

Fachhochschule Wiesbaden  
Standort Geisenheim  
Fachbereich Gartenbau und Landespflege  
Studiengang Gartenbau

Diplomarbeit

**Einfluss von Trockenstress und Berührungsreizen  
auf das Wachstum von *Helianthus annuus***

Referent: Prof. Dr. L. Hendriks

Korreferentin: Dipl.-Ing. U. Ruttensperger

Vorgelegt von:

Robert Koch

Geisenheim, 15. Oktober 2002

**Eidesstattliche Erklärung:**

Ich erkläre hiermit wahrheitsgemäß, daß ich

- die eingereichte Arbeit selbständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel angefertigt habe,
- nur die im Literaturverzeichnis aufgeführten Hilfsmittel benutzt und fremdes Gedankengut als solches kenntlich gemacht habe,
- alle Personen und Institutionen, die mich bei der Vorbereitung und Anfertigung der Abhandlung unterstützt haben, genannt habe und
- die Arbeit noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegt habe

---

Ort, Datum

---

Unterschrift (Vor- und Zuname)

## **Vorwort**

An dieser Stelle bedanke ich mich ganz herzlich bei meinen Betreuern Frau Ute Ruttensperger und Herrn Prof. Dr. Ludger Hendriks für die ausgezeichnete Zusammenarbeit. Ein ganz besonderer Dank gilt auch dem Versuchsingenieur der Lehr- und Versuchsanstalt Heidelberg, Rainer Koch. Seine Anwesenheit beruhigte mich in kniffligen Situationen und sorgte dafür, dass ich mindestens einmal am Tag herzlich lachen durfte.

*Befolget die Naturgesetze  
und eure Wohlfahrt ist begründet.*

PARACELSUS

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b> .....	3
2.1	Einflussfaktoren und Mechanismus des Streckungswachstum.....	3
2.2	Chemische Regulierung des Streckungswachstums.....	6
2.3	Alternative Verfahren zur Steuerung des Streckungswachstum.....	8
2.3.1	Sortenwahl.....	10
2.3.2	Lichtqualität und Tageslänge.....	13
2.3.3	Tag- und Nachttemperaturen.....	17
2.3.4	Nährstoffangebot und Salzstress.....	22
2.3.5	Wasserangebot.....	24
	2.3.5.1 Physiologische Wirkung von Trockenstress.....	27
	2.3.5.2 Erfahrungen mit Trockenstresstrategien.....	29
2.3.6	Mechanischer Berührungsreiz.....	33
	2.3.6.1 Physiologische Wirkung von Berührungsreizen.....	35
	2.3.6.2 Einflussfaktoren auf die Wirkung von mechanischen Berührungsreizen.....	37
	2.3.6.3 Erfahrungen mit Berührungsreizen in der Praxis.....	39
<b>3</b>	<b>Zielsetzung der Untersuchungen</b> .....	44
<b>4</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	45
4.1	Versuchskonzept.....	45
4.2	Versuchsaufbau.....	48
4.3	Informationen zur Kulturführung.....	49
4.4	Bonituren und Messungen.....	55

<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	60
5.1	Vegetative Merkmale.....	60
5.1.1	Pflanzenhöhe und Internodienlänge.....	61
5.1.2	Pflanzendurchmesser und Pflanzenfläche.....	64
5.1.3	Frischgewicht.....	67
5.1.4	Sprossdurchmesser.....	67
5.2	Generative Merkmale.....	68
5.2.1	Blühtermin .....	68
5.2.2	Blütendurchmesser.....	69
5.2.3	Blütenstellung.....	71
5.2.4	Anzahl Blüten und Knospen.....	72
5.3	Pflanzenqualität.....	73
5.3.1	Gesamteindruck.....	74
5.3.2	Haltbarkeit.....	75
<b>6</b>	<b>Diskussion</b> .....	78
<b>7</b>	<b>Empfehlungen für die Praxis</b> .....	82
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	84

## Literaturverzeichnis

## Anhang

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zwei-Punkt-Fixierungshypothese der Auxinwirkung (HEß 1981, 284).....	4
Abb. 2: Einfluss einer Drop-Strategie (rechts) bei Poinsettien (UEBER 1997).....	19
Abb. 3: Einfluss einer Diff und Drop-Strategie (rechts) bei Verbenen (UEBER 1997)	20
Abb. 4: Wirkung von Phosphatpuffer (links) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Haas 2002, 422).....	23
Abb. 5: <i>Hydrangea</i> -Reaktion auf kontinuierlichen Wassermangel (HAAS und RÖBER 1995).....	31
Abb. 6: Mechanischer Berührungsreiz am Tag (links), in der Nacht (Mitte) und unbehandelte Kontrolle (RUTTENSBERGER 2002).....	38
Abb. 7: Gleichmäßiger Wuchs von gestreichelten Fuchsien (Aufnahme: KOCH).....	40
Abb. 8: gestreichelte (links) und nicht gestreichelte ‘Mini Roos’ bei unterschiedlicher Topfwoche (Aufnahme: KOCH).....	41
Abb. 9: chemisch behandelte Fuchsien (links), gestreichelte Fuchsien (rechts) (Aufnahme: KOCH).....	41
Abb. 10: Fuchsienart ‘Koralle’ bei gleichem Topftermin, gestreichelt und einmal gehemmt (links), elfmaliger Einsatz (rechts) (Aufnahme: KOCH).....	42
Abb. 11: Streichelwagen im Einsatz.....	46
Abb. 12: Blattlausbefall an Topfsonnenblumen.....	52
Abb. 13: Temperaturverlauf von Kalenderwoche 19 bis 25.....	55
Abb. 14: Schattenbildanalyse, von oben fotografiert und in WinDias eingelesen.....	56
Abb. 15: Messung des Sprossdurchmessers.....	57
Abb. 16: Messung des Frischgewichtes.....	57
Abb. 17: Haltbarkeitsversuch unter Wohnraumbedingungen.....	59
Abb. 18: Pflanzenhöhe bei unterschiedlicher Versuchsbehandlung.....	62
Abb. 19: Unbehandelte Kontrolle und kombinierter Stresseinsatz in KW 25 im Vergleich.....	63
Abb. 20-22: Unterschiedliche Entwicklung der Versuchsglieder Hemmstoffeinsatz (links) und kombinierte Stressbehandlung.....	64
Abb. 23: Blütendurchmesser bei unterschiedlicher Versuchsbehandlung.....	70
Abb. 24: Unterschiedliche Blütenstellung von Topfsonnenblumen.....	71
Abb. 25: Anzahl der Seitenknospen bei unterschiedlicher Versuchsbehandlung.....	73
Abb. 26: Gesamteindruck der fünf einzelnen Versuchsglieder.....	74

Abb. 27: Aufgeblühte Seitenknospen.....	75
Abb. 28: Verblühte Seitenknospen.....	75

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beispiele für die Züchtung kompakter Sorten/Serien (SYNGENTA 2002, verändert).....	10
Tab. 2: Einfluss der Dauer eines Kurztageinschubes auf die Pflanzengröße, die Kulturdauer und andere morphologische Parameter von Topfsonnenblumen der Sorte 'Pacino' (HOUSKA 1998, 36).....	16
Tab. 3: Einfluss der Temperaturdifferenz auf die Pflanzenhöhe (CUIJPERS et al 1991, 49, verändert).....	18
Tab. 4: Behandlungen zur Wachstumskontrolle.....	45
Tab. 5: Zusammensetzung der unterschiedlichen Behandlungen für die fünf Versuchsglieder.....	47
Tab. 6: Bilanzierung der Wasseraufnahme der Versuchsglieder „Unbehandelte Kontrolle“, „Mechanischer Berührungsreiz“ und „Hemmstoffeinsatz“.....	50
Tab. 7: Bilanzierung der Wasseraufnahme der Versuchsglieder „Trockenstress“ und „Trockenstress + Mechanischer Berührungsreiz“.....	51
Tab. 8: Düngekonzept für den Vegetationsversuch.....	53
Tab. 9: Allgemeine Kulturhinweise im Überblick.....	54
Tab. 10: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Pflanzenhöhe.....	61
Tab. 11: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Internodienlänge.....	61
Tab. 12: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Pflanzendurchmesser.....	65
Tab. 13: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Pflanzenfläche - Seitenansicht.....	66
Tab. 14: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Pflanzenfläche - Ansicht von oben.....	66
Tab. 15: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf das Frischgewicht.....	67
Tab. 16: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Sprossdurchmesser.....	68
Tab. 17: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Blühtermin...	69
Tab. 18: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Blütendurchmesser.....	70

Tab. 19: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Seitenknospenanzahl.....	72
Tab. 20: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Haltbarkeit....	76

## 1 Einleitung

Die Anwendung von chemischen Wuchshemmstoffen zur Reduzierung des unerwünschten Streckungswachstums ist im Zierpflanzenbau weit verbreitet. Mit ihrer Hilfe wird eine hohe Flächenproduktivität, sowie eine zunehmende Standardisierung der Pflanzen bezüglich ihrer Größe und ihres Habitus erreicht (LUDOLPH UND HENDRIKS 1992, 1). Die aktuelle Zulassungssituation dieser Mittel hat sich jedoch seit dem 31. Juni 2001 drastisch verschärft. Neben häufig diskutierten ökologischen Bedenken ist ihre Anwendung auch oftmals mit pflanzenbaulichen Risiken verbunden. Ferner ist ein stetig nachlassendes Interesse der Industrie an der Entwicklung und Herstellung von Spezialprodukten für den Gartenbau zu beobachten (HENDRIKS 1991, 269; UEBER 2001, 241). Dieser Hintergrund hat dazu geführt, dass seit den 80er Jahren die Entwicklung alternativer Kulturmethoden zur Hemmung des Streckungswachstums beschleunigt wurde. Die aktuelle Bedeutung dieses Themas zeigt sich in der spezifischen Themenwahl des Weihenstephaner Zierpflanzentages vom 11. April 2002, wo intensiv über chemische Hemmstoffe und Alternativen bei Beet – und Balkonpflanzen diskutiert wurde.

Da das Wachstum der Pflanzen stark von den Klimafaktoren wie Temperatur, Licht sowie Wasser- und Nährstoffangebot beeinflusst wird, besteht die Möglichkeit, durch deren spezifischen Steuerung positiv auf die Größe und den Habitus der Pflanzen einzuwirken. Allerdings zeigt sich immer wieder, dass die Reaktionen der Pflanzenarten und Sorten auf die einzelnen Kulturmaßnahmen sehr verschieden sein können. Aus diesem Grund sind unzählige Untersuchungen notwendig, um neu gewonnene Erkenntnisse zu sammeln und weiter zu geben.

Die derzeitig zugelassenen Hemmstoffe zeigen bei *Helianthus annuus* nur eine unbefriedigende Wirkung. Da jedoch gerade für Topfsonnenblumen ein kompakter harmonischer Wuchs von großer Bedeutung ist, müssen mögliche Alternativen zur Höhenkontrolle gefunden werden. Die Untersuchungen dieser Diplomarbeit beziehen sich auf die Möglichkeiten einer praktischen Nutzung, das Streckungswachstum von Topfsonnenblumen mit Hilfe von mechanischem Berührungsreiz und Trockenstress unter Berücksichtigung aller wichtigen Qualitätsmerkmale zu reduzieren. Untersuchungen zu physiologischen Ursachen dieser alternativen Kulturmethoden finden nicht statt. In der

folgenden Literaturübersicht werden zunächst das Streckungswachstum der Pflanzen und die Wirkungsweise der chemischen Hemmstoffe ausführlich erläutert. Das Kapitel „Alternative Verfahren zur Steuerung des Streckungswachstums“ enthält einen umfangreichen Überblick über den derzeitigen Wissenstand zu den einzelnen Kulturmethoden. Mit Hilfe dieser Darstellung lässt sich anschließend die Zielsetzung und das Konzept der praktischen Untersuchungen festlegen. Einzelne gewonnene Erkenntnisse werden so berücksichtigt und in das Versuchsvorhaben integriert. Im Anschluss an die Auswertung der Untersuchungen folgt eine Diskussion in Bezug auf die Versuchsergebnisse und eine mögliche Anwendung in der Praxis.

## 2 Literaturübersicht

Die Literaturübersicht dient dazu, dem Leser den Hintergrund der Entwicklung alternativer Kulturmethode zu vermitteln und die Erfahrungen darzustellen, die diesbezüglich in Praxis- und Versuchsbetrieben gesammelt werden konnten. Sie informiert ausführlich darüber, an welchem Punkt, in welchem Ausmaß und mit welchen Konsequenzen die einzelnen Kulturmethode das Streckungswachstum der Pflanzen beeinflussen. In diesem Zusammenhang ist es zweckmäßig, zunächst den Mechanismus und die Einflussfaktoren des Streckungswachstums näher zu erläutern. Hierauf beziehen sich insbesondere die physiologischen Wirkungsweisen von Trockenstress- und mechanischen Reizbehandlungen, die am Ende dieser Übersicht detailliert beschrieben werden. Ferner soll auch auf die chemischen Wuchshemmstoffe eingegangen werden, wobei in diesem Kapitel die Wirkungsweise, die Anwendung sowie die daraus resultierende Problematik im Mittelpunkt stehen.

### 2.1 Mechanismus und Einflussfaktoren des Streckungswachstums

Der Mechanismus des Streckungswachstums beruht überwiegend auf einer **Wasseraufnahme** und einer folgenden Volumenvergrößerung der Zellen. Demzufolge ist die Zellstreckung stets mit einer Bildung beziehungsweise mit einer Vergrößerung der Vakuolen verknüpft. Die Gesamtproteinmenge und das Wandmaterial der Zellen nehmen bei der Streckung nur verhältnismäßig wenig zu. Nach der Wasserpotentialgleichung „Wasserpotential = osmotisches Potential + Druckpotential“ kann die Wasserpotentialdifferenz zwischen dem Außenmedium und einer Zelle und damit deren Wasseraufnahme entweder durch Erhöhung des osmotischen Potentials oder aber durch Erniedrigung des Druckpotentials der Zelle zunehmen. Letzteres wird auch als „Erweichen der Zellwand“ bezeichnet und steht unter Kontrolle der **Auxine**. Es wird vermutet, dass diese die Synthese neuen Zellwandmaterials stimulieren und deren Einbau so lenken, dass eine Lockerung des Zellwandgefüges eintritt. Weiterhin könnten sie die Bildung oder Aktivierung von Enzymen veranlassen, welche kovalente Bindungen in den Polysaccharidketten lösen. Möglich ist auch, dass schwächere

Verbindungen innerhalb der Zellwandstruktur wie beispielsweise die Wasserstoffbrückenbindungen aufgehoben werden. Möglich ist auch, dass schwächere Verbindungen innerhalb der Zellwandstruktur aufgehoben werden, wie beispielsweise die Wasserstoffbrückenbindungen. Es ist wahrscheinlich, dass vor allem der letztgenannte Mechanismus für das „Erweichen der Zellwand“ und somit für eine Volumenvergrößerung der Zellen verantwortlich ist (ZIEGLER 1998, 401). Einen entscheidenden Einfluss dabei spielt die jeweilige Konzentration des Auxins. So können zu niedrige, aber auch zu hohe Auxinkonzentrationen zu einer Hemmung des Längenwachstums führen.

„Das Auxin kann seine fördernde Wirkung nur ausüben, wenn sein Molekül an zwei Stellen eines Trägers, etwa eines Proteins fixiert wird. Dabei reagieren das aromatische System und die Seitenkette, letztere vermutlich über eine kovalente Bildung, mit den betreffenden Positionen des Trägers. Bei hohen Konzentrationen an Auxin wird an jeder Position des Trägers ein Molekül Auxin gebunden (Abbildung 1). Damit entfällt die fördernde Wirkung, ja der nun entstandene Komplex kann sogar hemmend wirken“ (HEB 1981, 284).

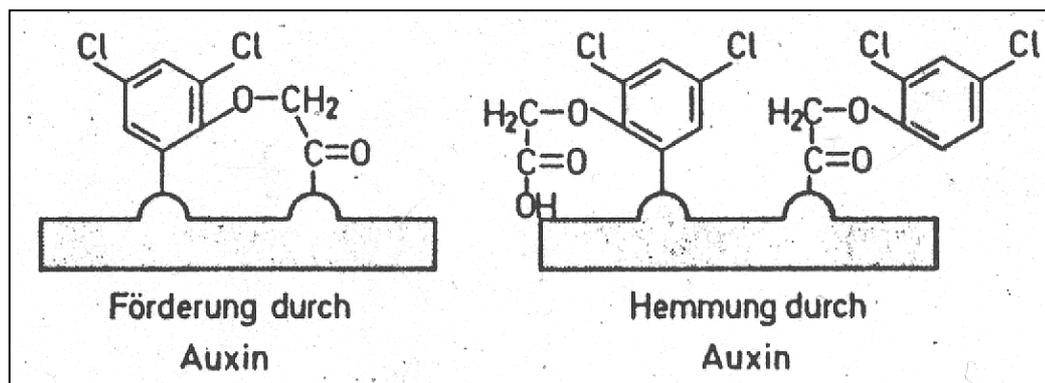


Abb. 1: Zwei-Punkt-Fixierungshypothese der Auxinwirkung (HEB 1981, 284)

Die Wasseraufnahme wird neben der endogenen Wirkung des Auxins auch von exogenen Faktoren wie dem Wasserangebot, der Wasserspannung sowie der Luftfeuchte bestimmt (HENDRIKS 1993, 55). Diese steht maßgeblich unter dem Einfluss des Wasserdampf-Sättigungsdefizit der Luft. Steigende Sättigungsdefizite erhöhen die Transpiration und sorgen auf diese Weise bei einem ausreichendem Wasserangebot im Substrat für eine erhöhte Wasseraufnahme (WITT 1996, 139).

Bei der Zellstreckung wird nur verhältnismäßig wenig neues Zellwandmaterial gebildet. Das sogenannte „**Gleitschienenmodell**“ (Albersheim 1973, zitiert in Heß 1981, 285) erläutert die plastische Dehnung der Zellwand, durch die eine Neubildung von Wandmaterial überflüssig wird. Zur weiteren Erklärung soll zunächst der Feinaufbau der Zellwand dargestellt werden: Parallel gelagerte Cellulose-Elementarfibrillen umgeben eine Füllmasse aus verschiedenen Kohlenhydraten und Zellwandproteinen. Die einzelnen Komponenten der Füllmasse sind über kovalente Bindungen fest miteinander verknüpft. Die Füllmasse ist mit den angrenzenden Cellulose-Elementarfibrillen nur über relativ schwache Wasserstoffbrücken verbunden. Diese können leicht durch Zufuhr von  $H^+$ -Ionen oder bei Temperaturerhöhung gelockert werden. Sind die Haftpunkte erst einmal gelöst, so gleiten die Cellulose-Elementarfibrillen und die Füllmasse unter dem Einfluss des Turgordruckes aneinander vorbei. Es kommt zur plastischen Dehnung der Zellwand und damit zur Zellstreckung (HEB 1981, 285).

Neben dem Auxin wird das Streckungswachstum der Pflanzen noch von weiteren **Phytohormonen** beeinflusst. So begünstigen auch die Gibberelline das Längenwachstum der Pflanzen, wobei ihre Wirkungsweise noch weitgehend unklar ist. Es wird vermutet, dass sie eventuell für eine Erhöhung des osmotischen Potentials in der Zelle verantwortlich sind, was zu einem verstärkten Wassereintritt und einer Volumenvergrößerung der Zellen führen würde (ZIEGLER 1998, 402). Die Abscisinsäure kontrolliert die Regelung des Stomataverschlusses als Reaktion auf Wasser-, Salz- oder Temperaturstress. Dabei steigt der Gehalt an Abscisinsäure unter Stressbedingungen an, wodurch Signalketten in Gang gesetzt und die geöffneten Spalten geschlossen werden. Dies wiederum hat eine geringere Wasseraufnahme und somit ein geringeres Längenwachstum zur Folge. Das gasförmige Ethylen besitzt ebenfalls eine hemmende Wirkung auf das Längenwachstum der Sprossachsen. Vermutlich geschieht dies über eine Hemmung der Gibberellin- und Auxinsynthese sowie des Auxintransportes (ZIEGLER 1998, 380).

Die Synthesen der Phytohormone und ihrer Gegenspieler werden unter anderem durch das **Phytochromsystem** gesteuert, so dass Klimafaktoren wie die Tageslänge, die Lichtqualität und die Tag- und Nachttemperaturen Einfluss auf das Streckungswachstum nehmen (HENDRIKS 1993, 55). Das inaktive, im Hellrot bei 660 nm absorbierende Phytochrom bewirkt beispielsweise eine Reduktion der Abscisinsäure, des Auxins und des Ethylens, während das im Dunkelrot bei 730 nm absorbierende Phytochrom den Spiegel von Auxin und

Abscinsäure erhöht (HORN 1996, 103). Ebenfalls bekannt ist, dass die Bildung von Gibberellinen bei hoher Einstrahlung und hohen Tagestemperaturen in bestimmten Pflanzenteilen gefördert wird und so für ein erhöhtes Streckungswachstum sorgt (GOERTZ 1994, 2454).

## 2.2 Chemische Regulierung des Streckungswachstums

Im Zierpflanzenbau werden als Standardkulturmaßnahme chemische Hemmstoffe gegen unerwünschtes Streckungswachstum eingesetzt, wodurch die Qualität der Pflanzen verbessert, die Flächenproduktivität erhöht und die Formenvielfalt erweitert wird (HENDRIKS 1993, 55). Folglich stellen Hemmstoffe ein wichtiges Hilfsmittel für die Qualitätssicherheit dar. Eine ausreichend durchdachte Anbauplanung und artentsprechende Kulturbedingungen sind jedoch Voraussetzung für ein erfolgreiches Gelingen der Kultur und können durch chemische Hemmstoffe keineswegs ersetzt werden.

Nach RADEMACHER (1989 zitiert in HAUSER und HORN 1996, 171) kann folgende chemische Klassifizierung der Hemmstoffe vorgenommen werden:

- Onium-Verbindungen (Ammonium-, Phosphonium- und Sulfoniumverbindungen)
- Verbindungen mit N-haltigen Heterozyklen (Pyrimidine, Imidazole, Norbornanodiazetine, Triazole und 4-Pyridine)

Bei der **Wirkung** dieser Substanzen auf das Längenwachstum handelt es sich um eine konzentrationsabhängige Beeinflussung von Zellstreckungs- und Zellteilungsprozessen in den supapikalen Meristem- und Wachstumsbereichen der Pflanzen (HAUSER und HORN 1996, 171). Dabei greifen die meisten Mittel auf verschiedene Weise in die Biosynthese der Gibberelinsäure ein. Durch eine verminderte Gibberelinbildung wird das Längenwachstum gehemmt, die Pflanzen bleiben kompakt. Neben diesen Substanzen kann eine Hemmung des Längenwachstums auch nach Behandlung mit Ethylen, Ethephon oder Aminocyclopropanensäure (ACC) beobachtet werden (HAUSER und HORN 1996, 175). Hierbei wird der Wirkstoff Ethephon nach der Applikation hydrolytisch in Ethylen sowie ein Phosphat- und

ein Chloridion gespalten. Die Aminocyclopropansäure stellt eine Zwischenstufe in der Ethylensynthese dar und wird durch ein spezielles Enzym (Ethylen forming enzym) zu Ethylen umgesetzt. Neben der Wirkung auf das Längenwachstum können durch chemische Hemmstoffe aber auch andere Prozesse beeinflusst werden, wie zum Beispiel Seneszenzverzögerung, Blütenentwicklung, Wasserverbrauch und Nährstoffaufnahme (HAUSER und HORN 1996, 174). Ferner wurden auch bereits anatomisch-morphologische Veränderungen festgestellt. So war bei Poinsettien nach einer Behandlung mit Paclobutrazol das Phloem deutlich schwächer entwickelt wie bei unbehandelten Pflanzen (MCDANIEL et al 1986 zitiert in HAUSER und HORN 1996, 174). Weiterhin können als Nebenwirkung der Hemmstoffbehandlung nach Anwendung von Chlormequatpräparaten Blattrandchlorosen und -nekrosen auftreten.

Die **Anwendung** der chemischen Wachstumsregulatoren erfolgt im Gieß- oder Spritzverfahren. In geschlossenen Kultursystemen besteht die Möglichkeit, den Hemmstoff über die Nährlösung zuzugeben. Wichtige Einflussgrößen für die Durchführung einer Hemmstoffbehandlung sind die Auswahl des geeigneten Wirkstoffes und der Konzentration. Hierfür wurden zahlreiche Versuche durchgeführt, da jeder Hemmstoff art- und sortenspezifisch wirken kann. Die Konzentration spielt eine ganz entscheidende Rolle: Ist sie zu gering, ist die Wirkung nur unzureichend. Zu hohe Konzentration können je nach Hemmstoff zu einem Wachstumsstillstand führen. Ferner sind der Zeitpunkt und die Häufigkeit der Einsätze neben einem Vorhandensein ausreichender Blattmasse vom Wirkstoff abhängig. Hierbei ist zu beachten, dass von der Aufnahme bis zur Auswirkung auf den Stoffwechsel je nach Hemmstoff drei bis fünf Tage vergehen können. Bei starkwüchsigen Arten und Sorten ist von einem Applikationsabstand von 10 bis 14 Tagen auszugehen, bei schwachwüchsigen von 10 bis 21 Tagen. Die Häufigkeit der Behandlungen ist abhängig von Art, Sorte, Jahreszeit und Kulturführung. Weiterhin ist auch die Wassermenge entscheidend für die Wirkung der Mittel. Sie bestimmt die Verteilung auf der Fläche und ist das Transportmittel in der Pflanze. Bei zu geringen Wassermengen ist deshalb die Wirksamkeit vermindert, zu große Wassermengen sind aber ebenfalls zu vermeiden. Das Abtropfen auf Stellflächen oder Substrat ist gerade bei Stoffen mit langsamem Abbau gefährlich, weil Anreicherungen und Aufnahme über die Wurzel nicht kontrolliert werden können. Neben der Wassermenge wird die Wirkung der Hemmstoffe auch von äußeren Faktoren wie der

Einstrahlung und der Temperatur beeinflusst. So kann eine starke Einstrahlung die Aufnahme der Mittel erschweren, da das Aufnahmemedium Wasser schneller abtrocknet, die Spaltöffnungen häufiger geschlossen und die Kutikula hart sind (KORTING 2001, 239-240).

Im Zusammenhang mit der Diskussion um die **Umweltbelastung durch Wuchshemmstoffe** spielt die Frage der Persistenz dieser Stoffe in Substrat und Pflanze eine wichtige Rolle. Hier ist vor allem auf die Triazole hinzuweisen; so werden für die Halbwertszeit von Paclobutrazol Werte zwischen drei bis zwölf Monaten angegeben. Wissenschaftler fanden auch nach zweimaliger Kompostierung Paclobutrazol-behandelter Pflanzen eine Wirkung auf das Längenwachstum von Pelargonien, die in diesem Kompost kultiviert wurden (LAERMANN et al 1991 zitiert in HAUSER und HORN 1996, 175). Diese und andere Tatsachen lassen sich nur schwer mit den Richtlinien des Integrierten Zierpflanzenbaus vereinbaren und so stehen momentan gerade bei dieser Gruppe von Wachstumsregulatoren keine zugelassenen Präparate zur Verfügung. Die aktuelle Zulassungssituation für chemische Hemmstoffe besagt, dass derzeit nur Topflor mit dem Wirkstoff Flurprimidol für Topfpflanzen im Zierpflanzenbau zugelassen ist. Nach § 18b des Pflanzenschutzgesetzes besteht weiterhin die Möglichkeit, im Zierpflanzenbau eine „Genehmigung im Einzelfall“ zu beantragen (Beispiel: Cycocel in Baden-Württemberg). Da es für die Industrie ökonomisch zunehmend uninteressanter wird, Hemmstoffe speziell für den Gartenbau zu entwickeln, ist eine Entspannung am Hemmstoffmarkt nicht in Sicht.

### **2.3 Alternative Verfahren zur Steuerung des Streckungswachstums**

Über die verschärfte Zulassungssituation auf dem Hemmstoffmarkt sowie über ein hohes Anwendungsrisiko bei chemischen Wuchshemmstoffen wurde bereits in der Einleitung und am Ende des letzten Kapitels berichtet. Aus dieser Situation heraus wurde die Entwicklung alternativer Kulturführungen zur Verminderung des Streckungswachstums stark beschleunigt. Dies war auch ganz im Sinne des Integrierten Pflanzenschutzes, dessen Forderungen „Mit mehr Intelligenz weniger Chemie“ (HENDRIKS zitiert in HAUCK 1991, 2455) auf diese Weise nachgegangen wurde. Neben sortenspezifischen Eigenschaften nehmen in erster Linie die Klimafaktoren Temperatur, Licht-, Wasser- und Nährstoffangebot einen großen Einfluss auf

das Erscheinungsbild der Pflanzen (HENDRIKS 1991, 269). Diese Faktoren können unter Berücksichtigung des erwünschten Endproduktes so eingesetzt werden, dass das unerwünschte Streckungswachstum vieler Arten verringert wird und demzufolge weniger Hemmstoffe benötigt werden. Ein völliger Verzicht auf ihren Einsatz ist in den meisten Fällen jedoch nicht möglich. Die einzelnen Pflanzenarten und –sorten reagieren sehr unterschiedlich auf die jeweiligen Kulturmaßnahmen, wodurch bei gemischten Beet- und Balkonpflanzenbeständen Schwierigkeiten auftreten können. Neben dem Einsatz einzelner Verfahren besteht auch die Möglichkeit, verschiedene Kulturprogramme wie beispielsweise eine spezielle Temperaturstrategie mit einem verringerten Wasserangebot zu kombinieren. Dabei wird der Hemmeffekt im Vergleich zur Einzelmaßnahme in den meisten Fällen gesteigert (HENDRIKS und UEBER 2002, 217). Allerdings ist zu beachten, dass die Durchführbarkeit der einzelnen Methoden oft durch die betrieblichen Gegebenheiten begrenzt wird und daher nur betriebspezifisch beurteilt werden kann (UEBER 1995, 17).

Im Folgenden werden die einzelnen alternativen Kulturmethoden zur Verminderung des Streckungswachstums aufgezeigt. Das Verfahren, bei dem Pflanzenschutzmittel zur Wuchshemmung eingesetzt werden, ist nicht zulässig und bleibt deshalb in dieser Übersicht unberücksichtigt. Aufgrund der noch folgenden praktischen Untersuchungen wird den beiden Kulturmaßnahmen Trockenstress und mechanische Reizbehandlung eine besondere Bedeutung zugemessen. Dies beinhaltet unter anderem eine ausführliche Darstellung der physiologischen Wirkungsweise beider Methoden. Ferner sollen praktische Erfahrungen aus Versuchs- und Produktionsbetrieben detailliert beschrieben werden, um anschließend die gewonnen Erkenntnisse in das Konzept der praktischen Untersuchungen zu integrieren. Dementsprechend werden in der folgenden Übersicht Untersuchungen mit Topfsonnenblumen besonders ausführlich erläutert.

### 2.3.1 Genotyp

Die Auswahl kompakter Sorten ist für den Kultivateur die bequemste Art und Weise, ein unerwünschtes Streckungswachstum in den Griff zu bekommen. So haben sich bei einigen Kulturen im Zierpflanzenbau Sorten durchgesetzt, die aufgrund ihres natürlich gedrungenen Wuchses als „dwarf“-Typen bezeichnet werden. Als Beispiel seien hier die Poinsettienarten 'Steffi', 'Lilo' oder 'Peterstar' genannt, die nur noch einen relativ geringen Hemmstoffeinsatz zur Höhenkontrolle benötigen (HENDRIKS 1991, 1896). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ständig Pflanzeneuheiten und spezielle Sorten verlangt werden, die bezüglich der Form und Farbe voll im Trend liegen. Wohin also mit einer Pflanze, die zwar einen kompakten Wuchs aufweist, deren weitere äußeren Eigenschaften jedoch am Markt nur wenig erwünscht sind? Dieser Frage müssen sich bekannte Jungpflanzenfirmen annehmen und ihre Arbeit an der Entwicklung kompaktwachsender Sorten als einer der wichtigsten Herausforderungen der Zukunft ansehen. Mit Hilfe geeigneter Züchtungsstrategien können kompakte, aber auch im Trend liegende Arten und Sorten angeboten werden (Tabelle 1).

Tab. 1: Beispiele für die Züchtung kompakter Sorten/Serien (SYNGENTA 2002, verändert)

<b>Beispiele für kompakte Sorten/Serien</b>		
<b>Art</b>	<b>Sorte/Serie</b>	<b>Bemerkungen zur Wuchsform</b>
<i>Antirrhinum majus</i>	'Montego F1'	Zwergglöwenmäulchen, sehr früh und kompakt, Produktion im 9er Topf und Pack
<i>Callistephus chinensis</i>	'Colour Carpet'	Früh, kompakt, gut verzweigend, kugeliger Wuchs, Verwendung als niedrige Beetpflanze
<i>Cineraria cruenta</i>	'Torino'	Früh kompakt und kleinlaubig, für die Kultur im 11cm Topf
<i>Cyclamen persicum</i>	'Libretto F1'	Früh, besonders kompakt und sehr haltbar, für die Kultur im 9cm Topf
<i>Eustoma grandiflorum</i>	'Lisa F1'	Kompakte, gut verzweigende, etwa 20 cm hohe Züchtung, die nicht gestaucht werden muss
<i>Pelargonium x hortorum</i>	'Surefire'	Kompakter Pflanzenwuchs, sehr gute Eignung zur Produktion im Pack, hohe Flächenbelegung möglich
<i>Phlox drummondii</i>	'Palona'	Sehr früh blühende, kompakte Serie, gut verzweigend und uniform, ca. 10 cm hoch
<i>Rudbeckia hirta</i>	'Toto'	Kompakt, gut verzweigend und sehr uniform, Höhe ca. 25 cm

In der **Selektionszüchtung** werden aus Sämlingsbeständen gezielt Genotypen herausgelesen, die kurze Internodien aufweisen und eine gute Selbstverzweigung haben. Ebenso ist eine Selektion auf Frühblütigkeit denkbar, da frühblühende Sorten durch eine kürzere vegetative Phase gekennzeichnet sind (GRÜBER 2002 zitiert in HEINRICHS 2002, 37). 1995 untersuchte ZIMMER die Möglichkeiten einer Selektionszüchtung bei *Petunia*-Hybriden. Dabei bestand sein Kulturziel, „gut verzweigte, wenig gestreckte, knospig-farbezeigende Pflanzen in möglichst kurzer Kulturzeit zum 15. Mai“ zu erhalten. Dies war bislang bei späten Aussaaten aufgrund der Langtagwirkung nur mit einem Trockenhalten der Kultur und zusätzlichem Hemmstoffeinsatz möglich. Wenn jedoch Hemmstoffe wegfallen und die Tendenz zu späten Aussaaten bestehen bleibt, kommt der Sortenwahl verstärkt Bedeutung zu (ZIMMER 1995, 10). Es wurden aus dem Gesamtsortiment vier Multiflora- und vier Grandiflora-Sorten zufällig ausgewählt. Diese wurden nach folgenden Gesichtspunkten untersucht:

- Gute Verzweigung trotz Langtag
- Geringe Streckung trotz Langtag
- Knospig-farbezeigende Pflanzen mit möglichst kurzer Kulturzeit

Als Ergebnis wurde festgestellt, dass für die drei Auswahlkriterien jeweils unterschiedliche Sorten positiv in Erscheinung traten. Diese können nun aufgrund ihrer skizzierten gewünschten Eigenschaften selektiert werden, um so durch anschließende Kreuzungen die gewünschten Zuchtziele zu erreichen (ZIMMER 1995, 11).

Eine weitere Möglichkeit der Züchtung besteht durch das **Einkreuzen kompakter Wildarten**, „denn bei vielen bekannten Gattungen gibt es noch ein großes Artenspektrum, teils mit polsterartigem Wuchs“ (GRÜBER 2002 zitiert in HEINRICHS 2002, 37). Als Beispiel hierfür seien vier neue *Erica-gracilis*-Sorten genannt, die durch Kreuzungen mit südafrikanischen Wildformen entstanden sind. Diese Neuzüchtungen zeichnen sich unter anderem durch einen straffen, kompakten und geschlossenen Aufbau aus (PREIL et al 1998, 16).

„Für den Züchtungsfortschritt war daher die Verwendung von Wildformen aus den natürlichen Verbreitungsgebieten von *E. gracilis* in Südafrika unerlässlich. Die notwendige Sammlung führte Frau Dr. Sigrid Liede, Universität Hamburg 1987 mit Unterstützung der Azerca durch. [...] Die Sämlinge blühten 1989 erstmals in Ahrensburg und konnten für Kreuzungen mit Elitepflanzen aus

'Globulus' x 'Glasers Rote' verwendet werden. Die daraus entstandenen Nachkommenschaften ergaben die gewünschte Aufspaltung zahlreicher Merkmale wie Blütenfarben, Blütenbesatz, Blühbeginn, Pflanzengröße, Stärke der Triebe und zahlreiche Varianten der Wuchsform. Hierdurch konnte ein umfangreiches Material für die Analyse der Vererbung von Einzelmerkmalen gewonnen werden. Aus den Sämlingsbeständen ausgelesene und verklonte Elitepflanzen wurden von 1992 bis 1996 in ausgewählten Azerca-Betrieben auf ihre Praxistauglichkeit geprüft. Vier Klone erwiesen sich als besonders anbauwürdig und werden als eine Bereicherung des Sortenspektrums angesehen“ (PREIL 1998, S. 16f).

Dieser Erfolg bei *Erica gracilis* lässt vermuten, dass auch für andere Arten die Möglichkeit besteht, genetische Ressourcen zur Gewinnung kompakter Sorten zu nutzen. Allerdings ist hierfür sehr viel Züchtungsarbeit und auch etwas Glück notwendig, denn nicht jede Wildform ist für Kreuzungen mit Elitepflanzen geeignet.

Des weitern kann auch das spontane Auftreten von **Mutationen** beziehungsweise deren Erzeugung durch verschiedene Behandlungsmethoden zu kompakt wachsenden Einzelexemplaren führen. Neben der Mutationszüchtung werden auch bereits **mikrobiologische Methoden** eingesetzt, beispielsweise bei *Euphorbia* und *Argyranthemum*. Gentechnisch veränderte Sorten hingegen haben bislang noch keine Bedeutung (GRÜBER 2002 zitiert in HEINRICHS 2002, 37).

Schlussendlich bleibt festzuhalten, dass durch die Züchtungsarbeit große Erfolge im Hinblick auf die Reduzierung beziehungsweise die Substitution von chemischen Wuchshemmstoffen erzielt werden können. Dies scheint insofern erstrebenswert, da sich hier das größte Potenzial der alternativen Maßnahmen befindet und ein Sortiment von „dwarf“- Typen momentan nur begrenzt vorliegt. Allerdings ist für die angesprochen Arbeiten ein enormer Zeitaufwand notwendig, wodurch eine kurzfristige Reaktion auf die Nichtverfügbarkeit von chemischen Hemmstoffen ausgeschlossen ist. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass auch der Endkunde auf die besonderen Eigenschaften der kompakten Sorten aufmerksam gemacht wird. Denn kleinwüchsige Sorten bleiben auch beim Endverbraucher kompakt. Inwieweit dies besonders im Bereich Beet- und Balkon erstrebenswert ist, bleibt dahingestellt (HAAS 2002, 422).

### 2.3.2 Lichtqualität und Tageslänge

In Kapitel 2.1 wurde bereits angedeutet, dass das Licht eine photomorphogenetische Wirkung ausübt, indem es die Gestalt und die Entwicklung der Pflanzen, insbesondere Streckungswachstum, Keimung sowie Seitentrieb- und Blütenbildung beeinflusst. Dabei wird der Strahlungsbereich von etwa 300 – 760 nm physiologisch wirksam. Zu den für die Photomorphogenese verantwortlichen Rezeptoren gehört vor allem das Phytochromsystem mit seinen Absorptionsmaxima bei 660 nm (Hellrot) und 730 nm (Dunkelrot). Daneben gibt es Rezeptoren für Blaulicht, UV-A und vermutlich auch einen UV-B Rezeptor. Aus den verschiedenen Rezeptorsystemen ergibt sich die grundsätzliche Bedeutung der spektralen Zusammensetzung des Lichts, im Gartenbau als **Lichtqualität** bezeichnet (HORN 1996, 102). Die einzelnen Spektralfarben lösen unterschiedliche Effekte auf das Streckungswachstum der Pflanzen aus. So bleiben die Pflanzen im Hochgebirge durch die Wirkung des hohen UV-Lichtanteils kurz und gedrungen. Ein hoher Dunkelrotlichtanteil fördert generell das Längenwachstum, während hohe Hellrot- und Blaulichtanteile eher hemmend wirken (MOE und HEINS 1990 zitiert in RÖBER 1992, 1410). Da die üblicherweise zur Langtagbelichtung eingesetzten Glühlampen einen hohen Dunkelrotanteil besitzen, ist hier eine besonders starke Förderung des Streckungswachstum zu beobachten. Eine Umrüstung auf andere Lichtquellen mit einem geringen Anteil an Dunkelrot scheint zweckmäßig, wie zum Beispiel Leuchtstofflampen. Zudem verfügen Glühlampen nur über eine geringe Lebensdauer und eine ausgesprochen geringe Lichtausbeute. Es ist jedoch zu beachten, dass bei einigen Arten wie beispielsweise *Gypsophila* und *Chrysanthemum* die erwünschte Langtagwirkung nur durch eine ausreichende Intensität an dunkelrotem Licht sicherzustellen ist (LUDOLPH 1992, 1). Daneben nimmt der Effekt der Lichtqualität von Langtaglampen mit zunehmender Einstrahlung ab, so dass ab Anfang Mai die Wirkung deutlich nachlässt (HENDRIKS 1993, 56). Bei der Assimilationsbelichtung mit Hochdruck-Natriumdampflampen tritt ebenfalls eine Förderung des unerwünschten Streckungswachstums auf. Um dies zu vermeiden, wurden Untersuchungen mit einer zusätzlichen UV-Belichtung durchgeführt. Allerdings waren die Ergebnisse alles andere als aussichtsreich, so dass weiterhin der Wunsch nach einer leistungsstarken Hochdruck-Natriumdampflampe mit einem höheren Blaulichtanteil besteht (HENDRIKS 1991, 272).

Ein weiterer Aspekt bezüglich der Lichtqualität besteht im hohen Dunkelrotlichtanteil während der morgendlichen und abendlichen Dämmerung. MOE und HEINS (1990 zitiert in RÖBER 1992, 1410) folgerten daraus, dass die Wirkung des Dunkelrotlichts durch eine Verdunkelung in der Morgen- und Abenddämmerung zu verringern sein müsste. Wie Praxisberichte aus Skandinavien belegen, können mit dieser Methode tatsächlich positive Effekte bezüglich einer Verringerung des Streckungswachstum erzielt werden. (HAAS 2002, 422). Dabei ist eine automatische Verdunkelungsanlage sicherlich von Vorteil.

JATZKOWSKI kam 1994 bei mehreren Versuchen mit *Argyranthemum frutescens* 'Silver Leaf' zu dem Ergebnis, dass ein hoher Dunkelrotlichtanteil in Glühlampen oder während der Dämmerung nicht unbedingt zu einer Förderung des Streckungswachstums führen muss. Dabei wurde in Klimakammern den Pflanzen nach einer Dunkelrotlichtperiode ein Gegenreiz von 15 Minuten mit hellrotem oder blauem Licht verabreicht, wodurch ein unerwünschtes Streckungswachstum ausblieb. Die Erklärung liegt darin, dass in der Regel dasjenige Licht eine Reaktion hervorruft, das in einer gewissen Zeiteinheit als Letztes geboten wurde. Inwieweit sich die Versuchsergebnisse unter natürlichen Lichtbedingungen reproduzieren lassen und somit praxisrelevant erscheinen, ist noch nicht vollständig geklärt.

Eine Beeinflussung der Lichtqualität durch das Herausfiltern der streckungsfördernden Strahlung im dunkelroten Wellenlängenbereich wurde ebenfalls untersucht. So erwiesen sich Verfahren, bei dem Lösungen unter anderem von Kupfersulfat durch die doppelwandige Dachhaut geleitet wurden, als wirksam (MORTENSEN und STROMME 1987 zitiert in HENDRIKS 1993, 57). Allerdings standen der hohe technische Aufwand und die Lichtminderung der Einführung in der Praxis bislang im Wege. Erfolgsversprechender scheint dagegen die Erhöhung der Durchlässigkeit von Bedachungsmaterialien für Strahlung im UV-Bereich zu sein (UEBER 2001, 241). In der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau in Hannover-Ahlem wurden zwei Gewächshausabteilungen mit dem UV-B durchlässigen Glas „Planilux-Diamant“ eingedeckt. Zwei vergleichbare Gewächshausabteilungen blieben unter konventionellem Gartenklarglas. Messungen ergaben, dass die im Gewächshaus eintreffende UV-B Strahlung unter dem Glas „Planilux-Diamant“ im Vergleich zur Globalstrahlung außerhalb etwa halbiert war, während unter dem Normalglas nahezu keine UV-B Strahlung nachweisbar war. Untersucht wurde unter anderem das Streckungswachstum bei Frühjahrsblühern, Beet- und Balkonpflanzen sowie Zimmerpflanzen. Bei den

Frühjahrsblühern *Viola*, *Bellis* und *Myosotis* konnte eine deutliche Reduzierung der Pflanzenhöhe beobachtet werden. Allerdings war bei allen im weiteren Jahresverlauf untersuchten Arten keine positive Wirkung nachzuweisen. Bei Neu Guinea-*Impatiens* war zwar ein deutlich kompakterer Wuchs zu erkennen, der sich bezüglich der Pflanzenqualität jedoch eher negativ auswirkte. Bei weniger lichtbedürftigen Arten traten unter dem UV-B durchlässigen Glas aufgrund eines zu hoch gewählten Schattiersollwertes starke Blattverbrennungen auf. Ein niedrigerer Schattiersollwert würde allerdings den UV-B Anteil drastisch reduzieren und einen möglichen positiven Effekt hinsichtlich des Längenwachstums nahezu aufheben. Somit bleibt festzuhalten, dass Einflüsse von UV-B durchlässigem Glas auf das Streckungswachstum nachgewiesen werden konnten, dass dies jedoch bislang noch keine Neueindeckung des Gewächshauses rechtfertigt (Ludolph und Beßler 2002, 22). Ähnliche Ergebnisse wurden in Versuchen erzielt, in denen Gewächshausfolien mit unterschiedlicher UV-Transmission verglichen wurden. Dabei erwies sich der Folientyp „UV Plus“, der für die gesamte UV Strahlung durchlässig war, als besonders wirksam. UV durchlässige Folien stellen somit besonders im Frühjahr für die Produktion von Beet- und Balkonpflanzen eine mögliche Alternative zur Regulierung des Streckungswachstum dar (HOFFMANN 1999, 183).

Neben der Lichtqualität nimmt auch die **Tageslänge** einen nennenswerten Einfluss auf das Streckungswachstum der Pflanzen. So wirkt sich bei vielen Arten eine Unter- oder Überschreitung der kritischen Tageslänge neben der Blütenbildung auch auf das Streckungswachstum aus. Insbesondere bei Kurztagpflanzen wie beispielsweise *Chrysanthemum*, *Euphorbia* und einige Sorten von *Begonia-Elatior*-Hybriden stellt die Verringerung der Langtagperiode vor Kurztagbeginn eine einfache und wirkungsvolle Maßnahme dar, um die Streckung der Internodien und das Blattflächenwachstum zu begrenzen (HENDRIKS 1993, 56). Auch bei vielen Sorten von Topfsonnenblumen führt eine zeitweilige Kultur unter Kurztagbedingungen zu deutlich kompakteren Pflanzen. Als Beispiel seien 'Big Smile', 'Zwerg Aurora', 'Goldmarie', 'Pacino' und 'Teddybär' genannt, die als fakultative Kurztagpflanzen auf einen Kurztageinschub mit vermindertem Streckungswachstum reagieren (HARM 1997; HOUSKA 1998; SAUER 1997). Bei der Sorte 'Pacino' ist dabei ganz besonders die Dauer der Behandlung und der Zeitpunkt der Beendigung zu beachten. So führte HOUSKA (1998) Untersuchungen mit dieser Sorte durch, die zu zwei unterschiedlichen Terminen ausgesät und mit unterschiedlich langen Kurztageinschüben

behandelt wurden. Die Ergebnisse werden in der Tabelle 2 aufgezeigt. Es zeigte sich eine teilweise beachtliche Reduzierung des Längenwachstums und eine deutliche Kulturzeitverkürzung der unterschiedlichen Varianten. Besonders empfehlenswert ist es, die Kurztagbehandlung 14 Tage vor dem Vermarktungszeitpunkt zu beenden. Die terminale Knospe ist zu diesem Zeitpunkt etwa erbs- bis haselnussgroß. Nur so kann gewährleistet werden, dass sich die lateral angelegten Seitenknospen entwickeln (HOUSKA 1998, 37).

Tab. 2: Einfluss der Dauer eines Kurztageinschubes auf die Pflanzengröße, die Kulturdauer und andere morphologische Parameter von Topfsonnenblumen der Sorte 'Pacino' (HOUSKA 1998, 36)

Kurztageseinschübe bei Topfsonnenblumen							
Kurztagende vor der Marktreife	Kurztagdauer (von/bis)	Aussaat	Höhe (cm)	Blütendurchmesser (cm)	Kulturdauer (Tage)	Anzahl Seitentriebe je Pflanze (mit Blüten > 4 cm)	Durchmesser der Blüten an den Seitentrieben (cm)
27 Tage	11 Tage (17.07.-28.07.)	24.06.	42,6	13,5	61	6,0	7,6
15 Tage	16 Tage (07.07.-23.07.)	12.06.	41,8	12,4	58	6,7	8,5
12 Tage	21 Tage (17.07.-07.08.)	24.06.	31,3	12,6	56	5,3	9
8 Tage	23 Tage (07.07.-30.07.)	12.06.	35,4	11,1	57	2,9	7,9
2 Tage	28 Tage (07.07.-04.08.)	12.06.	37,7	11,4	56	2,3	7,6
Langtag		12.06.	50,4	16,4	67	5,4	10,3
Langtag		24.06.	50,2	15,1	70	6,4	nicht erfasst

Eine Kurztagbehandlung bei Langtagpflanzen verursacht neben einer möglichen Höhenregulierung auch eine Verzögerung oder Verhinderung der Blüte und ist somit als kritisch zu bezeichnen. Allerdings besteht aufgrund des quantitativen Charakters von Tageslängenwirkungen die Möglichkeit, das Streckungswachstum durch einen begrenzten Kurztageseinschub unter Inkaufnahme einer entsprechenden Kulturzeitverlängerung zu verringern. Dies wurde von HENDRIKS und VOßKAMP (1994) bei marktbedeutenden Beet- und Balkonpflanzen untersucht, wie zum Beispiel bei *Petunia*, *Verbena* oder *Scaevola*. Der Hemmeffekt und die Kulturzeitverlängerung nahmen bei *Petunia* und *Verbena* mit der Dauer

der Kurztagbehandlung zu. Einzelne Sorten reagierten dabei recht unterschiedlich. Die Peitschentriebbildung bei *Scaevola* konnte ebenfalls mit zunehmender Kurztagbehandlung verringert werden, wobei der kulturzeitverlängernde Effekt überraschend gering ausfiel. Neben einem erhöhten Arbeitsaufwand ist allerdings auch ein erhöhtes *Botrytis*-Risiko bei diesem Verfahren problematisch (HENDRIKS 1993, 56). Interessante Untersuchungen von ZIMMER (1989 zitiert in HENDRIKS 1993, 56) zeigen, dass auch bei Arten, die üblicherweise zu den Langtagpflanzen gezählt werden, Genotypen mit tagneutraler Reaktion zu finden sind. Eine Selektion auf derartige Typen eröffnet unter Umständen Möglichkeiten, das Streckungswachstum durch Kurztageinschübe ohne Kulturzeitverlängerung zu hemmen (HENDRIKS 1993, 56).

Neben der Lichtqualität und der Tageslänge stellt ein **weiter Standraum** und der damit verbesserte Lichtgenuss der Pflanzen die Grundvoraussetzung für ein kompaktes Wachstum dar. Allerdings steht der Gewährung einer ausreichenden Standweite der Zwang möglichst hoher Flächenerlöse gegenüber (UEBER 2001, 242). Ein überdurchschnittlich weiter Standraum beschränkt sich somit ausschließlich auf Premiumprodukte mit hohen Verkaufserlösen.

### 2.3.3 Tag- und Nachttemperaturen

Neben der Beeinflussung der Lichtqualität und der Tageslänge besteht ferner die Möglichkeit, mit Hilfe einer spezifischen Tag- und Nachttemperaturregelung eine große Anzahl von Zierpflanzen kompakt zu halten. Während bei Topfpflanzen nur geringe Effekte festzustellen sind, kann durch entsprechende Temperaturprogramme die Pflanzenhöhe anderer Arten wie *Fuchsia*, *Begonia*, *Euphorbia* oder *Pelargonium* um 30-50 % reduziert werden (VOGELEZANG 1991, 40). Das Streckungswachstum der Pflanzen wird dabei überwiegend durch die Tagtemperatur gesteuert. Bei hohen Tagtemperaturen wird die Streckung der Internodien, der Blattflächen sowie der Blatt- und Blütenstiele gefördert, bei niedrigen dagegen gehemmt (HENDRIKS 1997, 19). Da durch eine Absenkung der Tagtemperatur in der Regel auch die Tagesmitteltemperatur absinkt, kann diese Maßnahme eine hemmende Wirkung auf die Entwicklung der Blätter und Blüten nach sich ziehen. Um diesen Effekt zu verhindern, muss

bei der Absenkung der Tagtemperatur in der Regel die Nachttemperatur angehoben werden, zum Teil sogar über die Tagtemperatur (HENDRIKS 1991, 1868). Daher ist es wichtig, die optimale Tagesmitteltemperatur der zu kultivierenden Pflanzenarten zu kennen, um anschließend die zweckmäßigste Temperaturdifferenz auswählen zu können. Diese Temperaturstrategie, bei der die Tagtemperatur unter der Nachttemperatur liegt, wird aufgrund einer vorliegenden negativen Temperaturdifferenz als „**negativ Diff**“ bezeichnet. Dabei bleiben die Pflanzen um so kompakter, je weiter die Tagtemperatur unter der Nachttemperatur liegt (Tabelle 3).

Tab. 3: Einfluss der Temperaturdifferenz auf die Pflanzenhöhe (CUIJPERS et al 1991, 49, verändert)

Pflanzenhöhe (in cm) bei unterschiedlichen Temperaturdifferenzen			
	Tag-/Nachttemperaturen (in °C)		
	13/21	16/18	18/16
<i>Pelargonium</i>	16,5	16,8	19,2
<i>Petunia</i>	21,5	25,6	23,8
<i>Fuchsia</i>	32,7	37,7	40,9
<i>Impatiens</i>	8,3	12,2	14,0

Ein besonders starker Effekt der Temperaturdifferenz ist in Zeiten hoher Wachstumsraten zu beobachten (MYSTER und MOE 1997, 85). Somit sollte möglichst frühzeitig – am besten nach dem Einwurzeln – mit der Temperaturbehandlung begonnen werden. Mitentscheidend für den Erfolg dieser Kulturmaßnahmen ist die Kontrolle der Tagtemperatur. Hierfür stehen im Frühjahr und Herbst verschiedene Maßnahmen zur Verfügung, wie beispielweise der Einsatz von Feinst- Vernebelungssystemen, frühzeitiges Lüften sowie eine deutliche Temperaturabsenkung am Morgen („Cool Morning“). Im Sommer dagegen ist eine Temperaturstrategie mit höheren Nacht- als Tagtemperaturen aufgrund der hohen Außentemperaturen kaum realisierbar. Auch im Winter sind diesem Temperaturprogramm enge Grenzen gesetzt. Aufgrund der schlechten Lichtverhältnisse führen im Winter höhere Nacht- als Tagtemperaturen zu Atmungsverlusten und dadurch bedingt zu Chlorosen, Blühverzögerungen und Qualitätsverlusten. Demnach können Diffprogramme in den

strahlungsarmen Wintermonaten nur bei gleichzeitiger Assimilationsbelichtung empfohlen werden (HENDRIKS und UEBER 1997, 21).

Die drastische Temperaturabsenkung am Morgen wird, wie oben bereits kurz angedeutet, als **Drop-** oder **Cool Morning –Strategie** bezeichnet. Hierbei wird der Lüftungs- und der Heizsollwert ab Sonnenaufgang für eine Zeit von zwei bis drei Stunden je nach Pflanzenart auf einen niedrigen Wert abgesenkt, wodurch die Tagtemperatur in der Regel um ein paar Grad herabgesetzt wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Temperatursturz durch eine Absenkung der Lüftungstemperatur eingeleitet werden sollte, um eine Überschreitung des Taupunktes und damit eine *Botrytis*-Infektion zu vermeiden (Hendriks 1991, 1899). Für kältetolerante Arten wie die meisten Beet- und Balkonpflanzen wird eine Erniedrigung der Temperatur auf 4-6 °C empfohlen, während beispielsweise bei wärmeliebenden Poinsettien zur Vermeidung von Kälteschäden die Temperatur nicht unter 8 °C fallen sollte (siehe Abbildung 2).

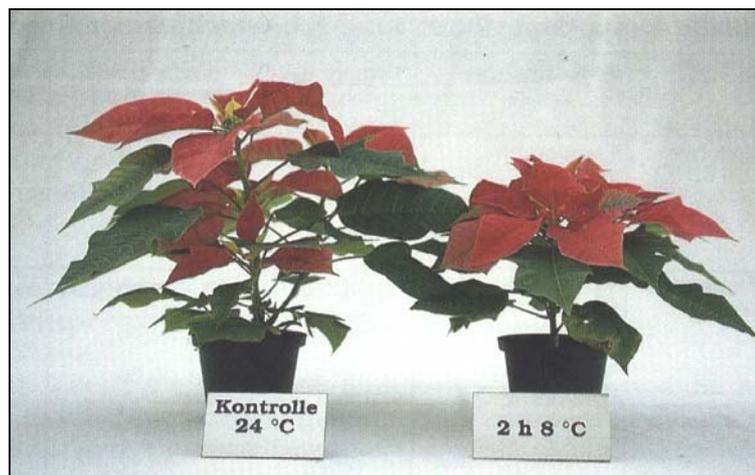


Abb. 2: Einfluss einer Drop-Strategie (rechts) bei Poinsettien (UEBER 1997)

Da es sich bei diesem Temperaturprogramm letztendlich um eine veränderte Form der Diff-Strategie handelt, ist die streckungshemmende Wirkung um so stärker, je länger oder je intensiver die Temperatur abgesenkt wird (HENDRIKS und LUDOLPH 1992, 1). Die Tageszeit, an der ein kurzzeitiger Temperatursturz durchgeführt wird, spielt dabei im Vergleich zu Dauer und Intensität nur eine untergeordnete Rolle. Untersuchungen aus Aalsmeer haben gezeigt, dass die meisten untersuchten Pflanzenarten am frühen Morgen eine geringfügig stärkere

Reaktion auf eine Temperaturabsenkung zeigen wie zu anderen Tageszeiten (LEEUEWEN 1995, 81). Dies ist als günstig zu bewerten, da durch die nächtlichen Abkühlungen frühmorgens eine deutliche Absenkung der Temperatur möglich ist. Im Sommer und Winter stößt auch die Drop-Strategie ähnlich wie die Diff-Strategie bei ungünstigen Klimaverhältnissen schnell an ihre Grenzen (HENDRIKS und UEBER 1997, 23).

Mit der **Kombination** der beiden dargestellten Temperaturstrategien kann das Streckungswachstum der Pflanzen besonders wirksam gehemmt werden (siehe Abbildung 3). Je nach Pflanzenart wird frühmorgens ab Sonnenaufgang die Temperatur für einige Stunden möglichst stark abgesenkt, anschließend erfolgt eine Anhebung der Tagtemperatur, die jedoch noch unter der Nachttemperatur liegen sollte (HENDRIKS und UEBER 1997, 24). Die angestrebte Tagesmitteltemperatur muss dabei stets im Auge behalten werden, um so eine unnötige Kulturzeitverlängerung zu vermeiden. Ferner ist zu beachten, dass aufgrund einer unterschiedlichen Temperatursensibilität die Reaktionen der einzelnen Pflanzenarten und –sorten recht verschieden sein können.

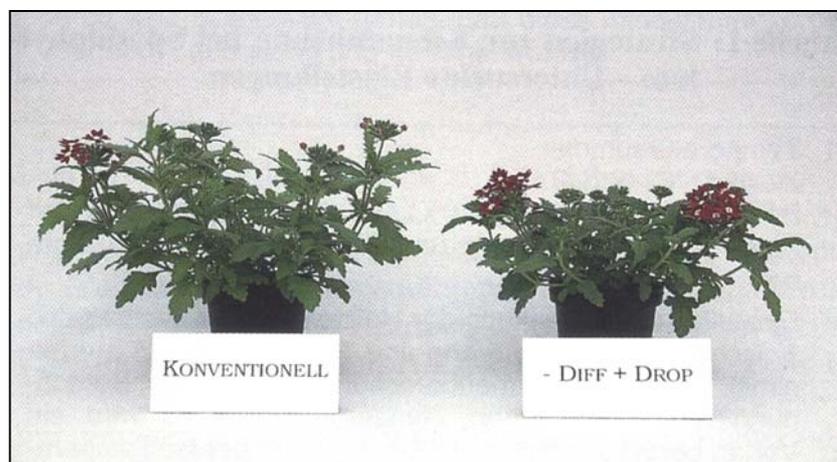


Abb. 3: Einfluss einer Diff und Drop-Strategie (rechts) bei Verbena (UEBER 1997)

Höhere Nacht- als Tagtemperaturen führen neben einer Höhenregulierung auch zu einem verbesserten Gesundheitszustand der Pflanzen. Durch die Anhebung der Nachttemperatur wird infolge der höheren Temperaturdifferenz zwischen Hüllfläche und Außenluft verstärkt Wasserdampf an den Glasflächen kondensiert, was wiederum zu einer Entfeuchtung der Gewächshausluft führt (HENDRIKS 1991, 2560). Da sich Krankheiten wie *Botrytis*, der

Falsche Mehltau oder auch der Weiße Chrysanthemenrost auf feuchten Blättern wesentlich schneller ausbreiten, kann so das Krankheitsrisiko verringert werden. Durch die Öffnung der Lüftungsklappen am frühen Morgen (Drop-Strategie) kommt es ebenfalls zu einem Entfeuchtungseffekt und somit zu einer Risikominderung durch Verhinderung der Taupunktüberschreitung (HENDRIKS 1991, 2561). Dementsprechend konnte unter anderem bei Versuchen mit *Fuchsia*-Hybriden festgestellt werden, dass sowohl die Anzahl der gesunden als auch der verkaufsfähigen Pflanzen in der Diff- und Drop-Variante deutlich größer war als bei konventioneller Klimaführung (KREBS 1996, 37). Allerdings können Diff- und Drop-Programme neben einer Reihe positiver Einflüsse auch Nachteile hinsichtlich der Pflanzenqualität mit sich bringen. So zeigen die Pflanzen bei höheren Nacht- als Tagtemperaturen zum Teil Laubaufhellungen und kleinere Blüten. Diese Effekte sind jedoch nur schwach ausgeprägt und lassen sich durch eine Temperaturumkehrung zu einer positiven Differenz in den letzten beiden Kulturwochen verringern beziehungsweise beseitigen (HENDRIKS 1991, 2563). Weiterhin konnte bei einigen Pflanzenarten festgestellt werden, dass auch die Blattstellung durch eine Diff-Strategie beeinträchtigt wird. Besonders bei *Lilium longifolium* änderte sich die Stellung drastisch von steil aufwärts unter positiver Diff in gebogen abwärts bei negativer Diff (HAUCK 1991, 2457).

Für die **praktische Durchführbarkeit** von Diff- und Drop-Programmen ist das Vorhandensein eines Klimacomputers mit drei frei wählbaren Tagesabschnitten vorteilhaft. Insbesondere an einstrahlungsreichen Tagen kann die Ist-Temperatur stark von der angestrebten Soll-Temperatur abweichen, so dass regelmäßige Kontrollen und gegebenenfalls Korrekturen der eingestellten Werte notwendig sind (HENDRIKS und UEBER 1997, 25). Der Gesamtenergieverbrauch von Tag und Nacht ist ganz wesentlich vom Nachtwärmebedarf abhängig. Das lässt vermuten, dass bei höheren Nacht- als Tagtemperaturen der Heizenergiebedarf deutlich zunimmt. Dies gilt für Gewächshäuser ohne Energieschirm, in denen sich durch eine negativ Diff von minus zwei der Energiebedarf um circa 15 Prozent erhöht (HAUCK 1991, 2455). In Gewächshäusern mit guten, dichten Energieschirmen jedoch wirkt aufgrund des reduzierten Wärmeverbrauches in der Nacht eine Diff-Strategie energieneutral (TANTAU 1997, 29). Dies bedeutet, dass der Energieverbrauch nachts ebenso groß ist wie am Tag. Eine Erhöhung des Heizenergiebedarfes für eine negativ Diff-Strategie findet hier nicht statt.

### 2.3.4 Nährstoffangebot und Salzstress

Neben den bereits genannten Klimafaktoren Licht und Temperatur kommt auch der Düngung eine besondere Rolle zu. So kann bereits die Vermeidung einer Stickstoffüberdüngung, welche in der Regel schnell zur Bildung von langen und weichen Trieben führt, zu einer Verminderung des Hemmstoffeinsatzes beitragen (HENDRIKS und UEBER 2002, 217). Weniger **Stickstoff (N)** verringert beispielsweise bei *Euphorbia*, *Begonia*-Elatior-Hybriden oder *Cyclamen* nicht nur die Pflanzenhöhe, sondern fördert darüber hinaus die Qualität und die Haltbarkeit dieser Pflanzenarten. Bei *Dendranthemum* jedoch ist weniger Stickstoff gleichbedeutend mit kleineren Blättern und weniger Seitentrieben, wodurch die Qualität negativ beeinflusst wird (HENDRIKS et al 1991, 274). Demnach spielt für *Dendranthemum* eine Stickstoffreduzierung keine Rolle. Neben konstant geringeren N-Gaben wurde bei *Euphorbia pulcherrima* und *Viola-Wittrockiana*-Hybriden die Möglichkeit untersucht, mit gezielten N-Düngepausen die Pflanzenhöhe zu regulieren. Dabei konnte durch das Zusammenwirken eines dynamischen N-Entzuges durch Holzfaseranteile im Substrat und einer N-Düngepause eine rasche Absenkung der N-Versorgung erzielt werden. Dies wiederum führte bei *Euphorbia* zu einer deutlichen Höhenreduzierung, wobei der Zeitpunkt und die Zeitdauer des induzierten N-Mangels einen entscheidenden Einfluss auf Triebanzahl und Brakteengröße nahmen. Aus diesem Grund ist spätestens ab der achten Kulturwoche wieder Stickstoff anzubieten, um eine gute Brakteengröße und –ausfärbung zu erzielen (WARTENBERG 2000, 79). Bei *Viola-Wittrockiana*-Hybriden konnte ebenfalls eine Reduzierung der Pflanzenhöhe festgestellt werden. Allerdings ist hier das Verfahren aufgrund einer Verzögerung der Blütenentwicklung und einer Verringerung der Blütenanzahl nur bedingt zur Wachstumsregulierung verwendbar (WARTENBERG 1994, 162). Festzuhalten bleibt, dass ein sparsamer Umgang mit Stickstoff zu kompakten Pflanzen führt. Allerdings ist der Grat zwischen einer noch gerade ausreichenden N-Versorgung einerseits sowie N-Mangel mit sichtbaren Symptomen oder erhöhter Empfindlichkeit gegenüber Pflanzenschutzmittelbehandlungen andererseits sehr schmal (UEBER 2001, 242).

Weiterhin besteht die Möglichkeit, mit einem gezielten **Phosphor (P)-Mangel** das Streckungswachstum der Pflanzen zu reduzieren. Versuche aus den Niederlanden zeigen, dass bei *Petunia*, *Impatiens* und *Pelargonium* durch ein stark reduziertes P-Angebot das

Streckungswachstum beeinträchtigt werden konnte. Durch die niedrige, stark schwankende P-Verfügbarkeit jedoch weisen diese im Vergleich zu normal versorgten Pflanzen eine deutlich geringere Frischmasse und damit eine schlechtere Qualität auf. Der Bereich zwischen latentem P-Mangel und der damit verbundenen Wachstumshemmung und einem akuten Mangel mit starken Schadsymptomen ist ähnlich wie bei der N-Versorgung sehr eng und damit in der Praxis nur schwer kontrollierbar (MASEMANN und UEBER 2002, 39). Zur Vermeidung dieser Nachteile wurde ein industriell hergestellter Phosphatpuffer mit dem Handelsname **Compalox** entwickelt. Dieses mit Phosphat beladene Aluminiumoxid soll dafür sorgen, dass der Nährstoff in sehr niedrigen Mengen kontinuierlich zur Verfügung steht. Aufgrund der Puffereigenschaften werden somit starke Schwankungen im Phosphatangebot vermieden. In einem Versuch mit Topfsonnenblumen wurde an der Lehr – und Versuchsanstalt für Gartenbau in Hannover die Wirksamkeit von Compalox überprüft. Dabei konnte als Ergebnis festgestellt werden, dass im Vergleich zu herkömmlichen P-Mangelvarianten die Compalox-Varianten weder in Bezug auf die Höhenkontrolle, noch hinsichtlich der Pflanzenqualität Vorteile erbrachten. Andere Pflanzenarten, wie beispielsweise *Fuchsia*-Hybriden (Abbildung 4) verzeichneten dagegen eine sehr deutliche Hemmwirkung.

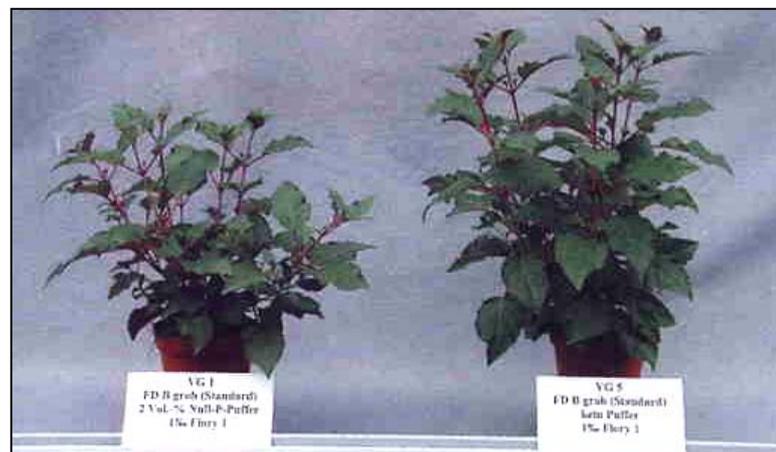


Abb. 4: Wirkung von Phosphatpuffer (links) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Haas 2002, 422)

Somit bedarf es weiteren Untersuchungen, mit denen nähere Aussagen über die Wirksamkeit von Compalox getroffen werden können. Grundsätzlich besteht die Einsatzmöglichkeit eines

latentem P-Mangel als Baustein einer alternativen Höhenkontrolle in der Produktion generativ vermehrter Jungpflanzen. Hierbei ist der P-Mangel auf einen kurzen Zeitraum begrenzt, so dass mögliche auftretende Qualitätseinbußen im späteren Kulturverlauf wieder behoben werden können (MASEMANN und UEBER 2002, 41).

Die Pflanzen mit reduzierten Nährstoffgaben kompakt zu halten, ist als risikoreiches Kulturverfahren zu bewerten. Wie aber muss der vermehrte Einsatz eines Düngers beurteilt werden, der die Wachsminderung hervorruft und im Gießverfahren wie ein Volldünger ausgebracht werden kann? Die Rede ist von **Kalisulfat**, das aufgrund seiner geringen Ionentoxizität und der leichten Auswaschbarkeit nach temporärer Hemmung für diesen Zweck eingesetzt wird (HENDRIKS 1993, 58). Ausgeschlossen dagegen werden Natrium- oder Chloriddünger, die für die Pflanzen – speziell für die Wurzeln - ein zu hohes Risiko darstellen. In einer Konzentration zwischen 0,075 Prozent und 0,1 Prozent ausgebracht, sollen mit Kalisulfat bei einigen Zierpflanzen wie beispielsweise *Viola*, *Primula* und *Euphorbia* gleiche Erfolge erzielt werden können wie mit einer Anwendung des nicht mehr zugelassenen Alars (REINHARD 1992, 26). Dabei kommt folgender Wirkungsmechanismus zum Tragen: Durch den Zusatz von Kalisulfat wird der Salzgehalt beziehungsweise das osmotische Potential im Substrat erhöht. Der **Salzstress** bewirkt eine Verringerung der Potentialdifferenz zwischen der Wurzel und dem Boden, wodurch die Wasseraufnahme reduziert wird (siehe Kapitel 2.1). Der Pflanze steht weniger Wasser zur Verfügung, das Streckungswachstum wird eingeschränkt. Allerdings haben Untersuchungen mit Topfranunkeln (HENDRIKS 1993, zitiert in UEBER 1993, 228), *Viola* (WARTENBERG 1993), *Chrysanthemum* (TEICHERT 1994) und *Zinnia* (TEICHERT 1994) gezeigt, dass ein sichtbarer Hemmeffekt nur bei einer sehr hohen Salzanreicherung im Substrat erzielt werden konnte. Dabei war in den meisten Fällen die Wirkung im Vergleich zum Einsatz von Wachstumsregulatoren immer noch als gering einzustufen (siehe Abbildung 4).

### 2.3.5 Wasserangebot

Bereits in Kapitel 2.1 wurde der bedeutende Einfluss des Wasserangebotes auf das Streckungswachstum der Pflanzen angedeutet. Als einer der „traditionsreichsten Alternativen zum Hemmstoffeinsatz“ (HENDRIKS 1993, 57) kann die Reduzierung des Wasserangebotes für eine Vielzahl von Topfpflanzen empfohlen werden. In zahlreichen Untersuchungen, unter anderem bei *Cyclamen*, *Euphorbia*, *Begonia*, *Petunia*, *Hydrangea*, *Dendranthemum* oder *Pelargonium* wurde festgestellt, dass durch **Trockenstress** das Streckungswachstum bei gleichbleibender Qualität zum Teil erheblich eingeschränkt werden konnte. Einzelne Versuchsergebnisse mit bestimmten Arten und Praxiserfahrungen mit trockenkultivierten Topfsonnenblumen werden in Kapitel 2.3.5.2 dargestellt. Neben einem möglichen Hemmeffekt wird an dieser Stelle insbesondere der Einfluss von Trockenstress auf die morphologischen Eigenschaften der untersuchten Pflanzenarten näher erläutert. Viele erfahrene Kultivateure nutzen bereits die Erkenntnisse, die bezüglich reduzierter Wassergaben gewonnen werden konnten, und sparen neben Hemmstoffen auch eine erhebliche Menge an Gießwasser. Dabei sind für eine auf Wachstumskontrolle abzielende Bewässerungsstrategie zwei Vorgehensweisen denkbar (HAAS 2002, 423):

- Wenig, aber regelmäßig (zum Beispiel mit Einzeltropfbewässerung)
- Beachtung ausgeprägter Feucht- und Trockenphasen (zum Beispiel mit Ebbe & Flut-System)

Abgesehen von der erfolgreichen Höhenregulierung ist bei Trockenstresstrategien ein weiterer positiver Effekt zu beobachten. Wie HAAS und GERLACH (1992, zitiert in RÖBER 1992, 1412) bei Poinsettienversuchen feststellten, ist die Empfindlichkeit gegenüber Wurzelerkrankungen wie *Pythium ultimum* bei trockengestressten Pflanzen geringer als bei normal mit Wasser versorgten. Diese Untersuchungsergebnisse lassen sich aus phytosanitärer Sicht auf andere Pflanzenarten übertragen. Allerdings stehen diesen positiven Effekten auch negative Begleiterscheinungen gegenüber. So beeinflussen reduzierte Wassergaben den Kühlmechanismus der Pflanzen, wodurch die Gefahr von Blattverbrennungen an strahlungsreichen Tagen vergrößert wird (LUDOLPH und HENDRIKS 1992, 4). Weiterhin führt eine knappe Wasserversorgung oftmals zu einer Streckung der Verkaufsreife, zu einer

unbefriedigenden Seitentriebentwicklung sowie zu heterogenen Pflanzenbeständen (HENDRIKS 1993, 57). Dies scheint das größte Problem für trockenkultivierte Bestände darzustellen. Während beispielsweise bei Ebbe & Flut-Systemen feuchte Töpfe feucht bleiben, werden trockene Töpfe oftmals nur unzureichend wiederbefeuchtet. Aus diesem Grund müssen für die technische Durchführung der gleichmäßig knappen Wasserzufuhr folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Auswahl eines repräsentativen Topfes
- Gut wiederbenetzbares Substrat
- Einheitliches Pflanzenmaterial
- Gleichmäßiges Topfen
- Gleiche Ausgangsfeuchte vor dem ersten Bewässerungsgang

Neben der Beachtung dieser Punkte sind regelmäßige Kontrollen hinsichtlich einer gleichmäßigen Wasserversorgung im Pflanzenbestand, insbesondere an den Tischrändern, durchzuführen (HAAS 2002, 424).

Das Wasserangebot für die Pflanzen hängt neben der Temperatur und der Einstrahlung auch vom Bewässerungssystem ab. Dieses übt ferner einen nachhaltigen Einfluss auf die **relative Luftfeuchte** im Bestand aus. So konnte in der Praxis beim Umstellen der Bewässerungssysteme schon des öfteren beobachtet werden, dass Pflanzen auf Anstautischen und Fließrinnen kompakter blieben als bei einer Kultur auf vorher verwendeten Gießmatten (HENDRIKS 1993, 58). Ursache hierfür ist das geringere Verdunstungspotential von Rinnen- oder Anstautischen, welches zu einer Reduzierung der Luftfeuchte beziehungsweise zu einem erhöhten Wasserdampfsättigungsdefizit der Atmosphäre führt. Dies hat zur Folge, dass der Trockenstress intensiviert wird, was wiederum zu einer verstärkten Hemmung des Streckungswachstum beitragen kann (HENDRIKS 1993, 58). Weitere Möglichkeiten, die relative Luftfeuchtigkeit im Bestand zu erniedrigen, bieten geeignete Heizungs- und Lüftungsstrategien (Entfeuchtungsregelung) sowie die Installation von Ventilatoren. Abgesehen von einem verminderten Streckungswachstum wird durch eine verringerte

Luftfeuchte auch das *Botrytis*risiko reduziert. Allerdings soll an diese Stelle ebenfalls auf die rasche Verbreitung von Spinnmilben bei niedriger Luftfeuchte hingewiesen werden. Die Durchführbarkeit und Wichtigkeit der einzelnen Kulturmethoden muss daher betriebs-spezifisch bewertet werden.

### 2.3.5.1 Physiologische Wirkung von Trockenstress

In Kapitel 2.1 wurde unter der Überschrift „Mechanismus des Streckungswachstums“ festgestellt, dass die Volumenvergrößerung der Zellen und somit das Streckungswachstum der Pflanzen überwiegend durch die Wasseraufnahme bestimmt wird. Dabei ist das Streckungswachstum stets mit der Bildung beziehungsweise mit der Vergrößerung der Vakuolen verknüpft (ZIEGLER 1998, 400). Trockenstressstrategien zielen darauf ab, für die Pflanzen ein Wasserdefizit zu erzeugen, welches bei höherer Wasserabgabe als -aufnahme zustande kommt, beispielsweise infolge erhöhter Transpiration oder geringer Wassergaben über den Wurzelballen. Dabei wird von der Pflanze mit beginnendem Trockenstress zunächst das Wasser geringer Bindungsstärke, das heißt überwiegend das osmotisch gebundene, an die Umgebung abgegeben. Dieses Wasser entstammt den Vakuolen. Ein geringer Verlust an Vakuolenwasser zieht jedoch eine relativ starke Absenkung des hydrostatischen Druckes (Turgordruck) in der Zelle nach sich (RÖBER 1996, 131). Dieser Druck wird für die Zellstreckung, speziell für die plastische Dehnung der Zellwand benötigt. Da entsprechend dem „Gleitschienenmodell“ (siehe Kapitel 2.1) parallel gelagerte Cellulose-Elementarfibrillen und die Füllmasse unter geringem hydrostatischen Druck nur unzureichend aneinander vorbeigleiten können, werden die plastische Dehnung der Zellwand und somit die Zellstreckung vermindert (HEB 1981, 285).

Das entscheidende Kriterium für die Zellstreckung ist bekanntermaßen die auxinabhängige Auflockerung der Zellwand, wodurch das Druckpotential der Zelle erniedrigt wird und im Anschluss eine osmotische Wasseraufnahme erfolgt. Steht der Pflanze nur eine geringe Menge an Wasser zur Verfügung, so unterbleibt eine übermäßige Wasseraufnahme und Volumenvergrößerung der Vakuolen. Dieser Schwellenwert, ab dem das Streckungswachstum durch Reduzierung der Wassergaben entscheidend reduziert werden kann, wird von

einer Vielzahl von Parametern beeinflusst und ist aus diesem Grund nicht genau zu bestimmen. So ist der Wasserbedarf von folgenden Gesichtspunkten abhängig (HAAS 2002, 423):

- Entwicklungszustand und Größe der Pflanze (Blattmasse)
- Intensität und Dauer des Lichtes
- Blatttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Gesundheit und Vitalität der Pflanze

In diesem Zusammenhang erscheint die rechtzeitige Erfassung des Trockenstresses durch von der Pflanze produzierte Indikatoren von großem Interesse. Diese können insbesondere bei der Erarbeitung von Empfehlungen zur entwicklungsabhängigen Bewässerung für Praxisbetriebe, aber auch bei Versuchen zum Erstellen von Wachstumsmodellen nützlich sein (RÖBER und HORN 1993, 15). Hierfür eignet sich als eine Art „Frühwarnsystem“ unter den Aminoverbindungen im besonderen Maße das **Prolin**, das als organisches Osmotika deutlich auf Stress und besonders auch auf Veränderungen im Wasserangebot reagiert. Die Anreicherung von Prolin bei allen Arten von Stress konnte bereits in vielen Untersuchungen bewiesen werden (STEWART und LARHER 1980, zitiert in RÖBER und HORN 1993, 15). Die Strategie der Pflanzen, zur Abwehr des Stresses durch Trockenheit vermehrt Prolin zu produzieren, lässt sich folgendermaßen erklären:

„Die Prolinanreicherung durch Trockenstress ist vermutlich eine Auswirkung der osmotischen Einstellung der Pflanze: Bei Trocken- oder Salzstress können manche Arten vermehrt Salze aufnehmen und in der Vakuole einlagern. Die Folge davon ist eine Wasserpotentialverminderung in der Vakuole. Dem Zytoplasma kann somit Wasser entzogen werden. Als Ausgleich werden nun im Zytoplasma vermehrt organische Osmotika **wie zum Beispiel Prolin oder Betain** [ergänzt durch Verfasser] zur Wiederherstellung des osmotischen Gleichgewichts gebildet“ (RÖBER und HORN 1993, 19).

Dabei tritt die Prolinanreicherung bereits nach verhältnismäßig kurzer Stresseinwirkung auf. Das Prolin als Stressindikator für spezielle Trockenstresstrategien nutzen zu können, würde

Forschung und Praxis angesichts eines gewissen Kulturrisikos reduzierter Wassergaben aufatmen lassen. Hierfür bedarf es jedoch weiterer eingehender Untersuchungen.

### 2.3.5.2 Erfahrungen mit Trockenstresstrategien

Trockenstresstrategien zur Reduzierung des Streckungswachstums zählen zu den seit langem praktizierten und besonders gut untersuchten Kulturmaßnahmen (FISCHER und HENDRIKS 2000, 132). Im folgenden werden Versuchsergebnisse einzelner Pflanzenarten vorgestellt. Dabei stehen neben der Einflussnahme reduzierter Wassergaben auf den Kompaktheitsgrad der Pflanzen auch mögliche morphologische Veränderungen im Vordergrund, wie zum Beispiel auf die Blatt- oder Blütengröße. Die Wirkung von Trockenstress auf das Wachstum von *Helianthus annuus* wurde bislang noch nicht eingehend untersucht. Allerdings liegen Erfahrungen eines Praxisbetriebes vor, der das Streckungswachstum seiner Topfsonnenblumen im frühen Stadium der Kultur durch verminderte Wassergaben reduziert. Als Richtwert für die eingeschränkte Bewässerung werden vom Betriebsleiter –120 Hektopascal (hPa) angegeben. Topfsonnenblumen in einem späten Stadium mit Trockenstress kompakt zu halten, ist mit einem hohen Kulturrisiko verbunden. Es besteht die Gefahr, dass bei größer werdenden Transpirationsflächen irreversible Schäden an den Blättern auftreten (KOLB 2002). Dieses Risiko wird durch eine niedrige Luftfeuchte im Gewächshaus noch weiter verstärkt. Als streckungshemmende Maßnahme für Topfsonnenblumen kommt im Betrieb eine Verdunkelungseinrichtung zum Einsatz, mit der gute Erfolge bezüglich einer umweltschonenden Höhenregulierung zu erzielen sind. Für eine marktfähige Ware jedoch reicht der zeitweilige Trockenstress im Anfangsstadium der Kultur und der Kurztageinschub nicht aus. Aus diesem Grund kann auf einen einmaligen Hemmstoffeinsatz im Endstadium der Kultur nicht verzichtet werden (KOLB 2002).

Der Einfluss einer trockenen Kulturführung auf das Wachstum von *Euphorbia pulcherrima* wurde bereits vielfach untersucht ( HAAS und RÖBER 1991, RÖBER und HORN 1993, FELDMANN 1997, EICHIN 1994 zitiert in HAAS 1994, 2661). Dabei kamen die Versuchsansteller zu dem übereinstimmenden Ergebnis, dass trockenkultivierte Poinsettien im Vergleich zu feuchtkultivierten deutlich kleiner blieben. Für eine tensiometergesteuerte

Bewässerung kann eine Einstellung von  $-110$  hPa empfohlen werden (EICHIN u.a. 1994 zitiert in HAAS 1994, 2661). Höhere Saugspannungen führen insbesondere an strahlungsreichen Tagen häufig zu einem Schlappen der Pflanzen und erscheinen somit nicht sinnvoll (BIERMANN 1998, 66). HAAS, HORN und RÖBER (1991 und 1993) stellten fest, dass die Sorten 'Angelika' und 'Annette Hegg Diamond' durch trockene Kulturführung (25 bis 50 ml Wasser pro Topf täglich) in einer sehr guten Verkaufsqualität ohne Hemmstoffe zu produzieren sind. Dabei müssen einzelne Kulturabschnitte berücksichtigt werden. Während eine knappe Wasserversorgung in Jugend- und Induktionsphase kleine Pflanzen und einen hohen Quotienten von Brakteen- und Blattfläche bewirken, verursachen niedrige Wassergaben im letzten Kulturabschnitt während der Brakteenausbildung eine Qualitätsminderung. Die Brakteenfläche bleibt im Verhältnis zur Blattfläche zu klein. Das Wasserangebot muss somit den einzelnen Wachstumsphasen angepasst werden (RÖBER und HORN 1993, 18). Weitere Vorteile der trockenen Kulturweise lagen darin, dass die Haltbarkeit mit geringeren Wassergaben aufgrund eines reduzierten *Pythium*- und *Botrytis*risikos eindeutig verbessert werden konnte. Daneben war ebenfalls eine deutliche Verminderung der Geisterfleckensymptome bei der Sorte 'Annette Hegg Diamond' zu beobachten (HAAS und RÖBER 1991, 3193). Das Auftreten von Blattrandflecken auf den Brakteen kurz vor Absatzbeginn kann bei einigen Sorten erhebliche Qualitätsverluste verursachen. Die Hauptursache dieses Schadsymptoms ist auf physiologischen Ca-Mangel in den Brakteenblättern zurückzuführen. Eine trockene Kulturführung wirkt aufgrund einer niedrigeren Luftfeuchte, die eine erhöhte Transpirationsleistung der Pflanzen und somit einen verbesserten Ca-Transport zur Folge hat, auch diesem Phänomen stark entgegen (HAAS 1994, 2662). Besonders zu empfehlen ist die Kombination der trockenen Kulturmethode mit der Drop-Strategie (siehe Kapitel 2.3.3). Die Höhenkontrolle kann auf diese Weise noch zusätzlich optimiert werden (HAAS 1994, 2662 und BIERMANN 1998, 66).

Ähnliche Ergebnisse konnten mit *Hydrangea macrophylla* erzielt werden (HAAS 1994, 1997). So führte eine reduzierte Substratfeuchte zu Pflanzen hoher Marktqualität mit dem gewünschten geringen Längenwachstum der Triebe. Wichtig hierbei ist es, ähnlich wie bei Poinsettien, die Wasserversorgung an den periodischen Bedarf der Hortensien anzupassen. Während in den ersten 25 Tagen der Treibperiode 50 ml pro Tag und Pflanze ausreichen, muss die Wassermenge in den zweiten 25 Tagen auf 75 ml pro Tag und Pflanze angehoben

werden. In der letzten Treibphase (ebenfalls 25 Tage) benötigen die Hortensien 100 ml Wasser pro Tag und Pflanze, um eine ausreichende Größe der Dolden zu erzielen. Die hohen Wassergaben am Ende der Treibperiode haben dagegen keinen Einfluss mehr auf die Trieblänge (HAAS 1994, 93). Auch eine Kombination reduzierter Wassergaben mit einer Drop-Strategie ist sinnvoll, da der kompakte Pflanzenbau auf diese Weise gefördert wird. Allerdings kann es hierdurch zu einer Verzögerung in der Anbauzeit kommen.



Abb. 5: *Hydrangea*-Reaktion auf kontinuierlichen Wassermangel (HAAS und RÖBER 1995)

Auch ***Dendranthema-Grandiflorum-Hybriden*** können trocken kultiviert werden. Untersuchungen an verschiedenen Sorten zeigen, dass mit reduzierten Wassergaben eine wuchshemmende Wirkung zu erzielen ist (HAAS 1992, STEINBACHER und WALZ 1993, GÖBEL und RUTTENSBERGER 1999). STEINBACHER und WALZ kamen bei ihrem Versuch mit unterschiedlichen Anstauintervallen und Schaltpunkten zu dem Ergebnis, dass hinsichtlich der Wuchsminderung die Wirkung der Anstaudauer größer ist als die des Schaltpunktes. Bei einer Großzahl der Untersuchungen mit Topfchrysanthemen war allerdings die Verkaufsqualität der trockengestressten Pflanzen im Vergleich zu hemmstoffbehandelten Topfchrysanthemen deutlich geringer. So konnten STEINBACHER und WALZ (1993) eine gehemmte generative Entwicklung der Pflanzen feststellen. Die Blütenzahl sowie die generative Trockenmasse waren bei der trockenen Variante deutlich vermindert und die Pflanzen blühten verzögert gegenüber den Feuchtkultivierten. Dementsprechend beurteilte HAAS (1992) seinen Versuch,

in dem reduzierte Wassergaben von 50 ml/Tag im Vergleich zu 80 ml/Tag eine deutliche Wuchsminderung hervorriefen, allerdings die Verkaufsqualität der mit hemmstoffbehandelten Pflanzen nicht zu erreichen war.

HASENBUSCH (1993 und 1994) beobachtete in zwei aufeinander folgenden Versuchen mit ***Begonia-Elatior-Hybriden*** der Sorte 'Rosanna', dass der Kompaktheitsgrad trockengestresster Pflanzen mit feuchtkultivierten, chemisch gehemmten Elatiorbegonien vergleichbar war. Allerdings waren hierfür recht hohe Saugspannungen von – 300 hPa notwendig, die ein gewisses Kulturrisiko mit sich brachten. Es konnten zwar keine irreversiblen Trockenschäden festgestellt werden, allerdings wurde Knospenfall beobachtet, der auf eine zu extrem lang andauernde Trockenheit zurückzuführen war. Positiv bewertet wurde, dass die reduzierten Wassergaben sich nicht auf die Anzahl der Laubblätter, der Seitentriebe, der offenen Blüten und Blütenknospen auswirkte. Ebenfalls unbeeinflusst vom Trockenstress blieb die Haltbarkeit der *Begonia-Elatior-Hybriden*. Die Sorten 'Schwabenland rot' (RIEDEL et al 1994, 28) und 'Nettja' (HAAS 1995, 44) wurden ebenfalls hinsichtlich einer möglichen Trockenkultur untersucht. Reduzierte Wassergaben führten dabei zu einer deutlichen Wuchsminderung, die Pflanzenqualität war allerdings nicht zufriedenstellend. FELDMANN (1998) konnte bei der Winterkultur von Elatior-Begonien keine positiven Einflüsse einer trockenen Kulturführung hinsichtlich der Reduzierung der Pflanzenhöhe beobachten. Ganz im Gegenteil: der Blühbeginn wurde mit zunehmender Trockenheit deutlich verzögert, der Gesamteindruck wurde schlechter und die Homogenität des Bestandes nahm ab.

Bei Beet- und Balkonpflanzen wurden Trockenstressstrategien ebenfalls untersucht. So reagieren zum Beispiel ***Pelargonium-Zonale-*** und ***Pelargonium-Peltatum-Hybriden*** auf Trockenstress mit reduziertem Streckungswachstum. Deutliche Wachstumseffekte wurden jedoch erst bei einer für Pelargonien sehr hohen Saugspannung von -200 hPa erzielt. Negativ beeinträchtigt wurde hierbei die Durchwurzelungsintensität der Pflanzen und die Homogenität des Bestandes (FISCHER und HENDRIKS 2000, 132). Bei ***Petunia-Hybriden*** konnte Ähnliches beobachtet werden: Saugspannungen zwischen -50 und -90 hPa ergaben praktisch keine Unterschiede in der Größe und Qualität der Pflanzen. Erst ab einer Saugspannung von –105 hPa zeigte sich eine deutliche Reduzierung der Trieb länge. Dieser Wert jedoch liegt im

Grenzbereich einer gerade noch ausreichenden Wasserversorgung und stellt somit ein relativ hohes Kulturrisiko dar (FELDMANN 1997, 127).

Diese unterschiedlichen Versuchsergebnisse zeigen, dass mit Ausnahme der Poinsettien- und Hortensienkulturen durch Trockenstress nicht gänzlich auf Hemmstoffe verzichtet werden kann. Eine Reduzierung der Wassergaben jedoch führt bei fast allen Arten auch zu einer möglichen Reduzierung der Hemmstoffe, was bereits als sehr positiv zu beurteilen ist. Faktoren wie die Sortenwahl, die Klimabedingungen im Gewächshaus oder die Jahreszeit üben einen großen Einfluss auf das Wachstum der verschiedenen Pflanzenarten aus und müssen aus diesem Grund immer mitberücksichtigt werden.

### 2.3.6 Mechanischer Berührungsreiz

Neben reduzierten Wassergaben gibt es eine weitere Möglichkeit, auf die Pflanzen wachstumsreduzierend einzuwirken. Die Rede ist von einem auf Pflanzen ausgeübten **Bewegungsstress**, durch den das unerwünschte Streckungswachstum sehr deutlich reduziert werden kann. Als Vorbild dient dabei die Natur: Pflanzen, die dem freien Wind und Regen ausgesetzt sind bleiben unter diesen Umständen kompakt. Im geschützten Gewächshaus hingegen wird ein deutlich verstärktes Streckungswachstum beobachtet. Durch künstlich hervorgerufene Windbewegungen, Berührungen oder Erschütterungen kann auch im Gewächshaus ein Einfluss auf die Pflanzenhöhe genommen werden. Obwohl der Bewegungsstress an Pflanzen schon lange und intensiv wissenschaftlich untersucht wird, ist das Verfahren in der Praxis aufgrund einer vermeintlich schwierigen Anwendungstechnik nicht weit verbreitet. Die Möglichkeiten, Windbewegungen mit einem Ventilatoren zu erzeugen beziehungsweise die Pflanzen durch tägliches Schütteln in Bewegung zu bringen, wurden bislang nur zu Versuchszwecken durchgeführt. Die Übertragung **mechanischer Berührungsreize** zur Hemmung des Streckungswachstums dagegen wird seit jüngster Zeit vereinzelt im Zierpflanzenbau angewendet. Zwei innovativ arbeitende, deutsche Zierpflanzenbaubetriebe zeigen, wie durch die höhenverstellbare Befestigung von Gewebestreifen am Gießwagen beim täglichen Überfahren ein Berührungsreiz auf die Pflanzen ausgeübt wird und auf diese Weise Hemmstoffe eingespart werden. Eine

Ausführung ihrer praktischen Erfahrungen mit mechanischem Berührungstress folgt in Kapitel 2.3.6.3. Umfangreiche Untersuchungen der staatlichen Lehr- und Versuchsanstalt (LVG) Heidelberg und anderer Institutionen beweisen, dass bei *Fuchsia*, *Euphorbia*, *Petunia*, *Dendranthema*, *Pelargonium*, *Lilium* oder auch *Viola* das Streckungswachstum mit Berührungsreizen zum Teil erheblich reduziert werden konnte (HIRAKI et al 1975, JATZKOWSKI et al 1994, SAUER 1997, GÖBEL 2000, RUTTENSBERGER 1999 zitiert in GUGENHAN 1999, RUTTENSBERGER 2002). Neben dem gehemmten Längenwachstum kamen weitere interessante **Einflüsse von Berührungsreizen auf morphologische Eigenschaften** von Zierpflanzen zum Vorschein. So konnte bei Lilien (HIRAKI et al, 1975) und Bohnen (BIRO et al 1980, ERNER et al 1983) neben einer Hemmung des Längenwachstums auch eine Verdickung des Sprossquerschnittes festgestellt werden. Ein Effekt, der für die Kultur von Topfpflanzen sehr wünschenswert erscheint. In Übereinstimmung mit der Pflanzenhöhe nahm in den meisten Versuchen auch der Pflanzendurchmesser und das Trockengewicht der jeweiligen Arten ab. Wie Untersuchungen mit Mimosen (JAFFE 1973) zeigen, kann eine mechanische Reizbehandlung auch einen Einfluss auf das generative Wachstum der Pflanzen ausüben. So wurde nach Berührungsreizen eine deutlich verminderte Blütenanzahl gezählt. Bei *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden der Sorte 'Shasta' (RUTTENSBERGER 1999, zitiert in GUGENHAN 1999) führte die mechanische Reizbehandlung zu einem geringeren Blütendurchmesser. Versuche mit *Petunia*-Hybriden der Sorte 'Cherry' bestätigen diese Ergebnisse. So konnten im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle neben einer deutlich verminderten Knospenanzahl auch geringfügig kleinere Blütendurchmesser beobachtet werden (RUTTENSBERGER 2001, 25). Je nach Pflanzenart und je nach Ausprägung sind diese Nebeneffekte auf das generative Wachstum der Pflanzen als qualitätsmindernd einzustufen und müssen somit stets mitberücksichtigt werden. Bezüglich einer Einflussnahme mechanischer Berührungsreize auf das Wurzelwachstum der Pflanzen liegen unterschiedliche Versuchsergebnisse vor. Während bei Bohnen (HUBERMANN und JAFFE 1981 zitiert in BIDDINGTON 1985) ein deutlich schwächeres Wurzelwachstum beobachtet werden konnte, zeigten Sonnenblumen diesbezüglich im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle keine Veränderungen (BEYL und MITCHELL 1983 zitiert in BIDDINGTON 1985).

### 2.3.6.1 Physiologische Wirkung von Berührungsreizen

Für die Anwendung von alternativen Kulturmaßnahmen ist es wichtig, auch die physiologischen Hintergründe in der Pflanze zu kennen und zu verstehen. Hinsichtlich einer mechanischen Reizbehandlung jedoch sind die physiologischen Zusammenhänge noch nicht vollständig geklärt. Wissenschaftlich wird die Veränderung der Gestalt durch mechanische Reize als **Thigmomorphogenese** bezeichnet. Ihr Einfluss auf **histologische Veränderungen** in Epidermis- und Parenchymzellen konnte in zahlreichen Untersuchungen festgestellt werden (BÜNNING et al 1948, BIRO et al 1980, HUNT und JAFFE 1980, BIRO und JAFFE 1984). So war jeweils die Zellstreckung gegenüber den Kontrollpflanzen vermindert, während der Zelldurchmesser zunahm. BÜNNING et al (1948) stellte zusätzlich kollenchymatische Verdickungen in den Außen- und Innenwänden der Epidermis sowie in den äußeren Schichten des Rindenparenchyms von *Vicia faba* fest. Daneben konnte an *Phaseolus vulgaris* eine erhöhte Anzahl von Zellschichten sekundären Xylems als Folge intensiver Kambiumtätigkeit beobachtet werden (BIRO et al 1980).

Bei der **physiologischen Steuerung der Thigmomorphogenese** handelt es sich um einen sehr komplexen Vorgang mit zahlreichen Einzelreaktionen, die zum großen Teil auf der hormonellen Ebene stattfinden. Die maßgebliche Beteiligung der Phytohormone an der Steuerung des Streckungswachstums war Anlass dafür, dass auch ein enger Zusammenhang zwischen der Thigmomorphogenese und veränderten Hormonkonzentrationen vermutet wurde. Dementsprechend konnte bei mehreren Pflanzenarten nach einer mechanischen Reizbehandlung eine erhöhte Konzentration an **Ethylen** festgestellt werden (HIRAKI und OTA 1974, BIRO und JAFFE 1984, PRESSMAN et al 1984). Nach Zugabe des Wirkstoffes Ethephon, der nach der Applikation hydrolytisch in Ethylen sowie ein Phosphat- und ein Chloridion gespalten wird (HAUSER und HORN 1996, 170), wurden im Vergleich zu einer mechanischen Reizbehandlung sehr ähnliche Reaktionen auf das Wachstum von Bohnen beobachtet (JAFFE und BIRO 1979, BIRO et al 1980). Diese Untersuchungsergebnisse unterstrichen die Annahme, dass die erhöhte Konzentration von Ethylen der entscheidende Faktor für die wachstumshemmende Reizbehandlung darstellte. Zur Bestätigung dieser Hypothese wurde 1984 der gleichen Pflanzenart ein silberhaltiges Präparat zugefügt, das nachweislich einen hemmenden Effekt auf die Ethylenwirkung ausübt. Allerdings konnte nicht, wie vermutet,

eine Aufhebung des Hemmeffektes auf das Längenwachstum festgestellt werden. Dagegen blieb die normalerweise durch den Reiz verursachte Dickenzunahme des Stängels aus. Demnach könnte es sich hierbei um zwei durch verschiedene Mechanismen gesteuerte Vorgänge handeln. Allerdings schlossen die Autoren die Möglichkeit nicht aus, dass das Streckungswachstum sehr empfindlich auf Ethylen reagiert und demnach sehr geringe Konzentrationen mit ihren Messmethoden nicht nachweisbar waren (BIRO und JAFFE 1984).

Die **Abscinsäure** hemmt auf natürliche Weise das Längenwachstum der Pflanzen, indem sie unter Stresseinwirkung das Schließen der Stomata in Gang setzt (siehe Kapitel 2.1). Zehn Tage lang wurden Bohnenjungepflanzen mechanisch gereizt und anschließend der Abscinsäuregehalt gemessen (ERNER und JAFFE 1982). Es stellte sich heraus, dass durch die Reizbehandlung in der Pflanze eine zunehmende Menge von Abscinsäure gebildet wurde. Exogen zugegeben führte sie zur gleichen Längenwachstumshemmung wie eine Reizbehandlung. Demnach muss auch der erhöhte Abscinsäuregehalt nach einer mechanischen Reizbehandlung einen Einfluss auf die thigmomorphogenetische Reaktion ausüben. Diese Annahme wird durch das Versuchsergebnis von RUTTENSBERGER (2002) bekräftigt. Der deutlich geringere Hemmeffekt einer nächtlichen Reizbehandlung bei *Calibrachoa*-Hybriden könnte darauf beruhen, dass die Stomata in der Nacht ohnehin geschlossen sind und infolgedessen der mechanische Reiz mit anschließender Erhöhung des Abscinsäuregehaltes eine geringere Wirkung erzielt.

Das **Auxin** und die **Gibberelinsäure** sind zwei Phytohormone, die prinzipiell das Streckungswachstum der Pflanzen fördern. Eine Verringerung ihrer Konzentrationen nach einer mechanischen Reizbehandlung konnten SUGE (1978) und NEEL (1972 zitiert in SUGE 1978) feststellen. MITCHELL (1977) folgerte aus seinen Untersuchungen mit Erbsensämlingen, dass eine Wechselbeziehung zwischen dem Auxin und dem Ethylen besteht. Mit anderen Worten: eine steigende Ethylenkonzentration führt zu einem verringerten Auxingehalt. ERNER und JAFFE (1982) fanden keine geringere, sondern eine deutlich erhöhte Auxinproduktion als Folge einer mechanischen Reizbehandlung bei Bohnen. Dies mag zunächst als Widerspruch bewertet werden. Die Autoren jedoch konnten diese Untersuchungsergebnisse insofern erklären, dass nicht nur ein verringerter, sondern auch ein deutlich erhöhter Auxingehalt zu einer Reduzierung des Streckungswachstum führt (siehe auch „Zwei-Punkt-Fixierungshypothese“, Kapitel 2.1).

ERNER und JAFFE (1982) waren es auch, die die Verminderung des Längenwachstums durch Übertragen mechanischer Reize auf eine **komplexe Wechselwirkung** zwischen einer Auxin- und Ethylenanreicherung, einer verstärkten Absciscinsäuresynthese und einer Minderung des Gibberelinsäuregehaltes zurückführten. Diese Aussage gilt insbesondere für die in diesem Zusammenhang oft untersuchten Bohnen. Inwieweit andere Pflanzenarten ähnliche oder unterschiedliche physiologischen Reaktionen auf eine mechanische Reizbehandlung zeigen, ist noch weitgehend ungeklärt.

#### 2.3.6.2 Einflussfaktoren auf die Wirkung von mechanischen Berührungsreizen

Der Einfluss mechanischer Berührungsreize auf das Wachstum der Pflanzen wird von vielen Faktoren bestimmt. Hinsichtlich der **Reizhäufigkeit und Reizdauer** konnte beobachtet werden, dass bei einer Intensivierung dieser zwei Einflussgrößen der streckungshemmende Effekt stärker wurde (HAMMER et al 1974, BEYL und MITCHELL 1977, ERNER et al 1980). Dabei zeigten Untersuchungen an *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden (BEYL und MITCHELL 1977), dass zwei Reizintervalle am Tag eine größere Streckungshemmung zur Folge hatten als eine einmalige tägliche Reizung. Dagegen wurde bei einer Erhöhung der Häufigkeit auf vier Reizintervalle die Streckungshemmung nicht mehr verstärkt. Dementsprechend konnte bei einer täglichen Reizungsdauer von 30 Sekunden keine, bei einer zweiminütigen Reizung eine signifikante und nach einer vierminütigen Reizung eine maximale Streckungshemmung ausgelöst werden. Eine Erhöhung auf fünf Minuten brachte wiederum keine Steigerung des Hemmeffektes. Demzufolge kann bezüglich der Reizhäufigkeit und Reizdauer das Ausmaß der thigmomorphogenetischen Reaktion anscheinend nur bis zu einem bestimmten Maximum gesteigert werden. Eine Reizsättigung verhindert eine weitere Zunahme des Hemmeffektes.

Bezüglich der **Aufteilung der absoluten täglichen Reizungsdauer** wurden folgende Untersuchungsergebnisse erzielt: Auf *Euphorbia pulcherrima* wurde der Berührungsreiz zum Einen mit zehnminütigen Pausen zwischen den Behandlungsintervallen und zum Anderen ohne Pausen im jeweiligen Streichelintervall auf die Pflanzen übertragen (RUTTENSBERGER 1999, zitiert in GUGENHAN 1999). Es zeigte sich, dass die Poinsettien auf zeitlich

unterbrochene Berührungsreize mit der stärksten Reduktion des Längenwachstums reagierten. Begründet werden könnte dies mit hypothetischen Erklärungsversuchen, die BÜNNING et al bereits 1948 nach ähnlichen Untersuchungsergebnissen äußerten. Demnach werden durch das Übertragen mechanischer Berührungsreize als Reizaufnahmeprozess in den pflanzlichen Zellen Aktionspotentiale ausgelöst, die einfach ausgedrückt durch eine Potentialänderung an den Plasmagrenzschichten entstehen. Eine erneute Reizung kann erst nach Wiederherstellung des ursprünglichen Potentials der Zellen wirksam werden. Ein sogenanntes Refraktärstadium der Zellen begrenzt die Wirkung direkt aufeinanderfolgender Reize (NULTSCH 1965, 327).

Die **Tageszeit der Reizung** spielt insofern eine Rolle, indem bei *Calibrachoa*-Hybriden mit einer nächtlichen Reizbehandlung eine bedeutend geringere Reduzierung des Streckungswachstum erzielt werden konnte als bei einer Reizbehandlung am Tag (RUTTENSBERGER 2002, siehe Abbildung 6). Eine Erklärung hierfür wurde bereits in Kapitel 2.3.6.1 geliefert. Während des Tages wurden hinsichtlich des Zeitpunktes der Behandlungen unterschiedliche Ergebnisse festgestellt (JATZKOWSKI et al 1994, 961). So zeigten *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden, die um 8.00, um 12.00 oder um 16.00 Uhr mechanisch gereizt wurden, keine statistisch gesicherten Unterschiede in der Reaktion. *Fuchsia*-Hybriden hingegen reagierten besonders empfindlich bei einer morgendlichen Behandlung. Hieraus wird deutlich, dass die Tageszeit der Reizung und sicherlich auch die übrigen Einflussfaktoren art- und sortenspezifische Reaktionen verursachen.



Abb. 6: Mechanischer Berührungsreiz am Tag (links), in der Nacht (Mitte) und unbehandelte Kontrolle (RUTTENSBERGER 2002)

BIRO et al (1980, 1984) führten interessante Untersuchungen durch, indem sie das **Alter der gereizten Pflanzenteile** variierten. Junge Internodien reagierten dabei viel stärker auf eine Reizbehandlung als ältere. Demnach ist aufgrund der hohen Sensibilität von jungem, schnellwachsendem Gewebe ein möglichst früher Behandlungsbeginn sinnvoll.

Hinsichtlich der Einflussnahme bestimmter **Klimafaktoren** auf die Wirkung einer mechanischen Reizbehandlung wurde bislang nur wenig untersucht. Lediglich die Wechselwirkung zwischen einer mechanischen Reizbehandlung und der Temperatur wird angedeutet. So beobachteten MITCHELL et al (1977) im Rahmen ihrer Untersuchungen mit Tomaten, dass die Wirkung der mechanischen Reizung bei niedrigen Temperaturen größer als bei höheren Temperaturen war. Dies wäre insofern nachvollziehbar, als dass höhere Tagestemperaturen das Streckungswachstum der Pflanzen begünstigen und somit den sichtbaren Hemmeffekt der Berührungsreize abschwächen.

### 2.3.6.3 Erfahrungen mit Berührungsreizen in der Praxis

In den letzten Jahren haben die Versuchsansteller der LVG Heidelberg das Verfahren der mechanischen Reizbehandlung zur Wuchsregulierung unter anderem bei *Euphorbia*, *Calibrachoa* und *Dendranthema* mit erfolgversprechenden Ergebnissen untersucht. Erstmals wurde in diesem Jahr auch eine kommerzielle Nutzung mechanischer Berührungsreize aus der Praxis bekannt. Die Rede ist von zwei innovativ arbeitenden Zierpflanzenbaubetrieben, deren Betriebsleiter unabhängig voneinander das Verfahren bei *Fuchsia* einsetzten. Im Folgenden werden ihre Ergebnisse und Erfahrungen mit einer noch unbekanntem Kulturmethode dargestellt.

Im **Betrieb Gunkel** in Nieder-Wöllstadt wurde von betriebseigenen Mitarbeitern ein Streichelwagen entwickelt. Die Pflanzen werden mit einem Kunststoffvlies, dessen Höhe je nach Kultur variabel einzustellen ist, 36 mal am Tag gestreichelt. Drei Behandlungseinheiten, jeweils bestehend aus einer viermaligen Überfahrt, finden um 6.00, 12.00 und 17.00 Uhr statt. Dabei wird zwischen den Einheiten eine 10-minütige Pause eingelegt. GUNKEL (2002) bezeichnete die Ergebnisse, die auf diese Weise mit dem Streichelwagen erzielt wurden, als zufriedenstellend. Die mechanisch gereizten Fuchsien zeigten einen auffällig gleichmäßigen

Wuchs. (Abbildung 7). Kombiniert mit einer Cool Morning Strategie und einer relativ trockenen Kulturführung wurden in diesem Frühjahr durch den Einsatz der mechanischen Reizbehandlung bei schwachwachsenden Sorten keine Wuchshemmstoffe benötigt. Starkwachsende Sorten brauchten nur eine Hemmstoffbehandlung.



Abb. 7: Gleichmäßiger Wuchs von gestreichelten Fuchsien (Aufnahme: KOCH)

Die folgende Abbildung 8 verdeutlicht, inwiefern sich der Einsatz des mechanischen Reizes positiv auf den Habitus der Fuchsia auswirkt. Nach Meinung des Betriebsleiters kann bei der Sorte 'Mini Roos' durch die Streichelbehandlung eine ähnliche Wuchshemmung erzielt werden wie mit einem mehrmaligen Hemmstoffeinsatz. Dabei ist auch der Aufbau der Pflanzen wesentlich verbessert. Unterschiedliche Topftermine machen dabei einen direkten Vergleich der beiden Varianten schwierig. „Es lassen sich jedoch eindeutige Tendenzen erkennen, dass die Durchführung des mechanischen Reizes positive Effekte bei Fuchsien bewirkt.“ (GUNKEL 2002). Aus diesem Grund wird er in naher Zukunft einen Ausbau des Streichelwagens vornehmen lassen, da ihn in erster Linie der gleichmäßige Wuchs des Bestandes beeindruckt hat.



Abb. 8: gestreichelte (links) und nicht gestreichelte 'Mini Roos' bei unterschiedlicher Topfwoche (Aufnahme: KOCH)

Der **zweite Betrieb**, der aus verschiedenen Gründen ungenannt bleiben möchte, machte sich einen bereits vorhandenen Gießwagen zu Nutzen. An diesen wurde mit Hilfe von Dachlatten ein Schattierungsgewebe höhenverstellbar befestigt (Abbildung 9). Da der Gießwagen auch mit einer photoperiodischen Belichtung ausgerüstet ist, wird der mechanische Reiz vier Stunden in der Nacht (ohne Pause) und vier Stunden am Tag um 6.30, 12.30, 15.30 und 18.30 Uhr für jeweils eine Stunde auf die Pflanzen übertragen.



Abb. 9: chemisch behandelte Fuchsien (links), gestreichelte Fuchsien (rechts) (Aufnahme: KOCH)

Der Betriebsleiter sammelte bezüglich des Berührungsreizes als Hemmstoffalternative ähnliche Erfahrungen wie sein Berufskollege GUNKEL. Die gestreichelten Fuchsien, die einmalig zum Abschluss mit chemischen Hemmstoffen behandelt wurden, zeichneten sich in erster Linie durch einen gleichmäßigen Aufbau aus. Die kleineren Triebe, die nicht von dem Schattierungsgewebe erfasst wurden, wuchsen von unten nach und erreichten so die Höhe der größeren. Bei den mit Hemmstoffen behandelten Pflanzen (elfmaliger Einsatz!) dagegen war bei einigen Sorten ein ungleichmäßiger Aufbau zu beobachten. Dies zeigt, dass der mehrmalige Einsatz von chemischen Hemmstoffen mit einem gewissen Risiko verbunden ist. Wird eine Spritzbrühe zu hoch dosiert, so hat das irreversible Schäden zur Folge. Der Betriebsleiter wies dabei auf eine besondere Qualitätseigenschaft der gestreichelten Fuchsien hin. Während eine mehrmalige Hemmstoffbehandlung oftmals eine Weiterentwicklung der Triebe beim Endkunden verhindert, wachsen die gestreichelten Pflanzen weiter, sobald die mechanische Reizbehandlung eingestellt wird. „Diese Eigenschaft verlangt der Endkunde. Er möchte, dass sich seine Beet- und Balkonpflanzen zu großen, gesunden Pflanzen entwickeln,“ so der Betriebsleiter.

Die Abbildung 10 zeigt beide Varianten im Vergleich. Da die Topfwoche identisch ist, lässt sich der Aufbau und die Höhe der Pflanzen gut miteinander vergleichen. Während die gestreichelte Fuchsie relativ gleichmäßig erscheint, ist bei der mit elfmaligem Hemmstoffeinsatz produzierten Pflanze ein eher unharmonischer Habitus zu erkennen.



Abb. 10: Fuchsienart 'Koralle' bei gleichem Topftermin, gestreichelt und einmal gehemmt (links), elfmaliger Einsatz (rechts) (Aufnahme: KOCH)

Die Durchführung einer mechanischen Reizbehandlung bietet nach Meinung des Betriebsleiters gegenüber einem mehrmaligem Einsatz von chemischen Hemmstoffen auch finanzielle Vorteile. Neben den teuren Mittelkosten bringt das Ansetzen und Ausbringen von Hemmstoffen auch einen hohen Arbeitsaufwand einschließlich zeitintensiver Rüstzeiten mit sich. Hinzu kommt, dass aufgrund des spezifischen Wachstums der unterschiedlichen Sorten nicht alle Fuchsien zum gleichen Zeitpunkt behandelt werden können. Für die Einrichtung der Streichelmaschine dagegen ist eine einmalige Investition notwendig, die durch kreative Eigenleistung gering gehalten werden kann. Der Gießwagen ist aufgrund der photoperiodischen Belichtung in der Nacht ohnehin vier Stunden im Einsatz. Somit ist der zusätzliche Arbeits- und Energieaufwand als gering anzusehen.

Als **Resümee** dieser Berichte aus der Praxis bleibt festzuhalten, dass beide Betriebsleiter die Ergebnisse der mechanischen Reizbehandlung als zufriedenstellend bezeichnen. Infolgedessen scheint eine erfolgreiche Einführung in die gartenbauliche Praxis gelungen zu sein. Inwieweit sich weitere Zierpflanzenbaubetriebe von diesen erfolgsversprechenden Ergebnissen ermutigen lassen, bleibt abzuwarten. Sicher müssen noch viele Untersuchungen mit den verschiedensten Pflanzenarten folgen, um den Aufwand für den Bau eines Streichelwagens rentabel erscheinen zu lassen. Dieser Aufforderung wird mit dem nun dargestellten Praxisversuch Rechnung getragen, in dem der Einsatz von Trockenstress und Berührungsrizen bei Topfsonnenblumen untersucht wurde.

### 3 Zielsetzung der Untersuchungen

Die Zielsetzung der praktischen Untersuchungen beinhaltet die Frage, inwieweit sich das unerwünschte Streckungswachstum von Topfsonnenblumen mit Hilfe der alternativen Kulturmethode Trockenstress und mechanischer Berührungszustand reduzieren lässt. Hierfür werden umfangreiche Erfahrungen aufgegriffen, die hinsichtlich dieser zwei Methoden bereits gesammelt und im Literaturüberblick beschrieben wurden. Als Beispiel sind die mechanischen Reizbehandlungen zu nennen, deren jeweiliger Einsatz bezüglich des Zeitpunktes, der Dauer oder auch der Pausen zwischen den Reizen nach bislang erworbenen Erkenntnissen einzelner Untersuchungen gewählt wird. Neben dem Einfluss auf das vegetative Wachstum wie Pflanzenhöhe oder Pflanzendurchmesser werden auch Veränderungen des generativen Wachstums berücksichtigt. Mögliche Qualitätseinbußen, die bereits bei einigen Pflanzenarten in Verbindung mit Trockenstress oder einer mechanischen Reizbehandlung aufgetreten sind, können so mit in das Versuchsergebnis einbezogen werden. Letztendlich werden die Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf eine ausführbare Anwendung für die Praxis diskutiert. Als Maßstab dienen die Qualitätskriterien der Produzenten, die sich nach Aussagen von Experten führender Saatgutfirmen in erster Linie auf einen kompakten, harmonischen Wuchs, auf Gesundheit und Haltbarkeit der Pflanze sowie auf eine geringe Pollenbildung beziehen. Neben diesen Eigenschaften wird nach Aussagen von BOCKELMANN, Firma Benary (1999) ein großer Blütendurchmesser und eine tendenziell waagrechte Blütenstellung angestrebt. Hinzu kommen produktionstechnische Kriterien wie ein einheitliches Aufblühen und eine kurze Kulturdauer (RÖSEL et al 2001, 40).

An dieser Stelle sei nochmals erwähnt, dass keine physiologische Ursachenforschung bezüglich der beiden alternativen Kulturmethode vorgenommen wurde und aus diesem Grund dieser Gesichtspunkt in den nun folgenden Ausführungen unberücksichtigt bleibt.

## 4 Material und Methoden

Im Rahmen eines Vegetationsversuches wurde an der LVG Heidelberg unter praxisüblichen Bedingungen die Wirkung von Trockenstress und Berührungsreizen auf Topfsonnenblumen untersucht. Als Untersuchungsobjekt diente die **Sorte 'Pacino'**, die nach BOCKELMANN (1997) hervorragend für die Topfkultur geeignet ist. Ihre Marktführung ist auf das harmonische Gesamtbild hinsichtlich des Wuchscharakters, der Laubgröße und der Blütengröße sowie auf die sehr gute Verzweigung zurückzuführen. Nach dem Abblühen der Hauptblüte verlängern die voll aufblühenden Seitenblüten den Gesamtblühzeitraum.

Im Folgenden soll zunächst das Versuchskonzept und der Versuchsaufbau aufgezeigt werden. Im Anschluss daran folgen alle wichtigen Informationen zur Kulturführung sowie eine Darstellung der durchgeführten Messungen und Bonituren. Ferner wird in diesem Kapitel auch die Anwendung der Statistischen Auswertungen näher erläutert.

### 4.1 Versuchskonzept

Zur Beantwortung der in Kapitel 3 festgelegten Versuchsfrage wurde das nun folgende Versuchskonzept entwickelt. Im Mittelpunkt des einfaktoriellen Versuches standen die unterschiedlichen Behandlungen zur Wachstumskontrolle. Die einzelnen Versuchsglieder setzten sich wie folgt zusammen (Tabelle 4):

Tab. 4: Behandlungen zur Wachstumskontrolle

Versuchsglieder	
Nr. 1	Unbehandelte Kontrolle
Nr. 2	Mechanischer Reiz
Nr. 3	Trockenstress
Nr. 4	Mechanischer Reiz und Trockenstress
Nr. 5	Hemmstoffeinsatz

Die **unbehandelte Kontrolle** diente als Vergleich zu den einzelnen Versuchsgliedern, welche auf eine wachstumshemmende Wirkung überprüft werden sollten. Dabei wurden die beiden alternativen Kulturmethode mechanischer Reiz und Trockenstress getrennt beziehungsweise in einer **Kombination** untersucht. Die Begründung für einen kombinierten Einsatz liegt in einer oft beobachteten Steigerung der Hemmwirkung durch die Verknüpfung mehrerer Alternativen. Der Einsatz der Behandlungen begann bereits eine Woche nach dem Topfen, da die Maßnahmen Trockenstress und mechanische Reizbehandlung im frühen Stadium der Kultur die größte Wirkung zeigen. Für das **Übertragen des mechanischen Reizes** auf die Pflanzen stand im Versuchsbetrieb der LVG Heidelberg ein extra hierfür entwickelter Streichelwagen zur Verfügung. An dieser Konstruktion befinden sich auf Holzlatten montierte, schmale Textilstreifen. Die Höhe des Lattenaufnehmers ist durch Gewindestangen und Flügelschrauben stufenlos einstellbar, wodurch die Höhe der Textilstreifen problemlos an das Pflanzenwachstum angepasst wird. Zur Erzeugung des Berührungsreizes wurden die Pflanzen täglich mehrmals mit dem Streichelwagen überfahren (siehe Abbildung 11). Eine Verletzung der Pflanzen konnte mit Hilfe dieser Technik vermieden werden. Bezüglich des Zeitpunktes, der Dauer und der Pausen zwischen den einzelnen Behandlungen waren die Versuchsergebnisse vergangener Untersuchungen zu berücksichtigen (siehe Kapitel 2.3.6.2). So fanden täglich drei Behandlungseinheiten mit vier Überfahrten statt, wobei zwischen jeweils zwei Fahrten eine zehnminütige Pause eingelegt wurde. Die einzelnen Intervalle wurden um 7:00, 12:00 und 17:00 Uhr durchgeführt.



Abb. 11: Streichelwagen im Einsatz

Bei Sonnenblumen ist der Trockenstress als Maßnahme zur Reduzierung des Streckungswachstums unter anderem wegen des hohen Wasserbedarfs der Kultur und der Gefahr von Blattrandnekrosen mit einem hohen Risiko verbunden. Aus diesem Grund wurde zur Erzeugung von **mäßigem Trockenstress** die Schaltschwelle des Analogtensiometers zwischen  $-120$  und  $-150$  hPa und die Anstauzeit zwischen 12 und 15 Minuten variiert. In den folgenden Ausführungen sind unter Trockenstress die hier aufgeführten Versuchsbedingungen der mäßig reduzierten Wassergaben zu verstehen. Die Begründung für einen höheren Schaltpunkt bei einer gleichzeitig geringeren Anstauzeit liegt darin, dass bei Untersuchungen mit Topfchrysanthenen (STEINBACHER und WALZ 1993) auf diese Weise der größte Hemmeffekt erzielt werden konnte. Für das Erreichen einer marktüblichen Qualität wurde zusätzlich ein Teil der Topfsonnenblumen mit einem **chemischen Hemmstoff** behandelt. Allerdings zeigt das derzeit für Topfpflanzen zugelassene Mittel Topflor nur eine sehr unbefriedigende Wirkung. Infolgedessen wurde hierfür mit einer Ausnahmegenehmigung für Versuchszwecke das für den Zierpflanzenbau derzeit nicht zugelassene Mittel BAS 125 10 W eingesetzt, mit dem bereits gute Erfolge in Versuchen zur Schließung von Indikationslücken erzielt worden sind (HAYLER 2000). Zusammen mit der unbehandelten Kontrolle wurden diese Pflanzen als Vergleichsvariante herangezogen. Detaillierte Angaben hinsichtlich der einzelnen Behandlungen sind der folgenden Tabelle 5 zu entnehmen.

Tab. 5: Zusammensetzung der unterschiedlichen Behandlungen für die fünf Versuchsglieder

Behandlung der einzelnen Versuchsglieder				
	Berührungsreiz	Bewässerung		Hemmstoff-einsatz
	3 Behandlungseinheiten mit jeweils 4 Überfahrten um 7:00, 12:00 und 17:00 Uhr	Schaltpunkt bei $-120$ hPa und Anstauzeit von 15 min	Schaltpunkt bei $-150$ hPa und Anstauzeit von 12 min	3 Applikationen (0,25%)
<b>Unbehandelte Kontrolle (UK)</b>	-	+	-	-
<b>Mech. Berührungsreiz (MR)</b>	+	+	-	-
<b>Trockenstress (TS)</b>	-	-	+	-
<b>Kombination aus MR und TS</b>	+	-	+	-
<b>BAS 125 10 W (BAS)</b>	-	+	-	+

## 4.2 Versuchsaufbau

Während ihrer Kulturzeit belegen die einzelnen Versuchsglieder die Gewächshäuser 10c und 10d des Versuchsbetriebes. Zur Vermeidung von Blockeffekten, die in Haus 10c aufgrund unterschiedlicher Lichtverhältnisse auf den beiden Außentischen auftreten könnten, muss diese Konstellation der zwei sich nebeneinander befindlichen Gewächshausparzellen in Kauf genommen werden. Daneben wird die Anordnung der einzelnen Versuchsglieder maßgebend von dem Vorhandensein der Streichelwagen und der Verdunklungseinrichtungen beeinflusst. Um mögliche Blockeffekte zwischen den beiden Gewächshäusern in der statistischen Auswertung ausschließen zu können, befindet sich eine Wiederholung (Wdh.) der unbehandelten Kontrolle (Haus 10d) in Haus 10c. Insgesamt werden die Versuchsglieder in fünf Wiederholungen aufgeteilt, wobei die Anordnung der einzelnen Wiederholungen auf dem jeweiligen Tisch zufällig erfolgt. Der nachfolgende Belegungsplan dient zum besseren Verständnis des Versuchsaufbaues.

### Parzellengewächshaus 10c

Tisch 2: Mechanischer Reiz

Rand	2. Wdh.	4. Wdh.	1. Wdh.	3. Wdh.	5. Wdh.	Rand
------	---------	---------	---------	---------	---------	------

Tisch 3: Trockenstress (obere Reihe) und Trockenstress/Mechanischer Reiz

Rand	3. Wdh.	5. Wdh.	1. Wdh.	2. Wdh.	4. Wdh.	Rand
	1. Wdh.	2. Wdh.	5. Wdh.	4. Wdh.	3. Wdh.	

Tisch 4: 1. Wiederholung der unbehandelten Kontrolle

Rand	1. Wdh.	Rand	
------	---------	------	--

### Parzellengewächshaus 10d

Tisch 2: Hemmstoffeinsatz

Rand	3. Wdh.	2. Wdh.	1. Wdh.	5. Wdh.	4. Wdh.	Rand
------	---------	---------	---------	---------	---------	------

Tisch 3: unbehandelte Kontrolle

Rand	5. Wdh.	2. Wdh.	3. Wdh.	4. Wdh.	Rand	
------	---------	---------	---------	---------	------	--

← Norden

Bei einer Tischgröße von 20m<sup>2</sup> beträgt mit Ausnahme von Tisch 3 des Gewächshauses 10c die Parzellengröße der einzelnen Wiederholungen 3,4m<sup>2</sup> (2,0m x 1,7m). Ein Flächenbedarf von 12 Pflanzen/m<sup>2</sup> führt zu 40 Topfsonnenblumen pro Wiederholung. Auf Tisch 3 des Hauses 10c befinden sich die Versuchsglieder Trockenstress sowie die Kombination aus mechanischer Reiz und Trockenstress, für die je Wiederholung jeweils 1,7m<sup>2</sup> beziehungsweise 20 Pflanzen zur Verfügung stehen. Der Rand an den jeweiligen Tischenden bemisst 0,7m. Zur Vermeidung eines Pflanzenumkippens aufgrund der Streichelbewegungen werden die Topfsonnenblumen in Multipaletten (TEKU 12b) gestellt. Diese Maßnahme wird aufgrund der notwendigen Einhaltung der Versuchsgleichheit bei allen Versuchsgliedern durchgeführt. Darüber hinaus ermöglicht sie ein genaues Einhalten des Pflanzenabstandes

### 4.3 Informationen zur Kulturführung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Kulturführung, die für alle Versuchsglieder mit Ausnahme der speziellen wachstumsregulierenden Behandlungen identisch ist. In den folgenden Ausführungen werden bestimmte Schwerpunkte auf die Bewässerung, die Düngung, sowie den Pflanzenschutz gelegt. Die Verdunkelungsmaßnahme, welche neben den einzelnen Behandlungen zusätzlich zur Höhenkontrolle eingesetzt wird, richtet sich nach den in Kapitel 2.3.2 bereits beschriebenen Untersuchungsergebnissen von HOUŠKA (1998). Allgemeine Hinweise zur Kulturführung sowie eine Klimaaufzeichnung für den Zeitraum des Vegetationsversuches befinden sich in einer Übersicht und in graphischer Form am Ende der nun folgenden Ausführungen.

Die **Bewässerung** erfolgte in den ersten drei Kulturwochen per Hand und ab Kalenderwoche 19 über das Anstauverfahren, wobei der jeweilige Zeitpunkt der einzelnen Bewässerungsmaßnahmen über Analogtensiometer geschaltet wurde. Die zwei verschiedenen Schaltpunkte und Anstauzeiten verursachten in den folgenden sieben Kulturwochen eine unterschiedliche Wasseraufnahme der einzelnen Varianten. Die hierfür durchgeführten Messungen an fünf Pflanzen je Wiederholung werden aus den Tabellen 6 und 7 ersichtlich.

Tab. 6: Bilanzierung der Wasseraufnahme der Versuchsglieder „Unbehandelte Kontrolle“, „Mechanischer Berührungsreiz“ und „Hemmstoffeinsatz“

<b>Bilanzieren der Wasseraufnahme (Schaltpunkt: - 120 hPa, Anstauzeit: 15 min.)</b>						
<b>Pflanze</b>	<b>Gewicht vor Anstau bei -115 hPa (in g)</b>		<b>Gewicht nach Anstau bei - 6 hPa (in g)</b>		<b>Wasseraufnahme pro Anstau (in ml)</b>	
	<b>22. Mai</b>	<b>12. Juni</b>	<b>22. Mai</b>	<b>12. Juni</b>	<b>22. Mai</b>	<b>12. Juni</b>
1	283	296	363	384	80	88
2	298	314	387	410	89	96
3	268	280	372	379	104	99
4	246	299	357	396	111	97
5	251	250	318	336	67	86
6	231	249	333	345	102	96
7	232	246	303	334	71	88
8	265	281	340	366	75	86
9	317	313	418	414	101	101
10	286	312	360	399	74	87
11	303	309	391	402	88	93
12	258	271	351	366	93	95
13	274	269	359	351	85	82
14	287	303	360	394	73	91
15	269	273	368	373	99	100
16	277	268	375	343	98	75
17	300	298	371	397	71	99
18	291	292	365	385	74	93
19	250	263	329	361	79	98
20	278	280	358	374	80	94
21	243	239	332	333	89	94
22	248	239	341	328	93	89
23	252	254	346	351	94	97
24	286	307	374	401	88	94
25	304	313	393	394	89	81
<b>Mittelwerte</b>	<b>271,88</b>	<b>280,72</b>	<b>358,56</b>	<b>372,64</b>	<b>86,68</b>	<b>91,96</b>

Tab. 7: Bilanzierung der Wasseraufnahme der Versuchsglieder „Trockenstress“ und „Trockenstress + Mechanischer Berührungsreiz“

<b>Bilanzieren der Wasseraufnahme (Schaltpunkt: - 150 hPa, Anstauzeit: 12 min.)</b>						
<b>Pflanze</b>	<b>Gewicht vor Anstau bei -146 hPa (in g)</b>		<b>Gewicht nach Anstau bei -31 hPa (in g)</b>		<b>Wasseraufnahme pro Anstau (in ml)</b>	
	<b>22. Mai</b>	<b>12. Juni</b>	<b>22. Mai</b>	<b>12. Juni</b>	<b>22. Mai</b>	<b>12. Juni</b>
1	304	316	380	393	76	77
2	267	268	323	331	56	63
3	270	282	324	365	54	83
4	280	276	359	322	79	46
5	272	280	323	360	51	80
6	240	245	316	302	76	57
7	253	244	312	310	59	66
8	214	199	265	255	51	56
9	213	195	277	242	64	47
10	274	284	330	371	56	87
11	240	238	301	303	61	65
12	302	298	378	365	76	67
13	263	270	317	341	54	71
14	289	287	354	358	65	71
15	283	274	339	352	56	78
16	225	233	277	293	52	60
17	271	273	345	342	74	69
18	298	304	361	365	63	61
19	276	270	333	336	57	66
20	269	281	327	348	58	67
21	233	240	304	309	71	69
22	259	260	324	319	65	59
23	289	301	350	364	61	63
24	300	295	369	359	69	64
25	274	277	335	347	61	70
<b>Mittelwerte</b>	<b>266,32</b>	<b>267,60</b>	<b>328,92</b>	<b>334,08</b>	<b>62,60</b>	<b>66,48</b>

Während die Trockenstressvariante sowie die Kombination aus Trockenstress und mechanischer Reizbehandlung 56 Mal angestaut wurden, lag die Anstauhäufigkeit der übrigen Versuchsglieder bei 45 Mal. Dabei nahmen die Pflanzen der Trockenstressvariante pro Anstau im Schnitt 65 ml auf. Stellvertretend für die Versuchsglieder, die bei -120 hPa und einer Anstauzeit von 15 Minuten bewässert wurden, konnten die Pflanzen der unbehandelten Kontrolle eine Wasseraufnahme von durchschnittlich 89 ml verzeichnen. Infolgedessen stand diesen Topfsonnenblumen während des oben genannten Zeitraumes eine Wassermenge von rund 4000 ml zur Verfügung. Die Pflanzen der Trockenstressvarianten dagegen erhielten eine

reduzierte Wassergabe von 3640 ml, was hin und wieder an strahlungsreichen Tagen zu Blattwelke führte. Aus diesem Grund mussten einzelne Pflanzen aus dieser Parzelle von Hand nachgewässert werden.

Die **Düngung** auf der Basis von 900 mg Stickstoff pro Pflanze setzte zeitgleich in Verbindung mit der Anstaubewässerung ein. Dabei wurde als Bewässerungsdüngung den jeweiligen Anstaubecken der Dünger Flory 3, Typ 15/10/15/2 zugegeben. Als Orientierung dienten hierfür Untersuchungen von MEINKEN und FISCHER (1996), die bei einer Ernährung auf Basis von 920 mg Stickstoff pro Pflanze eine sehr gute Pflanzenqualität erzielen konnten. Neben dieser Erkenntnis stellten sie weiterhin fest, dass vorzeitige Schäden an Blättern im unteren Pflanzenbereich nicht durch eine kalibetonte Düngung verringert wurden und somit diese überflüssig erscheint. Um sicher zu gehen, dass die Pflanzen 900 mg Stickstoff erhalten, wurde für den diesjährigen Versuch ein **Düngekonzept** entwickelt, bei dem die Konzentration in den jeweiligen Anstaubecken auf dem Wert von 0,13% (2,7 EC bei 0,8 EC Stadtwasser) gehalten wurde. Mit Hilfe einer in regelmäßigen Abständen stattfindenden EC-Wert-Messung konnte bei einer Abweichung durch Hinzugabe von Wasser beziehungsweise Flory 3 entsprechend reagiert werden. Da die Topfsonnenblumen der Trockenstressvariante eine geringere Wasseraufnahme als die übrigen Versuchsglieder zeigten, ist hier mit einer niedrigeren Düngerversorgung zu rechnen. In Anbetracht möglicher Qualitätsminderungen wird dies bei der späteren Auswertung des Versuches eventuell von Interesse sein. Für die zu kalkulierende Anstauhäufigkeit wurde ein Vegetationsversuch des vergangenen Jahres herangezogen, der zur gleichen Jahreszeit ebenfalls mit der Sorte 'Pacino' durchgeführt wurde. Die nachfolgende Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Vorgehensweise des Düngekonzeptes.

Tab. 8: Düngekonzept für den Vegetationsversuch

Düngekonzept		
Beginn Düngung	KW	19
Ende Düngung	KW	25
Dauer Düngung	Wochen	7
<b>Gesamt N-Bedarf</b>	mg N/Topf	900,00
N-Vorrat im Substrat*	mg N/l	127,00
Topfvolumen	(l)	0,66
Substratvorrat	mg N/Topf	83,82
<b>N-Bedarf pro Topf</b>	mg N/Topf	816,18
N-Gehalt des Düngers Flory 3	(%)	15,00
Anzahl Töpfe pro Tisch	Anzahl	262
<b>N-Bedarf pro Tisch</b>	(g)	213,84
<b>Düngerbedarf pro Tisch</b>	(g)	1425,59
Anstau pro Woche**	Anzahl	6
<b>Anstau pro Kultur**</b>	Anzahl	44
Aufnahme pro Anstau/Topf	(l)	0,09
Aufnahme insgesamt/Topf	(l)	4,05
<b>Aufnahme insgesamt/Tisch</b>	(l)	1061,10
<b>Konzentration</b>	(%)	<b>0,13</b>
Speichervolumen des Anstaubeckens	(l)	500,00
<b>Düngergabe pro Anstaubecken</b>	(g)	<b>671,75</b>

\* nach Untersuchungsergebnissen der LUFA im April 2002

\*\* Grundlage: 'Pacino'-Versuch 2001

Im Sinne des **integrierten Pflanzenschutzes** wurden ab Kalenderwoche 19 auf jedem Tisch Gelb- und Blautafeln aufgehängt, um so eine ständige Kontrolle hinsichtlich bestimmter Schadinsekten zu ermöglichen. Dem geringen Aufkommen von Thripsen und Weißer Fliege konnte mit dem Einsatz der Nützlinge *Amblyseius cucumeris* und *Encarsia formosa* erfolgreich entgegengewirkt werden. In Kalenderwoche 20 wurde im gesamten Bestand ein hoher Blattlausbefall beobachtet, dessen Symptome in erster Linie als Blattdeformationen in Erscheinung traten (siehe Abbildung 12). Die Blattläuse saßen dabei versteckt unter den Hüllblättern der Knospe und wurden aus diesem Grund erst zu einem relativ späten Zeitpunkt entdeckt. Infolgedessen war ein einmaliger Einsatz von Spruzit in Kalenderwoche 20 sowie eine einmalige Behandlung mit Pirimor in Kalenderwoche 21 notwendig. Weitere tierische Schädlinge sowie Pilzerkrankungen oder Bakteriosen wurden in diesem Vegetationsversuch nicht beobachtet.



Abb. 12: Blattlausbefall an Topfsonnenblumen

Die folgende Tabelle 9 beinhaltet **allgemeine Kulturhinweise im Überblick**. Neben den bereits im Text angesprochenen Behandlungen werden hier die einzelnen Maßnahmen im Jugendstadium der Kultur sowie genaue Angaben zum Hemmstoffeinsatz aufgeführt.

Tab. 9: Allgemeine Kulturhinweise im Überblick

Hinweise zur Kulturführung	
<b>Sorte</b>	'Pacino'
<b>Aussaat</b>	KW 16 in Einheitserde P (Patzner), Quickpottpaletten
<b>Topfen</b>	KW 18 in Floragard B grob mit Ton und Kokos (Floragard), VTA 12
<b>Endabstand</b>	12 Pflanzen/m <sup>2</sup>
<b>Bewässerung</b>	Anstaubewässerung, gesteuert mit Analogtensiometer (Schaltpunkt und Anstauzeit: siehe Kapitel 4.1)
<b>Düngung</b>	N-Menge/ Pflanze = 900 Milligramm (mit Flory 3 , Typ 15/10/15/2)
<b>Temperatur</b>	18/18°C (Heizung), 22/22°C (Lüftung); nach dem Auflaufen 17/17°C, 21/21°C; ab KW 20 14/14°C, 18/18°C
<b>Pflanzenschutz</b>	Nützlingseinsatz mit <i>Amblyseius cucumeris</i> und <i>Encarsia formosa</i> , Einsatz von Gelb- und Blautafeln, Spruzit (0,1%) in KW 21, Pirimor (0,1%) in KW 23 gegen Blattläuse
<b>Hemmstoffeinsatz</b>	KW 19, 20 und 22; 0,25 %ig
<b>Verdunkelung</b>	KW 20 bis KW 22 (18:00 - 08:00 Uhr)
<b>Auswertung</b>	KW 25

Die Klimaaufzeichnungen für den Vegetationsversuch während des Zeitraumes von Kalenderwoche 19 bis 25 wurden mit dem Gewächshauscomputer der Firma Kriwan und der dazugehörigen Software INT800R-KMS durchgeführt. Die nachfolgende Abbildung 13 verdeutlicht den fast identischen Temperaturverlauf in den beiden nebeneinander liegenden Gewächshausparzellen. Ferner sind im Hinblick auf die nachfolgenden Versuchsergebnisse die hohen Temperaturen zum Ende des Vegetationsversuches zu beachten.

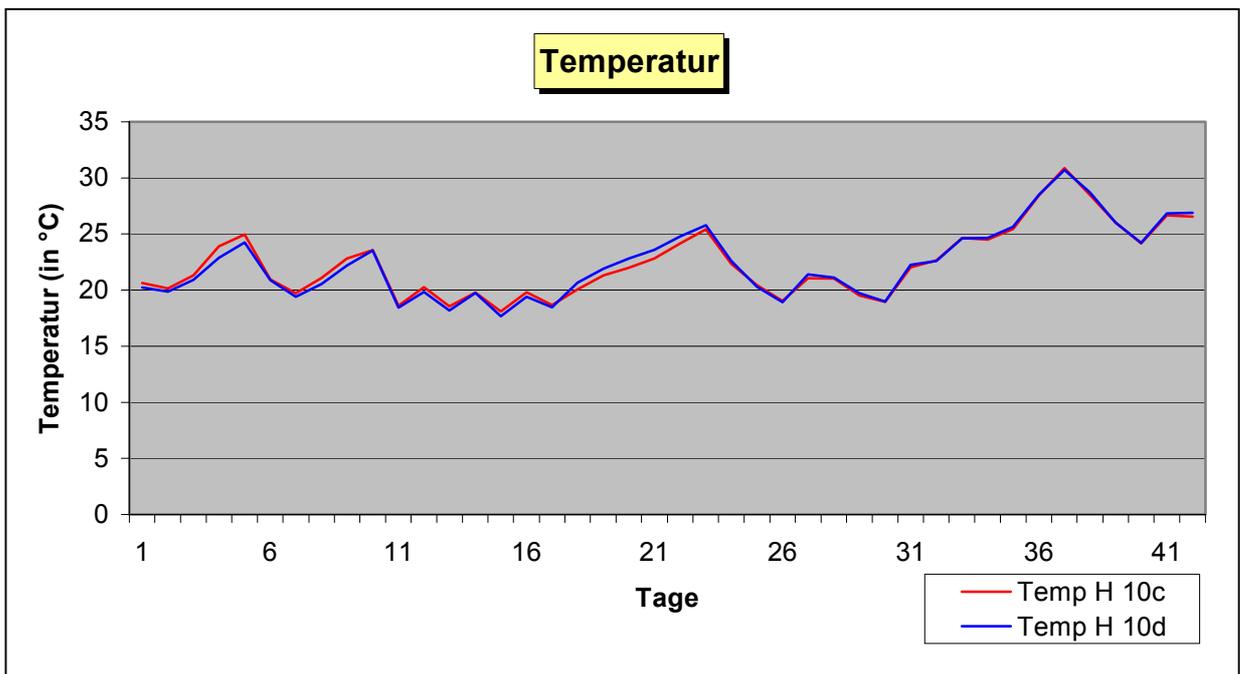


Abb. 13: Temperaturverlauf von Kalenderwoche 19 bis 25

#### 4.4 Messungen und Bonituren

Die Auswertung des Vegetationsversuches wurde zur Verkaufsfähigkeit in Kalenderwoche 25 vorgenommen. Zur Beantwortung der Versuchsfrage nach der Möglichkeit einer Reduzierung des Streckungswachstums waren die Messungen folgender **vegetativer Merkmale** von Bedeutung:

- Pflanzenhöhe
- Internodienlänge

- Pflanzenfläche
- Pflanzendurchmesser
- Sprossdurchmesser
- Frischgewicht

Mit Hilfe einer Schattenbildanalyse wurden im Institut für Zierpflanzenbau an der Forschungsanstalt Geisenheim Messungen bezüglich der Pflanzenhöhe, der Pflanzenfläche sowie des Pflanzendurchmessers durchgeführt. Dabei wurden jeweils fünf Pflanzen jeder Wiederholung mit einer Digitalkamera von der Seite beziehungsweise von oben fotografiert und die Schattenflächen der einzelnen Topfsonnenblumen in das Programm WinDias eingelesen (Abbildung 14). Dieses Programm besticht neben einer sehr exakten Messung der Pflanzenhöhe und des Pflanzendurchmessers in erster Linie durch die Möglichkeit, den Einfluss der verschiedenen Behandlungen auf die Pflanzenfläche zu erfassen. Um eventuelle Beeinträchtigungen des Transportes von Heidelberg nach Geisenheim auf die Blattstellung der Topfsonnenblumen ausschließen zu können, wurden die Pflanzen vor den Messungen für circa 20 Stunden im Haltbarkeitsraum des Institutes für Zierpflanzenbau aufgestellt.



Abb. 14: Schattenbildanalyse, von oben fotografiert und in WinDias eingelesen

Die Messungen der Internodienlänge, des Sprossdurchmessers sowie des Frischgewichtes wurden an der LVG Heidelberg vorgenommen. Hierfür wurden acht Pflanzen aus jeder Wiederholung zufällig ausgesucht, wobei die Topfsonnenblumen am Tischrand sowie die Pflanzen mit Blattlausschaden nicht zur Auswahl standen. Die Internodienlänge wurde jeweils am zweitletzten Internodium erfasst, da die Messung des letzten Internodiums aufgrund einer Krümmung des Sprosses, die durch das Abkippen der Blüte zustande kommt, leicht zu Fehlern führen könnte. Die Abbildungen 15 und 16 veranschaulichen die Vorgehensweise der Messungen des Sprossdurchmessers und des Frischgewichtes.



Abb. 15: Messung des Sprossdurchmessers



Abb. 16: Messung des Frischgewichtes

In Anbetracht eines möglichen Einflusses der unterschiedlichen Behandlungen auf Qualitätskriterien der Topfsonnenblumen wurden neben den vegetativen Merkmalen folgende **generative Merkmale** berücksichtigt:

- Blütendurchmesser der Hauptblüte
- Blütenstellung
- Anzahl Blüten und Seitenknospen
- Blühtermin

Diese Erhebungen wurden zusammen mit den Messungen der vegetativen Merkmale vollzogen. Der Blütendurchmesser der Hauptblüte zählt bei Topfsonnenblumen zu den entscheidenden Qualitätsmerkmalen. Ferner wird von den Kunden eine waagrechte Blütenstellung bevorzugt, wie sie nach einer Behandlung des im Zierpflanzenbau nicht zugelassenen Alars zustande kommt. Durch kurze Internodien sitzen die Nebenknospen direkt unterhalb der Hauptblüte und verhindern so deren Abkippen (BOCKELMANN 1999, 32). Bezüglich der Seitenknospenanzahl ist anzuführen, dass alle Knospen ab einem Durchmesser von 2 cm gezählt wurden. Eine hohe Anzahl von aufgehenden Seitenknospen verspricht dabei eine maximale Verlängerung des Gesamtblühzeitraumes. Der Blühtermin wird nach dem Datum angegeben, an dem 25 % der Pflanzen in der Wiederholung mindestens eine offene Blüte zeigen. Eine Kulturzeitverlängerung, wie sie nach alternativen Maßnahmen zur Reduzierung des Streckungswachstum bereits des öfteren beobachtet wurde, ist als nicht erstrebenswert zu beurteilen.

Weiterhin wurde zum Versuchsende eine Bonitur des **Gesamteindruckes** vorgenommen, wobei hier das Verhältnis zwischen Pflanzenhöhe, Blattfläche und Blütendurchmesser im Vordergrund stand. Die Benotung erfolgte im Spektrum von 1 = sehr schlecht bis 9 = sehr gut.

Hinsichtlich einer möglichen Beeinträchtigung der einzelnen Behandlungen auf die Lebensdauer der Topfsonnenblumen wurde zusätzlich ein **Haltbarkeitsversuch** unter Wohnraumbedingungen durchgeführt. Hierfür wurde aus jeder Wiederholung eine Pflanze mit einer gerade aufgehenden Hauptblüte ausgesucht und im Floristikraum der LVG Heidelberg aufgestellt. Die Anordnung erfolgte so, dass abwechselnd in jeder Reihe eine Pflanze aus den fünf Versuchsgliedern enthalten war (Abbildung 17). Berücksichtigt wurden die Haltbarkeit der Hauptblüte, die Anzahl und Haltbarkeit der aufgehenden Seitenblüten sowie die auftretenden Blattverfärbungen. Diese Untersuchungen sollen tendenzielle Aussagen hinsichtlich einer denkbaren Einflussnahme des Trockenstresses und der mechanischen Reizbehandlung auf die Haltbarkeit von Topfsonnenblumen ermöglichen.



Abb. 17: Haltbarkeitsversuch unter Wohnraumbedingungen

Zur **statistischen Auswertung** des Versuches stand an der LVG Heidelberg das Programm „Statistical Analysis System“ (SAS) zur Verfügung. Wie zu Beginn dieser Anwendung anhand der unbehandelten Kontrolle festgestellt werden konnte, traten zwischen den Versuchshäusern 10c und 10d keine Blockeffekte und somit keine signifikanten Unterschiede bezüglich der oben genannten Parameter auf. Dabei wurden die jeweiligen vier Wiederholungen aus Haus 10d und die erste Wiederholung aus Haus 10c einzeln verrechnet. Ferner wurden die Einzeldaten auf Varianzhomogenität, auf Normalverteilung und auf Unabhängigkeit überprüft. Als multipler Mittelwertvergleich kam der Tukey-Test zum Einsatz. Hierbei wurden die Mittelwerte paarweise verglichen und mit simultaner Irrtumswahrscheinlichkeit ( $\alpha = 0,05$ ) und der Grenzdifferenz nach Tukey geprüft.

## 5 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse des Vegetationsversuches vorgestellt. Diese werden systematisch in vegetative und generative Merkmale getrennt und unter diesen Überschriften ausführlich vorgestellt. Kapitel 5.3 mit der Überschrift „Pflanzenqualität“ beschäftigt sich mit dem Gesamteindruck der Pflanzen sowie mit den Versuchsergebnissen aus dem durchgeführten Haltbarkeitstest. Die Ergebnisse der einzelnen Parameter werden im jeweiligen Kapitel in Form einer übersichtlichen Tabelle dargestellt. Mit Hilfe des Auflistens der einzelnen Wiederholungen können Rückschlüsse auf die Homogenität des Bestandes geschlossen werden. Die Mittelwerte aus den fünf Wiederholungen und die Grenzdifferenz (GD) nach Tukey befinden sich jeweils im unteren Bereich der Tabellen und sind zur besseren Übersicht gelb beziehungsweise fett markiert. Neben der tabellarischen Form werden einige Versuchsergebnisse anhand von Graphiken beziehungsweise in Form von Bildern veranschaulicht.

### 5.1 Vegetative Merkmale

Die Ergebnisse der vegetativen Merkmale beantworten in erster Linie die Forschungsfrage, inwieweit das Streckungswachstum von Topfsonnenblumen mit Hilfe von Trockenstress und mechanischen Berührungseizen reduziert werden kann. Anhand der Pflanzenhöhe und der Internodienlänge können dabei Rückschlüsse auf das Streckungswachstum der Sprossachse vollzogen werden. Der Pflanzendurchmesser, die Pflanzenfläche und das Frischgewicht geben Hinweise darüber, in welcher Form das Blattflächenwachstum der Topfsonnenblumen durch die einzelnen Maßnahmen beeinflusst wurde. Die Messung des Sprossdurchmessers dient dazu, Aussagen über ein eventuell auftretendes verstärktes Dickenwachstum machen zu können. Wie bereits in der Literaturübersicht unter Kapitel 2.3.6 berichtet wurde, konnte in einigen Versuchen mit mechanischen Berührungseizen ein Ansteigen des sekundären Dickenwachstums beobachtet werden.

## 5.1.1 Pflanzenhöhe und Internodienlänge

In Bezug auf das Streckungswachstum der Pflanzen stellen die Pflanzenhöhe und die Internodienlänge der einzelnen Versuchsglieder wichtige Vergleichsgrößen bei der Auswertung der Untersuchungsergebnisse dar. Aus den Tabellen 10 und 11 wird ersichtlich, dass bezüglich beider Parameter die alternativen Kulturmethoden Trockenstress und mechanischer Berührungszreiz einzeln eingesetzt keine signifikanten Unterschiede gegenüber der unbehandelten Kontrolle aufzeigen.

Tab. 10: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Pflanzenhöhe

<b>Pflanzenhöhe (in cm)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoffeinsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	47,00	45,07	46,07	39,80	29,70
2. Wiederholung	44,56	42,53	45,42	39,52	32,03
3. Wiederholung	43,94	43,13	44,40	39,61	31,57
4. Wiederholung	43,35	43,91	45,39	41,00	31,50
5. Wiederholung	45,48	44,85	44,54	41,56	30,89
<b>Mittelwerte (GD 1,8)</b>	<b>44,86 a</b>	<b>43,91 a</b>	<b>45,16 a</b>	<b>40,50 b</b>	<b>31,14 c</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

Tab. 11: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Internodienlänge

<b>Internodienlänge (in cm)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoffeinsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	4,00	4,19	3,86	3,94	1,94
2. Wiederholung	4,19	4,00	3,81	4,06	2,25
3. Wiederholung	3,86	4,25	3,83	3,25	2,38
4. Wiederholung	3,75	3,25	3,79	3,69	1,89
5. Wiederholung	4,02	3,87	3,75	3,25	1,75
<b>Mittelwerte (GD 0,4)</b>	<b>3,96 a</b>	<b>3,96 a</b>	<b>3,79 a</b>	<b>3,64 a</b>	<b>2,04 b</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

Dagegen konnte die Kombination beider Versuchsglieder das Streckungswachstum der Topfsonnenblumen nennenswert verringern. Wie aus Tabelle 10 hervorgeht, wurde gegenüber der unbehandelten Kontrolle die Höhe der Pflanzen um etwa 10% reduziert. Bezüglich der Internodienlänge wurde ebenfalls ein hemmender Einfluss der Kombination beobachtet, der jedoch statistisch nicht gesichert werden konnte. Graphisch dargestellt, verdeutlicht die Abbildung 18 den Höhenunterschied zwischen den einzelnen Versuchsgliedern. Der Hemmstoffeinsatz als Vergleichsvariante führte mit einer Pflanzenhöhe von 31,14cm zu den kleinsten Topfsonnenblumen. Neben der deutlich verringerten Pflanzenhöhe blieben auch die Internodien mit Abstand am Kürzesten.

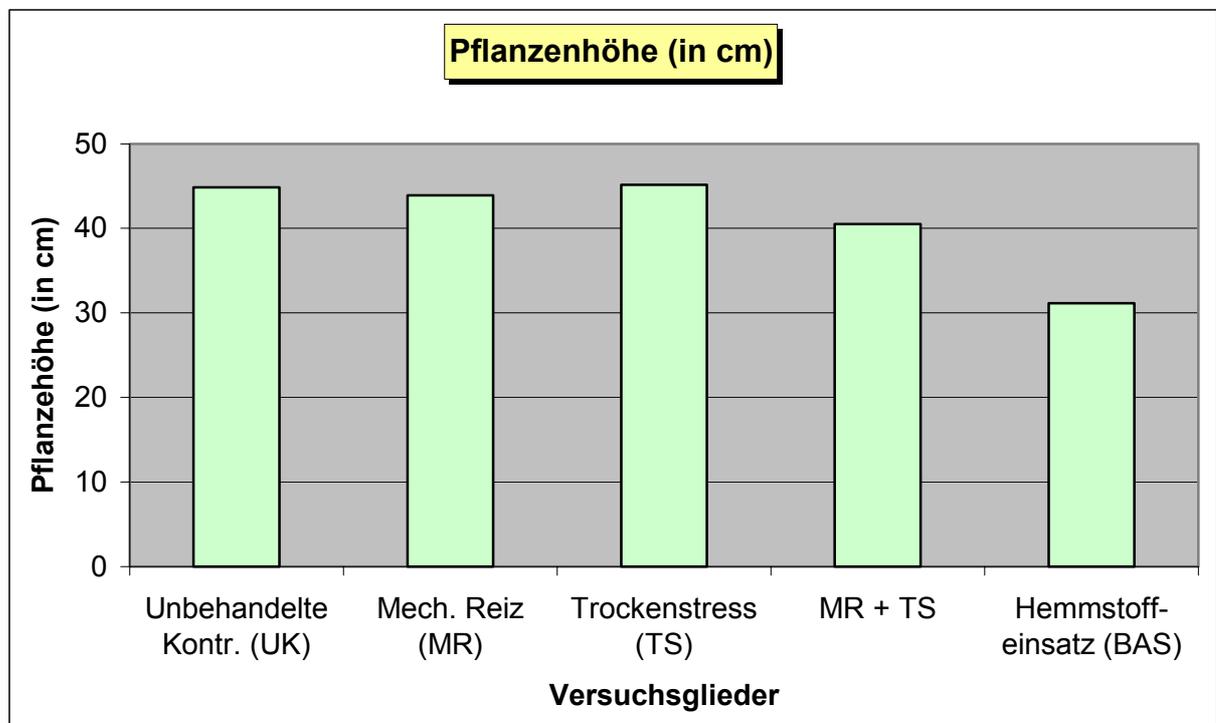


Abb. 18: Pflanzenhöhe bei unterschiedlicher Versuchsbehandlung

Die Abbildung 19 zeigt im Vergleich beider Versuchsglieder den sichtbaren Effekt der kombinierten Kulturmaßnahmen Trockenstress und Berührungszreiz. Neben der reduzierten Höhe ist auch eine Einflussnahme der Kombination auf den Pflanzendurchmesser und die Pflanzenfläche erkennbar. Eine detaillierte Darstellung dieser Ergebnisse folgt im anschließenden Kapitel.

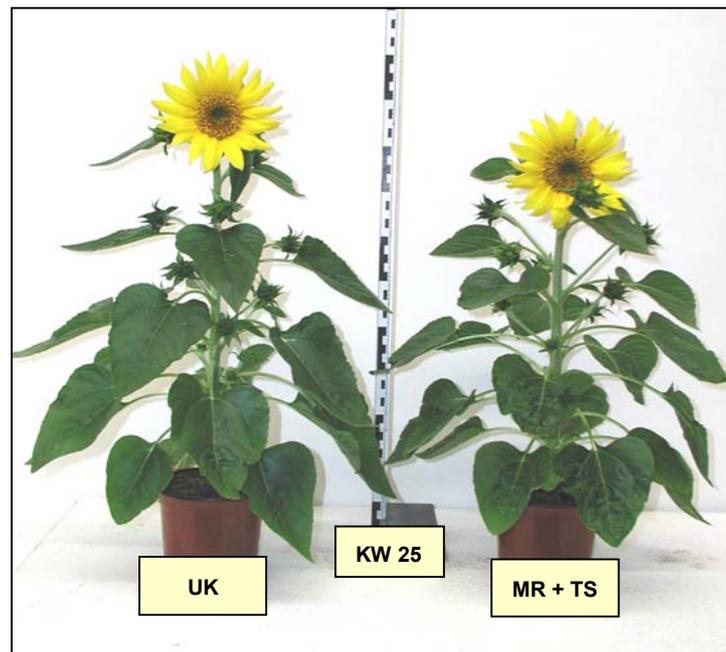


Abb. 19: Unbehandelte Kontrolle und kombinierter Stress-einsatz in KW 25 im Vergleich

Die nachfolgenden drei Abbildungen 20 bis 22 zeigen die beiden Versuchsglieder Hemmstoffeinsatz sowie die Kombination aus Trockenstress und mechanischer Berührungszreiz im Vergleich. Sie veranschaulichen folgende Beobachtungen, die in Bezug auf die Pflanzenhöhe während der letzten drei Kulturwochen 23 bis 25 gemacht wurden: Während in Kalenderwoche 23 die Höhe der Topfsonnenblumen beider Versuchsglieder nahezu identisch ist, war bei der Kombination in der darauffolgenden Kalenderwoche 24 ein deutlich stärkeres Wachstum als bei der Hemmstoffvariante zu erkennen. Zur Verkaufsfähigkeit in Kalenderwoche 25 nahmen die trocken und mechanisch gestressten Versuchspflanzen im Vergleich zu den mit Hemmstoff behandelten Topfsonnenblumen nochmals deutlich an Höhe zu. Neben der Entwicklung der Pflanzenhöhe wird hier auch die unterschiedliche Blattstellung der Pflanzen aus den beiden Versuchsgliedern sehr gut sichtbar.

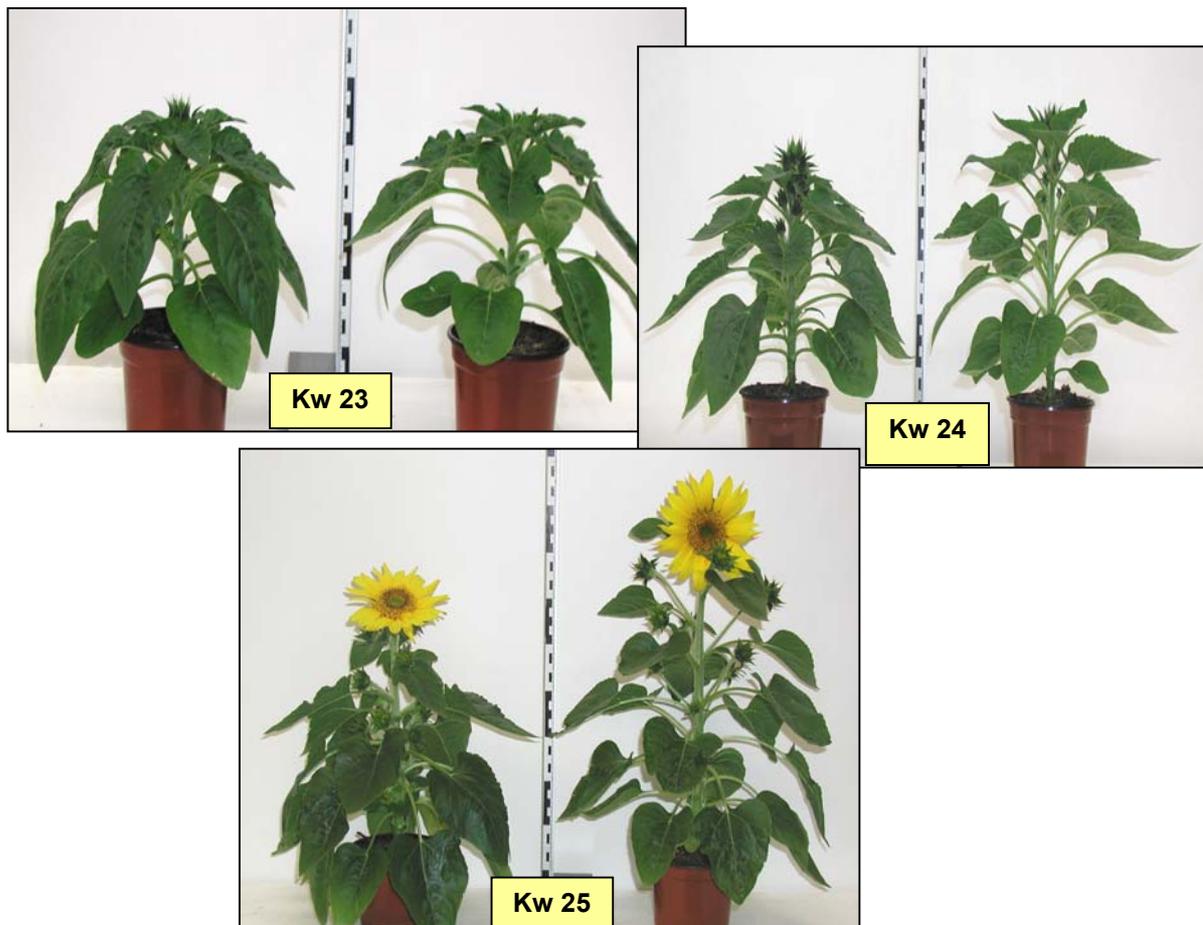


Abb. 20 bis 22: Unterschiedliche Entwicklung der Versuchsglieder Hemmstoffeinsatz (links) und kombinierte Stressbehandlung

### 5.1.2 Pflanzendurchmesser und Pflanzenfläche

Wie aus der Tabelle 12 hervorgeht, nimmt die Kombinationsbehandlung aus Trockenstress und mechanischen Berührungsreizen auch einen großen Einfluss auf den Pflanzendurchmesser der Topfsonnenblumen. Mit 33,57cm blieb dieser deutlich kleiner als bei dem getrennten Einsatz der zwei alternativen Kulturmethoden. Der Pflanzendurchmesser der unbehandelten Kontrolle scheint im Vergleich zum Trockenstress und zum mechanischen Berührungsreiz etwas gering zu sein. Womöglich spielt hier die Tatsache eine Rolle, dass in Kalenderwoche 21 Wasser aus der Tonzelle des Analogtensimeters der unbehandelten Kontrolle auslief und somit dem Bewässerungssystem fehlerhafte Werte vorgab. Aufgrund

sehr hoher Einstrahlungen an diesen Tagen folgte ein extremes Welken der Pflanzen, das vom zuständigen Gärtner im Wochenenddienst nicht bemerkt wurde. Nur mit mehrmaligen Bewässerungsvorgängen von Hand konnte später dem unbeabsichtigten extremen Trockenstress entgegengewirkt werden. Schäden in Form von Blattrandnekrosen traten im Anschluss an dieses Problem nicht auf.

Tab. 12: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Pflanzendurchmesser

<b>Pflanzendurchmesser (in cm)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoff-einsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	33,81	37,82	37,01	33,94	35,60
2. Wiederholung	33,78	35,29	35,57	33,46	35,03
3. Wiederholung	35,36	36,35	36,11	32,43	35,37
4. Wiederholung	34,99	34,63	34,60	33,94	34,00
5. Wiederholung	33,34	35,35	36,45	34,06	35,13
<b>Mittelwerte (GD 2,2)</b>	<b>34,36 ab</b>	<b>35,89 a</b>	<b>35,95 a</b>	<b>33,57 b</b>	<b>35,03 ab</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

Neben dem Pflanzendurchmesser, der Pflanzenhöhe und der Internodienlänge lässt sich der Einfluss der verschiedenen Behandlungen auf das Streckungswachstum der Topfsonnenblumen auch aus der unterschiedlichen Größe der Pflanzenflächen zurückführen. Die Schattenbildanalyse führte hierbei zu folgenden Ergebnissen: In der Seitenansicht ist die Pflanzenfläche der Kombinationsbehandlung signifikant kleiner als im Vergleich zur Pflanzenfläche der unbehandelten Kontrolle sowie der Einzelmaßnahmen Trockenstress und mechanischer Berührungsreiz. Die Pflanzenfläche der mit Hemmstoff behandelten Topfsonnenblumen wiederum unterscheidet sich signifikant von den übrigen Versuchsgliedern (siehe Tabelle 13).

Tab. 13: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Pflanzenfläche  
- Seitenansicht

<b>Pflanzenfläche - Seitenansicht (in cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoffeinsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	729,50	693,37	627,10	558,30	484,02
2. Wiederholung	657,68	598,56	670,14	532,90	515,62
3. Wiederholung	696,64	603,90	624,52	565,92	533,92
4. Wiederholung	629,38	631,94	634,48	587,32	517,92
5. Wiederholung	688,28	643,58	653,66	553,98	472,12
<b>Mittelwerte (GD 48,1)</b>	<b>680,30 a</b>	<b>634,20 a</b>	<b>642,00 a</b>	<b>559,70 b</b>	<b>504,72 c</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

Von oben fotografiert, kamen ähnliche Ergebnisse wie in der Seitenansicht zustande (siehe Tabelle 14). Die Kombination sowie der Hemmstoffeinsatz führten zu den kleinsten Pflanzenflächen. Die im Vergleich zum Trockenstress und mechanischem Reiz deutlich kleinere Pflanzenfläche der unbehandelten Kontrolle ist möglicherweise auf das oben erläuterte Problem des defekten Analogtensimeters zurückzuführen. Dieser Annahme jedoch widerspricht die Tatsache, dass in der Seitenansicht die Pflanzenfläche der unbehandelten Kontrolle am größten war.

Tab. 14: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Pflanzenfläche  
- Ansicht von oben

<b>Pflanzenfläche - Ansicht von oben (in cm<sup>2</sup>)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoffeinsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	613,68	770,10	692,64	581,08	624,20
2. Wiederholung	612,68	637,40	694,48	588,32	611,28
3. Wiederholung	688,11	652,24	727,34	592,50	596,62
4. Wiederholung	622,57	650,80	677,60	602,90	595,82
5. Wiederholung	586,60	663,56	686,84	610,56	565,98
<b>Mittelwerte (GD 56,5)</b>	<b>624,73 bc</b>	<b>674,82 ab</b>	<b>695,78 a</b>	<b>595,07 c</b>	<b>598,78 c</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

### 5.1.3 Frischgewicht

Die Messungen des Frischgewichtes ergaben ähnliche Resultate wie die bislang vorgestellten Untersuchungsergebnisse. So führte die Kombination der zwei alternativen Kulturmaßnahmen zu Pflanzen mit dem geringsten Frischgewicht. Der Unterschied zu den Einzelmaßnahmen Trockenstress und mechanischer Berührungsreiz konnte statistisch gesichert werden. Das Frischgewicht der unbehandelten Pflanzen ist im Vergleich zu den einzeln eingesetzten alternativen Kulturmethoden sowie zu den mit Hemmstoff behandelten Pflanzen als zu gering einzuschätzen. Ein möglicher Erklärungsversuch wurde bereits in Kapitel 5.1.2 geliefert. Die Tabelle 15 zeigt die einzelnen Messwerte der fünf Versuchsglieder.

Tab. 15: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf das Frischgewicht

<b>Frischgewicht (in g)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoff-einsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	114,13	117,75	125,13	101,63	102,63
2. Wiederholung	117,00	133,00	119,50	116,25	121,88
3. Wiederholung	116,88	128,00	122,75	105,38	127,25
4. Wiederholung	111,38	122,25	122,86	101,00	120,88
5. Wiederholung	108,00	122,50	125,75	110,86	110,25
<b>Mittelwerte (GD 11,1)</b>	<b>113,40 bc</b>	<b>124,70 a</b>	<b>123,20 ab</b>	<b>107,02 c</b>	<b>116,58 abc</b>
Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statistisch gesicherten Unterschiede					

### 5.1.4 Sprossdurchmesser

Wie in Tabelle 16 zu erkennen ist, führte die mechanische Reizbehandlung als Einzelmaßnahme zum größten Sprossdurchmesser. Mit 1,13cm war dieser signifikant größer als die Sprossdurchmesser der Pflanzen aus den Versuchsvarianten Trockenstress, Kombination aus Trockenstress und Berührungsreizen sowie Hemmstoffeinsatz. Der Trockenstress als Einzelmaßnahme bewirkte den geringsten Sprossdurchmesser. Kombiniert mit mechanischen Berührungsreizen führte er zu einer Abschwächung des positiven Effektes, der bei den gestreichelten Topfsonnenblumen in Form einer stabileren Sprossachse zu

erkennen war. Weiterhin auffallend ist der vor allem im Vergleich zur Hemmstoffvariante größere Sprossdurchmesser der unbehandelten Kontrolle.

Tab. 16: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Sprossdurchmesser

<b>Sprossdurchmesser (in cm)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoff-einsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	1,09	1,06	1,07	1,03	1,05
2. Wiederholung	1,14	1,14	1,08	1,09	1,08
3. Wiederholung	1,10	1,13	1,04	1,09	1,10
4. Wiederholung	1,09	1,16	1,03	1,08	1,03
5. Wiederholung	1,10	1,16	1,05	1,13	1,06
<b>Mittelwerte (GD 0,04)</b>	<b>1,10 ab</b>	<b>1,13 a</b>	<b>1,05 c</b>	<b>1,08 bc</b>	<b>1,06 bc</b>
Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede					

## 5.2 Generative Merkmale

Neben den vegetativen Merkmalen wurde auch der Einfluss der alternativen Kulturmethoden auf die generativen Merkmale Blütendurchmesser, Blütenstellung, Anzahl der Seitenknospen sowie den Blühtermin untersucht. Diese prägen zusammen mit der Blattfläche im Wesentlichen das Erscheinungsbild der Pflanzen und stellen infolgedessen wichtige Qualitätskriterien dar. Da in der Literaturübersicht an vielen Stellen von einer negativen Einflussnahme der Stressbehandlungen auf die Blüte beziehungsweise auf den Blühtermin die Rede ist, wurden die hierfür notwendigen Untersuchungen sehr gewissenhaft durchgeführt. Im Folgenden werden ihre Ergebnisse systematisch in einzelnen Unterkapiteln präsentiert.

### 5.2.1 Blühtermin

In Anbetracht einer möglichen Kulturzeitverlängerung wurde der Blühtermin der einzelnen Wiederholungen festgehalten. Die unbehandelte Kontrollparzelle zeigte am 13.06. die ersten offenen Blüten. Im Anschluss daran folgten zwei Tage später die mit Hemmstoff behandelten

Topfsonnenblumen. Die alternativen Kulturmaßnahmen Trockenstress und mechanischer Berührungszreiz nahmen einzeln beziehungsweise kombiniert eingesetzt einen geringen Einfluss auf den Blühtermin. Im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle blühten diese Versuchsvarianten drei, vier oder fünf Tage später. Die genauen Blühtermine der einzelnen Versuchsglieder sind der folgenden Tabelle 17 zu entnehmen.

Tab. 17: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Blühtermin

<b>Blühtermin</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoffeinsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	13.06.	17.06.	16.06.	17.06.	15.06.
2. Wiederholung	13.06.	18.06.	15.06.	18.06.	16.06.
3. Wiederholung	14.06.	17.06.	17.06.	18.06.	15.06.
4. Wiederholung	13.06.	16.06.	16.05.	18.06.	15.06.
5. Wiederholung	13.06.	17.06.	17.06.	18.06.	14.06.
<b>Verkaufsreife*</b>	<b>13.06.</b>	<b>17.06.</b>	<b>16.05.</b>	<b>18.06.</b>	<b>15.06.</b>

\* Verkaufsreife: 25 % der Pflanzen in der Wiederholung zeigen mindestens eine offene Blüte

### 5.2.2 Blütendurchmesser

Die folgenden Versuchsergebnisse der Tabelle 18 zeigen eine deutliche Einflussnahme einer mechanischen Reizbehandlung auf den Blütendurchmesser der untersuchten Pflanzen. Beide mechanisch gestressten Versuchsvarianten wiesen einen signifikant kleineren Blütendurchmesser als die unbehandelte Kontrolle auf. Auch der Hemmstoffeinsatz führte zu statistisch gesichert kleineren Blüten. Der Trockenstress nahm dagegen keinen Einfluss auf den Durchmesser der Hauptblüte. Was die Anzahl der Petalen betrifft, konnten keine Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsbehandlungen festgestellt werden. Eine mögliche Beschädigung der Blüten, verursacht durch das Streicheln der Pflanzen mit Gewebestreifen, war ebenfalls nicht zu erkennen.

Tab. 18: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf den Blütendurchmesser

<b>Blütendurchmesser (in cm)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoff-einsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	12,75	11,31	12,00	11,81	11,44
2. Wiederholung	12,75	11,50	13,38	11,25	11,94
3. Wiederholung	12,89	12,13	12,56	12,38	12,31
4. Wiederholung	12,75	10,56	13,13	11,69	11,88
5. Wiederholung	11,94	10,94	11,63	11,19	11,50
<b>Mittelwerte (GD 0,63)</b>	<b>12,61 a</b>	<b>11,29 b</b>	<b>12,54 a</b>	<b>11,66 b</b>	<b>11,81 b</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

Die Abbildung 23 veranschaulicht in Form einer Graphik die dargestellten Versuchsergebnisse. Deutlich erkennbar ist der verringerte Blütendurchmesser der mechanisch gestressten Pflanzen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

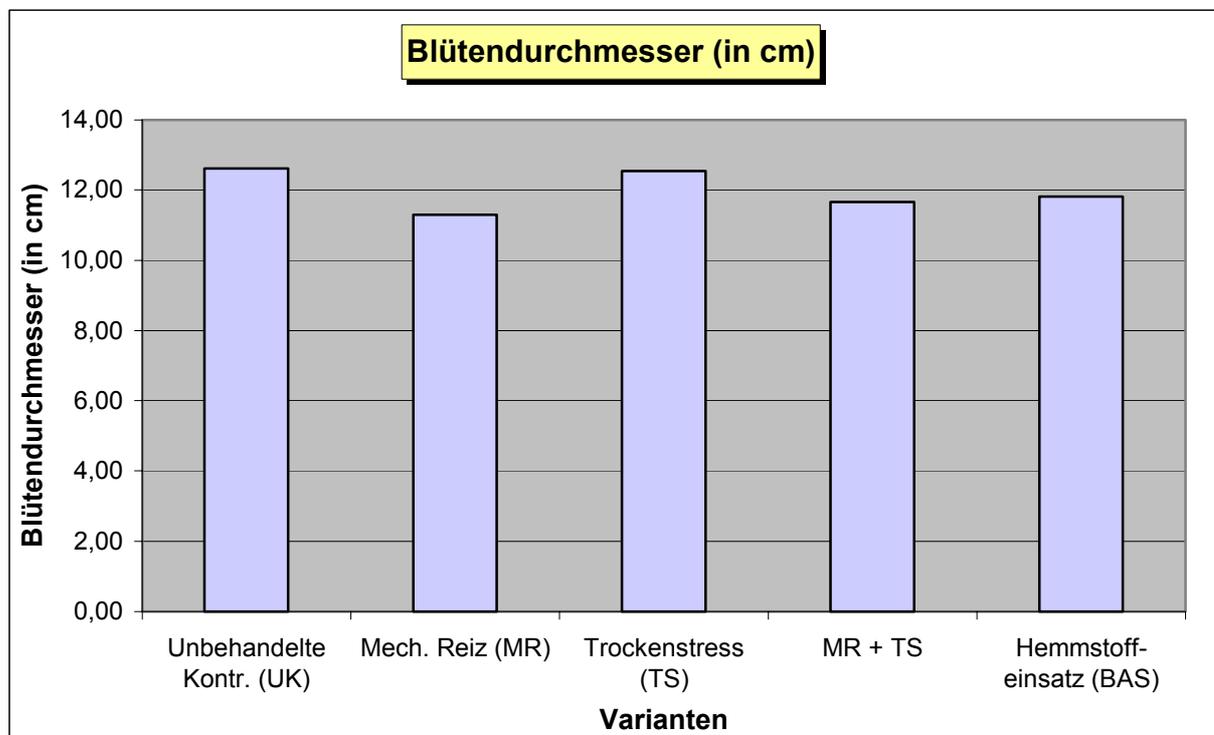


Abb. 23: Blütendurchmesser bei unterschiedlicher Versuchsbehandlung

### 5.2.3 Blütenstellung

Ein interessanter Aspekt stellt bei Topfsonnenblumen neben dem Blütendurchmesser auch die Blütenstellung dar. Die Abbildung 24 zeigt die zwei unterschiedlichen Positionen, in der sich die Blüten zum Zeitpunkt der Versuchsauswertung befanden.

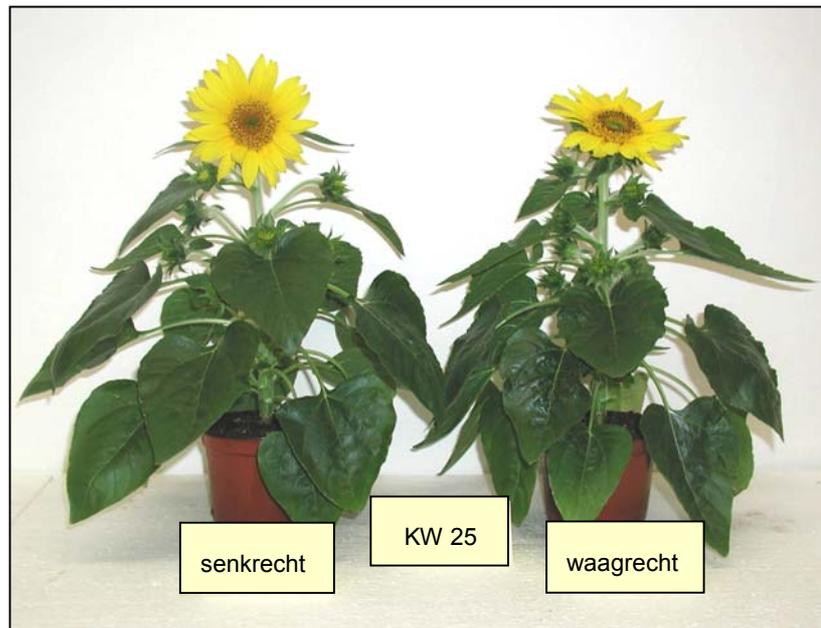


Abb. 24: Unterschiedliche Blütenstellung von Topfsonnenblumen

Die tendenziell waagrechte Blütenstellung konnte nur bei den mit Hemmstoff behandelten Pflanzen beobachtet werden. Bei circa 80 % der chemisch gehemmten Pflanzen verhinderten direkt unter der Hauptblüte sitzende Seitenknospen deren Abknicken. Die Pflanzen der unbehandelten Kontrolle sowie der einzelnen und kombinierten Stressvarianten zeigten vollständig tendenziell senkrecht stehende Hauptblüten. Die letzten und zweitletzten Internodien der Pflanzen aus diesen Varianten waren zu lang, um eine Stützfunktion der Seitenknospen herbeizuführen.

### 5.2.4 Anzahl der Seitenknospen

Eine hohe Anzahl von aufgehenden Seitenknospen verlängert den Gesamtblühzeitraum der Topfsonnenblumen. Diesbezüglich konnten die mit Hemmstoff behandelten Pflanzen überzeugen, die deutlich die höchste Anzahl an Seitenknospen bildeten. Mit durchschnittlich knapp zwölf Seitenknospen pro Pflanze wurden im Verhältnis zu den übrigen Versuchsvarianten statistisch gesicherte Unterschiede festgestellt. Die geringste Anzahl zeigte die Kombination der beiden Stressvarianten. Allerdings ist im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle die durchschnittliche Seitenknospenanzahl der gestressten Pflanzen nur geringfügig niedriger. Auffallend sind die sehr unterschiedlichen Einzelwerte, die bei den einzelnen Wiederholungen der jeweiligen Versuchsvarianten beobachtet wurden (siehe Rohdatentabelle im Anhang, S. A1). Die Ausnahme stellt dabei die Hemmstoffvariante dar. Während die Einzelwerte der übrigen Varianten zwischen drei und dreizehn Seitenknospen schwankten, bildeten die mit Hemmstoff behandelten Pflanzen konstant neun bis vierzehn Seitenknospen aus.

Tab. 19: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Seitenknospenanzahl

<b>Seitenknospen (in Stück)</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoff-einsatz (BAS)</b>
1. Wiederholung	11,13	9,50	8,38	7,38	11,25
2. Wiederholung	8,50	10,36	9,50	10,13	12,38
3. Wiederholung	10,36	9,75	8,50	9,50	12,00
4. Wiederholung	9,75	11,13	7,38	8,13	11,75
5. Wiederholung	9,50	10,75	10,50	8,50	12,38
<b>Mittelwerte (GD 1,3)</b>	<b>9,85 bc</b>	<b>10,30 b</b>	<b>8,85 c</b>	<b>8,73 c</b>	<b>11,95 a</b>

Signifikanzen nach Tukey 5 %; gleiche Buchstaben bedeuten keine statist. gesicherten Unterschiede

Die nachfolgende Abbildung 25 verdeutlicht den hohen Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Anzahl der Seitenknospen. Neben der Anzahl sind vor allem die Entwicklung und das Aufgehen der einzelnen Seitenknospen von Bedeutung. Die hierfür in einem Haltbarkeitstest durchgeführten Untersuchungen werden in Kapitel 5.3.2 vorgestellt.

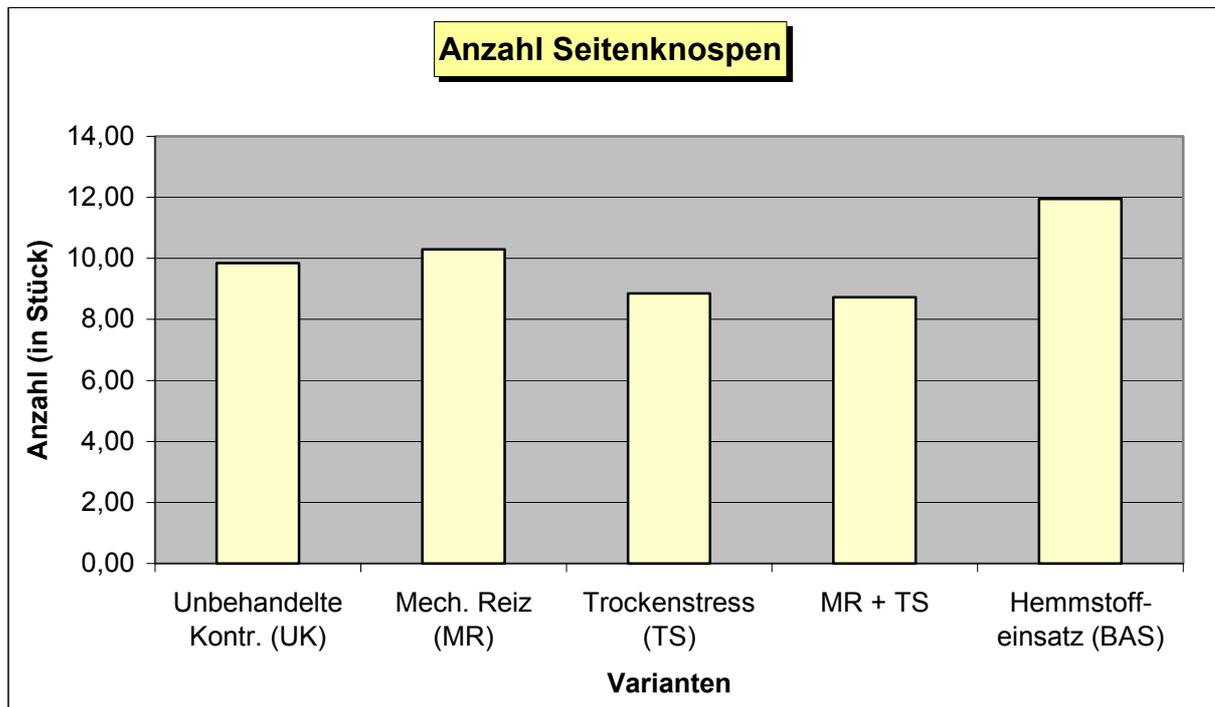


Abb. 25: Anzahl der Seitenknospen bei unterschiedlicher Versuchsbehandlung

### 5.3 Pflanzenqualität

Unter der Überschrift Pflanzenqualität werden im Folgenden der Gesamteindruck der unterschiedlich behandelten Topfsonnenblumen sowie die Untersuchungen dargestellt, die bezüglich der Haltbarkeit vorgenommen wurden. Während der Gesamteindruck der Pflanzen in den Bereich der äußeren Qualität einzuordnen ist, wird die Haltbarkeit als eine innere Qualitätseigenschaft bezeichnet. Diese beinhaltet neben dem Gesundheitszustand der Pflanzen auch die Entwicklung der Organe. Demzufolge bezieht sich in Bezug auf die Topfsonnenblumensorte 'Pacino' die innere Qualität insbesondere auf das Aufgehen der lateral angelegten Seitenknospen. Der Einfluss der Stresseinwirkungen auf die Haltbarkeit der Pflanzen soll in Form eines Haltbarkeitstests unter Wohnraumbedingungen untersucht werden. Dieser statistisch nicht abgesicherte Test führt zu Ergebnissen, mit deren Hilfe tendenzielle Aussagen bezüglich einer Einflussnahme der einzelnen Behandlungen getroffen werden können.

### 5.3.1 Gesamteindruck

Die Bonitur des Gesamteindruckes beinhaltet in erster Linie das Verhältnis zwischen Pflanzenhöhe, Blattfläche und Blütendurchmesser. Daneben fließen auch die Intensivität des Blattgrüns, die Pflanzengesundheit und die Blütenstellung mit in die Beurteilung ein. Die Benotung erfolgte im Spektrum von eins = sehr schlecht bis neun = sehr gut. Die Abbildung 26 zeigt die fünf Versuchsvarianten, die mit der besten Note beginnend von links nach rechts aufgestellt wurden.

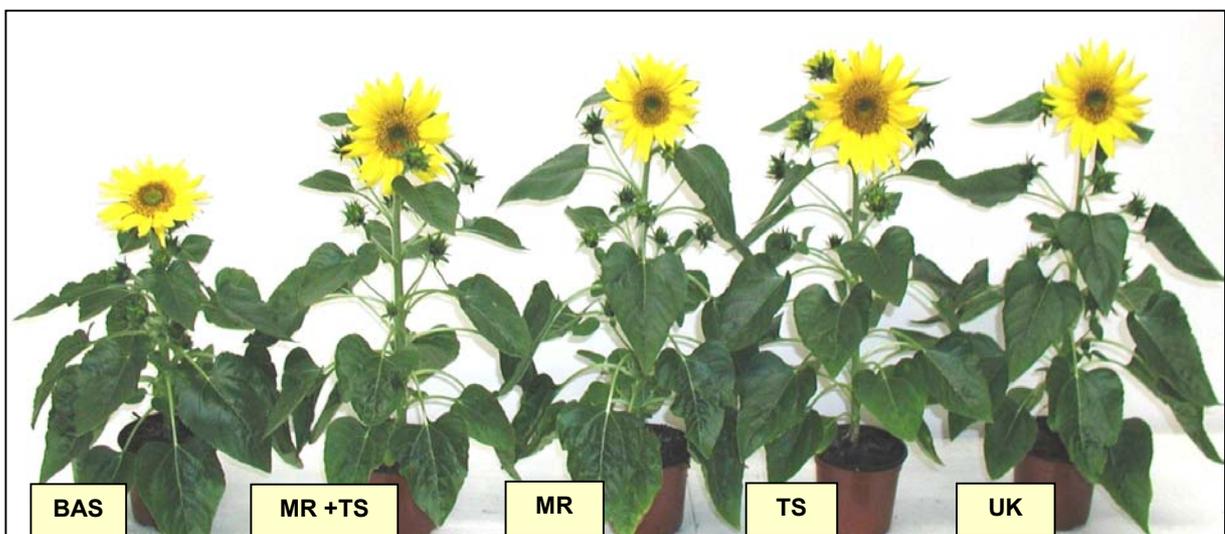


Abb. 26: Gesamteindruck der fünf einzelnen Versuchsglieder

Von links beginnend, erhielten die mit BAS 125 10 W gehemmten Topfsonnenblumen aufgrund eines ausgewogenen Verhältnis zwischen Pflanzenhöhe, Blattfläche und Blütendurchmesser die Noten acht bis neun. Ihre Blattstiele blieben kurz, wodurch die Blätter eng an der Sprossachse anlagen. Zu 80% zeigten sie eine tendenziell waagrechte Blütenstellung und bestachen im Vergleich zu den übrigen Versuchsvarianten durch ein auffallend dunkles Laub. Die Pflanzen, die der Kombination aus Trockenstress und mechanischen Berührungsreizen ausgesetzt waren, wurden mit der Note sieben beurteilt. Ihre Qualität war aufgrund des deutlich eingeschränkten Streckungswachstums als gut zu bezeichnen. Bezüglich der Pflanzengesundheit wurden keine auffälligen Schäden wie Blattchlorosen oder Blattrandnekrosen vorgefunden. Dies gilt für alle fünf Versuchsglieder,

wobei die einzelnen Pflanzen mit Blattlaussymptomen nicht ausgewertet wurden und somit unberücksichtigt bleiben. Die noch fehlenden drei Versuchsvarianten mechanischer Reiz, Trockenstress und unbehandelte Kontrolle unterschieden sich mit Ausnahme des Blütendurchmessers kaum. Sie wurden mit den Noten fünf bis sechs bewertet, da die Pflanzenhöhe und die Blattfläche im Verhältnis zum Blütendurchmesser zu groß erschienen. Ihre Qualität war jedoch immer noch befriedigend, da ein zu extremes Streckungswachstum mit Hilfe der Verdunkelungsmaßnahmen vermieden wurde.

### 5.3.2 Haltbarkeit

Der Haltbarkeitstest wurde an der LVG Heidelberg unter Wohnraumbedingungen durchgeführt. Das Aufstellen der Pflanzen erfolgte am 20. Juni 2002 (KW 25). Zu diesem Zweck wurden jeweils eine Topfsonnenblume mit einer unmittelbar aufgegangenen Hauptblüte aus jeder Wiederholung ausgewählt. Vier bis fünf Tage später öffneten sich bei allen Varianten die jeweils entsprechende Anzahl an Seitenknospen (Abbildung 27). Nach dem Verblühen der Seitenknospen waren die Pflanzen unansehnlich und ihre Haltbarkeit als beendet zu bezeichnen (Abbildung 28).



Abb. 27: Aufgeblühte Seitenknospen



Abb. 28: Verblühte Seitenknospen

Die nun folgende Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen. Hieraus lassen sich tendenzielle Aussagen bezüglich einer Einflussnahme der einzelnen Behandlungen herausarbeiten.

Tab. 20: Einfluss der unterschiedlichen Versuchsbehandlungen auf die Haltbarkeit

<b>Haltbarkeitstest</b>					
	<b>Unbehandelte Kontr. (UK)</b>	<b>Mech. Reiz (MR)</b>	<b>Trockenstress (TS)</b>	<b>MR + TS</b>	<b>Hemmstoff-einsatz (BAS)</b>
<b>Haltbarkeit Hauptblüte (in Tagen)</b>	8,0	7,4	7,4	8,2	7,4
<b>Anzahl geöffneter Seitenblüten (in Stück)</b>	5,6	6,2	6,6	3,4	7,4
<b>Haltbarkeit Seitenblüten (in Tagen)</b>	8,4	8,6	8,2	9,0	8,6
<b>Anzahl nekrotischer Blätter (in Stück)</b>	6,4	8,2	6,4	6,2	7,0

In Bezug auf die Haltbarkeit der Hauptblüte konnten zwischen den einzelnen Versuchsgliedern keine Unterschiede festgestellt werden. Sie lag trotz nicht identischer Versuchsbehandlungen bei allen Varianten zwischen sieben und acht Tagen. Die Anzahl der geöffneten Seitenknospen dagegen unterschied sich deutlich. Insbesondere der Vergleich der kombinierten Stresseinwirkung mit der Einzelmaßnahme Trockenstress und der unbehandelten Kontrolle lässt einen negativen Einfluss der Kombinationsmaßnahme auf das Öffnen der Seitenknospen vermuten. Während die Topfsonnenblumen der drei Varianten in etwa die gleiche Anzahl an Seitenknospen ausbildeten (siehe Kapitel 5.2.4), öffneten sich bei den trocken und mechanisch gestressten Pflanzen lediglich 39% der angelegten Knospen. Im Vergleich dazu lagen die Pflanzen der unbehandelten Kontrolle und der Trockenstressvariante bei knapp 60% sowie bei 70%. Die größte Anzahl an geöffneten Seitenknospen war bei den mit Hemmstoff behandelten Topfsonnenblumen zu beobachten. Die Haltbarkeit der Seitenblüten betrug unabhängig von den einzelnen Versuchsgliedern jeweils acht bis neun Tage. Demzufolge ergibt sich daraus ein Blühzeitraum von insgesamt vierzehn Tagen, ohne dass eine Einflussnahme der unterschiedlichen Behandlungen zu erkennen war. Im Hinblick auf die Anzahl nekrotischer Blätter wies die Kombinationsmaßnahme den geringsten Wert

auf. Allerdings liegen auch diese Werte mit Ausnahme der mechanisch gereizten Pflanzen sehr eng beieinander, so dass diesbezüglich keine tendenziellen Aussagen möglich sind.

## 6 Diskussion

Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, dass durch einen kombinierten Einsatz von Trockenstress und mechanischem Berührungszreiz das Streckungswachstum von Topfsonnenblumen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle sichtbar eingeschränkt werden konnte. Dieser Erfolg bestätigt den oft beobachteten hohen Hemmeffekt mit der Kombination alternativer Kulturmethoden. So stellte bereits GUNKEL (2002) eine zufriedenstellende Wirkung bei *Fuchsia*-Hybriden fest, die er mit reduzierten Wassergaben und mechanischen Berührungszreizen kultivierte. Neben der reduzierten Pflanzenhöhe wurde auf diese Weise auch der Pflanzendurchmesser und die Pflanzenfläche der Topfsonnenblumen verringert. Der marktübliche kompakte Aufbau der mit BAS 125 10 W gehemmten Topfsonnenblumen konnte allerdings nicht erreicht werden. Sehr interessant erscheinen in diesem Zusammenhang die Beobachtungen, die am Ende des Kapitels 5.1.1 dargestellt wurden. Obwohl die dritte und somit letzte Hemmstoffbehandlung in Kalenderwoche 22 vollzogen wurde, war die Höhe der chemisch gehemmten Pflanzen in Kalenderwoche 23 im Vergleich zu den trocken und mechanisch gestressten Topfsonnenblumen nahezu identisch. Erst ab Anfang der folgenden Kalenderwoche 24 kristallisierte sich ein eindeutiger Höhenunterschied zwischen beiden Versuchsgliedern heraus. Hohe Tagestemperaturen (siehe Abb. 13, Kapitel 4.3) begünstigten eine deutliche Streckung der Sprossachse bei den chemisch unbehandelten Pflanzen während dieser letzten Kulturphase. Bezogen auf die kombinierte Stressvariante kann daraus geschlossen werden, dass ihre Wirksamkeit in erster Linie auf das Anfangs- und Mittelstadium der Kultur zu beziehen ist. BIRO et al (1980, 1984) erhielten bei Untersuchungen mit Bohnen ähnliche Ergebnisse. Infolgedessen ist aufgrund der hohen Sensibilität von jungem, schnellwachsendem Gewebe für eine mechanische Reizbehandlung ein möglichst früher Handlungsbeginn zu empfehlen. Ferner besteht die Möglichkeit, dass der mechanische Berührungszreiz seinen Einfluss auf eine Reduzierung des Spross- und Blattflächenwachstums verliert, sobald die dicker werdende Hauptknospe den Berührungseffekt auf das jüngste Blattgewebe vermindert. Demzufolge würde sich die kombinierte Stressvariante in der generativen Phase der Kultur weitestgehend auf einen trockenstressbedingten Effekt reduzieren. Wie jedoch die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, konnte mit den beiden einzeln eingesetzten alternativen Kulturmethoden im Vergleich

---

zur unbehandelten Kontrolle keine sichtbare Wirkung erzielt werden. Vor allem in Bezug auf den mechanischen Berührungszreiz wurde aufgrund der erfolgreichen Versuchsergebnisse mit *Euphorbia pulcherrima*, *Calibrachoa*-Hybriden und *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden (RUTTENSBERGER 1999, zitiert in GUGENHAN 1999, RUTTENSBERGER 2002) ein deutlicher Hemmeffekt erwartet. Es ist denkbar, dass das bereits geschilderte Bewässerungsproblem der unbehandelten Kontrolle in Kalenderwoche 21 das Versuchsergebnis hinsichtlich der zu vergleichenden vegetativen Merkmale beeinträchtigt hat. Durch den defekten Analogtensiometer und den anschließenden extremen Trockenstress könnten die Pflanzen der unbehandelten Kontrolle in ihrem Wachstum so gestört worden sein, dass sie in der Höhe und im Durchmesser „zu klein“ blieben. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass sich die Pflanzen zu dieser Zeit in der Hauptwachstumsphase befanden. Da keine anschließenden Blattschäden zu beobachten waren, liegt die Vermutung nahe, dass Topfsonnenblumen auch extremen Trockenphasen ausgesetzt werden können. Allerdings führte bereits der mäßige Trockenstress des öfteren zur Blattwelke einzelner Pflanzen. Eine weitere deutliche Verringerung der Wassergaben erhöht das Risiko möglicher Blattschäden und eines vermehrten Auftretens von Schädlingen. Dies führt wiederum zu einem abenteuerlichen Kulturverlauf und ist infolgedessen nicht zu empfehlen.

Eine Verzögerung des Blühtermins durch die verschiedenen Stressbehandlungen konnte nicht festgestellt werden. In der Tendenz blühte die unbehandelte Kontrollparzelle zwar wenige Tage früher als die Stressvarianten, diese Verzögerung ist jedoch als relativ unbedeutend einzustufen. Dagegen wurden durch die erwähnten Stressbehandlungen andere generative Merkmale wie die Blütengröße und Knospenanzahl beeinflusst. Diese sind bei blühenden Pflanzen als wichtige Qualitätseigenschaften zu bezeichnen und somit von besonderer Bedeutung. Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, dass der Einsatz von Berührungszreiz als Einzelmaßnahme und kombiniert mit reduzierten Wassergaben neben einer Verminderung der Pflanzenhöhe auch den Blütendurchmesser verringert. Bei *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden der Sorte 'Shasta' (1999, zitiert in GUGENHAN) und *Calibrachoa*-Hybriden der Sorte 'Cherry' (2002) stellte RUTTENSBERGER nach einer mechanischen Reizbehandlung ebenfalls eine kleinere Blütengröße fest. Diese vergleichbaren Versuchsergebnisse sind insofern bemerkenswert, da Topfchrysanthen und Minipetunien viele gleichgestellte Einzelblüten anlegen, während Topfsonnenblumen eine dominante

Hauptblüte aufweisen. Demzufolge ist der Einfluss der mechanischen Reizbehandlung auf die Blütengröße der Pflanzen unabhängig von der Anzahl und Größe der Blüten. Eine mögliche Erklärung für die Reduzierung des Blütendurchmessers könnte folgendermaßen aussehen: Der Berührungszreiz wurde bei allen drei Pflanzenarten bis zur Verkaufsreife der Kultur durchgeführt. Infolgedessen wurden neben den Blättern auch die Blüten dem Bewegungsstress und dem damit verbundenen veränderten Hormonhaushalt ausgesetzt. Dieser ist mitverantwortlich für eine Verringerung des Streckungswachstums in den sich vermehrenden Geweben, einschließlich den Blüten. Das Zellwachstum würde demnach auch in den mechanisch gestressten Blüten verringert werden, wodurch der Blütendurchmesser kleiner bleibt. Die Richtigkeit dieser Annahme könnte hinterfragt werden, indem bei einem Folgeversuch mit Topfsonnenblumen der Berührungszreiz lediglich bis zur Umstellung der vegetativen auf die generative Phase durchgeführt wird. Bleibt die Blütengröße der mechanisch gereizten Pflanzen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle unbeeinflusst, könnten diese Annahme bestätigt werden.

Neben dem Einfluss auf den Blütendurchmesser konnte bei der Kombination der Stressbehandlungen auch eine verringerte Seitenknospenanzahl beobachtet werden. Verglichen mit der unbehandelten Kontrolle war kein signifikanter Unterschied feststellbar. Ein Vergleich mit der Knospenanzahl der chemisch gehemmten Pflanzen zeigt jedoch, dass zwischen der Kombinationsmaßnahme und der Hemmstoffvariante diesbezüglich ein deutlicher Qualitätsunterschied besteht. Nicht nur die verstärkte, sondern auch die konstant hohe Seitenknospenbildung der mit BAS 125 10 W behandelten Pflanzen war auffallend. Im Gegensatz dazu zeigten die übrigen Versuchsvarianten ein sehr heterogenes Verhalten hinsichtlich der Bildung ihrer Seitenknospen. Die nachfolgenden Untersuchungen des Aufblühverhaltens während des Haltbarkeitstests verdeutlichten die unerwünschte Nebenwirkung der kombinierten Stressbehandlung. Lediglich drei bis vier Seitenknospen blühten auf und verlängerten den Gesamtblühzeitraum. Im Vergleich dazu konnten die vier anderen Versuchsvarianten ein wesentlich besseres Aufblühverhalten aufweisen. Eine Ursache hierfür ist rein spekulativ. Es ist möglich, dass die Photosyntheseleistung der mechanisch und trockengestressten Pflanzen aufgrund kleinerer Blattflächen wesentlich geringer ausfiel. Dies wiederum könnte dafür verantwortlich sein, dass weniger

Reservestoffe gebildet und für die Entwicklung der Seitenknospen bereit gestellt werden konnten.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass mit Hilfe der kombinierten Anwendung von Trockenstress und mechanischen Berührungsreizen ein wachstumshemmender Effekt erzielt werden konnte. Dabei traten jedoch im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle eine leichte Qualitätsminderung bezüglich eines verringerten Blütendurchmessers und einer geringeren Seitenknospenanzahl auf. Die Qualität der Hemmstoffvariante konnte nicht erreicht werden. Somit ist eine vollständige Substitution des Hemmstoffeinsatzes durch eine kombinierte Stressbehandlung nicht möglich. Aus diesem Grund muss für eine erfolgreichere Anwendung bei Topfsonnenblumen das Verfahren weiter optimiert werden. Denkbar wäre hier, die Wassergaben weiter zu reduzieren. Dies jedoch lässt das Risiko von Blattwelke mit eventuell anschließenden Blattrandnekrosen und einem vermehrt auftretenden Schädlingsbefall erheblich größer werden. Da die Praxis ausschließlich an Kulturmaßnahmen mit geringem Risiko interessiert ist, scheint diese Möglichkeit von vorne herein wegzufallen. Hinsichtlich der mechanischen Reizbehandlung könnte die Anzahl und die Dauer der einzelnen Behandlungen variiert werden. Inwieweit hier jedoch ein Verbesserungspotential in Bezug auf einen stärkeren Hemmeffekt besteht, ist nicht abzuschätzen. Sinnvoll ist es, in einem weiteren Versuch den mechanisch und trocken gestressten Pflanzen eine ergänzende späte Hemmstoffbehandlung mit dem derzeit zugelassenen Topflor zuzuführen. Diese Maßnahme könnte das Schieben des Sprosses im Endstadium der Kultur beziehungsweise eindämmen. Das Erzielen einer in etwa vergleichbaren Qualität, wie sie in diesem Versuch mit dem nicht zugelassenen BAS 125 10 W erreicht wurde, scheint auf diese Art und Weise möglich. Somit würde zwar der Hemmstoffeinsatz nicht vollständig ersetzt werden können, doch würde die Reduzierung auf einen einmaligen, legalen Topflor-Einsatz bereits einen großen Erfolg darstellen. Im folgenden Kapitel sollen Empfehlungen für die Praxis in Bezug auf einen möglichen Einsatz der alternativen Kulturmaßnahmen Trockenstress und mechanischer Berührungsreiz diskutiert werden. Für eine praxisrelevante Darstellung werden diese Ausführungen unter anderem auf die in Kapitel 2.3.6.4 dargestellten Zierpflanzenbaubetriebe bezogen.

## 7 Empfehlungen für die Praxis

Der Sinn und Zweck der durchgeführten Untersuchungen lag darin, den Trockenstress und den mechanischen Berührungszreiz als Hemmstoffalternativen bei Topfsonnenblumen für einen möglichen Praxiseinsatz zu untersuchen. Den deutschen Zierpflanzenbaubetrieben steht momentan nur das Mittel Topflor zur Verfügung, das nach Untersuchungen von HAYLER (2000) bei Topfsonnenblumen keine ausreichende Wirkung zeigt. Aus diesem Grund sind die durchgeführten Versuche notwendig, um Empfehlungen für die Praxis aussprechen zu können. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass mit reduzierten Wassergaben und mechanischen Berührungszreizen ein sichtbarer Effekt in Bezug auf eine Hemmung des Streckungswachstums erzielt werden konnte. Dieser ist jedoch neben leichten Qualitätsverlusten bezüglich des Blütendurchmessers und der Seitenknospenanzahl nicht ausreichend, um eine sehr gute Verkaufsware zu produzieren. Aus diesem Grund kann der Einsatz des untersuchten Verfahrens in der Form für das Erzielen einer marktüblichen, kompakten Qualität von Topfsonnenblumen nicht empfohlen werden.

Ferner ist zu bedenken, dass eine Behandlung mit mechanischen Berührungszreizen nicht ohne weiteres durchführbar ist, sondern das Vorhandensein eines Streichelwagens voraussetzt. Demnach muss das Verfahren vor der Praxiseinführung weiter verbessert werden, um den Bau eines Streichelwagens für einen kommerziellen Einsatz zu rechtfertigen. Hier könnte die bereits diskutierte, erfolgsversprechende Möglichkeit einer kombinierten Stressbehandlung mit einem abschließenden Topfloreinsatz weiterhelfen. Ziehen wir an dieser Stelle für die weiterführenden Gedanken den in Kapitel 2.3.6.4 vorgestellte Praxisbetrieb „Gunkel“ heran. Dieser hat für eine Investition von circa € 300,- einen Streichelwagen entwickelt, mit dessen Hilfe und verringerten Wassergaben der Hemmstoffeinsatz bei Fuchsien deutlich reduziert werden konnte. Neben einer geringeren Umweltbelastung führte der Einsatz auch zu finanziellen Vorteilen, da auf diese Weise Mittel- und Ausbringungskosten des Hemmstoffeinsatzes eingespart werden konnten. Ferner bleiben derartig kultivierte Pflanzen im Durchmesser und in der Blattfläche besonders klein und versprechen somit einen hohen Flächenerlös. Je nach Sortiment besteht nun die Möglichkeit, im Anschluss an die Fuchsienkultur diese Kulturfläche mit Topfsonnenblumen der marktführenden Sorte 'Pacino' zu belegen und mit den entsprechenden Maßnahmen zu kultivieren. Daraufhin könnte der

Streichelwagen für die Produktion von Topfchrysanthenen und Poinsettien genutzt werden, bei denen der Trockenstress und der mechanische Berührungszreiz ebenfalls eine gute Wirkung zeigt (HAAS und RÖBER 1991, RUTTENSBERGER 1999, zitiert in GUGENHAN 1999). Demnach ist es möglich, den Streichelwagen nahezu ganzjährig auszunutzen. Um nun wieder auf die vorliegenden Versuchsergebnisse der Topfsonnenblumen zurückzukommen: Ganz entscheidend für die Einführung dieser alternativen Kulturmaßnahmen ist die jeweilige Absatzform, mit der die einzelnen Betriebe ihre Produkte vermarkten. Ist der Betrieb in Form eines Vertragsanbaues beispielsweise an eine Supermarktkette gebunden, muss zu einem bestimmten Termin die Topfsonnenblume mit einem genau definierten Aussehen geliefert werden. Für diesen Fall sind die alternativen Kulturmaßnahmen mit einer abschließenden Topflorbehandlung nicht zu empfehlen. Das Risiko eines unzureichenden Hemmeffektes ist bei den heutzutage üblichen strengen Vertragsbedingungen nicht zu tragen. Ganz anders sieht es dagegen bei direktvermarktenden Betrieben aus. Natürlich muss auch hier die Qualität stimmen, doch bedeuten fünf Zentimeter mehr in der Pflanzenhöhe keinen Vertragsbruch. Der Kunde entscheidet, welches Produkt er kaufen möchte. Wie Untersuchungen von RÖSEL et al (2001) zeigen, haben Kunden bei Topfsonnenblumen sehr unterschiedliche Vorstellungen. Die einen bevorzugen größere, andere wiederum kompakte Pflanzen. Demnach lassen sich mechanisch und trockengestresste Topfsonnenblumen gut verkaufen, solange sich der Spross im Endstadium der Kultur nicht zu sehr streckt und sich die Qualitätsminderung in Bezug auf Blütendurchmesser und Seitenknospenanzahl in Grenzen hält. Mit der Möglichkeit eines abschließenden Topfloreinsatzes könnte die Pflanzenhöhe zudem variiert werden, um verschiedene Sonnenblumentypen zur Befriedigung der unterschiedlichen Kundenvorlieben anbieten zu können. Besonders interessant für direktabsetzende Betriebe ist der Gedanke, die umweltfreundliche Produktion mit dem Streichelwagen als Verkaufsargument in den Mittelpunkt eines gut durchdachten Marketingkonzeptes zu stellen. An einem „Tag der offenen Gärtnerei“ kann den Besuchern das Verfahren näher gebracht und auf diese Weise die Vorteile der umweltschonenden Kulturmaßnahmen herausgestellt werden. Mit großer Wahrscheinlichkeit wird aufgrund des besonderen und nicht alltäglichen Anblicks gestreichelter Pflanzen die Gärtnerei in aller Munde sein, nach dem Motto: „Hey, hast du schon gehört? Die Gärtnerei xy aus dem Nachbardorf streichelt ihre Sonnenblumen und braucht deshalb viel weniger Chemie.“

## 8 Zusammenfassung

Im Mittelpunkt dieser Diplomarbeit stehen die Untersuchungen, inwieweit sich das Streckungswachstum von Topfsonnenblumen mit Hilfe von Trockenstress und mechanischen Berührungseizen unter Berücksichtigung aller spezifischen Qualitätsmerkmalen reduzieren lässt. Hierfür wurden zunächst in einer umfangreichen Literaturübersicht der Hintergrund der alternativen Kulturmethoden und die Erfahrungen dargestellt, die diesbezüglich in Praxis- und Versuchsbetrieben gesammelt werden konnten. Im Anschluss daran wurde mit Hilfe dieser Erkenntnisse die Zielsetzung und das praktische Versuchsvorhaben konzipiert. Wie die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, erbrachten die Einzelmaßnahmen Trockenstress und mechanischer Berührungseiz separat eingesetzt nicht die erwünschte Reduzierung des Streckungswachstums. Dagegen konnte mit der Kombination beider Maßnahmen die Höhe der Topfsonnenblumen um etwa 10% und damit sichtbar verringert werden. In Übereinstimmung mit der Pflanzenhöhe führte die Kombinationsbehandlung auch zu kürzeren Internodien, zu einem geringeren Frischgewicht und Pflanzendurchmesser sowie zu einer deutlich verkleinerten Pflanzenfläche. Allerdings wurden durch die erwähnten Stressbehandlungen auch Qualitätseigenschaften wie der Blütendurchmesser und die Knospenanzahl beeinflusst. Diese blieben im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle etwas kleiner, was leichte Qualitätsminderungen zur Folge hatte. Die mit BAS 125 10 W produzierte marktübliche Qualität konnte mit der Kombination aus Trockenstress und mechanischen Berührungseizen in Bezug auf den Kompaktheitsgrad und die Knospenanzahl nicht erreicht werden. Demnach sind weitere Untersuchungen notwendig, um das Verfahren zu optimieren und somit einen größeren Hemmeffekt erzielen zu können. Die Möglichkeit einer praktischen Einführung dieser alternativen Kulturmethoden bei Topfsonnenblumen ist abhängig von der jeweiligen Vermarktungsform der Betriebe. Für den Vertragsanbau ist der Einsatz der kombinierten Stressbehandlung anstelle eines Hemmstoffeinsatzes nicht zu empfehlen. Aufgrund der strengen Vertragsbedingungen in Bezug auf ein genau definiertes Aussehen der Topfsonnenblumen sind diese Maßnahmen zu risikoträchtig und nicht ausreichend wirkungsvoll. Direktabsetzende Betriebe dagegen könnten bei einer Verfeinerung des Verfahrens mechanisch und trocken gestresste Topfsonnenblumen in angemessener Qualität produzieren und sich den Aspekt einer umweltschonenden und nicht alltäglichen Kulturmethode als Verkaufsargument zu Nutzen machen.

**Literaturverzeichnis**

- BETTIN, A. und VOBKAMP, R. (1996): Kultursteuerung bei Sonnenblumen. Deutscher Gartenbau 50 (17) S. 1028-1029.
- BEYL, C.A. und MITCHELL, C.A. (1977): Characterisation of mechanical stress dwarfing in *chrysanthemums*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (5) S. 591-594.
- BIDDINGTON, N.L. (1985): A review of mechanically induced stress in plants. Scientific Horticulture (36) S.12-20.
- BIERMANN, W. (1998): Trockene Kulturführung und Cool Morning können bei *Euphorbia pulcherrima* Hemmstoffe ersetzen. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 66-67.
- BIRO, E.R. et al (1980): Thigmomorphogenesis: Changes in cell division and elongation in the internodes of mechanically-perturbed or ethrel-treated bean plants. Ann. Bot. (45) S. 655-664.
- BIRO, E.R. und JAFFE, M.L. (1984): Thigmomorphogenesis: Ethylene evolution and its role in the changes in mechanically perturbed bean plants. Physiol. Plant. (62) S.289-296.
- BOCKELMANN, I. (1999): Versuch mit Hemmstoffen. Deutscher Gartenbau 53 (25) S.32.
- BOCKELMANN, I. (1997): Kultur als Topfblume. Deutscher Gartenbau Spezial 50 (50)
- BÜNNING, E. et al (1948): Weitere Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes und mechanischer Reize auf Pflanzen. Planta (36) S. 178-187.
- CUIJPERS, L.H.M. (1991): Beheersing lengtegroei perkplanten met Dif. Vakblad voor de Bloemisterij (5) S. 48-49.
- ERNER, Y. et al (1980): Thigmomorphogenesis: Evidence for a translocatable thigmomorphogenetic factor induced by mechanical perturbation of beans (*Phaseolus vulgaris*). Physiol. Plant. (50) S.21-25.
- ERNER, Y. und JAFFE, M.J. (1982): Thigmomorphogenesis: The involvement of auxin and abscisic acid in growth retardation due to mechanical perturbation. Plant and Cell Physiol. (23) S. 935-941.
- ERNER, Y. et al (1983): Thigmomorphogenesis: membrane lipid and protein changes in bean plants as affected by mechanical perturbation and ethrel. Physiol. Plant. (58) S. 197-203.
- FELDMANN, R. (1997): *Euphorbia pulcherrima*: Hemmstoffeinsparung durch trockene Kulturführung. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 70-71.

- FELDMANN, R. (1997): Hemmstoffeinsparung durch trockene Kulturführung bei *Petunia*-Hybriden. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 127-128.
- FELDMANN, R. (1998): Trockene Kulturführung bei *Begonia-Elatior*-Hybriden: im Winter kein Einfluss auf Pflanzengröße feststellbar. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 34-35.
- FISCHER, M. und HENDRIKS, L. (2000): Hemmung des Streckungswachstums durch Trockenstress. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 132-133.
- GÖBEL, C. und RUTTENSBERGER, U. (1999): Vergleich verschiedener Kulturverfahren zur Einsparung von Hemmstoffen bei *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 56-57.
- GÖBEL, C. (2000): Vergleich von Kulturverfahren im Hinblick auf die Einsparung von Hemmstoffen bei *Euphorbia pulcherrima*. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 77-78.
- GOERTZ, M (1994): Was kommt nach Alar? Deutscher Gartenbau 48 (41) S. 2454-2456.
- GUGENHAN, E. (1999): Kompakte Pflanzen durch zartes Streicheln. Deutscher Gartenbau 53 (46) S.27-28.
- GUNKEL, P. (2002): Persönliche Mitteilung, 7. Mai, Nieder-Wöllstadt.
- HAAS, H.-P. und RÖBER, R. (1991): *Euphorbia pulcherrima* können trocken kultiviert werden. Deutscher Gartenbau 45 (51/52) S. 3191-3193.
- HAAS, H.-P. (1992): Möglichkeiten und Grenzen der Hemmstoffeinsparung durch Regelung der Substratfeuchte bei *Dendranthema x grandiflorum*. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 63-64.
- HAAS, H.-P. (1994): Alternative Kulturmethoden. Deutscher Gartenbau 48 (45) S. 2661-2663.
- HAAS, H.-P. (1994): Die Wirkung unterschiedlicher Substratfeuchte auf das Wachstum und die Blütenentwicklung von *Hydrangea macrophylla*. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 93-94.
- HAAS, H.-P. und RÖBER, R. (1995): Trockener kultivieren – wo funktioniert das? Taspo Gartenbaumagazin (7) S. 18.
- HAAS, H.-P. (1995): Einfluss der Temperatur und der Wasserversorgung auf das Wachstum und die Haltbarkeit von *Begonia-Elatior*-Hybriden. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 44-45.
- HAAS, H.-P. (1997): Wirkung von Temperatur und Substratfeuchte auf das Längenwachstum und die Blütenentwicklung während der Treiberei von Hortensien. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 108-109.

- HAAS, H.-P. (2002): Hemmstoffalternativen. Monatschrift (6) S.422-423.
- HAAS, H.-P. (2002): Bewässerung und Cool Morning. Monatschrift (6) S. 423-425.
- HAMMER, P.A. et al (1974): Height control in greenhouse *chrysanthemum* by mechanical stress. HortScience 9 (5) S. 474-475.
- HARM, U. (1997): Einfluss der Tageslänge auf die Kulturdauer, Steuerung des Blühtermins und die Pflanzenhöhe bei Sonnenblumen. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 99-100.
- HASENBUSCH, R. (1994): Kompakte Pflanzen durch Trockenstress. Deutscher Gartenbau 48 (39) S. 2342-2343.
- HAUCK, Y. (1991): Dif mit Pfiff. Deutscher Gartenbau 45 (39) S.2453-2455.
- HAUCK, Y. (1991): Dif(f) ist ein Versuch wert. Deutscher Gartenbau 45 (39) S. 2456-2459.
- HAUSER, B. und HORN, W. (1996): Wofgang Horn Zierpflanzenbau. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- HAYLER, N. (2000): Versuche zur Schließung von Indikationslücken 2000-Zierpflanzenbau. Freising: Bayrische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau.
- HEINRICHS, G. (2002): Hemmstoffe ade – was kommt danach? Deutscher Gartenbau 56 (18) S. 36-37.
- HENDRIKS, L. (1991): Vorteile von neuen Temperaturprogrammen. Gärtnerbörse/Gartenwelt (39) S. 1868-1871.
- HENDRIKS, L. (1991): Energie statt Chemie. Deutscher Gartenbau 45 (41) S.2560-2563.
- HENDRIKS, L. (1991): Höhenkontrolle von *Euphorbia pulcherrima*. Deutscher Gartenbau 45 (31) S. 1896-1899.
- HENDRIKS, L. et al (1991): Wachstumskontrolle ohne Hemmstoffe. Gärtnerbörse/Gartenwelt (6) S. 269-274.
- HENDRIKS, L. und LUDOLPH, D. (1992): Height control of ornamental plants without chemical growth retardants. Ohio Florists' Association Bulletin (748) S. 1-4.
- HENDRIKS, L (1993): Steuerung des Streckungswachstums – eine Bestandsaufnahme bei Zierpflanzen. Taspo Gartenbaumagazin (11) S. 55-58.
- HENDRIKS, L. und VOBKAMP, R. (1994): Können Kurztage Alar ersetzen? Zierpflanzenbau (8) S. 363-365.
- HENDRIKS, L. (1997): Forschungsanstalt Geisenheim/Temperaturregelstrategien. Braunschweig: Thalacker Medien.

- HENDRIKS, L. und UEBER, E. (1997): Forschungsanstalt Geisenheim/Temperaturregelsstrategien. Braunschweig: Thalacker Medien.
- HEB, D. (1981): Pflanzenphysiologie. 7. Aufl. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag
- HIRAKI, Y. und OTA, Y. (1974): The relationship between growth inhibition and ethylen production by mechanical stimulation in *Lilium longifolium*. Plant and Cell Physiol. (16) 185-189.
- HIRAKI, Y. et al (1975): The relationship between growth inhibition and ethylen production by mechanical stimulation in *Lilium longifolium*. Plant Cell Physiol. (16) S.185-189.
- HOFFMANN, S. (1999): Die Wirkung von photoselektiven Bedachungsmaterialien auf das Wachstum von Zierpflanzen. Gartenbauwissenschaft 64 (4) S. 183-189.
- HORN, W. (1996): Wofgang Horn Zierpflanzenbau. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- HORN, W. und RÖBER, R. (1993): Wirkung unterschiedlicher Wassergaben auf Wachstum, Qualität und Prolingehalt von *Euphorbia pulerrima*.
- HOUSKA, P. (1998): Kurztag rechtzeitig beenden. Gärtnerbörse (21) S.36-37.
- HUNT, E.R. und JAFFE, M.J. (1980): Thigmomorphogenesis: Interaktion of wind and temperature in the field on the growth of *Phaseolus vulgaris*. Ann. Bot. (45) S.665-672.
- JAFFE, M.J. (1973): Thigmomorphogenesis: The response of plant growth and development to mechanical stimulation with special reference to *Bryonia dioica*. Planta (114) S. 143-157.
- JAFFE, M.J. und BIRO, E.R. (1979): Thigmomorphogenesis: the effect of mechanical perturbation on the growth of plants with special reference to anatomical changes , the role of ethylene, and interaction with other environmental stresses. Stress Physiology of Crop Plants S. 25-59.
- JATZKOWSKI, M. (1994): 'Silver Leaf' hat wertvolle Charakterschwächen. Deutscher Gartenbau 48 (16) S. 976-977.
- JATZKOWSKI, M. et al (1994): Kleinere Pflanzen durch Bewegung und Berührung. Deutscher Gartenbau 48 (16) S.960-963.
- KOLB, D. (2002): Persönliche Mitteilung, 23.April, Würzburg.
- KORTING, F. (1996): Pflanzenschutz bei Sonnenblumen. Deutscher Gartenbau Spezial 50 (50).
- KORTING, F. (2001): Wachstumsregulatoren an Beet- und Balkonpflanzen. Monatsschrift (3) S. 239-240.

- KREBS, E.-K. (1996): Gesundere *Fuchsia*-Hybriden durch Diff und Drop. *Taspo Gartenbaumagazin* (4) S. 37-38.
- LEEUEWEN, G.V. (1995): Kompakte Pflanzen mit Diff und „Cool morning“. *Deutscher Gartenbau* 49 (2) S.80-81.
- LOZAN, J.L. (1992): *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler*. Berlin und Hamburg: Parey.
- LUDOLPH, D. und BEßLER, B (2002): UV-B durchlässiges Glas im Praxistest. *Das Taspo Magazin* (2) S. 20-22.
- MASEMANN, S. und UEBER, E. (2002): Gezielter P-Mangel kann Hemmstoffe nicht ersetzen. *Deutscher Gartenbau* 56 (14) S. 39-41.
- MEINKEN, E. und FISCHER, P. (1996): N und K im Topf. *Deutscher Gartenbau Spezial* 50 (50).
- MITCHELL, C.A. (1977): Influence of mechanical stress on auxin-stimulated growth of excised pea stem sections. *Physiol. Plant.* (41) S.129-134.
- MUNZERT, M. (1992): *Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen*. Berlin und Hamburg: Parey.
- MYSTER, J. und MOE, R. (1997): *Forschungsanstalt Geisenheim/Temperaturregelstrategien*. Braunschweig: Thalacker Medien.
- NULTSCH, W. (1965): *Allgemeine Botanik*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- PREIL, W. et al (1998): Erika-Kreuzungen mit Wildformen. *Deutscher Gartenbau* 52 (42) S. 16-18.
- PRESSMAN, E. et al (1984): The effect of mechanical perturbation and the involvement of ethylene in petiole pithiness in celery. *Plant Cell Physiol.* 25 (6) S. 891-897.
- REINHARD, C. (1992): Hemmstoffeinsatz bei *Viola-Wittrockiana*-Hybriden *Gärtnerbörse/ Gartenwelt* (26) S. 1274.
- RIEDEL et al (1994) Vergleich unterschiedlicher Wuchshemmverfahren zur Regulierung des längenwachstums von *Begonia-Elatior*-Hybriden. *Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau* S. 28-29.
- RÖBER, R. (1992): Kein Hemmstoff mehr und was nun? *Deutscher Gartenbau* 46 (23) S. 1410-1412.
- RÖBER, R. (1996): *Wofgang Horn Zierpflanzenbau*. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- RÖSEL, B. et al (2001): Worauf Kunden achten. *Deutscher Gartenbau* 55 (44) S. 40-41.

- RUTTENSBERGER, U. (2002): Don't touch too much. Das Taspo Magazin (2) S.23-25.
- SAUER, H. (1997): Hemmstoffeinsparung durch Verdunklung bei *Helianthus annuus* unter Glas. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 97-98.
- SAUER, H. (1997): Vergleich verschiedener Kulturverfahren zur Einsparung von Hemmstoffen bei Pelargonium-Zonale-Hybriden 'Präludium' und 'Gen Rena'. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 120-121.
- STEINBACHER, F. und WALZ, F. (1993): Einfluss der Wasserversorgung auf das Wachstum von *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 52-53.
- SUGE, H. (1978): Growth and gibberellin production in *Phaseolus vulgaris* as affected by mechanical stress. *Plant and Cell Physiol.* 19 (8) S. 1557-1560.
- SYNGENTA (2002): Pflanzenkatalog Blumen 2002/2003.
- TANTAU, H.-J. (1997): Forschungsanstalt Geisenheim/Temperaturregelstrategien. Braunschweig: Thalacker Medien.
- TEICHERT, A. (1994): Salzanreicherung im Substrat kann Hemmstoffe nicht ersetzen. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 62-63.
- TEICHERT, A. (1994): Salzanreicherung im Substrat kann Hemmstoffe nicht ersetzen. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 166-167.
- UEBER, E. (1993): Kann Salz das Wachstum bremsen. *Zierpflanzenbau* (5) S. 228.
- UEBER, E. (2001): Kompakt ohne Hemmstoffe. *Monatsschrift* (3) S. 241-242.
- UEBER, E. (1995): Auch ohne chemisches Korsett machen *Petunia*-Hybriden eine gute Figur. *Taspo Gartenbaumagazin* S.16-17.
- Ueber, E. (1997): Forschungsanstalt Geisenheim/Temperaturregelstrategien. Braunschweig: Thalacker Medien.
- VOGELEZANG, J.V.M. (1991): Temperatuur als alternatieve groeiregulator. *Vakblad voor de Bloemisterij* (50) S. 40.
- WARTENBERG, S. (1993): Untersuchungen zur Anwendung von Kaliumsulfat als Wachstumsregulator bei *Viola-Wittrockiana*-Hybriden. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 142-143.
- WARTENBERG, S. (1994): N-Fixierung für Wachstumsregulierung bei *Viola-Wittrockiana*-Hybriden nutzbar. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 162-163.
- WARTENBERG, S. (2000): Wachstumsregulierung über zeitweisen N-Entzug bei *Euphorbia pulcherima*. Versuche im deutschen Gartenbau – Zierpflanzenbau S. 79-80.

WITT, H.-H. (1996): Wolfgang Horn Zierpflanzenbau. Berlin, Wien: Blackwell Wissenschafts-Verlag.

ZIEGLER, H. (1998): Straßburger Lehrbuch der Botanik. 37. Aufl. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer Verlag

ZIMMER, K. (1995): Wegfall von Hemmstoffen über Sortenwahl kompensierbar? Taspo Gartenbaumagazin (10) S. 10-11.

# Anhang

Tabelle A1: Rohdaten folgender untersuchter Parameter: Internodienlänge, Sprossdurchmesser, Blütendurchmesser und Anzahl der Knospen

Wh	Variante	Pflanze	Internodienlänge	Sprossdurchmesser	Blütendurchmesser	Anzahl Knospen
1	1	1	4,2	1,0	10,6	10,0
1	1	2	3,7	1,1	9,5	12,0
1	1	3	4,4	1,1	12,4	12,0
1	1	4	4,5	1,1	11,2	9,0
1	1	5	3,6	1,0	11,8	10,0
1	1	6	5,2	1,1	11,7	9,0
1	1	7	3,3	1,0	10,9	6,0
1	1	8	3,5	1,1	12,4	8,0
1	2	1	3,0	1,1	12,6	8,0
1	2	2	4,2	1,1	13,2	7,0
1	2	3	4,3	0,9	11,5	9,0
1	2	4	4,1	1,1	10,8	10,0
1	2	5	4,9	1,1	11,8	11,0
1	2	6	3,0	1,1	11,9	4,0
1	2	7	3,1	1,1	12,5	7,0
1	2	8	4,4	1,1	12,0	9,0
1	3	1	4,5	1,0	10,9	7,0
1	3	2	5,3	1,0	11,5	8,0
1	3	3	4,2	1,1	13,1	5,0
1	3	4	4,0	1,1	11,0	10,0
1	3	5	3,1	1,0	10,8	8,0
1	3	6	4,4	1,0	11,7	9,0
1	3	7	3,2	1,0	12,1	7,0
1	3	8	2,9	1,0	13,4	5,0
1	4	1	1,7	1,1	10,0	13,0
1	4	2	2,3	1,2	10,2	15,0
1	4	3	3,0	1,0	10,8	10,0
1	4	4	1,6	1,0	12,0	9,0
1	4	5	1,9	1,1	11,3	14,0
1	4	6	1,4	1,1	12,5	11,0
1	4	7	2,4	1,0	12,2	10,0
1	4	8	1,2	0,9	12,4	9,0
1	5	1	3,6	1,1	14,4	8,0
1	5	2	3,9	1,1	9,6	9,0
1	5	3	3,5	1,1	11,9	8,0
1	5	4	3,2	1,0	14,0	3,0
1	5	5	3,7	1,2	14,5	7,0
1	5	6	3,9	1,0	12,0	10,0
1	5	7	5,1	1,1	11,9	9,0

1	5	8	5,2	1,1	11,7	10,0
Wh	Variante	Pflanze	Internodienlänge	Sprossdurchmesser	Blütendurchmesser	Anzahl Knospen
2	1	1	4,3	1,1	12,4	10,0
2	1	2	4,7	1,1	12,1	11,0
2	1	3	2,8	1,2	12,3	11,0
2	1	4	4,5	1,1	13,0	4,0
2	1	5	4,4	1,1	10,7	13,0
2	1	6	4,1	1,1	12,0	10,0
2	1	7	3,5	1,1	9,7	11,0
2	1	8	4,0	1,3	9,6	13,0
2	2	1	4,4	1,0	13,5	12,0
2	2	2	3,1	1,2	13,4	10,0
2	2	3	3,0	1,1	13,1	6,0
2	2	4	3,8	1,1	13,5	7,0
2	2	5	3,7	1,1	12,8	11,0
2	2	6	4,5	1,1	14,3	5,0
2	2	7	3,4	1,0	12,2	9,0
2	2	8	4,6	1,0	14,5	7,0
2	3	1	3,2	1,1	10,8	7,0
2	3	2	4,3	1,1	10,5	12,0
2	3	3	4,5	1,0	11,0	13,0
2	3	4	4,8	1,1	11,2	13,0
2	3	5	3,8	1,2	12,6	8,0
2	3	6	4,0	1,1	11,0	12,0
2	3	7	3,5	1,1	11,1	10,0
2	3	8	4,5	1,0	12,1	6,0
2	4	1	2,2	1,0	10,8	12,0
2	4	2	3,3	1,0	11,5	13,0
2	4	3	2,5	1,1	12,0	11,0
2	4	4	2,1	1,2	12,3	14,0
2	4	5	1,9	1,1	12,1	14,0
2	4	6	2,4	1,2	11,9	13,0
2	4	7	1,6	1,0	12,5	10,0
2	4	8	2,0	1,0	12,6	12,0
2	5	1	4,6	1,2	12,0	11,0
2	5	2	4,3	1,1	13,1	6,0
2	5	3	3,0	1,1	14,0	4,0
2	5	4	4,9	1,2	11,6	6,0
2	5	5	3,0	1,1	14,2	5,0
2	5	6	4,6	1,2	10,7	10,0
2	5	7	4,3	1,1	14,2	10,0
2	5	8	4,7	1,1	11,8	8,0
3	1	1	4,2	1,0	11,7	9,0
3	1	2	4,7	1,2	12,0	10,0

3	1	3	5,5	1,1	12,3	7,0
Wh	Variante	Pflanze	Internodienlänge	Sprossdurchmesser	Blütendurchmesser	Anzahl Knospen
3	1	4	3,4	1,1	12,5	12,0
3	1	5	4,1	1,2	11,7	11,0
3	1	6	4,5	1,1	11,8	12,0
3	1	7	4,6	1,1	12,0	9,0
3	1	8	3,8	1,2	13,1	8,0
3	2	1	3,0	1,0	10,3	11,0
3	2	2	4,1	1,0	13,5	7,0
3	2	3	3,9	1,1	12,2	7,0
3	2	4	4,0	1,1	14,1	6,0
3	2	5	3,8	1,1	13,5	9,0
3	2	6	3,2	1,0	13,6	9,0
3	2	7	4,5	1,1	11,4	11,0
3	2	8	4,0	0,9	11,9	8,0
3	3	1	3,3	1,1	12,3	9,0
3	3	2	2,7	1,0	12,6	7,0
3	3	3	2,7	1,0	13,0	8,0
3	3	4	3,1	1,1	13,5	8,0
3	3	5	3,9	1,2	11,0	10,0
3	3	6	3,0	1,1	12,9	8,0
3	3	7	2,9	1,1	11,6	13,0
3	3	8	4,6	1,1	12,0	7,0
3	4	1	2,0	1,1	11,9	13,0
3	4	2	2,6	1,2	12,1	14,0
3	4	3	2,9	1,1	12,5	11,0
3	4	4	2,5	1,1	12,5	12,0
3	4	5	2,8	1,1	12,2	11,0
3	4	6	2,1	1,1	12,3	11,0
3	4	7	2,5	1,1	12,3	13,0
3	4	8	2,0	1,1	12,7	11,0
3	5	1	4,4	1,2	12,0	11,0
3	5	2	3,6	1,1	12,1	9,0
3	5	3	3,8	1,0	13,0	8,0
3	5	4	3,0	1,1	12,7	5,0
3	5	5	3,7	1,1	13,4	7,0
3	5	6	3,4	1,2	14,1	7,0
3	5	7	5,5	1,1	11,8	8,0
3	5	8	3,6	1,0	14,2	6,0
4	1	1	3,0	1,1	10,9	11,0
4	1	2	3,8	1,1	9,6	10,0
4	1	3	4,2	1,2	10,3	10,0
4	1	4	3,3	1,2	9,2	12,0

4	1	5	3,7	1,1	11,0	12,0
4	1	6	3,2	1,1	10,3	11,0
Wh	Variante	Pflanze	Internodienlänge	Sprossdurchmesser	Blütendurchmesser	Anzahl Knospen
4	1	7	3,3	1,2	10,7	12,0
4	1	8	4,2	1,3	12,3	11,0
4	2	1	4,7	1,0	13,4	10,0
4	2	2	3,3	0,9	13,5	8,0
4	2	3	3,5	0,9	13,8	4,0
4	2	4	3,0	1,1	12,7	11,0
4	2	5	3,2	0,9	14,1	3,0
4	2	6	3,8	1,1	12,6	7,0
4	2	7	3,3	1,1	13,5	8,0
4	2	8	4,7	1,2	12,0	8,0
4	3	1	4,5	1,2	12,0	7,0
4	3	2	2,7	1,0	13,2	6,0
4	3	3	2,3	1,1	11,0	7,0
4	3	4	4,0	1,0	10,8	12,0
4	3	5	3,9	1,0	12,3	7,0
4	3	6	3,8	1,1	12,7	9,0
4	3	7	3,7	1,0	10,5	8,0
4	3	8	4,7	1,2	11,6	9,0
4	4	1	1,7	1,0	12,1	12,0
4	4	2	1,7	1,1	12,0	13,0
4	4	3	2,1	1,1	12,6	10,0
4	4	4	2,0	1,0	11,0	13,0
4	4	5	1,5	1,0	11,7	12,0
4	4	6	2,3	1,0	11,4	13,0
4	4	7	1,4	1,0	11,1	12,0
4	4	8	1,5	1,0	13,0	9,0
4	5	1	4,2	1,1	12,5	7,0
4	5	2	3,4	1,0	11,4	6,0
4	5	3	4,4	1,2	14,1	7,0
4	5	4	3,7	1,1	13,2	6,0
4	5	5	3,8	1,1	13,3	5,0
4	5	6	2,9	1,0	13,2	6,0
4	5	7	4,6	1,1	11,5	8,0
4	5	8	3,0	1,1	12,8	8,0
5	1	1	4,1	1,1	10,0	8,0
5	1	2	3,5	1,1	9,8	11,0
5	1	3	3,9	1,2	8,7	10,0
5	1	4	4,8	1,1	12,4	8,0
5	1	5	3,9	1,3	11,6	12,0
5	1	6	3,5	1,1	12,1	12,0
5	1	7	3,3	1,2	10,9	12,0

5	1	8	3,7	1,2	12,2	13,0
5	2	1	2,5	1,0	13,3	13,0
Wh	Variante	Pflanze	Internodienlänge	Sprossdurchmesser	Blütendurchmesser	Anzahl Knospen
5	2	2	4,1	1,1	11,8	8,0
5	2	3	4,0	1,0	11,4	12,0
5	2	4	3,4	1,0	10,9	14,0
5	2	5	3,3	1,0	12,7	10,0
5	2	6	4,7	1,1	11,0	14,0
5	2	7	3,7	1,2	12,3	10,0
5	2	8	4,5	1,0	10,8	13,0
5	3	1	3,1	1,1	12,5	6,0
5	3	2	3,4	1,1	12,1	8,0
5	3	3	3,5	1,1	10,1	12,0
5	3	4	3,0	1,2	11,7	11,0
5	3	5	3,8	1,1	11,8	8,0
5	3	6	3,2	1,2	9,7	11,0
5	3	7	3,4	1,1	10,0	14,0
5	3	8	2,2	1,2	12,0	5,0
5	4	1	1,1	1,1	11,2	14,0
5	4	2	1,5	1,0	11,8	14,0
5	4	3	1,9	1,0	12,9	10,0
5	4	4	2,0	1,1	11,1	13,0
5	4	5	2,3	1,0	11,0	11,0
5	4	6	1,2	1,1	12,3	13,0
5	4	7	2,2	1,1	10,5	13,0
5	4	8	1,8	1,1	11,4	11,0
5	5	1	3,3	1,1	11,4	9,0
5	5	2	2,5	1,1	13,0	5,0
5	5	3	4,7	1,0	11,1	8,0
5	5	4	3,5	1,0	12,3	8,0
5	5	5	4,0	1,2	11,7	9,0
5	5	6	3,8	1,0	12,1	10,0
5	5	7	5,2	1,1	12,4	6,0
5	5	8	4,8	1,2	11,5	9,0

Tabelle A2: Rohdaten folgender untersuchter Parameter: Pflanzendurchmesser, Pflanzenhöhe, Pflanzenfläche – Seitenansicht und Pflanzenfläche – Ansicht von oben

Wh	Variante	Pflanze	Pflanzen- durchmesser	Pflanzen- höhe	Pflanzenfläche - Seitenansicht	Pflanzenfläche - Ansicht von oben
1	1	1	40,30	46,11	759,50	589,70
1	1	2	38,11	45,64	702,50	771,70
1	1	3	37,01	45,95	660,30	741,30
1	1	4	39,83	44,69	724,30	818,80
1	1	5	33,87	42,97	623,30	929,00
2	1	1	39,99	41,40	575,10	634,30
2	1	2	32,31	42,03	610,20	732,10
2	1	3	31,68	41,24	575,00	565,80
2	1	4	36,23	46,11	708,60	635,10
2	1	5	36,23	42,19	523,90	619,70
3	1	1	34,19	42,66	621,60	589,50
3	1	2	32,62	44,69	596,80	742,70
3	1	3	37,40	42,34	561,10	562,60
3	1	4	40,15	44,38	642,80	651,40
3	1	5	37,40	41,56	597,20	715,00
4	1	1	37,17	45,79	722,10	637,90
4	1	2	35,60	44,69	649,40	643,80
4	1	3	31,68	45,79	650,80	649,50
4	1	4	36,07	42,19	596,50	653,30
4	1	5	32,62	41,09	535,90	669,50
5	1	1	33,72	44,85	638,10	782,60
5	1	2	37,32	42,50	628,20	664,10
5	1	3	37,64	45,01	639,10	699,80
5	1	4	31,52	44,22	656,90	549,60
5	1	5	36,54	47,67	655,60	621,70
1	2	1	37,79	43,77	650,30	648,30
1	2	2	38,23	46,99	565,10	726,00
1	2	3	40,93	46,11	558,40	619,20
1	2	4	33,72	47,52	709,90	707,50
1	2	5	34,36	45,79	651,80	762,20
2	2	1	35,60	44,14	601,90	745,30
2	2	2	35,79	46,26	697,60	616,00
2	2	3	32,78	43,42	752,80	687,00
2	2	4	36,85	47,67	641,70	699,60
2	2	5	36,82	45,62	656,70	724,50
3	2	1	34,97	44,26	577,60	765,80
3	2	2	37,54	44,36	520,10	663,60
3	2	3	34,81	45,89	722,90	764,20
3	2	4	38,52	44,09	591,90	816,10
3	2	5	34,69	43,42	710,10	627,00

Wh	Variante	Pflanze	Pflanzen- durchmesser	Pflanzen- höhe	Pflanzenfläche - Seitenansicht	Pflanzenfläche - Ansicht von oben
4	2	1	35,85	45,64	654,10	611,20
4	2	2	37,79	46,11	688,00	765,30
4	2	3	33,25	44,69	692,10	703,10
4	2	4	32,78	47,14	580,50	677,90
4	2	5	33,54	43,36	557,70	630,50
5	2	1	39,21	44,20	592,50	785,60
5	2	2	36,70	43,44	576,50	686,80
5	2	3	35,44	43,28	726,80	683,00
5	2	4	34,50	47,20	651,20	620,00
5	2	5	36,41	44,58	721,30	659,00
1	3	1	29,17	39,52	494,00	586,80
1	3	2	36,07	41,71	634,10	643,40
1	3	3	31,68	36,54	532,60	666,00
1	3	4	38,11	40,46	542,80	500,70
1	3	5	34,66	40,77	588,00	508,50
2	3	1	40,15	43,13	631,50	623,30
2	3	2	29,01	37,79	515,00	615,20
2	3	3	33,87	39,21	483,20	568,10
2	3	4	32,93	39,21	494,40	436,20
2	3	5	31,36	38,26	540,40	698,80
3	3	1	34,81	40,62	673,70	528,10
3	3	2	35,13	42,97	629,00	569,50
3	3	3	35,60	39,83	622,60	499,00
3	3	4	29,48	36,23	520,60	708,00
3	3	5	27,13	38,42	383,70	657,90
4	3	1	34,81	38,11	571,30	609,70
4	3	2	35,76	42,97	614,30	601,80
4	3	3	30,27	42,50	575,00	619,40
4	3	4	35,76	43,13	644,90	619,70
4	3	5	33,09	43,28	531,10	563,90
5	3	1	31,84	40,46	485,20	646,20
5	3	2	38,74	45,17	591,00	516,00
5	3	3	32,46	43,44	585,90	589,20
5	3	4	31,36	36,85	477,50	745,00
5	3	5	35,91	41,87	630,30	556,40
1	4	1	37,32	29,17	514,40	606,80
1	4	2	41,71	27,29	499,30	579,10
1	4	3	35,44	27,91	525,50	645,90
1	4	4	33,56	26,66	437,30	642,70
1	4	5	29,95	37,49	443,60	646,50
2	4	1	38,89	31,84	522,90	747,80
2	4	2	33,72	31,21	494,80	517,50
2	4	3	35,91	37,59	552,70	558,90

Wh	Variante	Pflanze	Pflanzen- durchmesser	Pflanzen- höhe	Pflanzenfläche - Seitenansicht	Pflanzenfläche - Ansicht von oben
2	4	4	33,87	28,23	492,30	614,30
2	4	5	32,78	31,21	515,00	617,90
3	4	1	34,97	32,62	591,50	656,00
3	4	2	35,13	33,72	552,60	526,70
3	4	3	32,46	29,33	491,50	606,80
3	4	4	36,70	29,64	503,90	583,00
3	4	5	37,59	32,62	530,10	610,60
4	4	1	35,13	34,50	561,70	669,10
4	4	2	33,09	31,84	571,00	548,80
4	4	3	35,29	33,72	462,80	578,00
4	4	4	35,29	30,58	555,50	608,50
4	4	5	31,21	26,97	438,60	574,70
5	4	1	39,21	31,36	568,80	572,20
5	4	2	30,89	26,82	373,90	507,80
5	4	3	33,09	35,13	508,50	547,00
5	4	4	36,38	32,62	454,40	509,00
5	4	5	36,07	28,54	455,00	693,90
1	5	1	33,82	47,45	759,60	676,60
1	5	2	33,98	47,64	783,90	562,10
1	5	3	32,47	44,76	605,80	650,50
1	5	4	35,12	46,88	722,70	666,40
1	5	5	33,66	48,28	775,50	512,80
2	5	1	29,76	45,37	711,40	562,40
2	5	2	30,57	44,72	691,40	623,15
2	5	3	37,58	43,63	613,30	601,40
2	5	4	32,52	42,60	649,90	678,24
2	5	5	38,45	46,46	622,40	598,23
3	5	1	30,41	43,63	660,50	613,20
3	5	2	34,96	46,83	761,90	789,10
3	5	3	33,36	41,63	654,70	624,50
3	5	4	38,41	45,53	686,90	824,80
3	5	5	39,67	42,06	718,20	588,96
4	5	1	34,63	42,80	673,50	580,70
4	5	2	38,23	45,37	643,30	593,80
4	5	3	33,12	41,14	611,50	701,06
4	5	4	37,45	44,06	623,20	644,30
4	5	5	31,52	43,37	595,40	593,00
5	5	1	35,96	47,41	690,80	698,60
5	5	2	33,98	42,50	734,60	549,70
5	5	3	32,85	45,53	612,50	548,30
5	5	4	33,33	47,64	760,60	506,00
5	5	5	30,57	44,30	642,90	630,40

---

**Veröffentlichung der Versuchsergebnisse in:** GB – das Magazin für Zierpflanzenbau,  
im Druck befindlich

## Gestresste Sonnenblumen bleiben kürzer

Aufgrund des unerwünscht starken Streckungswachstums von Topfsonnenblumen ist die Anwendung von Wuchshemmstoffen in der Praxis verbreitet. Der derzeitig zugelassene Hemmstoff Topflor zeigt jedoch häufig nur eine unbefriedigende Wirkung (HAYLER 2000). Aus diesem Grund werden verschiedene Alternativen wie beispielsweise spezielle Temperaturprogramme, Kurztagbedingungen, ein hoher Salzgehalt im Substrat, oder temporärer Wasserstress zur Reduzierung des Streckungswachstums in Betracht gezogen. Als besonders wirksam haben sich in diesem Zusammenhang Kurztageinschübe erwiesen (HOUSKA, 1998). Weitgehend unbekannt bei Sonnenblumen ist dagegen die Wirkung von Berührungsreizen, die an der LVG Heidelberg und in der Praxis bei anderen Arten erfolgreich getestet wurden.

Im Rahmen eines gemeinsamen Projektes der Fachhochschule Wiesbaden und der LVG Heidelberg sollte deshalb die Wirkung von zeitweiligem Berührungsstress sowie Wasserstress als Maßnahme zur Höhenkontrolle bei Topfsonnenblumen untersucht werden. Die vermeintlichen Probleme des hohen technischen Aufwands für einen Streichelwagen sind bei Vorhandensein von Gieß- oder Spritzwagen leicht zu lösen.

Temporärer Trockenstress zur Reduzierung des Streckungswachstums zählt bei einer Reihe von Kulturen inzwischen zur Routine. Bei Sonnenblumen ist diese Maßnahme unter anderem wegen des hohen Wasserbedarfs der Kultur und dem Risiko von Blattrandnekrosen allerdings umstritten.

### **Prüfstand Berührungsreiz und Trockenstress**

Im Rahmen eines Vegetationsversuches wurde die Wirkung von Trockenstress und Berührungsreizen auf die Sorte 'Pacino' untersucht. Zur Erzeugung des Berührungsreizes wurden die Pflanzen täglich mehrmals mit Gewebestreifen überfahren. Durch diese Technik ist eine Verletzung der Pflanzen ausgeschlossen. Zur Erzeugung von mäßigem Trockenstress wurden die Schaltschwelle des Tensiometers zwischen  $-120$  und  $-150$  hPa und die Anstauzeit zwischen 12 und 15 Minuten variiert. Bei den trockener kultivierten Pflanzen ( $-150$  hPa) traten an strahlungsreichen Tagen Blattwelke auf und gelegentlich mußten einzelne Pflanzen aus dieser Parzelle von Hand nachgewässert werden. Weitere Hinweise zur Kulturführung sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

### **Kombinationsbehandlung zeigt Wirkung**

Wie Beobachtungen während des Versuches und Messungen am Versuchsende belegen, konnte durch die Kombination von Trockenstress und Berührungsreizen das Streckungswachstum der Topfsonnenblumen nennenswert reduziert werden. Gegenüber der unbehandelten Kontrolle wurde die Höhe der Pflanzen um 10 % reduziert. Einzeln eingesetzt zeigten die beiden alternativen Methoden jedoch keine signifikante Wirkung. In Übereinstimmung mit der Pflanzenhöhe führte die Kombinationsbehandlung auch zu einer geringeren Internodienlänge und zu einer deutlich verkleinerten Pflanzenfläche.

### **Unerwünschte Nebenwirkung**

Neben der Pflanzenhöhe wurden durch die erwähnten Stressbehandlungen auch Qualitätseigenschaften wie die Blütengröße und Knospenanzahl beeinflusst. So war zu beobachten, dass eine Kombination von Berührungs- und Wasserstress neben der Pflanzengröße auch den Blütendurchmesser und die Knospenanzahl verringert. Eine Verzögerung des Blühtermins durch die verschiedenen Stressbehandlungen konnte dagegen nicht festgestellt werden. In der Tendenz blühte die unbehandelte Kontrollparzelle allerdings wenige Tage früher als die Stressvarianten. Blattschäden infolge des verabreichten, mäßigen Trockenstresses traten in diesem Versuch nicht auf. Zusätzliche durchgeführte Haltbarkeitsversuche unter Wohnraumbedingungen lieferten keine Hinweis darauf, dass

---

moderater Wasser- oder Berührungstress die Lebensdauer von Sonnenblumen beim Konsumenten beeinträchtigen.

### **Kurz gefasst**

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der Fachhochschule Wiesbaden in Zusammenarbeit mit der LVG Heidelberg wurde der Einfluss von mechanischem Reiz und Trockenstress auf das Streckungswachstum von Topfsonnenblumen der Sorte 'Pacino' untersucht. Separat eingesetzt erbrachten die Einzelmaßnahmen nicht die erwünschte Reduzierung des Streckungswachstums. Durch die Kombination beider Maßnahmen konnte das Streckungswachstum um etwa 10 % und damit sichtbar verringert werden. Die mit der Behandlung gleichzeitig verbundene Beeinträchtigung der Blütengröße wurde nicht als qualitätsmindernd eingestuft. Der nach wie vor vergleichsweise geringere Effekt der sogenannten Alternativen und leichte Qualitätsminderungen zwingen jedoch dazu, das Verfahren vor der Praxiseinführung weiter zu verbessern.

### **Summary**

In order to reduce the application of growth retardants the influence of mechanical stress and draught stress on elongation growth and quality of sunflowers 'Pacino' was studied in a diploma thesis at research station in Heidelberg. In opposite to the application of single treatments with only very little effect the combination of mechanical stress and draught stress resulted in a visible growth reduction with more compact plants. In order to increase this effect and to prevent undesired side effects further experiments are necessary.

Robert Koch, Ludger Hendriks und Ute Ruttensperger

### **Literatur**

HOUSKA, P. 1998: Kurztage rechtzeitig beenden; Gärtnerbörse 21/98, S. 36-37

Bayrische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP): Versuche zur Schließung von Indikationslücken 2000, Bearbeitung durch HAYLER

**Anhang:** Tabellen 5 und 9 sowie Abbildungen 11, 18 und 19 aus Diplomarbeit