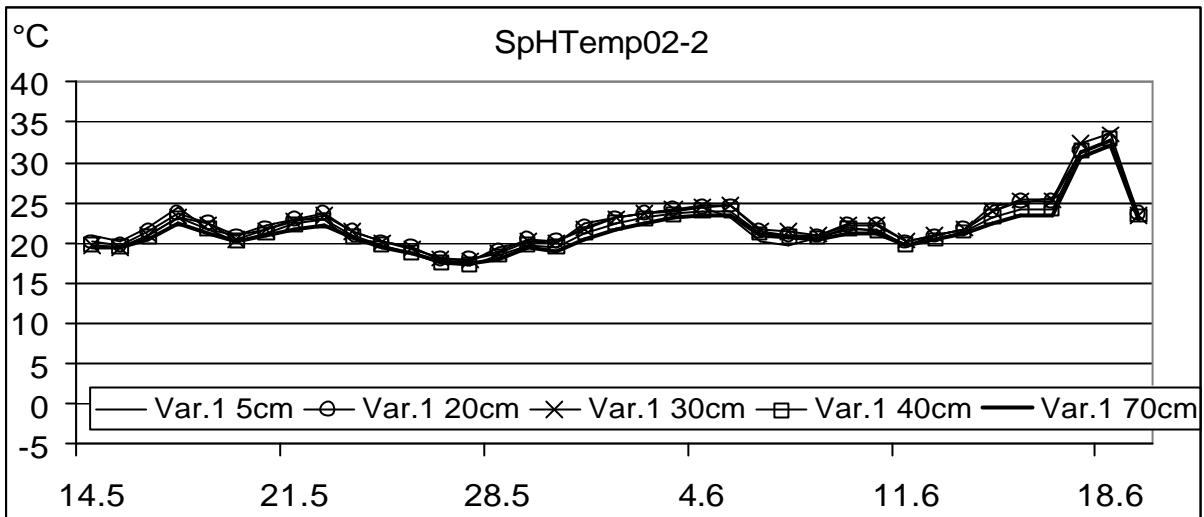


Abb.68: Temperaturverlauf der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen 2002

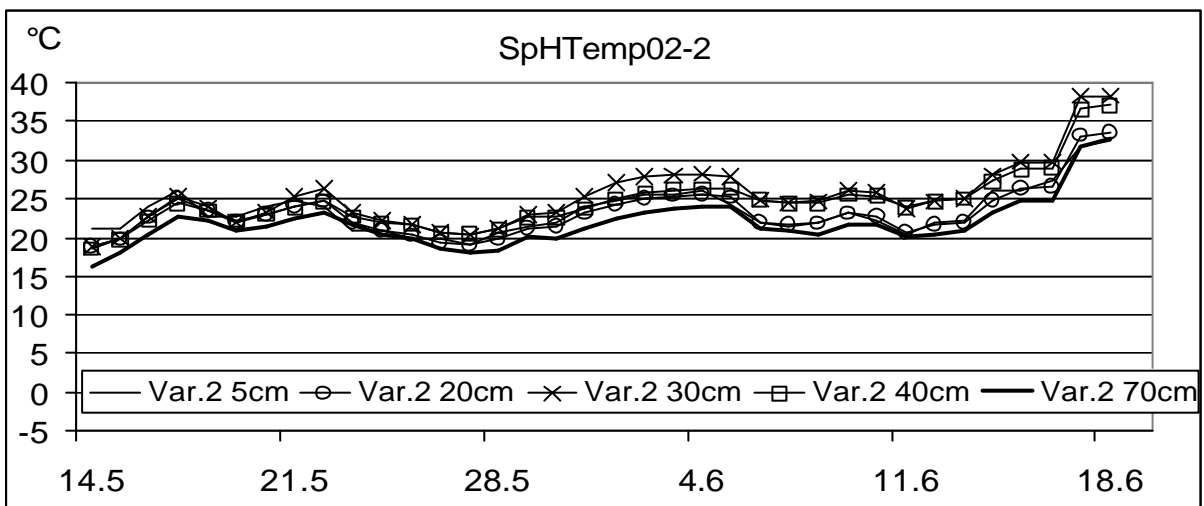


Abb.69: Temperaturverlauf der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen 2002

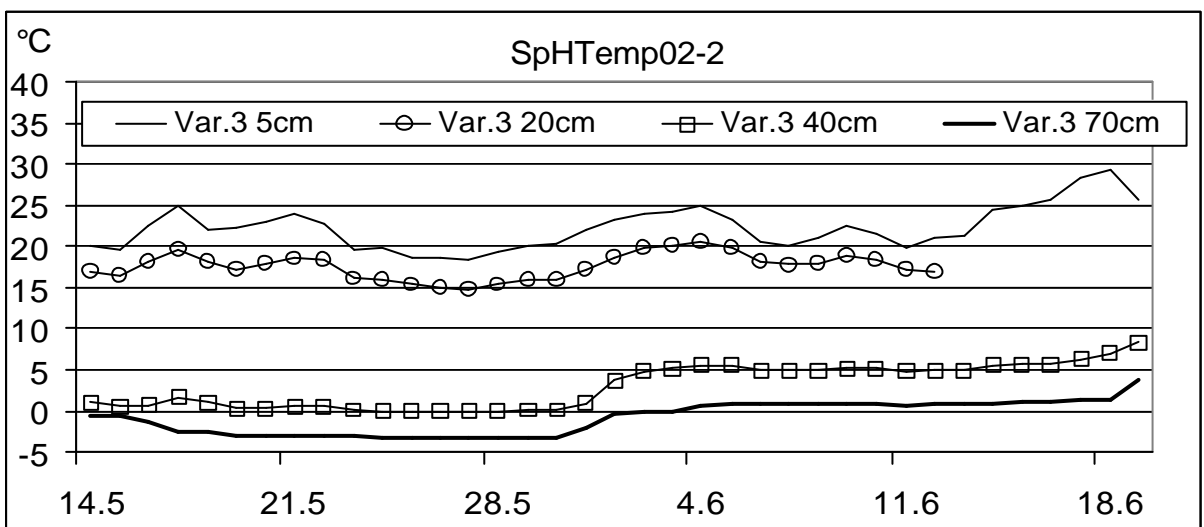


Abb.70: Temperaturverlauf der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen 2002

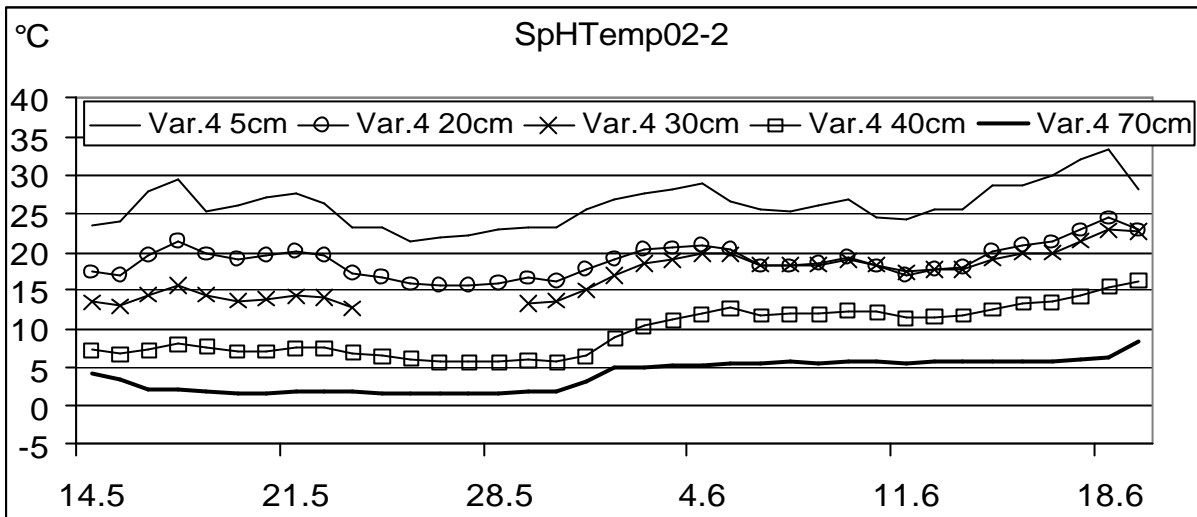


Abb.71: Temperaturverlauf der Var. 4 in unterschiedlichen Tiefen 2002

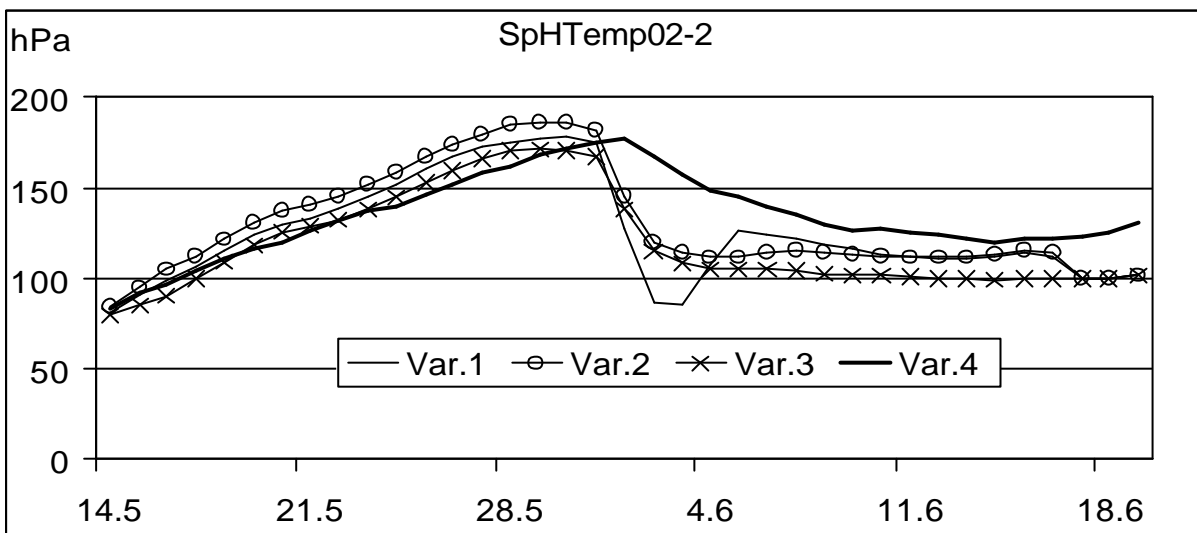


Abb.72: Bodenfeuchteverlauf in Kronentiefe bei versch. Varianten 2002

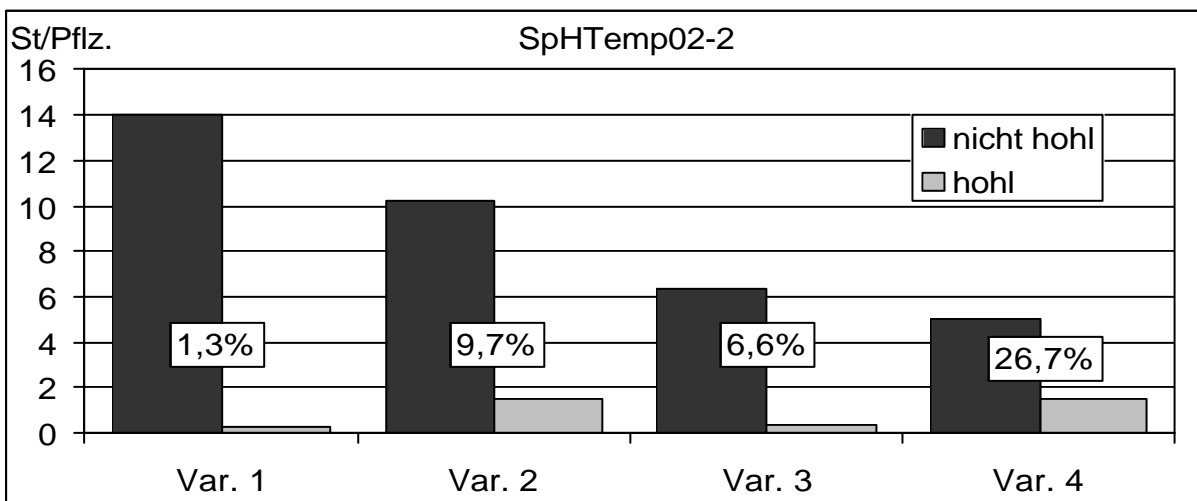


Abb.73: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2002

7.1.1.2.5. SpHTemp02-3

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob hohe Bodentemperaturunterschiede bei niedriger Bodenfeuchte zum verstärktem Auftreten hohler Stangen führen kann.

Varianten und Versuchsbedingungen wie im analogen Satz SpHTemp02-2.

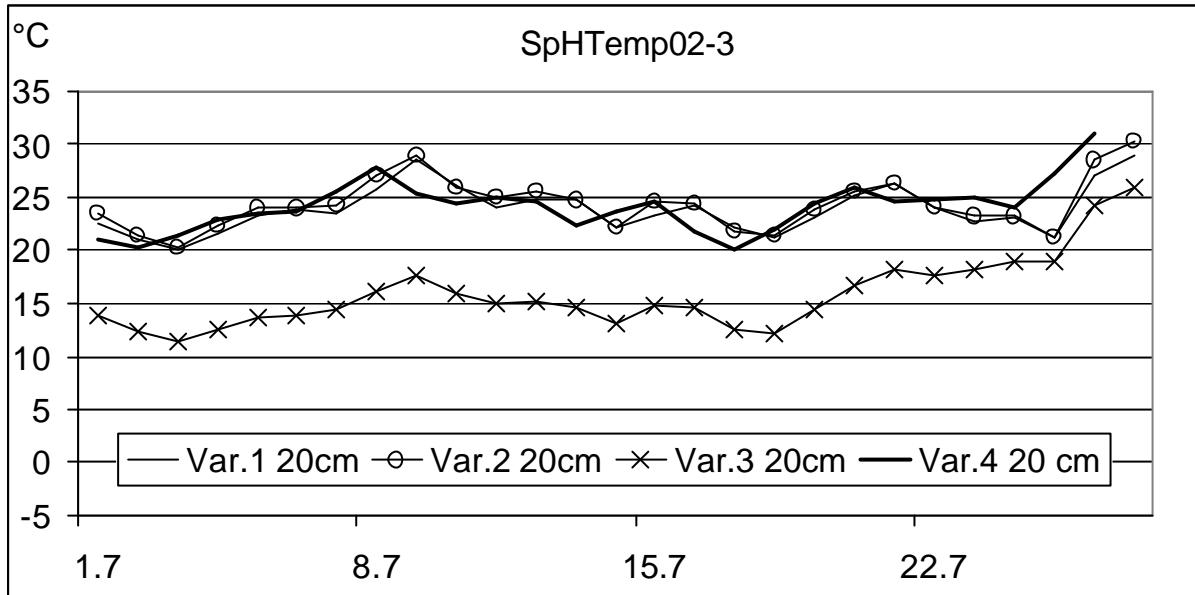


Abb.74: Temperaturverlauf der verschiedenen Var. in Kronentiefe 2002

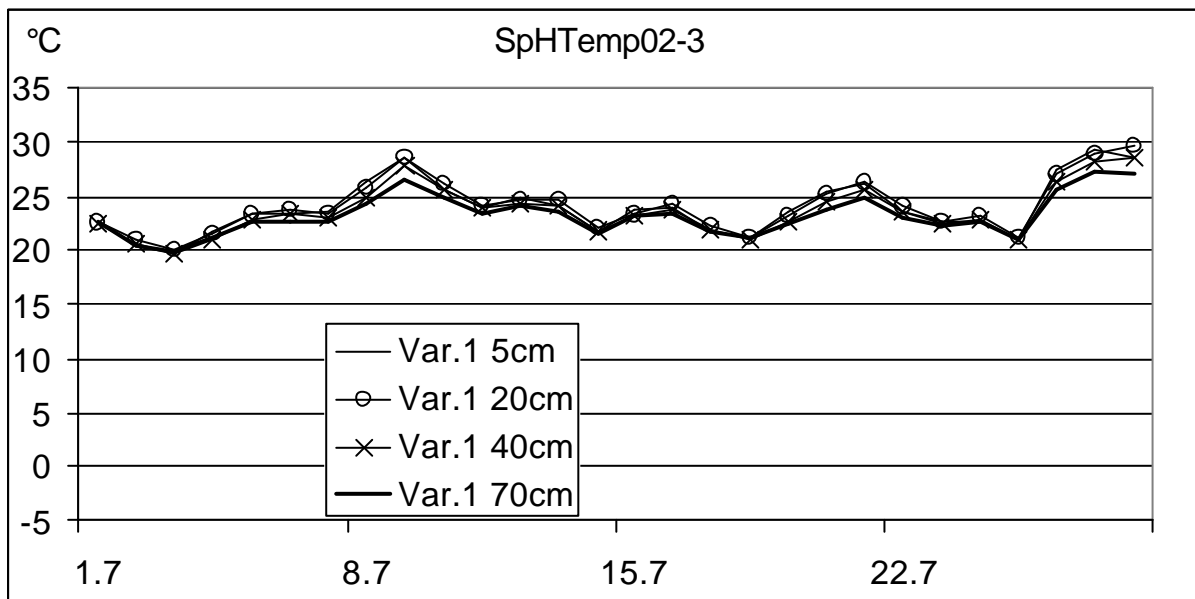


Abb.75: Temperaturverlauf der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen 2002

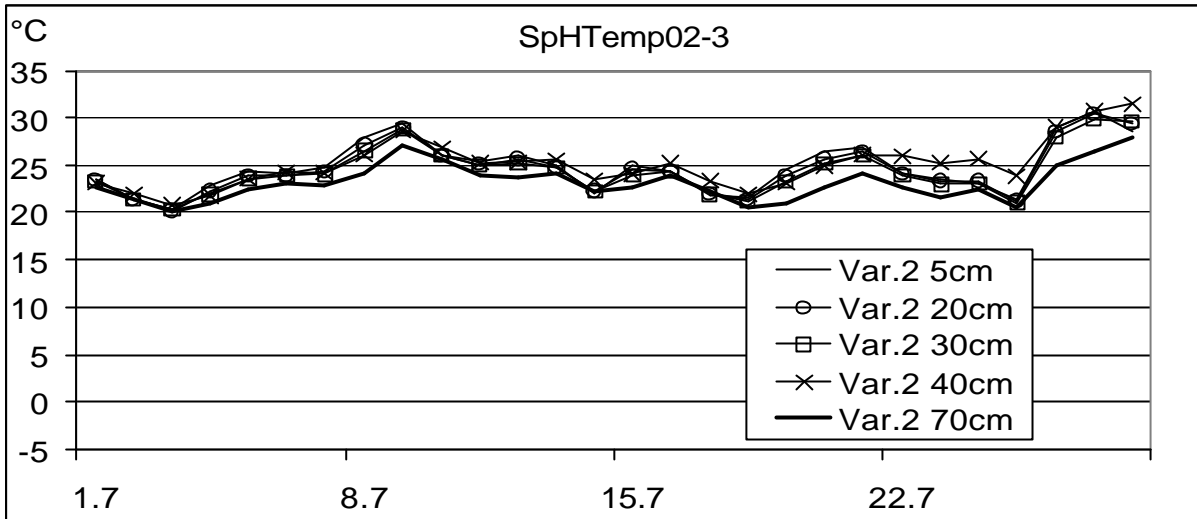


Abb.76: Temperaturverlauf der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen

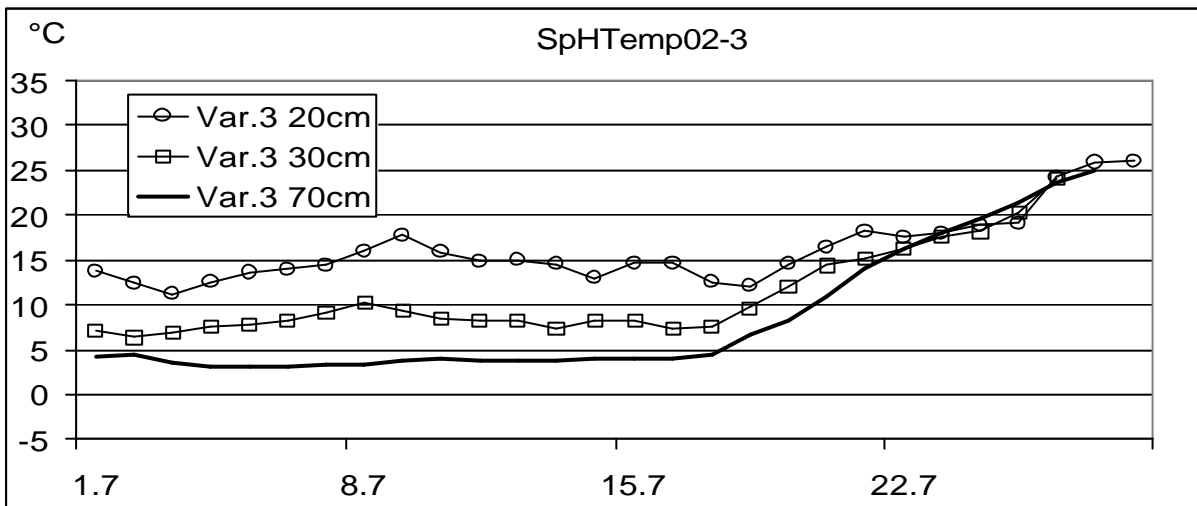


Abb.77: Temperaturverlauf der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen

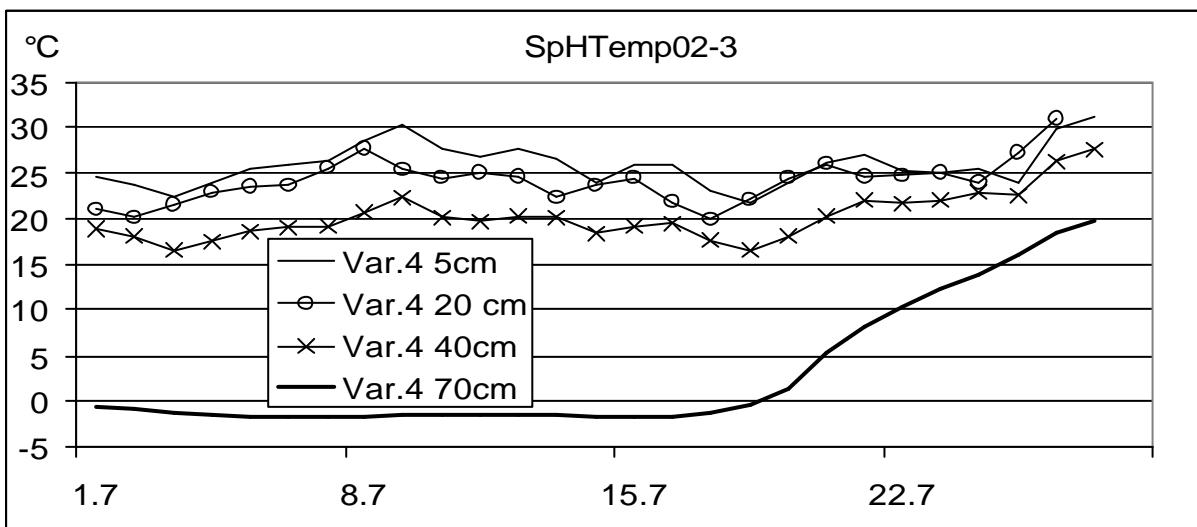


Abb.78: Temperaturverlauf der Var. 4 in unterschiedlichen Tiefen

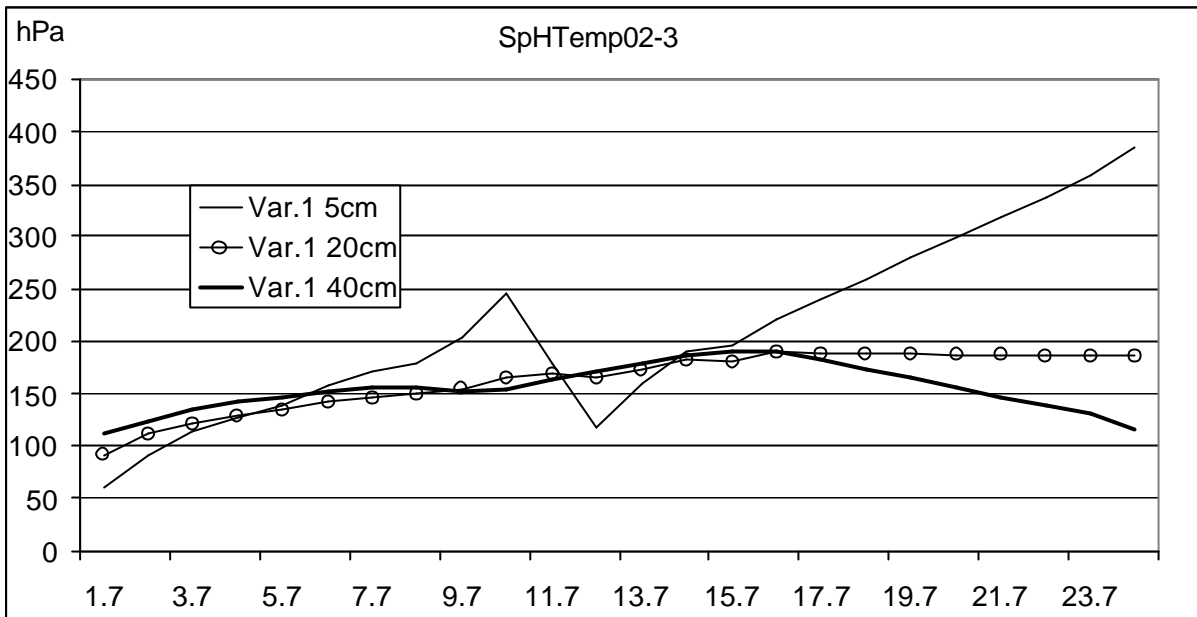


Abb.79: Bodenfeuchteverlauf Var. 1 in verschiedenen Bodentiefen

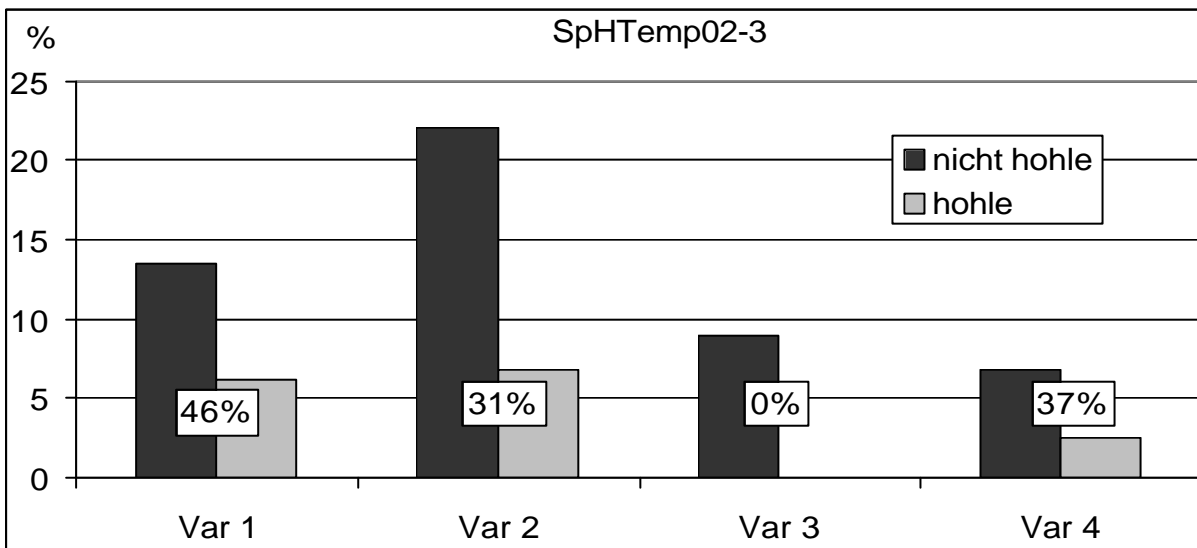


Abb.80: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte

7.1.1.2.6. SpHTemp02-3

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob hohe Bodentemperaturunterschiede bei hoher Bodenfeuchte zum verstärktem Auftreten hohler Stangen führen kann.

Tab. 21: Varianten zur differenzierten Umgebungstemperatur 2003, 2. Satz

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Treiben bei Umgebungstemperatur 18°C
2	Treiben bei Umgebungstemperatur, Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C
3	Treiben bei Umgebungstemperatur, Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C, zusätzlich IR Bestrahlung

Wiederholungen: 4

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: Mai 2001, 120l Behälter
Sorte: ‚Gijnlim‘
Standort: Haus 6, Kälteaggregat
Standweite: 1 Pflanze / Behälter
Temperatur: nach Varianten
Düngung: nach Versuchsabschluss
Pflanzenbedarf: 12
Bewässerung: 100%

Untersuchungen:

Bonitur einer Pflanze pro Variante vor dem Treiben und nach der Ernte.
Erfassung des täglichen Triblängenwachstums bei einer Pflanze / Variante.
Erfassung von Erntemenge und Qualität.

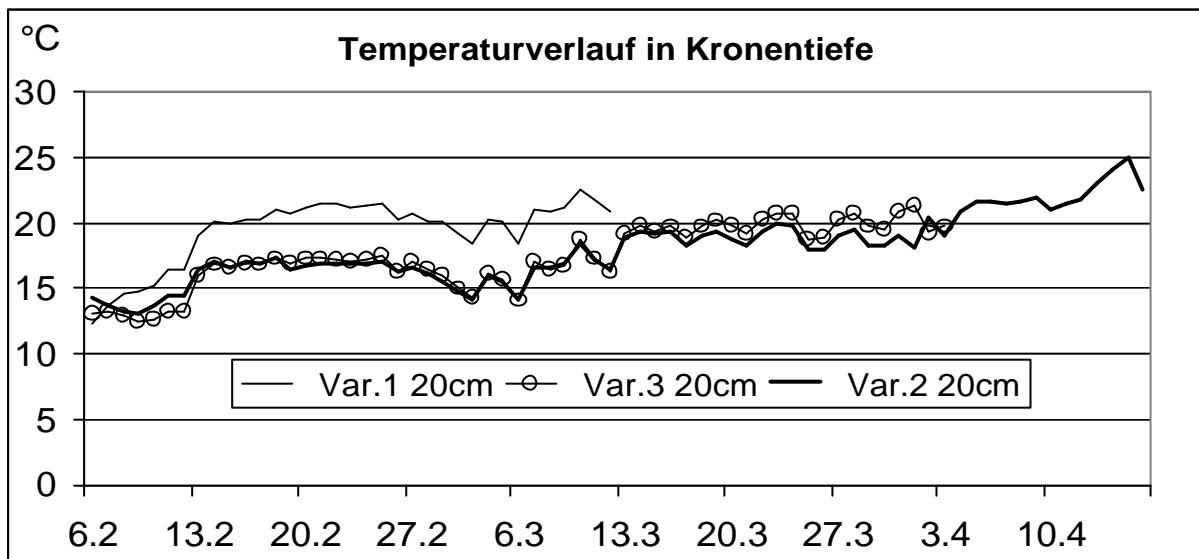


Abb.81: Temperaturverlauf der versch. Var. in Kronentiefe (TempxBew03-1)

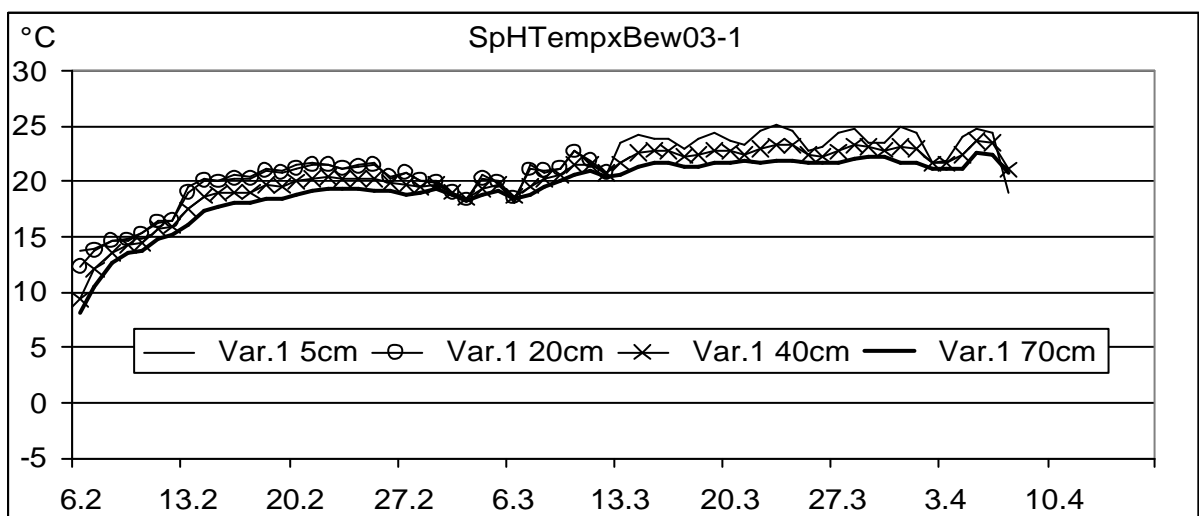


Abb.82: Temperaturverlauf der Var. 1 in verschiedenen Tiefen 2003

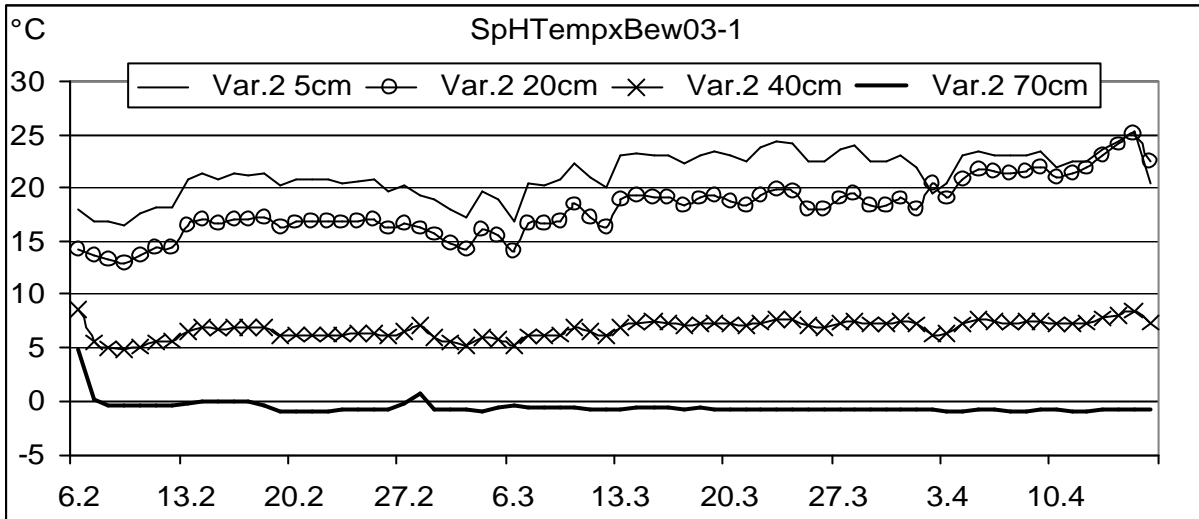


Abb.83: Temperaturverlauf der Var. 2 in versch. Tiefen

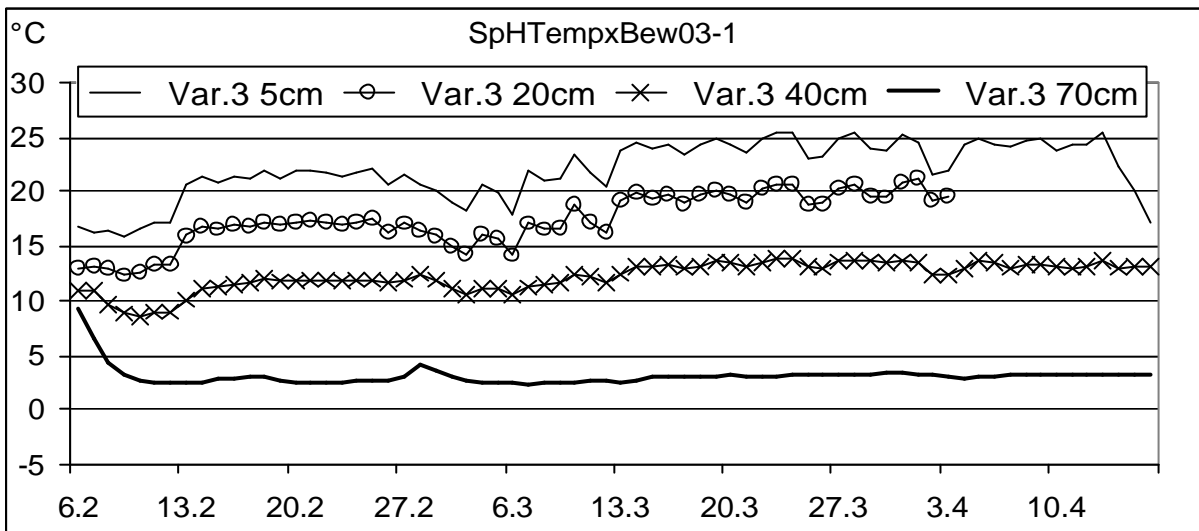


Abb.84: Temperaturverlauf der Var. 3 in versch. Tiefen 2003

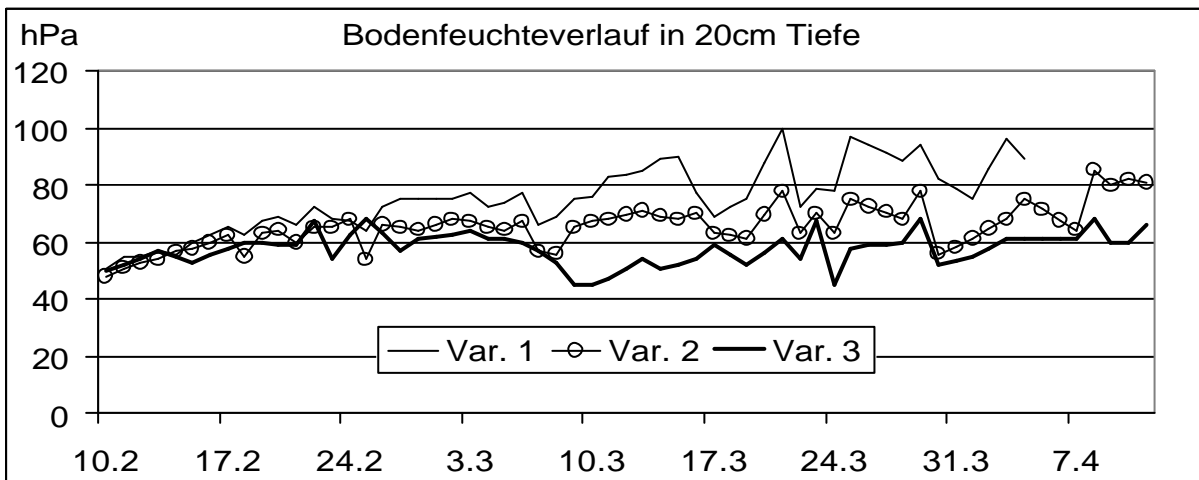


Abb.85: Bodenfeuchteverlauf verschiedener Var. in Kronentiefe (TempxBew03-1)

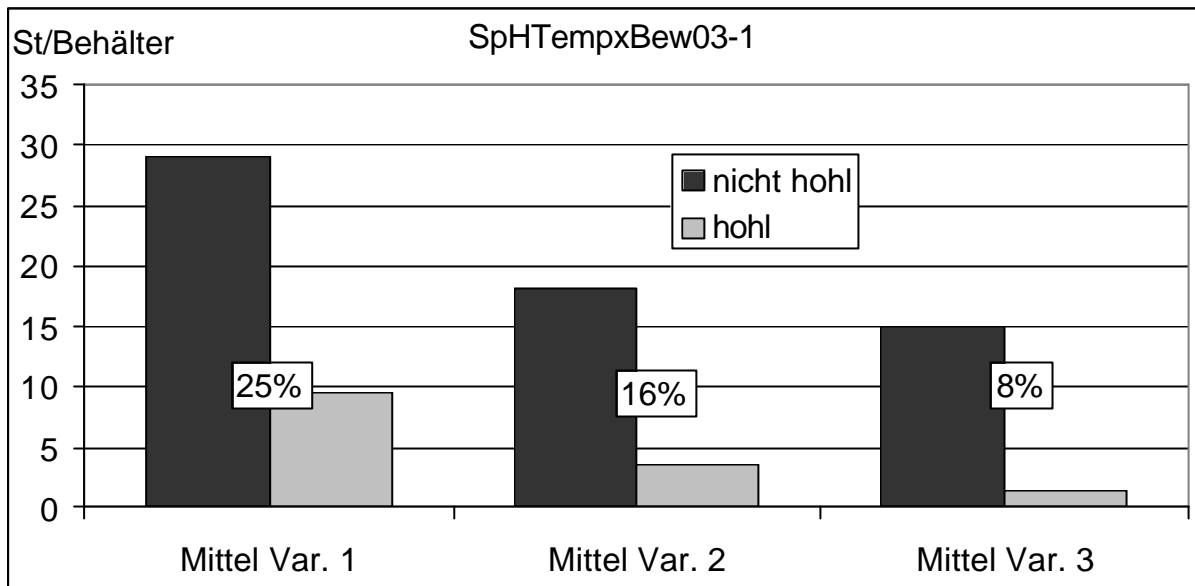


Abb.86: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003

7.1.1.2.7. SpHTempxBew03-2

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob hohe Bodentemperaturunterschiede bei niedriger Bodenfeuchte im Kronenbereich zum verstärktem Auftreten hohler Stangen führen kann.

Tab. 22: Varianten mit unterschiedlicher Bodentemperatur

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Treiben bei Umgebungstemperatur, Boden in 0-30cm trocken (40% nWK)
2	Treiben bei Umgebungstemperatur, Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C, Boden in 0-30cm trocken 40% nWK
3	Treiben bei Umgebungstemperatur, Untergrund zusätzlich gekühlt auf >0°C, Boden in 0-30cm trocken 40% nWK, zusätzlich IR Bestrahlung

Wiederholungen: 4

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: Mai 2001, 120l Behälter
 Sorte: ‚Gijnlim‘
 Standort: Haus 6, Kälteaggregat
 Standweite: 1 Pflanze / Behälter
 Temperatur: nach Varianten
 Düngung: nach Versuchsabschluss
 Pflanzenbedarf: 16
 Bewässerung: nach Versuchsabschluss

Untersuchungen:

Bonitur einer Pflanze pro Variante vor dem Treiben und nach der Ernte.
 Erfassung des täglichen Triebblängenwachstums bei einer Pflanze / Variante
 Erfassung von Erntemenge und Qualität.

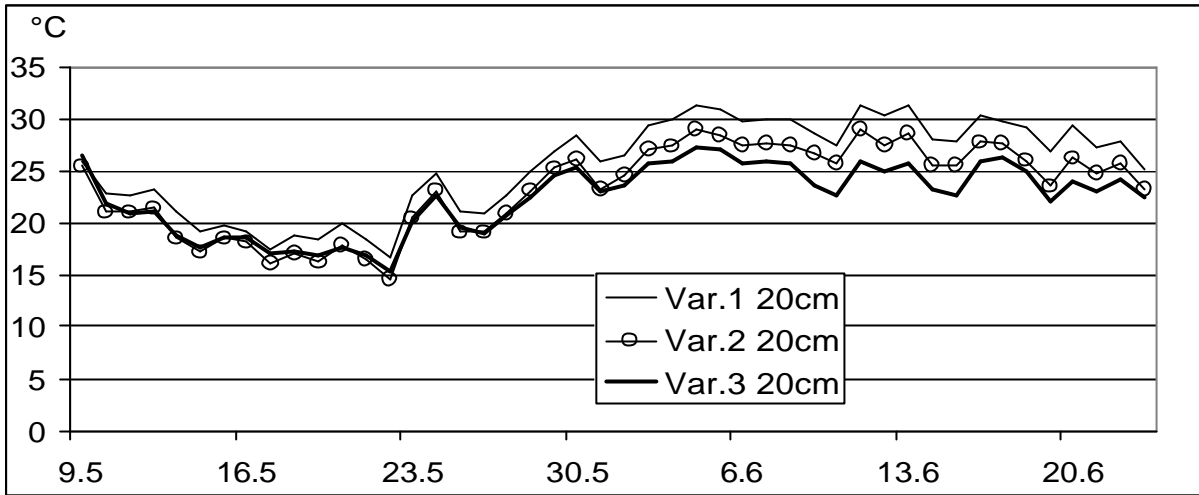


Abb.87: Temperatur der verschiedenen Var. in Kronentiefe (TempxBew03-2)

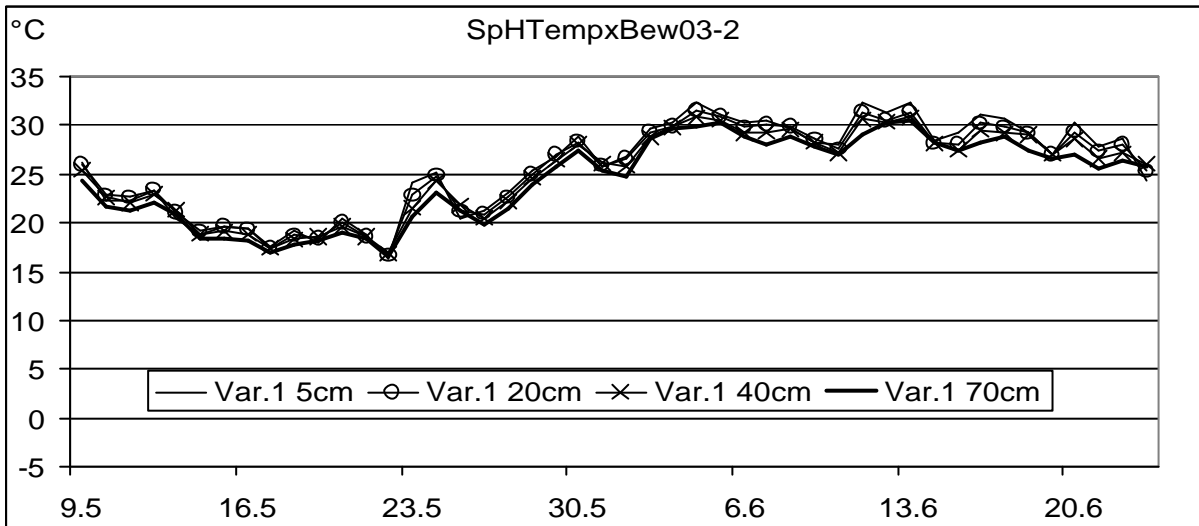


Abb.88: Temperatur der Var. 1 in unterschiedlichen Tiefen

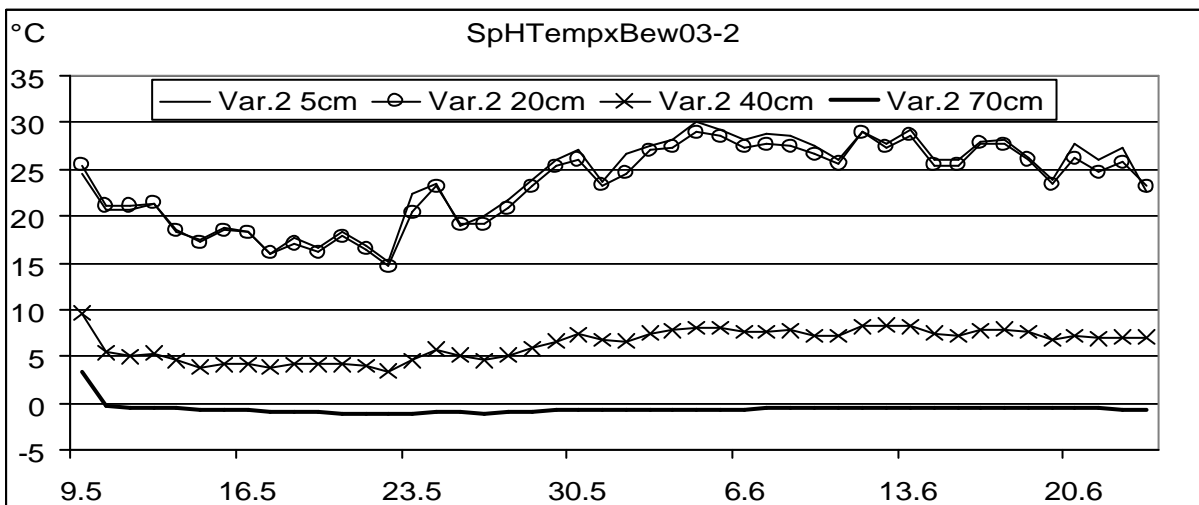


Abb.89: Temperatur der Var. 2 in unterschiedlichen Tiefen

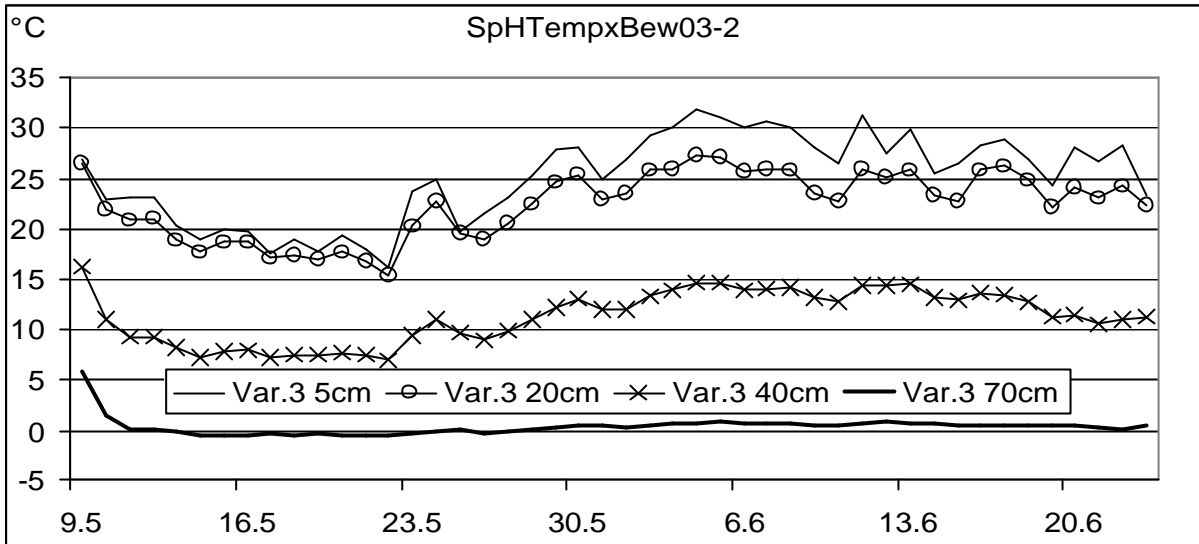


Abb.90: Temperatur der Var. 3 in unterschiedlichen Tiefen

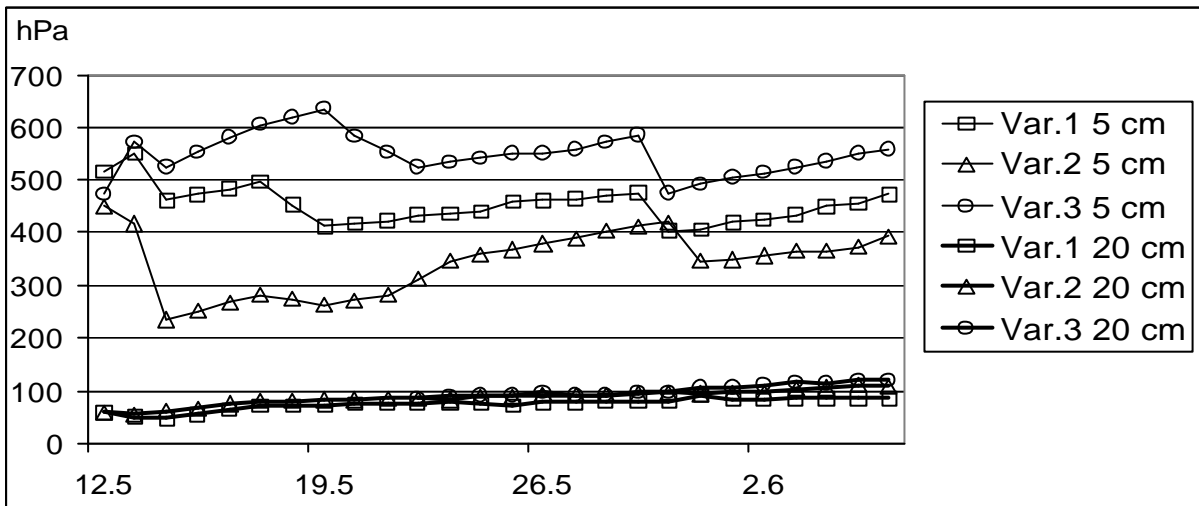


Abb.91: Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen bei 3 Var. (TempxBew03-2)

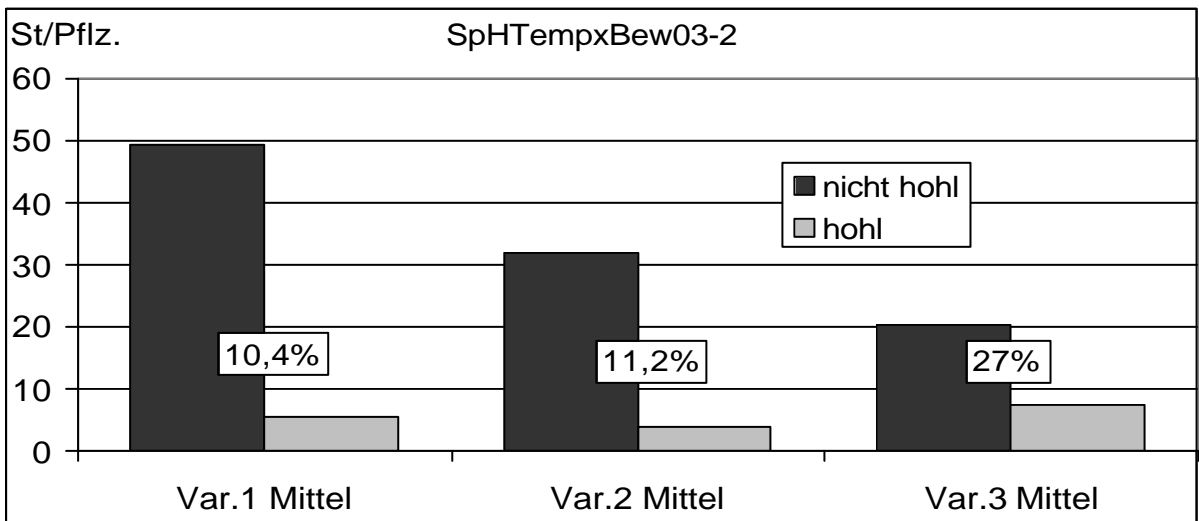


Abb.92: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003

7.1.1.2.8. SpHTempInt03-1

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, ob durch wiederholtes Absenken der Temperatur während der Ernteperiode hohle Stangen induziert werden können.

Tab. 23: Varianten mit abgesenkter Umgebungstemperatur

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1.	„Gijnlim“ Treiben bei Umgebungstemperatur, 4 Wochen Ernte
2.	Treiben bei Umgebungstemperatur, 1. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur 2. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur –4 K 3. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur 4. Woche Ernte bei Umgebungstemperatur –4 K

Wiederholungen: 3

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: Mai 2001, 120l Behälter
 Sorte: ‚Gijnlim‘
 Standort: Haus 6, Kälteaggregat
 Standweite: 1 Pflanze / Behälter
 Temperatur: nach Var.
 Düngung: nach Versuchsabschluss
 Pflanzenbedarf: 6
 Bewässerung: nach Versuchsabschluss

Untersuchungen:

Kronenbonitur der Pflanzen vor dem Treiben
 Erfassung des Trieb­längenwachstums bei der Ernte, der Erntemenge und Qualität
 Entnahme von Wurzeln zur Reservekohlenhydratbestimmung

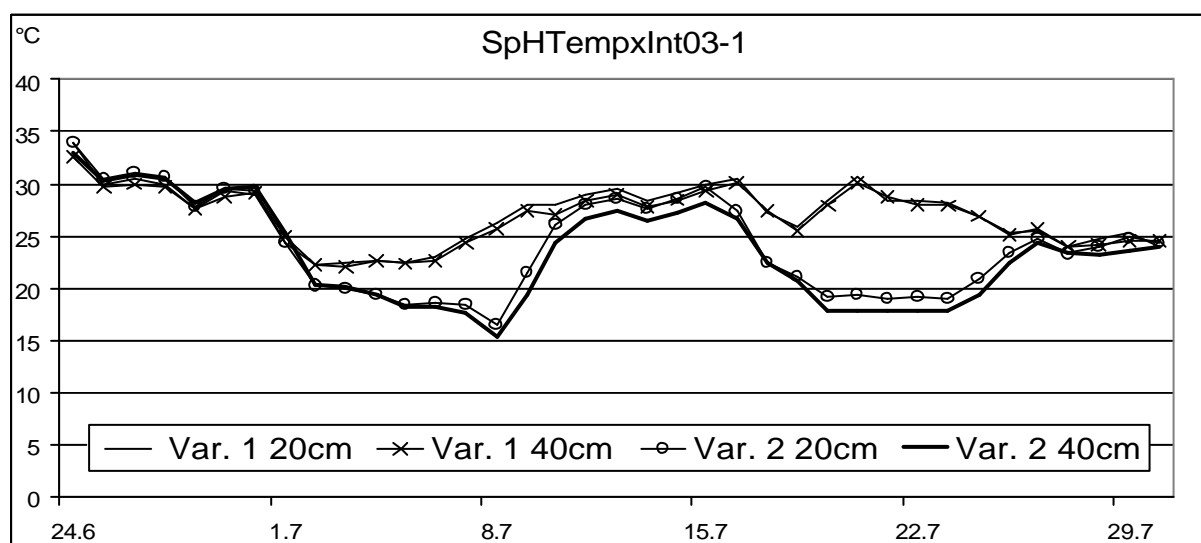


Abb.93: Temperaturverlauf in 2 Tiefen und bei Var.1 und 2

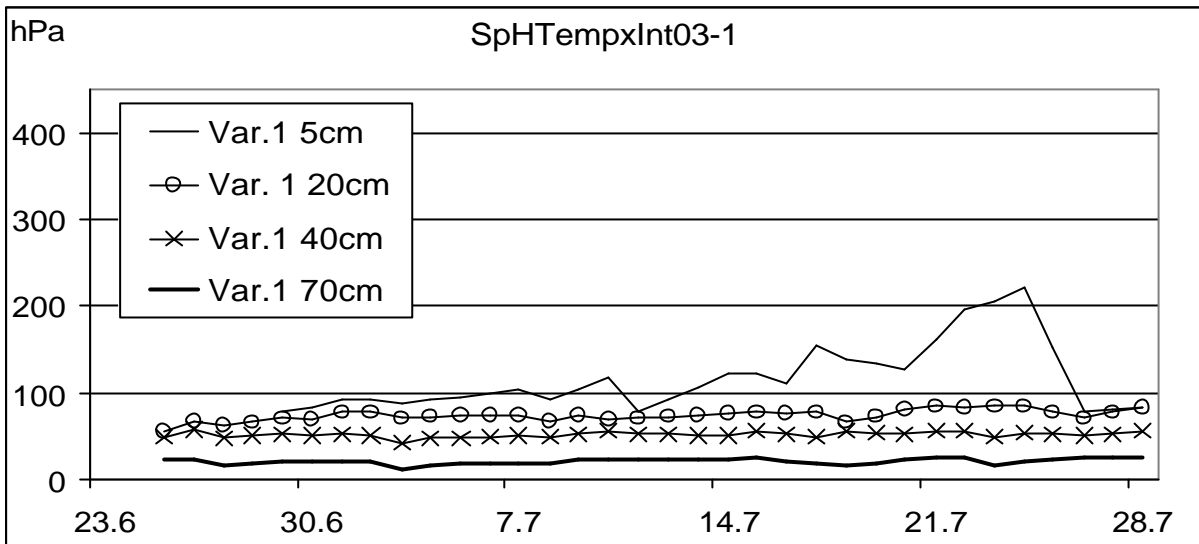


Abb.94: Bodenfeuchteverlauf Var.1 in verschiedenen Tiefen

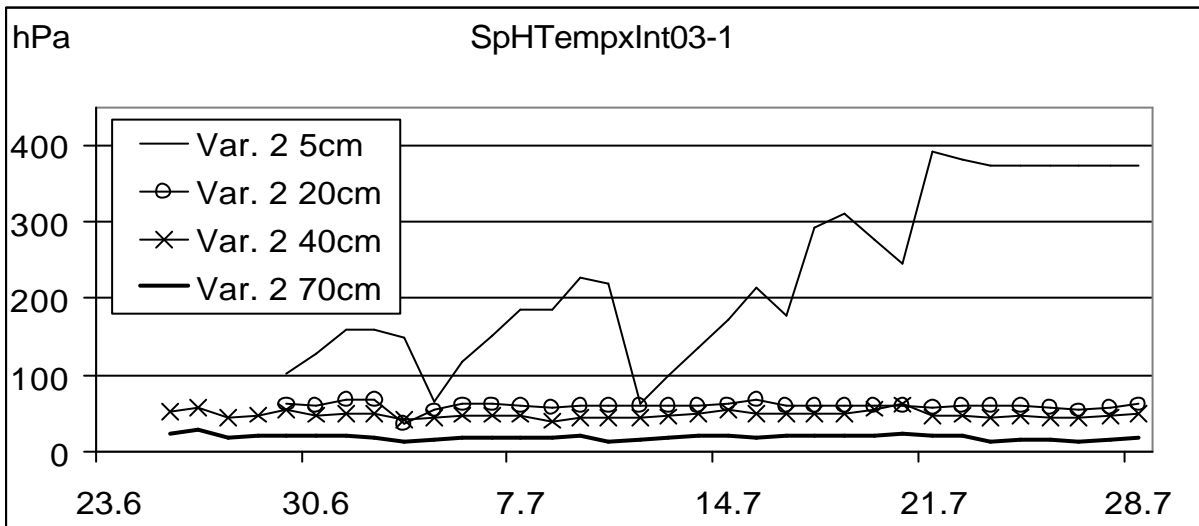


Abb.95: Bodenfeuchteverlauf Var.2 in verschiedenen Tiefen

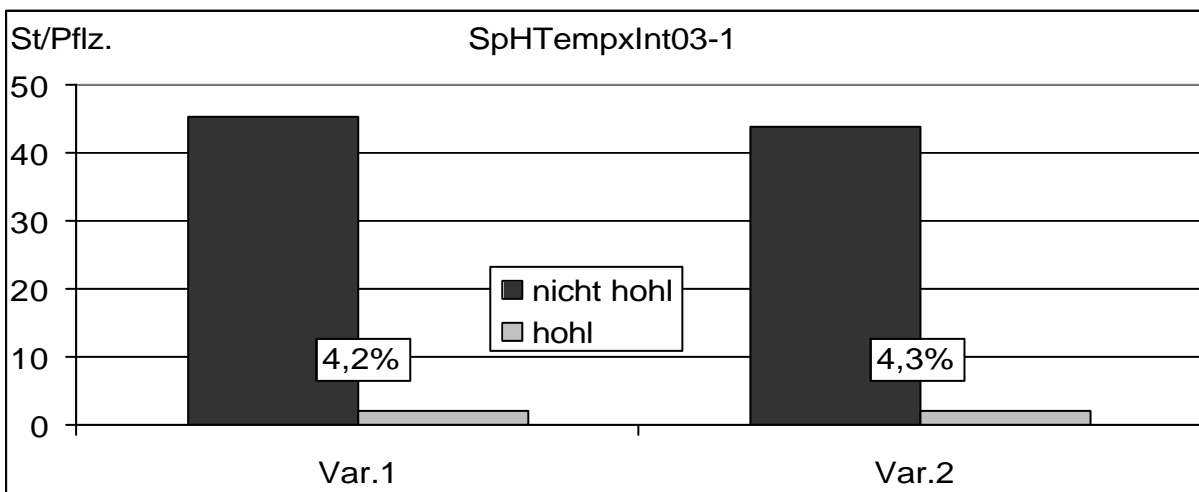


Abb.96: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte

7.1.1.3. Einfluss der Reservekohlenhydratversorgung

7.1.1.3.1. SpHKhy03-1

Versuchshintergrund:

Zum Ende der Ernteperiode kommt es verstärkt zum Auftreten hohler Stangen. Vermutet wird ein reduzierter Gehalt an Kohlenhydraten. Durch zeitlich verschiedene Vegetationsperioden 2002 sind Pflanzen mit potentiell unterschiedlicher Reservekohlenhydratversorgung verfügbar.

Tab. 24: Varianten mit differenziertem Ernteabschluss

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1.	Versuchspflanzen mit maximaler KH-Versorgung. (Erntende: 14.03.02)
2.	Versuchspflanzen mit optimaler KH-Versorgung. (Erntende: 26.06.02)
3.	Versuchspflanzen mit minimaler KH-Versorgung. (Erntende: 02.08.02)

Wiederholungen: 4

Pflanzung: Mai 2001, 120l Behälter
Sorte: ‚Gijnlim‘
Standort: Verbinder
Standweite: 1 Pflanze / Behälter
Temperatur: Treiben bei 20°C
Erntedauer: 28 Tage
Düngung: nach dem Versuch
Pflanzenbedarf: 12
Bewässerung: 120 hPa

Untersuchungen:

Bonitur und Entnahme von Wurzelproben einer Pflanze pro Var. vor dem Treiben und nach der Ernte.

Erfassung des täglichen Triblängenwachstums bei einer Pflanze / Var.

Erfassung von Erntemenge und Qualität.

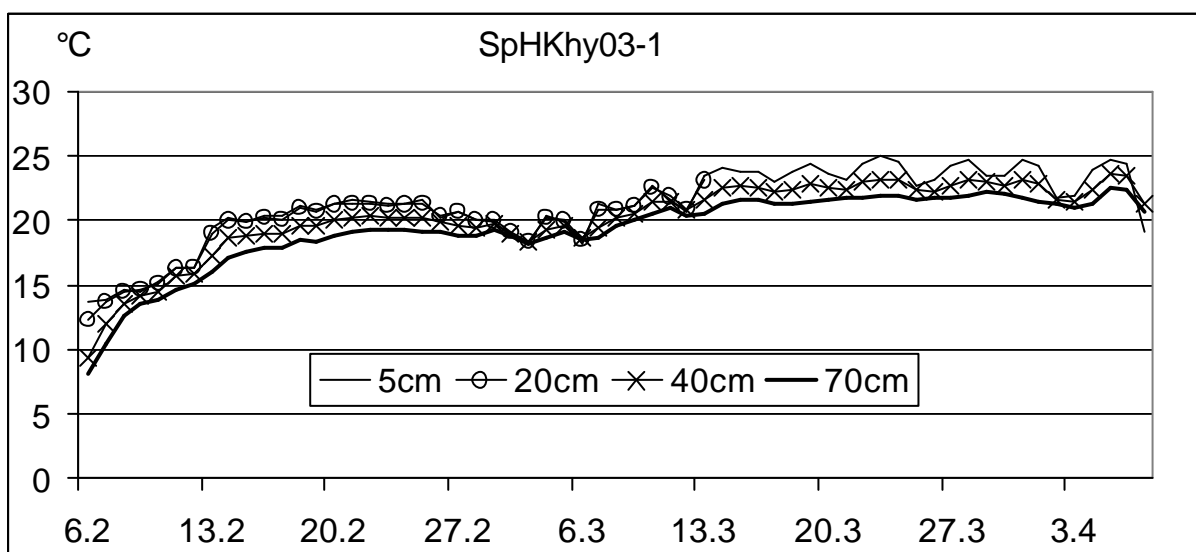


Abb.97: Temperatur in verschiedenen Tiefen bei unterschiedlichen Varianten

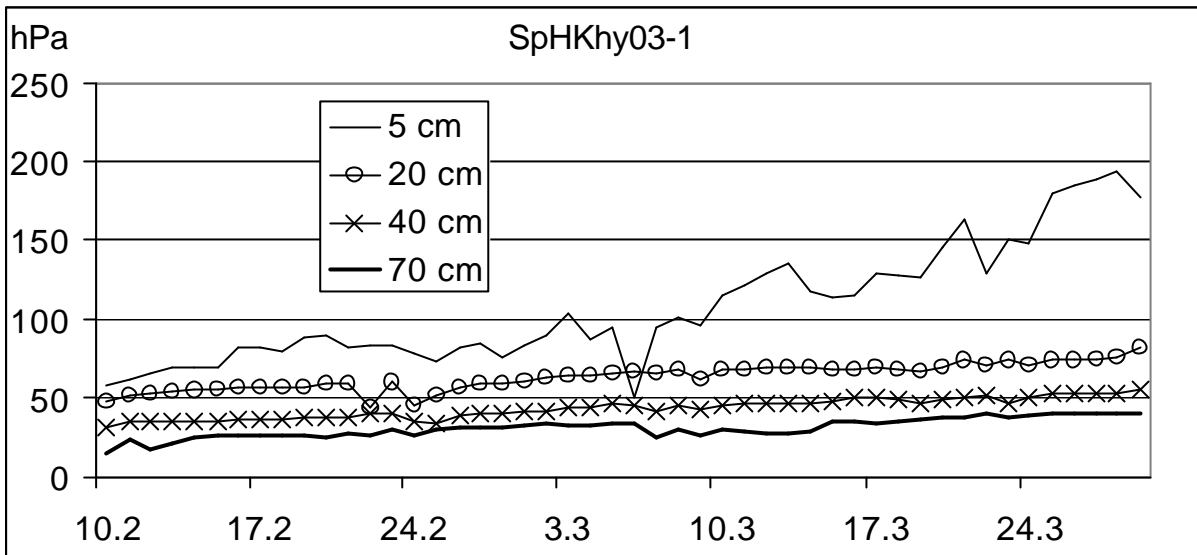


Abb.98: Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen

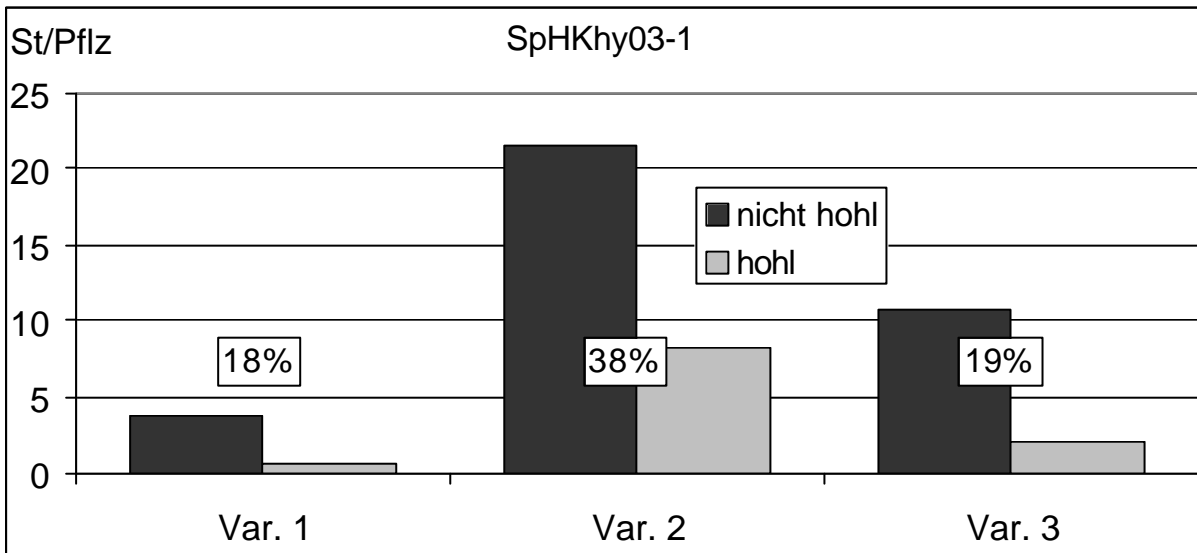


Abb.99: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte

7.1.1.3.2. SpHKhy03-2

Varianten und Versuchsbedingungen wie im Versuch SpHKhy03-1.

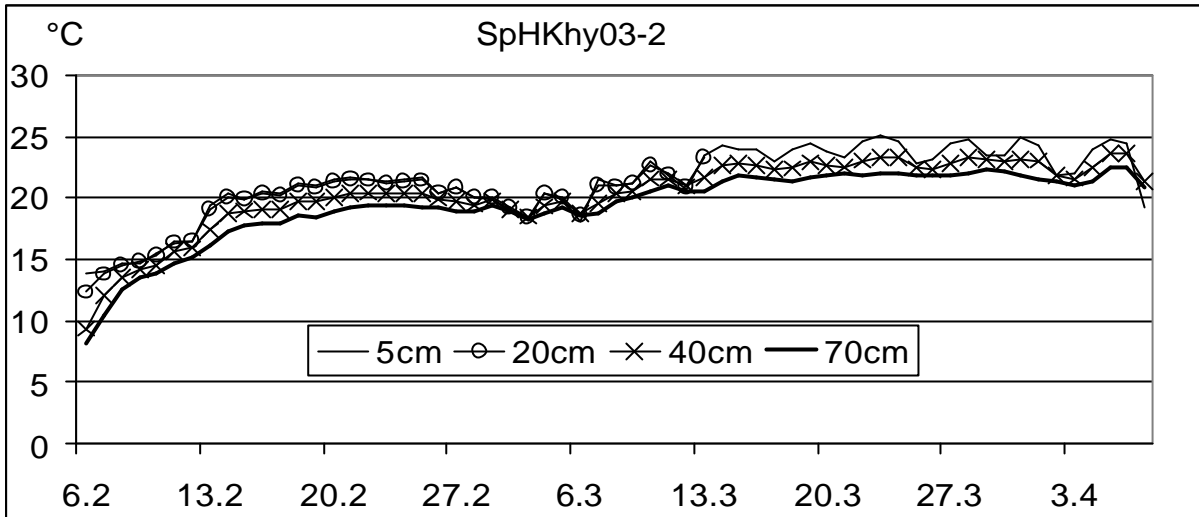


Abb.100: Temperaturen in verschiedenen Tiefen bei unterschiedlichen Varianten

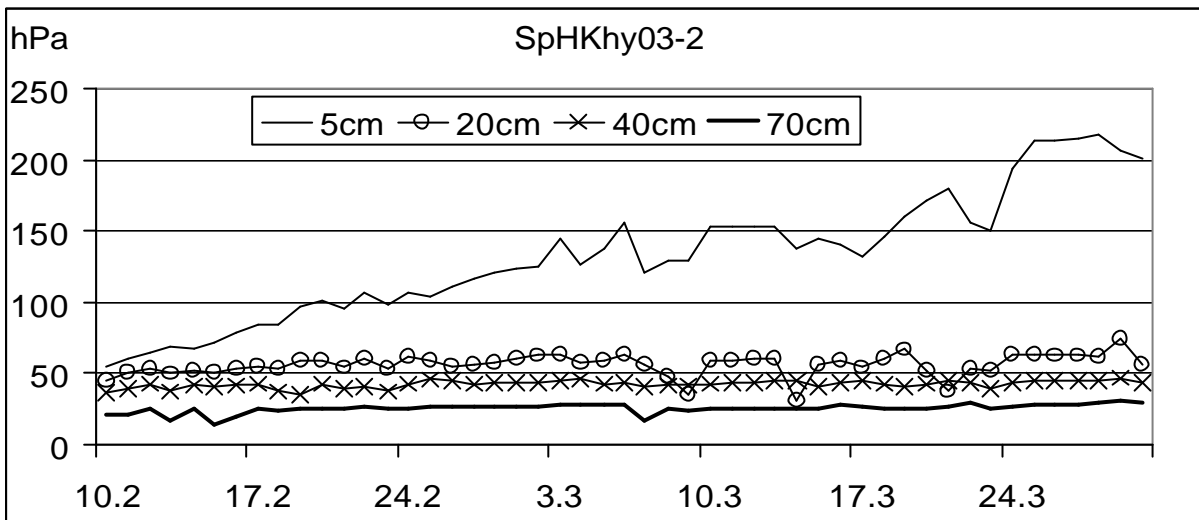


Abb.101: Bodenfeuchte in verschiedenen Tiefen bei unterschiedlichen Varianten

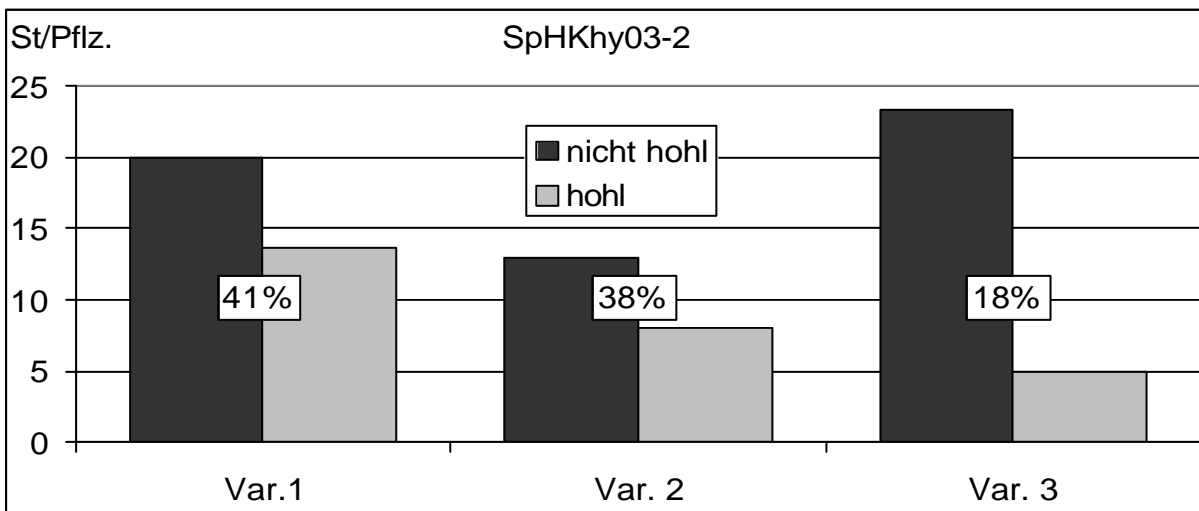


Abb.102: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte

7.1.2. Lysimeter Versuche

7.1.2.1. SpHLys01-1

Versuchshintergrund: Der Einfluss der Bewässerung während der Vegetationsperiode des Vorjahres wird auf die Erntemenge und Qualität, insbesondere auf das Auftreten hohler Stangen untersucht.

Tab. 25: Varianten im Lysimeter

Var.Nr.	Nutzbare Wasserkapazität in % (nWK)
1	Natürlicher Niederschlag
2	40-70
3	70-100

Wiederholungen: 4

Pflanzung in Behälter: Frühjahr 2001
Sorte: ‚Gijnlim‘
Standort: Lysimeteranlage
Standweite: 1 Pflanze / Lysimeterbehälter (0,75 m²)
Temperatur: Freilandbedingungen
Düngung: nach Bodenuntersuchung
Bewässerung: nach gravimetrischer Messung
Untersuchungen:

Bonitur des Aufwuchses in Vegetationsperiode 2001
 Zeitliches Erscheinen der Triebe, Längenwachstum der Triebe
 Zustand der Phyllokladien

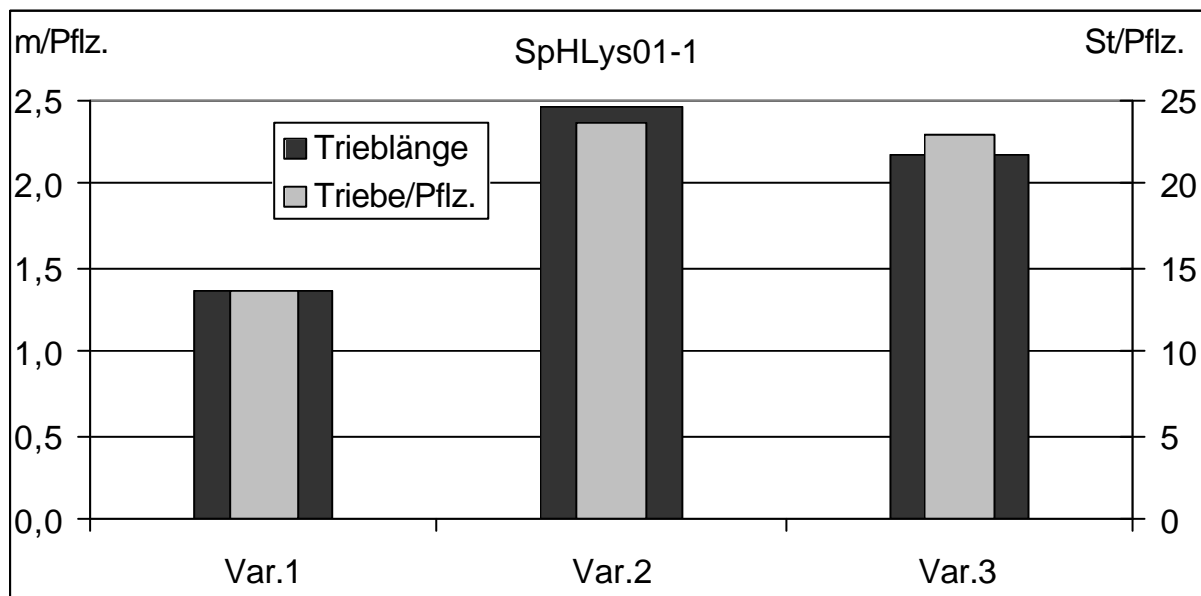


Abb.103: Anzahl und Länge der Triebe

7.1.2.2. SpHLys02-1

Varianten und Untersuchungen wie 2001.

Beginn Ernte: 03.04.02 (14 Tage) Ende Ernte: 23.04.02

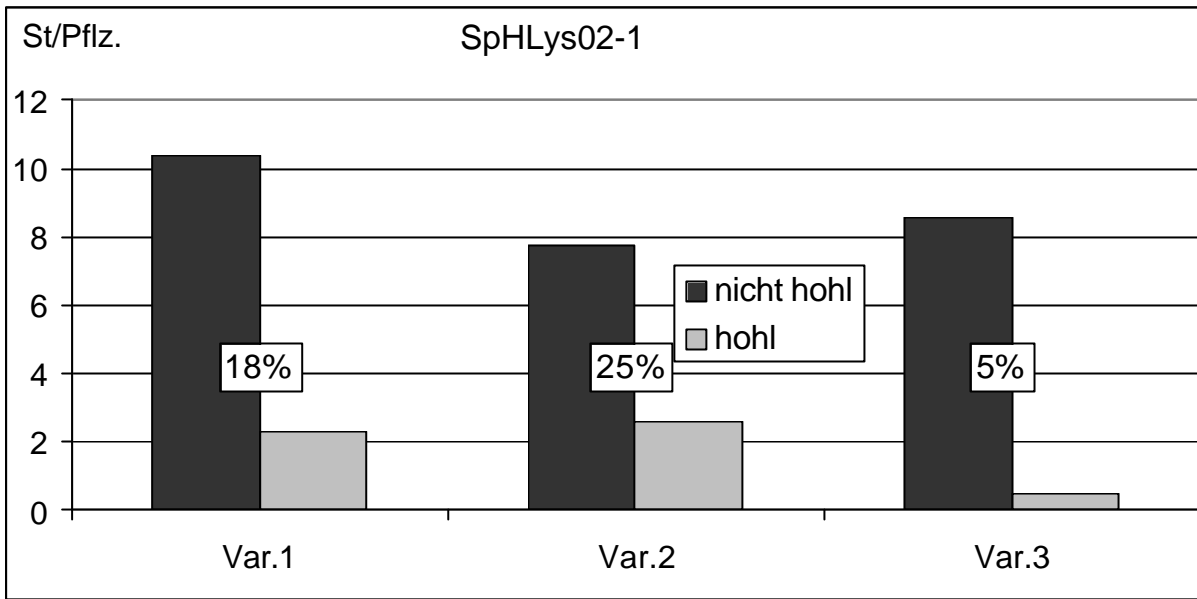


Abb.104: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2002

7.1.2.3. SpHLys03-1

Varianten und Untersuchungen wie 2001.

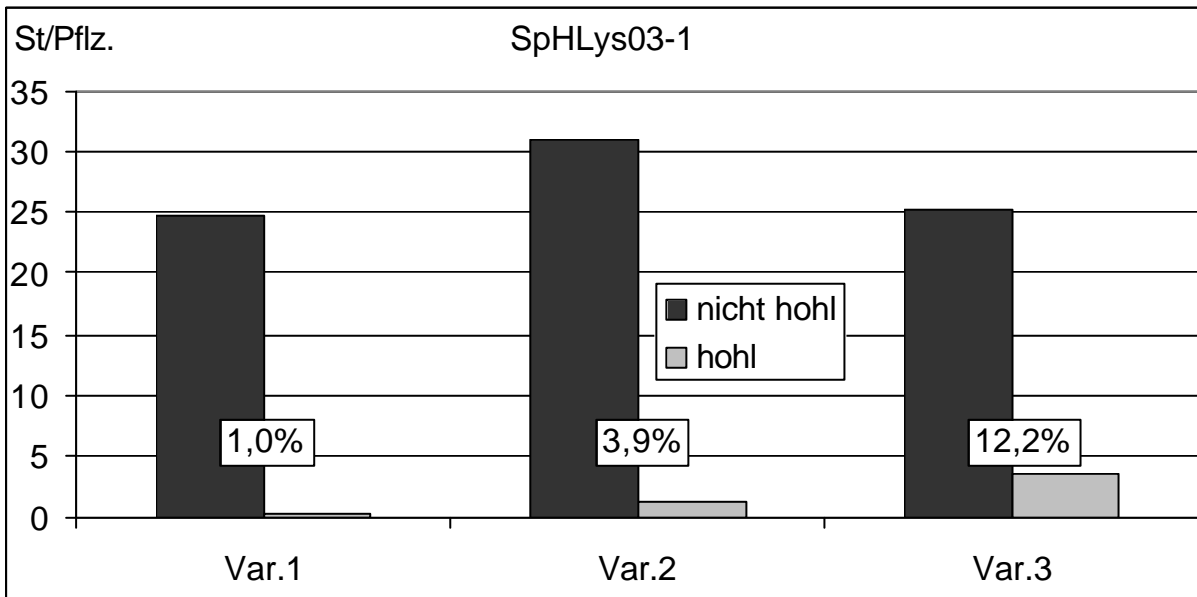


Abb. 105: Anteil hohler Stangen an der Gesamternte 2003

7.1.3. Freiland Versuche

7.1.3.1. Geisenheim

7.1.3.1.1. Geisenheim 2001

Versuchshintergrund: Es soll untersucht werden, in wie weit die Sortenwahl als auch die Bedeckung mit SWT Folie Einfluss auf die Erntemenge und Qualität, dort insbesondere auf das Auftreten hohler Stangen haben.

Tab. 26: Varianten im Freiland Geisenheim (2Sorten und Folie)

Var.Nr.	Bezeichnung des Versuchsfaktors
1	Sorte ‚Gijnlim‘, mit SWT Folie
2	Sorte ‚Gijnlim‘ ohne Folie
3	Sorte ‚Grolim‘ mit SWT Folie
4	Sorte ‚Grolim‘ ohne Folie

Wiederholungen: 4

Versuchsbedingungen:

Pflanzung: 1999
Sorte: ‚Gijnlim‘ und ‚Grolim‘
Standweite: 1,67 Pflanzen/afd. m
Erntedauer: 2 Wochen
Düngung: Nach Versuchsabschluss
Parzellengröße: 15 m²
Bewässerung: Nach Versuchsabschluss, automatisch über Tensiometer
Untersuchungen: Tägliche Erfassung der Erntemenge und Qualität

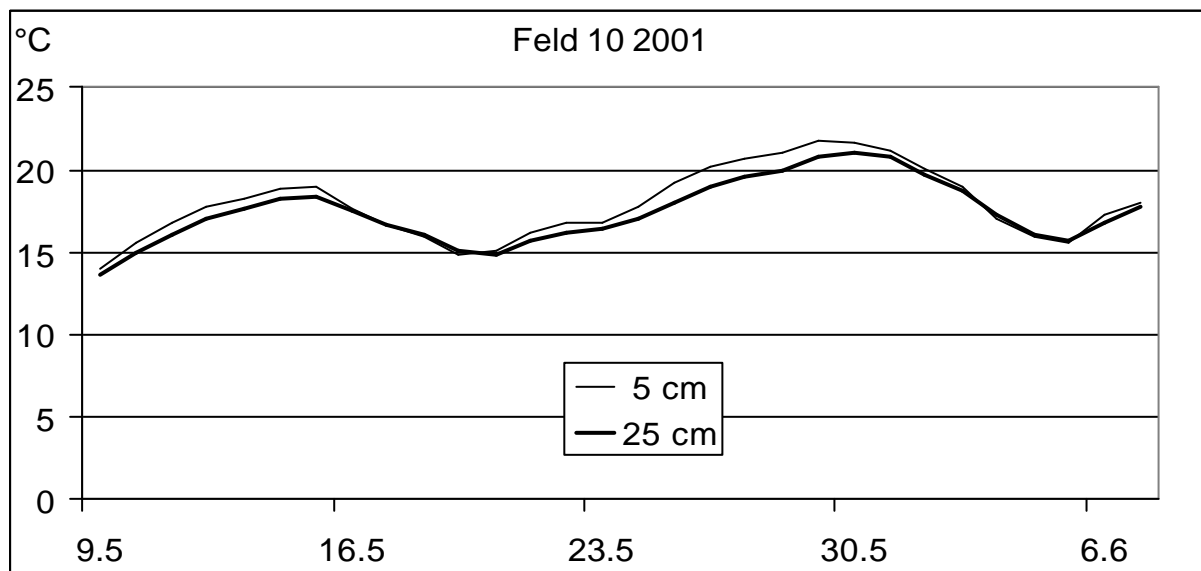


Abb.106: Temperaturverlauf ohne Folie im Freiland Geisenheim 2001

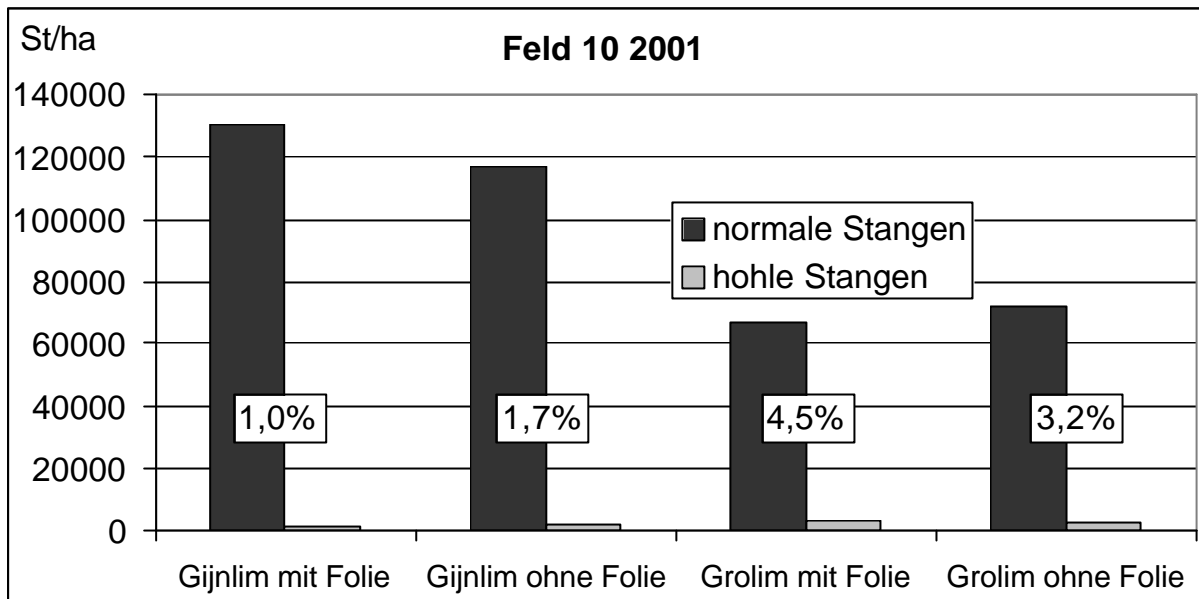


Abb.107: Anzahl und Anteil hohler Stangen bei Sorten mit und ohne Folie 2001

7.1.3.1.2. Geisenheim 2002

Varianten und Versuchsbedingungen wie 2001.

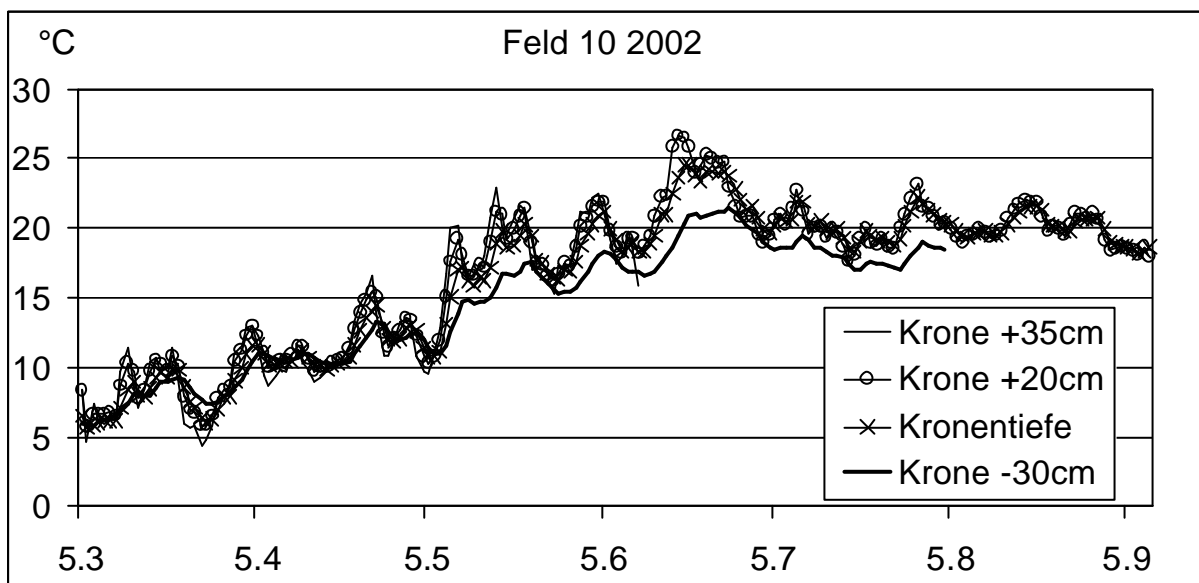


Abb.108: Temperaturen ohne Folie in verschiedenen Bodentiefen 2002

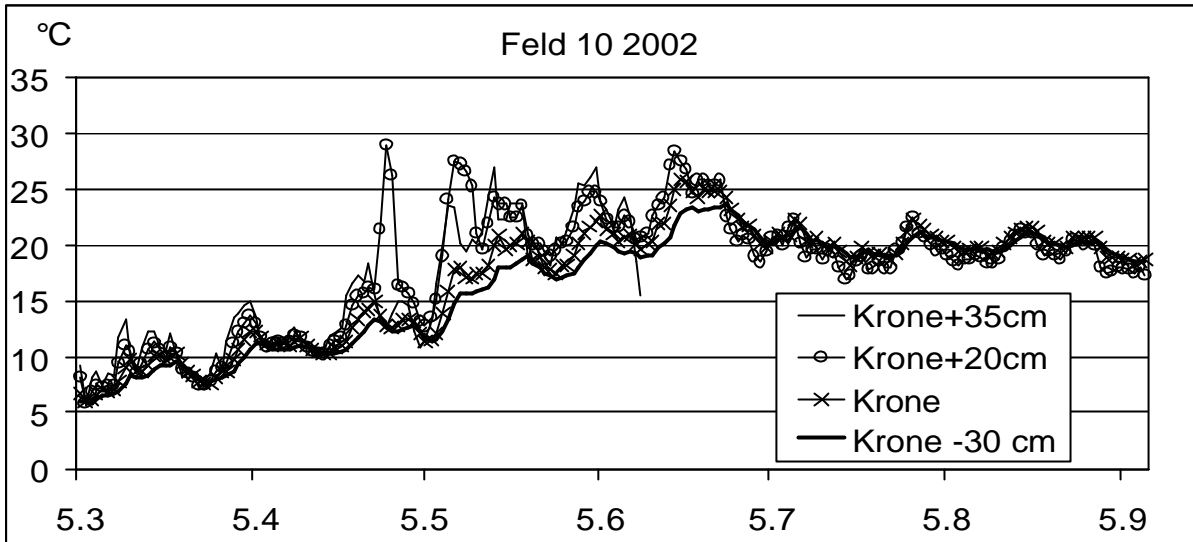


Abb.109: Temperaturen mit Folie in verschiedenen Bodentiefen 2002

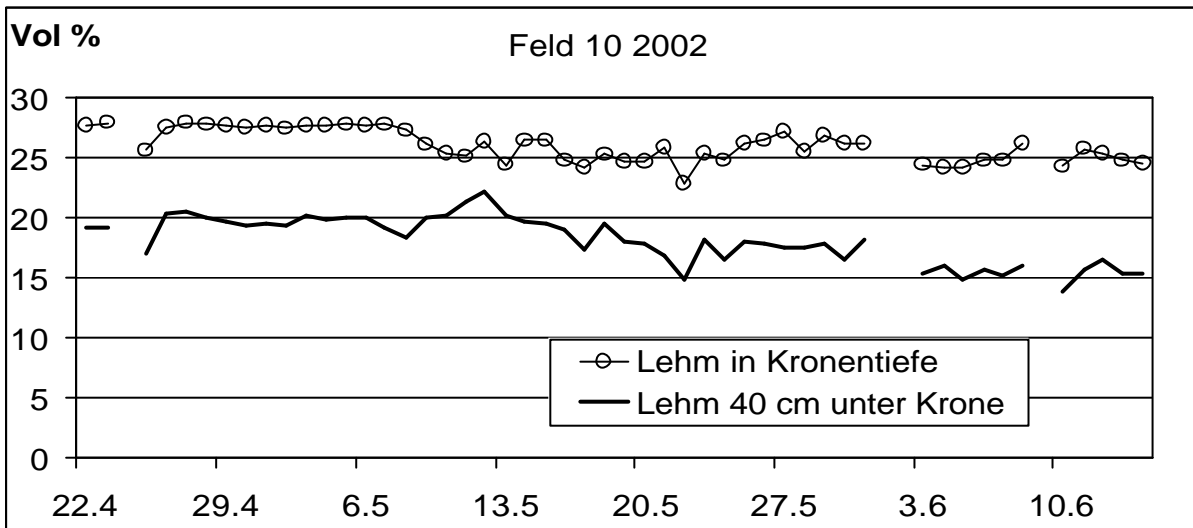


Abb.110: Bodenfeuchteverlauf in verschiedenen Tiefen 2002

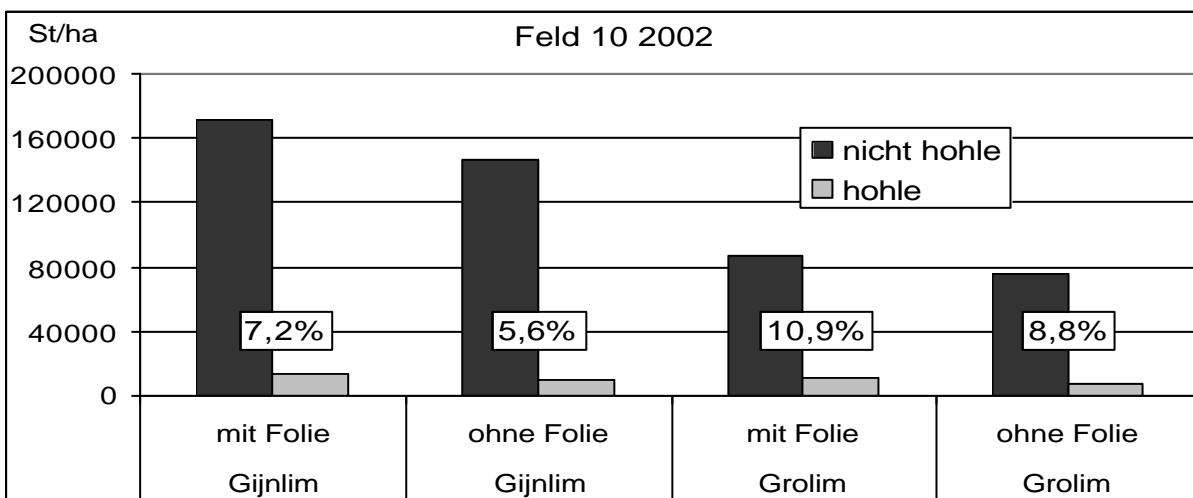


Abb.111: Anzahl und Anteil hohler Stangen in Geisenheim 2002

7.1.3.1.3. Geisenheim 2003

Varianten und Versuchsbedingungen wie 2001.

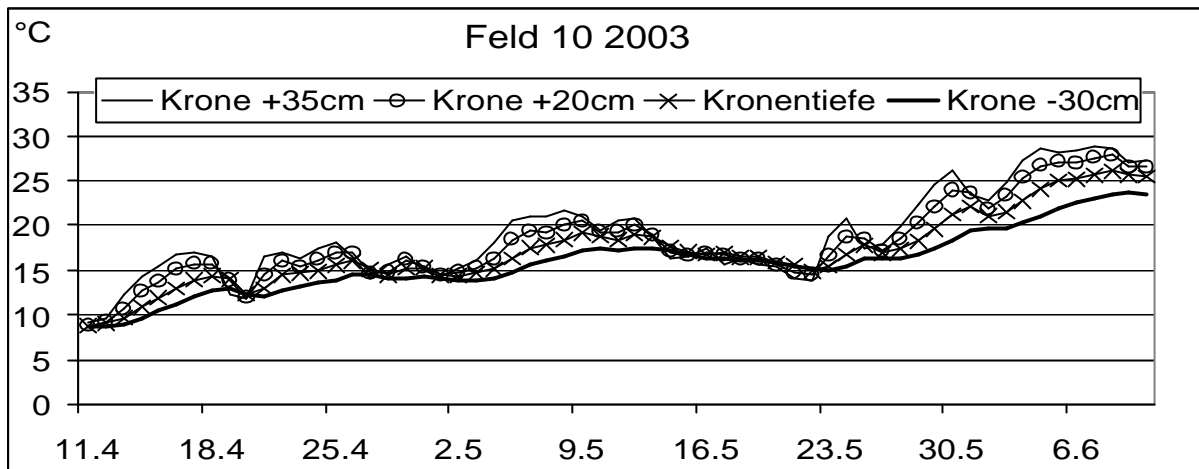


Abb.112: Temperaturverlauf ohne Folie in verschiedenen Tiefen 2003

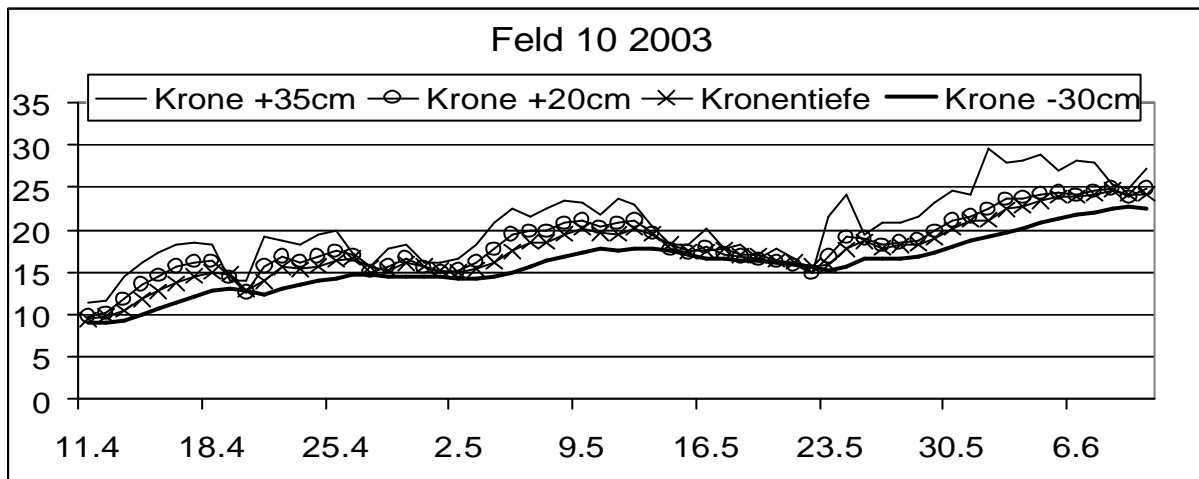


Abb.113: Temperaturverlauf mit Folie in verschiedenen Tiefen 2003

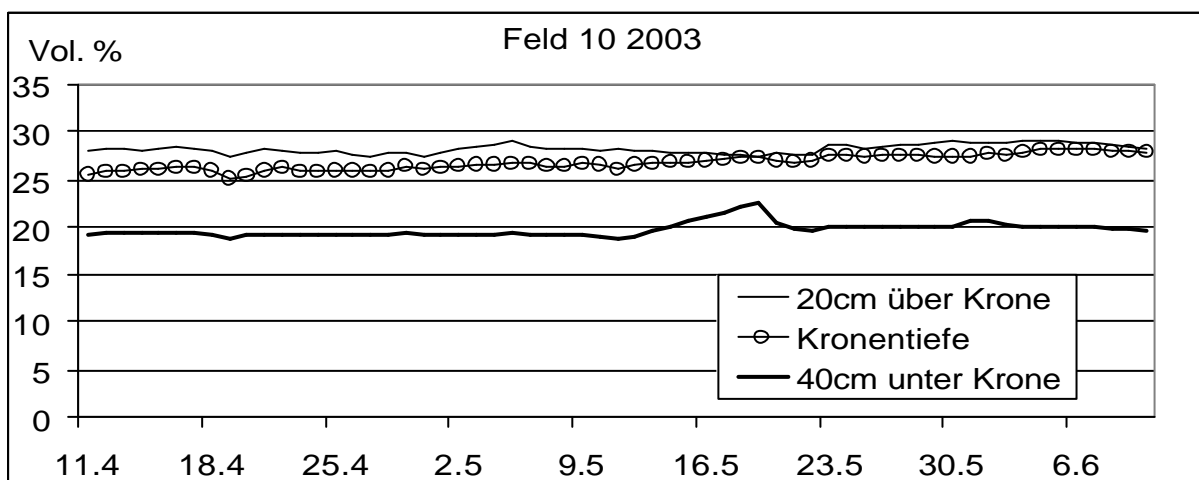


Abb.114: Bodenfeuchteverlauf in verschiedenen Tiefen 2003

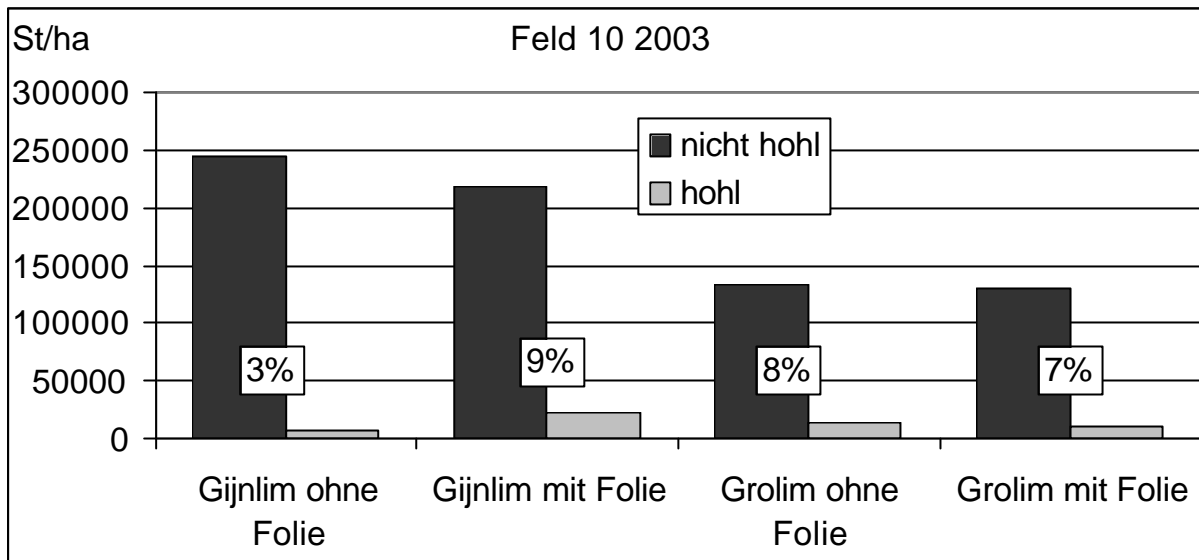


Abb.115: Anzahl und Anteil hohler Stangen in Geisenheim 2003

7.1.3.2. Ingelheim

7.1.3.2.1. Ingelheim 2001

Versuchshintergrund:

Es soll überprüft werden, in wie weit die Sorten Einfluss auf die Ausprägung hohler Stangen haben.

Tab. 27: Varianten des Sortenversuches Ingelheim, gepflanzt 2000

Var.Nr.	Sorte bzw. Neuzuchtstamm
1	Gijnlim
2	Grolim
3	Eposs
4	Ramos
5	Ranger
6	Ravel
7	St. 1724
8	St. 96013
9	St. 96071
10	St. 17/30
11	Hannibal
12	St.12 (Mondeo)
13	Fileas
14	Andreas

Wiederholungen: 4

Bodenart: sandiger Lehm
Pflanzung : 23.März 2000

Pflanzabstand: 1,8 m x 0,4 m
 Parzellengröße: 4 m x 3,6 m = 14,4 m² (20 Pflanzen)
 Standort: Feld D
 Düngung: P,K, Mg nach Versorgungsstufen, N-min nach Sollwert
 120 kg N /ha Pflanzjahr (0 -60cm)
 100kg N/ha Folgejahre
 Bodenproben: Pflanzjahr M. Mai/ E. Juni/ Dezember
 2.Jahr M. Mai/ E. Juni/ Dezember
 Folgejahre E. Juni/ Dezember
 Untersuchungen: Erfassung von Erntemenge und Qualität.
 Krankheitsbonituren am Aufwuchs

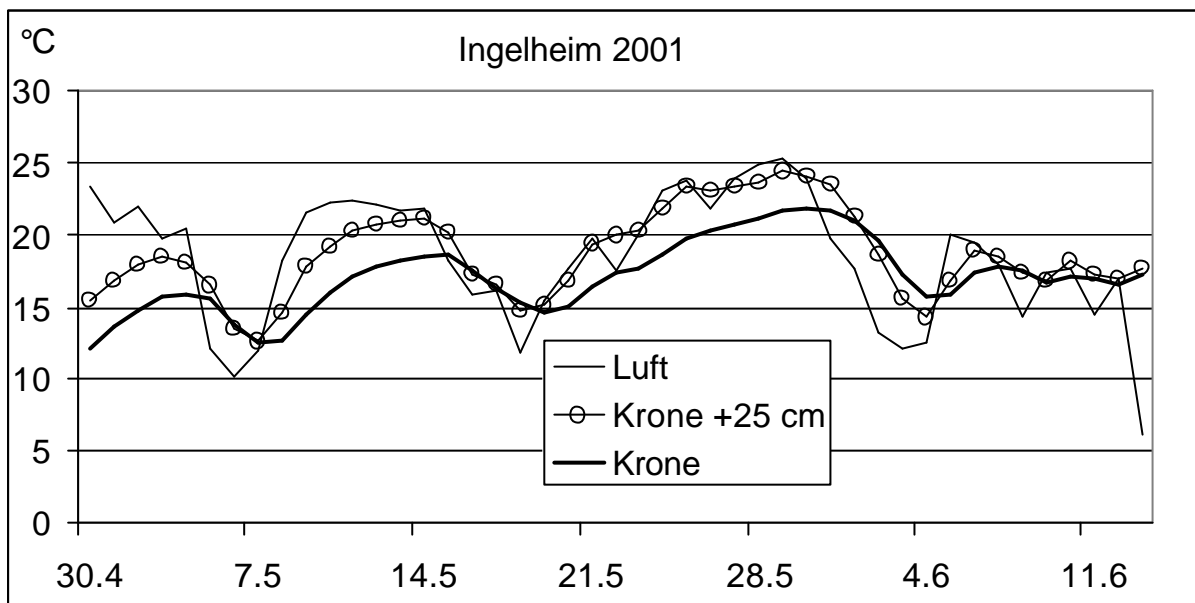


Abb. 116: Temperaturverlauf in zwei Bodenschichten Ingelheim 2001

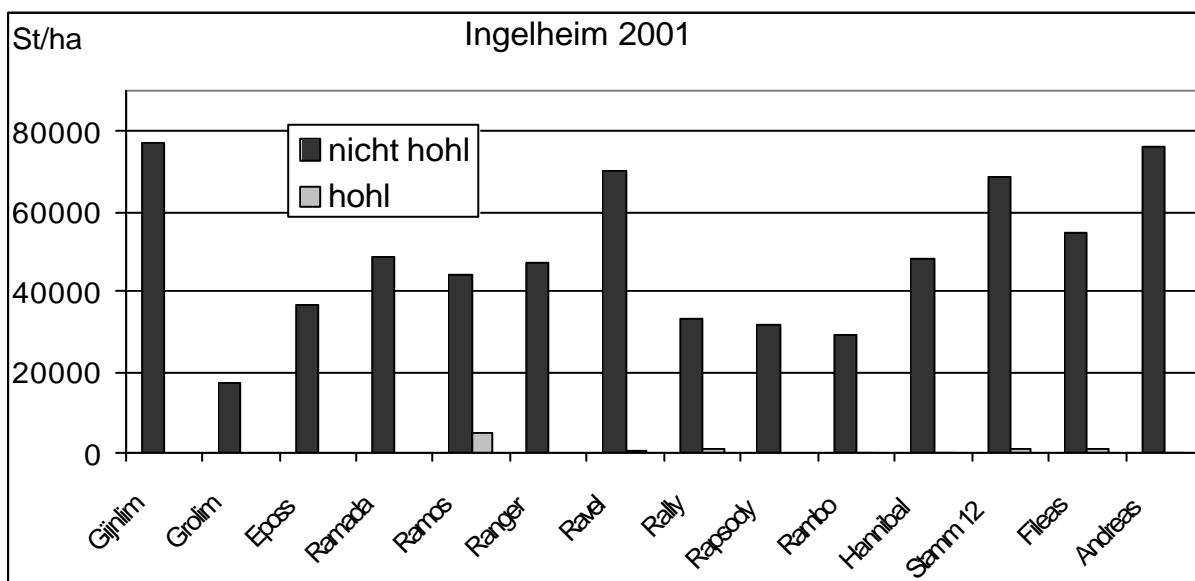


Abb.117: Gesamtstangenzahl und Anteil massiv hohler Stangen Ingelheim 2001

7.1.3.2.2. Ingelheim 2002

Varianten und Versuchsbedingungen wie 2001. Änderung: Ernte drei Wiederholungen mit, eine ohne sw-Folie.

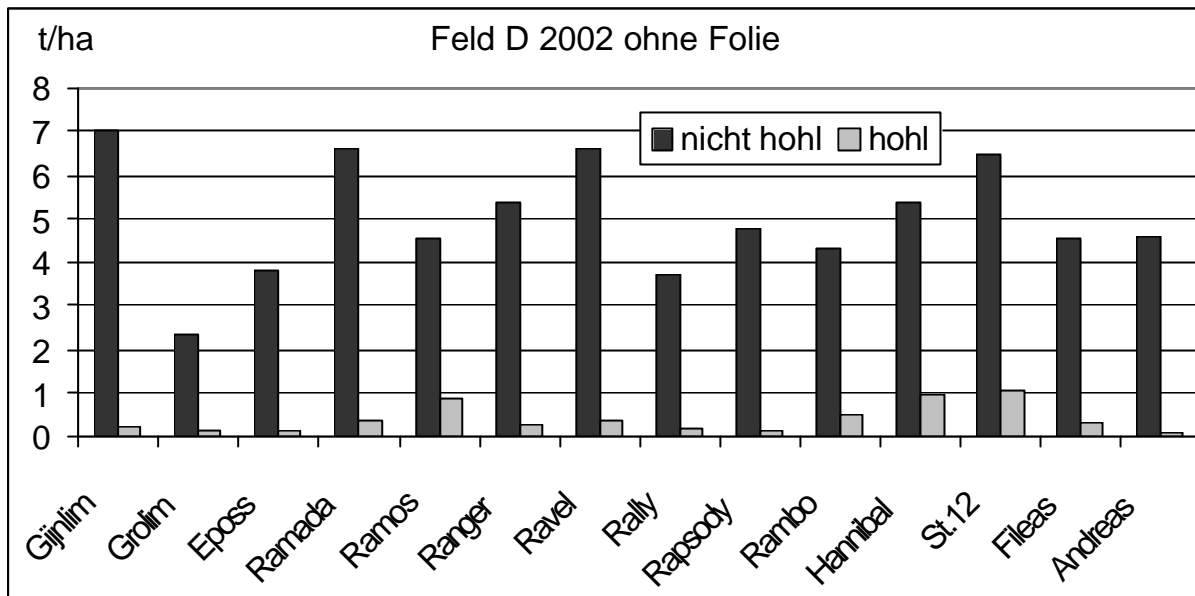


Abb.118: Erntemengen und Anteil massiv hohler Stangen ohne Folie 2002

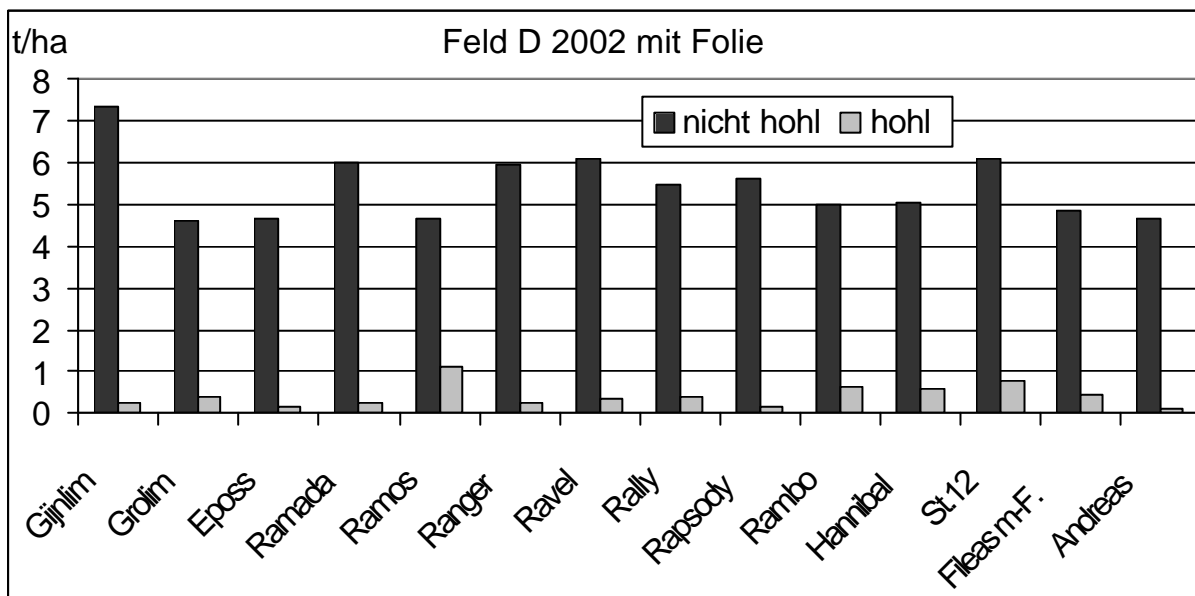


Abb.119: Erntemengen und Anteil massiv hohler Stangen mit Folie 2002

7.1.3.2.3. Ingelheim 2003

Varianten und Versuchsbedingungen wie 2002. Weitere Informationen im Bericht.