

# Untersuchungen zur Pollenentwicklung und Pollenschlauchbildung bei höheren Pflanzen

## VI. Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen bei der Gattung *Tradescantia*

C. U. HESEMANN

Institut für Allgemeine Genetik der Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim (BRD)

### The Development of Pollen Grains and Formation of Pollen Tubes in Higher Plants

#### VI. Pollen Grains of *Tradescantia* with two pollen tubes

**Summary.** Pollen tube cultures of *Tradescantia paludosa*, *Tradescantia virginiana* and the hybrid *Hutchinsonii* (a cross of *Tradescantia virginiana* and *andersoniana*) were placed in vitro under various physiological conditions and analyzed cyto-morphologically in regard to double-tube formation.

Depending on the culture conditions and on the plant variety studied there was found for *Tradescantia* to be a double-tube formation of 13% to 35%. Triple-tube formations as well as branching of the pollen tubes occurred in very rare exceptions. After a 1–2 hour addition of 0,02% colchicin solution to the nutritional medium a drastic reduction of the percentage of double-tubes was determined in the case of *Tradescantia virginiana*. A double-tube formation of only 6% was observed.

In the case of double-tube formations both nuclei always immigrate into the same pollen tube. At the time of immigration the pollen tube with the nuclei is usually the longer of the two.

For short growth times of up to 4 hours the averages lengths of both pollen tubes of a double-tube formation is significantly different. The growth of the two pollen tubes does not proceed synchronously. The pollen tube without the migrated nuclei ceases growth early in contrast to the tube containing the nuclei.

A comparison of the averages lengths of double-tubes (after the lengths of both pollen tubes were added) with the corresponding values of single-tube pollen grains demonstrates that for experiments 1–5 (cultures under standard conditions and short growth times of up to 4 hours) there is no significant difference between the values. However the values of the double-tube pollen grains are substantially greater than those of the single-tube group in the case of experiment 6–8 (cultures under conditions varying from those of the standard and in some of them growth times longer than 4 hours). The values are significantly different. In experiments 1–5 with two exceptions there is a positive correlation between the averages lengths of the pollen tubes with the immigrated nuclei and those without.

The possible causes for the formation of pollen grains with two pollen tubes in vitro are discussed. In the first section the question is debated what the reasons for the asynchronous growth of the two pollen tubes could be. In the second section the hypothesis is presented, that the double-tube formation as found in *Tradescantia* can be seen from the evolutionary viewpoint as a primitive characteristic. On the other hand the behavior of both nuclei immigrating into only one of the pollen tubes is hypothesized to be an advanced characteristic.

#### 1. Einleitung

Es ist seit langem bekannt, daß Pollenkörner, auch wenn es sich um mehrporige Formen handelt, bei den meisten Angiospermen nur einen Pollenschlauch ausbilden (Maheshwari, 1949). Wie man dem Sammelreferat von Maheshwari entnehmen kann, weichen von dieser Regel jedoch einige Pflanzenarten ab. Diese Arten gehören insbesondere den Malvaceae, Cucurbitaceae und Campanulaceae an. So beobachtete Stenar (1925), um einen Extremfall zu nennen, daß bei *Malva neglecta* ein Pollenkorn 14 Pollenschläuche bilden kann.

Diese cyto-morphologischen Beschreibungen bestimmter Entwicklungsstadien des männlichen Gametophyten von Pflanzenarten, deren Pollenkörner

mehrere Pollenschläuche bilden, sollen mit den vorliegenden Untersuchungen jedoch nicht um eine weitere vermehrt werden. Das Ziel der vorliegenden Analysen besteht vielmehr erstens darin, Pollenschläuche von *Tradescantia* mit cyto-morphologischen Methoden zu analysieren und diese Daten dann nach statistischer Verrechnung für die Beantwortung der folgenden Fragestellungen zu verwenden: a. Häufigkeit des Auftretens von zwei- und mehrschläuchigen Pollenkörnern; b. Vergleich der Pollenschlauchlängen mit und ohne eingewanderte Kerne bei Pollenkörnern mit einem bzw. zwei Pollenschläuchen; c. Bedeutung von Pflanzenarten mit mehrschläuchigen Pollenkörnern in phylogenetischer Hinsicht. Zweitens sollen die vorliegenden Analysen dazu dienen, eine Ergänzung zu quantitativen cytochemischen Untersuchungen zu bilden. Diese cytochemischen Untersuchungen werden am gleichen Objekt durchgeführt, um den Verlauf der Entwicklung des

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. A. Lundquist, Lund, Schweden, für das freundlicherweise zur Verfügung gestellte Pflanzenmaterial.

männlichen Gametophyten einer Klärung näherzubringen.

## 2. Material und Methoden

Für die Untersuchungen wurden die gleichen fünf Formen von *Tradescantia paludosa*, die bereits an anderer Stelle näher beschrieben wurden (Hesemann, 1972), *Tradescantia virginiana* sowie die Sorte Hutchinsonii der Firma Kayser & Seibert, Roßdorf bei Darmstadt, eine Hybride der Kreuzung *Tr. virginiana* × *Tr. andersoniana*, verwandt.

Die Pflanzen wurden im Gewächshaus bei 15°–20 °C angezogen. Die Pollenkörner wurden zu Beginn der Anthese entnommen. Um mögliche geringfügige Unterschiede bezüglich des Standorts zwischen den Einzelpflanzen auszugleichen, wurde für die Anzucht der Pollenschläuche jeweils ein Pollenkornmisch aus verschiedenen Antheren mehrerer Blüten und mehrerer Pflanzen der betreffenden Form verwandt. Die Pollenschläuche wurden in 25 ml Enghals-Erlenmeyer-Kölbchen auf Nährlösung angezogen. Die genauen Anzuchtbedingungen der insgesamt acht Versuchsglieder bezüglich Zusammensetzung der Nährlösung, Temperatur und Anzuchtzeit sind in Tab. 1 aufgeführt. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde darauf verzichtet, innerhalb eines Versuchsgliedes die Stichproben von Pollenschläuchen unterschiedlicher Wuchszeiten getrennt zu analysieren. Vielmehr wurden die bei den Pollenschläuchen ermittelten Daten, beispielsweise die Längen, jeweils pro Versuchsglied en bloc verrechnet. Dieses Verfahren der Auswertung konnte deshalb angewandt werden, weil die hier vorgelegten Untersuchungen nicht auf eine Analyse von Pollenschläuchen bei unterschiedlichen Wuchszeiten, sondern auf eine Analyse von ein- und zweischläuchigen Pollenkörnern, die innerhalb eines Versuchsgliedes jeweils unter gleichen physiologischen Bedingungen angezogen wurden, ausgerichtet sind. Da die physiologischen Bedingungen, unter denen die Pollenschlauchkulturen vorgenommen wurden, wie aus Tab. 1 hervorgeht, für jedes Versuchsglied verschieden sind, ist ein statistischer Vergleich der ermittelten Daten nur innerhalb eines Versuchsgliedes, aber nicht zwischen den Versuchsgliedern möglich.

Für Versuchsglied 1 wurden die Meßdaten von Pollenschläuchen von fünf *Tradescantia paludosa*-Formen benutzt. Diese Meßdaten fanden bereits in der Arbeit von Hesemann (1972) über den Einwanderungsmodus der Kerne bei *Tradescantia* Verwendung. Nähere Angaben über die fünf *Tradescantia paludosa*-Formen sind in der zitierten Veröffentlichung zu finden. Dem vorgenannten Prinzip der statistischen Auswertung folgend, wurden bei den hier vorgelegten Untersuchungen die Pollenschläuche nicht wie in der oben zitierten Arbeit entsprechend den Wuchszeiten in Untergruppen geteilt und die erhaltenen Daten der einzelnen Untergruppen getrennt verrechnet. Vielmehr wurden die bei den verschiedenen Wuchszeiten gewonnenen Daten aller fünf Formen statistisch gemeinsam ausgewertet. Entsprechend diesem Auswertungsmodus wurde bei allen übrigen Versuchsgliedern verfahren, sofern Daten von Pollenschläuchen bei verschiedenen Wuchszeiten vorlagen.

Des weiteren sollen noch zwei Besonderheiten bezüglich der Anzucht der Pollenschläuche bei bestimmten Versuchsgliedern gesondert erwähnt werden. Erstens wurde bei den Versuchsgliedern 4 und 5 den Pollenschlauchkulturen für 1 oder 2 Stunden 0,02%iges Colchicin (Firma Merck, reinst) der Nährlösung zugesetzt. Bei der Auswertung der Meßwerte dieser Versuchsglieder wurde wiederum so vorgegangen, daß keine Untergruppen bei den zu analysierenden Pollenschläuchen auf Grund zeitlich unterschiedlicher Einwirkungszeit von Colchicin gebildet und die Daten dieser Untergruppen nicht getrennt, sondern gemeinsam verrechnet wurden.

Zweitens unterscheidet sich das Versuchsglied 6 von allen übrigen darin, daß die Anzucht der Pollenschläuche in Erlenmeyer-Kölbchen im Schüttelwasserbad stattfand. Alle weiteren Einzelheiten über die Anzuchtbedingungen sind Tab. 1 zu entnehmen.

Die Pollenschläuche wurden in einem Gemisch von Äthylalkohol/Eisessig (3:1) fixiert und entweder sofort analysiert oder andernfalls bis zum Zeitpunkt der Analyse im Kühlschrank bei 4 °C aufbewahrt. Bei den Versuchsgliedern 1–5 wurden die Kerne in Pollenkorn und Pollenschlauch mit Karminessigsäure angefärbt.

Mit Hilfe dieser Kernfärbung wurde bestimmt, ob sich noch beide Kerne im Pollenkorn befinden oder bereits Kerne in den Pollenschlauch eingewandert sind. Es wurde für die Aussagekraft der vorliegenden Befunde für ausreichend erachtet, sich auf diese Angaben bezüglich der Lage der Kerne zu beschränken. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde darauf verzichtet, die genaue Position der Kerne anzugeben.

Die Pollenschlauchlängen der Versuchsglieder 1–5 wurden mit einem Okularschraubenmikrometer bestimmt. Die Messungen erfolgten mit einem Objektiv: Neofluar 25×/0,60 und einem Okular: 16×. Bei den Versuchsgliedern 6–8 wurden die Längen mit einem Okularmikrometer ermittelt. Die Längen-Bestimmungen wurden mit einem Objektiv: Neofluar 10×/0,30 und einem Okular: 12,5× durchgeführt. Bei den vorliegenden Untersuchungen interessieren nicht die Absolutwerte der Pollenschlauchlängen, sondern nur deren Relativwerte. Die Längen wurden deshalb in Meßarbeitseinheiten (MAE) angegeben, wie sie vom Mikrometer abgelesen wurden. Um die in diesen Arbeitseinheiten aufgeführten Längen-Mittelwerte in  $\mu$  umrechnen zu können, wurden die entsprechenden Umrechnungsfaktoren angegeben. Es ist bei Versuchsglied 1–5 1 MAE = 37,74  $\mu$ , bei Versuchsglied 6–8 1 MAE = 120,77  $\mu$ .

Die für die Nährlösung, Fixierung und Färbung verwendeten Chemikalien stellen bis auf Carmin und Colchicin p. a. – Substanzen dar, die von den Firmen Chroma (Stuttgart), Merck (Darmstadt) und Serva (Heidelberg) bezogen wurden.

In die Untersuchungen wurden nur Pollenschläuche einbezogen, die über die gesamte Länge hin unversehrt waren und deren Zusammenhalt mit dem jeweils dazugehörigen Pollenkorn im mikroskopischen Bild klar erkannt werden konnte. Pollenkörner, die einen oder zwei Pollenschläuche gebildet hatten, bei denen aber weder in den Pollenschläuchen noch in den dazugehörigen Pollenkörnern Kerne nachgewiesen werden konnten, wurden nicht berücksichtigt.

Bei den Versuchsgliedern 1–6 wurde eine Standard-Nährlösung für die Anzucht der Pollenschläuche benutzt, die sich als besonders geeignet erwiesen und bereits bei anderen Untersuchungen Verwendung gefunden hat (vgl. Hesemann, 1972 im Druck, 1973). Bei den Versuchsgliedern 7 und 8 wurden von den jeweils drei Teil-Versuchsgliedern 7a, 7b und 7c bzw. 8a, 8b und 8c bei zwei Teil-Versuchsgliedern die Zusammensetzung der Nährlösung variiert, beim dritten Teil-Versuchsglied die auch für die Versuchsglieder 1–6 verwandte Standard-Nährlösung benutzt. Wie aus Tab. 1 hervorgeht, wurden bei den Kulturen der Teil-Versuchsglieder 7 und 8 nicht nur die Zusammensetzung der Nährlösung, sondern auch andere physiologische Komponenten variiert. Deshalb wurden parallel zu den Kulturen der hier aufgeführten Teil-Versuchsglieder Kontrollkulturen mit Standard-Nährlösung und ohne Abwandlung sonstiger physiologischer Komponenten angesetzt. Die Meßdaten dieser Kontrollkulturen sollen an anderer Stelle bei der Veröffentlichung von Ergebnissen von rein physiologisch ausgerichteten Analysen bei Pollenschlauchkulturen in vitro dargestellt werden. Auf die Angabe dieser Meßdaten bei den hier vorgelegten Befunden wird deshalb verzichtet.

Tabelle 1. Übersicht über die Kulturbedingungen, unter denen die Anzucht der Pollenschläuche bei den *Tradescantia*-Formen der Versuchsglieder 1—8 erfolgte. Bei den Versuchsgliedern 1—6 wurden von den jeweiligen Pollenschlauchkulturen Stichproben nach verschiedenen Wuchszeiten entnommen. Die Daten dieser Stichproben wurden innerhalb eines Versuchsgliedes gemeinsam verrechnet. Bei den Versuchsgliedern 7 und 8 wurden innerhalb eines Versuchsgliedes die Daten von Pollenschlauchkulturen gemeinsam verrechnet, die bei verschiedenen Temperaturen, im übrigen aber unter gleichen physiologischen Bedingungen angezogen wurden. Die Abweichungen von den in der Tabelle angegebenen Temperaturen betragen maximal  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

Bezeichnung der Versuchsglieder	Pflanzenart	Zusammensetzung der Nährlösung						Wuchszeiten	Temperatur	sonstige spezielle Kulturbedingungen
		Saccharose-Gehalt in %	Borsäure ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )-Gehalt in mol/l	Calciumnitrat [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ]-Gehalt in mol/l	sonstige Zusätze	Temperatur				
1	<i>Tr. paludosa</i> Form Nr. 1—5	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	30 Min., 1, 2, 3 u. 4 Std.	Zimmertemp.	—		
2	<i>Tr. paludosa</i> Form Nr. 2	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	5 u. 6 Std.	Zimmertemp.	—		
3	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	4 Std.	Zimmertemp.	—		
4	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0,02% Colchicinlös. 1 u. 2 Std.	1, 2, 3 u. 4 Std.	Zimmertemp.	—		
5	<i>Tr. virg.</i> $\times$ <i>andersoni</i> -Hybride	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0,02% Colchicinlös. 1 u. 2 Std.	1, 2, 3, 4 u. 5 Std.	Zimmertemp.	—		
6	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	5, 10, 15, 20, 25, 30 Min.	30 °C	Schüttelwasserbad		
7a	<i>Tr. virginiana</i>	12	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	24 Std.	5 °C, 10 °C, 15 °C	—		
7b	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	—	24 Std.	10 °C, 15 °C	—		
7c	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	24 Std.	10 °C, 15 °C	—		
8a	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	4 Std.	30 °C, 35 °C, 40 °C	—		
8b	<i>Tr. virginiana</i>	12	$0,5 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	—	4 Std.	30 °C, 35 °C, 40 °C	—		
8c	<i>Tr. virginiana</i>	12	$1 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	—	4 Std.	30 °C, 35 °C, 40 °C	—		

Tabelle 2. Prozentsätze der Pollenkörner mit einem bzw. zwei Pollenschläuchen und mit eingewanderten Kernen oder ohne solche bei den Versuchsgliedern 1—8

Bezeichnung der Versuchsglieder	Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen						Pollenkörner mit einem Pollenschlauch						Gesamtzahl der analysierten P. K. mit P. S.
	in einen der beiden P. S. ein oder zwei Kerne eingewandert		in beide P. S. kein Kern eingewandert		Gesamtheit aller P. S.		ein oder zwei Kerne eingewandert		kein Kern eingewandert		Gesamtheit aller P. K. mit einem P. S.		
	Anzahl	Prozentsatz	Anzahl	Prozentsatz	Anzahl	Prozentsatz	Anzahl	Prozentsatz	Anzahl	Prozentsatz	Anzahl	Prozentsatz	
1	5,32	37	7,63	53	12,95	90	52,95	368	34,10	237	87,05	605	
2	0,83	3	1,38	5	2,21	8	72,45	263	25,34	92	97,79	355	
3	7,15	63	26,78	236	33,93	299	15,32	135	50,74	447	66,02	881	
4	1,86	13	4,00	28	5,86	41	36,71	257	57,42	402	94,13	659	
5	3,87	68	4,55	80	8,42	148	45,45	799	46,13	811	91,58	1758	
6					33,41	278					66,59	554	
7a					35,32	166					64,68	304	
7b					29,86	106					70,14	249	
7c					24,70	104					75,30	317	
8a					22,86	48					77,14	162	
8b					26,67	44					73,33	121	
8c					21,78	49					78,22	176	

Es bedeuten: P. K. = Pollenkörner; P. S. = Pollenschläuche

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Häufigkeit des Auftretens von Pollenkörnern mit zwei Pollenschläuchen bei Kulturen in vitro unter unterschiedlichen Anzuchtbedingungen

Aus Tab. 2 geht hervor, daß bei *Tradescantia paludosa*, *Tradescantia virginiana* und der Hybrid-Sorte *Hutchinsonii* in Pollenschlauchkulturen Pollenkörner gefunden wurden, die zwei Pollenschläuche gebildet hatten. Bei Versuchsglied 1 beträgt der Prozentsatz an zweischläuchigen Pollenkörnern nahezu 13%. Bei diesem Versuchsglied wurden die Daten von fünf *Tradescantia-paludosa*-Formen (vgl. Abschnitt 2 Material und Methoden) gemeinsam verrechnet. Die Individualität der einzelnen Formen wurde bei Versuchsglied 1 nicht berücksichtigt. Aus den Daten von Versuchsglied 2 geht jedoch hervor, daß individuelle Unterschiede zwischen den fünf Formen bestehen. Bei diesem Versuchsglied wurden die Meßdaten von einem gesonderten Ansatz einer Pollenschlauchkultur allein bei der Form Nr. 2 gewonnen. Die physiologischen Bedingungen dieses Ansatzes stimmten mit denjenigen von Versuchsglied 1 überein. Im Unterschied zu Versuchsglied 1 wurden die Pollenschläuche allerdings nicht nach maximal vier Stunden, sondern erst nach 5 und 6 Stunden Wuchszeit fixiert. Aus dem Vergleich von Versuchsglied 1 und 2 ergibt sich, daß die Form Nr. 2 mit 2% nur einen sehr geringen Prozentsatz an zweischläuchigen Pollenkörnern im Gegensatz zu dem für alle fünf Formen gefundenen Gesamtwert besitzt. Eine Analyse der für jede einzelne Form charakteristischen Werte soll hier jedoch nicht gegeben werden.

Der Prozentsatz für *Tradescantia virginiana* von Versuchsglied 3 ist mit rd. 34% wesentlich höher als bei *Tradescantia paludosa*. Die Wuchszeiten von Versuchsglied 1 und 3 waren verschieden. Diese unterschiedlichen Wuchszeiten spielen für die vergleichende Beurteilung der Prozentsätze an Doppelschlauchbildungen keine Rolle. Aus noch unveröffentlichten Befunden (Hesemann, unveröffentlicht) geht nämlich hervor, daß die Keimung der Pollenkörner bei *Tradescantia* bereits nach wenigen Minuten einsetzt. Die Wuchszeiten der Kulturen der zu vergleichenden Versuchsglieder überschritten dieses Zeitlimit von wenigen Minuten. Da die Kulturen im übrigen bei beiden *Tradescantia*-Arten unter gleichen physiologischen Bedingungen angesetzt wurden, geben die stark voneinander abweichenden Prozentsätze spezifische Unterschiede zwischen den beiden Arten wieder. Besonderes Interesse verdienen die Befunde von Versuchsglied 4. Auch hier wurden Pollenschlauchkulturen von *Tradescantia virginiana* analysiert. Die Kultur der Pollenschläuche wurde bei Versuchsglied 4 unter gleichen physiologischen Bedingungen vorgenommen. Im Gegensatz zu Versuchsglied 3 wurde jedoch für 1 oder 2 Stunden 0,02%iges Colchicin zugesetzt. Diese Colchicindosen bewirkten eine drastische Senkung des Auftretens zweischläu-

Tab. 3 a. Längen-Mittelwerte und mittlere Abweichungen von Pollenkörnern mit einem bzw. mit zwei Pollenschläuchen mit eingewanderten Kernen und ohne solche bei den Versuchsgliedern 1—5. Ist Einwanderung von Kernen erfolgt, werden die Kerne nur in einem P. S. angetroffen. Dieser P. S. wurde in der Tab. 3 a als 1. P. S. bezeichnet

Bezeichnung der Versuchsglieder	Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen						Pollenkörner mit einem Pollenschlauch						Gesamtzahl der analysierten P. K. mit P. S.						
	Gruppe 1 (in einem der beiden P. S. ein oder zwei Kerne eingewandert)			Gruppe 2 (in beide P. S. keine Kerne eingewandert)			Gruppe 1 (ein oder zwei Kerne eingewandert)			Gruppe 2 (kein Kern eingewandert)									
	1. P. S. (mit eingewandertem Kern)	2. P. S. (ohne eingewanderten Kern)	Mittelw. in MAE	Streuung	Anzahl	1. P. S.	Mittelw. in MAE	Streuung	Anzahl	Mittelw. in MAE	Streuung	Anzahl							
1	3,17	1,57	37	1,99	2,12	37	1,52	0,96	53	0,89	0,76	53	4,93	3,25	368	1,36	1,21	237	695
2	1,65	—	3	0,37	—	3	1,54	—	5	0,51	—	5	4,10	2,27	263	1,46	1,39	92	363
3	2,52	2,02	63	1,47	1,04	63	2,87	2,07	236	1,20	1,03	236	5,15	3,38	135	3,37	2,63	447	881
4	1,28	0,96	13	0,90	0,71	13	1,27	0,67	28	0,80	0,61	28	2,05	1,14	257	1,60	0,94	402	700
5	4,53	2,26	68	2,85	2,10	68	4,50	2,16	80	2,55	1,56	80	5,15	3,11	799	4,21	3,17	811	1758

Es bedeuten: P. K. = Pollenkörner; P. S. = Pollenschläuche; K. = Kerne; MAE = Meßarbeitseinheiten

Tabelle 3b. *Längen-Mittelwerte und mittlere Abweichungen von Pollenkörnern mit einem und mit zwei Pollenschläuchen bei den Versuchsgliedern 6—8. Die Pollenschläuche dieser Versuchsglieder wurden bezüglich eingewanderter Kerne nicht analysiert*

Bezeichnung der Versuchsglieder	Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen						P. K. mit einem P. S.			Gesamtzahl der analysierten P. K. mit P. S.
	1. P. S.			2. P. S.			Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl	
	Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl	Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl				
6	4,82	4,31	278	2,02	1,98	278	4,75	4,33	554	832
7a	3,66	2,68	166	1,31	1,22	166	5,33	4,05	304	470
7b	5,04	3,25	106	1,97	1,43	106	6,08	3,57	249	355
7c	5,68	4,74	104	1,45	1,44	104	5,78	3,98	317	421
8a	6,76	4,66	48	2,73	2,54	48	6,82	4,64	162	210
8b	8,02	6,05	44	3,46	2,16	44	9,48	8,78	121	165
8c	9,71	6,77	49	2,28	2,37	49	9,44	6,98	176	225

chiger Pollenkörner bis auf 6%. Versuchsglied 5 liegen die Meßdaten von Pollenschlauchkulturen der Hybrid-Sorte Hutchinsonii zugrunde, die unter den gleichen Bedingungen wie bei Versuchsglied 4 angesetzt wurden. Wenn auch aus technischen Gründen vergleichbare Daten über Pollenschlauchkulturen ohne Colchicینگaben bei dieser Form nicht vorliegen, so kann man dennoch annehmen, daß der niedrige Prozentsatz von nur 8% an zweischläuchigen Pollenkörnern ebenfalls auf die Hemmwirkung des Colchicins zurückzuführen ist.

Die Prozentsätze zweischläuchiger Pollenkörner lassen sich bei den Versuchsgliedern 1—5 noch weiter aufgliedern in Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen mit eingewanderten Kernen und solche ohne eingewanderte Kerne. Auf Grund der relativ kurzen Wuchszeiten ist bei den Versuchsgliedern 1—5 der Prozentsatz an Doppel-Pollenschläuchen mit Kernen geringer als derjenige ohne Kerne. Bei diesen kurzen Wuchszeiten hat die Mehrzahl der Pollenschläuche und in besonderem Maße der Doppel-Pollenschläuche noch nicht die Mindestlänge erreicht, bei der die Einwanderung der Kerne einsetzt.

Bei den Versuchsgliedern 6—8 wurde nicht zwischen Doppelschläuchen mit Kernen und solchen ohne Kerne unterschieden. Die in vitro-Kultur dieser Pollenschläuche von *Tradescantia virginiana* wurde bei den einzelnen Versuchsgliedern unter verschiedenen physiologischen Bedingungen vorgenommen (vgl. Tab. 1). Auf Grund derartig unterschiedlicher Anzuchtbedingungen lassen sich die Prozentsätze von Doppelschlauchbildungen innerhalb bestimmter Grenzen variieren. Bei keinem Versuchsglied konnte ein Prozentsatz festgestellt werden, der über 36% lag. Dieser Prozentsatz liegt nur geringfügig unter demjenigen, der bei Anzucht von Pollenschläuchen unter Standardbedingungen bei Versuchsglied 3 gefunden wurde. Der niedrigste Prozentsatz an Doppelschlauchbildungen wurde bei Versuchsglied 8c gefunden. Dieser Prozentsatz lag mit fast 22% über 3,5 mal so hoch wie derjenige von Versuchsglied 4, bei dem die Kultur der Pollen-

schläuche unter Zusatz von Colchicin erfolgte. Nicht nur der Vergleich zwischen den Versuchsgliedern 3 und 4, sondern auch derjenige zwischen Versuchsglied 4 und den Versuchsgliedern 6—8 zeigt deutlich die starke Hemmwirkung von Colchicin auf die Ausbildung von Doppelschläuchen.

Pollenkörner mit mehr als zwei Pollenschläuchen wurden nur in seltenen Fällen beobachtet. Unter insgesamt 7082 analysierten fanden sich nur zwei Pollenkörner mit drei Pollenschläuchen. Noch seltener, nämlich nur in einem Fall, wurde innerhalb der oben aufgeführten Gesamtzahl der untersuchten Pollenkörner ein Exemplar gefunden, bei dem Pollenschlauch-Verzweigung zu beobachten war.

### 3.2. Vergleich der Pollenschlauchlängen von Pollenkörnern mit einem und mit zwei Pollenschläuchen

Bereits in „Material und Methoden“ wurde darauf hingewiesen, daß ein exakter Vergleich der Pollenschlauchlängen nur innerhalb eines Versuchsgliedes möglich ist. Als für die Versuchsglieder 1—5 charakteristisches Beispiel soll für einen derartigen Vergleich das Versuchsglied 3 dienen. Bei Doppelschlauchbildungen weichen die Längen-Mittelwerte der beiden Pollenschläuche signifikant voneinander ab (Tab. 3 und 4). Dieser signifikante Unterschied findet sich sowohl zwischen Doppelschläuchen, bei denen Einwanderung von Kernen bereits stattgefunden hat, als auch bei solchen ohne Einwanderung von Kernen.

Bei Pollenkörnern mit Doppelschlauchbildungen sind die Längen-Mittelwerte der Pollenschläuche mit eingewanderten Kernen aus Gruppe 1 nicht signifikant verschieden von den Mittelwerten der 1. Pollenschläuche aus Gruppe 2. Die Erklärung für diesen Befund liegt in den bei diesem Versuchsglied gewählten experimentellen Bedingungen begründet. Die Fixierung der Pollenschläuche erfolgte nach 4 Stunden Wuchszeit. Nach dieser relativ kurzen Wuchszeit haben die Pollenschläuche entweder noch nicht oder gerade erst die Mindestlänge erreicht, bei der bei *Tradescantia virginiana* die Einwanderung der Kerne einsetzt. Wie aus Tab. 2 hervorgeht, ist nämlich von

Tabelle 4a. Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den in Tab. 3a aufgeführten Längen-Mittelwerten

Ver- suchs- glied	Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen			Pollenkörner mit einem P. S.	
	Gruppe 1 2. P. S. (ohne eingew. Kerne)	Gruppe 2		Gruppe 1 P. S. (mit eingew. Kern.)	Gruppe 2 P. S. (ohne eingew. Kern.)
1	P. K. mit einem P. S. Gruppe 1	P. S. mit ein- gew. K.			***
	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 2	2. P. S. 1. P. S.	***	*** *** —
		Gruppe 1	2. P. S. ohne ein- gew. K. 1. P. S. mit ein- gew. K.	***	*** *** ***
2	P. K. mit einem P. S. Gruppe 1	P. S. mit ein- gew. K.			***
	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 2	2. P. S. 1. P. S.	+	+ +
		Gruppe 1	2. P. S. ohne ein- gew. K. 1. P. S. mit ein- gew. K.	+	+ +
3	P. K. mit einem P. S. Gruppe 1	P. S. mit ein- gew. K.			***
	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 2	2. P. S. 1. P. S.	***	*** *** **
		Gruppe 1	2. P. S. ohne ein- gew. K. 1. P. S. mit ein- gew. K.	***	*** *** **
4	P. K. mit einem P. S. Gruppe 1	P. S. mit ein- gew. K.			***
	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 2	2. P. S. 1. P. S.	—	*** *** —
		Gruppe 1	2. P. S. ohne ein- gew. K. 1. P. S. mit ein- gew. K.	—	*** ** —
5	P. K. mit einem P. S. Gruppe 1	P. S. mit ein- gew. K.			***
	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 2	2. P. S. 1. P. S.	***	*** — —
		Gruppe 1	2. P. S. ohne ein- gew. K. 1. P. S. mit ein- gew. K.	***	*** — —

Es bedeuten: \*\*\* = signifikant bei 1%; \*\* = signifikant bei 2%; — = nicht signifikant; + = nicht auf Signifikanz geprüft

insgesamt 299 analysierten Pollenkörnern mit Doppelschlauchbildungen erst in 63 Fällen Einwanderung von Kernen erfolgt. Auf Grund dieser Befunde verwundert es nicht, daß sich bei den Längen-Mittelwerten zwischen beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede ergeben haben.

Die Längen-Mittelwerte von Pollenschläuchen, die Pollenkörnern mit nur einem Pollenschlauch mit bereits eingewanderten Kernen entstammen, sind we-

sentlich größer als die Mittelwerte der Pollenschläuche von zweischläuchigen Pollenkörnern, sowohl bei der Gruppe mit eingewanderten Kernen als auch bei derjenigen ohne eingewanderte Kerne (Tab. 3 und 4). Der Unterschied zwischen diesen Längen-Mittelwerten ist signifikant. Die Begründung für den größeren Längen-Mittelwert einschläuchiger Pollenkörner mit eingewanderten Kernen im Vergleich zu den Werten zweischläuchiger Pollenkörner ist darin zu sehen, daß

Tab. 4b. Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den in Tab. 3b aufgeführten Längen-Mittelwerten

Bezeichnung		P. K. mit zwei P. S. 2. P. S.	P. K. mit einem P. S.
Versuchsglied 6	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	— ***
Versuchsglied 7a	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	*** ***
Versuchsglied 7b	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	** ***
Versuchsglied 7c	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	— ***
Versuchsglied 8a	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	— ***
Versuchsglied 8b	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	— ***
Versuchsglied 8c	P. K. mit zwei P. S.	1. P. S. *** 2. P. S.	— ***

Es bedeuten: \*\*\* = signifikant bei 1%; \*\* = signifikant bei 2%; — = nicht signifikant

sich die zeitabhängigen physiologischen Prozesse, welche das Wachstum der Pollenschläuche bewirken, im Falle einschlächiger Pollenkörner auf das Wachstum nur eines Pollenschlauchs, im Falle zweischlächiger Pollenkörner aber auf das Wachstum von zwei Pollenschläuchen ausrichten müssen. Es ist daher verständlich, daß bei Doppelschlauchbildungen gerade in der Anfangsphase des Wachstums, in welcher das Längen-Wachstum beider Pollenschläuche in Gang gehalten wird, auch der längere der beiden Pollenschläuche von zweischlächigen Pollenkörnern in der Längenzunahme hinter derjenigen einschlächiger Pollenkörner zurückbleiben muß. Wie weiter unten in diesem Abschnitt und vor allem im Diskussionsteil noch ausführlich dargestellt wird, ist das Längen-Wachstum zugleich beider Pollenschläuche nach den bisherigen Befunden mit großer Wahrscheinlichkeit begrenzt. Einer der Pollenschläuche von zweischlächigen Pollenkörnern stellt das Wachstum frühzeitig ein. Dieser Zeitpunkt ist aber bei Versuchsglied 3 unter den physiologischen Bedingungen im Experiment nach 4 Stunden Wuchszeit noch nicht gegeben (vgl. Diskussionsteil).

Bei Versuchsglied 3 ist der Längen-Mittelwert von einschlächigen Pollenkörnern mit Pollenschläuchen ohne eingewanderte Kerne deutlich größer als die entsprechenden Werte von Pollenschläuchen zweischlächiger Pollenkörner. Der Unterschied zwischen diesen Längen-Werten ist allein im Falle von Versuchsglied 3 signifikant. Die Unterschiede zwischen den entsprechenden Werten sind bei keinem der übrigen Versuchsglieder 1, 4 oder 5 signifikant (Tab. 3).

Wie bereits in Abschnitt 2 dargelegt wurde, lassen sich die Befunde der Versuchsglieder 1—5 nicht un-

mittelbar miteinander vergleichen, weil die Anzuchtbedingungen der Pollenschlauchkulturen verschieden waren. Aus den Tab. 3 und 4 kann man aber entnehmen, daß die Relationen zwischen den Längen-Mittelwerten von Pollenschläuchen ein- und zweischlächiger Pollenkörner innerhalb der Versuchsglieder 1, 2, 4 und 5, von Ausnahmen abgesehen, mit den Relationen von Versuchsglied 3 übereinstimmen. Deshalb lassen sich die Resultate der Vergleichsanalysen von Längen-Mittelwerten innerhalb von Versuchsglied 3 auf entsprechende Vergleiche innerhalb der Versuchsglieder 1, 2, 4 oder 5 ohne weiteres übertragen.

Bei den Versuchsgliedern 6—8 wurde nicht zwischen zweischlächigen Pollenkörnern mit eingewanderten Kernen und solchen ohne eingewanderte Kerne unterschieden. Die Befunde dieser Versuchsglieder geben folglich im Vergleich zu den Versuchsgliedern 1—5 bezüglich der zweischlächigen Pollenkörner nur ein vergrößertes Bild wieder. Die Befunde aller Versuchsglieder wurden an Pollenschläuchen von *Tradescantia virginiana* erhoben. Entsprechend den unterschiedlichen Anzuchtbedingungen der Pollenschlauchkulturen bestehen beträchtliche Unterschiede zwischen den Längen-Mittelwerten der verschiedenen Versuchsglieder. Vergleicht man jedoch die Längen-Mittelwerte der verschiedenen Gruppen innerhalb eines Versuchsgliedes, so ergibt sich außer einigen wenigen Ausnahmefällen, daß sich die Relationen zwischen den Längen-Mittelwerten innerhalb eines Versuchsgliedes bei allen Versuchsgliedern entsprechen (Tab. 3 und 4). Deshalb lassen sich die Befunde dieser Versuchsglieder pauschal erläutern. Die Längen-Mittelwerte sind bei allen Gruppen der Versuchsglieder 6—8 größer als diejenigen der Versuchsglieder 1—5. Die Hauptursache für die größere Länge der Pollenschläuche der Versuchsglieder 6—8 ist darin zu sehen, daß die Anzucht unter grundsätzlich anderen Bedingungen als bei den Versuchsgliedern 1—5 erfolgte. Besonders fällt der Befund auf, daß die Längen-Mittelwerte der 1. Pollenschläuche zweischlächiger Pollenkörner bei fast allen Versuchsgliedern denjenigen der einschlächigen Pollenkörner entsprechen, so daß sich ein signifikanter Unterschied nicht nachweisen läßt. An Stichproben von Pollenschläuchen der Versuchsglieder 6—8 konnte bestimmt werden, daß in den meisten Fällen bereits beide Kerne eingewandert waren. Auf eine gesonderte Darstellung der Befunde dieser Stichproben wurde verzichtet.

Ein Vergleich der Relationen zwischen den Längen-Mittelwerten der beiden Pollenschläuche zweischlächiger Pollenkörner bei den Versuchsgliedern 1—5 einerseits und bei den Versuchsgliedern 6—8 andererseits ergibt, daß sich diese Relationen bei den Versuchsgliedern 6—8 stark verschoben haben. Während die Längen-Mittelwerte der 1. Pollenschläuche zweischlächiger Pollenkörner bei den Versuchsglie-

Tabelle 5. *Längen-Mittelwerte und mittlere Abweichungen von Pollenkörnern mit einem und mit zwei Pollenschläuchen mit eingewanderten Kernen und ohne solche. Bei den zweischläuchigen Pollenkörnern wurden in den Gruppen 1 und 2 die jeweiligen Längen der beiden Pollenschläuche zusammengefaßt*

Bezeichnung der Versuchsglieder	Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen						Pollenkörner mit einem Pollenschlauch					
	Gruppe 1 (in einen der beiden P. S. ein oder zwei K. eingewandert)			Gruppe 2 (in beide P. S. keine K. eingewandert)			Gruppe 1 (ein oder zwei Kerne eingewandert)			Gruppe 2 (kein Kern eingewandert)		
	Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl	Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl	Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl	Mittelwert in MAE	Streuung	Anzahl
1	5,17	3,21	37	2,41	1,39	53	4,93	3,25	368	1,36	1,21	237
3	4,00	2,52	63	4,08	2,53	236	5,15	3,38	135	3,37	2,63	447
4	2,18	1,61	13	2,06	1,07	28	2,05	1,14	257	1,60	0,94	402
5	7,38	3,64	68	7,05	3,30	80	5,15	3,11	799	4,21	3,17	811

Es bedeuten: P. K. = Pollenkörner; P. S. = Pollenschläuche; K. = Kerne; MAE = Meßarbeitseinheiten

den 6—8 im Vergleich zu den Werten bei den Versuchsgliedern 1—5 beträchtlich angestiegen sind, ist dieser Anstieg bei den entsprechenden Werten der 2. Pollenschläuche sehr viel geringer. Dieser Befund läßt sich nur dadurch erklären, daß sich, nach Einwanderung der Kerne in der Regel in den 1. Pollenschlauch, die Prozesse des Wachstums beim 2. Pollenschlauch zugunsten des 1. Pollenschlauchs verlangsamt haben oder gar nicht mehr ablaufen. Bezüglich dieses Fragenkomplexes wird auf den Diskussionsteil verwiesen.

### 3.3. Vergleich der Pollenschlauchlängen von ein- und zweischläuchigen Pollenkörnern, nachdem bei den zweischläuchigen Pollenkörnern die Längen beider Pollenschläuche zusammengefaßt wurden

Ein Vergleich der Pollenschlauchlängen zweischläuchiger Pollenkörner, nachdem die Längen der beiden zusammengehörigen Pollenschläuche summiert wurden, mit denjenigen einschläuchiger Pollenkörner führt bei den Versuchsgliedern 1, 3, 4 und 5 zu dem in Tab. 5 und 6 aufgeführten Ergebnis. Versuchsglied 2 wurde für diesen Vergleich der Längen-Mittelwerte nicht herangezogen, weil nur sehr wenige Meßwerte zweischläuchiger Pollenkörner vorliegen. Die Längen-Mittelwerte von zweischläuchigen Pollenkörnern mit eingewanderten Kernen unterscheiden

sich bei den Versuchsgliedern 1 u. 4 nicht signifikant von denjenigen einschläuchiger Pollenkörner mit eingewanderten Kernen. Bei Versuchsglied 5 ist der Längen-Mittelwert zweischläuchiger Pollenkörner gegenüber demjenigen einschläuchiger Pollenkörner deutlich größer. Es ergibt sich ein signifikanter Unterschied. Nur bei Versuchsglied 3 ist der Längen-Mittelwert der einschläuchigen Pollenkörner größer als derjenige der Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen, so daß ein schwach signifikanter Unterschied nachgewiesen werden kann.

Bei dem entsprechenden Vergleich der Längen-Mittelwerte zwei- und einschläuchiger Pollenschläuche ohne eingewanderte Kerne ergibt sich ein einheitliches Bild für die Versuchsglieder 1, 3, 4 und 5. In allen Fällen sind die Werte zweischläuchiger Pollenkörner wesentlich größer als diejenigen der einschläuchigen Pollenkörner. Die Unterschiede zwischen den entsprechenden Werten sind signifikant (Tab. 6).

Die entsprechenden Werte der Versuchsglieder 6—8 wurden nicht in die Tab. 5 und 6 aufgenommen. Aus den in Tab. 3 aufgeführten Längen-Mittelwerten ist nämlich bereits ersichtlich, daß die Mittelwerte der zweischläuchigen Pollenkörner deutlich größer sind als diejenigen der einschläuchigen Pollenkörner.

Tabelle 6. *Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen den in Tab. 5 aufgeführten Längen-Mittelwerten*

Bezeichnung	P. K. mit zwei P. S.		Pollenkörner mit einem Pollenschlauch	
	Gruppe 1 (in einen der beiden P. S. ein oder zwei Kerne eingewandert)	Gruppe 2 (in beide P. S. keine Kerne eingewandert)	Gruppe 1 (ein oder zwei Kerne eingewandert)	Gruppe 2 (kein Kern eingewandert)
Versuchsglied 1	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 1 Gruppe 2	— ***	*** ***
Versuchsglied 3	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 1 Gruppe 2	** ***	— ***
Versuchsglied 4	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 1 Gruppe 2	— —	* **
Versuchsglied 5	P. K. mit zwei P. S.	Gruppe 1 Gruppe 2	*** ***	*** ***

Es bedeuten: \*\*\* = signifikant bei 1%; \*\* = signifikant bei 2%; \* = signifikant bei 5%; — = nicht signifikant

Ein Überblick über die bei allen Versuchsgliedern angestellten Werte-Vergleiche verdeutlicht die Ergebnisse der einzelnen Befunde. Bei den Versuchsgliedern 1–5 entsprechen die Längen-Mittelwerte der Pollenschläuche von zweischläuchigen Pollenkörnern, deren Anzucht unter Standardbedingungen und kurzer Wuchszeit bis zu 4 Stunden und nur im Ausnahmefall von Versuchsglied 2 bis zu 6 Stunden erfolgte, den entsprechenden Werten einschläuchiger Pollenkörner. Bei den Versuchsgliedern 6–8, bei denen unter erheblich von den Standardbedingungen abweichenden Anzuchtverhältnissen und bei Wuchszeiten teilweise bis zu 24 Stunden wesentlich größere Pollenschlauchlängen als bei den Versuchsgliedern 1–5 erzielt wurden, übertreffen die Werte der Pollenschlauchlängen zweischläuchiger Pollenkörner die Werte einschläuchiger Pollenkörner bei weitem. Unter den Anzuchtbedingungen, die bei den Versuchsgliedern 6–8 vorlagen, ist die Einwanderung von Kernen bereits größtenteils erfolgt (vgl. Abschn. 3.2). Zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung sind folglich zweischläuchige Pollenkörner bezüglich der Länge des 1. Pollenschlauchs gegenüber den Längenverhältnissen bei einschläuchigen Pollenkörnern sowie bezüglich der späteren Befruchtungsfähigkeit in keiner Weise benachteiligt.

### 3.4. Vergleichende Analyse der beiden Pollenschläuche bei Doppelbildungen

Die cytologische Analyse von Doppelschläuchen, in die beide Kerne eingewandert sind, bei den Versuchsgliedern 1–5 hat ergeben, daß sich in allen Fällen beide Kerne im gleichen Pollenschlauch befanden. Es wurde kein zweischläuchiges Pollenkorn gefunden, bei dem jeder der beiden Pollenschläuche einen der Kerne enthielt. Der Einwanderungsmodus der Kerne bei Pollenkörnern mit zwei Pollenschläuchen ist offenbar ganz starr fixiert.

In Tab. 7 sind beispielhaft für die übrigen Versuchsglieder 2–5 die Längen der einzelnen Doppelschläuche mit eingewanderten Kernen und ohne eingewanderte Kerne von Versuchsglied 1 aufgeführt. In der Mehrzahl der Fälle wurden die eingewanderten Kerne im längeren der beiden Pollenschläuche angetroffen. Dieser Befund läßt jedoch nicht den Schluß zu, daß die größere Längenzunahme des 1. gegenüber dem 2. Schlauch allein als eine unmittelbare Folgeerscheinung der Einwanderung der Kerne angesehen werden kann. Die Längen-Werte der Doppelschläuche ohne Kern zeigen, daß bereits ohne diese eingewanderten Kerne beträchtliche Längen-Unterschiede zwischen 1. und 2. Schlauch bestehen. Bei den Versuchsgliedern 6–8 wurden keine Analysen der Pollenschlauchlängen von Doppelbildungen in Abhängigkeit von der Einwanderung von Kernen vorgenommen. Wie in Abschnitt 3.2. erläutert, wurde an Stichproben der Versuchsglieder 6–8 ermittelt, daß bei den großen Pollenschlauchlängen dieser Versuchsglieder in fast allen Fällen die Kerne bereits eingewandert wa-

Tab. 7. Längen der 1. und 2. Pollenschläuche aller zweischläuchigen Pollenkörner von Versuchsglied 1. Bei den lfd. Nummern 1–37 handelt es sich um zweischläuchige Pollenkörner, bei denen in einen der beiden Pollenschläuche bereits Kerne eingewandert sind. Der Pollenschlauch mit eingewanderten Kernen wurde als 1. Pollenschlauch bezeichnet. Bei den lfd. Nummern 38–90 handelt es sich um zweischläuchige Pollenkörner, bei denen die Kerne sich noch in den Pollenkörnern befinden. Als 1. Pollenschlauch wurde in diesen Fällen der jeweils längere der beiden Pollenschläuche aufgeführt

lfd. Nr.	1. Pollenschlauch	2. Pollenschlauch	lfd. Nr.	1. Pollenschlauch	2. Pollenschlauch
1	0,92	0,41	46	0,23	0,18
2	1,84	1,15	47	1,00	0,89
3	1,80	1,67	48	0,69	0,12
4	1,00	0,59	49	1,06	0,43
5	2,42	2,52	50	0,99	0,84
6	1,42	0,45	51	0,21	0,19
7	1,47	0,56	52	1,00	0,86
8	2,91	0,79	53	1,66	1,44
9	2,43	0,62	54	1,64	1,38
10	3,23	0,26	55	2,74	1,18
11	3,62	0,80	56	0,56	0,18
12	2,00	0,28	57	1,99	1,14
13	3,19	1,72	58	1,58	1,31
14	3,02	2,87	59	1,53	1,34
15	1,00	0,49	60	2,47	0,36
16	4,64	3,00	61	1,69	1,52
17	2,72	1,54	62	0,38	0,22
18	0,90	4,24	63	2,71	2,33
19	0,88	1,25	64	3,17	2,40
20	3,68	2,58	65	1,90	0,99
21	3,62	2,44	66	3,00	1,79
22	4,49	3,12	67	2,40	0,59
23	3,69	3,58	68	2,28	0,57
24	3,86	2,74	69	2,71	2,08
25	4,05	3,74	70	4,59	0,70
26	3,81	1,40	71	2,00	0,78
27	3,44	0,52	72	0,51	0,44
28	2,00	3,22	73	1,27	0,89
29	2,38	3,87	74	0,57	0,29
30	3,66	6,66	75	3,52	2,24
31	4,54	1,00	76	2,24	1,52
32	6,48	0,52	77	1,36	0,54
33	5,14	0,22	78	0,83	0,47
34	7,00	10,50	79	1,76	0,66
35	5,84	5,45	80	2,38	0,42
36	1,69	1,00	81	1,45	1,38
37	1,37	1,19	82	1,92	0,42
38	0,88	0,68	83	1,26	0,81
39	1,51	1,00	84	1,12	0,66
40	0,42	0,33	85	0,92	0,69
41	1,22	0,68	86	1,44	1,18
42	0,74	0,39	87	0,69	0,50
43	1,18	0,99	88	0,69	0,49
44	0,89	0,85	89	1,67	1,56
45	0,48	0,32	90	1,64	1,00

ren. Da bei *Tradescantia* der vegetative Kern erst sehr spät in der Pollenschlauchentwicklung degeneriert (Hesemann, 1973), die Bedeutung der vegetativen Zelle und des vegetativen Kerns für die Pollenschlauchbildung unbestritten ist (vgl. z. B. Hesemann, 1971) und eine physiologische Aktivität des vegetativen Kerns nach Einwanderung in den Pollenschlauch nachgewiesen wurde (Mascarenhas, 1966), erscheint der Schluß berechtigt, daß nach Einwande-

Tab. 8. Prüfung auf Korrelation der Längen von Pollenschläuchen zweischläuchiger Pollenkörner. Zur Beurteilung der gefundenen Werte wurden die jeweiligen Zufallshöchstwerte des Korrelationskoeffizienten bei gegebener Zahl der Freiheitsgrade für die Sicherungsgrenzen 5% und 1% zugrunde gelegt

Bezeichnung der Versuchsglieder	Pollenkörner mit zwei Pollenschläuchen	
	Gruppe 1 (in einen der beiden P. S. ein oder zwei Kerne eingewandert)	Gruppe 2 (in beide P. S. kein Kern eingewandert)
1	*	**
3	—	*
4	*	—
5	**	**

Es bedeuten: \*\* = signifikant bei 1%; \* = signifikant bei 5%; — = nicht signifikant

Die weitere Längenzunahme des kernhaltigen Pollenschlauchs in erheblichem Maße vom vegetativen Kern mitbestimmt wird.

Aus Tab. 7 geht weiterhin hervor, daß sich auch bei kleinen Längen-Werten in den meisten Fällen die beiden zusammengehörigen Pollenschläuche in ihren Längen unterscheiden. Diese offenbar sehr frühzeitig in der Pollenschlauchentwicklung auftretenden Längenunterschiede zwischen beiden Pollenschläuchen lassen sich entweder darauf zurückführen, daß die Wachstumsphase für beide Pollenschläuche zu verschiedenen Zeitpunkten einsetzt oder daß die Längenzunahme bei einem Pollenschlauch schneller als bei dem anderen erfolgt. Auf Grund der vorliegenden Befunde kann zwischen diesen beiden Möglichkeiten nicht entschieden werden.

Bei den Versuchsgliedern 1, 3, 4 und 5 wurde bei den zweischläuchigen Pollenkörnern mit eingewanderten Kernen und ohne solche auf Korrelation zwischen den Längen-Mittelwerten geprüft (Tab. 8). Die bei diesen Versuchsgliedern verwandten Wuchszeiten sind mit maximal fünf Stunden so kurz bemessen, daß die Annahme gilt (vgl. Abschn. 3.2 und 4.1), daß zu diesem Zeitpunkt der Pollenschlauchentwicklung bei Doppelbildungen die Längenzunahme beider Pollenschläuche in den meisten Fällen noch nicht abgeschlossen ist. Die Ergebnisse der statistischen Tests bei den oben genannten Versuchsgliedern zeigen, daß während dieser Wachstumsphase zwischen den Längen-Mittelwerten der beiden Pollenschläuche zweischläuchiger Pollenkörner bis auf zwei Fälle positive Korrelationen bestehen (Tab. 8).

#### 4. Diskussion

##### 4.1. Vergleiche zwischen ein- und zweischläuchigen Pollenkörnern auf Grund cyto-morphologischer Untersuchungen

Das Auftreten von Doppelschlauchbildungen ist naturgemäß auf Pflanzenarten beschränkt, deren Pollenkörner mehr als eine Keimpore besitzen. Um

zu prüfen, ob die Bildung von Doppelschläuchen bei *Tradescantia* in vitro und in vivo in gleichem Umfange erfolgt, wurden Untersuchungen über Doppelbildungen an Schnitten von bestäubten Narben eingeleitet. Diese Untersuchungen sind noch in den Anfängen begriffen. Aus den bisherigen Befunden geht hervor, daß in vivo wahrscheinlich sehr viel weniger Doppelschlauchbildungen als in vitro auftreten. Genaue Zahlen über den Prozentsatz an Doppelschlauchbildungen in vivo bei *Tradescantia paludosa*, *Tradescantia virginiana* und der Hybriden *Hutchinsonii* können erst nach Abschluß der Untersuchungen vorgelegt werden. Auf Grund dieser vorläufigen Befunde erscheint die Annahme berechtigt, daß eine allseitige Umspülung mit Nährlösung, wie sie bei in vitro-Kulturen vorhanden ist, der Bildung von Doppelschläuchen besonders förderlich ist. In vivo ist diese die Doppelschlauchbildung fördernde Wirkung insofern nicht gegeben, weil die auf die Narbe aufgetragenen Pollenkörner in den meisten Fällen nicht allseitig vom Narbensekret umgeben sind.

Ausführliche Untersuchungen über die Frage, ob bei Doppelbildungen das Wachstum bei beiden Pollenschläuchen gleichzeitig einsetzt und gleichförmig verläuft, wurden bisher noch nicht durchgeführt. Bisher vorgenommene Einzelbeobachtungen bei in vitro-Kulturen von Pollenkörnern, bei denen die Pollenschlauchbildung gerade begonnen hatte, lassen erkennen, daß bei Doppelbildungen in der Regel das Wachstum der beiden Pollenschläuche nicht gleichzeitig anfängt. Unmittelbar an diese Frage nach dem Beginn des Auskeimens bei Doppelbildungen schließt sich eine weitere an. Diese Frage lautet, ob bei Doppelbildungen, wenn bei beiden Pollenschläuchen das Längenwachstum, vermutlich zeitlich abgestuft, eingesetzt hat, die weitere Längenzunahme bei beiden Pollenschläuchen gleichmäßig erfolgt. Zur Lösung letzterer Frage liegen bisher keine Untersuchungen vor. Eine endgültige Klärung der Fragen, welche Faktoren die unterschiedlichen Längen der 1. und 2. Pollenschläuche, die bei den Versuchsgliedern 1—5 bei Wuchszeiten von nur wenigen Stunden ermittelt wurden, vornehmlich bedingen, kann somit noch nicht herbeigeführt werden.

In Abschnitt 3.2 wurde bereits die Frage aufgeworfen, ob bei Doppelbildungen beide Pollenschläuche das Längen-Wachstum zum gleichen Zeitpunkt einstellen. Aus den hier vorgelegten Befunden wurde geschlossen, daß bei den Versuchsgliedern 1—5 unter Standardanzuchtbedingungen und bei kurzen Wuchszeiten Längen-Wachstum bei beiden Pollenschläuchen stattfindet. Hingegen ist bei den Versuchsgliedern 6—8 unter Anzuchtverhältnissen, die von den Standardbedingungen abweichen, und längeren Wuchszeiten eine beträchtliche Längenzunahme der 1. Pollenschläuche, aber wahrscheinlich nur noch eine geringfügige oder gar keine Längenzunahme der 2. Pollenschläuche gegeben. Diese Annahmen wer-

den durch Untersuchungsergebnisse gestützt, die an anderer Stelle im Zusammenhang mit einer anderen Fragestellung als der hier vorliegenden veröffentlicht werden sollen (Hesemann, unveröffentlicht). Aus diesen noch unveröffentlichten Befunden geht hervor, daß bei Doppelbildungen von Pollenschläuchen bei Anzucht unter Standardbedingungen und längeren Wuchszeiten als vier Stunden, bei denen bei der überwiegenden Mehrzahl der Pollenschläuche die Einwanderung der Kerne erfolgt ist, in der Regel der Pollenschlauch ohne eingewanderte Kerne sein Wachstum einstellt. Offenbar kann die frühe Wachstumsphase, in der bei Doppelbildungen beide Pollenschläuche Längenwachstum zeigen, ohne Anwesenheit des vegetativen Kerns im Pollenschlauch ablaufen. Das weitere Wachstum des 1. Pollenschlauchs, nachdem die Kerne eingewandert sind, scheint dann an die Anwesenheit des vegetativen Kerns direkt im Pollenschlauch gebunden zu sein. Aus den noch unveröffentlichten Untersuchungsergebnissen geht weiterhin hervor, daß die 1. Pollenschläuche zum Zeitpunkt der Teilung des generativen Kerns in die beiden Spermakerne im Durchschnitt eine Länge erreicht haben, die derjenigen einschläuchiger Pollenkörner entspricht.

In Abschnitt 3.4 wurde bereits festgestellt, daß ohne Ausnahme beide Kerne immer in einen Pollenschlauch, in der Regel den längeren der beiden, einwandern. Über den Mechanismus der Einwanderung von Kernen vom Pollenkorn in den Pollenschlauch ist sehr wenig bekannt. An Hand der dargelegten Befunde läßt sich aber die Annahme vertreten, daß ein Wirkmechanismus nach Typ eines stofflichen Gradienten vorhanden sein muß, der die Einwanderung beider Kerne in nur einen, und zwar den längeren der beiden Pollenschläuche veranlaßt.

#### 4.2. Doppelschlauchbildungen bei *Tradescantia* in evolutionistischer Sicht

*Tradescantia* kann als besonders lehrreiches Objekt für das Studium evolutionistischer Trends im Zuge der Entwicklung des männlichen Gametophyten angesehen werden. Über einige Besonderheiten, die *Tradescantia* bezüglich der Pollenkorn- und Pollenschlauchentwicklung im Vergleich zu anderen Pflanzenarten zeigt, wurde schon berichtet. So wurde an anderer Stelle die Tatsache erörtert, daß bei *Tradescantia* der vegetative Kern im Vergleich zu allen anderen bisher näher untersuchten Objekten besonders spät degeneriert. Diese Befund wurde von Hesemann (1973) als ein primitives Merkmal bezüglich der Entwicklung des männlichen Gametophyten einer höheren Pflanze angesehen. Nach einer Hypothese von Hesemann (1973) entwickelten sich im Verlaufe der Evolution Pflanzenarten, bei denen die Degeneration des vegetativen Kerns immer weiter in die Frühphase der Pollenkorn- und Pollenschlauchentwicklung vorverlegt wurde. Im Extremfall ist die Degeneration des vegetativen Kerns be-

reits im reifen Pollenkorn abgeschlossen (Brewbaker, 1967; Hesemann, 1971).

Aus dem Übersichtsreferat von Maheshwari (1949) geht hervor, daß mehrschläuchige Pollenkörner bisher nur bei einer kleinen Zahl von Pflanzenarten, die einigen wenigen Familien angehören, gefunden wurden. Untersuchungen von Pollenschlauchkulturen in vitro unter verschiedenen Anzuchtbedingungen bei *Petunia*, *Vicia* und *Saintpaulia* haben ergeben, daß in diesen Fällen nur ein Prozentsatz von 0,1–1,0% Doppelbildungen zeigt (Hesemann, unveröffentlicht). Im Hinblick auf diesen Sachverhalt wird die Hypothese vertreten, daß die Doppelschlauchbildung bei *Tradescantia* ein primitives Merkmal ist, das unter den höheren Pflanzen nur noch bei einer kleinen Gruppe angetroffen wird. Im Verlauf der Evolution wurden Pflanzen herausgebildet, bei denen das naturgemäß „rationellere Prinzip“ der nahezu absoluten Einschläuchigkeit verwirklicht ist.

Bezüglich eines zweiten Punktes, der Einwanderung der Kerne in nur einen Pollenschlauch, lautet die Hypothese, daß *Tradescantia* unter den Pflanzenarten, bei denen Mehrschläuchigkeit vorkommt, einen fortgeschritteneren Typ darstellt. Wie aus der Arbeit von Maheshwari (1949) zu entnehmen ist, treten unter den Pflanzenarten mit mehrschläuchigen Pollenkörnern Formen auf, bei denen generative bzw. Spermakerne und vegetative Kerne in verschiedene Pollenschläuche einwandern. Dieses Verhalten ist bei *Tradescantia* so verbessert, daß die Einwanderung der Kerne nach strengen Reglement in nur einen Pollenschlauch erfolgt, so daß, speziell im Falle von *Tradescantia*, wo der vegetative Kern besonders lange während der Pollenschlauchentwicklung aktiv sein kann, die Pollenschläuche zweischläuchiger Pollenkörner mit eingewanderten Kernen im Durchschnitt gleiche Länge erreichen wie die entsprechenden Pollenschläuche einschläuchiger Pollenkörner (Hesemann, unveröffentlicht) und somit bezüglich der Befruchtungsfähigkeit zwischen den entsprechenden Pollenschläuchen der beiden Pollenkorn-typen keine Unterschiede zu bestehen scheinen.

#### 5. Zusammenfassung

Pollenschlauchkulturen von *Tradescantia paludosa*, *Tradescantia virginiana* und der Zuchtform *Hutchinsonii*, einer Hybriden der Kreuzung *Tradescantia virginiana* × *andersoniana*, wurden unter verschiedenen physiologischen Bedingungen in vitro angesetzt und cyto-morphologisch hinsichtlich Doppelschlauchbildungen analysiert.

In Abhängigkeit von den Anzuchtbedingungen und der jeweiligen Pflanzenart wurden bei *Tradescantia* 13–35% an Doppelschlauchbildungen gefunden. Dreifachschlauchbildungen sowie Verzweigungen von Pollenschläuchen traten nur in ganz seltenen Ausnahmefällen auf. Bei 1–2stündigem Zusatz von 0,02%iger Colchicininlösung zum Nährsubstrat der

Kulturen wurde bei *Tradescantia virginiana* eine drastische Senkung des Prozentsatzes an Doppelschläuchen festgestellt. Es wurden nur noch 6% an Doppelschlauchbildungen beobachtet.

Beide Kerne wandern bei Doppelschlauchbildungen immer in denselben Pollenschlauch ein. In der Regel stellt dieser kernhaltige Pollenschlauch zugleich den längeren der beiden Pollenschläuche zum Zeitpunkt der Einwanderung dar.

Bereits bei kurzen Wuchszeiten der Kulturen bis zu 4 Stunden unterscheiden sich die Längen-Mittelwerte der beiden Pollenschläuche von Doppelbildungen signifikant. Das Wachstum der beiden Pollenschläuche verläuft nicht synchron. Bei zweischläuchigen Pollenkörnern stellt der Pollenschlauch ohne eingewanderte Kerne sein Längenwachstum im Gegensatz zum kernhaltigen Pollenschlauch frühzeitig ein.

Ein Vergleich der Längen-Mittelwerte von Doppelschläuchen, nachdem die Längen beider Pollenschläuche summiert wurden, mit den entsprechenden Werten einschläuchiger Pollenkörner ergibt, daß bei den Versuchsgliedern 1—5, bei Anzucht unter Standardbedingungen und kurzen Wuchszeiten bis zu 4 Stunden, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten bestehen. Bei den Versuchsgliedern 6—8, bei Anzucht unter von Standardbedingungen abweichenden Verhältnissen und zum Teil längeren Wuchszeiten als 4 Stunden, sind die Werte der zweischläuchigen Pollenkörner wesentlich größer als diejenigen der einschläuchigen. Die Werte unterscheiden sich signifikant.

Bei den Versuchsgliedern 1, 3, 4 und 5 bestehen bis auf zwei Ausnahmen zwischen den Längen-Mittelwerten der 1. und 2. Pollenschläuche von zweischläuchigen Pollenkörnern der Gruppe 1 und 2 positive Korrelationen.

Die möglichen Ursachen, die für die Ausbildung von Pollenkörnern mit zwei Pollenschläuchen bei in vitro-Kultur herangezogen werden können, werden

diskutiert. Zweitens wird im 1. Abschnitt des Diskussionsteils die Frage erörtert, welche Gründe für das asynchrone Wachstum der beiden Pollenschläuche bei Doppelbildungen gegeben sein können. Im 2. Abschnitt des Diskussionsteils wird die Hypothese aufgestellt, daß die Doppelschlauchbildung bei *Tradescantia* aus evolutionistischer Sicht als primitives Merkmal, das Verhalten der Kerne, beide nur in einen der Pollenschläuche bei Doppelbildungen einzuwandern, dagegen als fortschrittliches Merkmal angesehen werden kann.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. F. Mechelke für die Anregung zu diesen Untersuchungen und sein förderndes Interesse während ihres Verlaufs sowie Fr. H. Nagel, Frau I. Müller und Fr. M. Reiber für gewissenhafte technische Assistenz. Besonderer Dank gebührt nicht zuletzt auch Herrn Gärtnermeister W. Günzel für die sorgfältige Betreuung des Pflanzenmaterials.

#### Literatur

1. Brewbaker, J. L.: The distribution and phylogenetic significance of binucleate and trinucleate pollen grains in the Angiosperms. *Amer. J. Bot.* **54**, 1069—1083 (1967). —
2. Hesemann, C. U.: Untersuchungen zur Pollenentwicklung und Pollenschlauchbildung bei höheren Pflanzen. I. Quantitative Bestimmungen des DNS-Gehalts generativer und vegetativer Kerne in Pollenkörnern und Pollenschläuchen von *Petunia-hybrida*-Mutanten. *Theoret. Appl. Genetics* **41**, 338—351 (1971). — 3. Hesemann, C. U.: Untersuchungen zur Pollenentwicklung und Pollenschlauchbildung bei höheren Pflanzen. II. Analyse der Beziehungen zwischen Zeitpunkt der Einwanderung von generativem und vegetativem Kern und Länge des Pollenschlauchs bei *Tradescantia paludosa*. *Flora* (1972, im Druck). — 4. Hesemann, C. U.: Untersuchungen zur Pollenentwicklung und Pollenschlauchbildung bei höheren Pflanzen. V. Zeitpunkt der Teilung des generativen Kerns in die beiden Spermakerne bei Pollenschlauchkulturen von *Tradescantia paludosa*. *Theoret. Appl. Genetics* **43**, 269—275 (1973). — 5. Maheshwari, P.: The male gametophyte of angiosperms. *Bot. Rev.* **15**, 1—75 (1949). — 6. Mascarenhas, J. P.: Pollen tube growth and ribonucleic acid synthesis by vegetative and generative nuclei of *Tradescantia*. *Amer. J. Bot.* **53**, 563—569 (1966). — 7. Stenar, H.: Embryologische Studien. I. Zur Embryologie der Columniferen. II. Die Embryologie der Amaryllideen. *Akad. Abh. Uppsala* (1925).

Eingegangen am 23. März 1972

Angenommen durch F. Mechelke

Dr. C. U. Hesemann  
Lehrstuhl für Allgemeine Genetik  
der Universität Hohenheim  
Kirchnerstr. 7  
D-7 Stuttgart-Hohenheim  
(Germany/BRD)