

***Delphinium*: Abstammung, Spross- und
Blütenentwicklung sowie generative und
vegetative Vermehrung**

Vom Fachbereich Gartenbau
der Universität Hannover
zur Erlangung
des akademischen Grades eines

Doktors der Gartenbauwissenschaften

- Dr. rer. hort. -

genehmigte

Dissertation

von

Dipl.-Ing. agr. Marina Hornig geb. Neitzel

geboren am 13.7.1959 in Berlin

2003

Referent: Prof. Dr. W. Spethmann
Korreferent: Prof. Dr. J. Grunewaldt
Tag der Promotion: 14. Februar 2003

Abstract

The present paper describes advanced studies of flower development and vegetative propagation by some cultivars of *Delphinium*-hybrids.

For example germination of seed population, vegetative and generative development of plants were treated by *Delphinium*-Pacific-hybrid 'Astolat'. The seeds germinated at 20°C quickly with 100 % frequency. They formed a rosette of leaves in the vegetative stage, followed by elongated peduncles and developed seeds in the generative stage. After removing the first flower the second flower elongated and flowered within a vegetation period. New buds were formed in the axils of leaves. They were responsible for the development of the plants in the next year. After a period of cold temperature (2°C by 12 weeks) changed the morphological structure of the apex. The rosette of leaves were formed, the peduncles elongated and the flower buds opened.

The variety of characteristics by shoots, leaves, flowers and buds with the population of seeds were also treated. They were determinative sign of quality to select genotypes. The rosette of leaves was formed by five to seven fan-shaped (depend on the cultivars). The average length of the inflorescences conducted in greenhouse condition at 115 cm +/- 50 cm. The flowers with rose colour predominated, white and violet were seldom. The number of axils flower stalks changed between zero and five. The average number of buds was 12 buds per plant with a spread from two to twenty.

The knowledge of the culture technique could be advanced, if cold storage and photoperiod reaction are comprehended. To determine how temperature and photoperiod interact to affect speed of flowering of *Delphinium*-hybrid 'Astolat' (Pacific-hybrid), 'Zauberflöte' (Elatum-hybrid) and 'Bellamosum' (Belladonna-hybrid) were treated by cold storage at 2°C about 6, 12 and 18 weeks. Under greenhouse conditions they were cultivated by different hours of light (8 or 16 hours a day). The duration of development was very fast after a cold storage of 12 weeks and 16 hours light. 6 and 18 weeks by cold temperature retarded the development. The number of flower plants, the number and quality of inflorescences and the number of flowers per plant were promoted if the duration of cold storage and light increased. Plants without cold storage and 16 hours of light had the greatest inflorescences. A shorter duration of development had plants by 12 weeks of cold temperature and 16 hours of light. Their flower stalks were shorter.

The production of cut flowers needs a lot of young plants at different dates of trial. Therefore the duration for propagation of cuttings must be increased or the kind of cuttings have to change. The ground cutting should have a stem of 75 to 150 mm in length with a diameter of 6 to 12 mm. At the base there is region with a smooth surface, where are little eyes from which new crown buds will develop. The basal

region of a shoot is often a slightly bulbous swelling at the base of the stem. The hole cutting was cut at the top of the flower stalk at 20 to 30 cm. No flower buds were seen at the top. The ground cuttings from *Delphinium*-*Elatum*-hybrid 'Schildknappe' rooted with 100 % in February and decreased to 84 % in May. The temperature changed from February with 20°C to April with 25°C. In May 25°C to 30°C predominated. The number of rooting cuttings and the number of mean roots were to different dates of trials higher under foil than under mist. Although the potted plants stayed for hardening about 14 days in the greenhouse, a lot of plants died. The number of successful propagated plants decreased after 12 weeks to 63 % by under foil propagation and to 55 % at under mist propagation. In comparison with the kind of cuttings the ground cuttings rooted to 100 % and the hole cuttings to 46 % in February. The number of rooted hole cuttings increased to 84 % by 2 % BA-treatment. There was no shoot development. Within eight weeks the plants died. Also no development out of the axils of leaves was seen after mechanical removal of the shoot tip. Therefore the young plants were treated with 10 to 80 mg/l BA within 14 days. They formed a rosette of leaves on the top of the shoot. Advanced development to form a flower stalk was not seen.

The present communication describes an efficient micro propagation using seeds because conventionally propagation by division or cutting are low and micro propagation using buds is very difficult

First germination of seeds were seen on mod. half-strength MS-Medium after 12 days at 15°C. Seedlings were placed on new medium, the root was cut off. Meristematic tissue developed at the base of the shoot. The initiation of multiple shoots was after 8 weeks. Multiple shoots by factor 2,5 to 3 per passage increased by one and half-conc. Ammoniumnitrat/Kaliumnitrat, 20 g/l D(+) Saccharose, at 16 hours of light and 20°C. Mod. MS-Medium was supplemented with various concentrations of BA (0,5 – 2,0 mg/l), 2iP and Kinetin. Maximal numbers of multiple shoots were initiated on mod. MS-Medium supplemented with BA (0,5-1,0 mg/l). To induce roots, in vitro grown shoots were given three different auxins, namely IBA, NAA and IAA were added individually of concentrations ranging from 0,2 to 3,2 mg/l to mod. MS-Medium. Pre-treatment of shoots with IBA (0,2 to 0,8 mg/l) was found the best with 93 to 100 % frequency of rooted shoots after 3 to 4 weeks of culture. IAA was found to be the least effective. Acclimatisation was treated in greenhouse (18 to 35°C, 95 % rh) and climate room (18 to 20°C, 70 to 80 % rh). In the first time all plants acclimated in perlite with liquid mod. MS-Medium and 0,4 mg/l IBA of four weeks. In the climate room a high survival rate of tissue culture plants (90 %) was obtained equal if these plants came from propagation or from rooting medium. In the greenhouse acclimated 53 %

of all plants which came from a propagation medium and the survival rate increased from 63 to 88 % by plants which came from a rooting medium. In the second time all rooted plants potted in a mixture of peat : sand (3:1). Only 7 % of the plants which were cultivated in the greenhouse died. This hardening period in the greenhouse of 4 to 6 weeks was essential for subsequent establishment of plants in the garden. The clones showed different behaviour of flowering.

Keywords: *Delphinium* - morphology - flowering – propagation of cuttings
in vitro propagation

Schlagwörter: *Delphinium* – Morphologie – Blütenbildung -
Stecklingsvermehrung – in vitro Vermehrung

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, weitere Grundlagen zur Abstammung, zur Spross- und Blütenentwicklung sowie zur generativen und vegetativen Vermehrung mit Hilfe einzelner Sorten der *Delphinium*-Hybriden zu erarbeiten.

Am Beispiel einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' wurden der Gesamtentwicklungszyklus mit den Entwicklungsstadien Keimung, vegetative und generative Phase sowie die Weiterentwicklung der Pflanzen beschrieben. Die Samen keimten bei 20°C am schnellsten, mit 100% Keimerfolg. Die Sämlinge bildeten in der vegetativen Phase eine Blattrosette aus, die mit der Streckung des Blütentriebes und der Entwicklung der Samen in der generativen Phase fortgesetzt wurde. Nach Entfernung des abgestorbenen Blütenflors konnte innerhalb einer Vegetationsperiode ein zweiter Blütenflor gebildet werden. Die Regenerationsknospen wurden in den Blattachsen gebildet und waren nach dem Absterben des zweiten Blütenflors waren sie für das Fortbestehen der Pflanze verantwortlich. Erst nach Einwirkung niedriger Temperaturen traten morphologisch sichtbare Veränderungen am Vegetationspunkt auf. Gleichzeitig mit der Entfaltung der Blattrosette wölbte sich der Apex. Es kam zur Sprosstreckung und damit zur Ausbildung der Blütenknospen.

Innerhalb der Sämlingspopulation wurde die auftretende Variabilität von Merkmalsausprägungen bei Spross, Blatt, Blüte und Erneuerungsknospe erfasst, da diese als qualitätsbestimmende Kriterien zur Selektion von Genotypen mit bestimmter Charakteristik verwendet werden können. Die Grundrosette bestand aus 20 Blättern (sortenabhängig), die fünf- bis siebenfach handförmig gefächert waren. Die durchschnittliche Sprosslänge betrug bei dieser Topfkultur im Gewächshaus 115 cm ± 50 cm. Bei den Blüten herrschten überwiegend rosa Farbvarianten vor, weiße bzw. dunkelviolette Farbtöne traten selten auf. Die Anzahl Seitenblütentriebe variierte zwischen 0 und 5. Das Regenerationsvermögen der Sämlingspflanzen war sehr unterschiedlich. Durchschnittlich wurden 12 Erneuerungsknospen pro Pflanze gebildet, mit einer Spannweite von zwei bzw. als 20 Erneuerungsknospen.

Zur Weiterentwicklung des bisher bekannten Kulturverfahrens mussten das Kältebedürfnis quantifiziert und die photoperiodische Reaktion erfasst werden. Daher war es das Ziel, den Einfluss unterschiedlicher Kühl- (0, 6, 12, 18 Wochen bei 2°C) und Belichtungsdauer (8, 16 Stunden Licht) auf die unterschiedlichen Entwicklungsphasen der *Delphinium*-Hybridsorten 'Astolat', (Pacific-Hybride), 'Zauberflöte' (Elatum-Hybride) und 'Bellamosum' (Belladonna-Hybride) unter Gewächshausbedingungen zu untersuchen. Die zeitliche Entwicklung verlief bei den drei Sorten nach 12wöchiger Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtung am schnellsten. 6

bzw. 18 Wochen Kühlung verzögerten die Entwicklung. Der Anteil blühender Pflanzen, die Anzahl und Qualität der Blütenstände und die Anzahl Einzelblüten pro Pflanze wurden mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer bei allen drei Sorten gefördert. Der jeweils höchste Ertrag wurde nach 12wöchiger Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtung erzielt. Die größte Sprosslänge wurde bei nichtgekühlten Pflanzen mit 16stündiger Belichtung ermittelt. Pflanzen mit 12wöchiger Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtung wiesen dagegen eine schnellere Gesamtentwicklung auf, ihre Blütenstiele blieben kürzer.

Um für unterschiedliche Kulturtermine im Rahmen des Schnittblumenanbaus Jungpflanzen bereitzustellen, muss der Vermehrungszeitraum erweitert werden. Dies konnte durch Veränderung des Steckzeitpunktes oder die Wahl der Stecklingsart erfolgen. Der grundständige Steckling wird direkt nach dem Austrieb der Mutterpflanze gewonnen. Er besitzt eine geschlossene Basis und ein Stück des alten Wurzelstocks, an dessen Basis sich Sprossknospen befinden, die den Neuaustrieb nach der Bewurzelung übernehmen. Der hohle Steckling wird zu einem späteren Zeitpunkt am gestreckten Blüten spross in einer Höhe von 20 bis 30 cm geschnitten, ohne dass am Vegetationspunkt bereits makroskopisch sichtbare Blütenknospen vorhanden sind. Bei grundständigen Stecklingen der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Schildknappe' wurde ein signifikanter Unterschied bezüglich der Bewurzelungsrate nur zwischen dem Steckzeitpunkt im Februar mit 100% und dem Steckzeitpunkt im Mai mit 84% bewurzelter Stecklinge festgestellt. Bei den Versuchsterminen im Februar, März und April variierte die Temperatur zwischen 20 und 25°C, während im Mai 25 bis 30°C vorherrschten. Beim Vergleich der Vermehrungseinrichtungen Folie und Fog zeigte sich, dass der Anteil bewurzelter Stecklinge und die Anzahl Hauptwurzeln zu allen Steckzeitpunkten unter Folie höher war als unter Fog. Nach dem Topfen kam es trotz vierzehntägiger Abhärtung der Pflanzen im Gewächshaus zu erheblichen Ausfällen. Der Anteil erfolgreich vermehrter Pflanzen mit Steckzeitpunkt im April verringerte sich nach 12wöchiger Kulturzeit auf 63% bzw. 55% bei unter Folie bzw. Fog vermehrten Stecklingen. Beim Vergleich der Stecklingsarten bewurzelter zum Steckzeitpunkt im Februar 100% der grundständigen und 46% der hohlen Stecklinge. Deren Anteil konnte durch 2%ige IBS - Behandlung auf 84% gesteigert werden. Nach erfolgreicher Bewurzelung der hohlen Stecklinge fand kein Sprosswachstum statt, sondern die Pflanzen starben, beginnend am Vegetationspunkt, innerhalb von acht Wochen ab. Auch nach mechanischer Entfernung der Sprossspitze wurde kein Austrieb aus den Blattachsen sichtbar. Die bewurzelter hohlen Stecklinge der Sorte 'Schildknappe' wurde nach dem Topfen zweimalig innerhalb von 14 Tagen mit stei-

genden BAP-Konzentrationen zwischen 10 und 80 mg/l tropfnass gespritzt. Ein Austrieb erfolgte nur am apikalen Vegetationspunkt in Form einer Blattrosette. Eine Weiterentwicklung mit Ausbildung eines Blütensprosses erfolgte nicht.

Da die konventionelle Vermehrung durch Teilung und Stecklinge nicht ergiebig und die Vermehrung über Sprossknospen mit Hilfe der *in vitro* Kulturtechnik schwierig ist, wurden zur Etablierung einer *Delphinium in vitro* Kultur Samen der Pacific-Hybride 'Astolat' auf sterilen Nährböden zur Keimung ausgelegt. Der Keimbeginn erfolgte auf modifiziertem halbkonzentrierten MS-Medium bei 15°C mit 12 Tagen am schnellsten. Die Sämlinge wurden nach der Entwicklung der Keimwurzel und -blätter auf frisches Nährmedium überführt, wobei die Keimwurzel entfernt wurde. An der Basis der jetzigen Kopfstecklinge entwickelte sich meristematisches Gewebe, aus dem sich neue Adventivsprosse (multiple Sprossbildung an Kopfstecklingen) bildeten. In der Vermehrungsphase wurde die Sprossvermehrungsrate der Klone durch Kultur der Explantate auf modifiziertem MS-Medium mit eineinhalbfacher Ammoniumnitrat/Kaliumnitratkonzentration, 20 g/l D (+) Saccharose bei 16stündiger Belichtung und 20°C positiv beeinflusst. Von den Cytokininen (2iP, Kinetin, BAP) wurde bei Zugabe von 0,5 bis 1,0 mg/l BAP zum Medium die höchste Sprossvermehrungsrate erzielt. Der durchschnittliche Vermehrungsfaktor pro Subkultur betrug klonabhängig zwischen 2,2 und 3. Zur Bewurzelung der Explantate wurden die Auxine IES, NES und IBS in den Konzentrationen 0,2 bis 3,2 mg/l getestet. Bei Zugabe von 0,2 bzw. 0,8 mg/l IBS zum Medium bewurzelten 93% bzw. 100% der Explantate. Mit IES wurde in allen Konzentrationen eine gegenüber NES und IBS geringere Bewurzelungsrate erzielt. Zur Akklimatisation wurde ein Vergleich zwischen *in vitro* und *ex vitro* Bewurzelung im Gewächshaus (18-35°C, 95% relative Luftfeuchte) bzw. in der Klimakammer (18-20°C, 70-80% relative Luftfeuchte) durchgeführt. In der ersten Phase wurden die Explantate für vier Wochen in einem Flüssigmedium (mod. MS-Medium mit 0,4 mg/l IBS) akklimatisiert. In der Klimakammer bewurzelten Explantate, die direkt aus dem Vermehrungsmedium bzw. aus dem Bewurzelungsmedium entnommen wurden zu jeweils über 90%, während im Gewächshaus der Anteil bewurzelter Explantate, die direkt aus dem Vermehrungsmedium bzw. aus dem Bewurzelungsmedium stammten, klonabhängig 53% bzw. 63% bis 88% betrug. In der zweiten Phase wurden alle bewurzelten Explantate im Gewächshaus in Torf/Sand-Gemisch (3:1) pikiert. Sämtliche Explantate, die in der Klimakammer bewurzelten, wuchsen in gärtnerischem Substrat zügig weiter, während die Überlebensrate der im Gewächshaus bewurzelten Explantate um knapp 7% reduziert wurde. Die akklimatisierten Pflanzen beider Klone zeigten ein unterschiedliches Blühverhalten.

Inhaltsverzeichnis

	Abstract (englisch/deutsch)	1
	Inhaltsverzeichnis	7
	Abbildungsverzeichnis	12
	Tabellenverzeichnis	16
	Anhangsverzeichnis.....	17
	Abkürzungsverzeichnis	19
1	Einleitung	20
1.1	Einführung	20
1.2	Problemstellung und Zielsetzung	20
2	Literaturüberblick	24
2.1	Verbreitung der Gattung <i>Delphinium</i>	24
2.2	Die Gattung <i>Delphinium</i>	25
2.2.1	Entstehung der <i>Delphinium</i> -Hybriden	26
2.2.2	Elatum-Hybriden	29
2.2.3	Belladonna-Hybriden	30
2.2.4	Pacific-Hybriden.....	31
2.2.5	University-Hybriden.....	31
3	Generative Vermehrung und Pflanzenentwicklung ...	33
3.1	Material und Methoden	33
3.1.1	Keimung.....	33
3.1.2	Weiterkultur.....	33
3.1.3	Untersuchungsmethoden.....	34
3.1.4	Auswertung und statistische Verrechnung	34
3.2	Ergebnisse.....	35
3.2.1	Gesamtentwicklung der Pflanzen.....	35
3.2.2	Keimung.....	42
3.2.3	Blattmerkmale	43
3.2.4	Blütensprossmerkmale	46
3.2.5	Blütenmerkmale	50

3.2.6.	Regeneration der Pflanzen	51
3.3	Diskussion	52
3.3.1	Keimung.....	52
3.3.2	Blattmerkmale	53
3.3.3	Blütensprossmerkmale	54
3.3.4	Blütenmerkmale	55
3.3.5	Regeneration der Pflanzen	55
4	Einfluss von Kühlperiode und Tageslänge auf die Blütenbildung	56
4.1	Material und Methoden	56
4.1.1	Pflanzenmaterial	56
4.1.2	Kultur im Gewächshaus	57
4.1.3	Erfassung der Wachstumsparameter.....	57
4.1.3.1	Tage bis zur ersten Sprosstreckung	57
4.1.3.2	Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe.....	57
4.1.3.3	Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte	57
4.1.3.4	Anzahl Blütenstände und Anzahl Einzelblüten.....	58
4.1.3.5	Sprosslänge	58
4.1.4	Statistische Auswertung.....	58
4.2	Ergebnisse Sorte 'Astolat'	58
4.2.1	Pflanzenentwicklung	58
4.2.2	Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände	59
4.2.3	Anzahl Einzelblüten	62
4.2.4	Sprosslänge	63
4.3	Ergebnisse Sorte 'Zauberflöte'	64
4.3.1	Pflanzenentwicklung	64
4.3.2	Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände	65
4.3.3	Anzahl Einzelblüten	68
4.3.4	Sprosslänge	69
4.4	Ergebnisse Sorte 'Bellamosum'	70
4.4.1	Pflanzenentwicklung	70
4.4.2	Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände	71
4.4.3	Anzahl Einzelblüten	74
4.4.4	Sprosslänge	74

4.5	Diskussion	76
4.5.1	Pflanzenentwicklung	78
4.5.2	Anzahl und Qualität blühender Pflanzen, Blütenstände	79
4.5.3	Sprosslänge	80
5	Vegetative Vermehrung von <i>Delphinium</i>	83
5.1	Vermehrung in vivo	83
5.1.1	Material und Methoden	88
5.1.1.1	Pflanzenmaterial	88
5.1.1.2	Vermehrungseinrichtung	92
5.1.1.3	Vermehrungssubstrat	92
5.1.1.4	Kulturmaßnahmen	93
5.1.1.5	Erfassung der Wachstumsparameter und statistische Auswertung	93
5.1.2	Ergebnisse	94
5.1.2.1	Grundständige Stecklinge	94
5.1.2.1.1	Bewurzelung	94
5.1.2.1.2	Anzahl Hauptwurzeln	94
5.1.2.1.3	Wurzellänge	95
5.1.2.1.4	Wurzelentstehungsort	96
5.1.2.1.5	Überlebensrate	97
5.1.2.2	Hohle Stecklinge	98
5.1.2.2.1	Bewurzelung	98
5.1.2.2.2	Anzahl Hauptwurzeln	99
5.1.2.2.3	Wurzellänge	100
5.1.2.2.4	Neuaustrieb	101
5.1.3	Diskussion 104	
5.1.3.1	Mutterpflanze	104
5.1.3.2	Stecklingsart	106
5.1.3.3	Stecktermin	109
5.1.3.4	Substrat - pH-Wert - Luftbefeuchtungssystem	111
5.1.3.5	Weiterkultur und Überwinterung	112
5.2	In vitro Vermehrung	114
5.2.1	Material und Methoden	116

5.2.1.1	Oberflächensterilisation der Samen	117
5.2.1.2	Kulturmedium.....	118
5.2.1.3	Weiterkultur der Sämlinge.....	118
5.2.1.4	Bonitur	119
5.2.1.5	Statistische Auswertung.....	120
5.2.2	Ergebnisse	120
5.2.2.1	Etablierung der in vitro Kultur.....	120
5.2.2.1.1	Keimbeginn	120
5.2.2.1.2	Mittlere Keimzeit	121
5.2.2.1.3	Keimfähigkeit	122
5.2.2.1.4	In vitro Kultureignung der Genotypen	123
5.2.2.2	In vitro Vermehrung	125
5.2.2.2.1	Ammoniumnitrat/Kaliumnitrat.....	126
5.2.2.2.2	Belichtung	126
5.2.2.2.3	Temperatur	127
5.2.2.2.4	D(+)-Saccharose.....	129
5.2.2.2.5	Cytokinine	129
5.2.2.3	In vitro Bewurzelung und Akklimation.....	130
5.2.2.3.1	Einfluss unterschiedlicher Auxine	130
5.2.2.3.2	Wirkung von IBS auf die Bewurzelung	131
5.2.2.3.3	Wirkung von IBS auf die Anzahl Hauptwurzeln.....	132
5.2.2.3.4	Wirkung von IBS auf die Wurzellänge.....	134
5.2.2.4	Etablierung der Stecklinge ex vitro.....	134
5.2.2.4.1	1. Akklimationsphase	135
5.2.2.4.2	2. Akklimationsphase	137
5.2.2.5	Protokoll zur in vitro Vermehrung von <i>Delphinium-Hybriden</i>	138
5.2.3	Diskussion	140
5.2.3.1	Keimung der Samen	140
5.2.3.2	In vitro Kultureignung der Genotypen	142
5.2.3.3	Ammoniumnitrat/Kaliumnitrat.....	143
5.2.3.4	Belichtung	144
5.2.3.5	Temperatur	145
5.2.3.6	D(+)-Saccharose.....	146
5.2.3.7	Cytokinine	147
5.2.3.8	Bewurzelung und Akklimation	148

5.2.3.8.1	In vitro Bewurzelung	148
5.2.3.8.2	In vitro und ex vitro Bewurzelung	149
6	Literaturverzeichnis	152
7	Anhangsverzeichnis	160
8	Lebenslauf.....	177

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schematische Übersicht der Ploidiestufen von Ausgangsformen und deren Kreuzungsnachkommen bei <i>Delphinium</i>	28
Abb. 2:	Entwicklung einer Pflanze vom Samen bis zur mehrjährigen Staude der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	37
Abb. 3:	Entwicklung des Vegetationspunktes (VK) vor und nach 12wöchiger Kühlung, <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	38
Abb. 4:	Vegetationspunkt vor der Kühlung, <i>Delphinium</i> -Hybride 'Astolat'	39
Abb. 5:	Vegetationspunkt nach 12 Wochen Kühlung (2°C), <i>Delphinium</i> -Hybride 'Astolat'	39
Abb. 6:	Vegetationspunkt nach 12 Wochen Kühlung (2°C), zu Beginn der Sprosstreckung, <i>Delphinium</i> -Hybride 'Astolat'	40
Abb. 7:	Gestreckter Spross (10 cm Höhe) nach 12 Wochen Kühlung (2°C), <i>Delphinium</i> -Hybride 'Astolat'	40
Abb. 8:	Blütenspitze eines gestreckten Sprosses nach 12 Wochen Kühlung (2°C), <i>Delphinium</i> -Hybride 'Astolat'	41
Abb. 9:	Ausschnitt eines Blütenstandes nach 12 Wochen Kühlung (2°C), <i>Delphinium</i> -Hybride 'Astolat'	41
Abb. 10:	Keimung (%), Keimbeginn (B) und Mittlere Keimzeit der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen.....	42
Abb. 11:	Keimverlauf der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen.....	43
Abb. 12:	Variabilität verschiedener Merkmalsausprägungen bei Keimblättern der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	44
Abb. 13:	Beispiel für den Blattaufbau einer Grundrosette und eines Blüten sprosses der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	45
Abb. 14:	Variabilität der Blattanzahl am Blüten spross der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	46
Abb. 15:	Variabilität der Blüentrieblänge der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	47
Abb. 16:	Variabilität der Anzahl Blüten am Blüten spross der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	47
Abb. 17:	Variabilität der Anzahl Seitenblüentriebe pro Blüten spross, <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	48
Abb. 18:	Ausschnitt eines Blüten sprosses mit Seitenblüentrieben (grüne Blütenknospen), <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	49
Abb. 19:	Blütenstand der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	50
Abb. 20:	Variabilität in der Anzahl Erneuerungsknospen pro Pflanze bei der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	51

Abb. 21:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte der Sorte 'Astolat', der Anzahl Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und der ersten Sprosstreckung	59
Abb. 22:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Blütenstände pro Pflanze der Sorte 'Astolat'	61
Abb. 23:	Blühende Pflanze der Sorte 'Astolat', (12 Wochen Kühlung/16 h Licht).....	62
Abb. 24:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand der Sorte 'Astolat'.....	63
Abb. 25:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Sprosslänge der Sorte 'Astolat'	64
Abb. 26:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte der Sorte 'Zauberflöte', der Anzahl Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und der ersten Sprosstreckung	65
Abb. 27:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Blütenstände pro Pflanze der Sorte 'Zauberflöte'	67
Abb. 28:	Blühende Pflanze der Sorte 'Zauberflöte' (12 Wochen Kühlung/8 h Licht).....	67
Abb. 29:	Blühende Pflanze der Sorte 'Zauberflöte' (12 Wochen Kühlung/16 h Licht).....	68
Abb. 30:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand der Sorte 'Zauberflöte'	69
Abb. 31:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Sprosslänge der Sorte 'Zauberflöte'	70
Abb. 32:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte der Sorte 'Bellamosum', der Anzahl Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und der ersten Sprosstreckung	71
Abb. 33:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Blütenstände pro Pflanze der Sorte 'Bellamosum'	73
Abb. 34:	Blühende Pflanze der Sorte 'Bellamosum' (12 Wochen Kühlung und 16 h Licht).....	73
Abb. 35:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand der Sorte 'Bellamosum'.....	74
Abb. 36:	Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Sprosslänge der Sorte 'Bellamosum'	75
Abb. 37:	Beeinflussung verschiedener Entwicklungsprozesse durch Variation der Kühl- und Belichtungsdauer bei den <i>Delphinium</i> -Hybriden.....	82
Abb. 38:	Grundsteckling der Gattung <i>Delphinium</i>	84
Abb. 39:	Schnitt eines Augenstecklings und Pflanztiefe.....	87

Abb. 40:	Maximaler Temperaturverlauf zwischen Steck- und Topftermin beim Grundsteckling der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	90
Abb. 41:	Grundständige Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe' im Vermehrungsbeet unter Folie im Gewächshaus	91
Abb. 42:	Anteil bewurzelter grundständiger Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	94
Abb. 43:	Anzahl Hauptwurzeln grundständiger Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	95
Abb. 44:	Wurzellänge grundständiger Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	96
Abb. 45:	Wurzelenstehungsort grundständiger Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	96
Abb. 46:	Bewurzelter Steckling (Klasse 2) der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe', 21 Tage nach dem Stecken, Bewurzelung basal und seitlich 1 cm über der Schnittstelle.....	97
Abb. 47:	Vermehrungserfolg zwischen Topf- und Abschlusstermin der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	98
Abb. 48:	Bewurzelung hohler Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	99
Abb. 49:	Mittlere Anzahl Hauptwurzeln hohler Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	99
Abb. 50:	Mittlere Wurzellänge hohler Stecklinge der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	100
Abb. 51:	Wurzelbildung an einem hohlen Steckling der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe'	100
Abb. 52:	Blattrosettenbildende, bewurzelte Stecklinge in % der	102
Abb. 53:	Bewurzelter, hohler Steckling der <i>Delphinium</i> -Elatum-Hybride 'Schildknappe' mit ausgebildeter Blattrosette am Apex nach BAP-Behandlung (80 mg/l, zweimalige Applikation)	103
Abb. 54:	Keimbeginn einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen auf unterschiedlichen Nährmedien.....	121
Abb. 55:	Mittlere Keimzeit einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen auf unterschiedlichen Nährmedien.....	122
Abb. 56:	Keimfähigkeit in % einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen auf unterschiedlichen Nährmedien.....	123
Abb. 57:	Multiple Sprossbildung eines Kopfstecklings der <i>Delphinium</i> -Pacific Hybride 'Astolat' nach 12 Wochen Kulturzeit	125

Abb. 58: Einfluss der Ammoniumnitrat/Kaliumnitratkonzentration auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	126
Abb. 59: Einfluss unterschiedlicher Belichtungsdauer auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	127
Abb. 60: Einfluss der Temperatur auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	128
Abb. 61: Einfluss der Temperatur von 15°C auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	128
Abb. 62: Einfluss der D(+) Saccharose -Konzentration auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	129
Abb. 63: Einfluss verschiedener Cytokinine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf die Sprossvermehrungsrate des Klons 91-AS-19/25	130
Abb. 64: Einfluss unterschiedlicher Auxine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen des Klons 91-AS-19/20	131
Abb. 65: Einfluss des Auxins IBS mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Explantate bei drei Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	132
Abb. 66: Einfluss von IBS unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln pro Explantat bei drei Klone der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	133
Abb. 67: Einfluss unterschiedlicher IBS -Konzentrationen auf die Bewurzelung des Klons 91-AS-25/10	133
Abb. 68: Einfluss von IBS mit unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Wurzellänge pro Explantat bei drei Klone der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	134
Abb. 69: Einfluss unterschiedlicher Kulturbedingungen während der 1. Akklimatisationsphase auf den Bewurzelungserfolg der Klone 91-AS-15/15 und 91-AS-19/20	136
Abb. 70: Bewurzelungserfolg des Klons 91-AS-15/15 während der 1. Akklimatisationsphase	136

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Differenzialdiagnostische Eigenschaften der Gattung <i>Delphinium</i>	21
Tab. 2: Prozentuale Verbreitung von 341 <i>Delphinium</i> -Arten	24
Tab. 3: Systematische Einordnung der Gattung <i>Delphinium</i>	26
Tab. 4: Für die Züchtung bedeutende <i>Delphinium</i> -Arten	27
Tab. 5: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf das Blühverhalten von Pflanzen der Sorte 'Astolat'	60
Tab. 6: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf das Blühverhalten von Pflanzen der Sorte 'Zauberflöte'	66
Tab. 7: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf das Blühverhalten von Pflanzen der Sorte 'Bellamosum'	72
Tab. 8: Vermehrung grundständiger Stecklinge nach Angaben verschiedener Autoren	86
Tab. 10: Zeitliche Abfolge der Vermehrung über grundständige Stecklinge der Sorte 'Schildknappe'	89
Tab. 11: Sprossvermehrung in vitro gekeimter Samen der <i>Delphinium</i> - <i>Elatum</i> -Hybride 'Astolat' nach 12 Kulturwochen auf verschiedenen Nährmedien	124
Tab. 11: Zeitlicher Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte	138
Tab. 12: Zusammensetzung der Medien der in vitro Kultur aus Samen bei <i>Delphinium</i> -Hybriden, Sorte 'Astolat'	139

Anhangsverzeichnis

Anh. 1:	Fixierung und Einbettung von <i>Delphinium</i> -Explantaten	160
Anh. 2:	Keimverlauf einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' auf Quarzsand.....	161
Anh. 3:	Keimbeginn einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur	162
Anh. 4:	Keimfähigkeit einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur	162
Anh. 5:	Mittlere Keimzeit einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur	162
Anh. 6:	Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Kurztag, Sorte 'Astolat'	162
Anh. 7:	Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Langtag, Sorte 'Astolat'	163
Anh. 8:	Anzahl Blütenstände pro Pflanze, Sorte 'Astolat'	163
Anh. 9:	Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand, Sorte 'Astolat'	163
Anh. 10:	Sprosslänge, Sorte 'Astolat'	163
Anh. 11:	Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Kurztag, Sorte 'Zauberflöte'	164
Anh. 12:	Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Langtag, Sorte 'Zauberflöte'	164
Anh. 13:	Anzahl Blütenstände pro Pflanze, Sorte 'Zauberflöte'	164
Anh. 14:	Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand, Sorte 'Zauberflöte'	164
Anh. 15:	Sprosslänge, Sorte 'Zauberflöte'	165
Anh. 16:	Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Kurztag, Sorte 'Bellamosum'	165
Anh. 17:	Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Langtag, Sorte 'Bellamosum'	165
Anh. 18:	Anzahl Blütenstände pro Pflanze, Sorte 'Bellamosum'	165
Anh. 19:	Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand, Sorte 'Bellamosum'	166
Anh. 20:	Sprosslänge, Sorte 'Bellamosum'	166
Anh. 21:	Bewurzelung grundständiger Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'	166
Anh. 22:	Anzahl Hauptwurzeln grundständiger Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'	166
Anh. 23:	Wurzellänge grundständiger Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'	167
Anh. 24:	Bewurzelung hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'	167
Anh. 25:	Anzahl Hauptwurzeln hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'	167
Anh. 26:	Wurzellänge hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'	167

Anh. 27:	Neuaustrieb hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'.....	167
Anh. 28:	Keimverlauf einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific-Hybride 'Astolat'	168
Anh. 29:	Zusammensetzung von mod. MS-Medium und mod. KC-Medium für die Samenkeimung	172
Anh. 30:	Keimbeginn einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific Hybride 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur und den Nährmedien.....	173
Anh. 31:	Mittlere Keimzeit einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific Hybride 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur und den Nährmedien.....	173
Anh. 32:	Keimfähigkeit einer Samenpopulation der <i>Delphinium</i> -Pacific Hybride 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur und den Nährmedien.....	173
Anh. 33:	Einfluss der Ammoniumnitrat/Kaliumnitratkonzentration auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	173
Anh. 34:	Einfluss der Belichtungsdauer auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	174
Anh. 35:	Einfluss der Temperatur auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Genotypen der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	174
Anh. 36:	Einfluss der D(+)Saccharose -Konzentration auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	174
Anh. 37:	Einfluss verschiedener Cytokinine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf die Sprossvermehrungsrate des Klons 91-AS-19/25	174
Anh. 38:	Einfluss verschiedener Auxine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen des Klons 91-AS-19/20	175
Anh. 39:	Einfluss des Auxins IBS mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen bei drei Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	175
Anh. 40:	Einfluss von IBS unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln pro Explantat bei drei Klonen der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	175
Anh. 41:	Einfluss von IBS unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Wurzellänge pro Explantat bei drei Klonen der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'	175
Anh. 42:	Einfluss unterschiedlicher Kulturbedingungen während der 1. Akklimatisationsphase auf den Bewurzelungserfolg zweier Klone der Sorten 'Astolat'	176

Abkürzungsverzeichnis

Phytohormone und Nährmedien

BAP	Benzylaminopurin
GA ₃	Gibberellinsäure 3
GA ₄₊₇	Gibberellinsäuren 4 und 7
IES	β-Indolylessigsäure
IBS	β-Indolylbuttersäure
NES	α-Naphthylelessigsäure
NEK	Kaliumsalz der α-Naphthylelessigsäure
2iP	6-(γ-Dimethylallylamino)purin
MS- Medium	MURASHIGE und SKOOG (1962)
KC- Medium	KNUDSON (1949)
LS- Medium	LINSMAIER und SKOOG (1965)

Statistik

GD _{5%}	= Grenzdifferenz 5%
n	= Anzahl pro Behandlung
N	= Anzahl gesamt
x	= arithmetisches Mittel
s	= Standardabweichung
r	= Korrelationskoeffizient
a	= Achsenabschnitt auf der y-Achse
b	= Regressionskoeffizient
ns	= nicht signifikant

Keimung

MK	= Mittlere Keimzeit
B	= Keimbeginn
K%	= Keimung in %

Sonstiges

VK	= Vegetationspunkt
PAR	= Photosynthetic active radiation
ppm	= parts per million (mg/kg)

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Gattung *Delphinium* umfasst mit ca. 300 Arten sowohl einjährige Kräuter als auch Stauden mit dicken, faserigen und knolligen Wurzelstöcken. Nur wenige Arten wurden züchterisch bearbeitet. Dazu gehören die modernen *Delphinium*-Hybridsorten, Abkömmlinge verschiedener Zuchtrichtungen und Hybridgruppen. Sie werden heute unter der Sammelbezeichnung *Delphinium*-Hybriden (*D. x cultorum* Voss) in den Hybridgruppen Elatum-Hybriden, Belladonna-Hybriden, Pacific-Hybriden und University-Hybriden geführt (JELITTO und SCHACHT 1990, KÖHLEIN 1992 und ENCKE et al. 1994).

Die wirtschaftliche Bedeutung der *Delphinium*-Hybriden hat aufgrund eines veränderten Verbraucherverhaltens und des geringeren Energieaufwandes bei der Produktion in den letzten Jahren zugenommen. Dies belegen z.B. die Anlieferungsstückzahlen an die Niederrheinische Blumenvermarktung eG (NBV 1988-1995). Inländische Ware wird von Mitte April bis Anfang November angeboten, mit Produktionsspitzen im Mai, Ende Juli und Anfang Oktober. Importlieferungen erfolgen kontinuierlich mit Angebotsspitzen im Mai/Juni und September/Oktober. Um die inländische Produktion Ende April/Anfang Mai zu verstärken und das Angebot im Juli zu reduzieren und im August wieder auszuweiten, können verschiedene Maßnahmen zur Verlagerung der Blütezeit genutzt werden. Dies kann durch Schnittmaßnahmen, Pflanzzeit, Standort- und Sortenwahl erfolgen (KÜHN 1991). Durch Stutzen, Rückschnitt oder durch eine regelmäßige Ernte der Schnittblumen wird die Blütezeit verlängert, durch den Einsatz von Folie/Vlies, Folientunnel oder Gewächshaus um 10 bis 20 Tage verfrüht (MÜLLER 1991).

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Grundlagen zur morphologischen Entwicklung der Gattung *Delphinium* werden von HEGI (1957), TROLL (1964), JELITTO und SCHACHT (1990) und KÖHLEIN (1992) beschrieben. JELITTO und SCHACHT (1990) geben eine kurze Übersicht über Spross- und Blütenmerkmale, während KÖHLEIN (1992) für die einzelnen Arten ein charakteristisches Blatt abbildet und die einzelnen Blütentypen (einfache, halbgefüllte und gefüllte Blüte) beschreibt. TROLL (1964) hingegen befasst sich mit der Veränderung des Vegetationspunktes in der vegetativen und generativen Entwicklungsphase und dem Aufbau der Blüte. BASSETT (1992) und KÖHLEIN (1992) beschreiben die Farbenvielfalt der Blüte innerhalb der Gattung mit weiß, creme, rosa in verschiedenen

Schattierungen, rot, lavendelfarben, hell- bis dunkelblau und purpur. Typische Kennzeichen dieser Gattung sind in Tabelle 1 erläutert. Nach STRASBURGER et al. (1998) gehört *Delphinium* zu den Hemikryptophyten (Oberflächenpflanzen), deren Rhizom mit den Erneuerungsknospen dicht unter der Erdoberfläche liegt (HANSEN und STAHL 1990) und im blattlosen Zustand überwintert (ZIMMER und MISZLAI 1982).

Tabelle 1: Differentialdiagnostische Eigenschaften der Gattung *Delphinium* (HEGI,1957, EDWARDS 1989, BASSETT 1992, KÖHLEIN 1992)

Organ	Ausprägung
Blüte	zwittrig, zygomorph, Fremdbefruchter
Perianth	fünfblättrig, blumenkronartig, oberes Blatt gespornt
Petalen	dreizählig bis handförmig gelappt oder geteilt
Blütenstand	lockere oder mehr oder weniger dichte Traube oder Rispe
Blütenfarbe	meist blau, aber auch rot, gelb und weiß
Blütenblätter	kleiner als Perianthblätter, 2 Blätter zu Honigblättern umgewandelt, gespornt, von Perianthsporn umgeben, gleich- oder andersfarbig als Perianth
Staubblätter	zahlreich aufwärtsgebogen, bei gefüllter Blüte teilweise in Staminodien umgewandelt
Fruchtknoten	1 oder 3 bis 9, getrennt vielsamig
Früchte	mehrsamige Balgkapseln
Samen	dreieckig, schwarz, schuppig
Wurzeln	dick, faserig, knollig

In der vorliegenden Arbeit soll die Spross- und Blütenentwicklung sowie die generative und vegetative Vermehrung für einzelne Sorten der *Delphinium*-Hybriden erarbeitet werden. Am Beispiel von Sämlingen der *Delphinium*-Pacific-Hybride ‘Astolat’ wird der Gesamtentwicklungszyklus mit den Entwicklungsstadien Keimung, vegetative und generative Phase sowie Weiterentwicklung der Pflanzen beschrieben. Dazu soll die innerhalb einer Sämlingspopulation auftretende Variabilität von Merkmalsausprägungen bei Spross, Blatt, Blüte und Erneuerungsknospe erfasst werden. Diese morphologischen Merkmale können als qualitätsbestimmende Kriterien zur Selektion von Genotypen verwendet werden.

Zur Weiterentwicklung des bisher bekannten Kulturverfahrens müssen der Wachstums- und Entwicklungsrhythmus der *Delphinium*-Hybriden erfasst werden. Dazu ist es wichtig das Kältebedürfnis zu quantifizieren und die photoperiodische Reaktion zu ermitteln. Erst dann kann ein Verfahren entwickelt werden, das eine Steuerung der Kultur erlaubt.

Ergebnisse über den Einfluss von Licht und Temperatur auf einzelne Entwicklungsphasen der *Delphinium*-Belladonna-Hybride 'Völkerfrieden' liegen bisher von ZIMMER und MISZLAI vor (1982). Ergänzend dazu soll der Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die einzelnen Entwicklungsphasen der *Delphinium*-Hybriden 'Astolat' (Pacific-Hybride), 'Bellamosum' (Belladonna-Hybride) und 'Zauberflöte' (Elatum-Hybride) unter Gewächshausbedingungen untersucht werden.

Selektierte Genotypen können mit Hilfe geeigneter Vermehrungsverfahren als Klonsorte für definierte Verwendungszwecke aufgebaut werden. Für den Schnittblumenanbau ist z.B. die Einheitlichkeit der angebauten Pflanzen in den Farb-, Form- und Wuchseigenschaften wichtig. Diese Anforderungen schränken die Möglichkeit der Aussaat bei *Delphinium*-Hybriden für den Schnittblumenanbau ein, da bei generativer Vermehrung die gewünschten Eigenschaften nicht gleichmäßig an alle Nachkommen weitergegeben werden. Es werden deshalb hauptsächlich vegetativ vermehrbare Sorten verwendet. Diese werden entweder durch Teilung oder Stecklinge vermehrt. Im Gegensatz zur Teilung kann mit Hilfe der Stecklingsvermehrung pro Mutterpflanze eine bedeutend größere Anzahl neuer Pflanzen produziert werden. Publikationen, die sich speziell mit der Vermehrung von *Delphinium* beschäftigen, wurden im wesentlichen von Mitgliedern der *Delphinium*-Gesellschaft in England (EDWARDS 1989, BASSETT 1992), ferner von DODGE (zit. bei STILL 1984) und KÖHLEIN (1992) veröffentlicht.

Ergebnisse einer Befragung zur Stecklingsvermehrung von *Delphinium*-Hybriden in 40 Praxisbetrieben des Bund Deutscher Staudengärtner zeigen, dass nur 50% der befragten Betriebe durch Stecklinge vermehren, während die übrigen weiterhin die Vermehrung über Teilung und Aussaat bevorzugen (NEITZEL et al. 1997). Die Stecklingsvermehrung (Erläuterung s. Kap. 5.1) erfolgt ausschließlich über Grundstecklinge, während die von COWAN (1971) propagierte Methode der Vermehrung über Augenstecklinge in deutschen Staudengärtnereien nicht angewendet wird. 10% der Betriebe bewurzelten bereits hohle Stecklinge mit einer durchschnittlichen Bewurzelungsrate von 50%. Aus Kostengründen ist aber eine Vermehrung erst ab 80% Bewurzelungsrate rentabel. Die hohlen Stecklinge werden ohne Verschließen der Basis gesteckt. In der Regel sterben die Pflanzen nach der Bewurzelung ab. 17% der

Betriebsleiter sind der Auffassung, dass eine Vermehrung über hohle Stecklinge nicht möglich ist.

Ziel der Arbeit ist es, die in vivo angewendeten vegetativen Vermehrungsmethoden zu erweitern, indem grundständige Stecklinge der Sorte 'Schildknappe' (Elatum-Hybride) zu verschiedenen Steckzeitpunkten mit unterschiedlichen Luftbefeuchtungssystemen bewurzelt und anschließend weiterkultiviert werden. Hohle Stecklinge sollen in bezug auf ihre Bewurzelungsfähigkeit und Sprossentwicklung untersucht werden.

Als weitere vegetative Vermehrungsmethode ist die Etablierung einer in vitro Kultur von *Delphinium*-Hybriden aus Samen denkbar. Denn aus Samen, die auf einem Nährmedium unter Phytohormoneinfluss zur Keimung ausgelegt werden, können in vielen Fällen mehrere Sprosse entstehen (ZIMMER und BAHNEMANN 1982, ZENS 1988). Diese Erscheinung wird als "multiple Sprossbildung aus Samen" bezeichnet. Für Zierpflanzen ist sie bisher an 35 Pflanzenarten aus 18 Familien untersucht worden (FISCHER und ZIMMER 1987). Die Bedeutung des Merkmals "multiple Sprossbildung aus Samen" liegt in der Möglichkeit, Genotypen rasch zu verklonen und damit für die reine Produktion eines Genotyps immer mehrere Pflanzen zur Verfügung zu haben.

Ziel der Arbeit ist es deshalb, Samen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' in vitro zur Keimung auszulegen und auf das Merkmal "multiple Sprossbildung" zu prüfen. Anschließend werden für einzelne Genotypen die Parameter Massenvermehrung, Bewurzelung, Akklimatisation und Weiterkultur untersucht. Aus den gewonnenen Daten soll ein Verfahren zur vegetativen Vermehrung entwickelt werden.

2 Literaturüberblick

2.1 Verbreitung der Gattung *Delphinium*

Das Verbreitungsgebiet der Gattung *Delphinium* (Tab. 2) liegt primär in der nördlichen Hemisphäre, vereinzelt wurden Arten wie *D. mucrocentrum* in Afrika, einige Grade südlich des Äquators gefunden. Nach Hauptverbreitungsgebieten geordnet sind 30% der Arten in den USA, Kanada, und Mexiko beheimatet, 13% in Europa und Afrika und 57% in Asien mit Kleinasien, China, Himalaja, Sibirien, Kaukasus und der Mongolei (WILDE 1931).

Tabelle 2: Prozentuale Verbreitung von 341 *Delphinium*-Arten (WILDE 1931)

Verbreitungsgebiet	Prozent
A. Westliche Hemisphäre	30
a) USA und Kanada	27
1. Östlicher Teil bis zum Missouri	1
2. Westlich des Missouri (Rocky Mountains)	26
b) Mexiko	3
B. Östliche Hemisphäre	70
a) Europa (Süd- und Zentraleuropa)	8
b) Afrika	5
c) Asien	57
1. Südwestlicher Teil (Kleinasien, Armenien, Arabien, Persien, Turkestan)	20
2. Himalaja	10
3. Chinesische Provinzen Kansu, Shantung, Yunnan und Szechwan umgebende Distrikte	14
4. Sibirien, Mongolei, Kaukasien	13

Wildarten der Gattung *Delphinium* sind sowohl in den Bergwäldern als auch in den sommertrockenen, steppenartigen Gebieten mit kurzer Vegetationsperiode beheimatet. Sie können je nach Art, in Gehölznähe, Steingärten und Alpinum gepflanzt werden (JELITTO et al. 1990).

2.2 Die Gattung *Delphinium*

Die Herkunft des Namens *Delphinium* wird auf die Ähnlichkeit der Einzelblüten im geschlossenen Zustand mit der Körperform von Delphinen zurückgeführt, wobei häufig bei der Benennung und Beschreibung der Pflanzen Analogien zum Tierreich gesucht wurden (EDWARDS 1989).

Das erste schriftlich überlieferte Zeugnis des Rittersporn hebt die medizinische Bedeutung und nicht etwa den Reiz als Blütenpflanze hervor. In einem medizinischen Kräuterverzeichnis aus der Zeit Kaiser Neros, aufgestellt von einem griechischen Sklaven, ist vermerkt, dass die Samen von *D. staphisagria* als Antidot gegen das Gift von Skorpionen wirken. Funde von Ritterspornblüten im Grabmal König Ahmes I. 1700 v. Chr. belegen, daß *Delphinium* schon in der Zeit der ägyptischen Pharaonen bekannt war (EDWARDS 1989).

Die frühen Griechen und Römer kannten bereits verschiedene Arten von *Delphinium* (WILDE 1931). Diese Funde wurden seit Beginn des 16. Jahrhunderts den Gattungen *Aconitum*, *Consolida* und *Staphisagria* zugeordnet. Erst 1700 wurden diese von Tournefort (zit. bei WILDE 1931) zur Gattung *Delphinium* zusammengefaßt. Damit wurde zum ersten Mal die Gattung im heutigen Sinne definiert. 1753 wurden in dem erstmals von v. Linné (zit. bei WILDE 1931) eingeführten Binominalsystem die Arten *Delphinium ajacis*, *D. peregrinum*, *D. grandiflorum*, *D. elatum* und *D. staphisagria* der Gattung *Delphinium* zugeordnet. 1892 sah Huth (zit. bei WILDE 1931) im Rahmen einer Studie über die *Delphinium*-Arten in Amerika ein "großes Durcheinander" in der Nomenklatur. In seiner Arbeit fand er nach gründlichen Untersuchungen nur acht Arten, denen er später zwölf weitere, vornehmlich aus dem asiatischen Raum stammende, hinzufügte und in einer Monographie der Gattung *Delphinium* 1893 veröffentlichte.

Zwischen dem 19. und dem Beginn des 20. Jahrhunderts wuchs die Anzahl der beschriebenen Arten auf über 300, nach JELITTO et al. (1990) auf über 400 an. Dabei ähneln sich viele der aufgelisteten Arten sehr und müssen als Sorten oder synonyme Bezeichnungen anderer Arten betrachtet werden (WILDE 1931).

Tabelle 3 zeigt die systematische Einordnung der Gattung *Delphinium* nach SCHMEIL und FITSCHEN aus dem Jahr 1993.

Tabelle 3: Systematische Einordnung der Gattung *Delphinium*
(SCHMEIL und FITSCHEN 1993)

Abteilung	Spermatophyta
2. Unterabteilung	Angiospermae
Klasse	Dicotyledonae
Unterklasse	Polycarpicae
Ordnung	Ranunculales
Familie	Ranunculaceae
Gattung	<i>Delphinium</i> (Rittersporn)

2.2.1 Entstehung der *Delphinium*-Hybriden

Die *Delphinium*-Hybriden sind das Ergebnis einer langen züchterischen Tätigkeit. Sie werden unter der Sammelbezeichnung *Delphinium*-Hybriden (*D. x cultorum* VOSS) in den Hybridgruppen Elatum-Hybriden, Belladonna-Hybriden, Pacific-Hybriden und University-Hybriden geführt (JELITTO et al. 1990, KÖHLEIN 1992, ENCKE et al. 1994). Ein Stammbaum der heutigen *Delphinium*-Hybriden läßt sich nur ungefähr skizzieren. Von den über 300 Arten, die sowohl einjährige Kräuter wie Stauden mit dicken, faserigen und knolligen Wurzelstöcken umfassen, sind nur wenige in die Züchtung eingegangen. Tabelle 4 enthält eine Auswahl der wichtigsten, in unterschiedlichen Quellen zitierten *Delphinium*-Arten mit Hinweisen auf Herkunft, Merkmale und Angabe, durch welchen Züchter sie in die Züchtung eingeführt wurden.

Tabelle 4: Für die Züchtung bedeutende *Delphinium*-Arten (KÖHLEIN 1992)

<i>D. cardinale</i> Hook.	<u>Herkunft:</u> Süd-Kalifornien <u>Beschreibung:</u> Höhe 60-90 cm, Blüte scharlachrot <u>Züchter:</u> Vanderbuilt, Reinelt, Legro <u>Quelle:</u> REINELT (1990), THIRKELL (1978)
<i>D. cheilanthum</i> Fisch.	<u>Herkunft:</u> Sibirien <u>Beschreibung:</u> Höhe 90 cm, Blüte tiefblau bis weißlich <u>Züchter:</u> ? (ist wahrscheinlich ein Elternteil von D.'Belladonna') <u>Quelle:</u> WILDE (1931)
<i>D. elatum</i> L.	<u>Herkunft:</u> eurasische Gebirge <u>Beschreibung:</u> Höhe 150-200 cm, Blüte violettblau mit schwarzen Honigblättern <u>Züchter:</u> Lemoine <u>Quelle:</u> WILDE (1931)
<i>D. exaltatum</i> Ait.	<u>Herkunft:</u> Minnesota bis North Carolina, Alabama, Nebraska <u>Beschreibung:</u> Höhe 60-180 cm, Blüte blau oder violett <u>Züchter:</u> Kelway <u>Quelle:</u> WILDE (1931)
<i>D. formosum</i> Boiss. et Huet	<u>Herkunft:</u> Kaukasus, Kleinasien <u>Beschreibung:</u> Höhe 70-90 cm, Blüte violettblau <u>Züchter:</u> Lemoine, Kelway <u>Quelle:</u> WILDE (1931)
<i>D. grandiflorum</i> L.	<u>Herkunft:</u> Ost-Sibirien, West-China <u>Beschreibung:</u> Höhe 30-100 cm, Blüte obere Kronblätter gelblich oder bläulich, untere bläulich, rötlich oder weiß <u>Züchter:</u> Kelway <u>Quelle:</u> THIRKELL (1978)
<i>D. nudicaule</i> Torr. et A. Gray	<u>Herkunft:</u> Nord-Kalifornien <u>Beschreibung:</u> Höhe 20-40 cm, Blüte leuchtend orange-rot <u>Züchter:</u> Reinelt, Legro <u>Quelle:</u> REINELT (1990)
<i>D. semibarbatum</i> Bien ex Boss (<i>D. zalil</i> Aitch. et Hemsl., <i>D. sulphureum</i> hort.)	<u>Herkunft:</u> Iran, Afghanistan, Nord-Indien <u>Beschreibung:</u> Höhe 80-170 cm, Blüte lichtgelb <u>Züchter:</u> Legro <u>Quelle:</u> LEGRO (1961)
<i>D. tatsienense</i> Franch.	<u>Herkunft:</u> West-China <u>Beschreibung:</u> Höhe 30-45 cm, Blüte enzian- bis violettblau <u>Züchter:</u> Lemoine <u>Quelle:</u> WILDE (1931)

Über die Entstehung der *Delphinium*-Hybriden bestehen viele Unklarheiten; cytogenetische Untersuchungen von PROPACH (1940) bringen jedoch wertvolle Hinweise. Für die Gattung *Delphinium* wird als Chromosomengrundzahl $x = 8$ angesehen. Danach können unter den Arten und Sorten diploide ($2n = 2x = 16$), triploide ($2n = 3x = 24$), tetraploide ($2n = 4x = 32$) und hexaploide ($2n = 6x = 48$) Vertreter vorkommen.

Eine Übersicht über die Ploidiestufen der Ausgangsformen und deren Kreuzungsnachkommen der Gattung *Delphinium* zeigt Abbildung 1.

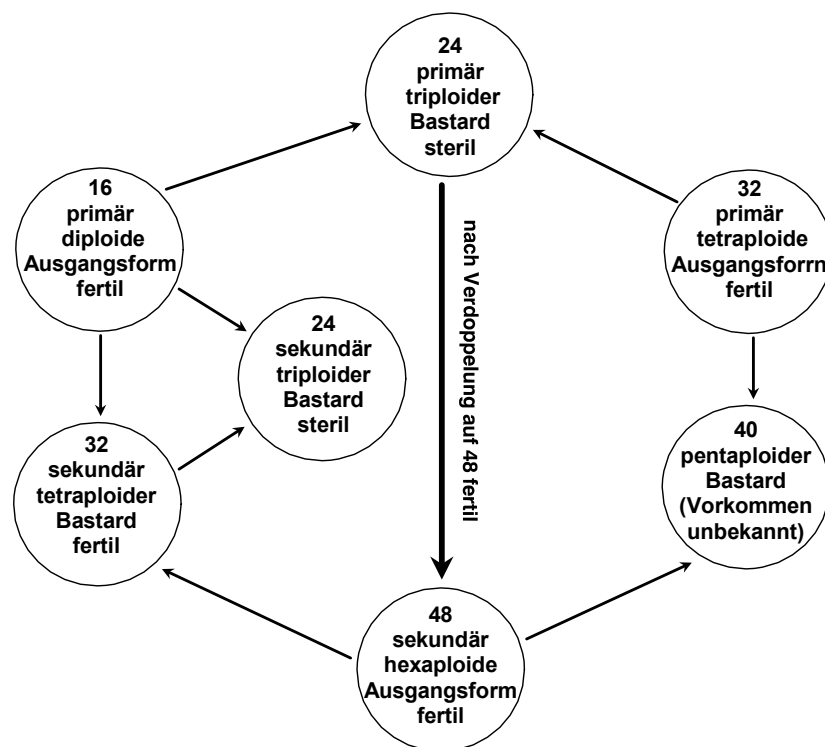


Abbildung 1: Schematische Übersicht der Ploidiestufen von Ausgangsformen und deren Kreuzungsnachkommen von *Delphinium* (verändert nach PROPACH 1940)

Nach Analyse der somatischen Chromosomenanzahl kam PROPACH (1940) zu folgenden Hypothesen: Die diploiden ($2n = 2x = 16$) und tetraploiden ($2n = 4x = 32$) primären Ausgangsformen waren reine Wildarten. Durch Kreuzung entstand ein primärer, triploider Bastard ($2n = 3x = 24$). In ihm fand einmalig eine Chromosomenverdoppelung statt, so daß sich sekundäre, hexaploide Ausgangsformen entwickeln konnten ($2n = 6x = 48$). Aus der Kreuzung ($(2n = 6x = 48) \times (2n = 2x = 16)$) entstanden sekundäre Tetraploide mit $2n = 4x = 32$ Chromosomen. Durch abermalige Kreuzung der sekundären Tetraploiden mit Diploiden entstanden sekundäre Tetraploide mit $2n = 3x$

= 24 Chromosomen. Ob pentaploide Formen aus der Kombination $2n = 6x = 48 \times 2n = 4x = 32$ entstehen, wurde nicht ermittelt.

Kreuzungen von Gartensorten mit der rotblühenden *D. nudicaule*, wie sie J. Kelway in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts durchführte (PROPACH (1940)), blieben bis 1929 ohne Erfolg. Zu diesem Zeitpunkt wurde bei Ruys, Dedemsvaart (NL) unter Sämlingen von *D. nudicaule* ein belladonna-ähnlicher Typ gefunden. Für diesen, *D. x ruysii* genannten, zufällig entstandenen Hybriden gibt PROPACH (1940) zwei Entstehungsmöglichkeiten an:

- Eine nicht reduzierte Eizelle von *D. nudicaule* ($n = 2x = 16$) wurde von einem Pollenkorn von *D. elatum* ($n = 2x = 16$) befruchtet.
- Da nur der mütterliche Elter dieses Bastards, nämlich *D. nudicaule* bekannt ist, und die Sämlinge aus freier Abblüte stammen, könnte seine Entstehung auch aus der Kombination von *D. nudicaule* (diploid) mit einem hexaploiden Pollenelter stammen.

Aus Sämlingen dieses fertilen Bastards wurde die Sorte 'Pink Sensation' ausgelesen. Eine weitere züchterische Bearbeitung dieser Sorte fand wegen des schlechten Samenansatzes nicht statt (LEGRO 1961).

Eine Vielzahl der Foerstischen Sorten sind tetraploid ($2n = 4x = 32$), z.B. 'Gletscherwasser', 'Tempelgong' und 'Berghimmel' (PROPACH 1940).

2.2.2 Elatum-Hybriden

Mit ziemlicher Sicherheit hat *Delphinium elatum* in Bezug auf die blaue Blütenfarbe, die schlanke Kerzenform des Blütenstandes und die Länge der Blüentriebe einen bedeutenden Anteil an der Entwicklung der heutigen *Delphinium*-Hybriden (THIRKELL 1978). Einer der wichtigsten französischen Züchter des 19. Jahrhunderts war Victor Lemoine aus Nancy. Seine Züchtungsarbeit beruht auf Kreuzungen zwischen *D. elatum*, *D. formosum* und *D. tatsienense*, wobei letztere erst 1893 aus China eingeführt wurde. Von Beginn an entstanden durch Lemoine vor allem halbgefüllte und gefüllte Sorten. Die Vermehrung der neu eingeführten Hybridsorten erfolgte ausschließlich über Teilung und Grundstecklinge (EDWARDS 1989).

Etwa zur gleichen Zeit züchtete auch Kelway in England. Neben französischen Sorten und Hybriden von Lemoine (EDWARDS 1989) verwandte er bei der Züchtungsarbeit *D. exaltatum*, *D. formosum* und *D. grandiflorum* (KÖHLEIN 1992). Ein weiterer wichtiger Züchter zu Beginn des 20. Jahrhunderts ist die Firma Blackmore und Langdon in England. Als Amateur gelangen dem Briten Samuel Watkins *Delphinium*-Kreuzungen mit bis zu drei Meter hohen Blüentrieben, der sogenannte "Wrexham-Typ". Während

dieser Zeit standen bei den Züchtungsanstrengungen in Frankreich und England vor allem morphologische Aspekte, wie Blütenform, halbgefüllte und gefüllte Blüten, das Spektrum der Blütenfarbvariationen bzw. Länge und Habitus des Blütenstiels im Vordergrund. Mit Beginn des 20. Jahrhunderts richtete sich die Aufmerksamkeit von Karl Foerster in Potsdam - Bornim, Deutschland, vor allem auf die Erzielung einer guten Standfestigkeit bei Wind und Regen, Dauerhaftigkeit des Blütenflors, Resistenz der Pflanzen gegen Mehltau und die Erzielung reiner, besonders klarer blauer Farben (FOERSTER 1929). Anlass war die geringe Eignung der englischen und französischen Sorten für das trockenere Kontinentalklima Deutschlands. Zwischen 1920 und 1972 erzielte er 168 Sorten, die auch heute noch das in Deutschland im Handel erhältliche Sortiment bestimmen, wie die Sorte 'Berghimmel' aus dem Jahre 1920. Alle im Handel befindlichen Sorten der Elatum-Gruppe müssen vegetativ vermehrt werden, damit die Sortenreinheit gewahrt bleibt (KÖHLEIN 1992).

2.2.3 Belladonna-Hybriden

Die Herkunft der Belladonna-Hybriden ist nicht eindeutig belegt. Sie wird erstmals 1857 unter der Bezeichnung *Delphinium x belladonna* erwähnt und entstand entweder durch eine Zufallskreuzung mit einem weiteren nicht bekannten Elternteil oder ist ein Sport von *D. cheilanthum* (WILDE 1931). Wahrscheinlich ist *D. 'Belladonna'* aus einer Kreuzung zwischen *D. elatum* und *D. grandiflorum* hervorgegangen (THIRKELL 1978) oder *D. 'Belladonna'* ist das Ergebnis einer Kreuzung der tetraploiden *D. elatum* mit diploiden Arten, was dazu führte, dass die entstandene triploide 'Belladonna' steril war (PROPACH 1940). Dafür sprechen auch Beobachtungen, nach denen die Belladonna-Hybriden erst viele Jahre später bekannt wurden nachdem sie ab 1905 durch Samen vermehrt werden konnten (WILDE 1931). THIRKELL (1978) führte dies auf eine spontane Chromosomenverdopplung zurück. Seit den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts entstehen verschiedene Kultivare unter der Sammelbezeichnung Belladonna (WILDE 1931). Ab 1930 verwendete K. Foerster diesen Begriff zur Charakterisierung einer Gruppe von Phänotypen. Nach KÖHLEIN (1992) muss die 1903 bei Lemoine entstandene Sorte 'Lamartine' schon als Belladonna-Typ bezeichnet werden. Heute steht die Bezeichnung 'Belladonna' für eine Gruppe von Hybriden, die sich durch eine geringere Höhe zwischen 0,8 und 1,4 m, locker verzweigte, weniger dichte Blütenrispen und einen deutlich abgesetzten Blütenstand auszeichnen (JELITTO et al. 1990). Auch die Belladonna-Hybriden werden hauptsächlich vegetativ vermehrt. Allerdings ist bei einigen Sorten auch Aussaat möglich, wobei die Nachkommenschaften leicht variieren können (KÖHLEIN 1992).

2.2.4 Pacific-Hybriden

Einen anderen Weg beschritt die Züchtung in den USA. Die Übernahme der in Europa entstandenen Sorten scheiterte an den klimatischen Bedingungen. Zum einen waren eine erhöhte Krankheitsanfälligkeit und geringe Lebensdauer vieler Sorten zu beobachten. Zum anderen lagen die Hauptmärkte im Osten der Staaten, was bedeutete, dass unter den kalifornischen Bedingungen produzierte Pflanzen für den späten Vegetationsbeginn im Ostteil der USA in ihrem Wachstum viel zu weit fortgeschritten waren (REINELT 1990).

Wurden *Delphinium*-Hybriden bisher fast ausschließlich über Stecklinge oder durch Teilung vermehrt, stand für die USA die Erzeugung samenvermehrbarer Sorten im Vordergrund (REINELT 1990). Die Zuchtziele umfassten vor allem Uniformität und reine Farben, Mehltaresistenz und ansprechende Form der Blüte und des Habitus. Langlebigkeit der Sorten als Stauden hatte keine Bedeutung. Durch wiederholte Kreuzung ausgelesener Pflanzen, mit anschließender Selbstung über 25 Generationen gelang es, relativ reine, farbechte Genotypen aus Samen zu erhalten. Des Weiteren gingen von dieser Züchtungsarbeit Impulse für die Erweiterung des Farbspektrums aus, indem die heimischen Arten *D. nudicaule* (orangerot) und *D. cardinale* (rot) eingekreuzt wurden. Aus Kreuzungen mit *D. nudicaule* entstanden purpurrote Farbtöne, wie 'Black Knight' (*D. nudicaule* x *D. elatum*) und rosa Farbtöne, wie 'Astolat' (*D. cardinale* x *D. elatum*) (EDWARDS 1989). Die unter der Sammelbezeichnung Pacific-Hybriden geführten Sorten stehen deshalb für eine Reihe samenvermehrbarer, aber wenig standfester und kurzlebiger Rittersporne. Sie sind in Blüte und Wuchs an die Elatum-Hybriden angelehnt, ihre Lebensdauer beträgt nach FORSTENEICHER (1991) aber nur drei bis fünf Jahre.

2.2.5 University-Hybriden

Die Zielsetzung in der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Versuchsanstalt der Universität Wageningen, Niederlande bestand in der Entwicklung großblumiger Hybriden mit roten, gelben und orangenen Blüten (LEGRO 1976). Seit 1981 fasst die Royal Horticultural Society (RHS) die neuen Sorten unter dem Namen University-Hybriden zusammen (JELITTO und SCHACHT 1990). Die Züchtungsarbeit basierte auf den Erfahrungen REINELTS (1990) mit *D. nudicaule* und *D. cardinale*. Die Kreuzung der diploiden Arten mit tetraploiden Elatum-Hybriden wurde durch Anhebung des diploiden Niveaus der Arten durch Colchicinanwendung auf das tetraploide der Elatum-Hybriden ermöglicht. Durch wiederholte Kreuzungen und Selbstungen gelang die Züchtung einer Reihe neuer Sorten in rosa und roten Farbvarianten. Allerdings war

die Vermehrbarkeit der tetraploiden Hybriden sehr begrenzt. Der knollige Wurzelstock, der z.B. von *D. nudicaule* vererbt wird, bietet nur wenig Material für eine Teilung. Die generative Vermehrung wurde durch starke Fertilitätsstörungen erschwert (LEGRO 1986). Alternativ wurde deshalb begonnen, University-Hybriden in vitro zu vermehren. Die Arbeiten mit den University-Hybriden dauern an. Die Firma A. Bartels aus den Niederlanden hat die erste registrierte Rittersporn-Hybride, Sorte 'Princess Caroline' herausgebracht, die in vitro vermehrbar ist (KÖHLEIN 1992).

3 Generative Vermehrung und Pflanzenentwicklung

Ziel der Untersuchung ist es, die Gesamtentwicklung vom Samen bis zur mehrjährigen Pflanze in einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' aufzuzeigen. Dazu wird die Variabilität im Keimverhalten sowie die von Spross-, Blatt- und Blütenmerkmalen beschrieben. Die Erfassung dieser Variabilität bietet die Möglichkeit, einzelne Genotypen mit gewünschten Merkmalsausprägungen zu selektieren. Als solche können morphologische Merkmale wie Blüentriebblänge, Blattgröße und -zahl, Blütenzahl, -größe und -farbe, Anzahl Seitenblüentriebe sowie das Regenerationsverhalten verwendet werden.

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Keimung

Es wurden Sämlingspflanzen der Sorte 'Astolat' (Pacific-Hybride) untersucht. Ausgangsmaterial war Saatgut, das von der Firma Jelitto bezogen und nach der Anlieferung für 24 h mit einer Chinosollösung mit 1‰ Chinolinsulfat + Kaliumsulfat desinfiziert und anschließend ausgesät wurde. Als Substrat dazu diente Quarzsand mit 0,7-1,2 mm Korngröße. In Glaspetrischalen (60 x 20 mm) wurde eine 0,5 cm starke Quarzsandschicht eingefüllt, mit entionisiertem Wasser befeuchtet und jeweils 20 Samen pro Petrischale ausgelegt. Pro Versuchsglied wurden 10 Wiederholungen durchgeführt.

Die Samen keimten bei 10°C, 15°C, 20°C und 25°C in Klimakammern. Die Belichtung betrug 16 h bei einer Lichtintensität von 1500 Lux aus Osram-Leuchtstofflampen L40/32, Warmton.

Die Auszählung der gekeimten Samen erfolgte im Abstand von drei Tagen unter dem Binokular. Als gekeimt galten Samen, deren Wurzelhaare an der Keimwurzel sichtbar waren. Zur Charakterisierung der Samenkeimung wurden der Keimbeginn, der Keimprozentatz (K %) und die Mittlere Keimzeit (MK) herangezogen (PIEPER 1909).

3.1.2 Weiterkultur

Die Sämlinge wurden sechs Wochen, nachdem sich die ersten Blattpaare gebildet hatten pikiert. Die Aufstellung der in Quickpotplatten pikierten Pflanzen erfolgte in einem einfachverglasten Gewächshaus auf Tischen (Tischhöhe 20 cm). Die Pflanzen wurden in 9 cm Plastiktöpfe, später in 13 cm Kunststofftöpfe bzw. 2 l Container getopft. Das Substrat bestand aus Weißtorf mit 3g/l kohlensaurem Kalk und 3 g/l

Plantacote (pH-Wert 5.5). Während der Wachstumsphase wurden die Pflanzen zusätzlich einmal wöchentlich mit Alkrisal (2%) flüssig gedüngt.

Die Untersuchungen erfolgten von September bis Juli. Die Temperatur schwankte in dieser Zeit zwischen 15°C und 40°C. Assimilationslicht (3000 Lux, HPI-Lampen, Philips) wurde zusätzlich zum Tageslicht in den Monaten Oktober bis März von 7⁰⁰ bis 19⁰⁰ Uhr gegeben.

Thripse wurden mit Ekamet (Etrifos 0,1%) und Taron (Methamidophos 0,1%) behandelt.

3.1.3 Untersuchungsmethoden

Die Bonitur morphologischer Veränderungen, wie Keimblatt- und Rosettenstadium, Sproßstreckung, Verhalten der Blätter während der verschiedenen Phasen und Blütenanlage) wurden während der gesamten Versuchszeit wöchentlich durchgeführt und durch Photos dokumentiert. Es wurden folgende Parameter erfasst: Pflanzenhöhe, Anzahl Blätter und Blüten, Anzahl Seitenblüten und Anzahl Erneuerungsknospen. Veränderungen am Vegetationspunkt wurden mit Hilfe von Mikrotomschnitten festgestellt. Dazu wurde vor dem Einbetten in Methacrylat die Überdauerungsknospe entlang der Mittelsenkrechten mit dem Skalpell durchtrennt. Hierdurch erfolgte eine ausreichende Füllung und Aushärtung der luftgefüllten Räume zwischen den Blattprimordien. Die Einbettung der Explantate für die Mikrotomschnitte erfolgte mit der Kulzer-Technik in Methacrylat (GRUNEWALDT-STÖCKER 1985). Das Arbeitsverfahren ist im Anhang (A1) aufgeführt.

3.1.4 Auswertung und statistische Verrechnung

Die Ergebnisse der Keimuntersuchungen wurden anhand der aus den Keimtagen berechneten Merkmale Keimprozentsatz (K %), Mittlere Keimzeit (MK) und dem Keimbeginn (B) beurteilt. Das Merkmal Mittlere Keimzeit ist ein gewogenes Mittel für die Anzahl Tage bis zur Keimung und errechnet sich nach einer von PIEPER (1909) angegebenen Formel wie folgt:

$$\text{MK} = (\mathbf{a \times d})/\mathbf{n}$$

a = Anzahl Samen gekeimt am Tag d
n = Anzahl Samen gekeimt bis zum Versuchsende

Die Prozentwerte wurden zur Stabilisierung der Varianz und zur Normalisierung nach der Formel $(\arcsin(0,01x)^{0,5})$ transformiert (SACHS 1989), wobei x der Originalwert

(%) ist. Mit den so transformierten Werten wurden Varianzanalysen und Mittelwertvergleiche durchgeführt.

Die im Anschluß an die Keimung beschriebenen Entwicklungsphasen basieren auf der Beobachtung von 400 Pflanzen. Zur Charakterisierung der einzelnen Parameter wurden der Mittelwert und die Standardabweichung (Vertrauensgrenze $p = 95\%$) als beschreibende statistische Kriterien verwendet (MUDRA 1992, WEBER 1986).

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Gesamtentwicklung der Pflanzen

Die Gesamtentwicklung der Pflanzen vom Samenkorn bis zur mehrjährigen Staude wird in der Abbildung 2 für die Sorte 'Astolat' dokumentiert.

Mit dem Quellen des Samenkorns erfolgt die Aktivierung des Stoffwechsels und die Synthese verschiedener Enzyme (JANSEN et al. 1989). Der Austritt der Keimwurzel aus der Samenschale ist der sichtbare Beginn der Keimung. Dieser erfolgt bei den Sämlingen am spitzen Ende des runzlig, schuppigen ca. 1 mm großen Samens (Abb. 2, Ia), wobei sich Wurzelhaare in der Nähe der Wurzelspitze bilden. Der Sämling mit zwei entwickelten Kotyledonen und einer Durchschnittsgröße von 4 cm wird in Abb. 2, Ib dargestellt. Abb. 2, Ic zeigt deutlich die Entwicklung der Wurzeln mit Verdickung des Hypokotyls und der Ausbildung des ersten Primärblattpaares.

Die Sämlinge bilden zunächst eine Rosette aus (Abb. 2, Id). Bei der Sorte 'Astolat' werden zur vollständigen Entwicklung der Rosette 10 Blattpaare gebildet. Während des Rosettenwachstums werden in den Blattachsen neue Knospen gebildet (Abb. 2, Ie), die bereits bei der Streckung des Haupttriebes weiterwachsen können (Abb. 2, If). In Abb. 2, Ig ist ein vollständiger Blütenstand sichtbar. Der Haupttrieb bildet einen traubigen Blütenstand mit wenigen seitlich abgegliederten knospigen Blüentrieben. Der Blütenstand endet mit einer subterminalen Blüte. Sie stellt sich mit ihrem Stiel in die Verlängerung der Hauptachse, obwohl sie im Verhältnis zur Hauptachse seitlichen Ursprungs ist (TROLL 1964). Nach Entfernen des abgeblühten Flors erfolgt ein erneuter Austrieb (Abb. 2, Ih). Die Triebe wachsen nach außen und zeigen bereits sichtbare Erneuerungsknospen. Der Blütenstand des 2. Flores wird in Abb. 2, Ii dargestellt.

Findet eine Befruchtung statt, werden mehrsamige Balgkapseln gebildet, die am Blütenstiel festsitzen. Bei Reife der Samen platzen die Längsnähte der Balgkapseln auf und entlassen den keimfähigen Samen (Abb. 2, Ij).

Der Blüentrieb stirbt dann ab. Nach Entfernung des abgestorbenen Blüentriebes weisen die an der Basis sich entwickelnden Erneuerungsknospen im Herbst unabhängig von ihrer Anordnung am Rhizom einen vegetativen Apex auf (Abb. 3). Erst nach Ein-

wirkung niedriger Temperaturen (12 Wochen bei 2°C) treten morphologisch sichtbare Veränderungen am Vegetationspunkt auf. Gleichzeitig mit der Entfaltung der Blattrosette wölbt sich der Apex (Abbildung 4-9). Es kommt zur Sproßstreckung und damit zur Ausbildung der Blütenknospen. Die sichtbare Entwicklung der Infloreszenzen zeigt sich bei 10 cm Sproßstreckung. Die Blüten sind dabei rekauleszent verlagert, d.h., daß die Achselknospe aus der eigentlichen Blattachsel auf die Basis des Tragblattes verschoben ist. Bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' zeigt sich, daß die Pflanzen in der Mitte nach dem Absterben des Blüentriebes verkahlen und die an der Basis gebildeten Knospen nach außen wachsen. Bei einer sechsjährigen Pflanze (Abb. 2, Ik) mit fünf abgestorbenen Blüentrieben wird nicht nur ein sympodialer Sproßverband sichtbar, sondern an der Basis jedes abgestorbenen Blüentriebes haben sich viele neue Erneuerungsknospen gebildet, die zusammen mit den vorhandenen Wurzeln jeweils eine eigenständige Pflanze darstellen.

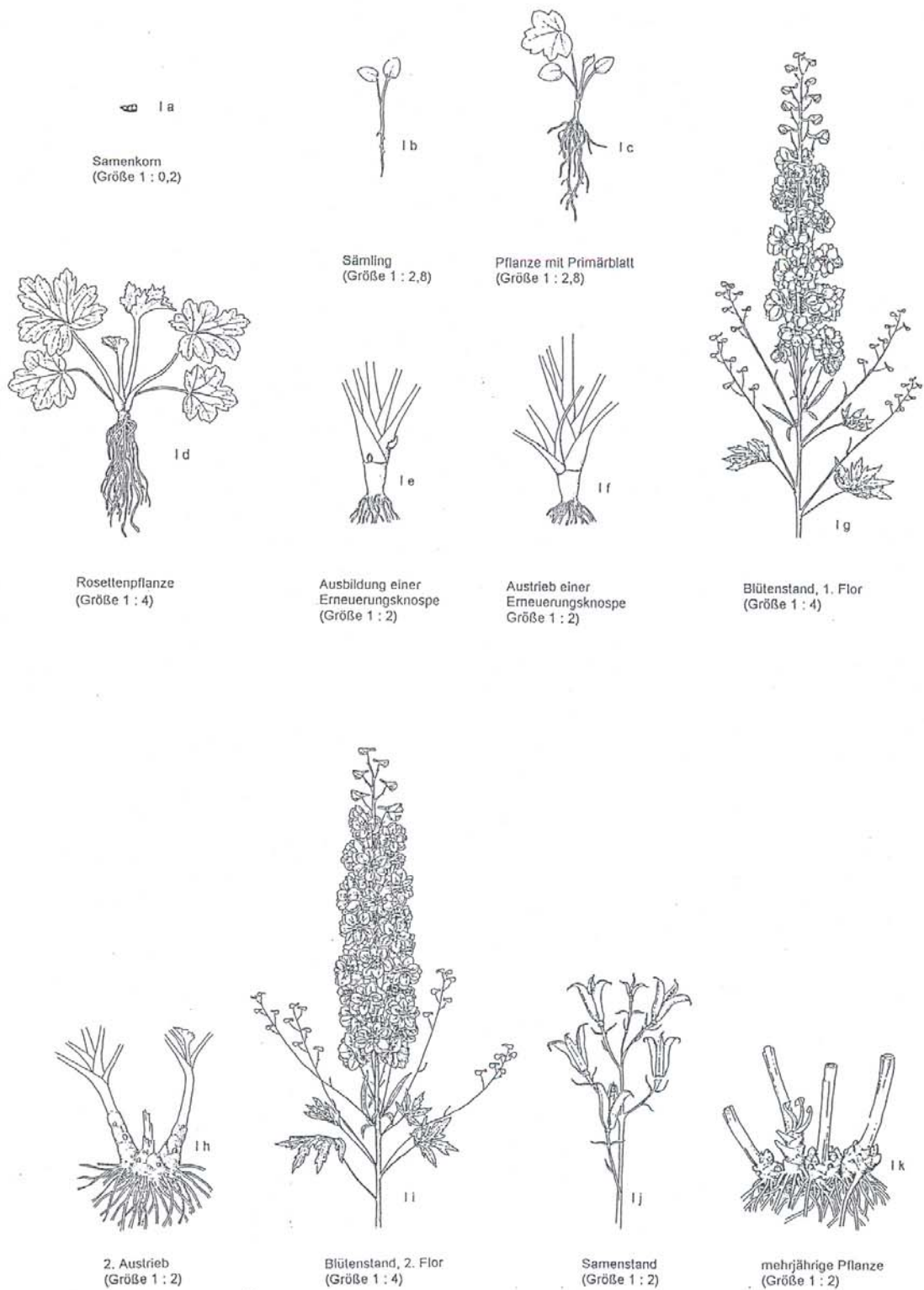


Abb. 2: Entwicklung einer Pflanze vom Samen bis zur mehrjährigen Staude der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

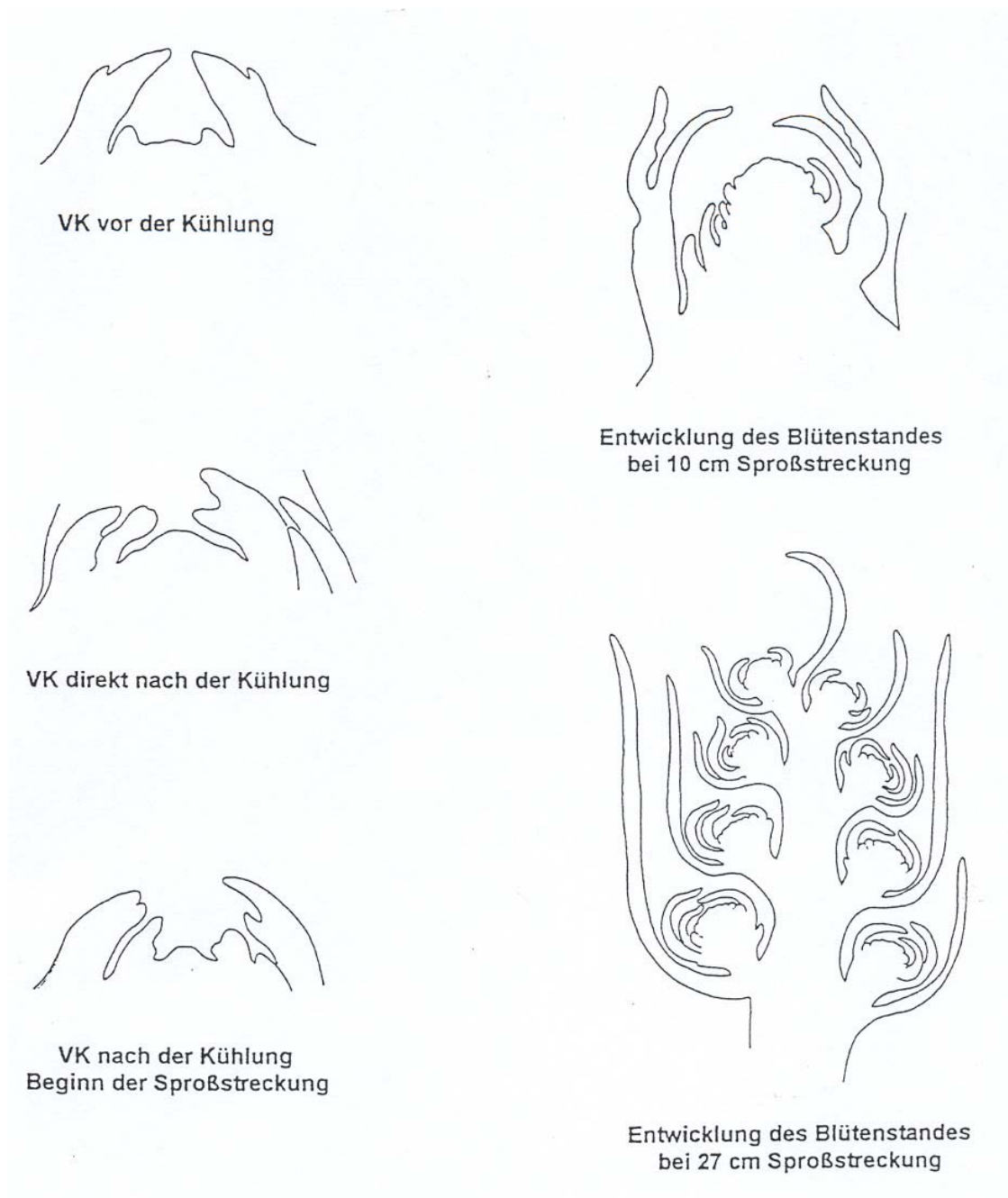


Abbildung 3: Entwicklung des Vegetationspunktes (VK) vor und nach 12wöchiger Kühlperiode, *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' (Abbildungen 4-9)

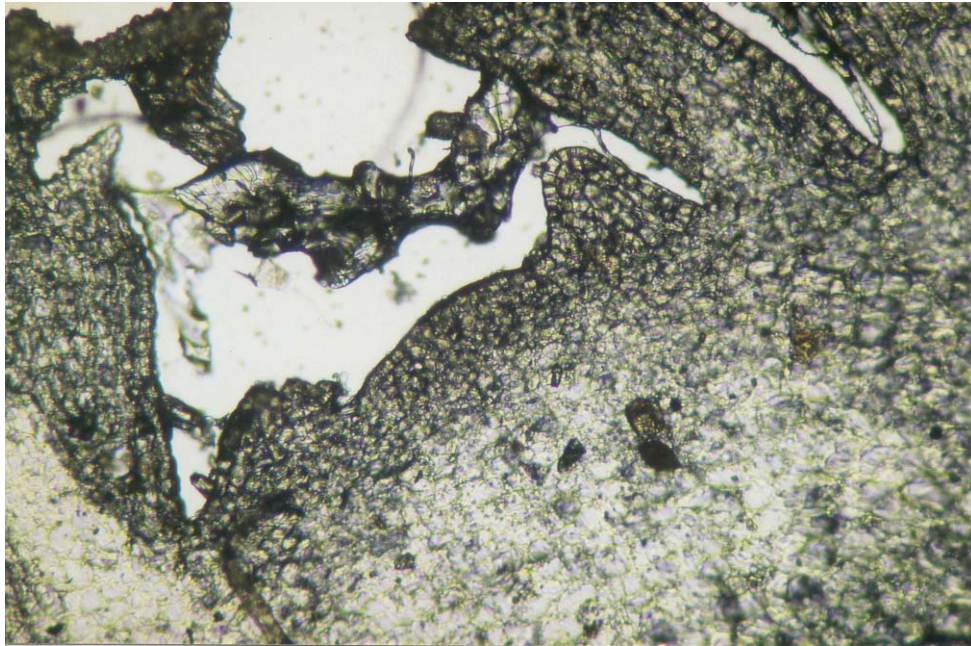


Abbildung 4: Vegetationspunkt vor der Kühlung, *Delphinium*-Hybride 'Astolat' (Längsschnitt 5 μm , 100fache Vergrößerung)

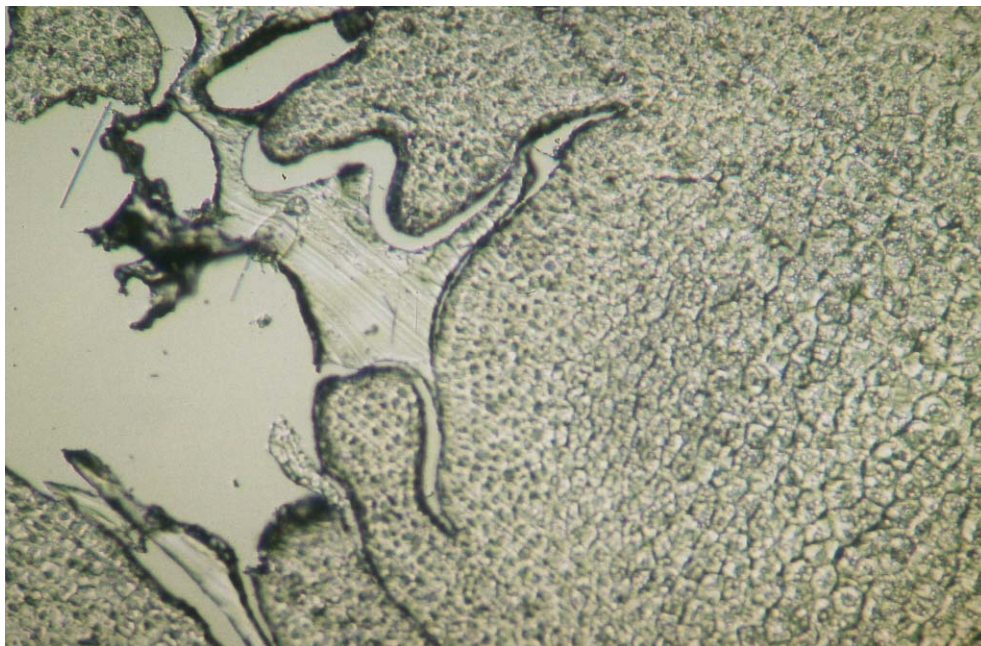


Abbildung 5: Vegetationspunkt nach 12 Wochen Kühlung (2°C), *Delphinium*-Hybride 'Astolat' (Längsschnitt 5 μm , 100fache Vergrößerung)

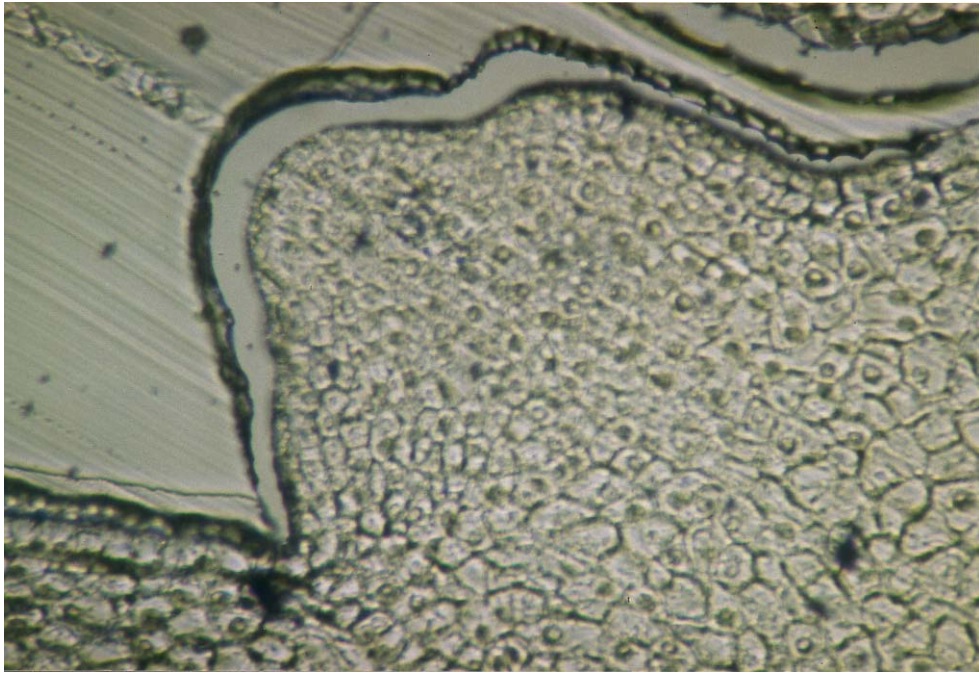


Abbildung 6: Vegetationspunkt nach 12 Wochen Kühlung (2°C), zu Beginn der Sproßstreckung, *Delphinium*-Hybride 'Astolat' (Längsschnitt 5 µm, 100fache Vergrößerung)

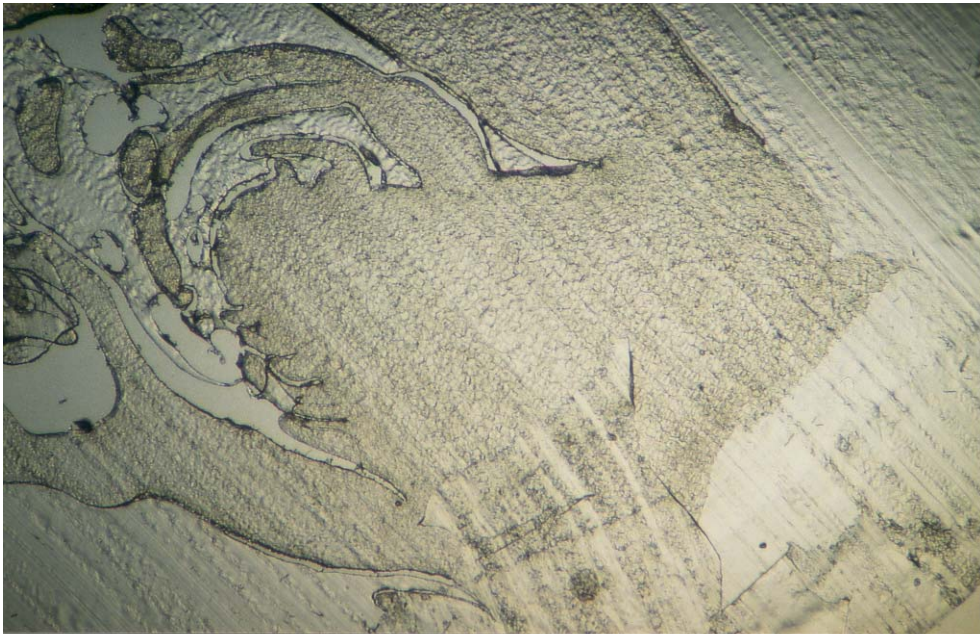


Abbildung 7: Gestreckter Sproß (10 cm Höhe) nach 12 Wochen Kühlung (2°C), *Delphinium*-Hybride 'Astolat' (Längsschnitt 5 µm, 25fache Vergrößerung)

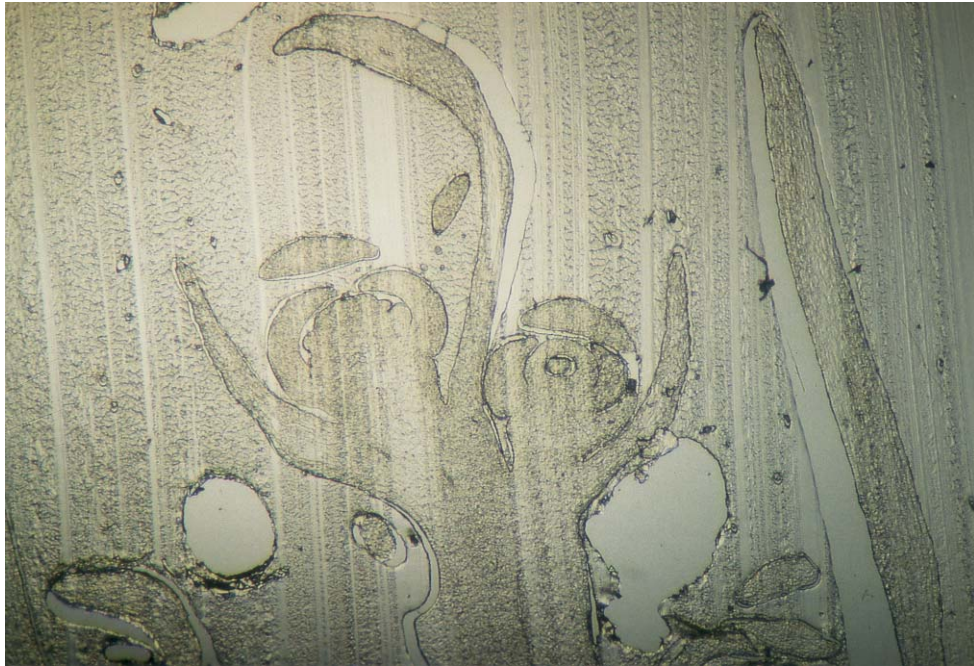


Abbildung 8: Blütenspitze eines gestreckten Sprosses nach 12 Wochen Kühlung, (2°C), *Delphinium*-Hybride 'Astolat' (Längsschnitt 5 µm, 25fache Vergrößerung)



Abbildung 9: Ausschnitt eines Blütenstandes nach 12 Wochen Kühlung, (2°C), *Delphinium*-Hybride 'Astolat' (Längsschnitt 5 µm, 25fache Vergrößerung)

3.2.2 Keimung

Wie Abbildung 10 zeigt, erreichte die Keimung bei 20°C nach 28 Tagen mit 100% den Höchstwert. Zwischen der Keimtemperatur von 15°C und 20°C mit Keimbeginn nach 11,9 bzw. 11,5 Tagen gab es keinen signifikanten Unterschied, während sich der Keimbeginn bei 10°C bzw. 25°C mit 16,2 bzw. 20,3 Tagen signifikant verzögerte.

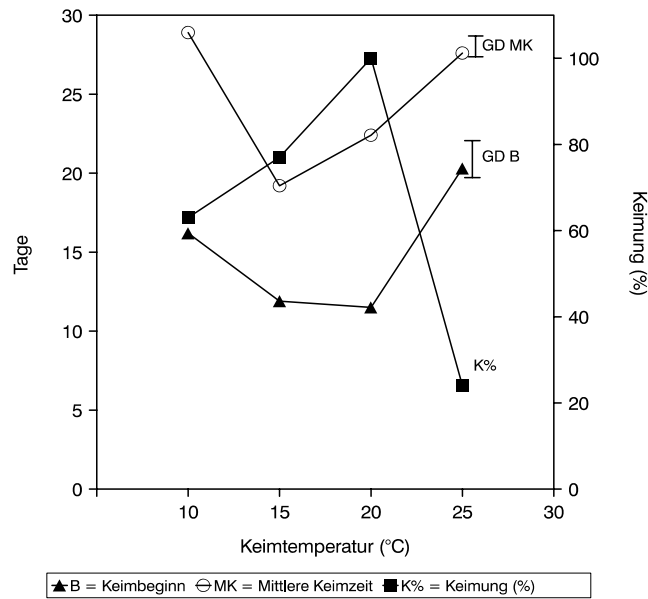


Abbildung 10: Keimung (%), Keimbeginn (B) und Mittlere Keimzeit (MK) der *Delphinium*-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen (Meßwerte siehe Anhang 3-5)

Die Keimung hatte bei 20°C mit 100 % gekeimter Samen ihren optimalen Wert erreicht, während sie bei 15°C, 10°C bzw. 25°C mit 77 %, 63 % bzw. 29 % deutlich reduziert war.

Die Mittlere Keimzeit war, trotz optimalen Keimbeginns und optimaler Keimzeit bei 20°C Keimtemperatur mit 22,4 Tagen gegenüber 15°C mit 19,2 Tagen signifikant verzögert. Deutlich wird dieses Ergebnis auch aus dem Keimverlauf bei unterschiedlichen Temperaturen, dargestellt in Abbildung 11. Der Anteil gekeimter Samen betrug nach 8 Tagen bei einer Keimtemperatur von 15°C 43% gegenüber 35% bei 20°C. Die Mittlere Keimzeit war bei 10°C mit 27,9 Tagen bzw. 25°C mit 27,6 Tagen fast gleich, aber gegenüber 15°C bzw. 20°C signifikant verzögert (Abbildung 11).

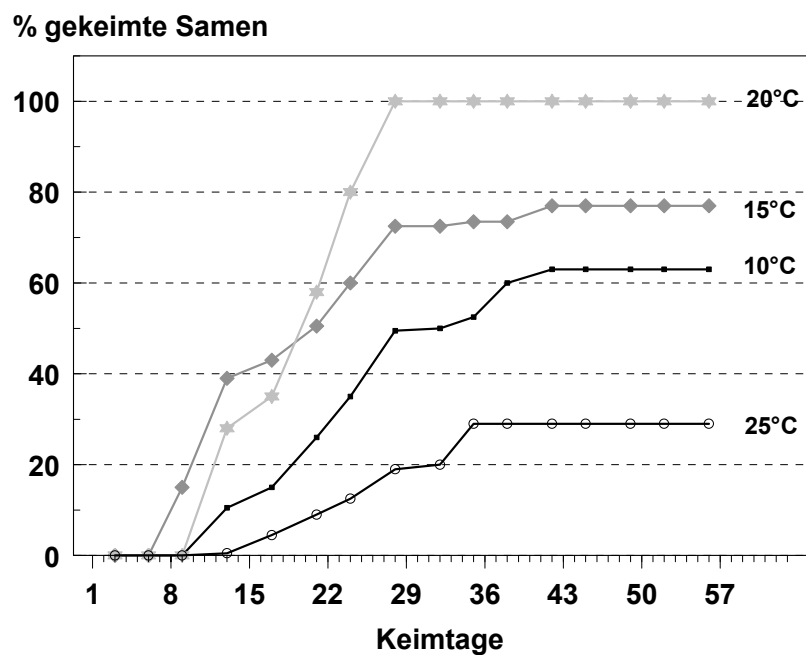


Abbildung 11: Keimverlauf der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen (Details siehe Anhang 2)

3.2.3 Blattmerkmale

In einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' war die Variabilität bezüglich der Merkmalsausprägungen sehr groß. Bereits im Keimblattstadium wurde deutlich (Abbildung 12), daß neben der Blattfläche und -form auch die Blattspreitenlänge und -breite, sowie die Blattstiellänge variierten. Neben kleinen Blättern mit länglich ovaler bzw. bauchiger Form traten auch große Blätter mit lanzettlicher Form sowie unterschiedlicher Blattstiellänge auf.

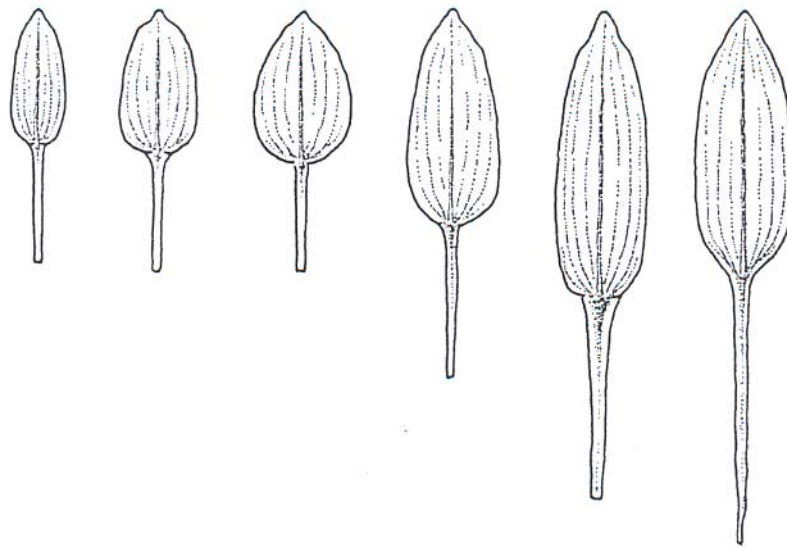
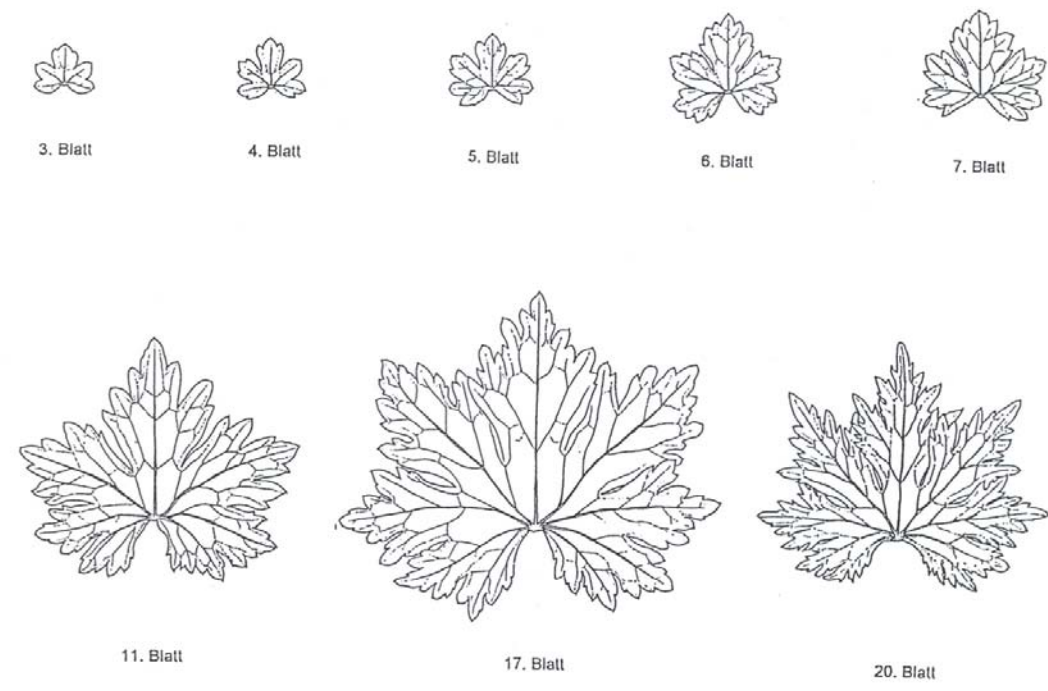


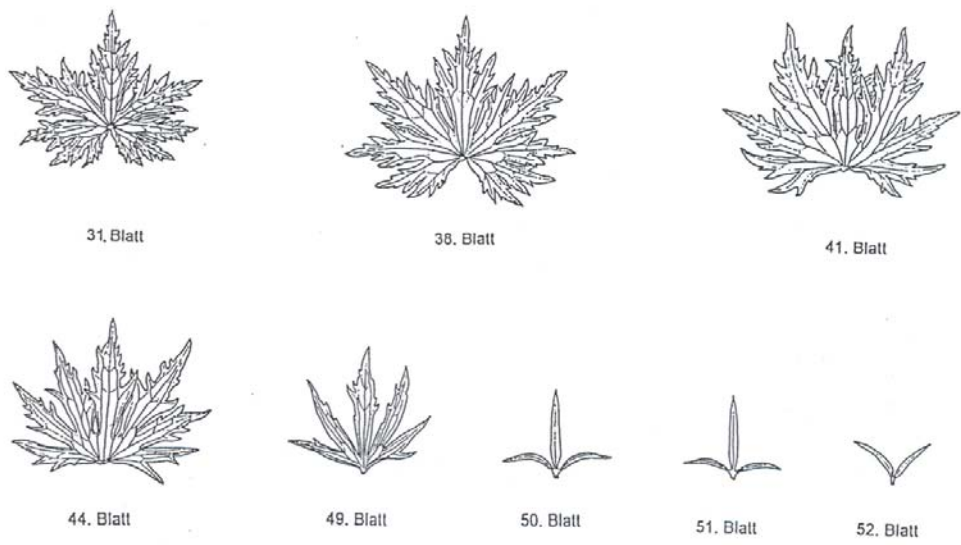
Abbildung 12: Variabilität verschiedener Merkmalsausprägungen bei Keimblättern der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' (Größe 1 : 0,8)

Die Blattentwicklung vom Keimblatt bis zu den Blättern der Grundrosette und des Blütenstosses wird in Abbildung 13 dokumentiert. Die Grundrosette wurde von 20 Blättern gebildet. Bereits das Primärblatt war fünffach handförmig gefächert, wobei die einzelnen fächerartigen Abschnitte breit gebuchtet und wenig differenziert waren. Die Zunahme der Blattgröße erfolgte bis zum 20. Blatt, dem letzten Blatt der Grundrosette.

Ab dem 6. Blatt erfolgte eine Differenzierung der einzelnen fächerartigen Abschnitte, die jeweils drei symmetrisch spitz zulaufende seitliche Ausbuchtungen aufwies. Ab dem 17. Blatt war das Blatt siebenfach handförmig gefächert, mit jeweils vier symmetrisch spitz zulaufenden seitlichen Ausbuchtungen pro Fächerabschnitt. Vom 21. Blatt bis zum Blatt direkt unterhalb des Blütenstandes nahm die Blattfläche kontinuierlich ab. Bis zum 48. Blatt war das Blatt siebenfach handförmig gefächert. Die Blattspreitenbreite der fächerförmigen Abschnitte verringerte sich und die seitlichen Ausbuchtungen waren z.T. durch weitere unregelmäßig spitz zulaufende Einschnitte gekennzeichnet. Das 49. Blatt war wieder fünffach handförmig gefächert und die Anzahl sowie die differenzierte symmetrische Gestaltung der seitlichen Ausbuchtungen der fächerförmigen Abschnitte nahm ab. Unterhalb des Blütenstandes war das letzte Blatt dreiteilig geformt mit stark reduzierter Blattfläche und -spreitenbreite und durch lanzettlich spitz zulaufende Teilabschnitte gekennzeichnet.



Blätter der Grundrosette



Blätter am Blütenproß

Abb. 13: Beispiel für den Blattaufbau einer Grundrosette und eines Blütenprosses
Sorte 'Astolat' (Größe 1:0,35)

Die Anzahl der am Blütenstängel gebildeten Blätter variierte zwischen 20 und 56. Durchschnittlich wurden pro Stängel 33 Blätter gebildet. Außerhalb der Vertrauensgrenze befanden sich 17 Pflanzen, die mehr als 47 Blätter aufwiesen (Abbildung 14). Eine Korrelation mit dem Merkmal „Blütenstängellänge“ bestand nicht.

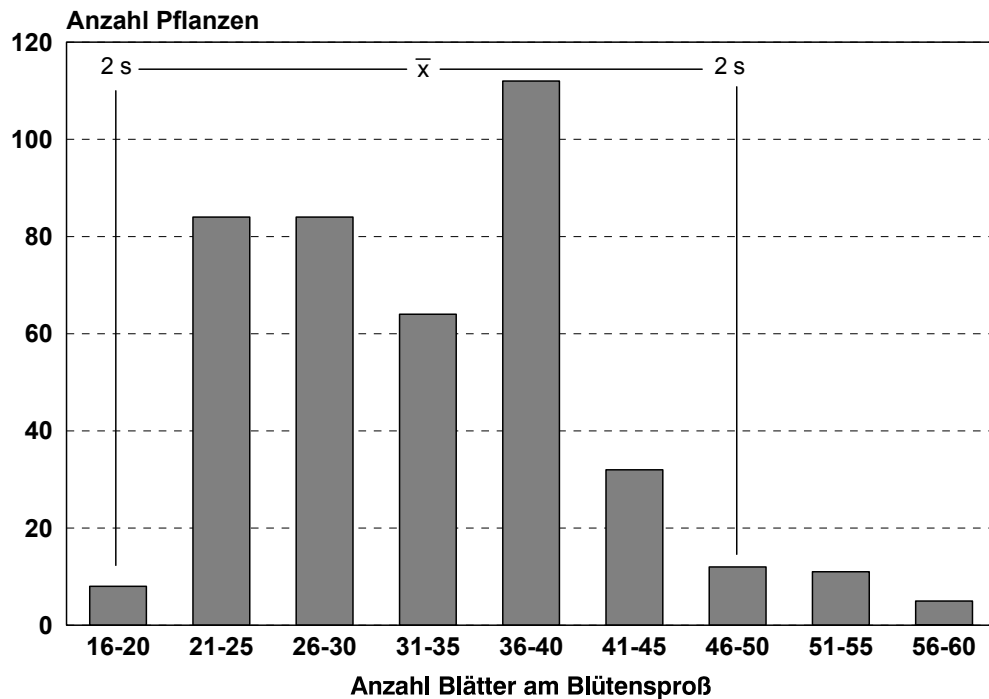


Abbildung 14: Variabilität der Blattanzahl am Blütenstängel der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

3.2.4 Blütenstängelmerkmale

In der Literatur wird angegeben, dass die Blütenstängel eine Höhe bis 180 cm erreichen (BENARY 1991, KÖHLEIN 1992, JELITTO 1995). Solche Stängellängen werden in einer Topfkultur im Gewächshaus nicht erzielt, doch können auch hier erhebliche Unterschiede beobachtet werden.

Bei 400 Pflanzen, die im Alter von 10 Monaten unter gleichen Kulturbedingungen blühten, betrug die mittlere Stängellänge $115 \text{ cm} \pm 50 \text{ cm}$. 20 Pflanzen mit einer Stängellänge über 165 cm lagen außerhalb der Vertrauensgrenze (Abbildung 15).

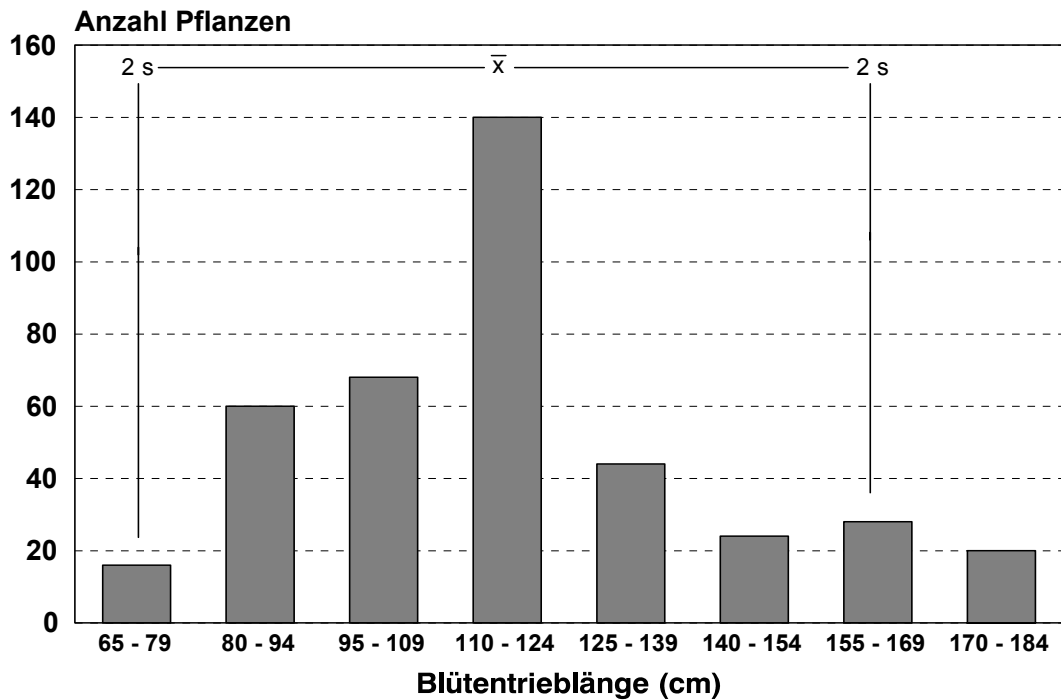


Abbildung 15: Variabilität der Blüentrieblänge der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

Die Pflanzen hatten zum ersten Blühtermin jeweils einen Blütenstand ausgebildet. Die Anzahl der Blüten pro Blütenstand variierte zwischen 28 und 160. Der Mittelwert betrug $84,3 \pm 61,0$ (Abbildung 16).

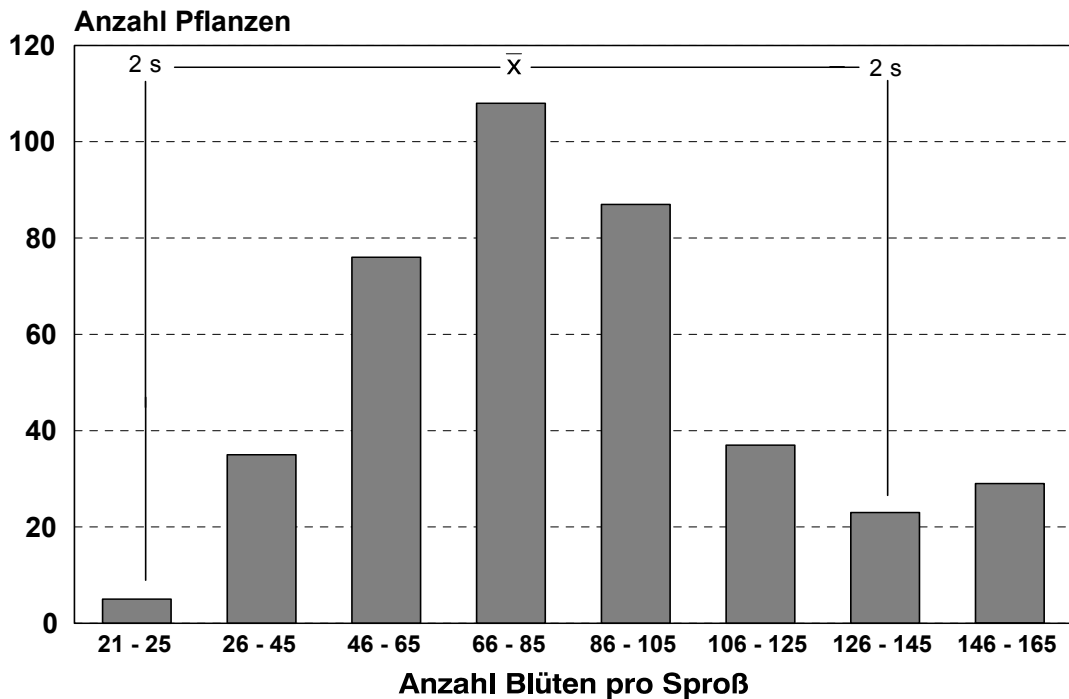


Abbildung 16: Variabilität der Anzahl Blüten am Blütenspross der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

Die Pflanzen bildeten unterhalb des Hauptblütentriebes Seitentriebe mit Blüten aus. Diese entwickelten sich aus den Blattachsen der am Hauptsproß gebildeten Blätter und waren oftmals unbeblättert. Zur Zeit der offenen Blüten am Hauptsproß waren die Blüten der Seitentriebe in der Regel noch im knospigen Zustand, grünlich gefärbt und zeigten selten bereits den Farbton der geöffneten Blüten.

Bei den Versuchspflanzen zeigte sich, daß die Anzahl Seitenblütentriebe pro Pflanze zwischen 0 und 5 variierte. Der Mittelwert betrug $2,0 \pm 1,2$. Innerhalb des Vertrauensbereiches hatten 17% der Pflanzen keine Seitenblütentriebe gebildet und jeweils 2% der Pflanzen, die außerhalb der Vertrauensgrenze lagen, entwickelten vier bzw. fünf Seitenblütentriebe (Abbildungen 17). Die Abbildung 18 zeigt einen Ausschnitt eines Blütenstandes mit offenen Blüten und Seitenblütentriebe mit grünen Blütenknospen.

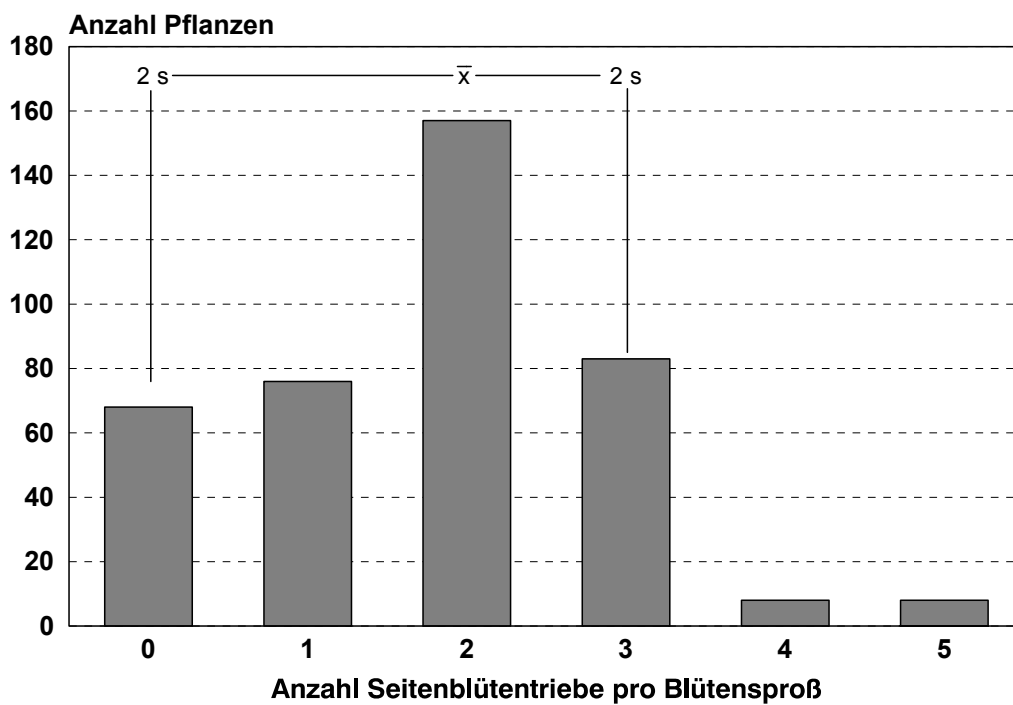


Abbildung 17: Variabilität der Anzahl Seitenblütentriebe pro Blütenspross der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'



Abbildung 18: Ausschnitt eines Blüten sprosses mit Seitenblütentrieben (grüne Blütenknospen) der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

3.2.5 Blütenmerkmale

Die Blüten stehen einzeln auf kurzen Stielen im spitzen Winkel zur Hauptachse und bildeten gemeinsam den Blütenstand (Abbildung 19).

Die Blütenfarbe variierte stark. Gelegentlich traten weiße bzw. dunkelviolette Farbvarianten auf. Der Anteil war aber in einer Sämlingspopulation sehr gering, da unter 1600 Sämlingen nur eine weiß- und fünf violettblühende Pflanzen gefunden wurden. Es herrschten rosa- und pinkfarbene Kelchblätter mit weißen, cremefarbenen oder dunkelbraunen Kronblättern vor. Die Blüten waren halbgefüllt mit einem äußeren Kronblattkreis mit fünf Blütenblättern und zwei inneren Kronblattkreisen. Sie waren zygomorph und das obere hintere Kelchblatt war in einem langen, abstehenden hohlen Sporn verlängert.



Abbildung 19: Blütenstand der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

3.2.6 Regeneration von Pflanzen

In der vegetativen Phase werden die für die Regeneration der Pflanze benötigten Erneuerungsknospen gebildet, die sich nach dem Absterben des Hauptblütensprosses zu neuen oberirdischen Sprossen entwickeln. Innerhalb der Sämlingspopulation war die Regenerationsleistung (Anzahl der gebildeten Erneuerungsknospen pro Pflanze) sehr unterschiedlich. Die durchschnittliche Anzahl makroskopisch sichtbarer Erneuerungsknospen pro Pflanze betrug $11,9 (12) \pm 4,5$. Die Schwankungsbreite des Vertrauensbereiches lag zwischen 7,4 und 16,4 Erneuerungsknospen pro Pflanze. Es zeigte sich, daß 13 % der Pflanzen weniger als 7,4 und 14 % mehr als 16 Erneuerungsknospen pro Pflanze ausbildeten (Abbildung 20).

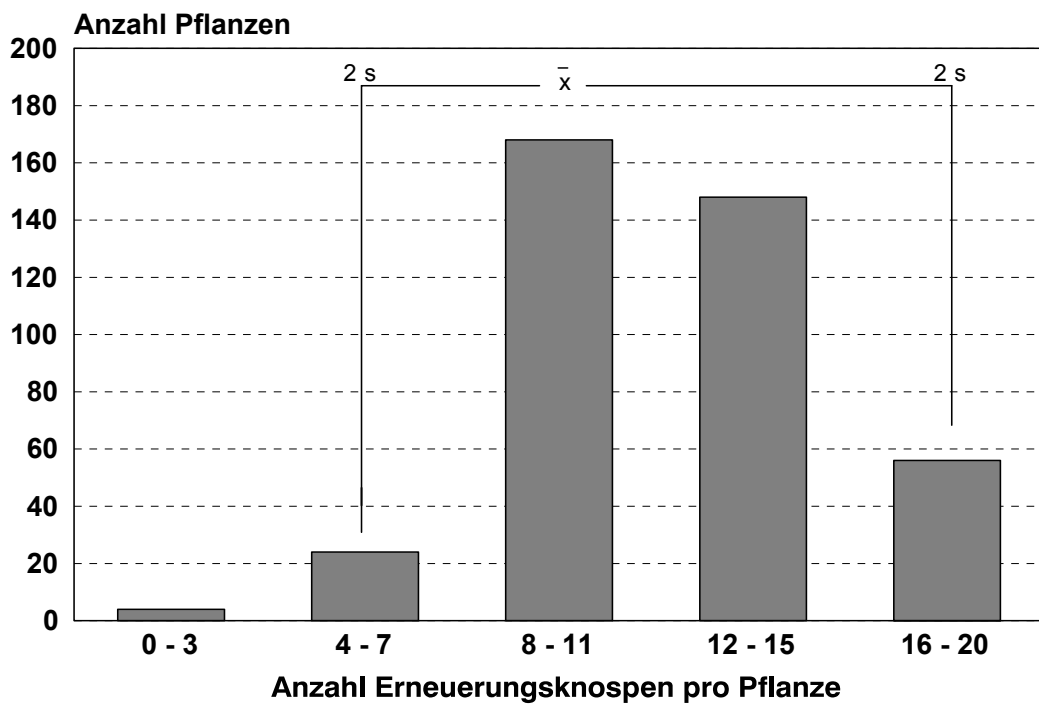


Abbildung 20: Variabilität in der Anzahl Erneuerungsknospen pro Pflanze bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat'

3.3 Diskussion

Bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' setze die Entwicklung in der vegetativen Phase mit der Ausbildung der Blattrosette mit 10 Blattpaaren ein und wurde mit der Streckung des Blütentriebes und der Ausbildung des Blütenstandes und der Entwicklung der Samen in der generativen Phase fortgesetzt. Die Regenerationsknospen wurden in den Blattachseln gebildet und konnten bei mehrjährigen Pflanzen zur Zeit der Streckung des Blütentriebes bereits austreiben. Nach dem Absterben des Hauptblütentriebes waren sie für die Weiterentwicklung der Pflanze verantwortlich. Die seitlich symmetrische Entwicklung der Regenerationsknospen begründete den sympodialen Sproßaufbau und bestätigt damit die Ergebnisse von TROLL (1964).

Sämlingspflanzen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' weisen ähnlich wie Sämlinge der Gattung *Lychnis x arkwrightii* zunächst kein Kältebedürfnis auf (ZIMMER und GEBAUER 1984), bildeten aber im ersten Jahr nur einen Blütenflor mit einem Blütenstand aus, da die in den Blattachseln gebildeten Regenerationsknospen nicht mehr austrieben. Sie weisen einen vegetativen Apex auf. Erst durch Einwirkung niedriger Temperatur traten morphologisch sichtbare Veränderungen am Vegetationspunkt auf. Gleichzeitig mit der Entfaltung der Blattrosette wölbte sich der Apex. Es kam zur Sproßstreckung und damit zur Ausbildung von Blütenknospen. Die Blüten waren wie bei TROLL (1964) beschrieben rekauleszent verlagert, d.h. dass die Achselknospe aus der eigentlichen Blattachsel an die Basis des Tragblattes verschoben war.

Wurde der erste Blütenflor entfernt, konnte sich ein zweiter Blütenflor entwickeln. Nachgeordnete Erneuerungsknospen, letztjährig angelegt, trieben aus und bildeten die neuen Blütentriebe.

3.3.1 Keimung

Samen verschiedener Gattungen der Familie der *Ranunculaceae* weisen einen schmalen basal gelegenen rudimentären Embryo auf, der von einem protein- und lipidhaltigen Endosperm umgeben ist. In der Regel benötigen diese Samen eine Stratifikationsbehandlung, damit der Embryo nachreifen kann. Um dann die Dormanz zu brechen bzw. anschließend die Keimbereitschaft zu erhöhen, müssen unterschiedliche Methoden angewendet werden.

Bei Samen von *Trollius ledebouri* 'Golden Queen' wird durch mechanisches Entfernen der Testa bzw. durch Gibberellinsäurebehandlung das Keimen gefördert. Die Effektivität dieser Maßnahme wird deutlich gesteigert, indem die Samen vorab gewaschen und bis zu 14 Tagen in destilliertem Wasser vorgequollen wurden. Durch diese

Behandlung wird der Keiminhibitor ausgewaschen und die Sensitivität für exogen appliziertes Gibberellin erhöhte (ATWATER 1980, HEPHER und ROBERTS 1985a, b).

Zur Keimung der Samen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' reichte ein Vorquellen in einer Desinfektionslösung mit 1‰ Chinolinsulfat + Kaliumsulfat für 24 Stunden aus, um einen Keimerfolg von 100% bei 20°C auf Quarzsand zu erzielen. Weitere Stratifikationsmaßnahmen waren nicht notwendig. Durch Variation der Temperatur wurde der Keimerfolg stark beeinflusst. Eine Erniedrigung bzw. eine Erhöhung der Temperatur auf 15°C bzw. 25°C führte zu einer Reduktion der Keimrate. Der Keimbeginn mit 11,5 Tagen erfolgt am schnellsten bei 20°C, doch gab es zwischen 15°C und 20°C keinen signifikanten Unterschied. Diese Ergebnisse widersprechen den Angaben von JELITTO (1995), der beschrieb, daß Pacific-Hybriden wärmebedürftig sind und bei Temperaturen über 22°C keimen.

Zur Keimtemperatur und -dauer der *Delphinium*-Hybriden werden in den Saatgutkatalogen und Veröffentlichungen unterschiedliche Angaben gemacht. BENARY (1991) gab für *Delphinium*-Hybriden eine Keimtemperatur von 10°C mit einer Keimdauer von 20 bis 30 Tagen an. Ähnliche Ergebnisse wurden bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' erzielt. Der Keimbeginn erfolgte nach 16,2 Tagen mit einer Mittleren Keimzeit von 28,9 Tagen. Untersuchungen von ATWATER (1980) zeigten, daß 83 % einer Samenpopulation von *Delphinium* x *cultorum* bzw. 82 % einer Samenpopulation von *Delphinium* x *cardinale* innerhalb von 21 Tagen bei 20°C bzw. innerhalb von 28 Tagen bei 15°C keimten. Die Samen der F₂-Hybride 'New Century' keimten innerhalb von zwei bis drei Wochen sehr einheitlich bei 26°C, während bei 20°C mit einer deutlichen Keimverzögerung gerechnet werden mußte (HURKA 1991). SAHIN (1991) gab für die Sorten 'Cliveden Beauty', 'Bellamosum' und 'New Century' (Belladonna-Hybriden) Keimtemperaturen von 22°C bis 25°C mit einer Keimzeit von drei bis vier Wochen an.

3.3.2 Blattmerkmale

Bei den Keimblättern der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' traten neben kleinen Blättern mit länglich ovaler bzw. bauchiger Form und kurzem Blattstiel auch große Blätter mit lanzettlicher Form und langem Blattstiel auf.

Die bei HEGI (1957) und JELITTO und SCHACHT (1990) angegebene Beschreibung der Laubblätter mit dreizählig bis handförmig gelappt oder geteilt ist sehr ungenau, da zwischen dem Aufbau der Blätter der Grundrosette und dem Aufbau der Blätter am Blütenstand unterschieden werden muß. Bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride

‘Astolat’ bildeten 20 Blätter die Grundrosette, wobei das letzte Blatt der Grundrosette die größte Blattfläche aufwies. Bereits das Primärblatt war fünffach handförmig gefächert, wobei einzelne Abschnitte breit gebuchtet und wenig differenziert waren. Ab dem 6. Blatt erfolgte eine Differenzierung der einzelnen fächerartigen Abschnitte und ab dem 17. Blatt war das Blatt siebenfach handförmig gefächert. Vom ersten Blatt des Blütenstandes bis zum Blatt direkt unterhalb des Blütenstandes nimmt die Blattfläche ab und die Blattform ändert sich. Die Blattspreitenbreite reduziert sich mit Zunahme der Blattzahl und die seitlichen Ausbuchtungen werden unregelmäßig. Ab dem 49. Blatt war das Blatt wieder handförmig gefächert und die Anzahl der seitlichen Ausbuchtungen verringert. Unterhalb des Blütenstandes war das letzte Blatt dreiteilig geformt mit stark reduzierter Blattfläche und -spreitenbreite und durch lanzettlich spitz zulaufende Teilabschnitte gekennzeichnet.

3.3.3 Blütenprossmerkmale

Pflanzen der *Delphinium*-Pacific-Hybride ‘Astolat’ wiesen innerhalb einer Sämlingspopulation bezüglich der Blüentrieglänge und der Anzahl Seitenblüentriebe eine große Variabilität auf. Im Gewächshaus erreichten diese Pflanzen in einer Topfkultur eine durchschnittliche Blüentrieglänge von 115 cm. Es traten neben kleinwüchsigen Pflanzen mit einer Blüentrieglänge unter 80 cm auch großwüchsige Pflanzen mit einer Blüentrieglänge über 165 cm auf, die damit fast die unter Freilandbedingungen angegebene Trieglänge von 180 cm erreichten (BENARY 1991, KÖHLEIN 1992 und JELITTO 1995).

Ein weiteres charakteristisches Merkmal war die Anzahl Seitenblüentriebe am Blütenpross. Sowohl klein- als auch großwüchsige Pflanzen bildeten durchschnittlich zwei Seitenblüentriebe aus. Nur wenige Pflanzen entwickelten vier bzw. fünf Seitenblüentriebe. Die geringe Anzahl Seitenblüentriebe pro Pflanze könnte durch die am Blütenpross gebildeten Blätter begründet sein. TÖPPERWEIN (1992) wies daraufhin, daß die korrelative Hemmung von Seitentrieben allein von den Blättern hervorgerufen wurde, wobei die Hemmwirkung eines Blattes abhängig vom Alter war. In der Hauptwachstumsphase wirkt das Blatt maximal, jüngste Blätter hemmen z.T. noch nicht, während die Hemmung des alten Blattes stark nachläßt. Die an vegetativ wachsenden Pflanzen ermittelten Ergebnisse könnten auch auf einen Blütenpross übertragen werden, da die Seitenblüentriebe nur direkt unterhalb des Blütenstandes gebildet wurden. Die direkt unterhalb des Blütenstandes gebildeten dreiteilig geformten Blätter mit stark reduzierter Blattfläche und -spreitenbreite hatten offensichtlich keine Hemmwirkung auf die Ausbildung der Seitenblüentriebe. Das dritte und vierte Blatt

unterhalb des Blütenstandes wiesen wieder die typische Blattform auf. Sie waren fünf-fach handförmig gefächert und die Anzahl sowie die differenzierte symmetrische Gestaltung der seitlichen Ausbuchtungen der fächerförmigen Abschnitte nahmen wieder zu. Aufgrund der geringen Blattfläche war eine Entwicklung der Achselknospen noch möglich, während die darunterliegenden Blätter zur Basis hin durch eine Zunahme der Blattfläche gekennzeichnet waren. Bei diesen offensichtlich stark wachsenden Blättern nahm die Hemmwirkung so stark zu, daß Achselmeristeme nicht mehr gebildet werden konnten.

3.3.4 Blütenmerkmale

Die Blütenmerkmale, wie z.B. Blütenfarbe und -form, können neben Merkmalen der vegetativen Organe am ehesten bestimmend für den gärtnerischen Wert sein. Bei den samenvermehrten Sorten der Pacific-Hybriden umfaßt das Zuchtziel vor allem die Uniformität und Farbreinheit der Pflanzen. Hingegen zeigte sich innerhalb einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' eine starke Variation in der Blütenfarbe, wobei rosa Farbvarianten vorherrschten, weiße bzw. dunkelviolette Farbtöne selten auftraten. Die Kronblätter waren weiß, creme oder dunkelbraun gefärbt. Die halbgefüllten Blüten bestanden aus einem äußeren und zwei inneren Kronblattkreisen mit je fünf Blütenblättern. Eine Variation der Blütenform trat nicht auf.

3.3.5 Regeneration der Pflanzen

Die Regeneration der Pflanzen erfolgte durch Ausbildung der Erneuerungsknospen in den Blattachsen der Grundrosette. Bei Pflanzen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' bestand die Grundrosette aus 10 Blattpaaren, so daß insgesamt 20 Erneuerungsknospen pro Pflanze gebildet werden konnten. Die Regenerationsleistung der Pflanzen war jedoch in einer Sämlingspopulation sehr unterschiedlich. Nur wenige leistungsstarke Pflanzen waren in der Lage, in jeder Blattachsel eine Erneuerungsknospe zu bilden, in der Regel entstand diese nur in jeder zweiten oder dritten Blattachsel eine Erneuerungsknospe. Deshalb ist es unerlässlich, die Regenerationsleistung von Pflanzen als Ertragskriterium beim Aufbau von Klonen zur Schnittblumenproduktion bzw. bei der Erstellung von Mutterpflanzenquartieren heranzuziehen.

4 Einfluss von Kühlperiode und Tageslänge auf die Blütenbildung

Ergebnisse über den Einfluss von Licht und Temperatur auf einzelne Entwicklungsphasen der *Delphinium*-Belladonna-Hybride 'Völkerfrieden' liegen bisher von ZIMMER und MISZLAI vor (1982). Ergänzend dazu soll der Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die einzelnen Entwicklungsphasen der *Delphinium*-Hybriden 'Astolat' (Pacific-Hybride), 'Bellamosum' (Belladonna-Hybride) und 'Zauberflöte' (Elatum-Hybride) unter Gewächshausbedingungen untersucht werden.

4.1 Material und Methoden

4.1.1 Pflanzenmaterial

Für einen Gewächshausversuch wurden zweijährige Sämlingspflanzen der Sorten 'Astolat' (Pacific-Hybride) und 'Bellamosum' (Belladonna-Hybride) und vierjährige, vegetativ vermehrte Pflanzen der Sorte 'Zauberflöte' (Elatum-Hybride) verwendet. Die von Karl Foerster gezüchtete Sorte 'Zauberflöte' wurde bereits 1956 in den Handel gebracht und zählt heute noch zum Standardsortiment. KÖHLEIN (1992) bezeichnete sie als eine sehr wertvolle *Delphinium*-Hybride, die eine Größe von ca. 170 cm erreichen kann. Sie blüht im Juli und September/Oktober. Die ultramarinblauen Blüten sind mit rosa/weißem Auge versehen.

Sämtliche Pflanzen wurden vor Versuchsbeginn (28.9.) zurückgeschnitten und anschließend in 3-l-Container getopft. Verwendet wurde hierzu ein Torf-Sand-Substrat (3:1), dem Osmocote 8 M (3 g/l), Radigen (0,5 g/l) und kohlen-saurer Kalk (3 g/l) zugegeben wurde. Vorbeugend wurden alle Töpfe vor dem Einstellen in die Kühlkammer mit Du Pont Benomyl (0,2%) gegen Pilzbefall, vor allem *Botrytis cinerea*, behandelt. Die blattlosen Versuchspflanzen wurden am 28.09. in einer Kühlkammer für 6, 12 bzw. 18 Wochen aufgestellt. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 60% und einer auf 2°C eingestellten Temperatur wurden die Pflanzen ohne Belichtung gekühlt. Die Pflanzen wurden nach Bedarf gegossen. Während der Kühlphase wurden die Pflanzen wöchentlich auf Trockenheit und Pilzbefall untersucht.

Der Versuch bestand aus 3 ungekühlten und 9 gekühlten Prüfgliedern (6, 12, 18 Wochen Kühlung x 3 Sorten), von denen jeweils die Hälfte der Pflanzen - die nichtgekühlten am 28.09., die gekühlten später - im Langtag (8 h Licht) bzw. im Kurztag (16 h) kultiviert wurde. Somit entstanden 24 Varianten zu je 40 Pflanzen. Der Versuch endete nach 240 Tagen, Ende Mai.

4.1.2 Kultur im Gewächshaus

Die Weiterkultur der Pflanzen erfolgte in einem einfachverglasten Gewächshaus mit Stehwandheizung. Die Pflanzen wurden auf 20 cm hohen Betontischen aufgestellt. Die Kultur erhielt während der Wintermonate Oktober bis März zusätzlich Assimilationslicht, im Kurztag von 8.00 bis 16.00 Uhr und im Langtag von 6.00 bis 22.00 Uhr 3000 Lux (HPI-Lampen der Marke Philips). Die Temperatur betrug $17^{\circ}\text{C}+2^{\circ}\text{C}$, mit Temperaturen von 25°C im Mai.

Die Pflanzen erhielten einmal pro Woche Mineraldünger. Verwendet wurde Alkrisal (0,2%), der die Nährstoffe N, P und K im Verhältnis 20 : 5 : 10 sowie die Spurenelemente B, Fe, Cu, Mo und Mn enthält. Mikronährstoffe wurden mit Hortrilon (0,05%) zugeführt. Auftretende Trauermückenlarven wurden mit Exhibit F 27 bekämpft. Parallel zur Larvenbekämpfung wurden geleinete Gelbtafeln im Bestand aufgehängt, um die Zahl der adulten Tiere zu verringern.

4.1.3 Erfassung der Wachstumsparameter

Während der Kultur im Gewächshaus wurden an den Versuchspflanzen zweimal wöchentlich auf die im folgenden beschriebenen Merkmale bonitiert. Teilweise war es notwendig, die Bonitur in kürzeren Abständen durchzuführen, um beispielsweise den Zeitraum bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe möglichst genau angeben zu können.

4.1.3.1 Tage bis zur ersten Sprossstreckung

Es wurde der Zeitpunkt der ersten makroskopisch sichtbaren Sprossstreckung vermerkt. Die Angabe erfolgt in Tagen ab Aufstellung im Gewächshaus.

4.1.3.2 Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe

Festgehalten wurde der Zeitpunkt, an dem die erste Blütenknospe einer Pflanze makroskopisch sichtbar war. Die Angabe erfolgt in Tagen ab Aufstellung im Gewächshaus.

4.1.3.3 Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte

Ermittelt wurde der Zeitpunkt, an dem sich die erste Blütenknospe einer Pflanze öffnete. Die Angabe erfolgt in Tagen ab Aufstellung im Gewächshaus.

4.1.3.4 Anzahl Blütenstände und Anzahl Einzelblüten

Es wurden die Anzahl Blütenstände je Versuchspflanze und nach dem Vermessen des Sprosses die Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand ermittelt.

4.1.3.5 Sprosslänge

Um bei allen Pflanzen die Vermessung zum möglichst gleichen physiologischen Zeitpunkt durchzuführen, wurde zum Zeitpunkt des Verblühens der ersten Einzelblüte (Verfärbung und Welke der Blütenblätter) der Spross an der Basis abgeschnitten und mit einem Zollstock vermessen. Die Angabe erfolgt in cm.

4.1.4 Statistische Auswertung

Die ermittelten Daten der zweifaktoriellen Versuchsanordnung wurden varianzanalytisch mit dem NCSS-Statistikprogramm verrechnet und die Mittelwerte mit Hilfe des Tukey-Tests auf dem 5%-Signifikanzniveau verglichen (WEBER 1986).

Zusammenhänge zwischen zwei Merkmalen wurden mit der Regressionsanalyse über lineare Regression berechnet. Die Vergleiche der Regressionskoeffizienten im Anschluss an die Regressionsanalysen erfolgten nach Tukey (SACHS 1989).

4.2 Ergebnisse Sorte 'Astolat'

4.2.1 Pflanzenentwicklung

Durch differenzierte Kühl- und Belichtungsdauer wurde die zeitliche Entwicklung der Pflanzen beeinflusst (Abb. 21). Die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte wurde mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer reduziert. Der Einfluss unterschiedlicher Belichtungsdauer zeigte sich am deutlichsten bei den nichtgekühlten Pflanzen. Die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte betrug 171 Tage bei 8stündiger Belichtung und verkürzte sich auf 106 Tage bei 16stündiger Belichtung. Die Variante mit 12 Wochen Kühlung und 16 h Licht wies mit 79 Tagen die geringste mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte auf. Sowohl eine 8stündige Belichtungszeit als auch eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen führten zu einer signifikanten Verzögerung der Entwicklung. Zwischen der Kühldauer und der zeitlichen Entwicklung der Pflanzen („Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte“) bestand sowohl bei Pflanzen mit anschließend 8stündiger Belichtungsdauer als auch bei Pflanzen mit anschließend

16stündiger Belichtung ein signifikanter Zusammenhang ($r = -0,87$ bzw. $r = -0,82$) (Anhang 6-7).

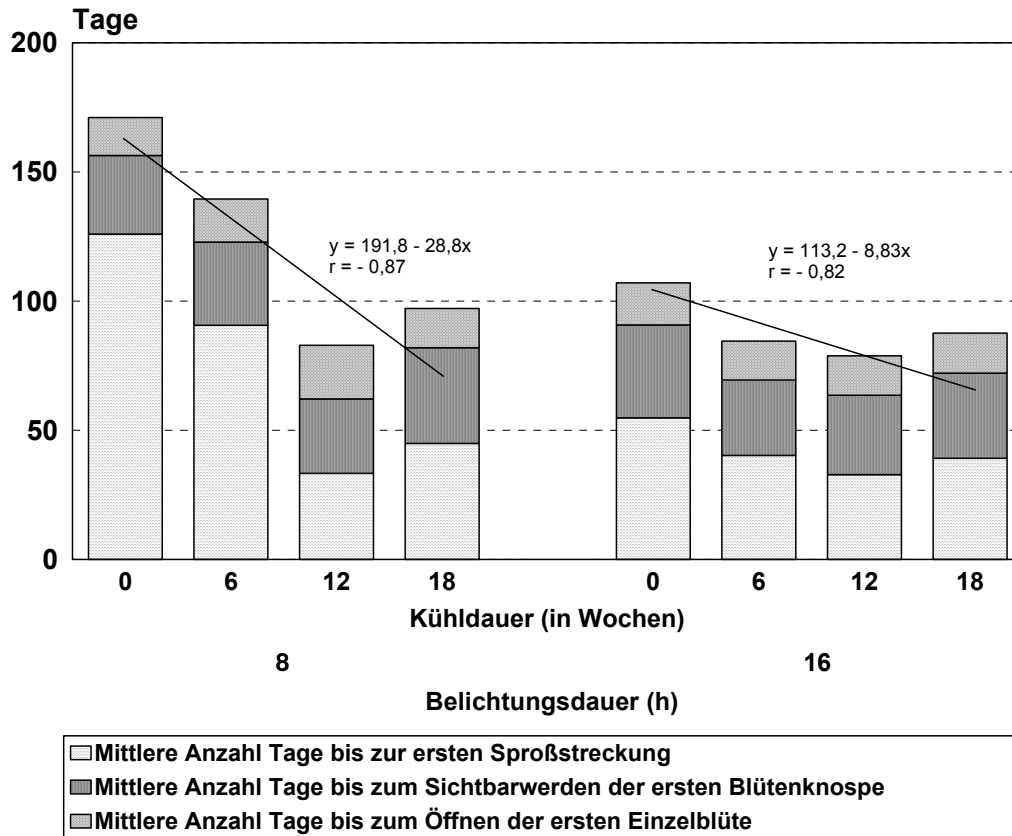


Abbildung 21: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte der Sorte 'Astolat', dem Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und der ersten Sprossstreckung

4.2.2 Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm der prozentuale Anteil blühender Pflanzen zu (Tab. 5). Bei nichtgekühlten Pflanzen nahm der Anteil blühender Pflanzen von 55% bei 8stündiger Belichtung auf 80% bei 16stündiger Belichtung zu. Bereits nach 6wöchiger Kühldauer blühten bei anschließend 16stündiger Belichtung 100% der Pflanzen. Ein Ergebnis, das auch nach 12wöchiger Kühldauer erzielt wurde. Die Varianten mit 18wöchiger Kühldauer wiesen sowohl bei 8stündiger als auch bei 16stündiger Belichtung ein gegenüber den nichtgekühlten Pflanzen mit anschließend 16stündiger Belichtung geringeren Anteil blühender Pflanzen auf (Tabelle 5).

Tabelle 5: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf das Blühverhalten von Pflanzen der Sorte 'Astolat'

Kühlung in Wochen	Belichtungsdauer (h)			
	8		16	
	Anzahl blühender Pflanzen (n = 40)	Anteil in %	Anzahl blühender Pflanzen (n = 40)	Anteil in %
0	22	55,0	32	80,0
6	27	67,5	40	100,0
12	33	82,5	40	100,0
18	14	35,0	22	55,0

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm die durchschnittliche Anzahl Blütenstände pro Pflanze von 1 Blütenstand bei der Variante 0 Wochen Kühlung/8 h Licht auf 3 Blütenstände bei der Variante 12 Wochen Kühlung/16 h Licht zu (Abb. 22). Der Einfluss unterschiedlicher Kühldauer zeigte sich deutlich bei Pflanzen mit 8stündiger Belichtung. Das beste Ergebnis mit durchschnittlich 2,3 Blütenständen pro Pflanze wurde bei 12wöchiger Kühldauer erzielt. Eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen erbrachte eine geringere Anzahl Blütenstände pro Pflanze im Vergleich zur Variante mit 12wöchiger Kühldauer. Sämtliche Kühlungsvarianten mit anschließendem Kurztag waren untereinander signifikant verschieden. Nichtgekühlte Pflanzen zeigten, verglichen mit Pflanzen mit 6- oder 18wöchiger Kühldauer und anschließend 16stündiger Belichtung bezüglich der Anzahl Blütenstände keinen signifikanten Unterschied. (Abbildung 22 und Anhang 8). Deformierte Blütenstände wurden nicht gebildet. Abbildung 23 zeigt einen Blütenstand nach 12 Wochen Kühlung und 16stündiger Belichtung.

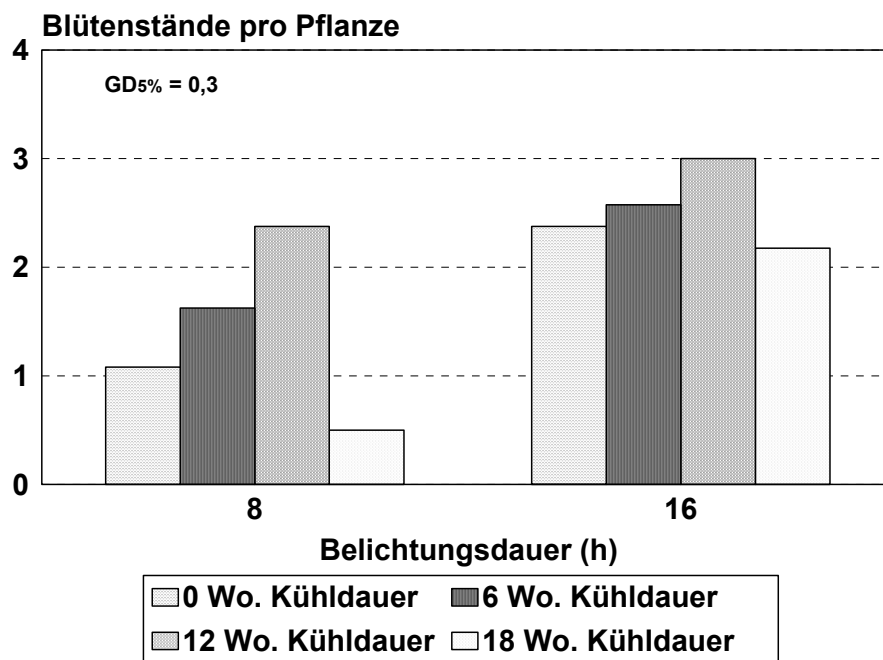


Abbildung 22: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Blütenstände pro Pflanze der Sorte 'Astolat'



Abbildung 23: Blühende Pflanze der Sorte 'Astolat' (12 Wochen Kühlung/16 h Licht)

4.2.3 Anzahl Einzelblüten

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer stieg die mittlere Einzelblütenanzahl pro Blütenstand von 63 pro Pflanze bei der Variante 0 Wochen Kühlung/8 h Licht auf 89 Blüten pro Pflanze bei der Variante 12 Wochen Kühlung/16 h Licht an (Abbildung 24). Mit letzterer wurde das beste Ergebnis, das sich von allen anderen Varianten signifikant unterschied, erzielt. Der Einfluss der Belichtungsdauer wurde deutlich sichtbar. Sowohl bei 8stündiger als auch bei 16stündiger Belichtungsdauer war nur die Variante mit 12wöchiger Kühldauer den Varianten 0 Wochen und 6 Wochen Kühlung signifikant überlegen. Eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen führte zu einer gegenüber der Variante mit 12wöchiger Kühldauer signifikant reduzierten Einzelblütenanzahl pro Blütenstand und Pflanze (Abbildung 24 und Anhang 9).

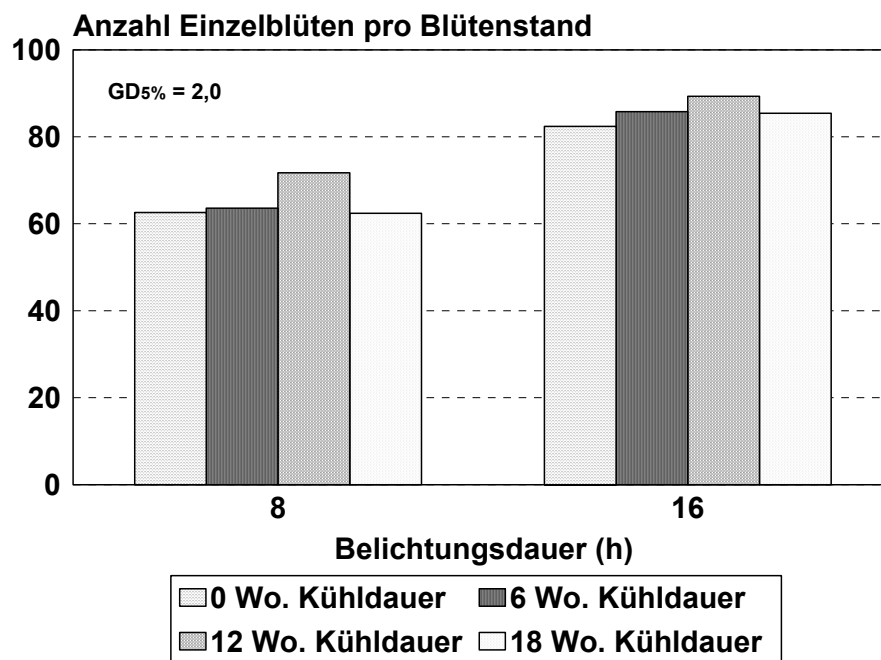


Abbildung 24: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand der Sorte 'Astolat'

4.2.4 Sprosslänge

Die Sprosslänge nahm mit steigender Belichtungsdauer von 8 auf 16 Stunden zu. Bei 16stündiger Belichtungsdauer betrug sie 120 cm nach 0 Wochen Kühlung bzw. 91 cm nach 12 Wochen Kühlung. Nach 8stündiger Belichtungsdauer und 0 Wochen Kühlung betrug sie 81 cm bzw. 67 cm nach 18 Wochen Kühlung (Abb. 25). Sowohl bei 8stündiger als auch bei 16stündiger Belichtungsdauer gab es zwischen den Pflanzen mit 12wöchiger und 18wöchiger Kühldauer in Bezug auf die Sprosslänge keinen signifikanten Unterschied (Abbildung 25 und Anhang 10).

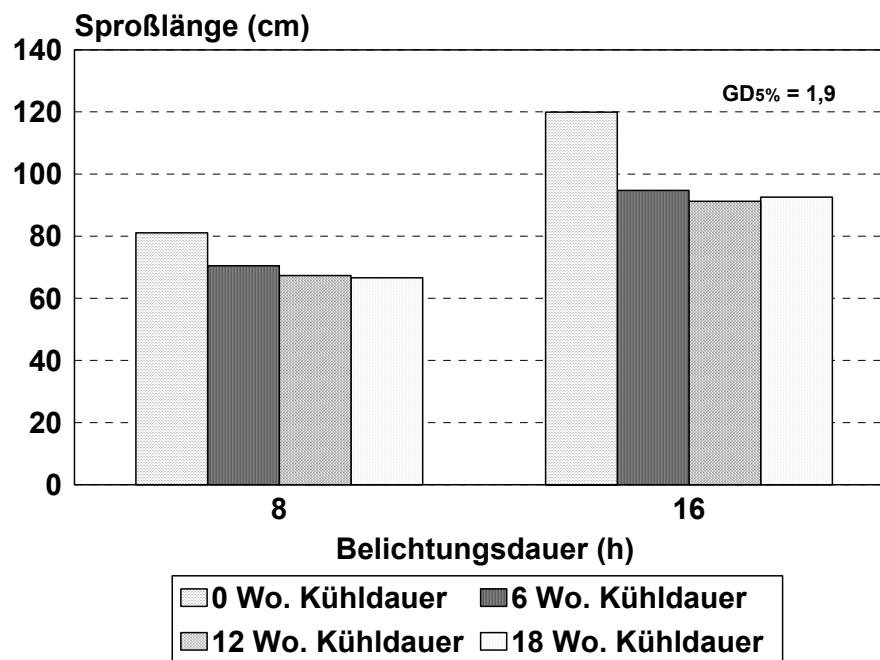


Abbildung 25: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Sproßlänge der Sorte 'Astolat'

4.3 Ergebnisse Sorte 'Zauberflöte'

4.3.1 Pflanzenentwicklung

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer wurde die mittlere Anzahl Tage bis zur ersten Sprosstreckung, bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte reduziert. Der Einfluss unterschiedlicher Belichtungsdauer zeigte sich am deutlichsten bei den nichtgekühlten Pflanzen. Die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte betrug bei 8stündiger Belichtung 195 Tage und verkürzte sich auf 124 Tage bei 16stündiger Belichtung (Abb. 26). Die Variante mit 12 Wochen Kühlung/16 h Licht wies mit 64 Tagen die geringste mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte auf. Sowohl eine 8stündige Belichtung als auch eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen führten zu einer signifikanten Verzögerung der Entwicklung. Zwischen der Kühldauer und der zeitlichen Entwicklung der Pflanzen („Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte“) bestand sowohl bei Pflanzen mit anschließend 8stündiger Belichtungsdauer als auch bei Pflanzen mit anschließend 16stündiger Belichtung ein signifikanter Zusammenhang ($r = -0,88$ bzw. $r = -0,99$) (Abbildung 26 und Anhang 11-12).

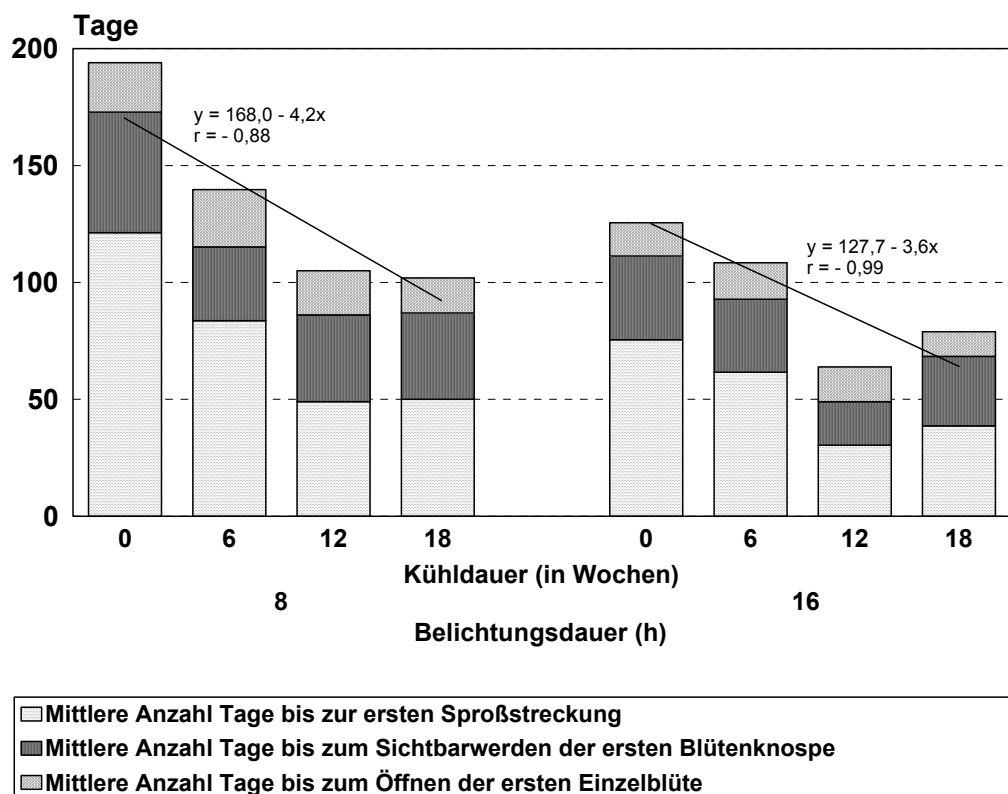


Abbildung 26: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte der Sorte 'Zauberflöte', der Anzahl Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und der ersten Sprosstreckung

4.3.2 Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm der prozentuale Anteil blühender Pflanzen zu. Bei den nichtgekühlten Pflanzen erhöhte sich der Anteil blühender Pflanzen von 12,5% bei 8stündiger Belichtung auf 32,5% bei 16stündiger Belichtung (Tab. 6). Bei den Varianten mit 12wöchiger Kühldauer bei 8stündiger Belichtung 70% und bei 16stündiger Belichtung blühten 100% der Pflanzen. Die Varianten mit 18wöchiger Kühldauer enthielten sowohl bei 8stündiger Belichtung mit 56% als auch bei 16stündiger Belichtung mit 65% weniger blühende Pflanzen als die Variante mit 12wöchiger Kühldauer und 16stündiger Belichtung (Tabelle 6).

Tabelle 6: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf das Blühverhalten von Pflanzen der Sorte 'Zauberflöte'

Kühlung in Wochen	Belichtungsdauer (h)			
	8		16	
	Anzahl blühender Pflanzen (n = 40)	Anteil in %	Anzahl blühender Pflanzen (n = 40)	Anteil in %
0	5	12,5	13	32,5
6	12	30	33	82,5
12	28	70	40	100
18	22	56	26	65

Die durchschnittliche Anzahl Blütenstände pro Pflanze betrug zwischen 1,0 und 4,2 bei den Varianten 0 Wochen bzw. 18 Wochen Kühlung/8 h Licht und 12 Wochen Kühlung/16 h Licht (Abb. 27). Bei 16stündiger Belichtung waren bis auf die Variante 6 Wochen Kühlung verglichen mit 18 Wochen Kühlung alle anderen Kühlvarianten untereinander signifikant verschieden, während bei 8stündiger Belichtung die Varianten 0 Wochen Kühlung verglichen mit 18 Wochen Kühlung und 6 Wochen Kühlung verglichen mit 12 Wochen Kühlung keinen signifikanten Unterschied aufwiesen (Abbildungen 27-29, Anhang 13).

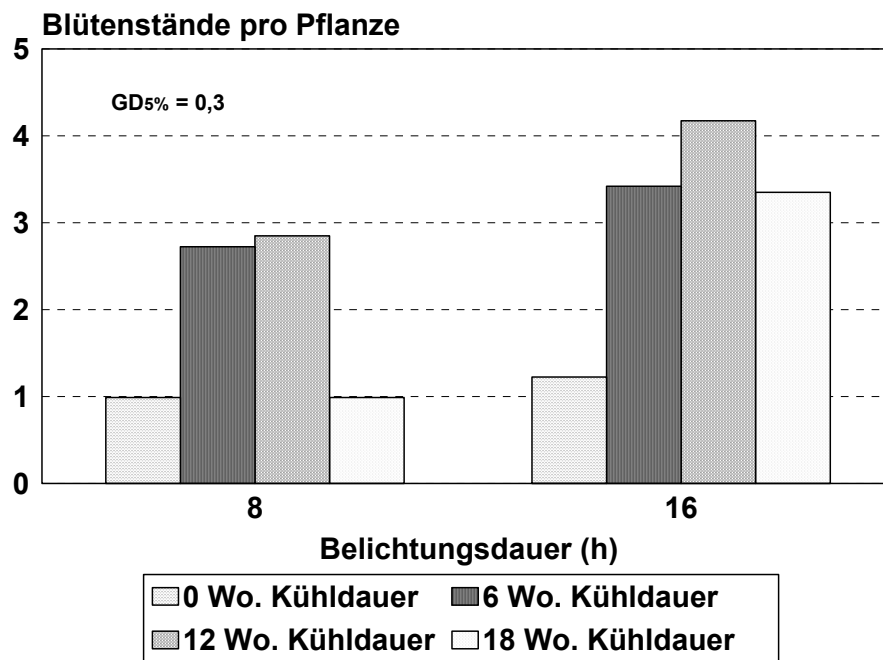


Abbildung 27: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Blütenstände pro Pflanze der Sorte 'Zauberflöte'



Abbildung 28: Blühende Pflanze der Sorte 'Zauberflöte' (12 Wochen Kühlung/8 h Licht)



Abbildung 29: Blühende Pflanze der Sorte 'Zauberflöte' (12 Wochen Kühlung/16h Licht)

4.3.3 Anzahl Einzelblüten

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm die mittlere Einzelblütenanzahl pro Blütenstand und Pflanze von 36,4 bei der Variante 0 Wochen Kühlung/8h Licht auf 49,0 Blüten bei der Variante 12 Wochen Kühlung/16 h Licht zu (Abb. 30). Bei unterschiedlicher Belichtungsdauer waren die Varianten mit gleicher Kühldauer signifikant verschieden. Bei 8ständiger Belichtung war die Variante mit 12wöchiger Kühldauer von den Varianten 0-, 6- und 18wöchiger Kühldauer signifikant verschieden, und bei 16ständiger Kühldauer trat zwischen den Varianten 6 Wochen und 18 Wochen Kühlung kein signifikanter Unterschied auf (Abbildung 30 und Anhang 14).

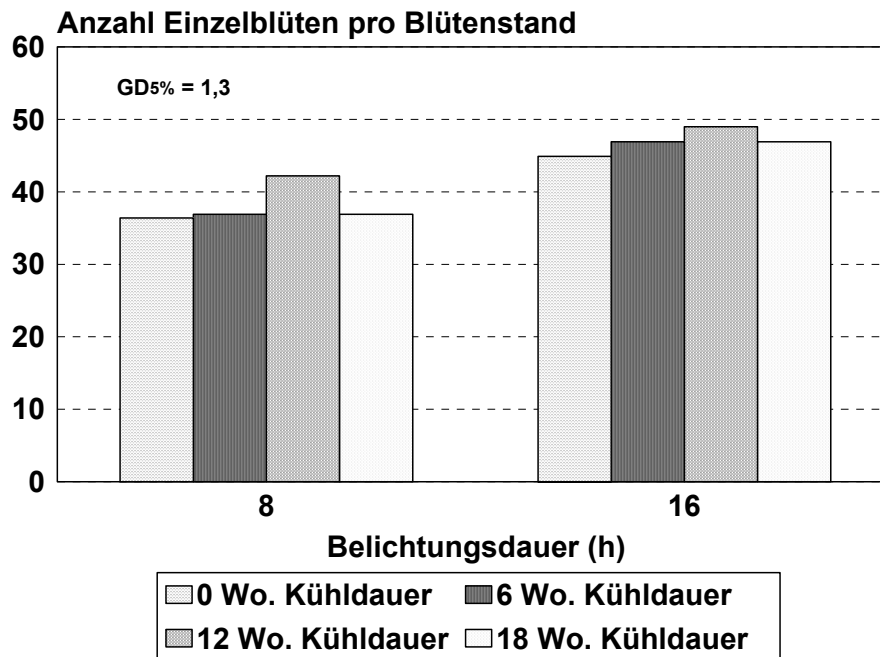


Abbildung 30: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand der Sorte 'Zauberflöte'

4.3.4 Sprosslänge

Alle Kühlvarianten mit anschließend 16stündiger Belichtung wiesen gegenüber den Kühlvarianten mit anschließend 8stündiger Belichtung eine größere Sprosslänge auf. Die Variante 0 Wochen Kühlung/16 h Licht erzielte mit 89 cm die größte Sprosslänge (Abb. 31). Insgesamt zeigten alle Pflanzen bei 16stündiger Belichtung ein gegenüber 8stündiger Belichtung größeres Streckungswachstum. Nach 18wöchiger Kühldauer wiesen alle Pflanzen sowohl bei 16stündiger als auch bei 8stündiger Belichtung ein gegenüber der Variante mit 12wöchiger Kühldauer signifikant geringeres Sprosswachstum auf (Abbildung 31 und Anhang 15).

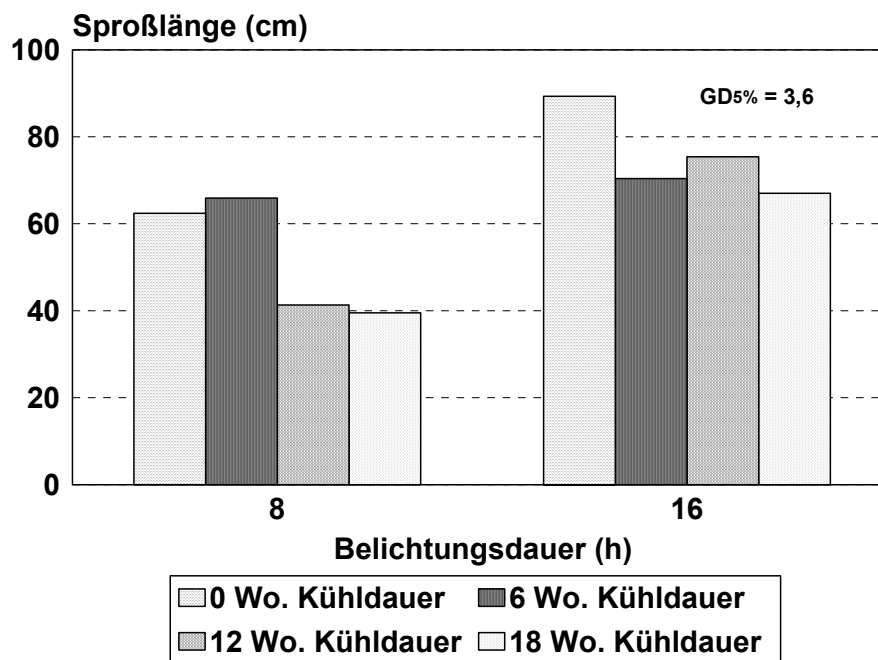


Abbildung 31: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Sproßlänge der Sorte 'Zauberflöte'

4.4 Ergebnisse Sorte 'Bellamosum'

4.4.1 Pflanzenentwicklung

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer wurde die mittlere Anzahl Tage bis zur ersten Sprosstreckung, bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte reduziert. Der Einfluss unterschiedlicher Belichtungsdauer zeigte sich am deutlichsten bei den nichtgekühlten Pflanzen. Die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte betrug bei 8stündiger Belichtung 78 Tage und verkürzte sich auf 72 Tage bei 16stündiger Belichtung (Abb. 32). Die Variante mit 12 Wochen Kühlung/16 h Licht wies mit 42 Tagen die geringste mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte auf. Eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen führte gegenüber der Variante mit 12wöchiger Kühldauer sowohl bei 8stündiger als auch bei 16stündiger Belichtungsdauer zu einer signifikant verzögerten Entwicklung. Zwischen der Kühldauer und der Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte bestand sowohl bei Pflanzen mit anschließend 8stündiger Belichtung als auch bei Pflanzen mit anschließend 16stündiger Belichtung ein signifikanter Zusammenhang (Abbildung 32 und Anhang 16-17).

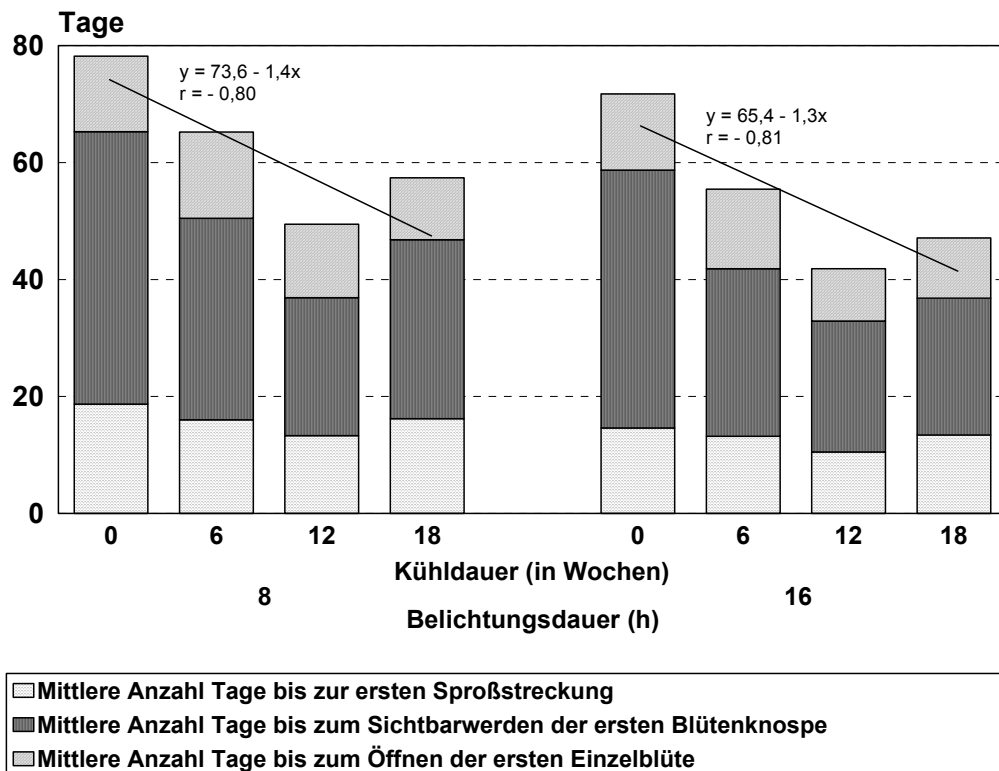


Abbildung 32: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte der Sorte 'Bellamosum', der Anzahl Tage bis zum Sichtbarwerden der ersten Blütenknospe und der ersten Sprosstreckung

4.4.2 Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm der prozentuale Anteil blühender Pflanzen zu. Bei den nichtgekühlten Pflanzen erhöhte sich der Anteil blühender Pflanzen von 45% bei 8stündiger Belichtung auf 65% bei 16stündiger Belichtung (Tab. 7). Bei den Varianten mit 12wöchiger Kühldauer blühten bei 8stündiger Belichtung 85% und bei 16stündiger Belichtung 100% der Pflanzen. Dieses Ergebnis wurde auch bei den Varianten mit 6- bzw. 18wöchiger Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtungsdauer erzielt. Sowohl bei den nichtgekühlten Pflanzen als auch bei den Pflanzen mit 18wöchiger Kühldauer mit anschließend 8stündiger Belichtung betrug der Anteil blühender Pflanzen jeweils 45% (Tabelle 7).

Tabelle 7: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf das Blühverhalten von Pflanzen der Sorte 'Bellamosum'

Kühlung in Wochen	Belichtungsdauer (h)			
	8		16	
	Anzahl blühender Pflanzen (n = 40)	Anteil in %	Anzahl blühender Pflanzen (n = 40)	Anteil in %
0	18	45	26	65
6	30	75	40	100
12	34	85	40	100
18	18	45	40	100

Deformierte Blütenstände traten nicht auf. Die durchschnittliche Anzahl Blütenstände pro Pflanze betrug zwischen 2,3 und 5,7 bei den Varianten 0 Wochen Kühlung/8 h Licht und 12 Wochen Kühlung/16 h Licht (Abb. 33 und 34).

Bis auf die Varianten 18 Wochen Kühlung/16 h Licht verglichen mit 18 Wochen Kühlung/8 h Licht waren alle anderen Varianten untereinander signifikant verschieden.

Sowohl im Kurztag als auch im Langtag wurde nach 12wöchiger Kühldauer mit 3 bzw. 6 Blütenständen die höchste Anzahl Blütenstände pro Pflanze ausgebildet. Eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen führte zu einer verringerten Anzahl Blütenstände pro Pflanze. Ähnliche Ergebnisse wurden bei den nichtgekühlten Pflanzen erzielt (Abbildung 33 und Anhang 18).

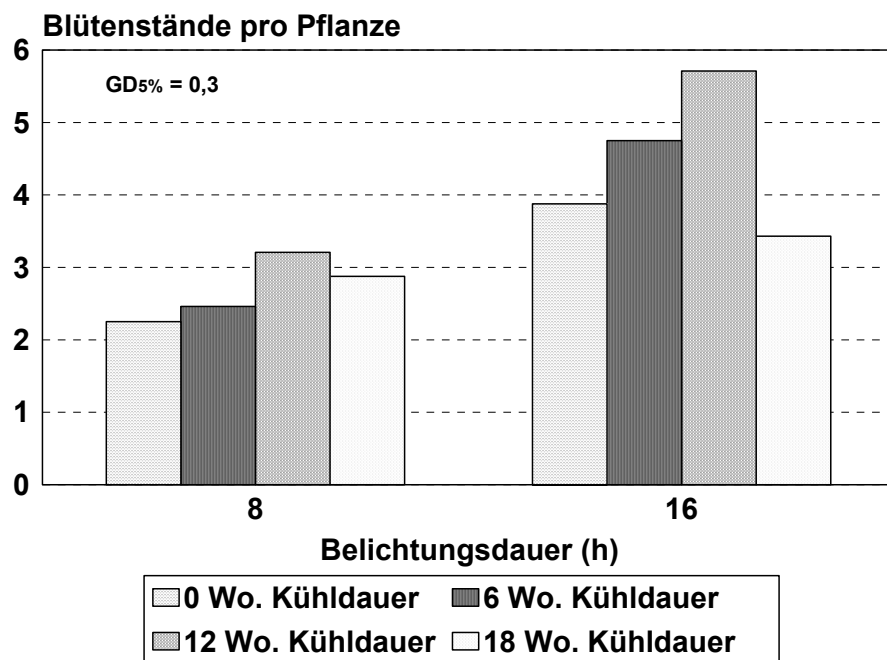


Abbildung 33: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Blütenstände pro Pflanze der Sorte 'Bellamosum'



Abbildung 34: Blühende Pflanze der Sorte 'Bellamosum' (12 Wochen Kühlung und 16 h Licht)

4.4.3 Anzahl Einzelblüten

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm die mittlere Einzelblütenanzahl pro Blütenstand von 11,0 bei der Variante 0 Wochen Kühlung/8 h Licht auf 19,6 Blüten bei der Variante 12 Wochen Kühlung/16 h Licht zu (Abb. 35). Sowohl im Kurztag als auch im Langtag wurde mit 12,6 bzw. 19,6 die höchste Einzelblütenanzahl pro Blütenstand nach 12wöchiger Kühldauer erzielt. Eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen reduzierte die Einzelblütenanzahl pro Blütenstand erheblich. Die Ergebnisse ähnelten denen der nichtgekühlten Pflanzen (Abbildung 35 und Anhang 19).

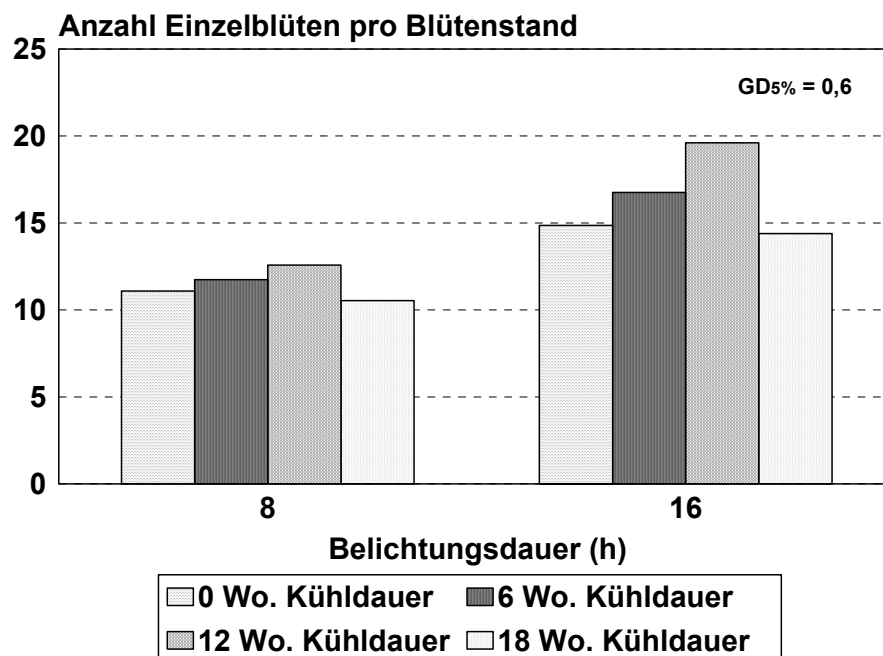


Abbildung 35: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand der Sorte 'Bellamosum'

4.4.4 Sprosslänge

Mit zunehmender Belichtungsdauer nahm die mittlere Sprosslänge von 33,9 cm bei der Variante 6 Wochen Kühlung/8 h Licht auf 69,2 cm bei der Variante 6 Wochen Kühlung/16h Licht zu (Abb. 36). Bei den nichtgekühlten Pflanzen zeigte sich der Einfluss der Belichtungsdauer besonders deutlich. Bei 8stündiger Belichtungsdauer betrug die mittlere Sprosslänge 47,9 cm im Gegensatz zu 94 cm bei 16stündiger Belichtungsdauer. Zwischen den Belichtungszeiten gab es bei den einzelnen Kühldauervarianten signifikante Unterschiede (Abbildung 36 und Anhang 20).

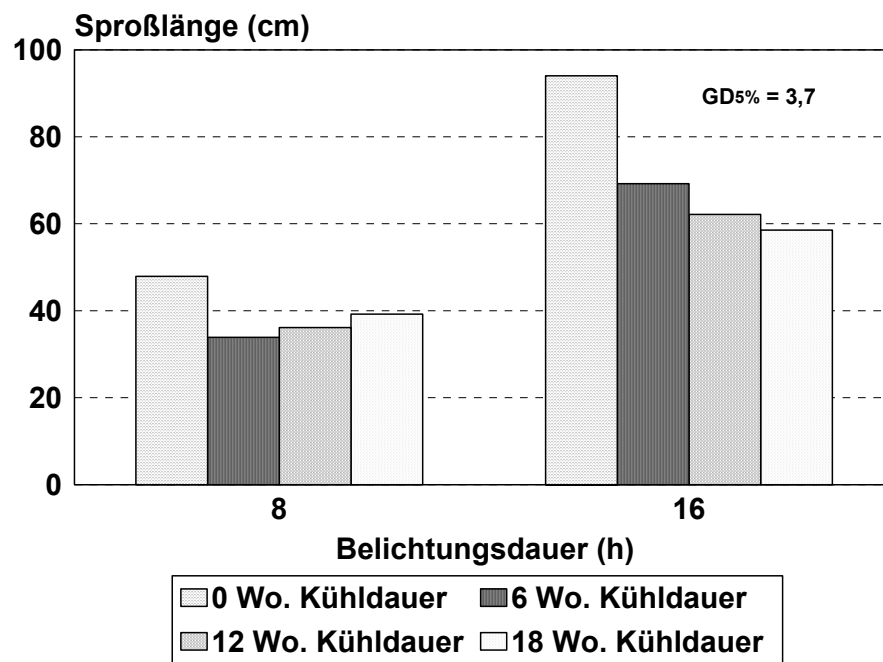


Abbildung 36: Einfluss unterschiedlicher Kühl- und Belichtungsdauer auf die mittlere Sproßlänge der Sorte 'Bellamosum'

4.5 Diskussion

Winterharte Blütenstauden bieten ein häufig noch ungenutztes Potenzial für die Produktion von Schnittblumen. Als Voraussetzung für eine wirtschaftliche Produktion sind drei Merkmale von Bedeutung: die Art der Überwinterung, der Zeitpunkt der Blütenbildung und der Zeitpunkt des Blühens.

Sämlinge der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' wiesen zunächst kein Kältebedürfnis auf, sondern kamen bei zeitiger Aussaat im Frühjahr innerhalb einer Vegetationsperiode im Juni bis August zum Blühen. Die während dieser Zeit gebildeten Regenerationsknospen trieben zu einem zweiten Flor nicht mehr aus. Sie befanden sich in einem vorübergehenden Ruhezustand. Zur Überwindung der Knospenruhe mussten ähnlich wie bei *Lychnis x arkwrightii* (ZIMMER und GEBAUER 1984), bei der nach 10wöchiger Kühldauer bei 5 bis 10°C das Kältebedürfnis abgesättigt war, niedrige Temperaturen einwirken.

Demnach gehören die *Delphinium*-Hybriden in die Gruppe 1 der von ZIMMER und MISZLAI (1982) bezüglich des Merkmals „Art der Überwinterung“ in zwei Gruppen unterteilten Blütenstauden. In die erste Gruppe gehören Pflanzen, die nach Abschluss ihrer Entwicklung vollständig einziehen und blattlos überwintern. An der Basis befinden sich meist mehr oder weniger unterirdisch Knospen, die in der nächsten Vegetationsperiode austreiben. Diese Pflanzen weisen ein Kältebedürfnis auf, um die Knospenruhe zu überwinden (z.B. *Convallaria majalis*, *Eremurus*, *Dodecatheon meadia*). Die Gruppe 2 beinhaltet Stauden, die nach der Blüte so lange vegetativ weiterwachsen bis die Temperatur im Herbst ein weiteres Wachstum nicht mehr zulässt. Diese Stauden überwintern in mehr oder weniger belaubtem Zustand. Bei höheren Temperaturen wachsen die rosettigen Triebe weiter. Die Absättigung des Kältebedürfnisses als Ver-nalisation im engeren Sinn ist die Voraussetzung für den Eintritt des Streckungswachstums wie bei *Aster alpinus*, *Doronicum*, *Primula*, *Achillea*, *Campanula*, *Aster novi-belgii*).

Delphinium-Hybriden blühen in den Monaten Juni/Juli und August-Oktober. Bezüglich des Merkmals „Zeitpunkt des Blühens“ gehören sie zu den Sommerblüher, entsprechend der Unterteilung der Pflanzen in Frühjahrs-, Sommer- und Herbstblüher. Bei den Frühjahrsblüher ist vom Austrieb bis zum Blühen nur ein relativ geringes Wachstum notwendig. Es handelt sich im wesentlichen um die Streckung des Blütenstieles. Dagegen weisen Sommerblüher stark krautige Sprosse auf, deren Blütentriebe stärker belaubt sind. Das beinhaltet eine längere Wachstumsphase, wie es auch für Herbstblüher zutrifft (KÜHN 1991).

Ob die Blütenbildung am Ende der Vegetationsperiode vor der Überwinterung oder erst nach dem Austrieb im Frühjahr erfolgt, hängt in erster Linie vom Zeitpunkt des Blühens ab.

Bei *Dodecatheon meadea*, ein zur Familie der *Primulaceae* gehörender Rhizomgeophyt sind mit Beendigung der aktiven Phase alle Organe für die nächste Wachstumsperiode oberhalb der Erdoberfläche angelegt. Folglich finden während der Kühlung keinerlei Differenzierungs- und Streckungsprozesse statt. Es besteht die Möglichkeit, das vorhandene Kältebedürfnis direkt nach dem Übergang in die Ruhe abzusättigen (BESSLER 1993).

Bei *Eremurus* sind die Blütenanlagen vor Beginn der Kühlbehandlung vorhanden. Wann genau und unter welchen Bedingungen die Induktion und Differenzierung erfolgt, wurde von KREBS und ZIMMER (1976) nicht ermittelt. Es wird vermutet, dass der Beginn der Blütenbildung für das folgende Jahr bereits während oder nach dem Absterben des Laubes erfolgt. Es handelt sich hier wahrscheinlich um eine partielle Wachstumsruhe. Der Blattaustrieb erfolgt unter hiesigen Bedingungen im zeitigen Frühjahr nach 16 Wochen Kühlung bei 2°C oder 16 Wochen bei 6°C. Diese Bedingungen reichen aus, um das Kältebedürfnis abzusättigen. Während der Kühlperiode bei niedrigen Temperaturen um 6°C wird nicht nur die Austriebshemmung beseitigt, sondern es laufen parallel dazu Differenzierungsprozesse wie Streckung, Blatt- und Blütenbildung in der Knospe ab. Liegt die Temperatur jedoch bei 2°C oder sogar noch darunter, scheint die Minimumtemperatur für Differenzierungsvorgänge unterschritten zu sein. Eine weitere Differenzierung erfolgt vermutlich erst nach Ende der Kühlperiode.

Bei *Paeonia lactiflora* erfolgt die Blüteninitiation bei den Sorten 'Sarah Bernhardt' und 'Festiva Maxima' nach der Sommerblüte im Juni bzw. August. Die Blütenknospen, die in den Axillaren gebildet werden, entwickeln sich bis zum Beginn der Ruhe kontinuierlich weiter, während die in den distalen Blättern gebildeten Knospen im vegetativen Zustand überwintern. Die Blütenknospen sind vor der Ruhe vollständig ausdifferenziert, während die kleinen Knospen mit einem vegetativen Apex in die Ruhe gehen. Knospen beider Entwicklungsstadien könnten abhängig von ihrer Position mehrere Jahre in Ruhe überdauern (BYRNE und HALEVY 1986).

Auch bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' (Blütezeit: Juni/Juli und August/September) entwickeln sich die in den Axillaren gebildeten Erneuerungsknospen bis zum Beginn der Ruhe kontinuierlich weiter. Diese weisen im Gegensatz zu den Erneuerungsknospen der *Paeonia lactiflora* 'Sarah Bernhardt' und 'Festiva

Maxima' zu Beginn der Ruhe, unabhängig von ihrer Position am Rhizom, einen vegetativen Apex auf (Abb. 3, S. 38). Die Blütenanlage und -differenzierung erfolgt erst nach der Kühlung (Vernalisation im weiteren Sinn).

4.5.1 Pflanzenentwicklung

Bei den *Delphinium*-Hybriden wurde die zeitliche Entwicklung durch eine optimale Kühl- und Belichtungsdauer beschleunigt. Die kürzeste Entwicklungszeit bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte wiesen die Sorten 'Astolat', 'Zauberflöte' und 'Bellamosum' nach 12wöchiger Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtungszeit auf. Eine suboptimale Kühldauer von 6 Wochen bzw. eine überoptimale Kühldauer von 18 Wochen verzögerte die Entwicklung der Pflanzen. 16stündige Belichtungszeit förderte gegenüber 8stündiger Belichtungszeit unabhängig von der Kühldauer die zeitliche Entwicklung. Untersuchungen von ZIMMER und MISZLAI (1982) zeigten bei Pflanzen der *Delphinium*-Belladonna-Hybride 'Völkerfrieden' ähnliche Ergebnisse. Die kürzeste Entwicklungszeit erfolgte nach 13 bis 16 Wochen Kühlung mit anschließendem Langtag, während nach 4 Wochen Kühlung im anschließenden Kurztag kein Austrieb sichtbar wurde und nach 7 Wochen Kühlung die zeitliche Entwicklung verzögert verlief. Zur Überprüfung des photoperiodischen Effekts erfolgte die Tagverlängerung im Gewächshaus auf 16 Stunden mit Glühlampenlicht. Nichtgekühlte Pflanzen zeigten vereinzelt erste Blütenknospen nach 230 Versuchstagen. Im Gegensatz dazu blühten nichtgekühlte Pflanzen der Sorten 'Astolat', 'Zauberflöte' und 'Bellamosum' mit Unterstützung von Assimilationslicht sowohl unter Kurztag- als auch unter Langtagbedingungen im Gewächshaus. Es wurde deutlich, dass besonders bei nichtgekühlten Pflanzen die Austriebshemmung unter Schwachlichtbedingungen nicht beseitigt werden konnte, doch zeigten sich sortentypische Unterschiede. Beim Vorversuch in der Klimakammer verharrten nichtgekühlte Pflanzen der Sorten 'Astolat' und 'Zauberflöte' bei 8stündiger Belichtung mit 6000 Lux Assimilationslicht im Rosettenstadium innerhalb des Versuchszeitraumes von 200 Tagen, während nichtgekühlte Pflanzen der Sorte 'Bellamosum' vereinzelt zum Strecken und Blühen kamen.

Auch bei *Aconitum napellus*, einer weiteren Art aus der Familie der *Ranunculaceae*, wurde die zeitliche Entwicklung durch eine optimale Kühl- und Belichtungsdauer gefördert. Das Sprosswachstum wurde unter Langtagbedingungen wie bei den *Delphinium*-Hybriden beschleunigt, doch reichten hier 6 Wochen zur Absättigung des Kältebedürfnisses aus. Diese Kälteeinwirkung bei 2°C konnte auch durch eine einma-

lige GA₃-Behandlung der Rhizome mit 200 ppm ersetzt werden (LURIE et al. 1992). Ob die Kühlperiode bei *Delphinium*-Hybriden durch GA₃-Behandlung ersetzt werden kann, muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

4.5.2 Anzahl und Qualität blühender Pflanzen und Blütenstände, Einzelblütenzahl

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer nahm der Anteil blühender Pflanzen zu. Die höchste Anzahl blühender Pflanzen wurde bei den drei Sorten jeweils nach 12 Wochen Kühlung mit anschließend 16stündiger Belichtungszeit erzielt. Auffallend war, dass sämtliche Pflanzen der Sorte 'Bellamosum' auch bei suboptimaler Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtungszeit zum Blühen gelangten, während bei suboptimaler Belichtung von 8 Stunden ein hoher Anteil blühender Pflanzen nur bei optimaler Kühldauer von 12 Wochen erzielt werden konnte. Eine Verlängerung der Kühldauer auf 18 Wochen führte bei den drei Sorten zu keiner Verbesserung des Ergebnisses. Im Gegenteil, der Anteil blühender Pflanzen war im Gegensatz zur Variante mit 12 Wochen Kühlung geringer, so dass durch eine suboptimale Kühldauer der Austrieb der Knospen negativ beeinflusst wurde.

Vergleichbare Ergebnisse zeigten Pflanzen der *Delphinium*-Belladonna-Hybride 'Völkerfrieden'. Nach 13wöchiger Kühldauer mit anschließend 16stündiger Belichtungszeit blühten 76% der Pflanzen. Im Gegensatz dazu blühten bei überoptimaler Kühldauer von 16 Wochen nur 50% der Pflanzen (ZIMMER und MISZLAI 1982).

Auch die Anzahl und die Qualität der Blütenstände pro Pflanze wurden durch zunehmende Kühl- und Belichtungsdauer gefördert. Die drei untersuchten Sorten erzielten nach 12wöchiger Kühlung mit anschließend 16stündiger Belichtung den höchsten Ertrag. Eine Kühlung von 6 Wochen führte zwar im Gegensatz zu einer Kühlung von 18 Wochen sowohl im Kurz- als auch im Langtag zu besseren Ergebnissen, erbrachte aber bei den drei Sorten unabhängig von der sich anschließenden Belichtungszeit nur eine geringere Anzahl Blütenstände pro Pflanze.

Aus der Literatur ist bekannt, dass Missbildungen an Blütenständen von *Delphinium*-Hybriden durch zu hohe Düngergaben im Anschluss an eine schwache Wachstumsphase verursacht werden (EDWARDS, C. 1989). Es zeigte sich aber bereits in einem ersten Vorversuch, bei der die Reaktion der *Delphinium*-Hybridsorten 'Astolat', 'Zauberflöte' und 'Bellamosum' auf unterschiedliche Kühl- und Belichtungsdauer unter Klimakammerbedingungen getestet wurde, dass besonders unter extremen Schwachlichtbedingungen physiologische Störungen in Form von Blütenstandsdeformationen

auftraten. Der Anteil deformierter Blütenstände nahm mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer bei den drei Sorten ab. Besonders auffällig war dieses Phänomen bei der Sorte 'Bellamosum'. Der Anteil deformierter Blütenstände reduzierte sich von 71% bei nichtgekühlten Pflanzen mit 8stündiger Belichtung auf ca. 5% bei Pflanzen mit 12wöchiger Kühl- und anschließend 16stündiger Belichtungsdauer. Dieses Ergebnis wurde zusätzlich durch die Tatsache gestützt, dass im Gewächshaus bereits bei suboptimalen Kühl- und Belichtungsbedingungen wahrscheinlich aufgrund höherer Strahlungsintensität keine Blütenstandsdeformationen auftraten. Ähnlich wie die *Delphinium*-Hybridsorten reagierte *Aconitum napellus*. Der Anteil blühender Pflanzen betrug nach 6wöchiger Kühlung bei 2°C im Gewächshaus bei 35 klux ca. 79%. Bei Reduzierung der Lichtintensität auf 50% blühten zwar noch ca. 73% aller Pflanzen, doch traten sehr viele Blindtriebe und deformierte Blütenstände auf (LURIE et al. 1992). Die Feststellung von EDWARDS, C. (1989) kann daher nicht bestätigt werden.

Die Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand und Pflanze erhöhte sich mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer bei den drei *Delphinium*-Hybridsorten 'Astolat', 'Zauberflöte' und 'Bellamosum'. Der höchste Ertrag wurde jeweils nach 12wöchiger Kühlung mit anschließend 16stündiger Belichtung erzielt. Abweichend vom Optimum bestand zwischen nichtgekühlten und suboptimal gekühlten Pflanzen sowohl im Kurz- als auch im Langtag kein Unterschied.

4.5.3 Sprosslänge

Mit zunehmender Kühl- und Belichtungsdauer wurde das Streckungswachstum bei den drei *Delphinium*-Hybridsorten 'Astolat', 'Zauberflöte' und 'Bellamosum' gefördert. Allerdings weisen nichtgekühlte Pflanzen der drei Sorten das größte Streckungswachstum bei 16stündiger Belichtung auf. Dies ist aber im wesentlichen auf die zeitliche Verzögerung in ihrer Gesamtentwicklung zurückzuführen. Pflanzen mit optimaler 12wöchiger Kühldauer und anschließend 16stündiger Belichtung weisen dagegen eine schnellere Gesamtentwicklung auf, ihre Blütentriebe bleiben kürzer. Suboptimale Belichtungszeiten in Kombination mit suboptimaler Kühldauer (18 Wochen Kühlung) hemmen besonders bei Pflanzen der Sorte 'Zauberflöte' die Sprosstreckung (Abbildung 28).

Ähnlich reagierten Pflanzen der Sorte 'Völkerfrieden', deren Streckungswachstum durch zunehmende Kühl- und Belichtungsdauer gefördert wurde. Unabhängig von der jeweiligen Kühldauer (7 bis 16 Wochen bei 5°C) wiesen die Pflanzen im anschließenden Langtag eine durchschnittlich 1,3fache Sprosslänge gegenüber dem Kurztag auf.

Bei *Lychnis* wurde deutlich, dass bei suboptimaler Kühldauer auch mit nachfolgend optimaler Langtagbehandlung nur ein verzögertes Streckungswachstum möglich war. Pflanzen mit 4wöchiger Kühldauer wuchsen innerhalb von 20 Wochen nach Ende der Kühlung um 3 bis 4 cm, während Pflanzen mit 16wöchiger Kühlung eine Länge von 26 cm innerhalb von 8 Wochen bei höheren Temperaturen im Gewächshaus erreichten (ZIMMER und MISZLAI 1982). Es wird deutlich, dass Sommerblüher aus der Gruppe 1 durch entsprechende Kühl- und Belichtungsdauer in ihren Entwicklungsphasen gefördert werden, während Sommer- und Herbstblüher aus der Gruppe 2 nur durch entsprechende Kältebehandlung mit der jeweiligen Photoperiode bestimmte Entwicklungsstadien erreichen können.

Es zeigte sich, dass bei Variation der Kühl- und Belichtungsdauer die Entwicklungsprozesse der drei Sorten 'Astolat', 'Zauberflöte' und 'Bellamosum' folgendes gemeinsame Verhalten aufwiesen: Unter Berücksichtigung der sortentypischen Eigenschaften wurden für den optimalen Ablauf der Entwicklungsprozesse wie Förderung der zeitlichen Entwicklung, der Blütenbildung, des Streckungswachstums und des Regenerationsverhaltens, zur Absättigung des Kältebedürfnisses 12 Wochen Kühlung bei 2°C mit anschließendem Langtag (16 h Licht) benötigt, während suboptimale Bedingungen wie z.B. 0/6/18 Wochen Kühlung mit anschließender 8- bzw. 16stündiger Belichtung die genannten Prozesse hemmten bzw. verzögerten (Abbildung 37).

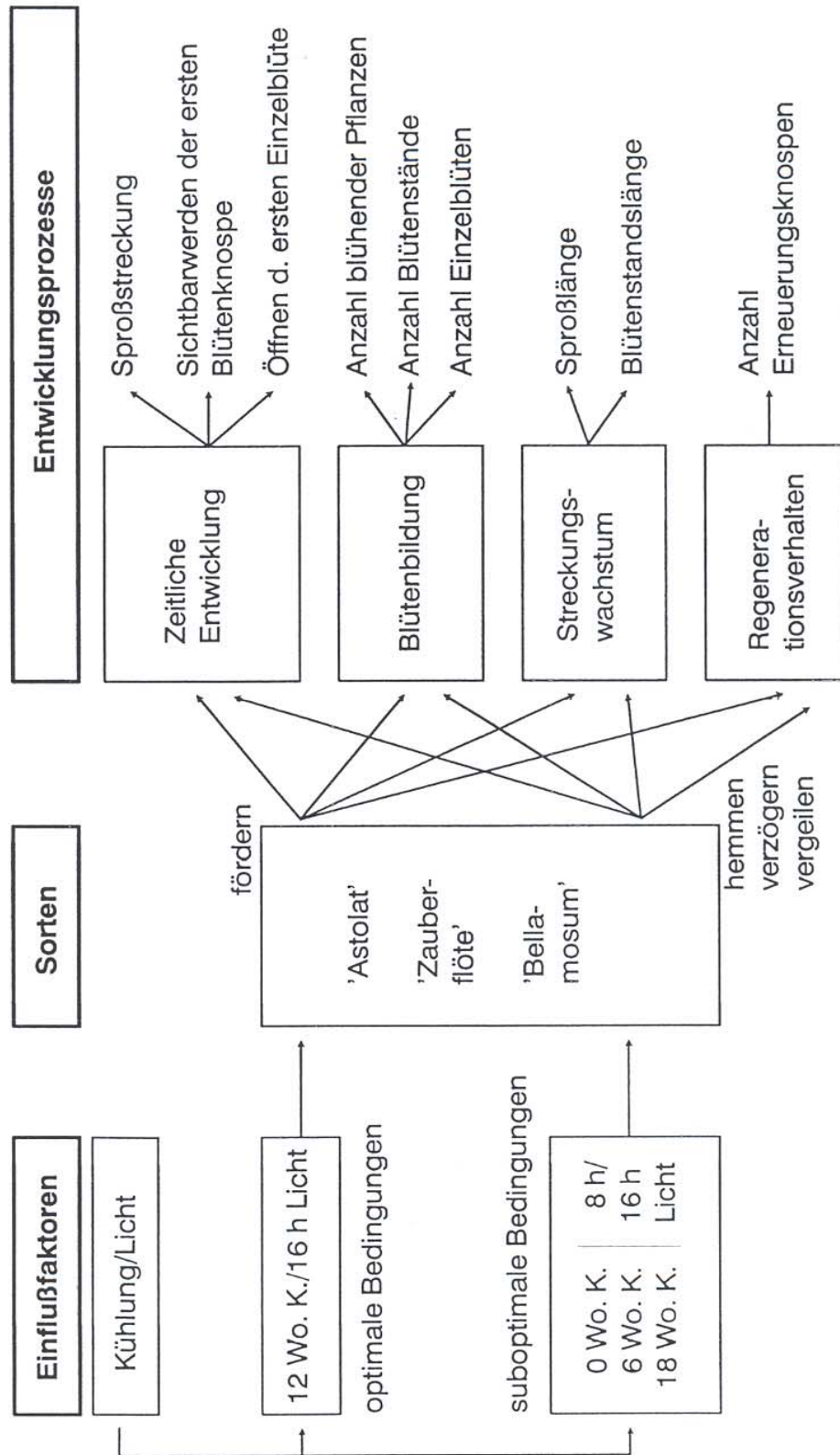


Abbildung 37: Beeinflussung verschiedener Entwicklungsprozesse durch Variation der Kühl- und Belichtungsdauer bei *Delphinium*-Hybriden

5 Vegetative Vermehrung von *Delphinium*

5.1 Vermehrung in vivo

Nicht samenvermehrbar *Delphinium*-Hybriden werden entweder durch Teilung oder Stecklinge vermehrt. Es handelt sich dabei um Sorten, deren Samen nicht keimfähig sind, wie z.B. 'Piccolo', 'Lamartine' und 'Völkerfrieden' aus der Belladonna-Gruppe oder um Sorten aus der Gruppe der Elatum-Hybriden, die auf Grund der Heterozygotie stets aufspalten, so dass mit einer größeren Variationsbreite für Habitus und Blütenfarbe gerechnet werden muss.

Für die Untersuchungen zur Stecklingsvermehrung wurden folgende Versuchsfragen formuliert:

- 1 Mit welchem Erfolg lassen sich *Delphinium*-Hybriden über grundständige Stecklinge vermehren?
 - 1a Gibt es Unterschiede zwischen den Vermehrungseinrichtungen Fog/Folie in Bezug auf den Bewurzelungserfolg?
 - 1b Gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Vermehrungsterminen in Bezug auf den Bewurzelungserfolg?
 - 1c Wie entwickeln sich die bewurzelten Stecklinge weiter?
- 2 Mit welchem Erfolg lassen sich *Delphinium*-Hybriden über hohle Stecklinge vermehren?
 - 2a Welchen Einfluss haben Phytohormone auf den Bewurzelungserfolg und den Neuaustrieb?

Im Gegensatz zur Teilung kann mit Hilfe der Stecklingsvermehrung pro Mutterpflanze eine bedeutend größere Anzahl neuer Pflanzen produziert werden. DODGE (in STILL 1984) bevorzugt die Stecklingsvermehrung bei *Delphinium*, weil im feucht-heißen Ostklima der USA die Pflanzen oft nicht langlebig sind.

In der Literatur gibt es wenige Angaben zur Stecklingsvermehrung von *Delphinium*. Allgemein gehaltene Beschreibungen über den Vermehrungsverlauf bei Stauden sind häufiger zu finden, z.B. bei GRUNERT (1949), JELITTO und SCHACHT (1990), KRÜSSMANN et al. (1970). Publikationen die sich speziell mit der Vermehrung von *Delphinium* beschäftigen, sind im wesentlichen von Mitgliedern der Delphinium Gesellschaft in England, ferner von DODGE (in STILL 1984) und KÖHLEIN (1992) veröffentlicht worden.

In der Literatur werden vier Stecklingstypen unterschieden: Grundständige-, Augen-, Kopf- und hohle Stecklinge.

Grundständige Stecklinge

Die Vermehrung über grundständige Stecklinge ist die gebräuchlichste Methode. Dabei werden die Stecklinge am Übergang zwischen altem Wurzelstock und neuem Trieb geschnitten. Sie sollten einen Teil des alten Wurzelstockes enthalten, da sich an dessen Basis mehrere Knospen befinden, aus denen sich der Neuaustrieb entwickelt. Diese basale Region ist oft bulbusförmig angeschwollen (Abbildung 38) (BASSETT 1992, KÖHLEIN 1992).

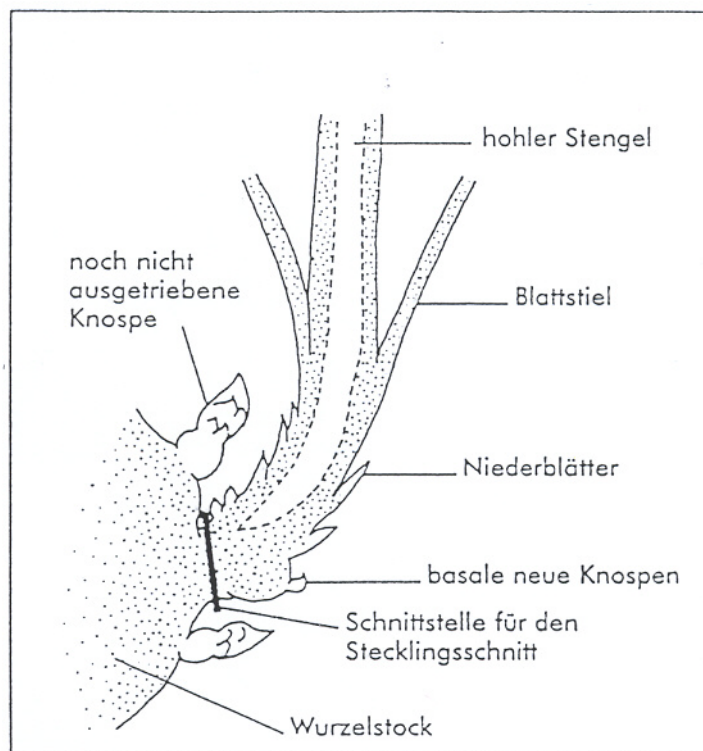


Abbildung 38: Grundständiger Steckling der Gattung *Delphinium* (BASSETT 1992)

Die für den Vermehrungsablauf notwendigen Informationen: Standort der Vermehrung, Länge und Durchmesser der Stecklinge, Stecktermin, Bewurzelungsmedium, -substrat, -temperatur, -dauer und -hormone, Verdunstungsschutz und Topfzeitpunkt sind in Tabelle 8 aufgeführt. Ein Verdunstungsschutz mit PE-Folie ist bei der Vermehrung im Substrat bzw. Wasser nach ANON. (1984), STILL (1984) und EDWARDS (1989) erforderlich. Der Einsatz von Bewurzelungshormonen ist nach Auffassung von ANON. (1984), EDWARDS (1989), BASSETT (1992) und KÖHLEIN (1992) Erhöhung der Bewurzelungsrate notwendig, während STILL (1984) die Behandlung der Stecklinge mit Bewurzelungshormon ablehnt, da kein Effekt bezüglich der Verkürzung der Bewurzelungszeit und der Erhöhung der Bewurzelungsrate zu erzielen

sei. Nach der Bewurzelung der Stecklinge wird deren Spitze entfernt, um einen Neuaustrieb aus den Knospen an der Basis zu erreichen, der nach BASSETT (1992) für die weitere Entwicklung der Pflanze unerlässlich ist. Im Gegensatz zu anderen Stauden, wie z.B. *Chrysanthemum*, werden in den Blattachseln keine neuen Knospen ausgebildet.

Tabelle 8: Kultur grundständiger Stecklinge nach Angaben verschiedener Autoren

Bewurzelungs-medium	Freilanderde	Sand	Torf/Sand
Stecktermin	witterungsabhängig (1), (2), (5), (4), (7)	Jan.-März (2), (8)	Feb. - April (2), (4), (6)
Länge/Durchmesser (cm)	7-15, Ø 0,5-1,2 (2)	7-15, Ø 0,6-1,2 (2)	5-10 (2)
Position	halbschattig (2), (4)	halbschattig (2)	Halbschattig (2), (4), (6)
Verdunstungsschutz	keine Angaben	PE-Folie (2), (8)	PE-Folie (2), (6)
Bewurzelungsdauer (Wochen)	witterungsabhängig, meist mehr als 6 Wochen (2), (5), (7)	mit Hormon schneller (2)	4-7 (2), (6)
Vermehrungstemperatur	keine Angaben	15°C (2), (8)	13-15°C (2), (6)
Bewurzelungshormone	keine Angaben	positiv (2)	Kein Effekt, positiv (2)
Topfzeitpunkt	keine Angaben	sofort bei Wurzelbildung (2)	keine Angaben

Bewurzelungs-medium	Torf/Sand Komposterde, Vermiculite, Kies	Wasser, Wasser-Sand	Wasser-Perlite, Vermiculite
Stecktermin	Feb. - April, ideal März (1), (2), (11)	Feb. - Juni (1), (2), (7), (8), (9), (10), (11), (12)	Feb. - Juni (1), (2), (5), (7), (8), (9), (10), (11), (12)
Länge/Durchmesser (cm)	5-10 (1), (2)	6-15 optimal: 8-25 (1), (11)	0,6-24 (1), (11)
Position	halbschattig (1), (11)	sonnig bis halbschattig (1), (2), (11)	sonnig (1), (2), (5), (11)
Verdunstungsschutz	PE-Folie, Glas (1), (2), (11)	nicht notwendig (1)	PE-Folie in den ersten 10 Tagen (1), (11)
Bewurzelungsdauer (Wochen)	6 Wo., mit Hormon schneller (1), (2), (11)	Feb./März: 4-5 (1), (2), (9), (10), (11) Juni: 2 Wo. (11)	Feb.: 3 Wo. (1) allgemein: 3-6 Wo. (2), (5), (9), (10), (11)
Vermehrungstemperatur	10-15°C (2)	14-18°C (9), (10), (11)	14-18°C (9), (10), (11)
Bewurzelungshormone	positiv (2), (11)	positiv + Fungizid (2), (11)	positiv + Fungizid (2), (11)
Topfzeitpunkt	keine Angaben	Wurzellänge: 1,5-5 cm (10)	Wurzellänge: 1,5-7 cm (10)

Quelle: (1) ANONYM 1986, (2) BASSETT (IN ANONYM 1984), (3) BASSETT 1992, (4) CASWELL (IN ANONYM 1984), (5) DODGE (IN STILL 1984), (6) EDWARDS, C. 1971, (7) EDWARDS, C. 1976, (8) EDWARDS, C 1989, (9) EDWARDS, D. 1971, (10) EDWARDS, D 1973, (11) KÖHLEIN 1992, (12) MOODY (IN ANONYM 1984)

Augensteckling

Als Augen werden die Knospen bezeichnet, die im Frühjahr in der Zeit von der vegetativen bis zur generativen Phase an der Verbindungsstelle zwischen Blütrieb und Wurzelstock entstehen. Diese Augen treiben im nächsten Frühjahr aus und entwickeln sich zu Blütrieben. Die geschnittenen Knospen werden als Augenstecklinge bezeichnet.

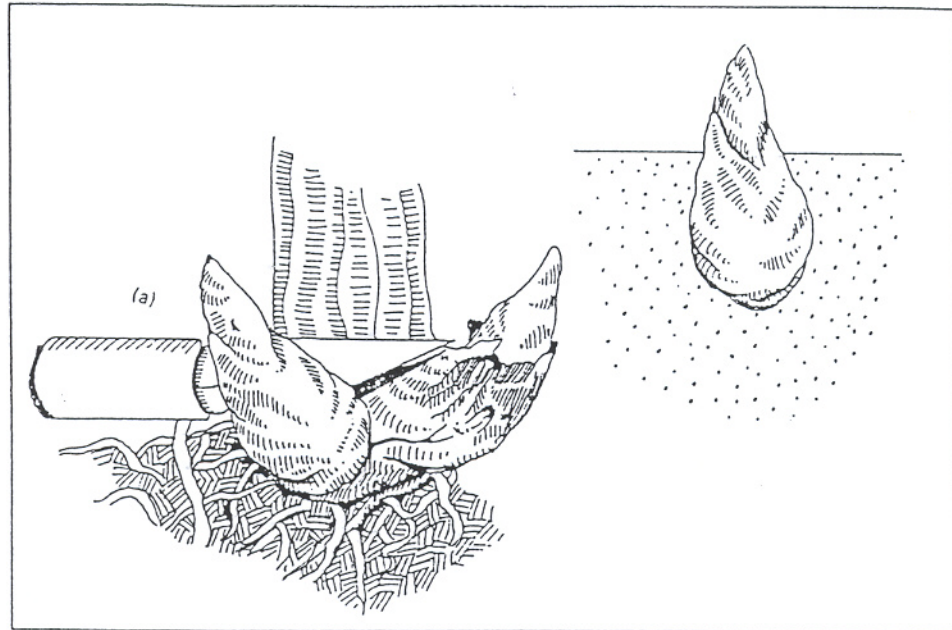


Abbildung 39: Schnitt eines Augenstecklings und Pflanztiefe (EDWARDS 1989)

COWAN (1971) hat die Methode zur Vermehrung über Augenstecklinge entwickelt, erfolgreich bei *Camellia* sp. eingeführt und in der Zeit von 1970 bis 1974 Untersuchungen mit dieser Methode bei *Delphinium*-Hybriden durchgeführt. In den einzelnen Versuchen wurden Bewurzelungsraten zwischen 70 und 83% erzielt. Die Bewurzelungsdauer betrug drei bis fünf Wochen (COWAN (1974).

Nach Erfahrungen von ANON. (1986) und EDWARDS (1989) werden die Augenstecklinge in der Regel drei Wochen nach der Blüte geschnitten. Die Mutterpflanzen werden ausgegraben, mit einem schwachen Wasserstrahl von der Erde gesäubert und die Augen dicht am Wurzelstock geschnitten, um eine feste, geschlossene Basis sicherzustellen.

Die Vermehrung über Augenstecklinge erfordert besondere Erfahrung hinsichtlich der Schnitttechnik, hat aber den Vorteil, dass zum Blütezeitpunkt besonders wüchsige und

gesunde Pflanzen zur Vermehrung ausgewählt werden können. Die Bewurzelung erfolgt im Juni/Juli am schnellsten.

Kopfsteckling und hohler Steckling

Beim Kopfsteckling handelt es sich um einen krautigen Steckling mit geschlossener Basis. Hohle Stecklinge werden von gestreckten Trieben geschnitten. Die hohle Basis wird mit einem fungizidhaltigen Baumwachs verschlossen und die Stecklinge mit Hilfe der Wassermethode bewurzelt. Hohle Stecklinge haben den Vorteil, dass bei der Vermehrung keine bodenbürtigen Krankheiten übertragen werden und der Vermehrungszeitraum vom zeitigen Frühjahr bis in den Frühsommer ausgedehnt werden kann (BASSETT 1992). ANON. (1984) und KÖHLEIN (1992) berichten, dass hohle Stecklinge nicht bewurzeln.

5.1.1 Material und Methoden

5.1.1.1 Pflanzenmaterial

Die Untersuchungen wurden mit der Sorte 'Schildknappe', einer *Delphinium*-*Elatum*-Hybride durchgeführt. Sie wurde 1949 von der Fa. Kayser & Seibert in den Handel gebracht und ist nur vegetativ vermehrbar. Die Sorte erreicht eine mittlere Höhe von 170 cm und trägt enzianblaue Blüten im Juni/Juli und Oktober (HANSEN und STAHL 1990, KÖHLEIN 1992).

Die verwendeten Mutterpflanzen unterschieden sich in Alter und Herkunft. Für die beiden ersten Sätze standen vierjährige Pflanzen, die drei Jahre auf dem Instituts-gelände kultiviert wurden, zur Verfügung. Für den dritten und vierten Satz wurden ein-jährige Pflanzen verschiedener Staudenbetriebe verwendet. Die Mutterpflanzen, die auf dem Instituts-gelände vorhanden waren, wurden im November '93 gerodet, die oberirdischen Triebe und Blätter entfernt, in 2l Container getopft und in einer Klima-kammer bei 2°C und 60% relativer Luftfeuchte aufgestellt (Tab. 9). Während der Kühlperiode erfolgte einmal wöchentlich eine Kontrolle der Pflanzen auf Trockenheit und Krankheiten, besonders *Botrytis cinerea*. Bei Auftreten des Pilzes wurde mit Euparen (Dichlofluanid 0,1%) gespritzt.

Die einjährigen Mutterpflanzen waren aufgrund der späten Liefertermine im April '94 bereits ausgetrieben. Sie wurden bis zum Vermehrungstermin in einer Klimakammer bei 8°C und 60% relativer Luftfeuchte aufgestellt und pro Tag 16 Stunden mit 2000 Lux aus Hochdruck-Quecksilberdampf lampen belichtet. Die Mutterpflanzen wurden

ca. zwei Wochen vor dem jeweiligen Stecktermin in einem temperierten Gewächshaus bei 12-15°C aufgestellt. Anfang Mai wurden alle Mutterpflanzen im Freiland aufgestellt. Pro Mutterpflanze wurden durchschnittlich zwei bis drei Stecklinge, seltener sechs bis sieben Stecklinge geschnitten.

Die Tageshöchsttemperaturen differierten im Versuchszeitraum vom 22.02. bis zum 09.06.94 zwischen 20°C und 38°C (Abb. 40). Bei der Vermehrung unter Folie lag die Temperatur um 1°C bis 3°C höher gegenüber der Vermehrung unter Fog. Temperaturunterschiede traten besonders im Tagesverlauf auf, unter Folie wurden Differenzen bis zu 10°C gemessen, während unter Fog kaum Temperaturschwankungen zu verzeichnen waren. Abbildung 41 zeigt die Vermehrung grundständiger Stecklinge unter Folie im Gewächshaus.

Tabelle 9: Zeitliche Abfolge der Vermehrung über grundständige Stecklinge der Sorte 'Schildknappe'

Satz - Nr.			
Satz 1	Kühlagerung der Mutterpflanzen:	Nov '93-	12.02.94
	Stecktermin:		22.02.94
	Topftermin:		15.03.94
	Abschluss:		07.08.94
Satz 2	Kühlagerung der Mutterpflanzen:	Nov '93-	01.03.94
	Stecktermin:		16.03.94
	Topftermin:		06.04.94
	Abschluss:		07.08.94
Satz 3	Kühlagerung der Mutterpflanzen:	10.04. -	13.04.94
	Stecktermin:		21.04.94
	Topftermin:		11.05.94
	Abschluss:		07.08.94
Satz 4	Kühlagerung der Mutterpflanzen:	07.04. -	09.05.94
	Stecktermin:		16.05.94
	Topftermin:		09.06.94
	Abschluss:		07.08.94

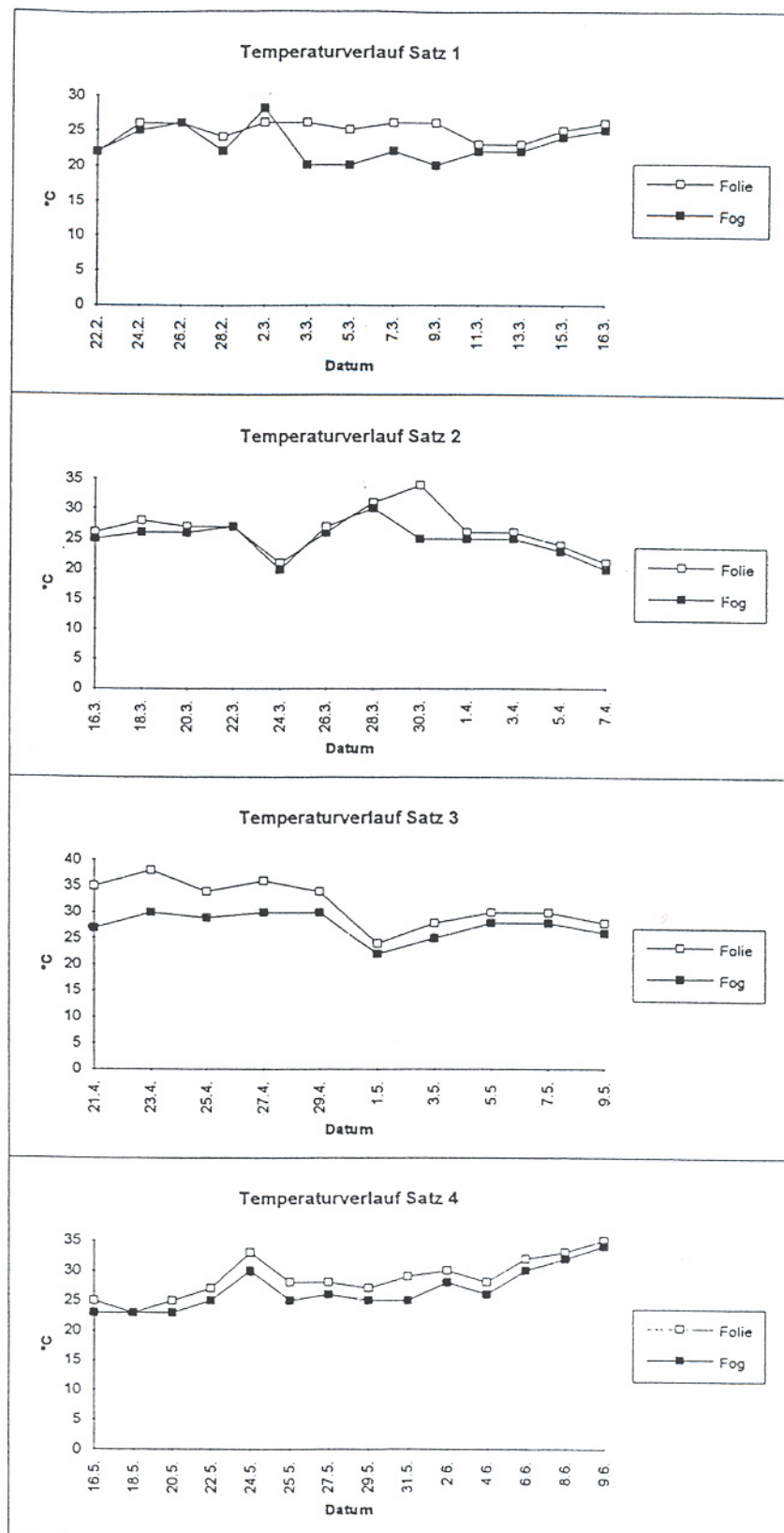


Abbildung 40: Maximaler Temperaturverlauf zwischen Steck- und Topftermin beim grundständigen Steckling der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Schildknappe'



Abbildung 41: Grundständige Stecklinge der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Schildknappe' im Vermehrungsbeet unter Folie im Gewächshaus

Ältere Blätter der bewurzelten Stecklinge des ersten und zweiten Satzes (22.02./16.03.) wiesen zum Topfzeitpunkt (21 Tage nach Versuchsbeginn) Chlorosen auf. Nach dem Topfen wurden die Pflanzen mit Alkrisal (0,2%) gedüngt und zum Abhärten 14 Tage unter einer Folie aufgestellt und regelmäßig belüftet. Alkrisal enthält NPK im Verhältnis 20:5:10 und die Spurenelemente B, Cu, Fe, Mn und Mo.

Bis zum 16.05. standen die Pflanzen des ersten und zweiten Satzes im Gewächshaus. Der Bestand wurde durch wiederholten Befall mit Trauermückenlarven, trotz mehrfacher Behandlung mit Tamaron, stark dezimiert. Ab 16.05. standen die Pflanzen im Freien in Plastikschaalen auf einem Grundbeet, das mit einer Schattierleine überspannt war. Die weitere Pflege umfasste wässern und düngen mit Alkrisal.

Auch die bewurzelten Stecklinge des dritten und vierten Satzes (21.04./16.05.) wiesen zum Topfzeitpunkt Chlorosen an den älteren Blättern auf. Die Vermehrungstemperatur betrug unter der Folie in der Regel über 30°C, während sie unter Fog zwischen 25°C und 30°C differierte. Die getopften Pflanzen wurden nach zweiwöchiger Abhärtungsphase direkt im Freiland aufgestellt.

Zur Vermehrung über hohle Stecklinge wurden 1994 erste Vorversuche durchgeführt. Für den Bewurzelungsversuch im Februar 1995 wurden die Mutterpflanzen ab November '94 in einer Klimakammer aufgestellt und bis zum Stecktermin unter gleichen Bedingungen wie 1993/94 kultiviert. Für den Bewurzelungsversuch wurden die

Mutterpflanzen ab November `94 in einer Klimakammer bei 2°C mit 60% relativer Luftfeuchte aufgestellt und vier Wochen vor dem Stecktermin in ein temperiertes Gewächshaus überführt. Die hohlen Stecklinge wurden am gestreckten Spross in einer Höhe von 20 cm bis 30 cm geschnitten. Die Stecklingslänge betrug 8 cm bis 10 cm. Die hohle Basis der Stecklinge wurde mit unterschiedlichen IBS - Konzentrationen (Tauchverfahren) behandelt und anschließend mit einem fungizidhaltigen Baumwachs verschlossen. Dieser Versuch wurde unter Folie im Gewächshaus durchgeführt. Die Auswertung erfolgte nach 30 Tagen.

Zur Unterstützung des Neuaustriebes wurden die bewurzelten und getopften, hohlen Stecklinge mit BAP behandelt. Die Pflanzen wurden tropfnass gespritzt und vollständig mit BAP-Lösung in den jeweiligen Konzentrationen 10 mg/l, 20 mg/l, 40 mg/l und 80 mg/l benetzt. Eine Wiederholung der BAP-Applikation erfolgte nach weiteren 10 Tagen.

5.1.1.2 Vermehrungseinrichtung

Die Vermehrung unter Folie fand über den gesamten Zeitraum in einem Glasgewächshaus statt, die Versuche unter Fog bis zum 21.04.1994. Das Glasgewächshaus war mit einer beidseitigen Stehwandlüftung und einer niedrigen Rohrheizung ausgestattet. Vermehrt wurde auf Betontischen. Ab 21.04.1994 wurde der Versuchsteil unter Fog aus technischen Gründen in einem Folienhaus fortgeführt. Es handelte sich dabei um ein einschiffiges Gewächshaus aus PE-Doppelfolie in Rundbogenkonstruktion. Vermehrt wurde auf Grundbeeten. Als Folie wurde 2 mm starke, durchsichtige PE-Folie verwendet. Die Fog - Anlage war mit Flachstrahldüsen (25 µm Bohrung), die im Abstand von 1,2 m, in einer Höhe von 2 m über den Betontischen bzw. dem Grundbeet hingen, ausgestattet. Der Druck betrug an jeder Düse 80 hPa , die Intervallschaltung wurde alle drei bis fünf Minuten betätigt.

5.1.1.3 Vermehrungssubstrat

Die Beete wurden mit einer ca. vier Zentimeter dicken Kiesschicht bedeckt und mit dem Desinfektionsmittel Albisal desinfiziert. Das Vermehrungssubstrat wurde auf diese Schicht ca. sechs Zentimeter stark aufgetragen. Es bestand aus einer Torf/Sand-Mischung im Verhältnis 3:1, welchem 2g/l Substrat Plantacote 4M beigemischt wurde. Der pH-Wert wurde durch Zugabe von kohlensaurem Kalk auf 5.5 eingestellt.

5.1.1.4 Kulturmaßnahmen

Bei Auftreten von *Botrytis cinerea* im Vermehrungsbeet wurde abwechselnd mit Euparen (Dichlofluanid 0,1%), Ronilan (Vinclozolin 0,1%) oder Du Pont Benomyl (Benomyl 0,2%) gespritzt. Thrips und Weiße Fliege, die bei den getopften Stecklingen auftraten, wurden mit Ekamet (Etrimfos 0,1%) und Tamaron (Methamidophos 0,1%) behandelt und absterbende Blätter bei jeder Kontrolle entfernt.

5.1.1.5 Erfassung der Wachstumsparameter und statistische Auswertung

Zum Topfzeitpunkt (21 Tage nach Versuchsbeginn) wurde in allen Sätzen die Bewurzelung der Stecklinge untersucht. Die Wurzeln wurden unter einem Wasserstrahl von Substrat befreit und der Anteil bewurzelter Stecklinge und die Anzahl Hauptwurzeln ermittelt, die Wurzellängen in Zentimetern gemessen und der Wurzelentstehungsort bonitiert.

Zur Bewertung des Wurzelentstehungsortes wurden vier Klassen gebildet:

Klasse 1: basal am Rand der Schnittstelle

Klasse 2: basal und ≤ 1 cm über der Schnittstelle

Klasse 3: basal und ≥ 1 cm über der Schnittstelle

Klasse 4: nur oberhalb der Schnittstelle

Zum Abschlusstermin am 07.08.1994 wurde bei allen getopften Pflanzen die Überlebensrate ermittelt.

Die Versuche wurden mit jeweils 8 Stecklingen in 15facher Wiederholung pro Versuchsglied durchgeführt. Die Ergebnisse wurden varianzanalytisch verrechnet und die Mittelwertunterschiede mit Hilfe des Tukey-Tests auf dem 5% Signifikanzniveau beurteilt (WEBER 1986). Die Prozentwerte wurden zur Stabilisierung der Varianz und zur Normalisierung nach der Formel $(\arcsin(0,01x))^{0,5}$ transformiert, wobei x der Originalwert (%) ist. Mit den so transformierten Werten wurden Varianzanalysen und Mittelwertvergleiche durchgeführt (SACHS 1989).

5.1.2 Ergebnisse

5.1.2.1 Grundständige Stecklinge

5.1.2.1.1 Bewurzelung

Die höchste Anzahl bewurzelter Stecklinge mit 100% erreichten unter Folie die ersten beiden Sätze sowie der erste Satz unter Fog. Der zweite Satz unter Fog erbrachte noch 98% bewurzelte Stecklinge, doch waren die Wechselwirkungen zwischen den Sätzen und den Vermehrungseinrichtungen nicht signifikant.

Unter Folie reduzierte sich die Anzahl bewurzelter Stecklinge von 100% im ersten Satz (Februar) auf 94% im vierten Satz (Mai), während unter Fog eine Reduktion von 100% im ersten Satz auf 86% im letzten Satz erfolgte (Abb. 42). Signifikante Wechselwirkungen gab es zwischen den Sätzen drei und vier, da gerade unter Folie bei höheren Temperaturen mehr Stecklinge bewurzelter als unter Fog (Abbildung 42 und Anhang 21).

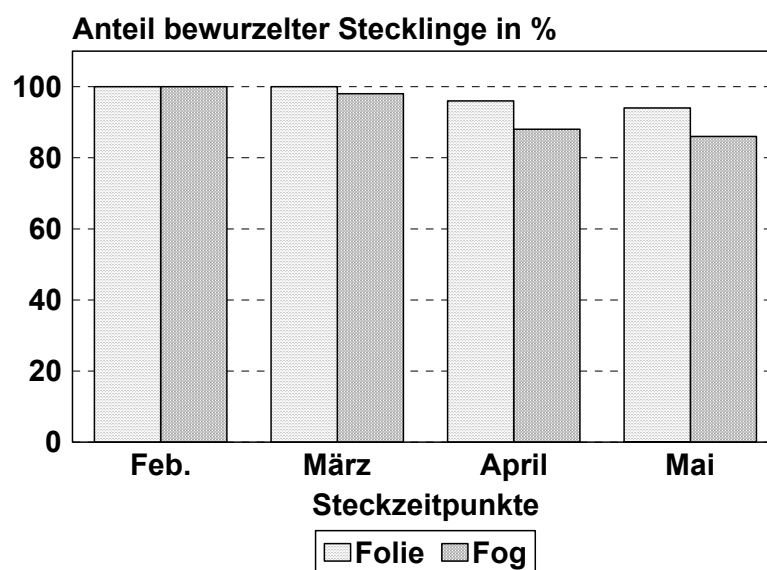


Abbildung 42: Anteil bewurzelter grundständiger Stecklinge der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe'

5.1.2.1.2 Anzahl Hauptwurzeln

Die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln verringerte sich sowohl bei der Vermehrung unter Folie als auch bei der Vermehrung unter Fog vom Steckzeitpunkt im Februar zum Steckzeitpunkt im Mai.

Bei der Vermehrung unter Folie betrug die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln in den ersten beiden Sätzen 12,2 und reduzierte sich auf 10,6 im vierten, während sich bei der Vermehrung unter Fog die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln von 11,5 im ersten Satz auf 9,8 im vierten Satz verringerte (Abb.43).

Insgesamt wurden unter Folie zu allen Vermehrungsterminen signifikant mehr Hauptwurzeln gebildet als unter Fog (Abbildung 43 und Anhang 22).

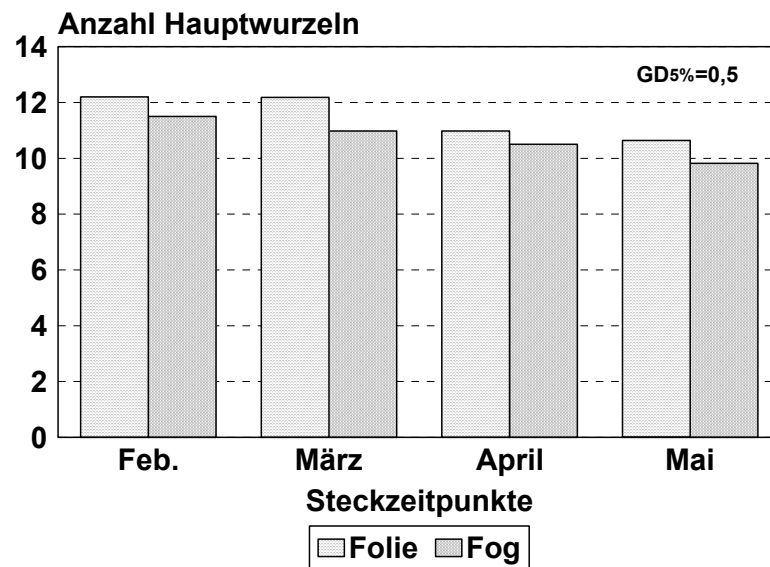


Abbildung 43: Anzahl Hauptwurzeln grundständiger Stecklinge der *Delphinium-elatum*-Hybride 'Schildknappe'

5.1.2.1.3 Wurzellänge

Die durchschnittliche Wurzellänge reduzierte sich sowohl bei der Vermehrung unter Folie als auch bei der Vermehrung unter Fog im Vegetationsverlauf vom Steckzeitpunkt im Februar zum Steckzeitpunkt im Mai.

Bei der Vermehrung unter Folie betrug die durchschnittliche Wurzellänge in den ersten beiden Sätzen 8,6 cm bzw. 7,9 cm und nahm im vierten Satz auf 6,3 cm ab (Abb.44). Bei der Vermehrung unter Fog reduzierte sich die durchschnittliche Wurzellänge von 7,1 cm im ersten Satz auf 4,5 cm im vierten Satz.

Insgesamt war unter Folie zu allen Vermehrungsterminen die durchschnittliche Wurzellänge signifikant größer als unter Fog (Abbildung 44 und Anhang 23).

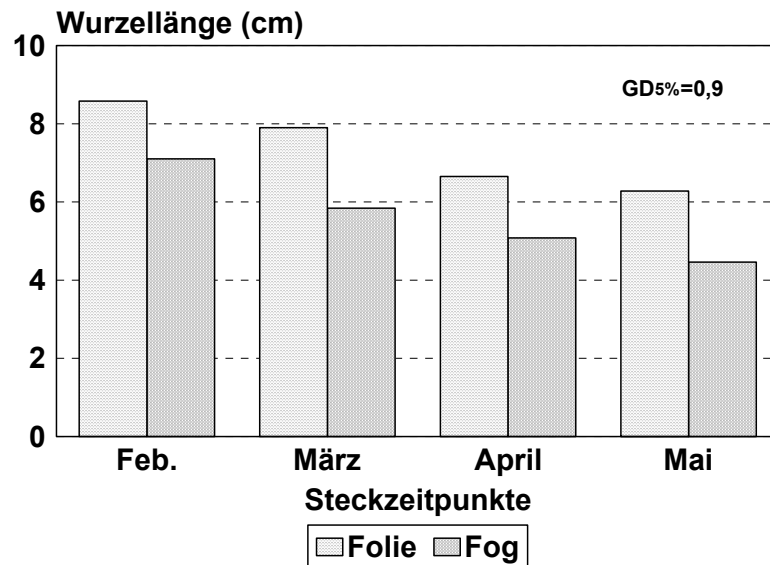


Abbildung 44: Wurzellänge grundständiger Stecklinge der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe'

5.1.2.1.4 Wurzelentstehungsort

Zur Untersuchung des Wurzelentstehungsortes wurden alle unter Folie und Fog bewurzelten Stecklinge zusammengefasst und bonitiert. Insgesamt bewurzelten sich 114 Stecklinge, von denen 84,2% (96 Stecklinge) basal am Rand der Schnittstelle und 15,8% (28 Stecklinge) sowohl basal als auch akrobasal Wurzeln ausbildeten (Abb. 46). Die Anteile pro Klasse betragen 84,2% für Klasse 1, 12,3% für Klasse 2, 2,6% für Klasse 3 und 0,9% für Klasse 4 (Abbildung 45).

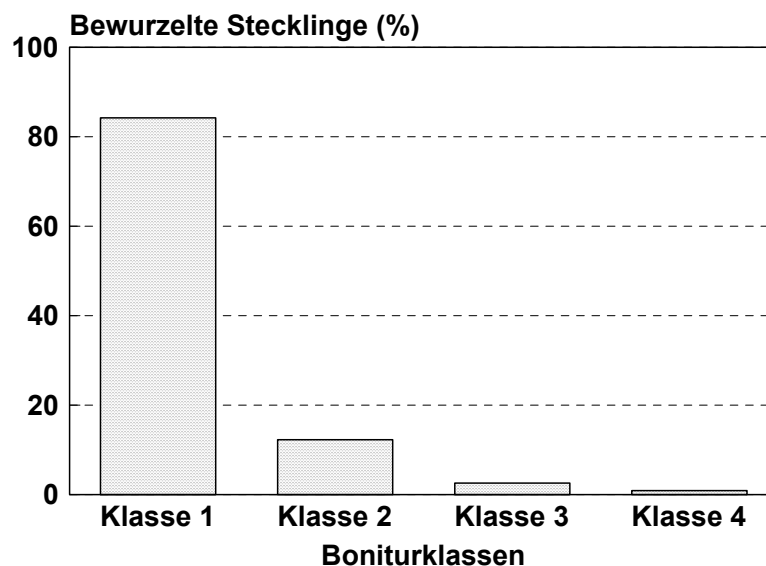


Abbildung 45: Wurzelentstehungsort grundständiger Stecklinge der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe'



Abbildung 46: Bewurzelter Steckling (Klasse 2) *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe' 21 Tage nach dem Stecken, Bewurzelung basal und seitlich 1 cm über der Schnittstelle

5.1.2.1.5 Überlebensrate

Für die Sätze 1 und 2 mit Topfzeitpunkt 15.03. und 06.04.94, die nach dem Abhärten bis zum 16.05.94 im Gewächshaus standen, können keine zutreffenden Überlebensraten genannt werden, da die Pflanzen durch Trauermückenbefall zu stark dezimiert wurden. Die Weiterkultur der getopften Pflanzen der Sätze 3 und 4 erfolgte ab 16.5. im Freien in Plastikschaalen auf einem Grundbeet, das mit Schattierleinen überspannt war. Die weitere Pflege umfasste das Wässern und Düngen mit Alkrisal.

Die Überlebensrate betrug zusammenfassend für die Sätze 3 und 4 nach 11wöchiger Kulturzeit 65%. Der Anteil überlebender Pflanzen verringerte sich damit gegenüber dem Topftermin um 31%, unabhängig, ob die Stecklinge unter Folie oder unter Fog bewurzelt (Abbildung 47).

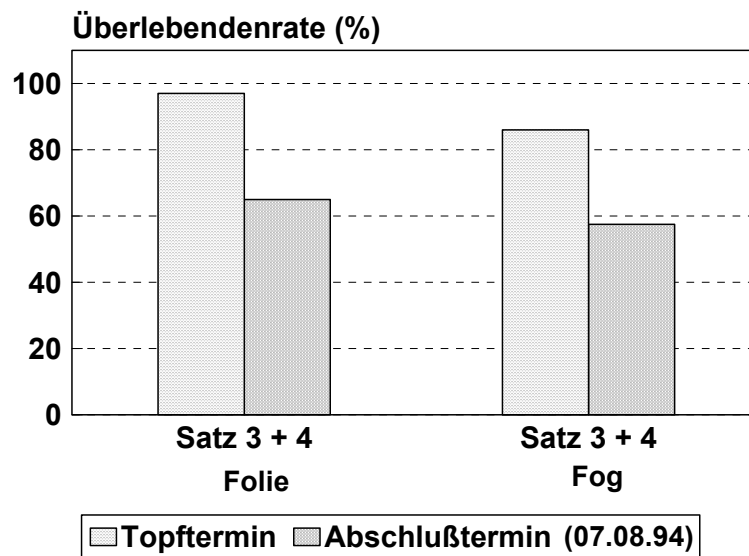


Abbildung 47: Vermehrungserfolg zwischen Topf- und Abschlusstermin der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe'

5.1.2.2 Hohle Stecklinge

5.1.2.2.1 Bewurzelung

Die ersten Wurzelspitzen waren bereits 10 Tage nach Versuchsbeginn sichtbar. Da die Basis der Stecklinge mit Baumwachs umschlossen war, erfolgte die Bewurzelung oberhalb der geschlossenen Wachsummantelung bzw. an Stellen, an denen das Wachs Risse aufwies. Die Bewurzelung erfolgte sowohl am Rand als auch oberhalb der Schnittstelle. Am Versuchsende wiesen viele Stecklinge wieder eine hohle Basis auf, da sich das Wachs während der Bewurzelungszeit löste. Kallus wurde nicht gebildet. Die Behandlung hohler Stecklinge mit dem Auxin IBS hatte einen positiven Einfluss auf die Bewurzelung. Gegenüber der Kontrolle ohne IBS - Behandlung mit 46% bewurzelter Stecklinge nahm mit zunehmender IBS - Konzentration auf 2% der Anteil bewurzelter Stecklinge auf 84% zu. Zwischen der Kontrolle und den IBS - Konzentrationen 1,0, 2,0, sowie den Konzentrationen 0,5 mit 2,0 und 1,0 mit 2,0 gab es signifikante Unterschiede (Abbildung 48 und Anhang 24).

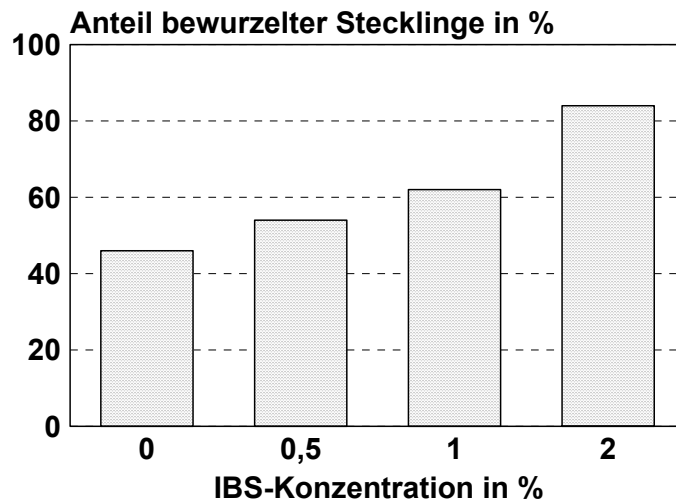


Abbildung 48: Bewurzelung hohler Stecklinge der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe' nach Behandlung mit IBS

5.1.2.2.2 Anzahl Hauptwurzeln

Die Behandlung hohler Stecklinge mit dem Auxin IBS hatte einen positiven Einfluss auf die Anzahl Hauptwurzeln. Gegenüber der Kontrolle ohne IBS - Behandlung mit einer mittleren Anzahl Hauptwurzeln von 11,5 nahm mit zunehmender IBS - Konzentration die mittlere Anzahl Hauptwurzeln bis auf 19,3 zu (Abb. 49). Zwischen der Kontrolle und allen IBS - Konzentrationen sowie den Konzentrationen 0,5 mit 2,0 und 1,0 mit 2,0 gab es signifikante Unterschiede (Abbildung 49 und Anhang 25).

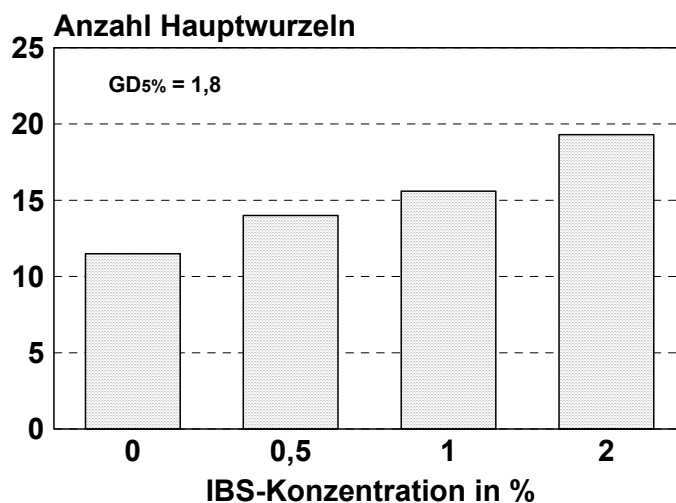


Abbildung 49: Mittlere Anzahl Hauptwurzeln hohler Stecklinge der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe'

5.1.2.2.3 Wurzellänge

Die Behandlung hohler Stecklinge mit dem Auxin IBS hatte einen positiven Einfluss auf die Wurzellänge. Gegenüber der Kontrolle ohne IBS - Behandlung mit einer mittleren Wurzellänge von 4,7 cm nahm sie mit zunehmender IBS - Konzentration auf 7,3 cm zu (Abb. 50). Zwischen der Wurzellänge der Kontrolle und derjenigen der zusammengefassten Prüfglieder besteht ein signifikanter Unterschied. Dieser ergibt sich auch bei dem Vergleich der Wurzellänge zwischen den Prüfgliedern 0,5% und 2,0% bzw. 1,0% und 2,0% (Abbildung 50 und Anhang 26).

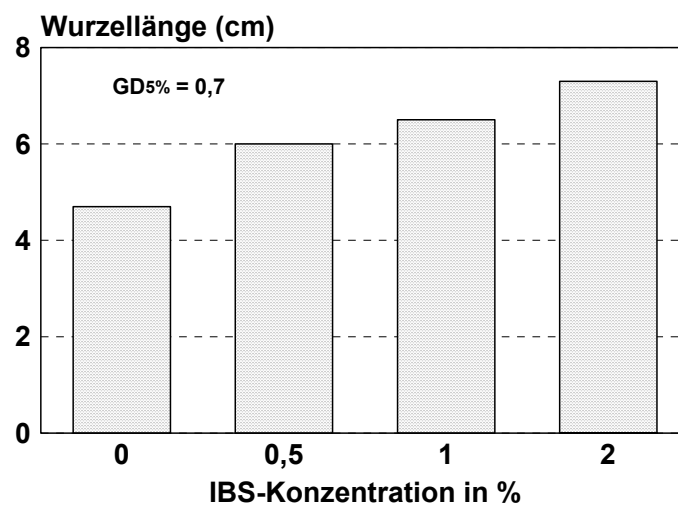


Abbildung 50: Mittlere Wurzellänge hohler Stecklinge der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe'

Wurzeln bildeten sich sowohl basal am Rand der Schnittstelle als auch akrobasal, wobei in Abbildung 51 sichtbar wird, dass der Entstehungsort einen Einfluss auf die Länge der Wurzeln hatte. Akrobasal gebildete Wurzeln waren wesentlich kürzer als Wurzeln, die sich am Rand der Schnittstelle bildeten.



Abbildung 51: Wurzelbildung an einem hohlen Steckling der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe'

5.1.2.2.4 Neuaustrieb

Die bewurzelten und getopften, hohlen Stecklinge wurden im Gewächshaus weiterkultiviert. Ein Wachstum des Vegetationspunktes bzw. ein Austrieb aus den Blattachsen wurde nicht beobachtet. Innerhalb von acht Wochen starben die bewurzelten und getopften, hohlen Stecklinge, beginnend am Vegetationspunkt, ab. Das gleiche Verhalten wurde beobachtet als die Spitze einiger hohler Stecklinge entfernt wurde, um einen Austrieb aus den Blattachsen zu erhalten.

Daher wurden erneut hohle Stecklinge nach 2% IBS - Behandlung bewurzelt. Zehn Tage nach dem Topfen wurden sie mit unterschiedlichen BAP-Konzentrationen behandelt. Eine Wiederholung der BAP-Applikation erfolgte nach weiteren 10 Tagen. 12 Tage später zeigten sich deutliche Veränderungen am Vegetationspunkt und drei Wochen nach der letzten Behandlung differenzierte am Apex eine Blattrosette aus. Mit zunehmender BAP-Konzentration nahm der Anteil bewurzelter, hohler Stecklinge, die am apikalen Meristem eine Blattrosette ausbildeten, zu (Abb. 52).

Bei zweimaliger BAP-Applikation von 80 mg/l bildeten 56% der bewurzelten, hohlen Stecklinge eine Blattrosette am apikalen Meristem aus (Abb. 53). Zwischen der Kontrolle ohne BAP - Behandlung und der Variante mit 10mg/l BAP bestand kein signifikanter Unterschied (Anhang 27). Eine Weiterentwicklung der Blattrosette mit Ausbildung eines Blütensprosses erfolgte nicht (Abbildung 53 und Anhang 27).

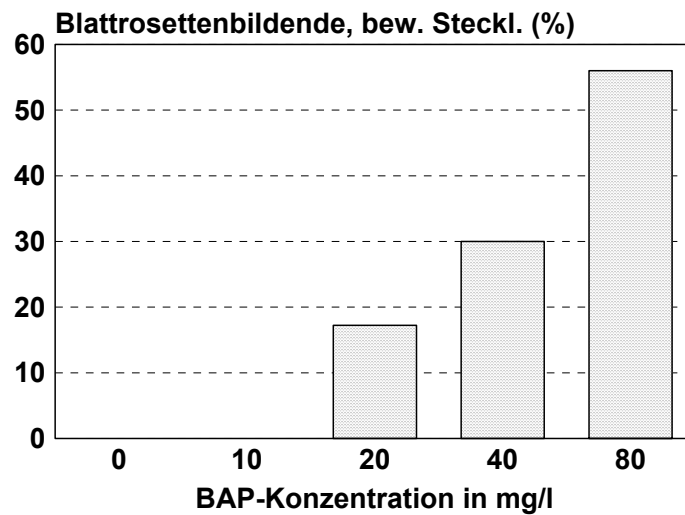


Abbildung 52: Blattrosettenbildende, bewurzelte Stecklinge in % der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe'



Abbildung 53: Bewurzelter, hohler Steckling der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe' mit ausgebildeter Blattrosette am Apex nach BAP-Behandlung (80 mg/l, zweimalige Applikation)

5.1.3 Diskussion

5.1.3.1 Mutterpflanze

Die Mutterpflanzen nehmen durch ihren Standort und ihre Konditionierung durch Lichtverhältnisse, Pflanzdichte, Wasser-/Nährstoffversorgung, Gesundheitszustand sowie durch ihr Alter Einfluss auf die Stecklingsvermehrung (DRÜGE 2000).

Zur Vermehrung von *Delphinium*-Hybriden werden nach Angaben von BASSETT (1992) und NEITZEL et al. (1997) in der Praxis bevorzugt zwei- bis dreijährige Mutterpflanzen verwendet, die häufig aus eigener Produktion stammen. Dabei werden die kräftigsten Pflanzen im Freiland aufgefplant und nach ein bis zwei Jahren zwischen Oktober und Februar wieder ausgegraben, in Container getopft und in einem temperierten Gewächshaus bei 12 bis 15°C aufgestellt. Nach Entnahme der Stecklinge sind die Mutterpflanzen in der Regel so geschwächt, dass sie nicht weiter verwendet werden können. Nach einer von EDWARDS, C. (1971, 1989) beschriebenen Verfahrensweise sollten die Mutterpflanzen erst kurz vor dem Stecklingsschnitt ausgegraben werden und nach dem Stecklingsschnitt sofort wieder eingepflanzt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Mutterpflanzen mindestens drei Triebe behalten, um in gewohnter Qualität Blütenstände hervorzubringen. Dieses Verfahren bietet die Möglichkeit sowohl Stecklinge als auch Blütenstände zu ernten.

Eigene Untersuchungen zur Vermehrung von Stecklingen mit der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe' zeigen, dass bei Erhaltung der Mutterpflanzen im Durchschnitt zwei bis drei Stecklinge von einjährigen Mutterpflanzen bzw. sechs bis sieben Stecklinge von vierjährigen Mutterpflanzen geschnitten werden konnten. Damit stimmen diese Ergebnisse mit den Angaben von ANONYM (1986) überein. Zwischen den Stecklingen von einjährigen Mutterpflanzen und den Stecklingen von vierjährigen Mutterpflanzen bestanden in Bezug auf die Bewurzelungsrate, dem Anteil bewurzelter Stecklinge, der Anzahl Hauptwurzeln und der Sprossentwicklung keine signifikanten Unterschiede. LÖFFLER (1994) gibt an, dass Pflanzen der *Delphinium*-Hybriden, die für den Schnittanbau verwendet wurden, eine Leistungsfähigkeit von vier bis acht Jahren aufwiesen. Auch bei der *Dendranthema*-Hybride 'Puma' hatte das unterschiedliche Mutterpflanzenalter von 52, 63 und 107 Tagen keinen Einfluss auf die Stecklingsqualität. Die Frisch- und Trockenmasse sowie der Gesamtstickstoffgehalt der Stecklinge wiesen keinen gesicherten Unterschied auf (KADNER und ZERCHE 1997). Im Gegensatz dazu beschreibt RÖBER (1978), dass sich mit zunehmendem Alter der *Dendranthema*-Mutterpflanzen der Gesamtstickstoffgehalt der Stecklinge verringerte und damit einen negativen Einfluss auf die Stecklingsqualität hatte.

Der Stecklingsertrag pro Mutterpflanze könnte bei den *Delphinium*-Hybriden mit Hilfe einer gestaffelten Stickstoffdüngung der Mutterpflanzen erhöht werden. Untersuchungen von KADNER und ZERCHE (1997) und ZERCHE et al. (1999) zeigen, dass durch eine gestaffelte Stickstoffdüngung der Mutterpflanzen von *Dendranthema-Grandiflorum*-Hybriden die Gesamtstecklingserträge von 10,5 Stück/Mutterpflanze bei 50 mg/l N auf 17,5 Stück/Mutterpflanze bei 200 mg/l Stickstoff gesteigert werden konnten. Auch stieg die Frischmasse je Steckling unabhängig vom Erntetermin mit steigendem N-Angebot signifikant an. Der Stickstoffgehalt in der Trockenmasse spiegelte das gestaffelte N-Angebot wieder.

Zusätzlich könnte mit Hilfe von Cytokiningaben der Austrieb lateraler Knospen, die in den Blattachsen der Blattrosette gebildet werden, gefördert werden. Anhand einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' wurde gezeigt (Kapitel 3), dass in der vegetativen Phase die für die Regeration der Pflanzen benötigten Erneuerungsknospen gebildet wurden. Pro Blattachsel hätte jeweils eine Knospe gebildet werden können. Die Regenerationsleistung innerhalb dieser Sämlingspopulation war jedoch sehr unterschiedlich. Nur wenige Pflanzen wiesen mehr als 80% makroskopisch sichtbare Erneuerungsknospen auf. In der Regel wurden 60% Erneuerungsknospen gebildet. Es besteht für mehrere Zierpflanzen die Möglichkeit, durch externe Cytokininapplikation die Sprossinitiation, die Knospenbildung und besonders das Wachstum lateraler Knospen trotz apikaler Dominanz zu fördern. Der externe Eingriff in das Hormonsystem reguliert vermutlich über die Interaktion von Auxinen und Cytokinin die apikale Dominanz (DAVIES 1995, MOORE 1989).

Am Beispiel *Physostegia virginiana* 'Schneekrone' wurde das Wachstum lateraler Knospen durch externe Cytokininapplikation von BESSLER (1995) beschrieben. Gestreckte Pflanzen ohne sichtbare Blütenknospen, aber mit entwickelten Achselknospen, reagierten auf unterschiedliche BAP-Konzentrationen sehr einheitlich, d.h. unabhängig von der Konzentration wurden alle behandelten Blattachselmeristeme zum Austrieb gebracht. Bereits an der Mutterpflanze bildeten einige Seitentriebe Wurzeln aus. Trotzdem ließen sich nicht alle Stecklinge bewurzeln. Während aus der Vorbehandlung 10 Wochen mit jeweils 10 mg/l BAP etwa 86% der Stecklinge bewurzeln, bildeten Stecklinge aus der Vorbehandlung 10 Wochen mit jeweils 50 mg/l BAP durchschnittlich nur zu 60% Wurzeln. Unterschiedliche Auxinbehandlungen zur Förderung der Bewurzelung zeigten keinen nachweisbaren Einfluss. Eine Speicherung des durch Hormonapplikation erzielten Reizes zur Förderung des Austriebs der Seitentriebe fand nicht statt. Nach Beendigung der Behandlung wurden die neu gebildeten Blattachselknospen wieder am Austrieb gehemmt. Offensichtlich fand kein Transport des applizierten Cytokinins statt. Deshalb musste das laterale Meristem, das

zum Austrieb gebracht werden sollte, direkt in Kontakt mit der BAP- Lösung gebracht werden.

5.1.3.2 Stecklingsart

Beide Stecklingsarten der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Schildknappe', sowohl der Grundsteckling als auch der hohle Steckling werden nicht nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten, sondern auch in verschiedenen physiologischen Phasen geschnitten. Der Grundsteckling wird als Rosettenspross mit einem Teil des letztjährigen Rhizoms, an dem sich weitere Knospen befinden, direkt nach dem Austrieb der Pflanze geschnitten. Je nach entwicklungsphysiologischem Zustand des Stecklings kann sich der gestreckte Spross zu einem normalen Blütrieb (selten) oder zu einem kurzen Blütrieb mit Notblüte entwickeln bzw. der Vegetationspunkt stirbt ab. Daher entfernt der Praktiker die Triebspitze nach erfolgreicher Bewurzelung. Der Neuaustrieb erfolgt aber nicht durch die sich in den Achseln der Rosettenblätter neu gebildeten Meristeme, da diese offensichtlich zu klein sind. Daher übernimmt eine letztjährig angelegte nachgeordnete Achselknospe den Neuaustrieb. Somit werden pro erfolgreich kultivierter Pflanze mindestens zwei Knospen, die in der letzten Vegetationsperiode angelegt wurden, benötigt. Begrenzender Faktor für die Vermehrung durch Grundstecklinge sind die Anzahl Blätter, die die Blattrosette bildeten, da sich in jeder Blattachsel nur eine Knospe entwickeln kann und die Anzahl Knospen, die pro Steckling benötigt werden.

Der hohle Steckling wird am gestreckten zukünftigen Blütenspross in einer Höhe von 20 bis 30 cm geschnitten. Zu diesem Zeitpunkt sind am apikalen Apex keine makroskopisch erkennbaren Knospen vorhanden. Die hohle Basis wird mit einem fungizidhaltigen Baumwachs verschlossen. Nach erfolgreicher Bewurzelung mit Hilfe exogen applizierten Auxins entwickeln sich ähnlich wie beim Grundsteckling eine Notblüte bzw. der Vegetationspunkt stirbt ab. Ein Austrieb aus den Blattachseln wird nicht sichtbar. Übereinstimmend mit den Angaben von ANONYM (1984) und KÖHLEIN (1992) führt eine Vermehrung der Pflanzen über hohle Stecklinge in dieser Art und Weise bisher nicht zum gewünschten Erfolg.

Wurzelentwicklung

Bei Untersuchungen zur Vermehrung grundständiger Stecklinge der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Schildknappe' wurde kein Auxin benötigt. Vom Steckzeitpunkt im Februar zum Steckzeitpunkt im Mai verringerte sich der Anteil bewurzelte Stecklinge nur um 6%, von 100% auf 94% bewurzelter Stecklinge bei der Vermehrung unter Folie.

Einer Umfrage bei deutschen Staudengärtnern zufolge benutzen 95% der Gärtner aus Kostengründen kein Bewurzelungshormon bei der Vermehrung grundständiger Stecklinge der *Delphinium*-Hybriden, während 5% der Betriebe durch den Einsatz von Rizopon AA 1 (IBS 1%) eine Verkürzung der Bewurzelungszeit von vier auf drei Wochen erreichen. Da in den befragten Staudenbetrieben Bewurzelungsraten von 80 bis 100%, die bei *Elatum*-Hybriden von 77% der Betriebe und bei *Belladonna*-Hybriden von 85% der Betriebe, mit durchschnittlich vier Wochen Bewurzelungszeit erzielt werden, ist der Einsatz von Auxinen sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen nicht zu rechtfertigen (NEITZEL et al. 1997).

Ein ähnliches Beispiel, bei der eine externe Auxinzufuhr zur Bewurzelung nicht notwendig war, zeigt sich in der Stecklingsvermehrung der *Paeonia-lactiflora*-Hybriden. Auch hier wurden, wie bei den *Delphinium*-Hybriden grundständige Stecklinge mit geschlossener Basis und einem Stück des alten Wurzelstocks geschnitten. Bei sieben untersuchten Sorten bewurzelten mindestens 70% der Stecklinge ohne Verwendung eines Bewurzelungshormons. Die Weiterentwicklung der bewurzelten Stecklinge war abhängig von der Anwesenheit mindestens einer Erneuerungsknospe, die nach Absterben der Terminalen den Neuaustrieb bildete. Die Sorten 'Thomas Vaar' und 'Amalia Olsen' zeigten auf die Behandlung mit IBS und α -NES keine Reaktion in bezug auf die Bewurzelung (VIDASOVA et al. 1988).

Beim Vergleich der beiden Stecklingsarten der *Delphinium*-*Elatum*-Hybride 'Schildknappe' in Bezug auf die Bewurzelungsrate und Anzahl Hauptwurzeln zum Steckzeitpunkt im Februar zeigte sich, dass bei der Vermehrung grundständiger Stecklinge 100% der Stecklinge ohne externe Auxinzufuhr bewurzelten, während bei der unbehandelten Kontrolle der hohlen Stecklinge nur 46% der Stecklinge bewurzelten. Bei Zugabe von 2% IBS stieg der Anteil bewurzelter Stecklinge auf 84% an. Auch die Anzahl Hauptwurzeln wurde bei den hohlen Stecklingen durch externe Auxinzufuhr positiv beeinflusst.

Der Unterschied beider Stecklingsarten liegt darin, dass der grundständige Steckling direkt nach dem Austrieb der Erneuerungsknospen basisnah geschnitten wird, in einer entwicklungsphysiologischen Phase, bei der das Auxin/Cytokininverhältnis zugunsten des Auxins verschoben ist. Die jungen Blätter produzieren offensichtlich ausreichend Auxin, das basipetal transportiert der Wurzelbildung zur Verfügung steht. Somit ist eine optimale Bewurzelung ohne exogene Auxinzufuhr bei einem Grundsteckling möglich. Der hohle Steckling, der in einer späteren entwicklungsphysiologischen Phase am gestreckten Blütenproß geschnitten wird, in einem Stadium, wo das Auxin/Cytokininverhältnis wahrscheinlich zugunsten des Cytokinins verschoben ist,

benötigt zur Wurzelinitiation und Wurzelbildung eine externe Auxinzufuhr, um die für diesen Entwicklungsvorgang benötigte Auxinkonzentration sicherzustellen

Ähnliche Ergebnisse werden von BIRAN und HALEVY (1973a) beschrieben. Sie untersuchten bei der Stecklingsvermehrung von Dahlien-Hybriden den Einfluss verschiedener Knospentypen auf die Wurzelbildung der Stecklinge. Stecklinge mit einem vegetativ wachsenden Apex bewurzelten besser als Stecklinge mit einer terminalen Blütenknospe. Bei Entfernung der Blütenknospe wurde die Bewurzelungsrate der Stecklinge von 42% auf 77% gesteigert. Einen weiteren Einfluss auf die Bewurzelung der Stecklinge hatte die Aktivität des apikalen Meristems, da Stecklinge mit einem voll ausgebildeten Blattpaar und ruhendem Vegetationspunkt besser bewurzelten (85%) als große Stecklinge mit drei voll ausgebildeten Blattpaaren und aktivem Vegetationspunkt (33%). Bei Entfernung des aktiven Vegetationspunktes wurde die Bewurzelungsrate auf 93% gesteigert.

Untersuchungen des endogenen Gehaltes an verschiedenen Phytohormonen und deren Beziehung zur Bewurzelung von Stecklingen verschiedener Dahliensorten zeigen, dass Stecklinge der leicht zu bewurzelnden Sorte 'Choot Hashani' und der schwer zu bewurzelnden Sorte 'Orpheo' keinen Unterschied im Gehalt des extrahierten Auxins IES und keinen Unterschied im Gehalt der wurzelfördernden Cofaktoren aufwiesen. Die inhibitorische Aktivität war in den Exudaten der gestutzten Pflanzen der schwer zu bewurzelnden Sorte 'Orpheo' höher als bei der leicht zu bewurzelnden Sorte 'Shoot Hashani' (BIRAN und HALEVY (1973b).

Von den Bewurzelungshormonen wird IBS aufgrund seiner geringen Toxizität und seiner hohen Aktivität für die Wurzelinitiation und Wurzelentwicklung in der gartenbaulichen Praxis bevorzugt verwendet. Es wird angenommen, dass die größere Aktivität von IBS im Gegensatz zu IES bei der Wurzelbildung darauf basiert, dass IBS bei der Aufnahme in den Steckling eine größere Stabilität gegenüber den abbauenden Enzymen aufweist (NICKELL 1982, JARVIS 1986, HARTMANN und KESTER 1990).

Bei der Bewurzelung von Stecklingen der Mungbohne (*Vigna radiata* L.) zeigte IBS eine höhere Aktivität im Gegensatz zu IES. Nach der Aufnahme von IES bzw. IBS durch Stecklinge der Mungbohne ergab sich kein Unterschied in der Metabolisierungsrate der Auxine. Appliziertes IBS war innerhalb von 24 Stunden nach der Behandlung nur noch zu 20% in freier Form in der Pflanze verfügbar. IES und IBS konjugierten in der Pflanze rasch mit Asparaginsäure. Bei der Metabolisierung von IBS entstehen zusätzlich zwei weitere hochmolekulare Konjugate. Alle Konjugate unterstützten in unterschiedlicher Intensität die Wurzelinitiation und Wurzelbildung. IES und IBS unterschieden sich in ihrer Hydrolisierbarkeit. IBS-Konjugate konnten im Gegensatz zu den IES-Konjugaten schnell hydrolisiert werden,

so dass freies Auxin in ausreichender Menge für die einzelnen physiologischen Phasen des Wurzelbildungsprozesses zur Verfügung stand, während das langsam hydrolisierbare IES-Konjugat eine wenig geeignete Quelle für freies Auxin zu sein schien (BIALEK et al. 1983, MEIR et al. 1985, WIESMAN et al. 1988, 1989).

Sproßentwicklung

Bei hohlen Stecklingen der *Delphinium*-Elatum-Hybride ‘Schildknappe’ muss der Neuaustrieb durch geeignete Maßnahmen entweder am apikalen Vegetationspunkt oder aus den Blattachsen der bewurzelten Stecklinge erfolgen.

Durch externe Cytokininapplikation besteht für mehrere Zierpflanzen die Möglichkeit die Sprossinitiation, die Knospenbildung und besonders das Wachstum lateraler Knospen trotz apikaler Dominanz zu fördern (DAVIES 1995, MOORE 1989).

An gestreckten Pflanzen ohne sichtbare Blütenknospen von *Physostegia virginiana* ‘Schneekrone’ wurde das Wachstum lateraler Knospen nach BAP-Behandlung von BESSLER (1995) beschrieben. Bei vegetativ wachsenden Pflanzen von *Schlumbergera truncata* und *Rhipsalidopsis gaertneri* ‘Crimson Giant’ wurde nach BAP-Behandlung die Anzahl apikaler Phyllokladien gesteigert. Sowohl die BAP-Konzentration als auch die Anzahl der Applikationen und der Applikationszeitpunkt hatten einen Einfluss auf die neugebildeten Phyllokladien (RÜNGER 1984, BOYLE 1992).

Bei der *Delphinium*-Elatum-Hybride ‘Schildknappe’ wurden die bewurzelten hohlen Stecklinge nach dem Topfen zweimal innerhalb von 14 Tagen mit steigenden BAP-Konzentrationen zwischen 10 mg/l und 80 mg/l tropfnass gespritzt. Ein Austrieb erfolgte nur am apikalen Vegetationspunkt in Form einer Blattrosette. Bei einer Applikation von 80 mg/l bildeten über 80% der bewurzelten Stecklinge eine Blattrosette am apikalen Meristem, d.h. dass mit steigenden Konzentrationen der Anteil bewurzelter Stecklinge mit Blattrosettenbildung am apikalen Apex zunahm. Trotz des direkten Kontaktes der Blattachsen mit unterschiedlichen BAP-Konzentrationen erfolgte keine Initiation meristematischer Zellen zur Entwicklung von Achselknospen.

5.1.3.3 Stecktermin

Neben den *Delphinium*-Hybriden werden auch andere Beetstauden, wie z.B. *Lupinus polyphyllus*-Hybriden, *Dicentra spectabilis* und *Erigeron* spp. durch grundständige Stecklinge vermehrt, da ihre Triebe in der Regel hohl sind und sich nur schwer bewurzeln lassen. Die Stecklinge werden in der Zeit kurz nach dem Austrieb je nach Witterung von Februar bis Mai oder nach dem 1. Flor im Sommer geschnitten.

In der Praxis werden Stecklinge in nährstoffarmen Torf/Sand-Mischungen im Gewächshaus von Dezember bis Mai bei Temperaturen von 12 bis 15°C bewurzelt. Einige Betriebe vermehren auch nach der 1. Blüte im Sommer (NEITZEL et al. 1997). Hier zeigt sich deutlich, dass Stecklinge offensichtlich auch bei Temperaturen über 20°C bewurzelt werden können. Über Ausfälle nach der Überwinterung wurden keine Angaben gemacht.

Um die Stecklingsvermehrung exakt terminieren zu können, müssen die Mutterpflanzen ausgegraben und in einer Kühlkammer bei 2°C gelagert und drei Wochen vor Entnahme der Stecklinge im Gewächshaus bei 12°C aufgestellt werden. Untersuchungen mit Stecklingen der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Schildknappe' zeigen, dass der Stecktermin einen Einfluss auf die Bewurzelungsrate und die Anzahl Hauptwurzeln hatte. Im Vegetationsverlauf vom Steckzeitpunkt im Februar zum Steckzeitpunkt im Mai nahm sowohl die Bewurzelungsrate als auch die Anzahl Hauptwurzeln ab. Ein signifikanter Unterschied bezüglich der Bewurzelungsrate wurde aber nur zwischen dem Steckzeitpunkt im Februar mit 100% bewurzelter Stecklinge und dem Steckzeitpunkt im Mai mit 94% bewurzelter Stecklinge festgestellt. Dieses Ergebnis war offensichtlich auf den Temperaturverlauf während der Bewurzelungsphase bei unterschiedlichen Steckzeitpunkten zurückzuführen. Bei den Vermehrungsterminen im Februar, März und April lag die Temperatur zwischen 20 und 25°C, während zum Vermehrungstermin im Mai 25 bis 30°C vorherrschten. Die Stecklinge wurden im Mai einer Stresssituation ausgesetzt, die folglich zu einer verringerten Bewurzelungsrate und Anzahl Hauptwurzeln führte. Die einfach strukturierten Blätter mit großem Schwammparenchym und nur ein- bzw. zweizelligem Palisadenparenchym waren bei höheren Temperaturen oberhalb 25°C einem nicht unerheblichen Hitzestress, trotz 100% relativer Luftfeuchte unter Fog, ausgesetzt. Untersuchungen von SPELLERBERG (1985), MENGEL (1991) und LYR et al. (1992) haben gezeigt, dass es insbesondere oberhalb 30°C zu einer schnellen Abnahme der photosynthetischen Aktivität der Pflanzen kam und die geschlossenen Stomata zu einer verminderten CO₂-Assimilation bei gleichzeitig erhöhter Atmungsaktivität führten.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Stecklinge der *Delphinium*-Hybriden in einem weiten Temperaturbereich von 13 bis 25°C bewurzeln können, wobei die Bewurzelungsdauer abhängig von der Temperatur und der Einstrahlung ist. Während sie im Januar/Februar im ungeheizten Gewächshaus ohne Zusatzbelichtung zwischen vier und sieben Wochen beträgt (ANONYM 1984, 1986, BASSETT 1992, LATTY 1973; STILL 1984), reduziert sie sich auf zwei bis drei Wochen zwischen April und Juni. Dieses Ergebnis ist auf eine höhere Temperatur und bessere Lichtverhältnisse zurückzuführen (EDWARDS, D. 1973, KÖHLEIN 1992, LUCAS 1975). Durch Einsatz einer

Untertischheizung oder durch Zusatzbelichtung kann eine zusätzliche Verkürzung der Bewurzelungszeit im Gewächshaus erreicht werden (BASSETT 1992).

Eine satzweise Stecklingsproduktion wäre nur durch eine zeitlich gestaffelte Kühlung der Mutterpflanzen in einer Kühlkammer über 12 Wochen bei 2°C möglich. Drei Wochen vor der Entnahme der Stecklinge müssen die Mutterpflanzen im Gewächshaus bei 12 bis 15°C aufgestellt werden.

5.1.3.4 Substrat - pH-Wert - Luftbefeuchtungssystem

Während in deutschen Staudengärtnereien nährstoffarme Torf/Sand-Mischungen zur Stecklingsvermehrung der *Delphinium*-Hybriden verwendet werden (NEITZEL et al. 1997), können nach Angaben verschiedener Autoren auch andere Substrate wie z.B. Komposterde, Sand, Vermiculite, Kies und Wasser zur Bewurzelung eingesetzt werden (ANONYM 1984, 1986, BASSETT 1992, EDWARDS, C. 1971, 1976, 1989, EDWARDS, D. 1973, KÖHLEIN 1992, LATTY 1971, LUCAS 1975, SMITH-LYTE 1970). Der pH-Wert des Substrates sollte dabei im neutralen bis alkalischen Bereich liegen (ANONYM 1986).

Untersuchungen zur Stecklingsvermehrung der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe' zeigen, dass in nährstoffarmer Torf/Sandmischung mit einem pH-Wert von 5.5 sehr gute Bewurzelungsergebnisse zwischen 100% und 94% bewurzelte Stecklinge bei Steckterminen zwischen Februar und Mai erzielt wurden.

In ähnlicher Weise reagierten Stecklinge der Gattung *Lupinus* bei optimalen pH-Wert des Substrates zwischen 5.0 und 5.5 (TANG et al. 1992). Bei suboptimalen pH-Werten zeigten die Arten unterschiedliches Verhalten. *Lupinus angustifolius* reagierte bei pH-Werten des Substrates über 6.0 in Bezug auf das Wurzel- und Sprosswachstum wesentlich empfindlicher als *Lupinus pilosus*, wobei das Wurzel-/Sprosswachstum und die symbiontische N₂-Fixierung beeinträchtigt, die Wurzeloberfläche verändert, die Wurzelhaarbildung unterdrückt und die Eisen- und Phosphataufnahme verringert wurde (TANG et al. 1992, TANG et al. 1993, TANG und ROBSON 1993, TANG et al. 1995).

Auch bei der Stecklingsvermehrung von Gehölzen hat der pH-Wert des Substrates einen Einfluss auf die Bewurzelung, das Wachstum und die Vitalität der Stecklinge. Doch im Gegensatz zu den genannten Blütenstauden wurden bei *Quercus robur* günstige Bewurzelungsergebnisse bei pH 3.2 und pH 4.4 erzielt, während bei pH 7.3 die Wurzelentwicklung und das Sprosswachstum signifikant vermindert waren. Die Pflanzen, die bei pH 3.2 und 4.4 angezogen wurden, enthielten gegenüber den Pflanzen, die bei pH 7.3 bewurzelten, höhere Trockensubstanzgehalte. Die bei niedrigen pH-Werten

gute Ammonium -Verfügbarkeit begünstigte die Ausbildung eines kompakten Wurzelsystems und förderte gleichzeitig die Wurzelhaarbildung und die Wurzelverzweigung. Dadurch war die Qualität und Vitalität der Stecklinge bei niedrigen pH-Werten erheblich besser als beispielsweise bei pH 7.3, wo der schlechte Versorgungszustand (P + Fe-Mangel) der Pflanzen zusätzlich zu dem verminderten Wachstum in stark ausgeprägten Eisenmangelchlorosen sichtbar wurde (MLASOWSKY 1996).

Die Substratbeschaffenheit und Zusammensetzung ist im Zusammenhang mit dem verwendeten Luftbefeuchtungssystem zu betrachten. Hier wird unterschieden zwischen Flachfolie, Sprühregen und Fogsystem. Die Luftfeuchte nimmt in dieser Reihenfolge zu und die Gefahr eines Pilzbefalls ab. Welches dieser Systeme bei der Stecklingsvermehrung Verwendung findet, ist abhängig von der Pflanzenart. Leichter zu vermehrende Arten können unter der billigeren Flachfolie abgesteckt werden, während bei schwerer zu vermehrenden eine Sprühregenanlage oder sogar ein Fogsystem eingesetzt wird.

Untersuchungen zur Stecklingsvermehrung mit der *Delphinium-Elatum*-Hybride 'Schildknappe' zeigen beim Vergleich der Luftbefeuchtungssysteme Folie bzw. Fog, dass weder der Anteil bewurzelter Stecklinge noch die Anzahl Hauptwurzeln der Stecklinge unter Fog günstiger beeinflusst wurden als unter Folie. Im Gegenteil war der Anteil bewurzelter Stecklinge zu allen Steckzeitpunkten zwischen Februar und Mai unter Folie höher als unter Fog, wobei signifikante Unterschiede erst bei den Steckzeitpunkten im April und Mai ermittelt wurden, während die Anzahl Hauptwurzeln der Stecklinge zu den untersuchten Steckzeitpunkten zwischen Februar und Mai unter Folie signifikant höher war als unter Fog. Jedoch war eine signifikante Abnahme dieses Parameters vom Steckzeitpunkt im Februar zum Steckzeitpunkt im Mai zu verzeichnen.

Beim Vergleich schwer zu bewurzelnder Gehölzarten wie z.B. *Acer palmatum* 'Atropurpureum', *Rhododendron* cv. 'Gibraltar', *Betula pendula* 'Youngii', *Cotinus coggyria* 'Royal Purple' und *Magnolia x soulangiana* unter Sprühregen bzw. unter Folie zeigte sich kein signifikanter Unterschied in Bezug auf den Anteil bewurzelter Stecklinge. Im Gegenteil, der Austrieb bewurzelter Stecklinge wurde bei der Vermehrung unter Folie günstiger beeinflusst (SPELLERBERG 1986).

5.1.4.5 Weiterkultur und Überwinterung

Erhebliche Ausfälle wurden bei den getopften Pflanzen der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Schildknappe' beobachtet. Der Anteil erfolgreich vermehrter Pflanzen reduzierte sich für die Sätze 3 und 4 nach 11wöchiger Kulturzeit jeweils auf 65%, d.h. eine Reduktion des Anteils überlebender Pflanzen gegenüber dem Topftermin um 31%, unabhängig davon, ob die Stecklinge unter Folie bzw. unter Fog bewurzelt wurden.

Offensichtlich wurden die Ausfälle durch eine Stresssituation der bewurzelten Stecklinge durch die Bonitur und das Topfen bei Temperaturen bei 25°C verursacht. Nach der Überwinterung im Frühbeetkasten wurden im Frühjahr keine weiteren Ausfälle beobachtet.

Ähnliche Ergebnisse wurden bei der Weiterkultur stecklingsvermehrter heimischer Wildrosen ermittelt (PLÖGER und SPETHMANN 1990). Die Stecklinge, gesteckt Ende Juni bewurzelten im Gewächshaus mit Fog-System innerhalb von drei bis fünf Wochen. Doch waren sehr starke Artenunterschiede festzustellen. *Rosa arvensis* zeigte mit 88% die höchste Bewurzelungsrate, gefolgt von *Rosa rugosa* mit 77%. Bei *Rosa glauca*, *Rosa nitida* und *Rosa rubiginosa* bewurzelten ca. 50%, während die Stecklinge von *Rosa canina* und *Rosa pendulina* nur zu etwa 30% bewurzelten. Bei *Rosa pimpinellifolia* kam es mit 10% fast zu einem Totalausfall. Nach der Bewurzelung wurden die Stecklinge bonitiert und getopft. Zur Abhärtung standen sie für weitere 10 Tage in einem schattierten Folientunnel mit Fog-System. Danach wurden sie in einem Gewächshaus weiterkultiviert und nach frostfreier Überwinterung im nächsten Frühjahr im Freiland verschult. Nach dem Topfen kam es innerhalb von 18 Wochen Kulturzeit zu weiteren Ausfällen, die zwischen 10% für *Rosa nitida*, 28% für *Rosa rugosa*, *Rosa arvensis* und 40% für *Rosa glauca* betrug. Die bewurzelten Stecklinge der verschiedenen Pflanzenarten reagierten unterschiedlich auf das Herausnehmen aus dem Stecks substrat, die Bonitierung und das Topfen sowie die weiteren Kulturmaßnahmen. Die Aufschulung der erfolgreich überwinterten Pflanzen erfolgte im nächsten Frühjahr, die Anwachsrate betrug 100%. Geringere Ausfälle wurden beobachtet, wenn die Stecklinge vom Stecken bis zum Verschulen im Grundbeet stehen blieben (PLÖGER und SPETHMANN 1990).

5.2 In vitro Vermehrung

Erste Versuche *Delphinium brunonianum* in in vitro zu überführen wurden von NATARAJA (1971) durchgeführt. Blütenknospen und Antheren wurden nach der Desinfektion mit dem Desinfektionsmittel Natriumhypochlorit auf ein modifiziertes White Medium mit 10% Kokosmilch und 1 ppm 2,4-D aufgelegt. Die Explantate bildeten Kallus, aus dem sich spontan oder nach wiederholter Subkultur bei Zugabe von 1ppm IES Wurzeln entwickelten, Sprosse regenerierten nicht. Vielfach wurde bei subkultivierten Kallusse ein grauschwarzes Verfärben und späteres Absterben beobachtet.

BOTT (1980) arbeitete mit verschiedenen Genotypen aus der Gruppe der University-Hybriden. Es wurden apikale Meristeme junger Sprosse isoliert. Nach der Desinfektion mit Natriumhypochlorit wurden die Explantate auf MS-Medium gelegt, die bei Zugabe von 1 ppm 2,4-D und 0,2 ppm Kinetin schnell Kallus bildeten und teilweise Sprosse regenerierten. Viele Kallusse verfärbten sich innerhalb kürzester Zeit grauschwarz, ein Phänomen, das wahrscheinlich auf phenolische Ausscheidungen zurückzuführen ist. Durch Zugabe von 200 mg/l Aktivkohle zum Medium konnte die Aktivität der Polyphenoloxydase eine Zeitlang reduziert aber nicht unterbunden werden. Bei Zugabe von 0,1 ppm IES zum Medium konnten aus dem Kallus Wurzeln regeneriert werden.

TELGEN et al. (1990) haben ein Basisprogramm zur in vitro Kultur von *Delphinium-Elatum*-Hybriden entwickelt. Es wurden apikale Meristeme junger Sprosse isoliert. Zur Desinfektion gibt es folgende Angaben: Die Sprosse wurden von der Mutterpflanze getrennt, 30 Sekunden in 70%igen Alkohol getaucht, kurz unter sterilem Wasser gespült, 5 Minuten in einer Lösung mit 3% aktivem Chlor und 0,05% Tween 20 desinfiziert, anschließend erfolgten zwei weitere Spülungen mit sterilem Wasser. Die apikalen Meristeme wurden aus den jungen Sprossen herauspräpariert und nochmals in einer Lösung mit 1% aktivem Chlor desinfiziert und anschließend mit sterilem Wasser gespült. Sie wurden dann auf ein modifiziertes MS-Medium mit 1 mg/l BAP gelegt. An ihrer Basis bildete sich ein kompakter, weicher Kallus, aus dem Sprosse regenerierten. Diese konnten sich auch ohne Kallusphase bilden. Subkultivierte Kalli verfärbten sich innerhalb von drei Wochen grauschwarz. Um die Aktivität der Polyphenoloxydase zu reduzieren wurde dem Nährmedium schwerlösliches Polyvinylpyrrolidon (PVP) mit 10 g/l Nährlösung zugesetzt. Das PVP verzögerte die Oxidation, doch war die Absorptionskapazität nach zwei Wochen Kulturzeit erschöpft. Der Vermehrungsfaktor variierte genotypabhängig zwischen 1,9 und 3,5 pro Explantat bei vierwöchiger Subkultur. Es traten verschiedene Probleme im Verlauf der in vitro Kultur auf, z. B. Chlorophyllverlust, niedrige Vermehrungsraten und geringe Bewur-

zelung nach längerer Kulturzeit. Die Bewurzelung erfolgte *in vitro* auf einem Bewurzelungsmedium mit einer Bewurzelungsrate von 50 bis 80%. Vier bis sechs Wochen später wurden die Pflanzen in mit Topferde gefüllte Plastiktöpfe umgepflanzt und im Gewächshaus unter Folie bei 18 bis 20°C akklimatisiert. Zehn Wochen später wurden sie im Freiland aufgestellt und blühten noch im gleichen Jahr ohne Abweichungen im Habitus von der Ausgangspflanze zu zeigen.

Besonders bei den pink- und rotfarbenen Sorten aus der Gruppe der University-Hybriden ist die *in vitro* Kulturtechnik bedeutsam, da diese Sorten in der Regel wenig Samen bzw. überhaupt keinen Samen produzieren und die konventionelle Vermehrung über Stecklinge oder Teilung nicht ergiebig ist (ANIS 1982, LEGRO und MAIN 1983, GEERTSEN und BREDMOSE 1985, BREDMOSE 1987, TELGEN et al. 1990). LEIFERT et al. (1992a,b) etablierten Meristeme aus jungen Sprossknospen der Sorte 'Princess Caroline', einer University-Hybride mit pinkfarbenen Blüten. Die Explantate wurden auf MS-Medium mit 0,1 mg/l BAP und 8,5 g/l Agar (Sigma Typ A) kultiviert. Im Kulturraum standen sie in Plastiktöpfen bei 60 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ kaltem, weiß fluoreszierendem Licht im 15,5/8,5 h Tag-/Nachtrhythmus bei einer Temperatur von 24°C. Die Explantate wurden alle vier Wochen auf neues Medium umgelegt und erreichten dabei eine Vermehrungsrate von 2,5 pro Explantat. Die Bewurzelung erfolgte auf einem halb-konzentrierten MS-Medium ohne Phytohormone für vier Wochen. Dabei lag die Bewurzelungsrate bei 75%. Die Akklimatisation erfolgte in einem Gewächshaus mit Fog-Anlage, bei 86 und 92% relativer Feuchte und Temperaturen zwischen 16 und 21°C.

Die Etablierung einer *in vitro* Kultur von *Delphinium*-Hybriden könnte auch über Samen erfolgen, da aus Samen, die auf einem Nährmedium unter Phytohormoneinfluss zur Keimung ausgelegt wurden, in vielen Fällen mehrere Sprosse entstehen können. Eine Erscheinung, die als "multiple Sprossbildung aus Samen" bezeichnet wird (FISCHER und ZIMMER 1987). Für Zierpflanzen ist die Eigenschaft bisher an 35 Pflanzenarten aus 18 Familien untersucht worden. Die "multiple Sprossbildung aus Samen" eröffnet die Möglichkeit, Genotypen rasch zu verklonen und damit z. B. für die weitere züchterische Bearbeitung mehrere Pflanzen eines Genotyps zur Verfügung zu haben (ZIMMER und BAHNEMANN 1982, FISCHER und ZIMMER 1987, ZENS 1988, FISCHER-KLÜVER 1994).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es,

- Sämlinge der Pacific-Hybride 'Astolat' auf multiple Sprossbildung zu untersuchen, um sie in einem zweiten Schritt zur Etablierung einer *in vitro* Kultur nutzen zu können.

- Untersuchungen zur Massenvermehrung, Bewurzelung und Akklimation durchzuführen, die zu einer Entwicklung eines Produktionsverfahrens führen könnten.

2.1 Material und Methoden

Die Etablierung der „in vitro Kultur“ erfolgte über Samen der rosafarbenen Sorte 'Astolat' aus der Gruppe der *Delphinium*-Pacific-Hybriden. Mit Hilfe eines Versuches zur Samenkeimung wurde die Variabilität der Samenkeimung auf unterschiedlichen Nährmedien bei verschiedenen Temperaturen erfasst. Anschließend wurde im Keimlingsstadium eine Selektion von Genotypen mit dem Merkmal „rasche Keimung“ durchgeführt. Zur Auslese auf das zweite Merkmal, die „in vitro Kultureignung“, wurde eine größere Anzahl Samen mit rascher Keimung selektiert auf ihre in vitro Kultureignung untersucht.

In der Vermehrungsphase wurden Untersuchungen zum Einfluss des Makronährelementes Stickstoff, zum Einfluss der physikalischen Faktoren Licht und Temperatur und zum Einfluss von Saccharose und verschiedener Cytokinine auf die Sprossvermehrungsrate durchgeführt.

Ausgehend vom Grundmedium mod. MS-Medium mit 1650 mg/l Ammoniumnitrat plus 1900 mg/l Kaliumnitrat wurden folgende vier Stickstoffvarianten mit den Genotypen 91-AS-25/10, 91-AS-19/20, 91-AS-19/25 und 91-BL-46/15 getestet:

1/2 fach konz. N:	NH ₄ NO ₃	825 mg/l	+	KNO ₃	950 mg/l
1/1 fach konz. N:	NH ₄ NO ₃	1650 mg/l	+	KNO ₃	1900 mg/l
1 1/2 fach konz. N:	NH ₄ NO ₃	2475 mg/l	+	KNO ₃	2850 mg/l
2/1 fach konz. N:	NH ₄ NO ₃	3300 mg/l	+	KNO ₃	3800 mg/l

Zur Klärung des Einflusses der Belichtungsdauer auf die Sprossvermehrungsrate wurden die Belichtungsvarianten 8 Stunden, 12 Stunden und 16 Stunden mit den Klonen 91-AS-15/15, 91-AS-19/20, 91-AS-19/25 und 91-BL-46/15 getestet. Der Versuch wurde in einem Kunstlichtraum mit 4300 Lux ($77 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ PAR) aus HPI-T 400W-Lampen durchgeführt.

Der Einfluss der Temperatur auf die Sprossvermehrungsrate wurde bei Temperaturen von 10°C, 15°C, 20°C und 25°C mit den Genotypen 91-AS-15/15, 91-AS-19/20, 91-AS-19/25 und 91-BL-46/15 getestet. Der Versuch wurde in einem Kunstlichtraum mit 4300 Lux ($77 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ PAR) aus HPI-T 400W-Lampen bei 16 Stunden Belichtung durchgeführt.

Zur Klärung des Einflusses der D(+)Saccharose-Konzentration auf die Sprossvermehrungsrate wurden die Konzentrationen 10 g, 20 g und 40 g bei den Klonen 91-AS-25/10, 91-AS-19/20, 91-AS-19/25 und 91-BL-46/15 untersucht.

Der Einfluss der Cytokinine BAP, 2iP und Kinetin auf die Sproßvermehrungsrate wurde mit den Konzentrationen 0,0 mg/l, 0,5 mg/l, 1,0 mg/l, 2,0 mg/l und 4,0 mg/l beim Klon 91-AS-19/25 untersucht.

In der Bewurzelungsphase wurden unterschiedliche Auxine mit unterschiedlichen Konzentrationen getestet. Der Einfluss der Auxine IBS, NES und IES mit den Konzentrationen 0,0 mg/l, 0,2 mg/l, 0,4 mg/l, 0,8 mg/l, 1,6 mg/l und 3,2 mg/l auf die Anzahl in vitro bewurzelter Explantate wurde beim Klon 91-AS-19/20 untersucht. Die Wirkung unterschiedlicher IBS-Konzentrationen auf die Anzahl Hauptwurzeln und die Wurzellänge wurde bei den Klonen 91-AS-25/10, 91-AS-19/20 und 91-BL-46/15 geprüft.

Zur Akklimatisierung der in vitro bewurzelten Explantate wurden folgende Maßnahmen durchgeführt: Die Explantate wurden den Kulturgefäßen entnommen und durch zweimaliges Spülen in Chinosollösung der anhaftende Agar entfernt und anschließend in Multitopffplatten (150 Zellen) zu 60 Stück pikiert. Das Substrat bestand aus gedämpftem Weißtorf mit 3 g/l kohlensaurem Kalk und wurde mit einer Hortrilon-Lösung (0,2 g/l) angegossen. Als vorbeugende Maßnahme gegen Pilzbefall wurde Previcur (0,15%) verwendet. Die Aufstellung der Multitopffplatten erfolgte auf einem Kulturtisch unter einem Folientunnel aus transparenter PE-Folie im Gewächshaus mit Temperaturen zwischen 18°C und 35°C und in einer Klimakammer mit Temperaturen von 18 bis 20°C, einer Luftfeuchte von 70-80% und einer Belichtung mit 4300 Lux/m² (77 µmol s⁻¹m⁻² PAR) aus HPI-T-400W-Lampen.

5.2.1.1 Oberflächensterilisation der Samen

Die Untersuchungen wurden mit der Sorte 'Astolat' einer *Delphinium*-Pacific-Hybride, bezogen von der Fa. Jelitto, durchgeführt. Die Samen wurden nach der Anlieferung in einer Lösung mit 1‰ Chinolinolsulfat x H₂O + 1‰ Kaliumsulfat für 24 h desinfiziert. Die gequollenen die Samen und sanken auf den Boden. Die Sterilisation erfolgte in einem 250 ml Becherglas mit 6%iger Natriumhypochloritlösung für 5 min. Anschließend wurden die Samen mit sterilem Wasser zweimal 30 Sekunden gespült. Eine ausführliche Darstellung der Desinfektion von Samen der *Delphinium*-Hybriden wird bei NEITZEL (1996) beschrieben.

5.2.1.2 Kulturmedium

Als Nährmedien wurden ein modifiziertes KC-Medium (KNUDSON 1946) und ein modifiziertes MS-Medium (MURASHIGE und SKOOG 1962) verwendet. FISCHER und ZIMMER (1987) haben mit KNUDSON C-Medium eine Vielzahl von Samen verschiedener Pflanzenarten auf multiple Sprossbildung untersucht. Die Zusammensetzung der Nährmedien ist in Anhang 28 zusammengestellt. Die Medien enthielten weiterhin 25g/l Saccharose und 5,10 g/l Agar (Typ A, Fa. Nordwald). Die verwendeten Wachstumsregulatoren waren NEK und BAP mit einer Konzentration von 0,1 mg/l oder 1,0 mg/l. Von den Wachstumsregulatoren wurden Stammlösungen hergestellt. Als Lösungsmittel diente 90%iger unvergällter Alkohol. Die Lösungen wurden mit entionisiertem Wasser aufgefüllt. Von den einzelnen Makroelementen wurden 20fach konzentrierte Stammlösungen hergestellt und dunkel bei 6°C gelagert. Die Phytohormone wurden erst während der Herstellung der Medien in unvergälltem Äthanol (90 Vol.-%) angelöst, in Aqua dest. vollständig in Lösung gebracht und dann dem Medium vor dem Autoklavieren zugesetzt. Der pH-Wert des Mediums wurde vor der Zugabe des Agars vor dem Autoklavieren auf 5.5 eingestellt. Die Einstellung erfolgte durch Zugabe von 1 n/0,1 n NaOH-Lösung bzw. 1 n/0,1 n HCl-Lösung. Die Nährlösung wurde in 0,5 l Erlenmeyerkolben für 20 min bei 121°C und 110 kPa autoklaviert. Nach Abkühlung auf ca. 80°C wurden jeweils 12 ml in 60 x 20 mm Glaspetrischalen an einer Cleanbench gefüllt. Die Samen wurden auf dem erkalteten Nährboden ausgelegt. Die Keimung erfolgte auf KNUDSON C- und MS-Medium mit halber und voller Konzentration und bei Temperaturen von 10, 15, 20 und 25°C im Lichtthermostat. Die Belichtungsdauer betrug 16 h bei einer Lichtintensität von 1500 Lux (Osram-Leuchtstofflampen L40W/32, Warmton). Zusätzlich wurde die Keimung von Samen auf sterilisiertem Quarzsand geprüft.

Pro Petrischale wurden 20 Samen ausgelegt mit jeweils 10 Wiederholungen pro Versuchsglied.

5.2.1.3 Weiterkultur der Sämlinge

Die Sämlinge wurden zu jeweils 8 Stück in 250 ml Rillengläser (Fa. Weck) überführt und weiterkultiviert. Je Kulturgefäß wurden 80 ml mod. MS-Medium verwendet. Ein Zellstoffring (Paramoll 260/200, Fa. Roescheisen) zwischen Glasrand und Deckel gewährleistete den Gasaustausch. Die Sämlinge wurden in einem Kunstlichtraum mit 23°C ± 1°C kultiviert. Eine Regelung der relativen Luftfeuchte konnte nicht vorgenommen werden. Sie differierte zwischen 35 und 50%. In den Kulturgefäßen wird eine relative Feuchte von ca. 100% angenommen.

Die Glasgefäße wurden in einem Kulturraum mit gleichbleibenden Bedingungen aufgestellt. Als Kulturfläche standen Stahlregale mit Lochboden zur Verfügung. Die Lochblechböden garantierten die Luftzirkulation und die Ableitung der durch die unterwärts montierten Leuchtstoffröhren verursachten Wärme (Osram L22 'White de Luxe' oder Philips TLD 84). Beleuchtet wurde im 16h/8h Tag-/Nachtrhythmus. Die Beleuchtungsstärke in Regalhöhe lag bei 2300 Lux.

5.2.1.4 Bonitur

Die Auszählung der gekeimten Samen erfolgte im Abstand von drei Tagen unter dem Binokular. Als gekeimt wurden Samen betrachtet, deren Wurzelhaare an der Keimwurzel sichtbar waren. Die gekeimten Samen in einer Schale wurden fortlaufend nummeriert und auf dem Schalenboden beschriftet. Nach dem 60% aller Samen der Temperaturstufen 10, 15, 20, 25°C und der Medienvarianten ½ mod. KC-Medium, KC-Medium, ½ mod. MS-Medium, MS-Medium gekeimt waren, wurden jeweils 100 der zuerst gekeimten Samen selektiert und nach Entwicklung der Keimwurzel und der Keimblätter auf entsprechendes Nährmedium mit 1 mg/l BAP überführt, wobei die Keimwurzel entfernt wurde. Im zweiten Selektionsschritt erfolgte jetzt die Auslese der Genotypen mit in vitro Kultureignung. Diese wurde durch die Vermehrungsleistung makroskopisch sichtbarer Sprossanlagen charakterisiert. Nach 12 Kulturwochen wurden am Keimspross erkennbare Sprossneubildungen ab 1 cm Länge gezählt. Zur Charakterisierung der Sprossvermehrung wurden die erfassten Werte fünf Boniturstufen zugeordnet:

Boniturstufe 1 = gekeimter Same mit Keimspross, Sämling abgestorben

Boniturstufe 2 = 1 Adventivspross

Boniturstufe 3 = bis 3 Adventivsprosse

Boniturstufe 4 = bis 5 Adventivsprosse

Boniturstufe 5 = mehr als 5 Adventivsprosse

Bei den Versuchen zur Sprossvermehrung wurden die Sprosse (Kopfsteckling) zu Versuchsbeginn möglichst nach einheitlicher Größe sortiert (Explantatbasis 2-3 mm, mittlere Blattstiellänge 24 mm). Die Versuchszeit betrug einheitlich vom Tag des Steckens der Sprosse bis zur Bonitur vier Wochen. Pro Variante wurden sechs Sprosse mit jeweils 10 Wiederholungen gesteckt. Die Sprossvermehrungsrate ergab sich aus der Anzahl der Sprosse am Versuchsende dividiert durch die Anzahl Sprosse am Versuchsanfang. Auch bei den Bewurzelungsversuchen wurden pro Variante sechs Sprosse mit jeweils 10 Wiederholungen gesteckt.

5.2.1.5 Statistische Auswertung

Zur Charakterisierung der Samenkeimung wurden der Keimbeginn, der Keimprozent-satz und die Mittlere Keimzeit (PIEPER 1909) erfasst. Die Mittlere Keimzeit (MK) wird nach folgender Formel errechnet:

$$MK = \Sigma (a \times d)/n$$

a = Anzahl Samen gekeimt am Tag d

n = Anzahl gekeimter Samen bis Versuchsende

Die Keimversuch wurde 8 Wochen bonitiert. Die Prozentwerte wurden zur Stabilisie-rung der Varianz und zur Normalisierung nach der Formel $(\arcsin (0,01x))^{0,5}$ transfor-miert (SACHS 1989), wobei x der Originalwert (%) ist. Mit den so transformierten Werten wurden Varianzanalysen und Mittelwertvergleiche durchgeführt. Die Auswertung der weiteren Ergebnisse erfolgte mit Hilfe der Varianzanalyse. Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden mit dem Tukey-Test auf dem 5% Signifikanzni-veau getestet. (WEBER 1986, MUDRA 1992).

5.2.2 Ergebnisse

5.2.2.1 Etablierung der in vitro Kultur

5.2.2.1.1 Keimbeginn

Keimtemperaturen von 10°C bzw. 25°C verzögerten den Keimbeginn. Bei 10°C vari-ierte der Keimbeginn zwischen 16 Tagen auf Quarzsand und 20 Tagen auf mod. KC-Medium, bei 25°C zwischen 20 Tagen auf Quarzsand und 25 Tagen auf mod. MS-Medium. Schnellster Keimbeginn erfolgte bei allen Temperaturstufen auf dem Sub-strat Quarzsand. Bei 10°C keimten die Samen nach 16 Tagen, bei 15°C und 20°C nach 12 Tagen und bei 25°C nach 20 Tagen (Abb. 54).

Auf den in vitro Kulturmedien erfolgte die rascheste Keimung nach 12 Tagen auf der Variante mod. 1/2 MS-Medium bei 15°C Keimtemperatur. Sie unterschied sich signi-fikant von 13 (1/2 KC-Medium/10°C, 1/2 KC-Medium/25°C, KC-Medium/10-25°C, 1/2 MS-Medium/10°C, 1/2 MS-Medium/20°C, 1/2 MS-Medium/25°C, MS-Me-dium/10-25°C der 16 Varianten (Abbildung 54 und Anhang 28, 30).

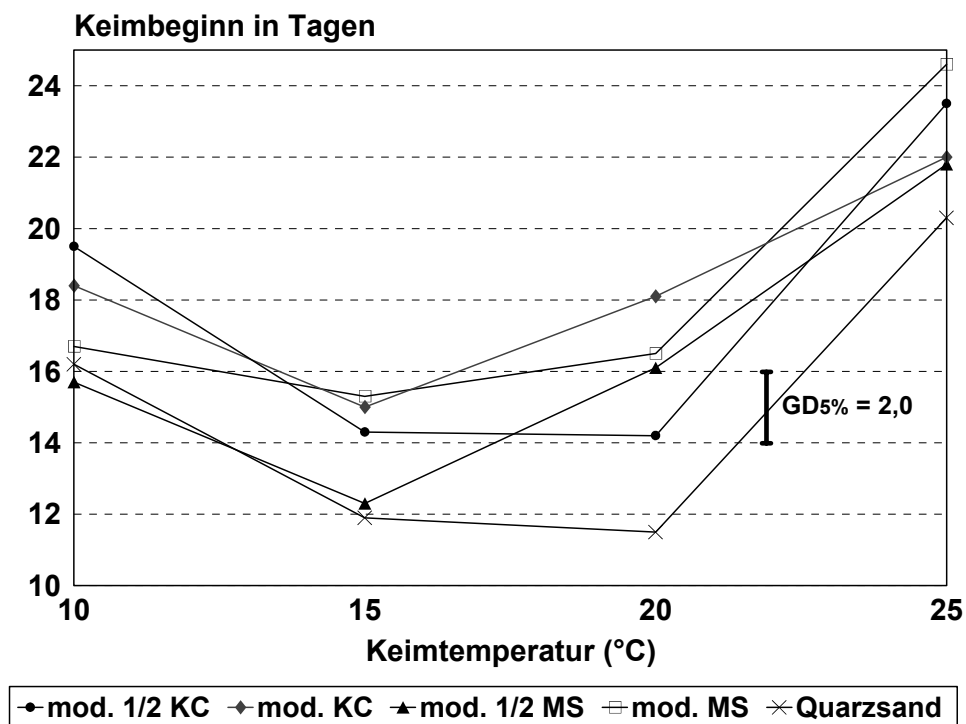


Abbildung 54: Keimbeginn einer Samenpopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' bei verschiedenen Temperaturen auf unterschiedlichen Nährmedien

5.2.2.1.2 Mittlere Keimzeit

Bei einer Keimtemperatur von 15°C variierte die Mittlere Keimzeit zwischen 19 Tagen (Quarzsand) und 33 Tagen (mod. 1/2 MS-Medium) und bei 20°C zwischen 22 Tagen (Quarzsand) und 35 Tagen (mod. KC-Medium). Keimtemperaturen von 10°C bzw. 25°C verlängerten die Mittlere Keimzeit. Bei 10°C differierte sie zwischen 28 Tagen (Quarzsand) und 35 Tagen (mod. KC-Medium) bzw. bei 25°C zwischen 28 Tagen (Quarzsand) und 39 Tagen (mod. 1/2 KC-Medium). Die Variante Quarzsand ermöglichte auf allen Temperaturstufen die kürzeste Mittlere Keimzeit. Bei 10°C und 25°C betrug sie 28 Tage, bei 15°C 19 Tage und bei 20°C 22 Tage.

Auf den in vitro Kulturmedien führte das Prüfglied mod. 1/2 KC-Medium/10°C zu einer mittleren Keimzeit von 30 Tagen. Es unterschied sich signifikant von 6 (1/2 KC-Medium/25°C, KC-Medium/10°, KC-Medium/20°C, KC-Medium/25°C, 1/2 MS-Medium/25°C, MS-Medium/10°C) der 16 Varianten (Abbildung 55 und Anhang 31).

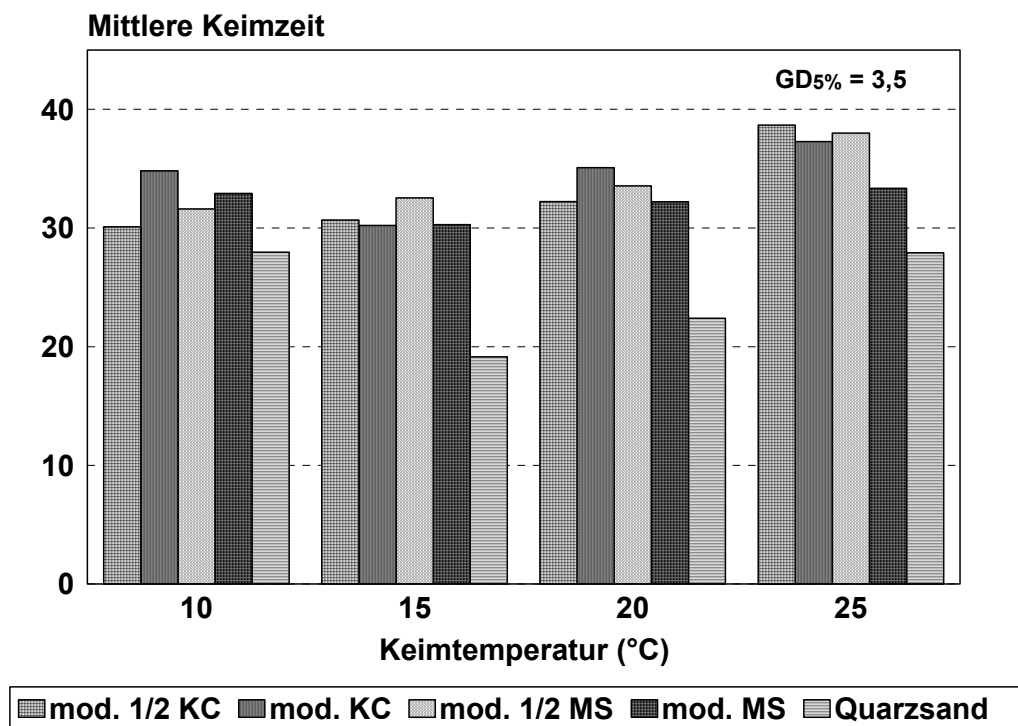


Abbildung 55: Mittlere Keimzeit einer Samenpopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' bei unterschiedlichen Temperaturen auf unterschiedlichen Nährmedien

5.2.2.1.3 Keimfähigkeit

Bei Keimtemperaturen von 15°C und 20°C variierte der Anteil gekeimter Samen zwischen 63,5% auf mod. KC-Medium und 84% auf mod. 1/2 MS-Medium bzw. zwischen 64% auf mod. KC-Medium und 100% auf Quarzsand. Bei einer Keimtemperatur von 10°C lag der Anteil gekeimter Samen zwischen 63% auf Quarzsand und 73,5% auf mod. 1/2 MS-Medium. Bei 25°C erfolgte ein starker Rückgang in der Keimfähigkeit der Samen auf 55% bzw. 15% auf mod. 1/2 KC-Medium bzw. mod. MS-Medium. Die beste Nährmedienvariante mod. 1/2 MS-Medium/15°C ergab eine Keimfähigkeit von 84%. Sie unterschied sich signifikant von 15 (1/2 KC-Medium/10, 15, 20, 25°), KC-Medium/10, 15, 20, 25°C, 1/2 MS-Medium/10°C, 1/2 MS-Medium/20°C, 1/2 MS-Medium/25°C, MS-Medium/10, 15, 20, 25°C) der 16 Varianten (Abbildung 56 und Anhang 32).

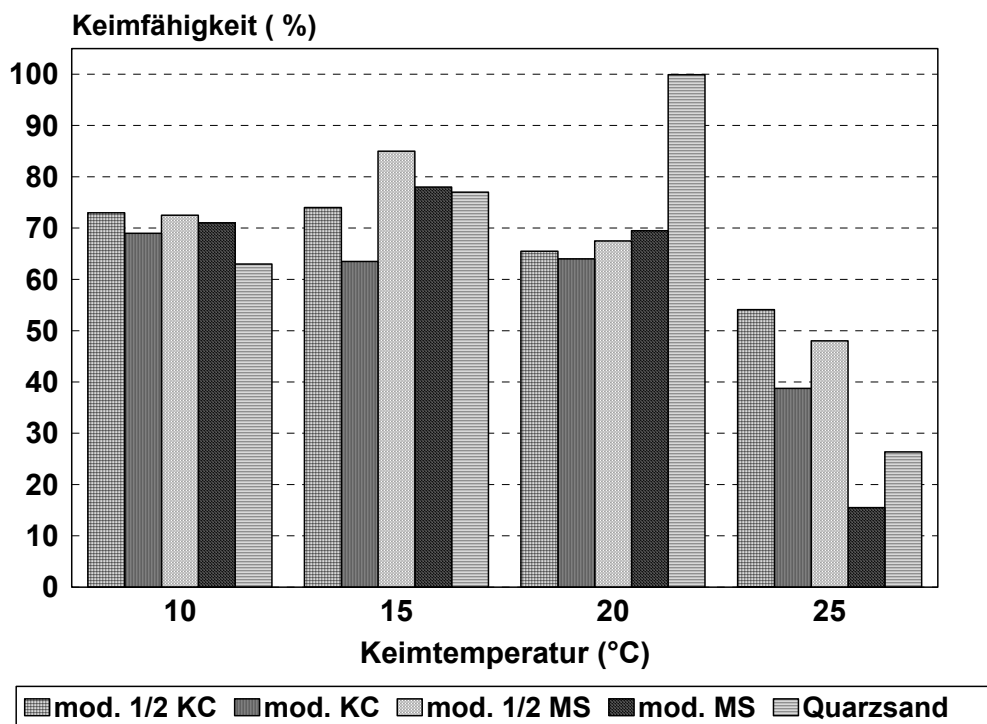


Abbildung 56: Keimfähigkeit in % einer Samenpopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' bei verschiedenen Temperaturen auf unterschiedlichen Nährmedien

5.2.2.1.4 In vitro Kultureignung der Genotypen

Aus dem Keimversuch wurden in einem ersten Selektionsschritt von jeder Temperatur/Medienvariante die 100 erstgekeimten Sämlinge nach Entwicklung der Keimwurzel und der Keimblätter auf die entsprechenden Nährmedien mit 1 mg/l BAP überführt, wobei die Keimwurzel entfernt wurde. Die weitere Kultivierung erfolgte unter Standardbedingungen (s. Kap.5.2.1.3). Im zweiten Selektionsschritt erfolgte die Auslese der Genotypen mit der Fähigkeit zur multiplen Sprossbildung.

Unter von 1600 selektierten Sämlingen konnte bei 17% der Genotypen, unabhängig vom verwendeten Nährmedium innerhalb von 12 Kulturwochen keine multiple Sprossbildung beobachtet werden (Tab. 11). 62% der Genotypen bildeten 1 bis 3 Adventivsprosse, wobei die Hälfte dieser Genotypen auf mod. 1/2 MS-Medium kultiviert wurde (Abb. 57). Das modifizierte MS-Medium erwies sich als günstig für seine hohe Sprossvermehrungsleistung von mehr als 5 Adventivsprossen. Bei 7% der Genotypen, wovon die Hälfte auf mod. MS-Medium kultiviert wurde, konnte diese hohe Anzahl Adventivsprosse induziert werden. Der Anteil Sämlinge mit hoher Sprossvermehrungsleistung war demnach auf dem mod. MS-Medium doppelt so hoch wie auf dem mod. KC-Medium (Tab. 11). Sämlinge auf mod. 1/2 KC-Medium und mod. KC-Medium zeigten während des Versuches eine hellere Blattfarbe als auf mod. 1/2 MS-

Medium und mod. MS-Medium. Solche mit nur einem Keimspross verfärbten sich chlorotisch und starben ab.

Tabelle 11: Sprossvermehrung in vitro gekeimter Samen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' nach 12 Kulturwochen auf verschiedenen Nährmedien

Medien	Boniturklassen					Summe
	1	2	3	4	5	Genotypen
½ KC	64	152	112	36	36	400
KC	56	116	148	56	24	400
½ MS	72	64	188	76	0	400
MS	80	60	152	56	52	400
Summe	272	392	600	224	112	1600
(in %)	(17)	(24,5)	(37,5)	(14)	(7)	(100)

Boniturklasse 1 = gekeimter Same mit Keimspross, Sämling abgestorben

Boniturklasse 2 = 1 Adventivspross

Boniturklasse 3 = bis 3 Adventivsprosse

Boniturklasse 4 = 5 Adventivsprosse

Boniturklasse 5 = mehr als 5 Adventivsprosse

Die durch multiple Sprossbildung induzierten Adventivsprosse wurden nach Erreichen einer Größe von etwa 2 cm abgetrennt und auf modifiziertes MS-Medium überführt.



Abbildung 57: Multiple Sprossbildung eines Kopfstecklings der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' nach 12 Wochen Kulturzeit

5.2.2.2 In vitro Vermehrung

Aus dem Keimversuch wurden vier Sämlinge der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' selektiert und zur in vitro Verklonung alle vier Wochen subkultiviert. Pro Temperaturstufe wurde ein Sämling mit mittlerer Sprossvermehrungsrate (1 bis 5 Adventivsprosse pro Explantat) bei gleichzeitig rascher Keimung ausgewählt.

Die Klone haben folgende Bezeichnung und Herkunft:

Klon 91-AS-25/10, Klon 91-AS-15/15, Klon 91-AS-19/20, Klon 91-AS-19/25,
Klon 91-BL-46/15

(91 = Jahr der Keimung, AS = 'Astolat', 25/10 = am 25. Tag gekeimt bei 10°C
BL = 'Blaustrahl').

Sämlinge mit mehr als 7 Adventivsprossen wurden nicht zum Klonaufbau verwendet. Die Adventivsprosse waren mit weniger als 1 cm sehr klein und entwickelten sich in weiteren Subkulturen nicht weiter. Zusätzlich wurde ein Klon einer durch Selbstung entstandenen Nachkommenschaft der Sorte 'Blaustrahl' (Elatum-Hybriden) in die weiteren Untersuchungen miteinbezogen. Die Samen keimten auf mod. 1/2 MS-Medium bei 15°C in einer Klimakammer. Es wurde ein Sämling mit mittlerer Sprossvermehrungsrate (bis 5 Adventivsprosse pro Explantat) bei gleichzeitig rascher Keimung ausgewählt.

5.2.2.2.1 Ammoniumnitrat/Kaliumnitrat

Mit zunehmender Ammoniumnitrat/Kaliumnitratkonzentration erhöhte sich die Sprossvermehrungsrate bei allen vier Klonen, doch reagierten die einzelnen Klone unterschiedlich auf eine höhere Stickstoffkonzentration (Abb. 58). Während die Klone 91-AS-19/20 und 91-AS-19/25 nur mit einer geringfügigen Zunahme der Sprossvermehrungsrate auf steigende Stickstoffkonzentrationen reagierten, nahm bei den Klonen 91-AS-25/10 und 91-BL-46/15 Blaustrahl die Sprossvermehrungsrate mit steigender Stickstoffkonzentration kontinuierlich zu (Abbildung 58 und Anhang 33).

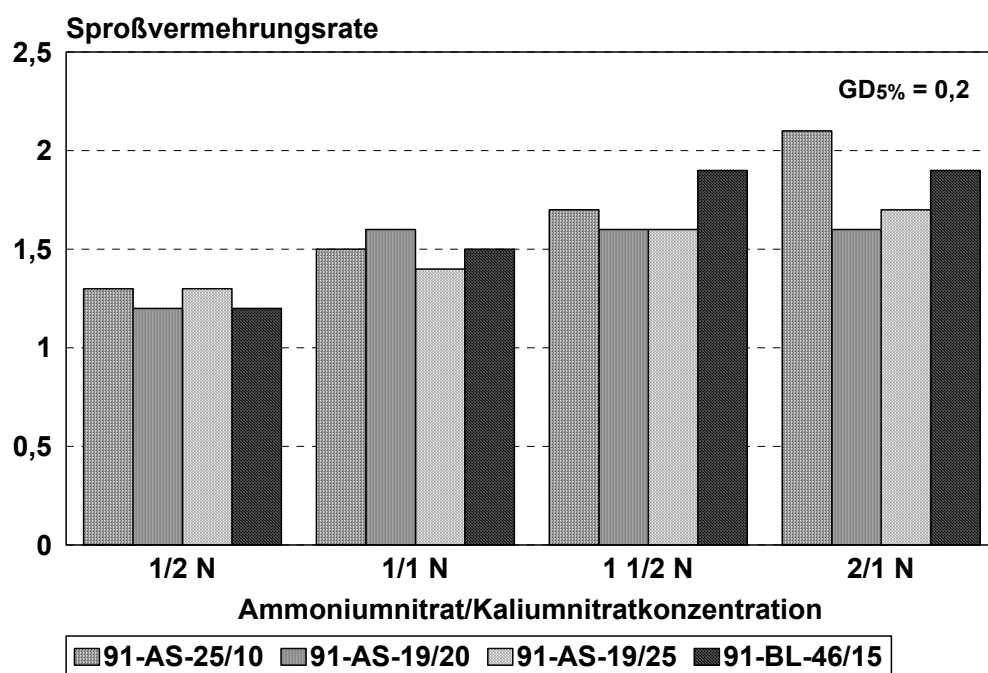


Abbildung 58: Einfluss der Ammoniumnitrat/Kaliumnitratkonzentration auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

5.2.2.2.2 Belichtung

Insgesamt betragen die Sprossvermehrungsraten 1,4 bei Klon 91-AS-19/25 bei 12 Stunden Belichtung und 2,5 bei Klon 91-BL-46/15 bei 8 Stunden Belichtung (Abb. 59). Alle vier Klone reagierten bei 12stündigen Belichtungsdauer mit einer geringeren Sprossvermehrungsrate gegenüber 8 bzw. 16 Stunden Belichtung. Bei den Klonen 91-AS-19/25, 91-AS-19/20 und 91-BL-46/15 wurde eine signifikant höhere Sprossvermehrungsrate bei 8 Stunden Belichtung gegenüber 16 Stunden beobachtet (Abbildung 59 und Anhang 34).

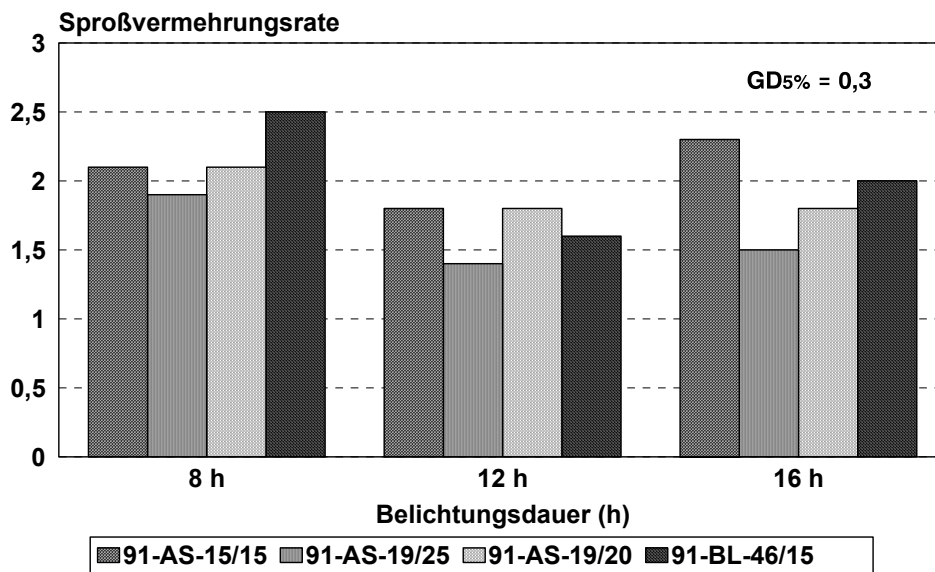


Abbildung 59: Einfluss unterschiedlicher Belichtungsdauer auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

5.2.2.2.3 Temperatur

Bei den geprüften Klonen (Abb. 60 und 61) erfolgte sowohl bei 10°C als auch bei 25°C fast keine Vermehrung. Diese fand nur in einem Temperaturbereich zwischen 15 und 20°C statt (Abb. 60). Während bei den Klonen 91-AS-19/25 und 91-BL-46/15 kein signifikanter Unterschied in der Vermehrungsrate zwischen diesen Temperaturen auftrat, wurde für die Klone 91-AS-15/15 und 91-AS-19/20 ein deutliches Optimum bei 20°C mit einer Vermehrungsrate von 3 bzw. 2,6 ermittelt, einer Temperatur, die sich von den drei Temperaturen signifikant unterschied (Abbildung 60, 61 und Anhang 35).

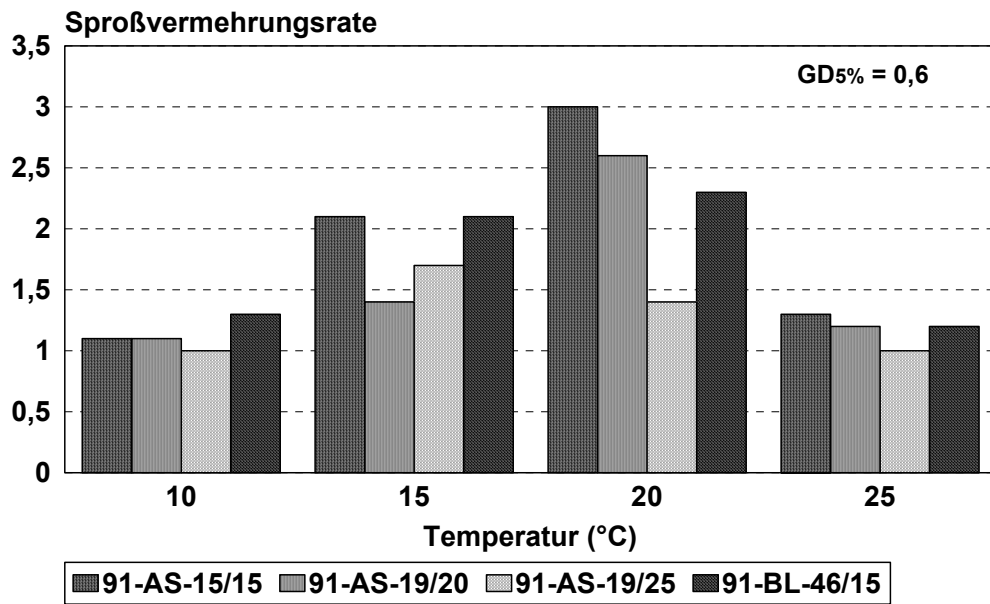
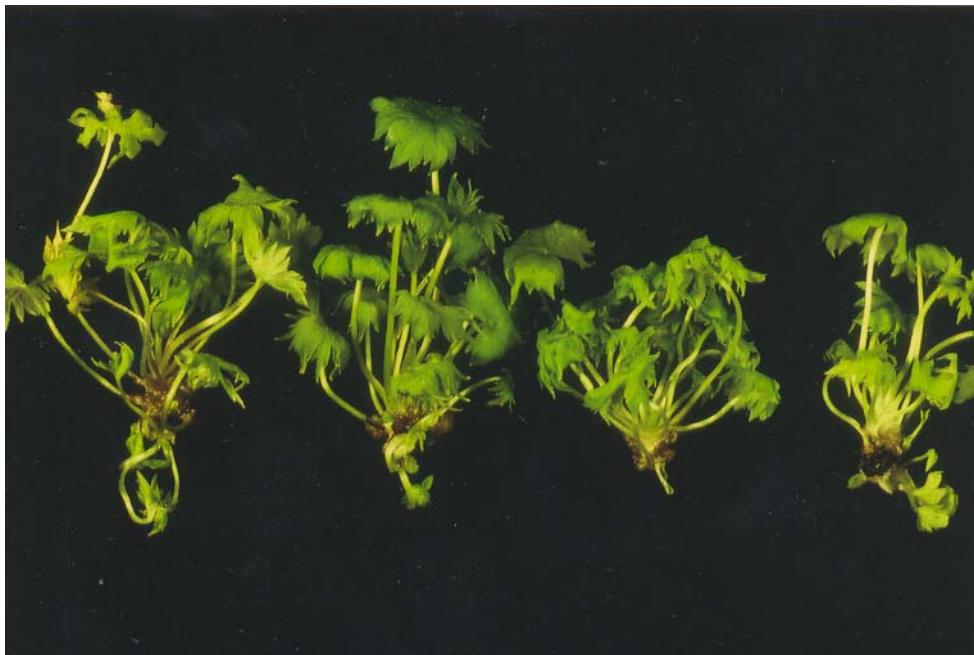


Abbildung 60: Einfluss der Temperatur auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'



91-AS-15/15

91-AS-19/25

91-AS-19/20

91-BL-46/15

Abbildung 61: Einfluss der Temperatur von 15°C auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

5.2.2.2.4 D(+)Saccharose

Die Vermehrungsraten der Klonen 91-AS-19/20 und 91-AS-19/25 wurden durch die unterschiedlichen D(+)Saccharose-Konzentrationen 10 g, 20 g und 40 g nicht signifikant beeinflusst (Abb. 62). Im Gegensatz dazu wurde beim Klon 91-AS-25/10, der insgesamt gegenüber den beiden anderen Klonen eine etwas stärkere Vermehrungsrate aufwies, bei der Variante mit 20 g/l D(+)Saccharose ein Optimum ermittelt, das sich signifikant von den Varianten mit 10 g/l bzw. 40 g/l D(+)Saccharose unterschied. Die höchste Vermehrungsrate mit 1,9 wurde beim Klon 91-BL-46/15 mit 10g D(+)Saccharose beobachtet. Gegenüber den Varianten mit 20 g bzw. 40 g D(+)Saccharose bestand ein signifikanter Unterschied (Abbildung 62 und Anhang 36).

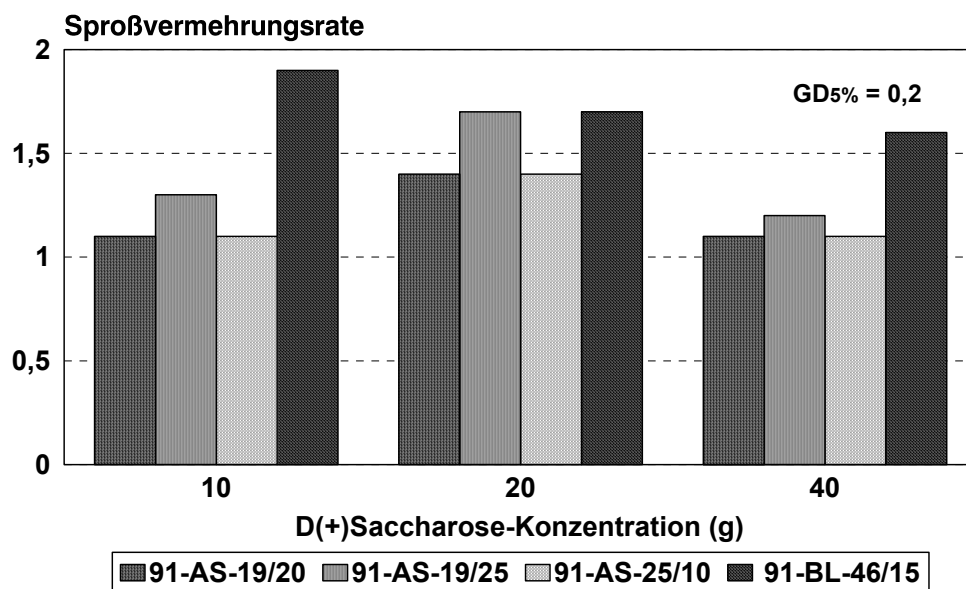


Abbildung 62: Einfluss der D(+)Saccharose-Konzentrationen auf die Sprossvermehrungsrate bei vier Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

5.2.2.2.5 Cytokinine

Die Cytokinine 2iP und Kinetin hatten in den unterschiedlichen Konzentrationen keinen signifikanten Einfluss auf die Sprossvermehrungsrate. BAP zeigte dagegen eine konzentrationsabhängige Wirkung (Abb. 63). Die höchste Sprossvermehrungsrate mit 1,8 wurde bereits bei einer Konzentration von 0,5 mg/l ermittelt. Es gab aber bezüglich der Vermehrungsrate keine signifikante Unterschiede zwischen den Konzentrationen 0,5 mg/l, 1,0 mg/l, und 2,0 mg/l (Abbildung 63 und Anhang 37).

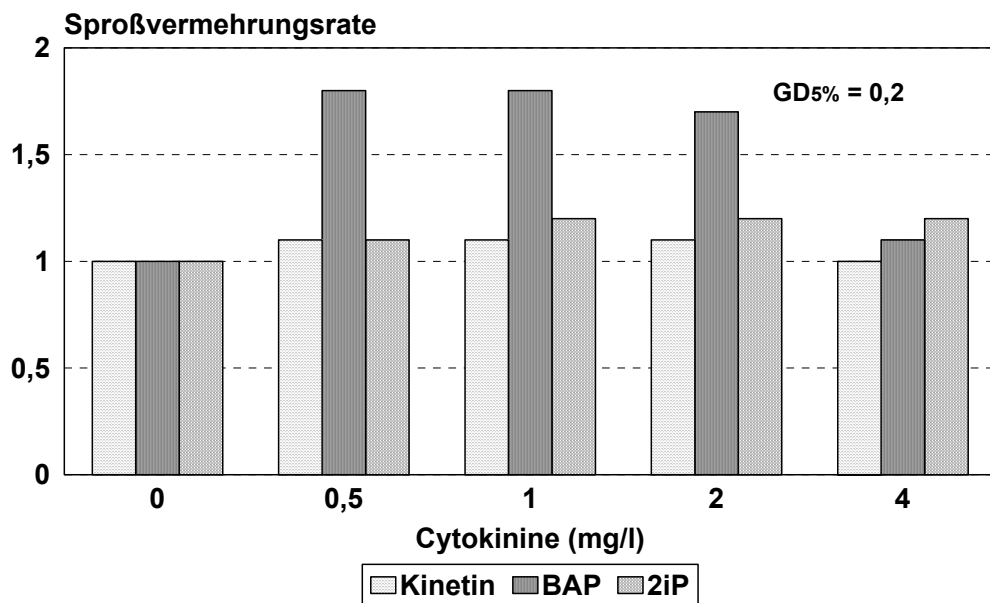


Abbildung 63: Einfluss verschiedener Cytokinine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf die Sprossvermehrungsrate des Klons 91-AS-19/25

5.2.2.3 In vitro Bewurzelung und Akklimation

Die Schwierigkeiten bei der Akklimation der in vitro Pflanzen an die Gewächshausbedingungen treten durch die Unterschiede zwischen den in vitro und in vivo Bedingungen und den daraus resultierenden unterschiedlichen physiologischen und morphologischen Beschaffenheiten der Pflanzen auf. Für die weitere Kultur müssen die Pflanzen langsam durch Verringerung der Luftfeuchtigkeit und der Schattierung abgehärtet werden. Mit Hilfe von Hochdruckvernebelungsanlagen können optimale Bedingungen für die Bewurzelung von in vitro Material unter Gewächshausbedingungen geschaffen werden.

5.2.2.3.1 Einfluss unterschiedlicher Auxine

Die Kontrollvariante ohne Auxin wies einen Anteil bewurzelter Stecklinge von 46% auf (Abb. 64). Der höchste Anteil bewurzelter Stecklinge (100%) wurde mit IBS bei einer Konzentration von 0,8 mg/l, gefolgt von NES (97%) bzw. IES (70%) mit einer Konzentration von jeweils 0,4 mg/l erzielt. Ein signifikanter Unterschied bestand bei diesen jeweiligen Optimalkonzentrationen nur zwischen den Auxinen IES und NES bzw. IBS. Im Konzentrationsbereich 0,2 mg/l bis 0,8 mg/l traten nur bei IES signifikante Unterschiede auf. Die Konzentrationen 1,6 mg/l und 3,2 mg/l führten bei NES und IES zu einer deutlichen Reduzierung bewurzelter Stecklinge (Abbildung 64 und Anhang 38).

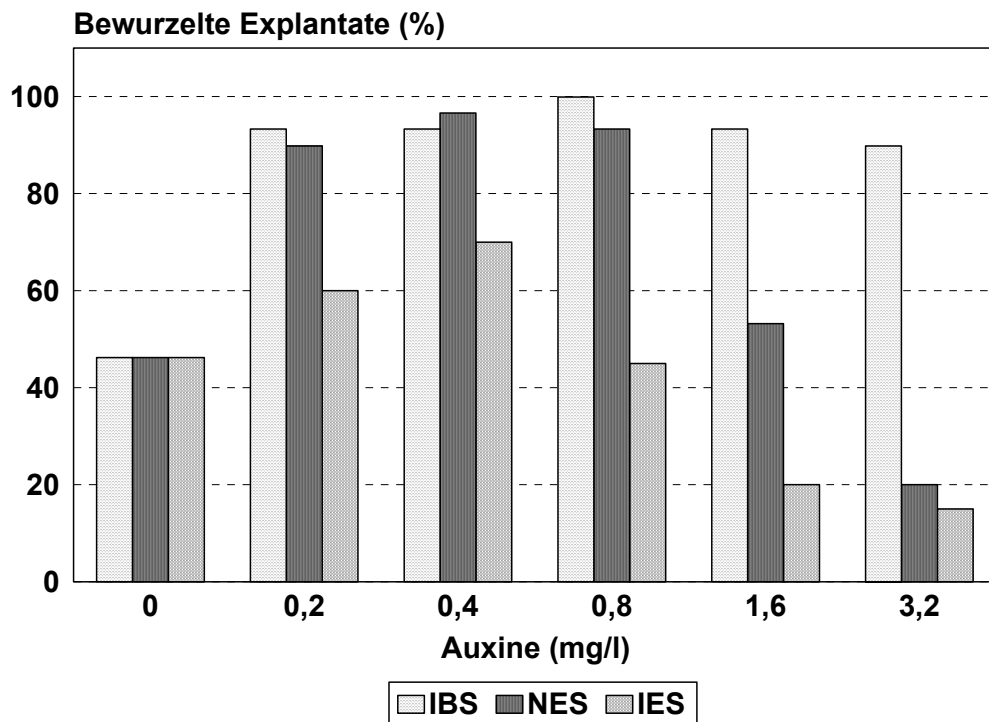


Abbildung 64: Einfluss unterschiedlicher Auxine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen des Klons 91-AS-19/20

5.2.2.3.2 Wirkung von IBS auf die Bewurzelung

Bei den Kontrollvarianten ohne Auxin betrug der Anteil bewurzelter Stecklinge zwischen 48 und 53% (Abb.65). Die Optimalkonzentration variierte bei den drei Klonen erheblich. Der höchste Anteil bewurzelter Stecklinge (100%) wurde bei Klon 91-AS-25/10 bei 0,2 mg/l IBS erreicht, während bei den IBS - Konzentrationen 0,4 bzw. 0,8 mg/l sich noch 93% der Stecklinge bewurzelter. Beim Klon 91-AS-19/20 stieg der Anteil bewurzelter Stecklinge bei 0,2 bzw. 0,4 mg/l IBS auf 93% an und erreichte mit 100% ein Optimum bei 0,8 mg/l IBS. Bei beiden Klonen unterschied sich die Optimalkonzentration von allen anderen Konzentrationen signifikant. Beim Klon 91-BL-46/15 wurde der höchste Anteil bewurzelter Stecklinge mit 65% bei 1,6 mg/l IBS erzielt, doch waren im Konzentrationsbereich 0,2 bis 3,2 mg/l IBS alle Konzentrationsstufen untereinander nicht signifikant (Abbildung 65 und Anhang 39).

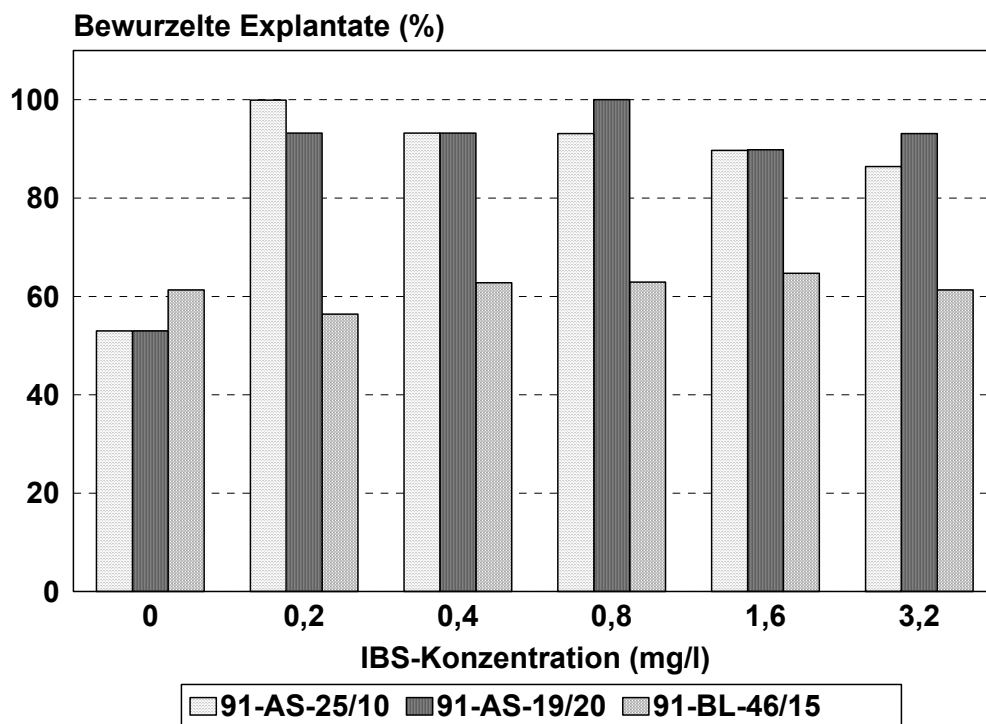


Abbildung 65: Einfluss des Auxins IBS mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen bei drei Klonen aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

5.2.2.3.3 Wirkung von IBS auf die Anzahl Hauptwurzeln

In den Kontrollvarianten betrug die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln ohne Auxin 2,1 für Klon 91-AS-19/20 und 4,2 für Klon 91-AS-25/10 (Abb.66, 67). Die Variationsbreite in den IBS - Konzentrationen zwischen den Klonen lag durchschnittlich zwischen 4,0 Hauptwurzeln bei Klon 91-BL-46/15 mit 0,2 mg/l IBS und 9,5 Hauptwurzeln bei Klon 91-AS-19/20 mit 0,4 mg/l IBS. Beim Klon 91-AS-19/20 wurde das beste Ergebnis mit durchschnittlich 9,5 Hauptwurzeln bei einer IBS - Konzentration von 0,4 mg/l erzielt. Dieses Ergebnis unterschied sich aber nicht signifikant von der IBS - Konzentration 0,8 mg/l und vom besten Ergebnis, das beim Klon 91-AS-25/10 mit durchschnittlich 8,9 Hauptwurzeln bei einer IBS - Konzentration von 1,6 mg/l erzielt wurde. Dagegen schnitt der Klon 91-BL-46/15 insgesamt signifikant schlechter ab. Das beste Ergebnis wurde hier mit durchschnittlich 6,0 Hauptwurzeln bei einer IBS - Konzentration von 3,2 mg/l erreicht (Abbildung 66, 67 und Anhang 40).

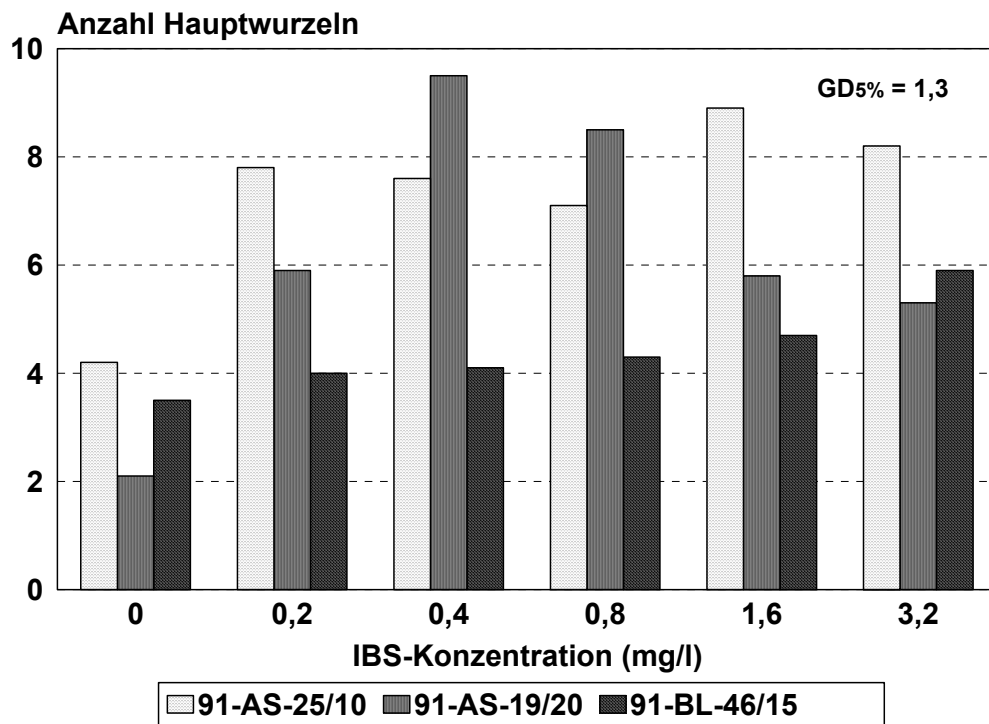


Abbildung 66: Einfluss von IBS unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Anzahl Hauptwurzeln pro Explantat bei drei Klonen der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

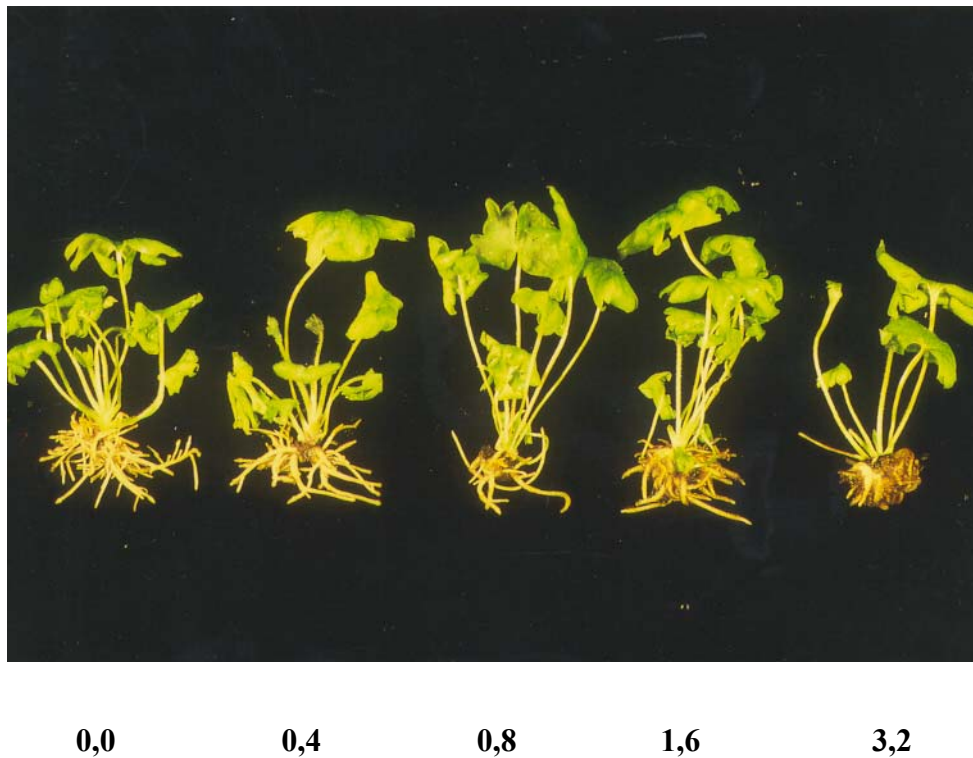


Abbildung 67: Einfluss unterschiedlicher IBS - Konzentrationen auf die Bewurzelung des Klons 91-AS-25/10

5.2.2.3.4 Wirkung von IBS auf die Wurzellänge

Die Klone reagierten differenziert auf unterschiedliche IBS - Konzentrationen. Die Klone 91-AS-25/10 und 91-BL-46/15 erreichten bereits in ihren Kontrollvarianten ohne Auxin ihre durchschnittlich größte Wurzellänge mit fast 2 cm (Abb. 68). Ähnliche Ergebnisse erzielte die Variante mit 2,0 mg/l IBS. Mit Zunahme der IBS - Konzentration auf 3,2 mg/l erfolgte eine kontinuierliche Abnahme der durchschnittlichen Wurzellänge. Der Klon 91-AS-19/20 erzielte erst mit Zunahme der IBS - Konzentration auf 0,4 mg/l das beste Ergebnis mit fast 3 cm durchschnittlicher Wurzellänge. Wiederum führten weitere Konzentrationserhöhungen zu einer kontinuierlichen Abnahme der Wurzellänge (Abbildung 68 und Anhang 41).

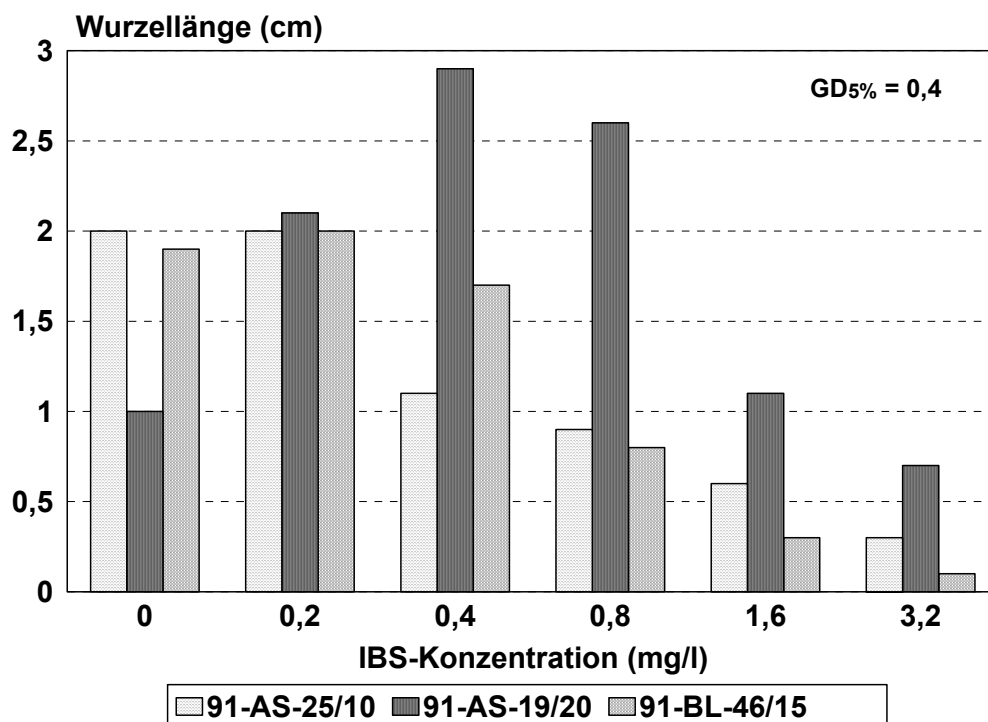


Abbildung 68: Einfluss von IBS unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Wurzellänge pro Explantat bei drei Klonen der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

5.2.2.4 Etablierung der Stecklinge ex vitro

Innerhalb weniger Tage nach Überführung der bewurzelten Explantate in gedämpften Weißtorf mit 3 g/l kohlensaurem Kalk wurden die Blätter glasig und weich. Die Wurzeln verbräunten, faulten und starben ab. Die in vitro gebildete Blatt- und Wurzelgeneration starb, bevor sich neue Blätter und Wurzeln bilden konnten. Diese Symptome traten sowohl unter Gewächshausbedingungen als auch in der Klimakam-

mer auf. Bei höheren Temperaturen im Gewächshaus wurde das Absterben der Explantate beschleunigt.

Unter Einbeziehung dieser Ergebnisse wurde in einem weiteren Versuch die Akklimation in zwei Phasen unterteilt. In der ersten Akklimationsphase wurden sowohl *in vitro* bewurzelte Explantate als auch nicht bewurzelte Explantate, die direkt aus dem Vermehrungsmedium stammten, in mit Perlite gefüllte Multitopflplatten pikiert. Als Nährlösung wurde mod. MS-Medium mit 0,4 g/l IBS verwendet. Anschließend wurden die Pflanzen in der zweiten Akklimationsphase in Weißtorf mit 3g/l kohlensaurem Kalk pikiert.

5.2.2.4.1 1. Akklimationsphase

Es wurden die Klone 91-AS-15/15 und 91-AS-19/20 mit jeweils 6 Versuchspflanzen pro Variante und 10 Wiederholungen verwendet. Die erste Akklimationsphase dauerte vier Wochen. Zu diesem Zeitpunkt konnte festgestellt werden, dass die Pflanzen eine neue Blattgeneration ausgebildet hatten und das Substrat von neu gebildeten Wurzeln durchsetzt war.

Bei allen vier Varianten gab es zwischen den Klonen jeweils einen signifikanten Unterschied. Beide Klone bewurzelten sich in der Klimakammer, unabhängig von der IBS - Behandlung signifikant besser als unter Gewächshausbedingungen (Abb. 69, 70). In der Klimakammer bewurzelten die Explantate des Klons 91-AS-15/15 unabhängig von der IBS - Behandlung zu 100%, während Explantate des Klons 91-AS-19/20 zu 83% bzw. 90% mit bzw. ohne IBS - Behandlung bewurzelten. Doch bestand zwischen den IBS - Behandlungen für den einzelnen Klon kein signifikanter Unterschied. Im Gegensatz dazu bewurzelten sich die Klone im Gewächshaus mit IBS - Behandlung signifikant besser als ohne IBS. Die Explantate des Klons 91-AS-15/15 mit IBS - Behandlung bewurzelten zu 83%, während bei der Variante ohne IBS - Behandlung nur 53% der Explantate bewurzelten. Die Explantate des Klons 91-AS-19/20 reagierten noch empfindlicher auf die unterschiedlichen Behandlungen, da kein Explantat ohne IBS - Behandlung bewurzelte, aber 63% der Explantate mit IBS - Behandlung (Abbildungen 69, 70 und Anhang 42).

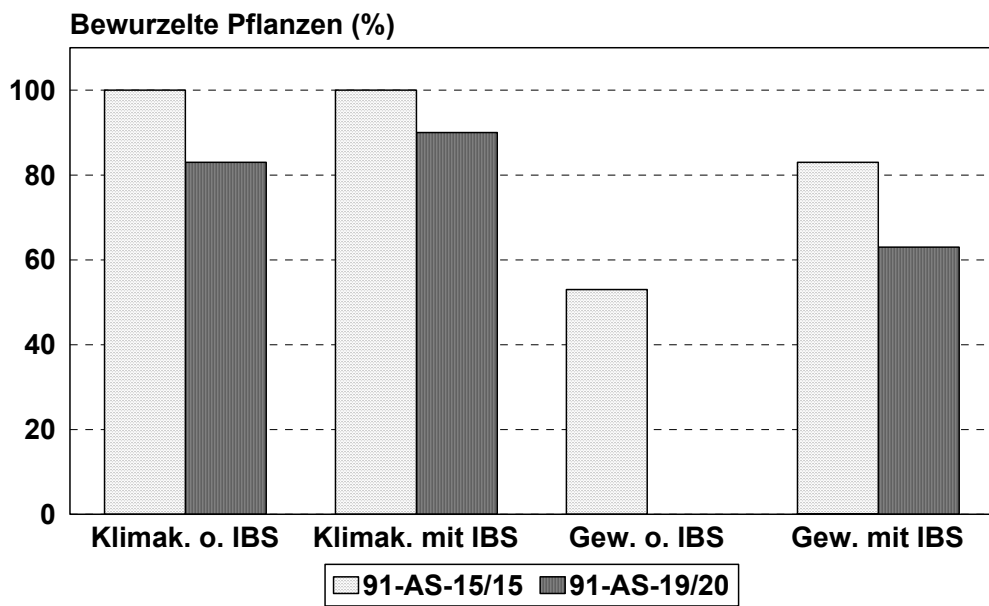


Abbildung 69: Einfluss unterschiedlicher Kulturbedingungen während der 1. Akklimatisationsphase auf den Bewurzelungserfolg der Klone 91-AS-15/15 und 91-AS-19/20



Gewächshaus
Gewächshaus
Klimakammer
Klimakammer
ohne IBS
mit IBS

Abbildung 70: Bewurzelungserfolg des Klons 91-AS-15/15 während der 1. Akklimatisationsphase

5.2.2.4.2 2. Akklimatisationsphase

Die zweite Akklimatisationsphase dauerte acht Wochen. Bonitiert wurde der Parameter Überlebensrate (Anzahl Pflanzen zu Versuchsbeginn minus Anzahl Pflanzen zu Versuchsende).

Nach der 1. Akklimatisationsphase wurden alle bewurzelten Explantate in gedämpften Weißtorf/Sandgemisch mit 3g/l kohlen-saurem Kalk getopft und im Gewächshaus auf einem Kulturtisch aufgestellt. Sämtliche Explantate des Klons 91-AS-19/20, die in der Klimakammer bewurzelten, wuchsen im Torf/Sandgemisch zügig weiter, während 6,7% der Explantate, die in vitro bewurzelten und während der 1. Akklimatisationsphase im Gewächshaus standen, abstarben. Beim Klon 91-AS-15/15 starben 6,7% Pflanzen, die sich während der 1. Akklimatisationsphase im Gewächshaus ex vitro bewurzelten, in der 2. Akklimatisationsphase ab, während bei den Varianten, die in der Klimakammer mit bzw. ohne IBS - Behandlung bewurzelten ein Absterben von 6,7% bzw. 3,3% zu verzeichnen war.

Die akklimatisierten Pflanzen beider Klone zeigten nach Abschluß der Akklimatisierung unterschiedliches Blühverhalten. 50% der Pflanzen des Klons 91-AS-15/15 blühten innerhalb von 5 Monaten ohne Kühlbehandlung, während die Pflanzen des Klons 91-AS-19/20 in diesem Zeitraum vegetativ wuchsen. Erst nach Einwirkung niedriger Temperaturen (12 Wochen Kühlung, 2°C) erfolgte die Ausbildung eines Blütenprozesses.

5.2.2.5 Protokoll zur in vitro Vermehrung von *Delphinium*-Hybriden

Für die Aufstellung eines Vermehrungsprotokolls werden im folgenden die Arbeitsschritte tabellarisch aufgeführt (Tab. 11).

Tabelle 11: Zeitlicher Ablauf der einzelnen Arbeitsschritte

Arbeitsschritt	Dauer der einzelnen Arbeitsschritte
Vorbehandlung der Samen, 1‰-Chinosollösung	24 h
Desinfektion mit Natriumhypochlorit, 6%	5 min
2 Spülungen mit sterilem Leitungswasser	
Keimung auf Etablierungsmedium (Tab. 12), Temp. 15°C	4 Wochen
Multiple Sprossbildung auf Vermehrungsmedium (Tab. 12)	12 Wochen
Vermehrung auf Vermehrungsmedium Pro Subkultur wird mindestens eine Vermehrungsrate von 2 erzielt, d.h. nach 40 Wochen 1024 Explantate	4 Wochen
In-vitro-Bewurzelung auf Bewurzelungsmedium (Tab. 12)	4 Wochen
1. Akklimatisationsphase	
Nährlösung (mod. MS-Medium) mit 0,4 mg/l IBS, Temp. 18 bis 20°C	4 Wochen
2. Akklimatisationsphase	
Torf/Sand-Gemisch (3:1) mit 3 g/l kohlensaurem Kalk und 1,5 g/l Plantosan, Temperatur 18 bis 25°C	8 Wochen
anschließend Pflanzen mit 4 ausgewachsenen Blattpaaren im 9er Topf	9 Wochen
Gesamtdauer	45 Wochen

Tabelle 12: Zusammensetzung der Medien für die verschiedenen Phasen der in vitro Kultur aus Samen bei *Delphinium*-*Elatum*-Hybriden, Sorte 'Astolat'

	Etablierungs- medium (mod. 1/2 MS- Medium) (mg/l)	Vermehrungs- medium (mod. MS- Medium) (mg/l)	Bewurzelungs- medium (mg/l)
Makronährelemente			
KNO ₃	950	2850	1900
NH ₄ NO ₃	825	2475	1650
CaCl ₂ x 2H ₂ O	220	440	440
KH ₂ PO ₄	85	170	170
MgSO ₄ x 7H ₂ O	185	555	370
MnSO ₄ x H ₂ O	16,9	16,9	16,9
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	8,6	8,6	8,6
H ₃ BO ₃	6,2	6,2	6,2
NaFeEDTA	37,5	37,5	37,5
Mikronährelemente			
KJ	0,83	0,83	0,83
Na ₂ MoO ₄ x H ₂ O	0,25	0,25	0,25
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,025	0,025	0,025
CoCl ₂ x 6H ₂ O	0,025	0,025	0,025
Vitamine			
Thiamin	0,1	0,1	0,1
Nicotinsäure	0,5	0,5	0,5
Pyridoxin	0,5	0,5	0,5
myo-Inosit	100	100	100
Saccharose	25 g/l	20 g/l	20 g/l
pH-Wert	5.7	5.7	5.7
Phytohormone			
NEK	0,1 mg/l	0,0 mg/l	0,0 mg/l
IBS	0,0 mg/l	0,0 mg/l	0,2 mg/l
BAP	1,0 mg/l	1,0 mg/l	0,0 mg/l
Temperatur: 20°C			

5.2.6 Diskussion

Es wurde die mögliche vegetative Vermehrung von *Delphinium*-Hybriden über eine multiple Sprossbildung aus Samen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' untersucht, um über eine in vitro Verklonung ein Vermehrungssystem aufbauen zu können. Der Vorteil dieser Methode liegt in einer sofort möglichen Verwendung der für bestimmte Merkmale herausragenden Genotypen. Während bei *Sinningia*-Hybriden (FISCHER-KLÜVER 1994), *Anthurium scherzerianum* (ZIMMER und BAHNEMANN 1982, ZENS 1988, SCHAPER 1990) kühltolerante Genotypen und bei *Primula obconica* kompakt wachsende Genotypen (BESSLER 1991) selektiert wurden, wäre es bei *Delphinium*-Hybriden sinnvoll, Genotypen zu suchen, die nach der Akklimatisation ohne Kühlperiode zum Blühen gelangen und auch in der lichtärmeren Jahreszeit gute Schnittblumenqualitäten erzeugen.

5.2.6.1 Keimung der Samen

Eigene Untersuchungen zur in vitro Keimung von Samen einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' wurden auf mod. KC-Medium und auf mod. MS-Medium mit halber und normaler Nährstoffkonzentration durchgeführt. Als Phytohormone wurden jeweils 0,1 mg/l NEK und 1,0 mg/l BAP verwendet. Gleichzeitig erfolgte auf allen Temperaturstufen eine in vivo Aussaat auf Quarzsand. Mod. KC-Medium wurde bereits für die in vitro Keimung und multiple Sprossbildung 35 verschiedener Pflanzenarten aus 18 Familien von FISCHER und ZIMMER (1987) verwendet. Die eingesetzte Phytohormonkombination 0,1 mg/l NEK/1,0 mg/l BAP stellte einen Kompromiss dar, zwischen dem Ziel einer möglichst hohen Keimrate und einem hohen Anteil Sämlinge mit multipler Sprossbildung (FISCHER-KLÜVER 1994).

Bei der in vitro Keimung der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' gab es zwischen den Temperaturstufen und den verschiedenen Nährmedien signifikante Unterschiede. Der Keimbeginn war auf dem mod. 1/2 MS-Medium bei 15°C mit 12 Tagen am schnellsten, während Temperaturen von 10°C und 25°C den Keimbeginn verzögerten. Für die Mittlere Keimzeit wurden 30 Tage auf mod. KC-Medium bei 10°C ermittelt. Diese Variante unterschied sich nicht signifikant von mod. 1/2 MS-Medium bei 15°C mit 32 Tagen. Keimtemperaturen von 10°C und 25°C verlängerten die Mittlere Keimzeit erheblich. Die Keimfähigkeit der Samen war auf dem mod. 1/2 MS-Medium bei 15°C mit 84% am günstigsten. Eine Temperaturreduzierung auf 10°C bzw. -erhöhung auf 25°C verringerte die Keimfähigkeit auf 72,5% bzw. 48%.

Die Sämlinge der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' zeigten sowohl auf den verschiedenen Nährmedien (0,1 mg/l NEK/1,0 mg/l BAP) als auch in vivo auf Quarzsand

das gleiche Erscheinungsbild. Es erfolgte die Ausbildung einer Keimwurzel mit anschließender Entfaltung der Keimblätter. Beim Überführen der Sämlinge auf frisches Nährmedium wurde die Keimwurzel entfernt. Um das Auftreten neuer Wurzeln zu verhindern, wurde dem Nährmedium nur Cytokinin in Form von 1,0 mg/l BAP zugefügt. Daraufhin erfolgte die multiple Sprossbildung innerhalb von 8 Wochen. Eine multiple Sprossbildung aus Samen, wie sie von FISCHER-KLÜVER 1994 an *Sinningia*-Hybriden beschrieben wurde, konnte nicht beobachtet werden. Vielmehr handelte es sich hier um eine multiple Sprossbildung an Kopfstecklingen.

Ähnliche Ergebnisse beschrieb HILDEBRAND (1995) bei *Trollius chinensis* 'Golden Queen'. Auf mod. MS-Medium mit 0,1 mg/l NEK /1,0 mg/l BAP bildeten die Sämlinge eine Keimwurzel aus und entfalteten anschließend die Keimblätter. Beim Überführen auf frisches Nährmedium wurde die Keimwurzel entfernt. Zur Induktion der multiplen Sprossbildung wurde dem Nährmedium 1,0 mg/l BAP zugesetzt.

Im Gegensatz dazu entstanden bei der *in vitro* Keimung von Samen der *Sinningia*-Hybriden (FISCHER-KLÜVER 1994), Rasse Gierrh, F₁-Hybride 'Edelrot' mehrere Sprosse pro Samen („multiple Sprossbildung aus Samen“). Die Keimrate auf Nährmedium mit Phytohormonen (64%) war vermindert gegenüber der *in vivo* Keimung (88%) und der *in vitro* Keimung ohne Phytohormone (78%). Auf dem zur Selektion genutzten Keimmedium mit Phytohormonzusatz zur Induktion der multiplen Sprossbildung fand gleichzeitig eine Selektion schon bei der *in vitro* Keimung statt. Es erfolgte eine Reduktion keimender Samen um 15 bis 20%. Diese Keimreduktion könnte auf die Phytohormone zurückzuführen sein. Gleichzeitig bewirkten diese eine deutlich höhere Keimzeit im Vergleich zur Keimrate ohne Phytohormone.

Trotz großer Variabilität des Ausgangsmaterials, denn jeder Same der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' stellte einen Genotyp mit unterschiedlichen Ansprüchen dar, konnte eine optimale Keimtemperatur von 15°C mit geeignetem Keimmedium mod. 1/2 MS-Medium nachgewiesen werden.

Die im Keimversuch verwendeten Nährmedien unterschieden sich im Salzgehalt, der Stickstoff-, Kalium-, Mangan- und Borkonzentration sowie im Ammonium/Nitrat-Verhältnis. Der Salzgehalt betrug beim mod. MS-Medium 4599 mg/l und war doppelt so hoch wie beim mod. KC-Medium mit 2279 mg/l. Der Stickstoffgehalt des mod. MS-Mediums wies mit 840 mg/l gegenüber dem mod. KC-Medium mit 366 mg/l die 2,3fache Konzentration auf. Das NH₄:NO₃-Verhältnis betrug beim mod. MS-Medium 1:6, beim mod. KC-Medium 1:2, während der Kaliumgehalt beim mod. MS-Medium mit 782,4 mg/l die 3,8fache Konzentration gegenüber dem mod. KC-Medium mit 202,8 mg/l aufwies. Das mod. 1/2 MS-Medium unterschied sich im Salzgehalt (2436,4 mg/l) gering vom mod. KC-Medium mit 2280 mg/l. Der Stickstoffgehalt war

im mod. 1/2 MS-Medium unwesentlich höher (420 mg/l) als im mod. KC-Medium mit 366 mg/l. Aber das Ammonium/Nitrat-Verhältnis war beim mod. 1/2 MS-Medium mit 1:6,5 völlig anders als beim mod. KC-Medium mit 1:2. Zusätzlich enthielt das mod. 1/2 MS-Medium mit 391,2mg/l Kalium die 2fache Kaliumkonzentration im Gegensatz zum mod. KS-Medium mit 202,8 mg/l. Wahrscheinlich wirkte sich der höhere Nitratanteil im mod. 1/2 MS-Medium günstig auf die Keimung der Sämlinge aus.

Die bei der *in vitro* Aussaat von *Sinningia*-Hybriden, Rasse Gierth und F₁-Hybride 'Edelrot' untersuchten Nährmedien KNUDSON-C und LINSMAIER und SKOOG (1965) zeigten im Bereich der Makroelemente keinen Unterschied. Für die Mikroelementzusammensetzung nach HELLER (1953) bewirkte die Rezeptur eine höhere Frischmasse. 20 g/l Saccharose im Medium bewirkten eine etwas höhere Keimrate als 30 g/l. Ein niedriger osmotischer Wert des festen Keimmediums durch den geringeren Zuckergehalt hatte mehr freies Wasser aus dem Medium zur Folge, welches den für den Keimvorgang essentiellen Quellvorgang förderte. Ebenso wie die Makro- und Mikroelementzusammensetzung hatte auch die Stickstoffgabe keinen deutlichen Einfluss auf die Keimrate. Für das anschließende Wachstum der Keimlinge stieg jedoch dieser Einfluss, die höchste Frischmasse und größte Explantatfläche konnte mit Verhältnissen von NH₄-N:NO₃-N von 2:3, 1:4 und 0,5:5,2 erzielt werden. Beide Stickstoffformen mussten im Medium vorhanden sein, ein zu hoher Ammonium-Anteil wirkte sich jedoch entwicklungshemmend aus. Bei *Anthurium scherzerianum* ergaben sich höhere Frischmasseerträge bei einem NH₄-N:NO₃-N-Verhältnis von 1:5 (ZENS und ZIMMER 1986). Auch bei *Anthurium andreanum* hatte sich ein höherer Nitratanteil im Medium als günstig erwiesen (PIERIK und STEEGMANS 1976).

5.2.6.2 *In vitro* Kultureignung der Genotypen

Zur Definition der *in vitro* Kultureignung diente die Sprossvermehrungsleistung, da die Nutzung einer *in vitro* Vermehrung voraussetzt, dass eine ausreichend hohe Anzahl Pflanzen mit Hilfe der *in vitro* Kultur hergestellt werden kann. Die Induktion einer Sprossproliferation aus an der Basis angelegtem meristematischem Gewebe *in vitro* gekeimter Samen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' war möglich, da nach Überführung der Sämlinge auf frisches Nährmedium und Abtrennung der Keimwurzel auf allen Nährmedien multiple Sprossbildung stattfand. In einer Population von 1600 Sämlingen konnte bei 17% der Genotypen, unabhängig vom Nährmedium innerhalb von 12 Wochen keine multiple Sprossbildung beobachtet werden. 62% der Genotypen bildeten 1 bis 3 Seitensprosse, wobei die Hälfte dieser Genotypen

auf mod. $\frac{1}{2}$ MS-Medium kultiviert wurde, während sich mod. MS-Medium günstig für Genotypen mit hoher Sprossvermehrungsleistung mit mehr als 5 Seitensprossen erwies. Immerhin konnte bei 7% der Genotypen, wovon die Hälfte auf mod. MS-Medium kultiviert wurde, diese hohe Anzahl Seitensprosse gezählt werden. Der Anteil Genotypen mit hoher Sprossvermehrungsleistung war demnach auf dem mod. MS-Medium doppelt so hoch wie auf dem mod. KC-Medium.

ZENS (1988) zeigte, dass bei *Anthurium scherzerianum* die Schwankungsbreite für die Sprossvermehrungsleistung von Genotypen innerhalb einer Nachkommenschaft durch Reduktion des $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anteils im Medium signifikant erweitert werden konnte. Daher war eine Selektion von Genotypen mit in vitro Kultureignung möglich.

Aufgrund der durchgeführten Keimuntersuchungen konnten aus einer Sämlingspopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' Genotypen mit mittlerer Sprossvermehrungsleistung, die bei 15°C auf mod. $\frac{1}{2}$ MS-Medium keimten und multiple Sprossbildung aufwiesen, selektiert werden. Bei Genotypen, die bei suboptimaler Temperatur von 25°C keimten, verringerte sich die Sprossvermehrungsleistung mit Zunahme der Subkulturen.

5.2.6.3 Ammoniumnitrat/Kaliumnitrat

Für das Wachstum der Explantate und die Regeneration war vor allem der Gehalt von anorganischem Stickstoff bzw. das Verhältnis von Nitrat zu Ammonium entscheidend. Das Medium nach MURASHIGE und SKOOG (1962) enthielt mit 60 mmol einen hohen Anteil anorganischen Stickstoffs, wobei das Ammonium/Nitrat-Verhältnis etwa 1:2 betrug (GEORGE und SHERRINGTON 1984).

Ammonium als einzige oder überwiegende Stickstoffquelle kann vermindertes Wachstum oder Toxizität hervorrufen. Als Ursache wird die Hemmung von Stoffwechselschritten zur Aminosäure- bzw. Proteinsynthese angenommen (GAMBORG 1970). Wichtigste Ursache sind aber die durch die Aufnahme von NH_4 von der Pflanzenzelle an das Medium abgegebenen Protonen, welche einer Abnahme des Medium-pH-Wertes zur Folge haben. Bei einer Sojakultur sank der pH-Wert des Mediums innerhalb von 5 Tagen von 5.5 auf 3.5 (GAMBORG und SHYLUK 1970). Ammonium kann als einzige N-Quelle dienen, wenn der pH-Wert und evtl. die NH_4 -Konzentration während der ganzen Kulturzeit auf einem physiologisch günstigen Niveau gehalten werden, z.B. bei Verwendung von Puffern (MARTIN et al. 1977, DOUGALL und VERMA 1978, GAMBORG und SHYLUK 1970). Nitrat als einzige Stickstoffquelle ist in der Wirkung konzentrations- und artenabhängig. Eine Erhöhung des Medium-pH-Wertes nach erfolgter NO_3 -Aufnahme kann eine weitere Stickstoffaufnahme bei NO_3 -

N als einziger Stickstoffquelle verhindern (HYNDMAN et al. 1982). Medien mit beiden Stickstoffformen zeigen in den meisten Fällen die besten Ergebnisse, wie z.B. bei *Glycine max* (BAYLEY et al. 1972, SARGENT und KING 1973), *Oryza sativa* (SARGENT und KING 1973) und *Daucus carota* (WETHERELL und DOUGALL 1976). Auch das Wachstum von Gloxinien-Keimlingen ist am besten unter Zugabe beider Stickstoffformen (FISCHER-KLÜVER 1994).

ZENS (1988) konnte bei der Regeneration von *Anthurium scherzerianum*-Explantaten, die auf einem mod. LS-Medium wuchsen, das bezüglich der Makroelementzusammensetzung dem MS-Medium entsprach, durch die Reduktion der NH_4NO_3 -Komponente auf ein Zehntel der ursprünglichen Salzkonzentration bessere Ergebnisse erzielen.

Eigene Untersuchungen mit der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' und *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Blaustrahl' zeigen, dass mit Erhöhung der Ammoniumnitrat/Kaliumnitrat-Konzentration von halber Konzentration auf die zweifache Konzentration des ursprünglichen MS-Mediums bei vier Klonen der *Delphinium*-Hybriden die Sprossvermehrungsrate gesteigert werden konnte. Bei den Klonen 91-AS-25/10, 91-AS-19/25 und 91/46 'Blaustrahl' wurden auf allen N-Konzentrationsstufen signifikante Unterschiede festgestellt. Weiter zeigte sich, dass diese vier Klone sehr salzverträglich waren, denn der Stickstoffgehalt erhöhte sich von 3550 mg/l bei normaler Konzentration des MS-Mediums auf 7100 mg/l. In Vorversuchen wurde bei Änderung des Ammonium/Nitrat-Verhältnisses bzw. durch die Zugabe von Ammoniumsulfat die Sprossvermehrungsrate vermindert.

PRYCE et al. (1993) stellten bei der *Delphinium*-University-Hybride 'Princess Caroline' fest, dass bei vierwöchiger Subkultur von 20 Explantaten pro 50 ml MS-Medium 75% des Nitrats von den Explantaten aufgenommen wurde, dass aber bei dieser Kultur Phosphat der begrenzende Faktor ist. 90% des verfügbaren Phosphats wurden innerhalb einer Subkultur von vier Wochen aufgenommen. Bei Steigerung der Phosphatkonzentration im Medium konnte eine höhere Frischmasse, aber keine Erhöhung der Sprossvermehrungsrate erzielt werden. Dieses Ergebnis wurde auch bei *Malus*, *Pyrus*, *Hemerocallis* und Irissprosskultur gefunden (SINGHA et al. 1987, LUMSDEN et al. 1990, LEIFERT et al. 1991). Bei *Hemerocallis* stieg die Vermehrungsrate nach Verdopplung der Phosphatkonzentration im Medium an.

5.2.6.4 Belichtung

Das Licht ist für die Steuerung der *in vitro* Organogenese ein wesentlicher Faktor, jedoch existieren keine allgemeingültigen Aussagen. Es hemmt u.a. das Kallus-

wachstum, fördert aber auch die Produktion phenolischer Verbindungen, die zum Absterben der Explantate führen können. Die Schwierigkeit in der Interpretation von Versuchen mit unterschiedlichen Lichtvarianten liegt darin, dass beim Faktor Licht neben der einfach messbaren Beleuchtungsstärke pro Flächeneinheit die Dauer der Beleuchtungszeit sowie die Wellenlänge bzw. die spektrale Zusammensetzung verschiedener Lichtquellen von entscheidender Bedeutung sind (GEORGE und SHERINGTON 1984). Häufig fehlen genaue Angaben über den Lampentyp. So zeigte z.B. eine Untersuchung von *Kalanchoe blossfeldiana*-Blattexplantaten im Vergleich verschiedener Leuchtstoffröhren signifikante Effekte für den Faktor Lampentyp (HORN et al. 1988). Dabei war die Sprossregeneration umso stärker beeinträchtigt, je höher der Anteil von kurzwelligem Blau- bzw. UV-Licht war. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke und der Sprossregeneration war nicht erkennbar.

Zur Klärung des Einflusses der Belichtungsdauer auf die Sprossvermehrungsrate wurden drei Klone der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' und ein Klon der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Blaustrahl' bei 8 h, 12 h und 16 h Licht kultiviert. Dazu wurden HPI-T 400W-Lampen mit einer Beleuchtungsstärke von 4300 Lux ($77 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ PAR) benutzt. Sie waren wegen ihrer hohen Strahlungsstärke (214 mW/W) und des hohen Strahlungsflusses (91000 mW) ideal zur Photosynthese geeignet (PHILIPS 1991).

Sämtliche Klone reagierten bei 12 h Belichtung mit geringerer Sprossvermehrungsrate gegenüber 8 h bzw. 16 h Belichtung. Bei 8 h Belichtung reagierten alle Klone, außer Klon 91-AS-15/15, mit signifikant höherer Sprossvermehrungsrate gegenüber 16 h Belichtung. Im Gegensatz dazu zeigen PRYCE et al. (1993) bei der *Delphinium*-University-Hybride 'Princess Caroline', dass eine Erhöhung von $60 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ PAR kalt fluoreszierendem Leuchtstofflampenlicht auf $90 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ PAR keine Zunahme der Sprossvermehrungsrate ergab.

5.2.6.5 Temperatur

Die Untersuchung von drei Klonen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' und einem Klon der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Blaustrahl' bei den Temperaturstufen 10°C, 15°C, 20°C und 25°C ergab, dass die Sprossvermehrungsraten bei 10°C und 25°C signifikant geringer waren, als bei 15°C und 20°C. Bei drei Klonen stieg die Sprossvermehrungsrate bei einer Temperatursteigerung von 10°C auf 15°C signifikant an, bei einer weiteren Temperaturerhöhung auf 20°C wurde eine Zunahme der Sprossvermehrungsrate nur noch bei einem Genotyp festgestellt. Zur Vermehrung der Explantate erwies sich eine Temperatur von 20°C als günstig. Dieses Ergebnis

stimmte mit den Angaben von TELGEN et al. (1990) überein, die *Delphinium*-Elatum-Hybriden bei 20°C aufstellten, während LEIFERT et al. (1991) und PRYCE et al. (1993) die *Delphinium*-University-Hybride 'Princess Caroline' bei 24°C/18°C Tag-/Nachttemperatur kultivierten.

5.2.6.6 D(+)-Saccharose

Für die in vitro Kulturen ist die Zugabe von Kohlenhydraten wichtig. Eine weitere Funktion der verschiedenen C-Quellen ist die Regulation des osmotischen Wertes im Medium. Meist wird dabei Saccharose in einem Konzentrationsbereich von zwei bis vier Prozent verwendet (GEORGE und SHERRINGTON 1984). Dieses wird jedoch während des Autoklavierprozesses zu etwa 70% durch thermische Hydrolisation gespalten. Der verbleibende Anteil wird durch das Enzym Invertase von den Explantaten in die monomeren Bausteine Fructose und Glucose gespalten. Anstelle von Saccharose finden andere Kohlenhydrate wie Fructose, Glucose, Maltose, Galaktose oder Mannitol seltener Anwendung. Häufig werden diese Kohlenstoffquellen in geringeren Mengen nur zusätzlich zur Saccharose verabreicht. Die Verwendung verschiedener C-Formen beeinflusst verschiedene in vitro Parameter, wie das Kalluswachstum der Explantate z.B. bei *Cyclamen persicum*, aber auch die Induktion mono- und bipolarer Strukturen (SCHWENKEL 1991).

Bei einem Vergleich verschiedener C-Quellen beobachtete SEEMANN (1983) an *Campanula pyramidalis*-Explantaten bei der Verwendung von Saccharose, Glucose oder Galactose eine starke, bei Lactose eine mäßige und bei Sorbose oder Fructose keine bzw. nur eine schwache Kallusbildung.

Bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' und der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Blaustrahl' wirkten sich die Saccharosekonzentrationen von 10 g/l bis 40 g/l unterschiedlich auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus. Zwei Klone zeigten bei der Zunahme der Saccharosekonzentrationen im Medium keine Reaktion, während bei einem Klon ein Optimum bei 20 g/l festgestellt wurde. Bei einer Erhöhung der Saccharosekonzentration auf 40 g/l wurde ein signifikanter Abfall in der Sprossvermehrungsrate registriert. Für *Delphinium*-Elatum-Hybriden (TELGEN et al. 1990) und die *Delphinium*-University-Hybride 'Princess Caroline' (SANTAMARIA et al. 1993) sowie für *Delphinium malabaricum* (AGRAWAL et al. 1991) wurden jeweils 30 g/l Saccharose angegeben.

5.2.6.7 Cytokinine

Untersuchungen der Cytokinine 2iP, Kinetin und BAP zeigten beim Klon 91-AS-19/25 der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat', daß 2iP und Kinetin in den Konzentrationen 0,5 mg/l bis 4,0 mg/l keinen Einfluss auf die Sprossvermehrungsrate hatte. BAP dagegen bewirkte bereits bei einer Konzentration von 0,5 mg/l die höchste Sprossvermehrungsrate mit 1,8, obwohl es zwischen den Konzentrationen 0,5 mg/l bis 2,0 mg/l keine signifikanten Unterschiede gab. Für die Vermehrung der untersuchten Klone erwies sich 1,0 mg/l BAP als günstig. Doch reagierten die Klone auf die Zufuhr des Cytokinins BAP mit wesentlich geringerer Sprossvermehrungsrate als auf die physikalischen Faktoren Licht und Temperatur.

LEIFERT et al. (1991) kultivierten die *Delphinium*-University-Hybride 'Princess Caroline' mit 0,1 mg/l BAP, während TELGEN et al. (1990) bei *Delphinium*-Elatum-Hybriden 0,5 mg/l BAP in der Vermehrungsphase verwendete.

Auch für *Trollius chinensis* 'Golden Queen' erwies sich BAP mit 2,0 mg/l als günstig, während die Verwendung von 2iP für die Kultur keine zufriedenstellenden Ergebnisse in Bezug auf Vermehrungsrate und Pflanzenqualität erbrachte (HILDEBRAND 1995).

BOUZA et al. (1993) führten an *Paeonia suffruticosa* Versuche mit BAP und 2iP im Vermehrungsmedium durch. Es zeigte sich, dass mit dem Einsatz von BAP eine Produktion von Adventivpflanzen möglich war, wogegen der Einsatz von 2iP nur zu einer Entwicklung eines langen Blattes aus einem Blattprimordium und zu keiner Entwicklung von Adventivpflanzen führte. Der Cytokinengehalt in BAP behandelten Pflanzen war höher als in den Varianten mit 2iP-Behandlung. Wahrscheinlich waren diese Ergebnisse auf einem unterschiedlichen Katabolismus der beiden Cytokinine in den Pflanzen zurückzuführen, da in den Versuchen eine gleiche Aufnahme der Cytokinine aus dem Medium festgestellt wurde und damit ein Unterschied im Cytokinengehalt nicht auf einer unterschiedlichen Aufnahmerate beruhte. Im Gegensatz zu BAP bestand eine mögliche Sensitivität von 2iP auf die Cytokininoxidase.

Bei *Trollius chinensis* 'Golden Queen' behinderte die Zugabe von Auxin in Form von IES ab einer genotypabhängigen Konzentration die Vermehrungsrate gegenüber einer Kultur auf rein cytokininhaltigem Medium (HILDEBRAND 1995).

BOUZA et al. (1993) zeigten, dass sich die Hormongruppen gegenseitig beeinflussten und damit den Metabolismus der Hormone veränderten. Es wurde vermutet, dass exogenes Cytokinin den endogenen Gehalt von IES und IBS direkt oder indirekt beeinflusste. Entweder hatte das Pflanzenmaterial eine geringe Auxinkapazität oder das Auxin wurde sofort metabolisiert. Wahrscheinlich wurde beim Einsatz von 2iP bei *Paeonia suffruticosa* die Synthese von IES stimuliert. Diese Vermutung ist eine Mög-

lichkeit, die geringe Vermehrungsleistung von 2iP bei *Trollius chinensis* 'Golden Queen' (HILDEBRAND 1995), bei der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' und der *Delphinium*-Elatum-Hybride 'Blaustrahl' zu erklären.

5.2.6.8 Bewurzelung und Akklimation

5.2.6.8.1 In vitro Bewurzelung

Beim Vergleich der Auxine IBS, IES und NES beim Klon 91-AS-19/20 der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' zeigte sich, dass bereits bei einer Zugabe von 0,2 mg/l IBS zum Medium 93% der Explantate und bei 0,8 mg/l sogar 100% der Explantate bewurzeln. Ähnliche Ergebnisse wurden mit NES erzielt. Bei den Konzentrationen 0,2 mg/l bis 0,8 mg/l bewurzeln 93% der Explantate, während IES insgesamt bei allen Konzentrationen eine schwächere Bewurzelungsrate erzielte. Das beste Ergebnis lag mit 70% bewurzelter Explantate bei 0,4 mg/l. Explantate ohne Auxinbehandlung bewurzeln zu 53%. Durchschnittlich wurden 8 Wurzeln pro Explantat (0,4 mg/l IBS) gebildet, während Explantate ohne Auxinbehandlung durchschnittlich 2 Wurzeln aufwiesen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von LEIFERT et al. (1992) und TELGEN et al. (1990) erzielt. LEIFERT et al. (1992) zeigten, dass Explantate von *Delphinium*-University-Hybride 'Princess Caroline' auf halbkonzentriertem MS-Medium ohne Phytohormonzusatz zu 75% bewurzeln, und TELGEN et al. (1990) gaben an, daß *Delphinium*-Elatum-Hybriden auf Bewurzelungsmedium ohne Auxinzugabe zu 50 bis 80% bewurzeln.

Bei *Delphinium malabaricum* (AGRAWAL et al. 1991) bewurzeln die Explantate bei Zugabe von 0,5 mg/l IBS zum Medium zu 96%, während mit IES und NES im Konzentrationsbereich 0,1 mg/l bis 5,0 mg/l eine geringere Bewurzelungsrate erzielt wurde. Die Explantate wurden zur Bewurzelung für 24 h einer Impulsbehandlung unterzogen, bei der die entsprechenden Auxinkonzentrationen dem flüssigem MS-Medium zugegeben wurden und die Explantate auf Papierbrücken mit dem Medium in Kontakt traten. Anschließend wurden sie auf hormonfreies, halbkonzentriertes MS-Medium überführt und für vier Wochen bei Dauerlicht (24 h) kultiviert. Die Bewurzelung erfolgte nach 3 bis 4 Wochen (AGRAWAL et al. 1991).

Im Gegensatz dazu trat bei *Trollius chinensis* 'Golden Queen' bereits auf hormonfreiem MS-Medium 100%ige Bewurzelung auf. Zwischen den Auxinen IES und IBS in den Konzentrationsstufen 0,5 mg/l und 6,0 mg/l gab es keine Unterschiede bei der Wurzelzahl und der Wurzellänge (HILDEBRAND 1995).

Zur Bewurzelung von *Paeonia lactiflora* (HOSOKI et al. 1989) wurden NES und IBS mit 0,1 mg/l und 1,0 mg/l dem Medium zugesetzt. Die Bewurzelungsrate lag zwischen 40% (0,1 mg/l) und 80% (1,0 mg/l), die Bewurzelungsdauer betrug 3 Monate. Bei einer anderen Methode, bei der Flüssigmedium verwendet und die Positionierung der Explantate auf Papierbrücken vorgenommen wurde, wurden mit 1,0 mg/l IBS 100% der Explantate der Sorte 'Takinoyosooi' und 57% der Explantate der Sorte 'Sarah Bernardt' bewurzelt. Die Zeit bis zur Bewurzelung betrug 2 Monate.

NISSEN und SUTTER (1990) führten Untersuchungen zur Stabilität von IES und IBS in Kulturmedien unter Variation des Autoklavierens, des pH-Wertes und des Zusatzes von Aktivkohle sowie unter Licht- und Dunkelbedingungen durch. Dabei zeigte sich, dass IBS gegenüber IES eine höhere Stabilität in Agar-verfestigtem Medium aufwies.

5.2.6.8.2 In vitro und ex vitro Bewurzelung

Die Bewurzelung von Explantaten in vitro zählt zu den kostenintensivsten Arbeitsphasen, da hier im Gegensatz zu den anderen in vitro Kulturphasen Explantate als Einzelindividuen behandelt werden müssen. Der Anteil der Kosten für die in vitro Bewurzelung wird je nach Kultur mit 35 bis 75% der Gesamtaufwendungen angegeben. Bei der Überführung von in vitro behandelten Explantaten kommt es zu Wachstumsstörungen, weil das in vitro gebildete Bewurzelungssystem im Erds substrat häufig bedingt funktionsfähig ist. In vielen Fällen wird davon berichtet, dass die in vitro gebildeten Wurzeln absterben und sich neue Wurzeln entwickeln müssen. Durch Verletzungen der Wurzeln und Explantate bei der Überführung ex vitro kann es zu einem Befall mit pathogenen Pilzen (*Pythium*, *Fusarium*) und Bakterien kommen, die durch die entstandenen Wunden in die Pflanzen eindringen können. Für in vitro Kulturen, die sich ohne große Schwierigkeiten unter Gewächshausbedingungen akklimatisieren lassen, bietet sich allgemein die ökonomisch interessante Möglichkeit der Bewurzelung der Explantate ex vitro. Die Explantate werden zuerst für einige Tage oder Wochen mit einer Auxinlösung behandelt und dann ins Gewächshaus überführt (SCHAPER 1990).

Untersuchungen mit Genotypen der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' zeigen, dass eine in vitro Bewurzelung bei Zugabe von IBS (0,2 mg/l) günstig verlief, aber die anschließende Überführung in Torf/Sand-Substrat im Gewächshaus bzw. in der Klimakammer Schwierigkeiten aufwies. Innerhalb von wenigen Tagen wurden die Blätter glasig, die Explantatbasis verfärbte sich braun, später schwarz, die Explantate starben ab. Bei den Ausscheidungen handelte es sich wahrscheinlich um phenolische Verbindungen.

Ein Vergleich zwischen in vitro- und ex vitro Bewurzelung, wobei die Explantate in den ersten vier Wochen in einem Flüssigmedium (MS-Medium mit 0,4 mg/l IBS) an die Umweltbedingungen gewöhnt und anschließend in ein gekalktes und gedüngtes Torf/Sand-Substrat überführt wurden, zeigten, dass in der Klimakammer (18 bis 20°C, relative Feuchte 75%) über 90% der Explantate, die direkt aus dem Vermehrungsmedium entnommen wurden und auch über 90% der Explantate, die aus dem Bewurzelungsmedium stammten, bewurzeln. Im Gegensatz dazu bewurzeln im Gewächshaus 53% der Explantate, die direkt aus dem Vermehrungsmedium entnommen wurden, während der Anteil bewurzelter Explantate, die dem Bewurzelungsmedium entstammten zwischen 63% und 88% lag. Es zeigte sich, dass unter Gewächshausbedingungen mit hoher Lichtintensität und Temperaturen über 25°C die in vitro Bewurzelung notwendig war, während bei konstanten Temperaturen (18-20°C) und geringer Lichtintensität eine Direktbewurzelung möglich war.

Die Ursache für den hohen Wasserverlust der Explantate bei der Überführung aus dem Vermehrungsglas mit relativer hoher Luftfeuchte ins Gewächshaus mit geringer relativer Luftfeuchte liegt in der geringen Anpassungsfähigkeit und der eingeschränkten Funktionsfähigkeit der in vitro gebildeten Blätter und nicht im Kutikulaaufbau (SANTAMARIA und KERSTIENS 1994). Während Blätter akklimatisierter Pflanzen mit Schließung der Stomata auf Abscisinsäure- und CO₂-Zufuhr, sowie in dunkler Umgebung mit geringem Wasserpotential reagierten, konnten in vitro Blätter ihre Spaltöffnungen nur bis zu einem bestimmten Grad verkleinern. Sie waren durch physiologische oder anatomische Veränderungen in ihrer Funktionsfähigkeit eingeschränkt (SANTAMARIA et al. 1993).

Auch bei *Trollius chinensis* 'Golden Queen' zeigte sich bei einem in vitro und ex vitro Bewurzelungsversuch, dass bei einer Direktbewurzelung in gekalktem und gedüngtem Torf/Sand-Substrat im Gewächshaus 55 bis 64% der Explantate bewurzeln, während bei einer in vitro Bewurzelung 100% der Explantate neue Wurzeln bildeten und akklimatisierten. Die in vitro bewurzeln Pflanzen entwickelten sich nach der Akklimatisation schneller. Die geringere Überlebensrate der ex vitro Bewurzelung mit nur 62%, wobei unter den Überlebenden auch Pflanzen ohne bzw. mit wenigen Wurzeln waren, könnte auf die Vorbehandlung zurückzuführen sein. Die Pflanzen wurden direkt der Vermehrungsphase mit einem hohen Cytokiningehalt im Medium entnommen. Durch exogen appliziertes Cytokinin wurde das Auxin/Cytokininverhältnis zu Gunsten des Cytokinins verschoben, wie BOUZA et al. (1993) berichteten. Zusätzlich wurde die Wurzelbildung während der Akklimatisation durch die Nachwirkung des Cytokinins behindert.

Bei Betrachtung der Kosten der Kultur stand einer kostenintensiveren Bewurzelung in vitro ein Verlust von fast 40% des auch mit Kostenaufwand produzierten Pflanzmaterials bei einer kostengünstigeren ex vitro Bewurzelung gegenüber (HILDEBRAND 1995).

6 Literaturverzeichnis

- AGRAWAL, D.C., S.S. PAWAR, G.C. MORWAL und A.F. MASCARENHAS 1991: In-vitro propagation of *Delphinium malabaricum* (Huth) Munz.- a rare species. Ann. Bot. **68**, 243-245.
- ANIS, M. 1982: Induced autotetraploidy in *Delphinium ajacis*. Acta bot. ind. **10**, 188-191.
- ANONYM 1984: Taking Cuttings. The Delphinium Society Year Book, 20-23.
- ANONYM 1986: *Delphiniums* for all. A guide to growing good Delphiniums. The Delphinium Society Year Book, 73-120.
- ATWATER, B.R. 1980: Germination, dormancy and morphology of seeds of herbaceous ornamental plants. Seed Sci. Technol. **8**, 523-573.
- BASSETT, D. 1992: Propagation of *Delphiniums* by taking cuttings. The Delphinium Society Year Book, 39-47.
- BAYLEY, J.M., J. KING und O.L. GAMBORG 1972: The effect of the sources of inorganic nitrogen on growth and enzymes of nitrogen assimilation in soybean and wheat cells in suspension cultures. Planta **105**, 15-20.
- BENARY 1991: Neuheiten und Spezialitäten. Katalog. Hannoversch-Münden.
- BESSLER, B. 1991: Verklonung und Selektion bei *Primula obconica*. Dtsche. Gartenb. **43**, 2692-2695.
- BESSLER, B. 1993: Untersuchungen zur Morphologie, Aktivitätswechsel und gärtnerischer Nutzbarkeit von *Dodecatheon meadia*. Dissertation Universität Hannover.
- BESSLER, B. 1995: Cytokinininduzierte Seitentriebbildung bei Stauden. Gartenbauwissenschaft **60**, 218-225.
- BIALEK, K., W.J. MENDT und J.D. COHEN 1983: Indole-3-acetic acid (IAA) and IAA conjugates applied to bean stem sections. IAA content and the growth response. Plant Physiol. **73**, 130-134.
- BIRAN, I. und A.H. HALEVY 1973a: The relationship between rooting of *Dahlia* cuttings and the presence and type of bud. Physiol. Plant. **28**, 244-247.
- BIRAN, I. und A.H. HALEVY 1973b: Endogenous levels of growth regulators and their relationship to the rooting of *Dahlia* cuttings. Physiol. Plant. **28**, 436-442.
- BOTT, J.C. 1980: Tissue culture of *Delphiniums*. The Plantsman **2**, 169-171.
- BOUZA, J., M. JAQUES, B. SOTTA und E. MIGNIAC 1993: The differential effect of N6-benzyl-adenine and N6-(2-isopentenyl)-adenine on in vitro propagation of *Paeonia suffruticosa* Andr. is correlated with different hormone contents. Plant Cell Reports **12**, 593-596.
- BOYLE, T.H. 1992: Modification of plant architecture in 'Crimson Giant' easter cactus with benzyladenine. J. Amer. Soc. hort. Sci. **117**, 584-589.
- BREDMOSE, N. 1987: Postharvest ability of some new cutflowers. Acta Horticulturae **205**, 187-194.

- BYRNE, J.W. und A.H. HALEVY 1986: Forcing herbaceous peonies.
J. Amer. Soc. Hort. Sci. **111**, 379-383.
- COWAN, T.O. 1971: The eyes have it. The Delphinium Society Year Book, 78-92.
- COWAN, T.O. 1974: Up to the eyes. The Delphinium Society Year Book, 81-85.
- DAVIES, P.J. 1995: The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In:
DAVIES, P.J. (Hrsg.): Plant hormones, physiology, biochemistry, and molecular
biology. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, Boston, London.
- DOUGALL, D.K. und D.C. VERMA 1978: Growth and embryo formation in wild carrot
suspension cultures with ammonium ion as a sole nitrogen source.
In vitro **14**, 180-182.
- DRÜGE, U. 2000: Influence of Pre-Harvest Nitrogen Supply on Post-Harvest
Behaviour of Ornamentals: Importance of Carbohydrate Status, Photosynthesis
and Plant Hormones. Gartenbauwissenschaft **65**, 53-64.
- EDWARDS, C. 1971: The orthodox method for amateurs. Ways with cuttings. A
symposium. The Delphinium Society Year Book, 104-106.
- EDWARDS, C. 1989: *Delphiniums: The Complete Guide*. The Crowood Press
Ramsbury, Marlborough Wiltshire.
- EDWARDS, D. 1973: The water babies win.
The Delphinium Society Year Book, 104-107.
- ENCKE, F., G. BUCHHEIM und S. SEYBOLD 1994: Zander. Handwörterbuch der
Pflanzennamen 15. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- FISCHER, G. und K. ZIMMER 1987: Multiple Sproßbildung bei in vitro gekeimten
Samen. Gartenbauwissenschaft **52**, 135-140.
- FISCHER-KLÜVER, G. 1994: Regeneration an keimenden Samen zur Selektion bei
Sinningia-Hybriden und *Vriesea* ssp. Dissertation Universität Hannover.
- FOERSTER, K. 1929: Der neue Rittersporn. Verlag der Gartenschönheit, Berlin-
Westend.
- FORSTENEICHER, H. 1991: Die Lebensdauer der Stauden.
Dtscher Gartenb. **45**, 1026-1029.
- GAMBORG, O.L. 1970: The effect of amino acids and ammonium on the growth of
plant cells in suspension culture. Plant Physiol. **45**, 372-375.
- GAMBORG, O.L. und J.P. SHYLUK 1970: The culture of plant cells with ammonium
salts as sole nitrogen source. Plant Physiol. **45**, 598-600.
- GEERTSEN, V. und R. BREDMOSE 1985: *Delphinium* hybrid 'Völkerfrieden'-velegnet til
tidlig drivning. Gartner Tidende **101**, 1010-1011.
- GEORGE, E.F. und P.D. SHERRINGTON 1984: Plant propagation by tissue culture.
Exegetics Ltd. England.
- GRUNERT, C. 1949: Staudengärtnerei 2. Aufl. Parey, Berlin und Hamburg.

- GRUNEWALDT-STÖCKER, G. 1985: Zur Verwendung von 2-Hydroxyethyl-Methacrylat (GMA) als Einbettungsmedium bei histologischen Untersuchungen in der Phytopathologie. *Phytopath. Z.* **113**, 150-157.
- HANSEN, R. und F. STAHL 1990: Die Stauden und ihre Lebensbereiche in Gärten. Ulmer, Stuttgart.
- HARTMANN, H.T. und D.E. KESTER 1990: *Plant Propagation. Principles and Practises.* Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New York.
- HEGI, G. 1957: *Illustrierte Flora von Mitteleuropa.* III. Band. 1. Teil. Hauser, München.
- HELLER, R. 1953: Recherches sur la nutrition minerals des tissus vegetaux cultives in vitro. *Ann. Sci. Nat. Bot. Biol. Veget.* **14**, 1-22.
- HEPHER, A. und J.A. ROBERTS 1985a: The control of seed germination in *Trollius ledebouri*: The breaking of dormancy. *Planta* **166**, 314-320.
- HEPHER, A. und J.A. ROBERTS 1985b: The control of seed germination in *Trollius ledebouri*: A model of seed dormancy. *Planta* **166**, 321-328.
- HILDEBRAND, C. 1995: In-vitro-Kultur von *Trollius* und deren Nutzung für die Züchtung. Diplomarbeit am Institut für Obstbau und Baumschule der Universität Hannover.
- HORN, W., G. SCHLEGEL und B. HAUF 1988: In vitro stock plant culture of *Kalanchoe* hybrids. *Acta Horticulturae* **226**, 627-630.
- HOSOKI, T., M. ANDO, T. KUBARA, M. HAMADA und M. ITAMI 1989: In vitro propagation of herbaceous peony (*Paeonia lactiflora*) by longitudinal shoot-split method. *Plant Cell Reports* **8**, 243-246.
- HURKA, W. 1991: *Delphinium* schon im Mai ernten. *Dtscher Gartenb.* **45**, 336-337.
- HYNDMAN, S.E., P.M. HASEGAWA und R.A. BRESSAN 1982: The role of sucrose and nitrogen in adventitious root formation on cultures rose shoots. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* **1**, 229-238.
- JANSEN, H., E. BACHTHALER, E. FÖLSTER und H.-C. SCHARPF 1989: *Gärtnerischer Pflanzenbau* 2. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- JARVIS, B.C. 1986: Endogenous control of adventitions in nonwoody cuttings. In: Jackson, M.B. (Hrsg.): *New Root formation in Plants and Cuttings.* Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 191-222.
- JELITTO, L. 1995: *Staudensamen.* Preisverzeichnis. Schwarmstedt.
- JELITTO, L. und W. SCHACHT 1966: *Die Freiland-Schmuckstauden.* Band 2. Ulmer, Stuttgart.
- JELITTO, L. (Begr.), W. SCHACHT (Hrsg.) und A. FESSLER (Hrsg.) 1990: *Die Freilandschmuckstauden* 4. Aufl. Ulmer, Stuttgart.
- KADNER, R. und S. ZERCHE 1997: Einfluß einer gestaffelten Stickstoffernährung der Mutterpflanzen auf die Lagerfähigkeit von Chrysanthemen-Stecklingen (*Dendranthema-Grandiflorum-Hybriden*). *Gartenbauwissenschaft* **62**, 124-129.

- KNUDSON, L. 1946: A new nutrient solution for germination of orchids seed. Amer. Orch. Soc. Bull, **15**, 214-217.
- KÖHLEIN, F. 1992: Schöne Rittersporne. Ulmer, Stuttgart.
- KREBS, O. und K. ZIMMER 1976: Über das Kältebedürfnis von *Eremurus stenophyllus* var. *bungei*. Gartenbauwissenschaft **41**, 44-47.
- KRÜSSMANN, G., W. SIEBLER und W. TANGERMANN 1970: Winterharte Gartenstauden. Parey, Berlin und Hamburg.
- KÜHN, J. 1990: Nutzung der Entwicklungsrythmen bei Stauden für eine rationelle Produktion von Schnitt- und Topfblumen. Gartenbau (Berlin) **37**, 260-263.
- KÜHN, J. 1991: Wachstums- und Entwicklungsrythmus bei Stauden. Gartenbau (Berlin) **38**, 44-46.
- LATTY, R. 1971: Rooting in a greenhouse. Ways with cuttings. A symposium. The Delphinium Society Year Book, 25-26.
- LATTY, R. 1973: January cuttings. The Delphinium Society Year Book, 84-87.
- LEGRO, R.A.H. 1961: Species Hybrids in *Delphinium*. Euphytica **10**, 1-23.
- LEGRO, R.A.H. 1976: Ten Years of observation on redflowering *Delphinium* University-Hybrids. The Delphinium Society Year Book, 62-72.
- LEGRO, R.A.H. und J.M. MAIN 1983: Red *Delphiniums*. The Garden-Journal of the RHS **108**, 318-321.
- LEIFERT, C., S. PRYCE, P. LUMSDEN und J. MURPHY 1991: Nutrition of in vitro cultured plants. In: GOULDING, H. (Hrsg.): Horticultural exploitation of recent biological developments. Lancashire Polytechnic Publ. Service, UK 43-57.
- LEIFERT, C., H. CAMOTTA und W.M. WAITES 1992a: Effect of combinations of antibiotics on micropropagated *Clematis*, *Delphinium*, *Hosta*, *Iris* and *Photinia*. Plant Cell Tiss. Org. Cult. **29**, 153-160.
- LEIFERT, C., S. PRYCE, P. LUMSDEN und W.M. WAITES 1992b: Effect of medium pH on different plant species growing in vitro. Plant Cell Tiss. Org. Cult. **30**, 71-179.
- LINSMAIER, E.M. und F. SKOOG 1965: Organic growth factor requirements of tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. **18**, 100-127.
- LÖFFLER, M. 1994: Schnittstauden im Aufwind. Zierpflanzenbau **34**, 1022-1023.
- LUCAS, H.R. 1975: Cold water cuttings. The Delphinium Society Year Book, 23-29.
- LUMSDEN, P.J., S. PRYCE und C. LEIFERT 1990: Effect of mineral nutrition on growth and multiplication of in vitro cultured plants. In: NIJKAMP, H.J.J., L.H.W. VAN DEER PLAS und J. VAN AARTRIJK (Hrsg.): Progress in Plant

- Cellular and Molecular Biology. Kluwer Academic Publ., The Netherlands, 108-114.
- LYR, H., H.J. FIEDLER und W. TRANQUILLINI 1992: Physiologie und Ökologie der Gehölze. Fischer, Jena und Stuttgart.
- LURIE, G., A. BOROCHOV und A.A. WATAD 1992: *Aconitum*: Effect of tuber size, day length and GA₃ on growth, flowering and tuber production. Acta Horticulturae **385**, Vol. I, 113-117.
- MARTIN, S.M., D. ROSE und V. HUI 1977: Growth of plant cell suspension cultures with ammonium as the sole source of nitrogen. Can. J. Bot. **55**, 2838-2843.
- MEIR, S., S. PHILOSOPH-HADAS und N. AHARONI 1984: Role of IAA conjugates in inducing ethylene production by tobacco leaf discs. J. Plant Growth Regul. **3**, 169-181.
- MENGEL, K. 1991: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Fischer, Jena.
- MLASOWSKY, U. 1996: Einfluß des pH-Wertes aufgedämpfter Stecklingssubstrate auf die Bewurzelung, Qualität und den Nährstoffstatus von *Quercus robur* und *Prunus avium* – Stecklingen. Diplomarbeit am Institut f. Obstbau und Baumschule, Fachbereich Gartenbau, Universität Hannover
- MOORE, T.C. 1989: Biochemistry and Physiology of Plant hormones 2. Aufl. Springer, New York, Heidelberg, Berlin.
- MUDRA, A. 1992: Statistische Methoden für landwirtschaftliche Versuche. Parey, Berlin, Hamburg.
- MÜLLER, M. 1991: Die Staudenblüte steuern. Dtscher Gartenb. **45**, 769-771.
- MURASHIGE, T. und F. SKOOG 1962: A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. **15**, 473-496.
- NATARAJA, K. 1971: Morphogenetic variations in callus cultures derives from floral buds and anthers of some members of Ranunculaceae. Phytomorphology **21**, 290-297.
- NBV 1988-1995: Niederrheinische Blumenvermarktung e.G. Statistiken.
- NEITZEL, M. 1996: Abschlußbericht des Forschungsprojektes „In-vitro-Vermehrung von *Delphinium*-Hybriden“. BMFT, Förderkennzeichen 17F 1586.
- NEITZEL, M., P. BOTT, W. HERBST und W. SPETHMANN 1997: Sind Wachstoffsstoffe bei Stauden zu rechtfertigen? Taspo-Gartenbaumagazin **24** (8), 36-37.
- NICKELL, L.G. 1982: Plant Growth Regulators. Agricultural Uses. Springer, New York.
- NISSEN, S.J. und E. SUTTER 1990: Stability of IAA and IBA in nutrient medium to several tissue culture procedures. HortScience **25**, 800-802.
- PHILIPS 1991: Philips Licht, Produktinformation, Philips Licht GmbH, Hamburg.
- PIEPER, H. 1909: Zur Methode der Keimprüfung. J. Landw. **57**, 137-147.
- PIERIK, R.L.M und H.H.M. STEEGMANS 1976: Vegetative propagation of *Anthurium scherzerianum* Schott through callus cultures. Sci. Hort. **4**, 291-292.

- PLÖGER, I. und W. SPETHMANN 1990: Stecklingsvermehrung von heimischen Wildrosen. Dtsche Baumsch. **42**, 298-300.
- PROPACH, H. 1940: Einige Chromosomenzahlen von *Delphinium* und ihre Auswertung für die Entstehung der Gartenformen. Gartenbauwissenschaft **14**, 642-650.
- PRYCE, S., P.J. LUMSDEN, F. BERGER und C. LEIFERT 1993: Effect of plant density and macronutrient nutrition on *Delphinium* shoot cultures. J. hort. Sci. **68**, 807-813.
- REINELT, F. 1990: History of the modern *Delphinium*. The Delphinium Society Yearbook, 98-103.
- RÖBER, R. 1978: Beziehungen zwischen Ertrag, Qualität und Mineralstoffgehalt von Chrysanthemenstecklingen. Gartenbauwissenschaft **43**, 200-204.
- RÜNGER, W. 1984: Einfluß von 6-Benzyladenin (BA) bei verschiedenen Temperaturen im Kurztag auf Blütenbildung und vegetatives Wachstum von *Schlumbergera*. Gartenbauwissenschaft **49**, 36-39.
- SACHS, L. 1989: Angewandte Statistik. Springer-Verlag
- SAHIN, K. 1991: Samenkatalog, Alphen aan den Rijn (NL).
- SANTAMARIA, J.M., W.J. DAVIES und W.J. ATKINSON 1993: Stomata of micropropagated *Delphinium* plants respond to ABA, CO₂, light and water potential, but fail to close fully. J. Exp. Bot. **44**, 99-107.
- SANTAMARIA, J.M. und G. KERSTIENS 1994: The lack of control of water loss in micropropagated plants is not related to poor cuticle development. Physiol. Plant. **91**, 191-195.
- SARGENT, P.A. und J. KING 1973: Investigations of growth-promoting factors in conditioned soybean root cells and in the liquid medium in which they grow: ammonium, glutamine and amino acids. Can. J. Bot. **52**, 1747-1755.
- SCHAPER, D. 1990: In vitro-Vermehrung und Entwicklung von Klonsorten bei *Anthurium scherzerianum* Sch. Dissertation Universität Hannover.
- SCHMEIL, O. und J. FITSCHEN (bearbeitet von SENGHAS, K. und S. SEYBOLD) 1993: Flora von Deutschland 89. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- SCHWENKEL, H.-G. 1991: Regeneration von *Cyclamen persicum* Mill. in vitro und deren Integration in der Cyclamenzüchtung. Dissertation Universität Hannover.
- SEEMANN, P. 1983: Untersuchungen zur In vitro-Vermehrung und Organogenese bei *Campanula pyramidalis* L. Dissertation Universität Hannover.
- SINGHA, S., G.K. BISSONNETTE und M.L. DOUBLE 1987: Methods for sterilising instruments contaminated with *Bacillus* sp. from plant tissue cultures. HortScience **22**, 659.

- SMITH-LYTE, N. 1970: Cold water *Delphinium* cuttings. The Delphinium Society Year Book, 37-41.
- SPELLERBERG, B. 1985: Verbesserung des Vermehrungserfolges bei schwer vermehrbaren Laubgehölzen. I. Der Einfluß des Vermehrungsklimas auf Inhaltsstoffe und weiteres Wachstum der bewurzelten Stecklinge. Gartenbauwissenschaft **50**, 71-77.
- SPELLERBERG, B. 1986: Verbesserung des Vermehrungserfolges bei schwer vermehrbaren Laubgehölzen. II. Stecktermin und wachstumsfördernde Maßnahmen für Austriebsleistung und anschließende Überwinterungsrate der bewurzelten Stecklinge. Gartenbauwissenschaft **51**, 159-165.
- STILL, S.M. 1984: Perennial propagation. Plants and Gdns **40**(1), 26-34.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENCK und A.F.W. SCHIMPFER 1998: Lehrbuch der Botanik 34. Auflage. Fischer, Stuttgart, New York.
- TANG, C., N.E. LONGNECKER, C.J. THOMSON, H. GREENWAY und A.D. ROBSON 1992: Lupin (*Lupinus angustifolius* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) roots differ widely in their sensitivity to pH above 6.0. J. Plant Physiol. **140**, 715-719.
- TANG, C. und A.D. ROBSON 1993: pH above 6.0 reduces nodulation in *Lupinus* species. Plant and Soil **152**, 269-276.
- TANG, C., J. KUO, N.E. LONGNECKER, C.J. THOMSON und A.D. ROBSON 1993: High pH causes the desintegration of root surface in *Lupinus angustifolius* L. Ann. Bot. **71**, 201-207.
- TANG, C., A.D. ROBSON und H. ADAMS 1995: High Ca is not the primary factor in poor growth of *Lupinus angustifolius* L. in high pH soil. Austr. J. Agric. Res. **46**, 1051-1062.
- TELGEN, H.-J., T. DUINEVELD und S. KOSTAK 1990: Nu ook *Delphinium* in vitro. Vakbl. Bloemist. **25**, 48-49.
- THIRKELL, J.E.M. 1978: The Comtemporary *Delphiniums* - Its Development and its Future - Part I. Delphiniums, 80-114.
- TÖPPERWEIN, H. 1992: Die Rolle der Blätter bei der korrelativen Hemmung von Seitentrieben. Dissertation Fachbereich Gartenbau, Universität Hannover
- TROLL, W. 1964: Die Infloreszenzen. Band 1. Fischer, Stuttgart.
- VBA 1989-1994: Verenigde Bloemenveilingen Aalsmeer, Statistische overzicht snijbloemen.
- VIDASOVA, E.T., N.Y.A. IPPOLITOVA und V.G. TRUSHECHKIN 1988: Doklady Vsesoyuznoi Ordena lenina; Ordena Trudovogo Urasnogn Znameni Akademii Sel'shokhozyaistvemykh Nauk imeni V.I. Lenina No 5, 24-26, Nizi Sadovadstra Nechernozemnoi; Polosy, Moscow, USSR. (Rapid vegetative propagation of promising peony cultivars). In: Hort. Abstr. **60**, 732 (6334), 1990.
- WEBER, E. 1986: Grundriß der biologischen Statistik 9. Aufl. Fischer, Stuttgart, New York.

- WETHERELL, D.F. und D.K. DOUGALL 1976: Sources of nitrogen supporting growth and embryogenesis in cultures wild carrot tissue. *Physiol. Plant.* **37**, 97-102.
- WIESMAN, Z., J. RIOV und E. EPSTEIN 1988: Comparison of movement and metabolism of indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid in mung bean cuttings. *Physiol. Plant.* **74**, 556-560.
- WIESMAN, Z., J. RIOV und E. EPSTEIN 1989: Characterization and rooting ability of indole-3-butyric acid of conjugates formed during rooting of mung bean cuttings. *Plant Physiol.* **91**, 1080-1084.
- WILDE, B.I. 1931: Studies of genus *Delphinium*, Cornell University NG 9309, Bd. 519.
- ZENS, A. 1988: Untersuchungen zur Entwicklung von Sorten mit geringeren Temperaturansprüchen bei *Anthurium scherzerianum*-Hybriden. Dissertation Universität Hannover.
- ZENS, A. und K. ZIMMER 1986: In-vitro-Vermehrung von *Anthurium scherzerianum*. *Gartenbauwissenschaft* **51**, 26-31.
- ZERCHE, S., R. KADNER und U. DRÜGE 1999: Effect of cultivar, nitrogen nutrition and cultivating system of *Chrysanthemum* motherplants on cutting yield, nitrogen concentration, and subsequent rooting of cuttings. *Gartenbauwissenschaft* **64**, 272-278.
- ZIMMER, K. und A. BAHNEMANN 1982: Verklonung temperaturtoleranter Samen von *Anthurium scherzerianum*. *Gartenbauwissenschaft* **47**, 72-74.
- ZIMMER, K. und B. GEBAUER 1984: Untersuchungen an *Lychnis*. *Dtscher Gartenb.* **38**, 1816-1817.
- ZIMMER, K. und K. MISZLAI 1982: Das Kältebedürfnis von Stauden. *Dtscher Gartenb.* **36**, 2066-2070.

7 Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Fixierung und Einbettung von *Delphinium*-Explantaten

Arbeitsschritt	Lösung	Dauer
Fixierung	90 Vol.-T. 70 %iger Alkohol 5 Vol.-T. Formalin 5 Vol.-T. Eisessig	mind. 24 h
Entwässerung	70 %iges vergälltes Äthanol 90 %iges vergälltes Äthanol 96 %iges vergälltes Äthanol 100 %iges unvergälltes Äthanol	jeweils 2 h
Präinfiltration	1 Vol.-T. Technovit 7100 Stammlösung +1 Vol.-T. reines Äthanol	mind. 4 h
Infiltration	100 ml Technovit 7100 Stammlösung +1 g Härter I	12-16 h
Einbettung	15 ml Infiltrationslösung +1 g Härter II	2 h bei Raumtemperatur 2 h bei 37°C
Blockbildung	3 Vol.-T. Pulver plus +1 Vol.-T. Flüssigkeit Technovit 3040	5 Min.

7 Anhangsverzeichnis

161

Anhang 2: Keimverlauf einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' auf Quarzsand

Tage	3	6	9	13	17	21	24	28	32	35	38	42	45	49	52	56
Temperatur																
10°C																
Anz. gek. Samen:	0	0	0	0	21	30	52	70	99	100	105	120	126	126	126	126
% gek. Samen:	0	0	0	0	10,5	15	26	35	49,5	50	52,5	60	63	63	63	63
15°C																
Anz. gek. Samen:	0	0	30	78	86	101	120	145	145	147	147	154	154	154	154	154
% gek. Samen:	0	0	0	15	39	43	50,5	60	72,5	72,5	73,5	73,5	77	77	77	77
20°C																
Anz. gek. Samen:	0	0	0	56	70	116	160	200	200	200	200	200	200	200	200	200
% gek. Samen:	0	0	0	28	35	58	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25°C																
Anz. gek. Samen:	0	0	0	1	9	18	25	38	40	58	58	58	58	58	58	58
% gek. Samen:	0	0	0	0	0,5	4,5	9	12,5	19	20	29	29	29	29	29	29

Anhang 3: Keimbeginn einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Temperatur	3	513,88	171,29	33,68	0,0000
Fehler	36	183,10	5,09		
Total	39	696,98			

GD_{5%} = 2,71 Tage

Anhang 4: Keimfähigkeit einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur (Daten transformiert nach $\arcsin(0,01x)^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Temperatur	3	17173,49	5724,49	55,39	0,0000
Fehler	36	4023,73	111,77		
Total	39	21178,22			

GD_{5%} = 12,73

Anhang 5: Mittlere Keimzeit einer Samenpopulation der Sorte 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Temperatur	3	536,85	178,95	103,14	0,0000
Fehler	36	62,46	1,74		
Total	39	599,32			

GD_{5%} = 1,59

Anhang 6: Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Kurztag, Sorte 'Astolat'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Regression	1	1480431,00	1480431,00		
Kühlung	1	97981,41	97981,41	324,58	0,0000
Fehler	104	31394,19	301,87*		
Total	105	129375,60	1232,15		

Anhang 7: Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Langtag, Sorte 'Astolat'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Regression	1	1136569,00	1136569,00		
Kühlung	1	10909,21	10909,21	278,94	0,0000
Fehler	132	5162,53	39,11*		
Total	133	16071,74	120,84		

Anhang 8: Anzahl Blütenstände pro Pflanze, Sorte 'Astolat'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	104,65	104,65	749,32	0,0000
Kühlung	3	67,06	22,35	160,05	0,0000
WW	3	25,18	8,39	60,11	0,0000
Fehler	312	43,58	0,14		
Total	319	240,47			

GD_{5%} = 0,25

Anhang 9: Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand, Sorte 'Astolat'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	34484,44	34484,44	3987,34	0,0000
Kühlung	3	2920,08	973,36	112,55	0,0000
WW	3	359,39	119,80	13,85	0,0000
Fehler	312	2698,33	8,65		
Total	319	40462,23			

GD_{5%} = 1,99

Anhang 10: Sprosslänge, Sorte 'Astolat'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	63782,30	63782,30	8027,36	0,0000
Kühlung	3	24730,22	8243,41	1037,48	0,0000
WW	3	3013,32	1004,44	126,41	0,0000
Fehler	312	2479,03	7,95		
Total	319	94004,88			

GD_{5%} = 1,91

Anhang 11: Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Kurztag, Sorte 'Zauberflöte'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Regression	1	922552,90	922552,90		
Kühlung	1	34605,35	34605,35	215,21	0,0000
Fehler	65	10451,75	160,80*		
Total	66	45057,11	682,68		

Anhang 12: Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Langtag, Sorte 'Zauberflöte'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Regression	1	873899,10	873899,10		
Kühlung	1	55174,92	55174,92	7820,91	0,0000
Fehler	109	768,97	7,05*		
Total	110	55943,89	508,58		

Anhang 13: Anzahl Blütenstände pro Pflanze, Sorte 'Zauberflöte'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	105,80	105,80	427,59	0,0000
Kühlung	3	270,61	90,20	364,56	0,0000
WW	3	50,58	16,86	68,13	0,0000
Fehler	312	77,20	0,25		
Total	319	504,19			

GD_{5%} = 0,34

Anhang 14: Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand, Sorte 'Zauberflöte'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	6363,08	6363,08	1750,85	0,0000
Kühlung	3	1177,43	392,48	107,99	0,0000
WW	3	126,44	42,15	11,60	0,0000
Fehler	312	1133,90	3,63		
Total	319	8800,85			

GD_{5%} = 1,29

Anhang 15: Sprosslänge, Sorte 'Zauberflöte'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	42946,75	42946,75	1517,73	0,0000
Kühlung	3	24727,70	8242,57	291,29	0,0000
WW	3	10003,80	3334,60	117,84	0,0000
Fehler	312	8828,59	28,30		
Total	319	86506,84			
GD _{5%} = 3,61					

Anhang 16: Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Kurztag, Sorte 'Bellamosum'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Regression	1	370150,60	370150,60		
Kühlung	1	6929,41	6929,41	178,70	0,0000
Fehler	98	3800,03	38,78*		
Total	99	10729,44	108,38		

Anhang 17: Anzahl Tage bis zum Öffnen der ersten Einzelblüte im Langtag, Sorte 'Bellamosum'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Regression	1	398745,90	398745,90		
Kühlung	1	10536,84	10536,84	264,74	0,0000
Fehler	144	5731,27	39,80*		
Total	145	16268,11	112,19		

Anhang 18: Anzahl Blütenstände pro Pflanze, Sorte 'Bellamosum'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	244,10	244,10	1347,86	0,0000
Kühlung	3	97,99	32,66	180,36	0,0000
WW	3	46,09	15,36	84,82	0,0000
Fehler	312	56,50	0,18		
Total	319	444,70			
GD _{5%} = 0,29					

Anhang 19: Anzahl Einzelblüten pro Blütenstand, Sorte 'Bellamosum'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	1937,74	1937,74	2157,63	0,0000
Kühlung	3	628,50	209,50	233,27	0,0000
WW	3	138,94	46,31	51,57	0,0000
Fehler	312	280,20	0,90		
Total	319	2985,38			
GD _{5%} = 0,64					

Anhang 20: Sprosslänge, Sorte 'Bellamosum'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Photoperiode	1	80245,45	80245,45	2716,83	0,0000
Kühlung	3	27023,86	9007,95	304,98	0,0000
WW	3	8128,29	2709,43	91,73	0,0000
Fehler	312	9215,36	29,54		
Total	319	124613,00			
GD _{5%} = 3,69					

Anhang 21: Bewurzelung grundständiger Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'
(Daten transformiert nach $\arcsin(0,01x)^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Vermehr.technik	1	1493,47	1493,47	43,58	0,0000
Termine	3	5920,64	1973,64	57,58	0,0000
WW	3	740,83	246,94	7,21	0,0000
Fehler	112	3838,51	34,27		
Total	119	11993,46			
GD _{5%} = 6,6					

Anhang 22: Anzahl Hauptwurzeln grundständiger Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Vermehr.technik	1	19,20	19,20	115,17	0,0000
Termine	3	50,38	16,79	100,74	0,0000
WW	3	2,05	0,68	4,09	0,0085
Fehler	112	18,67	0,17		
Total	119	90,30			
GD _{5%} = 0,46					

Anhang 23: Wurzellänge grundständiger Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Vermehr.technik	1	85,18	85,18	145,44	0,0000
Termine	3	103,49	34,49	58,90	0,0000
WW	3	1:96	0,65	1:11	0,0034
Fehler	112	65,59	0,59		
Total	119	256,22			
GD _{5%} = 0,86					

Anhang 24: Bewurzelung hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'
(Daten transformiert nach $\arcsin(0,01x)^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
IBS-Konz.	3	5386,86	1795,62	40,82	0,0000
Fehler	56	2463,67	43,99		
Total	59	7850,52			
GD _{5%} = 6,44					

Anhang 25: Anzahl Hauptwurzeln hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
IBS-Konz.	3	480,90	160,30	47,40	0,0000
Fehler	56	189,60	3,40		
Total	59	670,50			
GD _{5%} = 1,79					

Anhang 26: Wurzellänge hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
IBS-Konz.	3	52,94	17,65	30,93	0,0000
Fehler	56	31,95	0,57		
Total	59	84,90			
GD _{5%} = 0,73					

Anhang 27: Neuaustrieb hohler Stecklinge, Sorte 'Schildknappe'
(Daten transformiert nach $\arcsin(0,01x)^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
BAP-Konz.	4	27081,27	6770,32	613,73	0,0000
Fehler	70	772,20	11,03		
Total	74	27853,47			
GD _{5%} = 3,40					

7 Anhangsverzeichnis

168

Anhang 28: Keimverlauf einer Samenpopulation der *Delphinium-Pacific-Hybride* 'Astolat'

	3	6	9	13	17	21	24	28	32	35	38	42	45	49	52	56
<u>Temp. Medien</u>																
<u>10°C 1/2 KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	0	14	27	94	102	110	133	134	134	134	146	146	146
% gek. Samen	0	0	0	0	7	13,5	47	51	55	66,5	67	67	67	73	73	73
<u>10°C KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	3	14	28	36	64	68	75	110	123	130	138	138	138
% gek. Samen	0	0	0	1,5	7	14	18	32	34	37,5	55	61,5	65	69	69	69
<u>10°C 1/2 MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	4	18	39	44	79	86	97	120	144	144	144	145	145
% gek. Samen	0	0	0	2	9	19,5	22	39,5	43	48,5	60	72	72	72	72,5	72,5
<u>10°C MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	2	18	25	50	75	80	90	110	125	125	125	142	142
% gek. Samen	0	0	0	1	9	17,5	25	37,5	40	45	55	62,5	62,5	62,5	71	71
<u>10°C Quarzsand</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	21	30	52	70	99	100	105	120	126	126	126	126	126
% gek. Samen	0	0	0	10,5	15	26	35	49,5	50	52,5	60	63	63	63	63	63

Anhang 28, Fortsetzung: Keimverlauf einer Samenpopulation der *Delphinium-Pacific-Hybride* 'Astolat'

Tage	3	6	9	13	17	21	24	28	32	35	38	42	45	49	52	56
<u>Temp. Medien</u>																
<u>15°C 1/2 KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	5	18	35	40	89	94	114	120	139	139	148	148	148
% gek. Samen	0	0	0	2,5	9	17,5	20	44,5	47	57	60	69,5	69,5	74	74	74
<u>15°C KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	5	22	36	50	83	103	103	110	114	120	120	127	127
% gek. Samen	0	0	0	2,5	11	18	25	41,5	51,5	55	55	57	60	60	63,5	63,5
<u>15°C 1/2 MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	14	19	31	70	102	110	118	122	145	150	160	170	170
% gek. Samen	0	0	0	7	9,5	15,5	35	51	55	59	61	72,5	75	80	85	85
<u>15°C MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	7	30	63	74	95	100	116	120	145	145	150	156	156
% gek. Samen	0	0	0	3,5	15	31,5	37	47,5	50	58	60	72,5	72,5	75	78	78
<u>15°C Quarzsand</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	30	78	86	101	120	145	145	147	147	154	154	154	154	154
% gek. Samen	0	0	15	39	43	50,5	60	72,5	72,5	73,5	73,5	77	77	77	77	77

7 Anhangsverzeichnis

170

Anhang 28, Fortsetzung: Keimverlauf einer Samenpopulation der *Delphinium-Pacific-Hybride* 'Astolat'

Tage	3	6	9	13	17	21	24	28	32	35	38	42	45	49	52	56
<u>Temp. Medien</u>																
<u>20°C 1/2 KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	6	20	39	46	68	70	84	90	128	130	134	134	134
% gek. Samen	0	0	0	3	10	19,5	23	34	35	42	45	64	65	67	67	67
<u>20°C KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	1	18	22	34	40	60	81	90	118	120	122	128	128
% gek. Samen	0	0	0	0,5	9	11	17	20	30	40,5	45	59	60	61	64	64
<u>20°C 1/2 MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	3	26	42	48	69	72	81	100	116	120	125	135	135
% gek. Samen	0	0	0	1,5	13	21	24	34,5	36	40,5	50	58	60	62,5	67,5	67,5
<u>20°C MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	2	16	30	44	63	86	102	110	139	139	139	139	139
% gek. Samen	0	0	0	1	8	15	22	31,5	43	51	55	69,5	69,5	69,5	69,5	69,5
<u>20°C Quarzsand</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	56	70	116	160	200	200	200	200	200	200	200	200	200
% gek. Samen	0	0	0	28	35	58	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<u>25°C 1/2 KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	0	0	7	20	32	38	48	56	73	80	86	92	92
% gek. Samen	0	0	0	0	0	3,5	10	16	19	24	28	36,5	40	43	46	46

7 Anhangsverzeichnis

171

Anhang 28, Fortsetzung: Keimverlauf einer Samenpopulation der *Delphinium-Pacific-Hybride* 'Astolat'

Tage	3	6	9	13	17	21	24	28	32	35	38	42	45	49	52	56
<u>Temp. Medien</u>																
<u>25°C KC</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	0	0	4	18	22	44	51	56	61	68	74	81	81
% gek. Samen	0	0	0	0	2	9	11	22	25,5	28	30,5	34	37	40,5	40,5	40,5
<u>25°C 1/2 MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	0	0	3	18	34	36	39	50	70	80	80	96	96
% gek. Samen	0	0	0	0	0	1,5	9	17	18	19,5	25	35	40	40	48	48
<u>25°C MS</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	0	0	9	9	9	12	19	21	24	26	31	31	31
% gek. Samen	0	0	0	0	0	4,5	4,5	4,5	6	9,5	10,5	12	13	15,5	15,5	15,5
<u>25°C Quarzsand</u>																
Anz. gek. Samen	0	0	0	1	9	18	25	38	40	58	58	58	58	58	58	58
% gek. Samen	0	0	0	0,5	4,5	9	12,5	19	20	29	29	29	29	29	29	29

Anhang 29: Zusammensetzung von mod. MS-Medium und mod. KC-Medium für die Samenkeimung

	mod. MS-Medium	mod. KC-Medium
Makronährelemente	(mg/l)	(mg/l)
KNO ₃	-	1900
(NH ₄) ₂ SO ₄	500	-
NH ₄ NO ₃	500	1650
Ca(NO ₃) ₂ x 4H ₂ O	500	-
CaCl ₂ x 2H ₂ O	-	440
KH ₂ PO ₄	250	170
MgSO ₄ x 7H ₂ O	250	370
KCl	250	-
MnSO ₄ x 4H ₂ O	7,0	-
MnSO ₄ x H ₂ O	-	16,9
ZnSO ₄	1,0	-
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	-	8,6
H ₃ BO ₃	1,0	6,2
NaFeEDTA	-	37,5
Fetrilon	20	-
Mikronährelemente		
KJ	1,0	0,83
AlCl ₃	0,03	-
Na ₂ MoO ₄ x H ₂ O	-	0,25
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,03	0,025
CoCl ₂ x 6H ₂ O	-	0,025
NiCl ₃ x 6H ₂ O	0,03	-
Vitamine		
Thiamin	0,1	0,1
Nicotinsäure	0,5	0,5
Pyridoxin	0,5	0,5
myo-Inosit	100	100
Saccharose	25 g/l	25 g/l
pH-Wert	5,7	5,7
Agar	5,10	5,10
Phytohormone		
NEK	0,1 mg/l	0,1 mg/l
BAP	1,0 mg/l	1,0 mg/l

Temperatur: 20°C

Anhang 30: Keimbeginn einer Samenpopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur und der Nährmedien

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Temperatur	3	2153,2	717,7	378,8	0,0000
Medium	4	336,4	84,1	44,4	0,0000
WW	12	223,2	18,6	9,8	0,0000
Fehler	180	341,1	1,9		
Total	199	3053,9			
GD _{5%} = 2,0					

Anhang 31: Mittlere Keimzeit einer Samenpopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur und den Nährmedien

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Temperatur	3	1134,0	378,0	66,5	0,0000
Medium	4	2893,7	723,4	127,2	0,0000
WW	12	935,6	78,0	13,7	0,0000
Fehler	180	1023,7	5,7		
Total	199	5987,0			
GD _{5%} = 3,5					

Anhang 32: Keimfähigkeit einer Samenpopulation der *Delphinium*-Pacific-Hybride 'Astolat' in Abhängigkeit von der Temperatur und den Nährmedien (transfr. nach $(\arcsin(0,01x))^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Temperatur	3	20844,2	6948,1	286,4	0,0000
Medium	4	2342,6	585,7	24,1	0,0000
WW	12	12883,0	1073,6	44,3	0,0000
Fehler	180	4366,7	24,3		
Total	199	40436,5			
GD _{5%} = 7,2%					

Anhang 33: Einfluss der Ammoniumnitrat/Kaliumnitratkonzentration auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	3	0,77	0,27	11,50	0,0000
N-Konzentr	3	7,57	2,52	113,18	0,0000
WW	9	1,61	0,18	8,01	0,0000
Fehler	144	3,21	0,022		
Total	159	13,15			
GD 5% = 0,21					

Anhang 34: Einfluss der Belichtungsdauer auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	3	4,07	1,36	43,06	0,0000
Belichtungsdauer	2	5,00	2,50	79,41	0,0000
WW	6	2,33	0,39	12,35	0,0001
Fehler	108	3,40	0,03		
Total	119	14,80			
GD _{5%} = 0,26					

Anhang 35: Einfluss der Temperatur auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	3	7,4	2,5	17,2	0,0000
Temperatur	3	31,0	10,3	92,8	0,0000
WW	9	20,3	2,2	8,8	0,0000
Fehler	144	20,7	0,144		
Total	159	79,4			
GD _{5%} = 0,58					

Anhang 36: Einfluss der D(+)Saccharose-Konzentration auf die Sprossvermehrungsrate verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	3	4,10	1,35	95,41	0,0000
S-Konzentr.	2	0,95	0,48	3,36	0,0384
WW	6	4,07	0,69	47,84	0,0000
Fehler	108	1,53	0,014		
Total	119	9,76			
GD _{5%} = 0,18					

Anhang 37: Einfluss verschiedener Cytokinine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf die Sprossvermehrungsrate des Klons 91-AS-19/25

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Cytokinine	2	5,12	2,57	180,02	0,0000
Konzentr.	4	2,59	0,65	45,40	0,0000
WW	8	3,57	0,45	31,28	0,0000
Fehler	135	1,93	0,0142		
Total	149	13,23			
GD _{5%} = 0,16					

Anhang 38: Einfluss verschiedener Auxine mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen des Klons 91-AS-19/20 (transfr. nach $(\arcsin(0,01x))^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Auxine	2	31752,4	15876,2	426,0	0,0000
Auxin-Konzentr.	5	28510,3	5702,1	153,0	0,0000
WW	10	17869,9	1787,0	48,0	0,0000
Fehler	162	6036,9	37,3		
Total	179	84169,5			
GD _{5%} = 9,5%					

Anhang 39: Einfluss des Auxins IBS mit unterschiedlichen Konzentrationen auf den Anteil bewurzelter Pflanzen verschiedener Klone aus den Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl' (transfr. nach $(\arcsin(0,01x))^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	2	16666,53	8333,23	394,71	0,0000
Auxin-Konzentr.	5	11046,47	2209,29	104,65	0,0000
WW	10	8462,06	846,21	40,08	0,0000
Fehler	162	3420,17	21,11		
Total	179	39595,23			
GD _{5%} = 7,2%					

Anhang 40: Einfluss des Auxins IBS mit unterschiedlichen Konzentrationen auf die Anzahl Hauptwurzeln bei verschiedenen Klonen der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	2	252,81	126,41	148,47	0,0000
Auxin-Konzentr.	5	288,71	57,74	67,82	0,0000
WW	10	221,53	22,15	26,02	0,0000
Fehler	162	137,93	0,85		
Total	179	900,98			
GD _{5%} = 1,30					

Anhang 41: Einfluss von IBS unterschiedlicher Konzentration auf die durchschnittliche Wurzellänge verschiedener Klone der Sorten 'Astolat' und 'Blaustrahl'

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	2	13.82	6.91	85.49	0,0000
Auxin-Konzentr.	5	65.20	13.04	161.29	0,0000
WW	10	35.47	3.55	43.88	0,0000
Fehler	162	13.10	0.81		
Total	179	127.59			
GD _{5%} = 0,40					

Anhang 42: Einfluss unterschiedlicher Kulturbedingungen während der 1. Akklimatisationsphase auf den Bewurzelungserfolg zweier Klone der Sorte 'Astolat' (transfr. nach $(\arcsin(0,01x))^{0,5}$)

Varianzursache	FG	SQ-Werte	MQ-Werte	F-Werte	F>FTab.
Genotypen	1	11947,5	11947,5	127,5	0,0000
Gew./Klimak.	3	44082,5	14694,2	156,8	0,0000
WW	3	3621,7	1207,2	12,9	0,0000
Fehler	72	6746,8	93,7		
Total	79	66398,4			
GD _{5%} = 10,4%					

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Hornig geb. Neitzel, Marina
Geburtstag: 13.07.1959
Geburtsort: Berlin
Staatsangeh.: deutsch
Fam.-Stand.: verheiratet, 1 Tochter: Yasmin

Schulbildung:

04/66 - 03/72 Besuch der Grundschule in Berlin
04/72 - 06/78 Besuch des Rückert-Gymnasiums in Berlin

Berufsausbildung:

09/78 - 07/80 Lehre als Zierpflanzen- und Staudengärtnerin in der
Gemeinschaftsgärtnerei Süd, Berlin-Tempelhof
09/80 - 02/84 Gartenbaustudium an der Technischen Fachhochschule Berlin
Schwerpunkte: Betriebs- und Marktlehre, Pflanzenproduktion
(Zierpflanzen- und Gemüsebau)
10/86 - 03/91 Gartenbaustudium an der Universität Hannover
Schwerpunkte: Pflanzenproduktion im Bereich Zierpflanzen und
Gemüse, Abschluß: Diplom - Agraringenieurin Gartenbau
09/97 - 07/98 Besuch des Waldorfseminars an der Freien Hochschule in
Stuttgart

Berufspraxis:

05/84 - 11/84 Abschätzung von Kleingartenanlagen, Kartierung von
Straßenbäumen am Gartenbauamt Berlin-Spandau
11/84 - 10/86 Sachbearbeiterin des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens:
"Erhebung über Art und Menge der in Kleingärten
eingesetzten Pflanzenschutzmittel" am Pflanzenschutzamt
Berlin, gefördert durch das Umweltbundesamt,
Planung und Organisation einer Fragebogenaktion, Erhebung
der Daten durch Interviews in den Kleingärten, Auswertung der
Fragebögen, Erstellung des Abschlußberichtes.
Durchführung pflanzenschutzlicher Begehungen in Kleingärten,

Bearbeitung pflanzenschutzlicher Anfragen im Bereich
Zierpflanzen

- 10/87 - 03/90 Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Zierpflanzenbau
der Universität Hannover, Bereich in vitro Vermehrung
- 11/90 - 12/90 Gärtnerin im Gartencenter der Fa. Pluta, Berlin
(Friedhofspflege, Weihnachtsgeschäft)
- 06/91 - 07/91 Gärtnerin bei der Fa. Jansen, Galabau, Hannover
- 08/91 - 07/94 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Obstbau und
11/95 - 10/96 Baumschule der Universität Hannover
- 05/98 - 09/98 Laborleiterin bei der Fa. Hummel, Stuttgart (in vitro Vermehrung von
Erdbeeren, Gerbera und Gehölzen)
- 11/98 - 08/99 Büro Schnabl (Stuttgart), freier Finanzdienstleister
(Neubauimmobilien, PKV, Investmentfonds), Telefonakquise und
Außendienst
- 09/99 - 07/00 freie Mitarbeiterin der Deutschen Proventus AG, Büro Schwerin
(freier Finanzdienstleister), Telefonakquise, Außendienst, Beratung
- 11/00 - 07/03 freie Mitarbeiterin des Demeter-Hofes Medewege, Gemüse-Abo.,
Milchküche (Herstellung von Molkereiprodukten)
- seit 03/01 freie Mitarbeiterin der Fa. Neudorff, Kundenberatung und Verkauf im
Bereich Düngung und Pflanzenschutz
- seit 09/03 freie Mitarbeiterin der Fa. GG-Saaten GmbH, Sarstedt
- 09/94 - 10/95 Babypause