

**Zeitschrift:** Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Stiftung Rübel

**Band:** 43 (1974)

**Artikel:** Konkurrenzuntersuchungen zwischen nah verwandten Arten von *Scabiosa columbaria* L.s.l.

**Autor:** Grossmann, F. / Landolt, E. / Gigon, A.

**Kapitel:** 3: Verhalten der Arten in Reinkulturen

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-377683>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

- $K_{wB}$  : mit *Bromus erectus* bei warmer Temperatur
- $K_{kc}$  : mit *S. columbaria* bei kühler Temperatur
- $K_{kg}$  : mit *S. gramuntia* bei kühler Temperatur
- $K_{kl}$  : mit *S. lucida* bei kühler Temperatur
- $K_{k2}$  : mit den beiden anderen Arten bei kühler Temperatur

In den Tabellen 6 bis 15 wurden die Mittelwerte auf die nächste ganze Zahl auf- oder abgerundet. In Klammern sind die Standardabweichungen beigefügt.

### 3. Verhalten der Arten in Reinkulturen

#### 3.1 Entwicklung der Pflanzen

Als Beispiel für die Entwicklung der Pflanzen im Laufe der Versuchsdauer sei *S. gramuntia* unter 4 verschiedenen Bedingungen aufgeführt (Tabelle 6). *S. columbaria* und, soweit untersucht, *S. lucida* verhalten sich ähnlich, wenn auch besonders im Blühbeginn gewisse Unterschiede auftreten.

Die jungen Pflanzen überwintern mit einer Blattrosette; bei älteren Pflanzen sind es meist mehrere dicht beieinanderliegende Rosetten. Vom Frühjahr bis in den Juni wird die Rosette durch Blattneubildungen vergrößert. Dann bildet sich im Zentrum der Rosette ein Stengel, und die Rosettenblätter sterben meist ab. Die ersten Köpfchen blühen frühestens im Juni. Im August und September erreicht der Stengel die maximale Höhe; nachher sterben die höchsten Triebe teilweise ab. Einzelne Stengelteile bleiben im Freien bis in den Dezember grün und können sogar teilweise noch blühen, aber nicht mehr fruchten. Im Laufe des späteren Sommers bilden sich am Grunde des Stengels neue, seitliche Rosetten, die überwintern. Die Pflanzen sind sowohl in Kultur wie in der Natur relativ kurzlebig. Dies hängt damit zusammen, dass die Rosetten sich kaum adventiv bewurzeln und deshalb auch nicht verselbständigen können.

Die Unterschiede der Messergebnisse zwischen 1968 und 1969 liegen wahrscheinlich weniger darin, dass die Messungen im Juni und August 1969 13 bzw. 7 Tage später durchgeführt wurden als 1968 (die Entwicklung war 1969 allgemein etwas verspätet, wie der Blühbeginn zeigt), sondern an den verschiedenen Konkurrenzbedingungen. Im November 1968 sind in den Kulturgefäßen die Hälfte

Tabelle 6. Jahreszeitliche Entwicklung von *S. gramuntia* unter verschiedenen Bedingungen  
(in Klammer die Standardabweichungen)

Bedingung	Jahr	Pflanzen- zahl	Rosettendurchmesser in cm		Höhe in cm	Köpfchenzahl					Blühbeginn (Tage nach dem 1.VI.)	abgestor- bene Pflanzen in %
			IV	VI		VIII	XI	IV	VI	VIII		
G <sub>45</sub> D <sub>30</sub>	1968	20	12(2)	24(4) +	0 32(11)	118(19)	130(19)	0 0	38(25)	128(79)	33(4)	0
	1969	13	23(7) +	0 45(25)	95(31)	0 0	78(55)	196(122)	46(15)	33		
	1970	5		0 53(33)	0 0	0 0	0 0	0 0	65(16)	90		
	1971	2										
G <sub>45</sub> D <sub>0</sub>	1968	20	13(3)	20(4) +	0 22(11)	93(19)	79(21)	0 0	8(4)	16(14)	43(8)	0
	1969	16	17(3) +	0 22(9)	62(16)	0 0	9(5)x	22(12)	51(15)	24		
	1970	6		0 64(7)	0 0	0 0	0 0	0 0	56(3)	90		
	1971	2										
T <sub>w</sub>	1968	24	15(6)	15(7)15(11)+23(8) <sup>o</sup>	0 54(12)	59(18)	39(35)	0 4(3)*	26(17)	29(17)	5(10)	0
	1969	10	17(5)11(5) +	0 69(9)	79(13)	0 0	5(5)	35(15)	43(22)	13(4)	17	
	1970	5		0 46(12)	0 0	0 0	0 0	0 0	20(10)	58		
	1971	5										
T <sub>k</sub>	1968	12	17(3)	22(5)17(7)+ 9(3)	0 13(3)	54(29)	73(18)	0 0	0	5(3)	103(11)	0
	1969	6	16(3) +	0 27(8)	58(27)	0 0	1(1)*	9(4)	73(19)	0		
	1970	4		0 59(24)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	50		
	1971	3										

G<sub>45</sub>D<sub>30</sub> Grundwasserbecken im Freien; Grundwasserstand hoch; stark gedüngt

G<sub>45</sub>D<sub>0</sub> Grundwasserbecken im Freien; Grundwasserstand hoch; nicht gedüngt

T<sub>w</sub> Kulturgefäße im warmen Gewächshaus

T<sub>k</sub> Kulturgefäße im kühlen Gewächshaus

+ Rosettenblätter zum Teil verdorrt und deshalb nicht in das Mittel einbezogen bzw. alle verdorrt

o ein grosser Teil der Stengel verdorrt

x einzelne Pflanzen noch ohne Köpfchen und nicht mitgemessen

der Pflanzen weggenommen worden; ebenso wurde die halbe Fläche jedes Abteils der Grundwasserbecken geräumt, um Trockengewichtsbestimmungen durchzuführen. Die dadurch für viele Pflanzen geringere Konkurrenz wurde 1969 durch die neu aufkommenden Keimpflanzen erst teilweise ausgeglichen. Dies wirkte sich insbesondere in einer Erhöhung der mittleren Köpfchenzahl aus. Im allgemeinen verlief aber die Entwicklung 1969 ähnlich wie 1968. Dagegen fallen die Werte für 1970 gegenüber früheren Jahren deutlich ab; dies wohl vor allem wegen dem aufkommenden Konkurrenzdruck der zum Teil bereits zweijährigen Jungpflanzen. Für die Darstellung der Ergebnisse wurden deshalb fast nur Messwerte aus dem Jahre 1968 berücksichtigt, und auch von diesen nur die Maximalwerte (Juniwerte des Rosettendurchmessers, Augustwerte der Stengelhöhe, Novemberwerte der Köpfchenzahl), da die Unterschiede zwischen verschiedenen Arten und zwischen verschiedenen Standortsbedingungen hier am besten zutage treten.

Im Frühjahr 1975 wurden je 10 dreimonatige Pflanzen der 3 Arten zur Beobachtung der Wurzelentwicklung in einem Grundwasserbecken von mittleren Nährstoffbedingungen, tiefem Grundwasserstand und natürlichen Niederschlagsverhältnissen angepflanzt. Ende Oktober wurden die Pflanzen wieder ausgegraben und die Wurzeln gemessen und gewogen. Es zeigte sich, dass die Wurzeln aller drei Arten innerhalb einer Vegetationsperiode im Mittel zwischen 125 und 130 cm tief wuchsen und dass das Weiterwachsen verschiedener Einzelpflanzen offenbar durch den Grundwasserspiegel bei 145 cm gehemmt wurde (grösste Wurzeltiefe 150 cm, siehe Tabelle 12). Auch aus der Natur ist bekannt, dass *S. columbaria* sehr tief wurzeln kann. BORNKAMM (1958) stellte in Mesobrometen bei Göttingen eine mittlere Wurzeltiefe von 70 cm fest.

### 3.2 Einfluss der Randlage

Um abzuklären, ob auch die randständigen Pflanzen in die Auswertung einbezogen werden dürfen, wurden die Werte von randständigen und mittelständigen Pflanzen getrennt notiert.

Ganz allgemein konnte beobachtet werden, dass sich die am Rand gewachsenen Pflanzen besser entwickelten als jene der Mitte (Tabelle 7). Der Rosettendurchmesser und die Köpfchenzahl zeigen gut gesicherte Unterschiede (s. Tab. 4, Vergleich 0). Die Rosetten der randständigen Pflanzen waren im Juni 1968 bei *S. columbaria* im Mittel 15 % grösser als jene der nicht rand-

Tabelle 7. Unterschiede zwischen randständigen und mittelständigen Pflanzen  
(in Klammer Mittelwert/Standardabweichung aller Pflanzen)

Bedingungen	S. columbaria			S. gramuntia			
	Art	Rosetten- durchmesser in cm	Höhe in cm	Köpfchen- zahl	Rosetten- durchmesser in cm	Höhe in cm	Köpfchen- zahl
	Monat	VI	VIII	XI	VI	VIII	XI
G <sub>45</sub> D <sub>0</sub>		-1,2(15/2)	4,7(52/10)	1,9(10/ 4)	2,7(20/4)	0,7( 93/20)	9,0( 16/ 14)
G <sub>45</sub> D <sub>3</sub>		2,9(16/4)	-6,0(55/14)	3,2(20/ 7)	1,5(20/4)	-11,9( 84/20)	17,9( 32/ 20)
G <sub>45</sub> D <sub>30</sub>		7,0(24/5)	4,9(67/11)	0,0(66/40)	2,0(24/4)	-16,3(118/19)	43,0(128/ 79)
G <sub>145</sub> D <sub>0</sub>		0,9(14/4)	-4,8(54/11)	5,2(17/11)	6,4(20/6)	12,3( 83/25)	28,9( 34/ 27)
G <sub>145</sub> D <sub>3</sub>		4,7(15/4)	1,5(61/12)	9,6(27/17)	2,6(20/4)	11,1(106/23)	20,8( 41/ 25)
G <sub>145</sub> D <sub>30</sub>		-0,7(24/5)	-7,2(66/12)	7,7(52/29)	0,8(28/5)	10,0(124/27)	76,4(144/103)
B <sub>7</sub> G <sub>45</sub>		3,5(16/4)	1,3(54/15)	7,5(22/16)	4,4(19/5)	14,9(101/24)	8,7( 23/ 11)
B <sub>7</sub> G <sub>95</sub>		4,3(17/4)	9,4(57/13)	4,1(17/11)	-0,2(17/4)	4,1( 84/23)	3,1( 15/ 9)
B <sub>7</sub> G <sub>145</sub>		4,0(13/3)	-0,7(52/ 8)	13,3(18/ 9)	1,0(16/4)	2,4( 92/23)	7,1( 24/ 15)
B <sub>28</sub> G <sub>45</sub>		2,2(14/3)	2,2(56/15)	11,7(17/12)	2,9(19/4)	4,6( 87/19)	0,5( 27/ 16)
B <sub>28</sub> G <sub>95</sub>		1,8(16/4)	1,7(59/14)	9,5(28/18)	0,8(18/4)	9,4( 96/23)	10,8( 37/ 21)
B <sub>28</sub> G <sub>145</sub>		0,7(11/2)	6,8(41/12)	1,5(15/11)	2,3(14/2)	5,7( 64/21)	14,9( 27/ 20)

Die Bedingungen sind in Tabelle 3 erklärt.

ständigen Pflanzen und die Köpfchenzahl im November 1968 30 % grösser. Auf die Höhe hat die Randlage meist keinen Einfluss. Bei *S. gramuntia* ist der "Randeffekt" eher noch grösser als bei *S. columbaria*.

Die bessere Wuchsleistung der randständigen Pflanzen ist teilweise durch mehr Licht und geringere räumliche Einengung bedingt; mehr noch spielt die geringere Wurzelkonkurrenz eine Rolle. Nur dadurch lässt sich die Wirkung auf den Rosettendurchmesser im Juni erklären, da dann noch keine Konkurrenz um Licht und Raum herrschte. Bei geringer nutzbarer Bodentiefe (hoher Grundwasserstand) steht den randständigen Pflanzen zusätzlich verhältnismässig mehr Wurzelraum zur Verfügung als bei tiefgründigem Boden.

Um die Individuenzahl nicht auf die Hälfte vermindern zu müssen, wurden in der Folge die randständigen Pflanzen ebenfalls zur Auswertung herangezogen, auch wenn dadurch die Mittelwerte bei hohem Grundwasserstand etwas mehr erhöht wurden als bei tiefem.

### 3.3 Einfluss der Pflanzdichte

Zur Abklärung wie stark die 18 cm voneinander entfernt stehenden Pflanzen der gleichen Art sich gegenseitig konkurrenzieren, wurden im warmen Gewächshaus drei verschiedene Pflanzdichten miteinander verglichen: 6 Pflanzen, 3 Pflanzen und 1 Pflanze pro Kulturgefäss. Die Resultate sind in der Tabelle 8 zusammengestellt. Infolge der geringen Zahl der Wiederholungen (4 Kulturgefässe für jede Bedingung) sind die Ergebnisse nicht gut gesichert; dies gilt besonders für die einzel wachsenden Pflanzen. Gesicherte Unterschiede zeigen sich in der Köpfchenzahl (Abb. 3) sowie im Spross- und Wurzelgewicht zwischen den Pflanzen der Bestandesdichte 3 und 6. Im Mittel betragen die Werte der Bestandesdichte 3 etwa das Doppelte jener der Bestandesdichte 6. Stoffproduktion und Köpfchenzahl sind also pro Gefäss ungefähr gleich gross, unabhängig davon, ob sich darin 3 oder 6 Pflanzen befinden. KNAPP (1967) erhielt in Versuchen mit *Agrostis alba*, *Festuca rubra* und *Lotus corniculatus* ähnliche Resultate, ebenso KLAPP (1954) für den Ertrag von Wiesen mit unterschiedlicher Saaddichte. Rosettendurchmesser und Höhe zeigen für die verschiedenen Pflanzdichten nur unwesentliche Unterschiede.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass 1 Pflanze pro Gefäss den Wurzelraum nicht völlig ausnützen kann, dass aber 3 Pflanzen bereits das

Optimum der Stoffproduktion unter den gegebenen Bedingungen erreichen und den gesamten Wurzelraum auszunützen vermögen, also miteinander in Konkurrenz treten. Der Pflanzabstand von 18 cm (6 Pflanzen pro Gefäss) gewährleistet zumindest im warmen Gewächshaus eine intensive Konkurrenz zwischen den einzelnen Pflanzen.

Tabelle 8. Einfluss der Pflanzdichte in der warmen Gewächshauskammer (1968) (in Klammer die Standardabweichungen)

Art	Pflanzen pro Gefäss	Merkmal	Rosetten- durchmes- ser in cm	Höhe in cm	Köpfchen- zahl	Trockengewicht in 0,1 g			
								Spross	Wurzel
						Monat	VI	VIII	XI
<i>S. columbaria</i>	1		20 (6)	32 (17)	41 (21)	-	-		
	3		19 (5)	42 (17)	57 (51)	124 (67)	29 (7)		
	6		16 (4)	40 (11)	27 (18)	66 (30)	16 (7)		
<i>S. gramuntia</i>	1		16 (5)	76 (26)	119 (122)	359 (346)	19 (11)		
	3		15 (8)	64 (9)	64 (37)	97 (37)	19 (15)		
	6		15 (6)	59 (18)	29 (17)	60 (34)	12 (7)		
<i>S. lucida</i>	1		16 (4)	15 (4)	13 (5)	-	-		
	3		12 (4)	21 (9)	13 (15)	60 (49)	17 (12)		
	6		12 (4)	17 (9)	6 (6)	22 (23)	11 (7)		

- keine Messungen

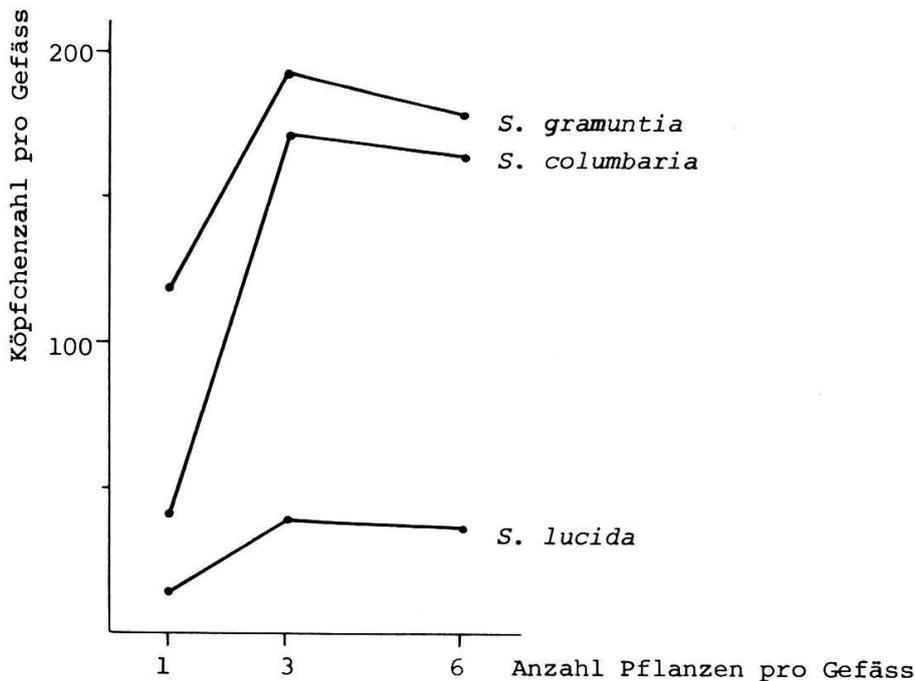


Abb. 3. Einfluss der Pflanzdichte auf die Köpfchenzahl

### 3.4 Einfluss der Düngung

Durch die Düngung wurden bei beiden untersuchten Arten alle Merkmale sehr stark beeinflusst (Tabelle 9). Zwischen den ungedüngten und den stark gedüngten Flächen sind die Unterschiede überall gesichert (vgl. Tabelle 4). Besonders eindrücklich sind die Unterschiede in der Köpfchenzahl und im Trokengewicht des Sprosses. Das Verhältnis der Köpfchenzahlen von *S. gramuntia* auf stark gedüngten (entsprechend jährlich 30 g Stickstoffzufuhr pro m<sup>2</sup> Fläche), schwach gedüngten (entsprechend jährlich 3 g Stickstoffzufuhr pro m<sup>2</sup> Fläche) und ungedüngten Flächen beträgt für beide untersuchten Jahre und bei beiden Grundwasserständen (45 cm und 145 cm unter der Bodenoberfläche) 9 zu 2 zu 1 (Abb. 4). Für *S. columbaria* ist das Verhältnis bei hohem Grundwasserstand ähnlich, bei tiefem dagegen 3 zu 1,5 zu 1. Das entsprechende Verhältnis für Sprossgewichte ist für beide Arten bei hohem Grundwasserstand ähnlich (9 zu 2 zu 1), bei tiefem dagegen für *S. columbaria* etwa 2 zu 1 zu 1 und für *S. gramuntia* 4 zu 1 zu 1. Die Streuung der Werte für Sprossgewichte ist allerdings so gross, dass die Verhältniszahlen nur Hinweise geben können. Am wenigstens wird die Stengelhöhe durch die Düngung beeinflusst. Der Unterschied ist aber auch hier gesichert. Pflanzen der ungedüngten Flächen sind im Mittel nur 20 % weniger hoch als jene der stark gedüngten. Die Düngung

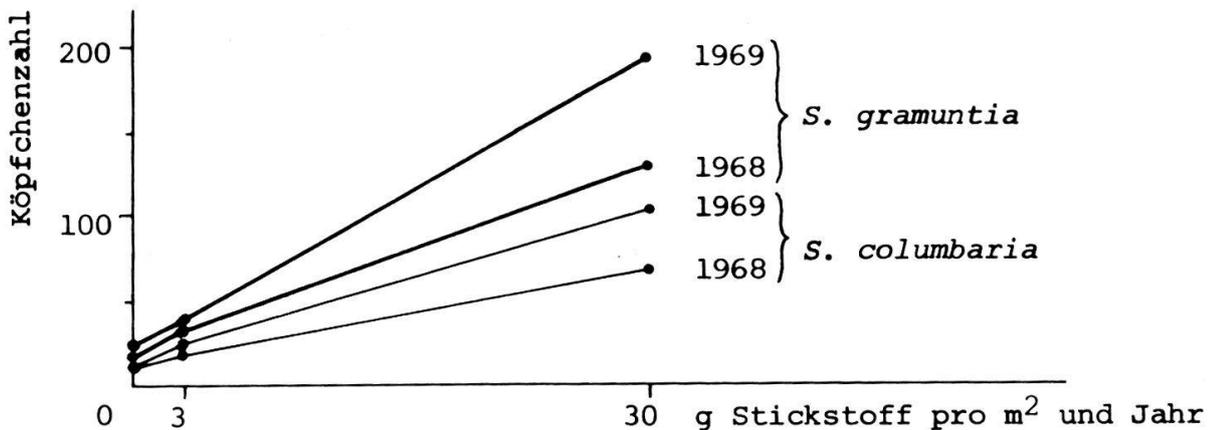


Abb. 4. Köpfchenzahl bei verschiedenen Düngungsstufen und hohem Grundwasserstand

Tabelle 9. Einfluss der Düngung in den Grundwasserbecken unter natürlichen Niederschlagsverhältnissen  
(in Klammer die Standardabweichung)

Merkmal	Rosetten- durchmesser in cm		Höhe in cm		Köpfchen- zahl		Trockengewicht in 0,1 g		Blühbeginn		abgestor- bene Pflanzen in %			
	VI. 1968	VI. 1969	VIII. 1968	VIII. 1969	XI. 1968	XI. 1969	Spross	Wurzel	Tage nach dem 1.VI.	1968		1969		
Monat	VI.		VIII.		XI.		XI.		1968		IV.			
Jahr	1969		1969		1969		1968		1968		1971			
Art	D	G												
<i>S. columbaria</i>	0	45	15(2)	14(3)	52(10)	43(10)	10(4)	10(10)	31(12)	18(10)	32(13)	48(15)	5	14
	0	145	15(4)	19(6)	54(12)	49(15)	17(11)	27(15)	96(60)	18(6)	30(13)	45(17)	0	9
	3	45	16(4)	20(5)	55(14)	50(13)	20(7)	24(16)	64(24)	23(6)	29(12)	47(15)	0	48
	3	145	16(4)	21(6)	61(12)	60(17)	27(17)	38(31)	109(103)	33(17)	33(11)	38(12)	0	24
	30	45	24(5)	32(14)	68(11)	65(14)	66(41)	101(76)	271(252)	43(26)	26(12)	39(14)	43	100
	30	145	24(5)	25(15)	66(12)	54(26)	52(29)	82(108)	183(100)	41(29)	27(11)	33(9)	57	100
<i>S. graminia</i>	0	45	20(4)	17(3)	93(20)	63(16)	16(14)	22(12)	57(54)	11(6)	42(8)	50(15)	24	90
	0	145	20(6)	21(8)	83(25)	77(26)	34(27)	33(28)	130(125)	18(14)	41(8)	55(12)	5	57
	3	45	20(4)	20(6)	84(20)	80(29)	32(20)	39(27)	117(91)	32(29)	40(8)	56(8)	17	50
	3	145	20(4)	21(7)	107(23)	93(31)	41(25)	61(43)	88(77)	14(10)	41(7)	52(8)	14	67
	30	45	24(4)	23(7)	118(19)	95(32)	128(79)	196(122)	516(313)	46(31)	33(4)	45(15)	33	90
	30	145	28(5)	30(8)	124(27)	94(33)	144(103)	304(220)	414(163)	37(17)	33(4)	50(8)	19	71

Bedingungen: D: Düngung, entsprechend g Stickstoffzufuhr pro m<sup>2</sup> Fläche und Jahr

G: Grundwasserstand, in cm unter der Bodenoberfläche

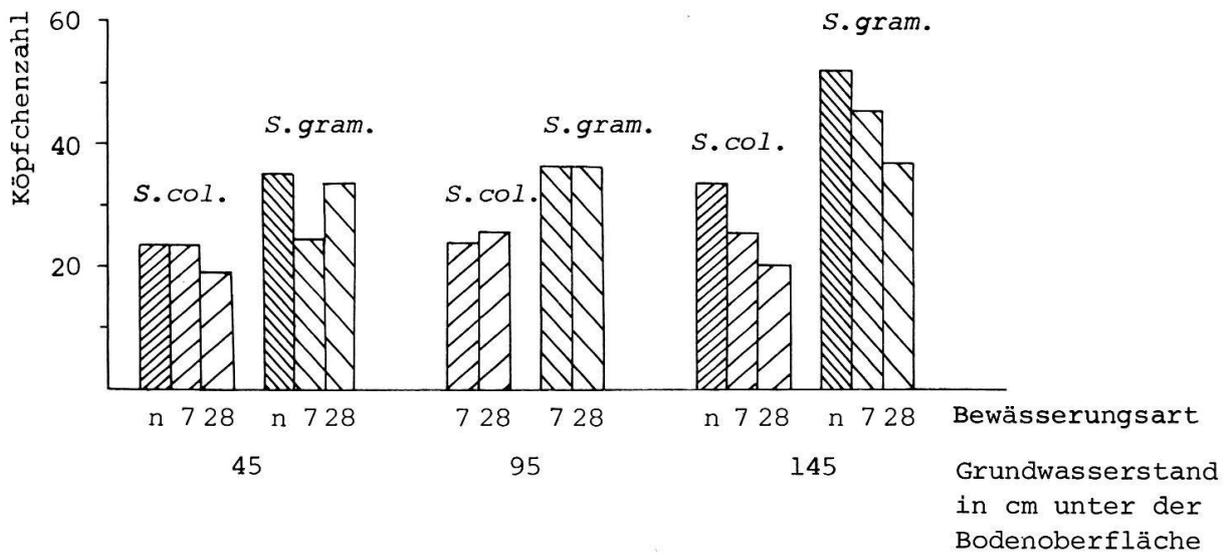
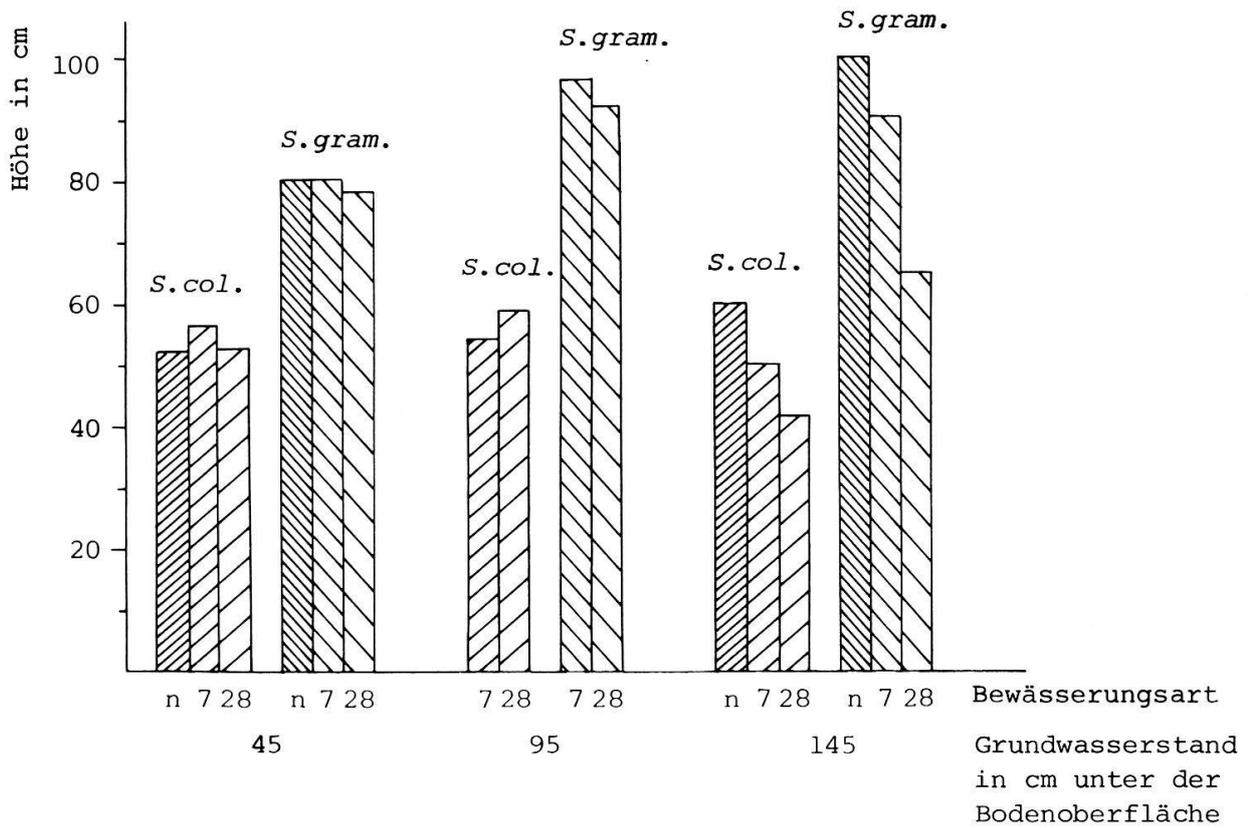
hat auch auf die Lebensdauer einen Einfluss. 3 1/2 Jahre nach Auspflanzung sind bei *S. columbaria* in stark gedüngten Flächen 100 %, in schwach gedüngten 30 % und in ungedüngten 12 % abgestorben. Für *S. gramuntia* sind die Unterschiede weniger deutlich, da auch in ungedüngten Flächen ein höherer Prozentsatz abgestorben ist. Die entsprechenden Zahlen lauten 81 %, 59 % und 74 %. Schliesslich ist auf die Verschiebung des Blühbeginns durch veränderte Nährstoffbedingungen hinzuweisen. Die starke Düngung hat bei beiden Arten und in beiden Jahren eine Vorverlegung des Blühbeginns im Mittel um 4 bis 8 Tage bewirkt (gegenüber dem Blühbeginn auf ungedüngten oder schwach gedüngten Flächen).

Die Unterschiede zwischen stark gedüngten und schwach gedüngten Flächen sind bei beiden Arten und allen Merkmalen gesichert grösser als jene zwischen schwach gedüngten und ungedüngten Flächen.

### 3.5 Einfluss des Grundwasserstandes

Der Einfluss des Grundwasserstandes ist teilweise abhängig von der Düngung und von der Bewässerungsart (Tabellen 9 und 10). Bei starker Düngung (entsprechend jährlich 30 g Stickstoffzufuhr pro m<sup>2</sup> Fläche) und natürlichen Niederschlagsverhältnissen ist für *S. columbaria* der hohe Grundwasserstand (45 cm unter der Bodenoberfläche) günstiger als der tiefe (145 cm unter der Bodenoberfläche), besonders in bezug auf die Köpfchenzahl und das Sprossgewicht, etwas weniger deutlich in bezug auf die Höhe. Bei schwacher oder keiner Düngung wirkt der hohe Grundwasserstand weniger günstig als der tiefe. Die Köpfchenzahl von *S. gramuntia* ist auch in stark gedüngten Flächen bei hohem Grundwasserstand kleiner als bei tiefem. Bei schwacher oder keiner Düngung ist der Unterschied noch grösser.

Man sieht also, dass unter den vorliegenden experimentellen Bedingungen für *S. columbaria* das Wasser zum physiologischen Minimumfaktor werden kann, für *S. gramuntia* eher die Nährstoffe. Die ökologische Bedeutung davon ist, dass *S. columbaria* in der Natur die trockensten Standorte meidet, *S. gramuntia* hingegen kommt an trockeneren Orten vor, wo eine Wachstumseinschränkung durch Nährstoffmangel kaum mehr Bedeutung im Konkurrenzkampf hat.



n = natürliche Niederschlagsverhältnisse  
 7 = 7tägige Bewässerungsintervalle  
 28 = 28tägige Bewässerungsintervalle

Abb. 5. Höhe (oben) und Köpfchenzahl (unten) von *S. columbaria* und *S. gramuntia* bei verschiedenem Grundwasserstand und verschiedenen Bewässerungsarten (Mittelwerte von 1968 und 1969)

Wenn die Verhältnisse trocken sind (28tägige Bewässerungsintervalle) wächst der Stengel von beiden Arten dagegen höher bei hohem als bei tiefem Grundwasserstand. Wenn die Bewässerung alle 7 Tage erfolgt, gilt für *S. columbaria* das gleiche (nicht gesichert), während *S. gramuntia* bei tiefem Grundwasserstand höher wächst, eine grössere Köpfchenzahl und grösseres Spross- und Wurzelgewicht hat.

Unter natürlichen Niederschlagsverhältnissen wachsen beide Arten bei tiefem Grundwasserstand besser als bei hohem. Bei 7tägigen Bewässerungsintervallen verhält sich *S. gramuntia* gleich.

Interessant ist, dass der mittlere Grundwasserstand (95 cm unter der Bodenoberfläche) für die Entwicklung beider Arten fast ebenso gut oder besser ist als der günstigere der beiden extremen Wasserstände. Dies äussert sich vor allem in der Höhe (Abb. 5), in der Köpfchenzahl (Abb. 5) und im Sprossgewicht.

Auf Blühbeginn und Lebensdauer der Arten hat der Grundwasserstand keinen gesicherten Einfluss.

### 3.6 Einfluss der Bewässerungsverhältnisse

Aus der Tabelle 10 und aus der Abbildung 5 ist ersichtlich, dass bei tiefem Grundwasserstand natürliche Niederschlagsverhältnisse eindeutig günstiger sind als Bewässerung mit 7- oder 28tägigen Intervallen; höhere Werte sind für die Höhe, die Köpfchenzahl und das Sprossgewicht festzustellen. Bei hohem Grundwasserstand sind erwartungsgemäss fast keine Unterschiede vorhanden. Zwischen den Flächen mit 7tägigen und mit 28tägigen Bewässerungsintervallen ist nur der Unterschied für die Höhe bei tiefem Grundwasserstand gesichert. Diese ist unter den trockeneren Verhältnissen für beide Arten um 10 bis 30 % geringer.

Der Wassermangel hat offenbar auch eine lebensverkürzende Wirkung, dies vor allem bei tiefem Grundwasserstand für *S. columbaria*, wo der Prozentsatz der abgestorbenen Pflanzen für natürliche Niederschlagsverhältnisse, für 7tägige Bewässerungsintervalle und für 28tägige Bewässerungsintervalle lautet: nach 1 1/2 Jahren: 0 %, 14 %, 48 % und nach 3 1/2 Jahren: 24 %, 33 %, 86 %.

Tabelle 10. Einfluss des Grundwasserstandes und der Beregnung in den Grundwasserbecken bei schwacher Düngung  
(in Klammer die Standardabweichung)

Merkmal	Rosetten- durchmesser in cm		Höhe in cm	Köpfchen- zahl	Trockengewicht in 0,1 g		Blühbeginn Tage nach dem 1.VI.	abgestor- bene Pflanzen in %					
	VI. 1968	VI. 1969			Spross XI. 1968	Wurzel XI. 1969							
Monat	VI.		VIII.	XI.	XI.	XI.	1968	1969	IV.				
Jahr	1968		1968	1968	1968	1968	1968	1969	1971				
Art	G	B											
<i>S. columbaria</i>	45	n	16(4)	20(5)	55(14)	20(7)	24(16)	64(24)	23(6)	29(12)	47(15)	0	48
	45	7	17(4)	20(6)	57(13)	17(11)	28(22)	63(49)	24(11)	36(11)	40(13)	35	45
	45	28	14(3)	20(3)	56(15)	17(12)	20(11)	56(37)	19(8)	33(10)	46(10)	29	52
	95	7	16(4)	22(4)	54(15)	22(16)	34(30)	87(79)	21(7)	35(12)	42(14)	14	38
	95	28	16(4)	21(7)	59(14)	28(18)	33(31)	90(75)	26(9)	32(11)	45(10)	14	57
	145	n	16(4)	21(5)	61(12)	27(17)	38(31)	109(103)	33(17)	33(11)	38(12)	0	24
	145	7	13(3)	23(6)	52(8)	18(9)	31(30)	58(27)	24(9)	34(9)	43(10)	14	33
	145	28	11(2)	19(7)	40(12)	15(11)	27(23)	56(39)	24(7)	36(16)	33(17)	48	86
	<i>S. graminia</i>	45	n	20(4)	20(6)	84(20)	32(20)	39(27)	117(91)	32(29)	40(8)	56(18)	17
45		7	17(4)	23(7)	84(23)	16(9)	32(19)	56(37)	13(8)	41(8)	46(13)	24	57
45		28	19(4)	19(6)	86(19)	27(16)	41(32)	110(75)	21(9)	45(11)	45(18)	19	85
95		7	19(5)	22(8)	101(24)	23(11)	50(30)	121(76)	20(9)	40(7)	51(7)	33	76
95		28	18(4)	23(6)	96(23)	37(21)	36(24)	128(87)	19(10)	41(6)	44(12)	19	76
145		n	20(4)	21(7)	106(23)	40(25)	61(43)	87(77)	14(10)	41(7)	51(8)	14	67
145		7	16(4)	25(8)	92(23)	24(15)	66(42)	72(40)	17(8)	42(8)	47(12)	38	76
145		28	14(2)	22(6)	64(21)	27(20)	44(47)	73(51)	16(10)	44(7)	52(7)	10	90

G: Grundwasserstand, cm unter Bodenoberfläche

B: Beregnung; n: natürliche Niederschlagsverhältnisse;

7: 7tägige Bewässerungsintervalle

28: 28tägige Bewässerungsintervalle

Tabelle 11. Einfluss der Temperatur in den Gewächshäusern (Kulturgefäße mit schwacher Düngung)  
(in Klammer die Standardabweichung)

Merkmal	Rosetten- durchmesser in cm		Höhe in cm		Köpfchenzahl		Trockengewicht in 0,1 g Spross Wurzel Total		Blühbeginn Tage nach (-vor) dem 1.VI.		abgestor- bene Pflanzen in %	
	VI. 1968	VI. 1969	VIII. 1968	VIII. 1969	XI. 1968	XI. 1969	XI. 1968	XI. 1968	1968	1969		
Art S. columbaria	Monat	VI.	VIII.	VIII.	XI.	XI.	XI.	XI.	1968	1968	IV.	
	Jahr	1968	1969	1968	1969	1968	1969	1968	1968	1968	1969	
S. gramuntia	Temperatur											
	Tag/Nacht	30°/20°		40(11) 30(22)		27(18) 3(2)		66(30) 36(13)		-2(15) 83(26)		8 17
S. lucida	Temperatur	170°/70°		59(18) 54(29)		29(17) 5(3)		60(34) 37(14)		4(11) 102(11)		17 0
	Tag/Nacht	30°/20°		79(13) 58(27)		43(22) 9(4)		12(7) 24(19)		12(4) 72(19)		42 50
S. lucida	Temperatur	12(4) 13(5)		17(9) 22(13)		6(6) 5(4)		22(23) 21(19)		-32(9) 19(36)		8 0
	Tag/Nacht	170°/70°		23(13) 29(17)		13(13) 9(6)		11(7) 20(6)		-21(4) 2(7)		67 50

Tabelle 12. Spross- und Wurzelgewicht sowie Wurzellängen von einjährigen Pflanzen in Grundwasserbecken  
(tiefer Grundwasserstand G<sub>145</sub>, mittlere Nährstoffbedingung D<sub>3</sub>, natürliche Niederschlagsverhältnis B<sub>n</sub>, Pflanzabstand 22 cm) (in Klammer die Standardabweichung)

Merkmal	Wurzellänge		Wurzelgewicht in 0,1 g		Sprossgewicht in 0,1 g		Gesamtgewicht		Verhältnis Spross/Wurzel	
			in 0,1 g		in 0,1 g				Spross/Wurzel	
Art S. columbaria	125(26)		164(82)		104(60)		268(100)		0,9(0,6)	
S. gramuntia	130(18)		107(36)		168(93)		275(101)		1,8(1,1)	
S. lucida	128(27)		55(25)		30(29)		84(28)		0,9(1,4)	

-----\*----- Unterschied mit 95% Wahrscheinlichkeit gesichert

### 3.7 Einfluss der Temperatur

Wie zu erwarten ist, hat der Temperaturunterschied grosse Auswirkungen auf die Entwicklung der Pflanzen (Tabelle 11), wobei die einzelnen Arten in vielen Merkmalen ein unterschiedliches Verhalten zeigen (vgl. Kapitel 3.9 und Abb. 6). Für alle Arten gilt, dass das Wurzelgewicht bei kühlen Temperaturen etwa doppelt so gross ist wie bei warmen, während das Sprossgewicht gleich gross (*S. lucida*) oder nur wenig mehr als halb so gross ist (*S. columbaria*, *S. gramuntia*). Aehnlich wie das Sprossgewicht verhält sich auch die Köpfchenzahl. Auf die Lebensdauer der Pflanzen scheinen die Temperaturverhältnisse keinen grossen Einfluss zu haben. Dagegen wird die zeitliche Entwicklung aller 3 Arten durch kühlere Temperaturen verzögert, was sich besonders eindrücklich im späteren Blühbeginn äussert. Die alpine Art *S. lucida* wird deutlich weniger stark betroffen. Die Verzögerung des Blühbeginns beträgt bei *S. lucida* für 1968 52, für 1969 23 Tage, für *S. columbaria* 85 und 72 Tage und für *S. gramuntia* 98 und 60 Tage.

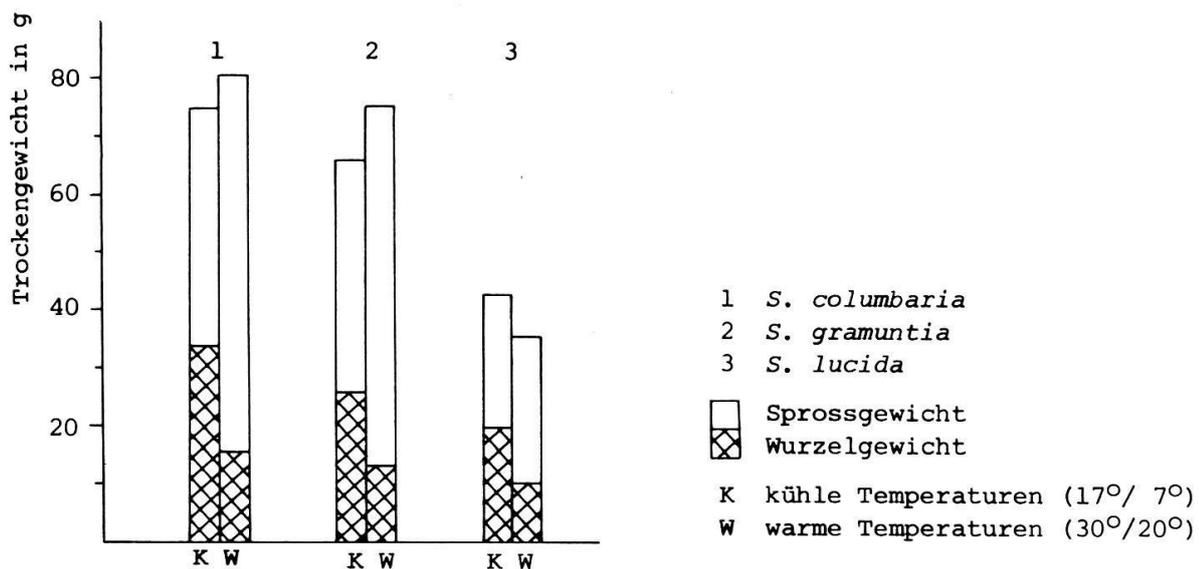


Abb. 6. Einfluss der Temperatur auf das Spross- und Wurzelgewicht

### 3.8 Vergleich der Merkmale

#### 3.8.1 Köpfchenzahl und Sprossgewicht

Von den untersuchten Merkmalen sind Köpfchenzahl und Sprossgewicht sehr eng korreliert und unterscheiden sich meist durch einen konstanten Faktor. Interessanterweise kommt für alle drei Arten in der Regel auf etwa 3,5 g Trockensubstanz des Sprosses im Mittel ein Blütenköpfchen. Nur im Gewächshaus sind die Verhältnisse für *S. columbaria* und *S. gramuntia* verschieden. Dort fällt unter warmen Bedingungen für *S. columbaria* ein Köpfchen auf etwa 2,5 g Sprossgewicht und für *S. gramuntia* auf etwa 2 g. Unter kühlen Bedingungen sind es 1 Köpfchen auf 7 g, bzw. 12 g. Die Erklärung für die Abweichung bei tiefen Temperaturen liegt darin, dass *S. columbaria* und in vermehrtem Masse auch *S. gramuntia* im Herbst 1968 zur Zeit der Köpfchenzählung ihre Entwicklung noch nicht beendet hatten und zahlreiche Köpfchen nicht mehr rechtzeitig aufblühen und fruchten konnten. Für die Abweichung bei warmen Temperaturen mag eine Rolle spielen, dass die oberirdischen Organe im Herbst vor der Wärgung bereits zu einem grossen Teil abgestorben und die meisten Früchte abgefallen waren, so dass das Sprossgewicht im Verhältnis zur Köpfchenzahl kleiner war als in den Grundwasserbecken, wo die Pflanzen noch grösstenteils grüne Stengel besaßen und die Früchte in ihrer Mehrzahl noch nicht abgefallen waren. Die enge Korrelation zwischen Fruchtzahl und Sprossgewicht gilt nicht für alle Pflanzenarten. Nach KNAPP (1967) sollen namentlich hohe Stickstoffgaben oft nur das Sprossgewicht und nicht die Blütenzahl fördern.

Der Einfluss der Düngung auf die Köpfchenzahl bei genügender Grundwasserversorgung geht nahezu linear mit der mengenmässigen Zugabe (vgl. Abb. 4, S.106). Dies bedeutet, dass Skabiosen bis fast zu den Werten der starken Düngung zumindest einen der Nährstoffe noch voll ausnützen können. Dass die Pflanzen in der Natur nur auf relativ nährstoffarmen Böden wachsen, muss deshalb auf die Konkurrenz mit anderen Wiesenarten zurückgeführt werden und liegt nicht im "physiologischen Verhalten" (nach ELLENBERG 1963) begründet.

Die Abhängigkeit der Köpfchenzahl vom Grundwasserstand und von der Bewässerungsart ist komplexer und teilweise artspezifisch. Der hohe Grundwasserstand (45 cm unter der Bodenoberfläche) ist besonders für *S. gramuntia* weniger

günstig als der mittlere (95 cm unter der Bodenoberfläche). Dies muss darauf zurückgeführt werden, dass bei mittlerem Grundwasserstand mehr Boden für die Durchwurzelung zur Verfügung steht. Lange Trockenperioden sind für die Entwicklung der Pflanzen nicht günstig, sofern deren Wurzeln nicht bis zum Grundwasser vordringen können.

Kühle Temperaturen haben gegenüber warmen eine Entwicklungsverzögerung zur Folge, die von Art zu Art verschieden ist. Bei *S. columbaria* und *S. gramuntia* ist die Verzögerung so gross, dass die für die Arten und für die Nährstoff- und Feuchtigkeitsbedingungen charakteristische Köpfchenzahl bei weitem nicht erreicht wird. Das Vorhandensein von Blütenköpfchenanlagen deutet aber darauf hin, dass bei längerer Vegetationsdauer diese charakteristische Zahl auch unter kühlen Bedingungen erreicht würde. Bei *S. lucida*, deren Wachstum durch kühle Temperaturen weniger verzögert wird, sind zwischen den beiden Bedingungen keine grossen Unterschiede in der Köpfchenzahl und im Sprossgewicht zu erkennen.

### 3.8.2 Wurzelgewicht

Die Werte der Wurzelgewichte sind für die Grundwasserbecken mit den tieferen Wasserständen (145cm und 95 cm unter der Bodenoberfläche) durchwegs zu klein, weil nicht tiefer als 30 bis 40 cm gegraben wurde, um die zurückbleibenden Pflanzen nicht zu schädigen. Ihre Abhängigkeit vom Grundwasser lässt sich deshalb nicht verfolgen. Tatsächlich reichen die Wurzeln bereits nach einer Vegetationsperiode bei allen 3 Arten im Mittel bis fast 130 cm tief und wiegen ein Mehrfaches des gemessenen Wertes (s. Tabelle 12). Dagegen zeigen sich gesicherte Korrelationen mit der Düngung und mit der Temperatur. Das Wurzelgewicht ist aber nicht gekoppelt mit dem Sprossgewicht. Es nimmt zwar auch mit der Nährstoffzufuhr zu, aber bedeutend weniger als das Sprossgewicht. Das Verhältnis beträgt für *S. columbaria* und *S. gramuntia* zwischen ungedüngt, schwach gedüngt und stark gedüngt 1 zu 1,5 zu 2,5. Diese Zunahme ist also bei weitem nicht linear mit der Nährstoffkonzentration. Die Temperatur hat gerade den umgekehrten Einfluss auf das Wurzelgewicht wie auf das Sprossgewicht. Das Wurzelgewicht wird durch kühlere Temperaturen gefördert. Es beträgt in den kühlen Gewächshauskammern für alle 3 Arten unge-

fähr das Doppelte der Werte in der um etwa 13<sup>o</sup> wärmeren Gewächshauskammer. KAUTER (1933) erhielt für 8 Wiesengräser bei allerdings gleich hohen Tag- und Nachttemperaturen unterschiedliche Resultate. Von 3 Temperaturen (9<sup>o</sup>, 17<sup>o</sup>, 30<sup>o</sup>) war für alle Arten das Wurzelgewicht bei 9<sup>o</sup> am kleinsten. Die Unterschiede zwischen 17<sup>o</sup> und 30<sup>o</sup> waren oft gering (*Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Trisetum flavescens*, *Dactylis glomerata*); nur für *Lolium italicum* und *Arrhenatherum elatius* war das Wurzelgewicht bei 17<sup>o</sup> deutlich höher als bei 30<sup>o</sup>, für *Agrostis alba* und *Alopecurus pratensis* war es gerade umgekehrt. Dagegen nahm das Verhältnis Sprossgewicht zu Wurzelgewicht bei allen untersuchten Gräsern mit zunehmender Temperatur zu, wie das ähnlich auch für *Scabiosa* gilt (Tabelle 13). Die Werte in Tabelle 12 entsprechen ungefähr jenen aus der kühlen Gewächshauskammer. Tatsächlich sind auch die Mitteltemperaturen während der Vegetationszeit in Zürich ähnlich wie jene in der kühlen Kammer.

Tabelle 13. Verhältnis des Sprossgewichts zum Wurzelgewicht

Art	Temperatur	17 <sup>o</sup> /7 <sup>o</sup>	30 <sup>o</sup> /20 <sup>o</sup>
<i>S. gramuntia</i>		1,5	5
<i>S. columbaria</i>		1	4
<i>S. lucida</i>		1	2

### 3.8.3 Höhe

Die Höhe ist korreliert mit dem Sprossgewicht, allerdings in weit geringerem Mass als die Köpfchenzahl. Die Unterschiede der Höhe zwischen den günstigsten und den schlechtesten Bedingungen sind relativ gering. Die Höhe variierte 1968 in den Grundwasserbecken für *S. columbaria* nur zwischen einem Mittel von 52 cm und 68 cm, für *S. gramuntia* zwischen 64cm und 128cm. Die Unterschiede sind somit sehr gering, aber besonders bezüglich Nährstoffkonzentrationen deutlich gesichert.

#### 3.8.4 Rosettendurchmesser

Der Rosettendurchmesser zeigt sowohl eine geringe Artspezifität wie auch nur selten eine gesicherte unterschiedliche Reaktion auf die verschiedenen Einflüsse. Wegen der raschen und unregelmässigen Veränderung im Laufe der Vegetationsentwicklung (Neubildung und Absterben von Blättern) ist dieses Merkmal für Vergleiche ungünstig. Dort, wo gesicherte Unterschiede auftreten (in den Grundwasserbecken bei verschiedenen Düngungsstufen und verschiedenen Grundwasser- und Bewässerungsverhältnissen) verhält sich der Rosettendurchmesser ähnlich wie die Köpfchenzahl; allerdings sind die relativen Unterschiede viel kleiner.

#### 3.8.5 Lebensdauer

Die Lebensdauer ist teilweise artspezifisch und von Aussenfaktoren abhängig. Lange Trockenperioden und hohe Nährstoffkonzentrationen verkürzen das Leben von *S. columbaria* und *S. gramuntia*. Im Gegensatz zum Nährstoffmangel scheint periodischer Wassermangel die Lebensfähigkeit der Pflanzen herabzusetzen. Umgekehrt wird offenbar bei sehr intensivem Wachstum (starke Düngung) das Altern der Pflanzen beschleunigt.

#### 3.8.6 Blütezeit

Der Beginn der Blütezeit ist artspezifisch. Zudem ist er abhängig von der Düngung und von der Temperatur. Starke Düngung lässt den Blühbeginn im Mittel um 4 bis 8 Tage vorverlegen. 13° wärmere Mitteltemperatur (30°/20° gegenüber 17°/7°) bringt *S. columbaria* und *S. gramuntia* 2 bis 3 Monate, *S. lucida* etwa 1 Monat früher zum Blühen. Offenbar spielen weniger die Mitteltemperaturen als die zeitweise einwirkenden hohen Temperaturen eine Rolle. Denn die beiden Arten blühen unter kühlen Bedingungen im Gewächshaus fast 2 Monate später als unter den in Zürich herrschenden Temperaturbedingungen in den Grundwasserbecken im Freien, obwohl die Mitteltemperaturen fast die gleichen sind: im Gewächshaus betragen sie 11°, in Zürich für die Monate April, Mai und Juni 11,6° (Blühbeginn Ende Juni). Möglicherweise hat die in den Grundwasserbecken etwas höhere Lichtintensität (+ 20 %) ebenfalls einen

Einfluss.

### 3.9 Vergleich der 3 Arten

Die 3 Arten unterscheiden sich in einer Reihe von artspezifischen Merkmalen (z.B. Blatt- und Stengelbehaarung, Kelchborstenlänge und -breite, Blattzuschnitt), die in ihrer Ausbildung nur wenig durch Aussenfaktoren beeinflusst werden und deshalb hier keine Berücksichtigung fanden. Von den untersuchten Merkmalen sind vor allem Höhe, Köpfchenzahl, Sprossgewicht, Blühbeginn und Lebensdauer für einzelne Arten charakteristisch (s. Tabelle 11). Bei den Versuchen im Gewächshaus nimmt *S. lucida* morphologisch und im physiologischen Verhalten das eine Extrem ein und *S. gramuntia* das andere.

*S. lucida* zeichnet sich aus durch kurzen Stengel, kleine Köpfchenzahl, geringes Sprossgewicht und frühen Blühbeginn. In ihrem Verhalten ist zudem charakteristisch, dass sich Höhe, Köpfchenzahl und Sprossgewicht bei kühlen und bei warmen Temperaturen kaum unterscheiden und der Blühbeginn bei kühlen Temperaturen nur wenig verzögert wird (ca. 1 Monat).

*S. gramuntia* hat demgegenüber lange Stengel, grosse Köpfchenzahl, hohes Sprossgewicht und späte Blütezeit (1 Monat später als *S. lucida* bei warmen Temperaturen, 2 bis 3 Monate später bei kühlen Temperaturen). Bei kühlen Temperaturen sind die Werte für die Köpfchenzahl und das Sprossgewicht deutlich geringer als bei warmen Temperaturen.

*S. columbaria* verhält sich in bezug auf Stengelhöhe und Köpfchenzahl intermediär, hinsichtlich Blühbeginn und Blüteverhalten bei verschiedenen Temperaturen ähnlich wie *S. gramuntia*.

Das Verhältnis der Höhe und der Köpfchenzahl zwischen *S. lucida*, *S. columbaria* und *S. gramuntia* beträgt bei warmen Temperaturen im Mittel der Jahre 1968 und 1969 etwa 1 zu 2 zu 3. Auch in der Sterblichkeit zeigen sich im Gewächshaus Unterschiede. 1971 waren im Mittel 58 % von *S. lucida*, 46 % von *S. gramuntia* und 17 % von *S. columbaria* gestorben. Ein ähnlicher Unterschied zwischen *S. columbaria* und *S. gramuntia* zeigte sich auch in den Grundwasserbecken, wo *S. columbaria* im Mittel deutlich länger lebt. Dies deckt sich mit Beobachtungen in der Natur. Die geringe Lebensdauer von *S. lucida* im Gewächs-

haus, die in der Natur wohl das höchste Alter der 3 Arten erreicht, muss wahrscheinlich auf die Ueberwinterung zurückgeführt werden. Die winterlichen Bedingungen sind für *S. columbaria* und *S. gramuntia* in Zürich ähnlich wie am natürlichen Standort. Dagegen sind sie für *S. lucida* bedeutend milder als am natürlichen Standort, wo der Boden oft frühzeitig ausapert und grosse Temperaturextreme erreicht werden. Diese unnatürlichen Ueberwinterungsbedingungen zusammen mit der viel längeren Vegetationsperiode im Gewächshaus mögen eine lebensverkürzende Wirkung haben.

In den Grundwasserbecken treten zwischen *S. columbaria* und *S. gramuntia* folgende Unterschiede auf: Die meisten Werte sind für *S. gramuntia* höher als für *S. columbaria*, jene der Höhe, der Köpfchenzahl und des Sprossgewichtes in der Regel 1 1/2 bis 2 mal. Besonders interessant ist das unterschiedliche Verhalten der beiden Arten unter verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen. *S. gramuntia* vermag im Unterschied zu *S. columbaria* trocknere Böden ohne Wachstumseinbusse zu ertragen, wird indessen durch hohen Grundwasserstand mehr als jene gehemmt. Dies äussert sich etwa dadurch, dass die Köpfchenzahl im Mittel für beide Arten bei einem Grundwasserstand von 95 cm unter der Bodenoberfläche am grössten ist; für *S. columbaria* fällt sie gegen den tiefen Wasserstand deutlich, gegen den hohen nur wenig ab; für *S. gramuntia* ist es gerade umgekehrt. Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass *S. columbaria* grosse Nährstoffkonzentrationen bei hohem Grundwasserstand besser ausnützen kann als bei tiefem, während für *S. gramuntia* die Förderung durch starke Düngung bei beiden Grundwasserständen gleich stark ist. Anfänglich erklärten wir uns das unterschiedliche Verhalten durch die Annahme, dass *S. gramuntia* im Mittel tiefer wurzelt als *S. columbaria*. Ein Versuch im Sommerhalbjahr 1975 zeigte dann aber, dass alle drei Arten gleich tief wurzeln und auch den tiefen Grundwasserstand (145 cm) meist erreichen können (s. Tab. 12). Umgekehrt zeichnete sich *S. columbaria* unter den Klimaverhältnissen von Zürich gegenüber *S. gramuntia* durch ein gesichert grösseres Wurzelgewicht aus bei ungefähr gleichem Gesamtgewicht. Es scheint deshalb, dass *S. columbaria* einen grösseren Teil ihrer Nettoproduktion als Reserve in den Wurzeln anlegt, während *S. gramuntia* die Assimilationsflächen und die Reproduktionsorgane vergrössert. Damit wäre *S. gramuntia* in einem nicht zu kühlen Klima mit relativ milden, kurzen Wintern (geringe Beanspruchung von Reservestoffen) der *S. columbaria* im Konkurrenzkampf eindeutig überlegen, während *S. columbaria* in

Gegenden mit langen Wintern infolge des grösseren Stoffvorrates mehr Ueberlebenschancen hat. Ein ähnliches Spross-/Wurzelgewichtsverhältnis wie *S. columbaria* hat bei kühlen Temperaturen auch *S. lucida*, wobei das Gesamtgewicht allerdings bedeutend geringer ist. Ueber die Verteilung der Wurzeln im Boden sagt allerdings der Versuch nichts aus, da das Wurzelgewicht nicht nach Bodenschichten aufgeteilt wurde. Das Aussehen der ausgegrabenen Wurzeln deutet darauf hin, dass *S. gramuntia* in tieferen Schichten ein dichteres Wurzelnetz bildet als *S. columbaria*. Das würde erklären, warum der hohe Grundwasserstand das Wachstum von *S. gramuntia* mehr einschränkt als jenes von *S. columbaria*. Bei tiefem Grundwasserstand ist dagegen das Wachstum von *S. gramuntia* besser, weil ein grösserer Raum durchwurzelt und vermehrt noch Wasser aus der Tiefe aufgenommen werden kann. Besonders gross ist der Unterschied in stark gedüngten Kulturen, die viel Wasser transpirieren können.

Das Verhältnis des Wurzelgewichtes zum Sprossengewicht ist charakteristisch für die 3 Arten (s. Tab. 12 und 13). Es ist am grössten bei *S. lucida*, am kleinsten bei *S. gramuntia*; *S. columbaria* verhält sich bei niederen Temperaturen ähnlich wie *S. lucida*, bei hohen ähnlich wie *S. gramuntia*.

#### 4. Konkurrenzverhalten der 3 Arten

Das Konkurrenzverhalten der 3 Arten ist in den Tabellen 14 - 16 dargestellt. Leider sind die Resultate wegen der grossen Variabilität innerhalb der einzelnen Arten und wegen der besonders im Gewächshaus geringen Individuenzahl nicht immer eindeutig. Gesicherte Merkmalsunterschiede sind in den Tabellen 4 und 5 unter dem Vergleich "S" ersichtlich.

##### 4.1 *Scabiosa columbaria*

*S. columbaria* zeigt in den Grundwasserbecken fast unter allen Bedingungen in Mischkulturen mit *S. gramuntia* geringere Werte als in Reinkulturen (Tabelle 14). Dies betrifft vor allem die Köpfchenzahl und das Sprossgewicht, wo die Unterschiede gut gesichert sind für alle 3 Beckengruppen (6 Becken mit 3 verschiedenen Nährstoffkonzentrationen und 2 verschiedenen Grundwasserständen; 6 Becken mit 3 verschiedenen Grundwasserständen und 2 verschiedenen Bewässerungsarten; 6 Becken mit 2 verschiedenen Grundwasserständen und 3 verschiede-