Gartenbauwissenschaft, **67** (6). S. 213–224, 2002, ISSN 0016–478X. © Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Veränderungen der Griffelstruktur während der Blüte und ihr Einfluss auf Pollenschlauchwachstum und Fruchtansatz bei der Zwetschensorte 'Lützelsachser' (*Prunus domestica* L.)

Changes of Style Structure during Bloom and its Effect on Pollen Tube Growth and Fruit Set in the Plum Variety 'Lützelsachser' (*Prunus domestica* L.)

Ildiko Bayer und R. Stösser
(Institut für Sonderkulturen und Produktionsphysiologie, Universität Hohenheim)

Zusammenfassung

Die Untersuchungen befassten sich bei der selbststerilen Zwetschensorte 'Lützelsachser' mit strukturellen und histochemischen Veränderungen des Griffels während der Blüte, die das Pollenschlauchwachstum und damit den Ertrag beeinflussen können. Im Leitgewebe des Griffels, in dem die Pollenschläuche in Richtung Fruchtknoten wachsen, war schon vor der Anthese Stärke vorhanden. Diese wird, je nach Jahr unterschiedlich schnell, innerhalb von wenigen Tagen von innen nach außen fast vollständig abgebaut. Auch die Interzellularsubstanz im Leitgewebe unterliegt einem Abbauprozess.

Der eingelagerten Stärke und der Interzellularsubstanz werden eine Ernährungsfunktion für die wachsenden Pollenschläuche zugeschrieben, da die im Pollenkorn eingelagerten Reservesubstanzen für das Wachstum eines Pollenschlauchs von der Narbe bis zur Samenanlage nicht ausreichen. Ein deutlicher Einfluss von wachsenden Pollenschläuchen auf den Abbau dieser Reservesubstanzen im Griffel war nicht immer nachzuweisen.

Bestäubungen, die 2 Tage vor der Blüte im Ballonstadium begannen und in regelmäßigen Abständen von 2 bis 3 Tagen bis zum 9. Tag nach der Anthese fortgeführt wurden, ergaben, dass Pollenkörner auf einer vollständig kollabierten Narbe keimen und die Pollenschläuche in dem abgebauten Leitgewebe bis zur Samenanlage durchwachsen konnten. Je später bestäubt wurde, desto weniger Pollenschläuche erreichten die Fruchtknotenhöhle. Bei Bestäubungen, die später als 4 Tage nach der Anthese durchgeführt wurden, kam es zu einem Ertragsabfall.

Summary

Investigations were undertaken in the self-sterile plum variety 'Lützelsachser' on structural and histochemical changes in the style during bloom, which may affect pollen tube growth and thus yield. In the transmitting tissue of the style, in which the pollen tubes grow from the stigma to the ovary, at anthesis the deposition of starch was evident which is degraded, according to the year, within a few days from the interior to exterior of the transmitting tissue. Also the intercellular substance in the transmitting tissue undergoes degradation. The starch deposition and the intercellular substance are considered to be important for the nutrition of the growing pollen tubes, since the reserve substances in the pollen grain are not sufficient for the synthesis of a pollen tube from stigma to ovule. A significant effect of pollen tubes on the degradation of reserves in the style could not always be demonstrated. Hand-pollinations, starting 2 days before anthesis in the balloon stage and continued at regular intervals of 2 to 3 days up to 9 days after anthesis, showed that pollen grains can germinate even on a completely collapsed stigma and pollen tubes are able to grow in a degraded transmitting tissue to the ovule. The later pollination was done the less pollen tubes reached the ovarian cavity. Pollinations later than 4 days after anthesis resulted in poor fruit set.

Einleitung

Nach der Bestäubung durchwachsen bei einer fertilen Kombination die Pollenschläuche interzellulär die Narbe und dringen in das Leitgewebe des Griffels ein. Je nach Obstart zeigt das Leitgewebe jedoch kurze Zeit nach der Anthese sowohl strukturelle, als auch histochemische Veränderungen (STÖSSER und NEUBELLER 1980; BRAUN und STÖSSER 1985).

Die Zellen des Leitgewebes des Griffels scheiden eine Interzellularsubstanz aus. Von dieser ist bekannt, dass sie neben Lipiden und Proteinen vor allem Polysaccharide und niedermolekulare Kohlenhydrate enthält (WILHELMI und PREUSS 1997). Die Proteine sind nach CRESTI et al. (1980) vermutlich an den Inkompatibilitätsreaktionen zwischen Pollenschläuchen und Griffelgewebe bei sterilen Kreuzungskombinationen beteiligt.

Je nach Pollenbesatz der Narbe dringen zahlreiche Pollenschläuche in den Griffel ein. Dort wachsen sie zwischen den Zellen des Leitgewebes in basipetaler Richtung. Die Griffelbasis erreichen jedoch nur wenige Pollenschläuche. Bei Pfirsich fand HERRERO (1993), dass nur 2 % der ursprünglich eingewachsenen Pollenschläuche bis zur Basis des Griffels vordringen.

Im Anfangsstadium des Pollenschlauchwachstums liefert das Pollenkorn selbst noch die Substanzen für die Synthese der Pollenschlauchwand. Die Reservestof-

fe reichen aber für den ganzen Weg bis zur Samenanlage nicht aus. Einige Autoren (vergl. HERRERO und ARBEOLA 1989) sind der Meinung, dass die Umstellung von einer autotrophen auf eine heterotrophe Ernährungsweise schon nach dem Eintritt der Pollenschläuche in das Leitgewebe stattfindet. Die Pollenschläuche sind demnach auf die kohlenhydratreiche Interzellularsubstanz des Leitgewebes angewiesen. Nach LABARCA und LOEWUS (1972) sowie KROH und HELSPER (1974) sind die Polysaccharide der Interzellularsubstanz für Wachstum und Synthese der Pollenschlauchwand von Bedeutung. Auch STÖSSER und NEUBELLER (1980) ordnen dem Leitgewebe des Griffels bei der Ernährung der Pollenschläuche eine wichtige Rolle zu. Es wird angenommen, dass die Reservesubstanzen im Griffel nicht in ausreichender Menge für alle eingewachsenen Pollenschläuche vorhanden sind, was zu einer frühzeitigen Einstellung des Wachstums bzw. einer Selektion der Pollenschläuche führt.

Stärke und verschiedene Zucker wurden im Leitgewebe bei Süß- und Sauerkirschen von STÖSSER und NEUBELLER (1980), bei Apfel- und Birnensorten von BRAUN und STÖSSER (1985) und bei Pfirsich von HERRERO und ARBEOLA (1989) nachgewiesen. BRAUN und STÖSSER (1985) berichteten, dass der Abbau der Interzellularsubstanz bei Apfel während der Anthese und bei Birne kurze Zeit danach erfolgt. Dabei werden die zur Verfügung stehenden Kohlenhydrate nach einer Bestäubung bei Apfel vergleichsweise schneller abgebaut, als dies bei kastrierten, unbestäubten Blüten der Fall ist.

Sowohl im pflanzlichen Gewebe allgemein, als auch in den männlichen und weiblichen Fortpflanzungsorganen, ist die Stärke das wichtigste Reservekohlenhydrat. Stärke konnte von LORENZ und STÖSSER (2000), je nach Entwicklungsstadium, in nahezu allen Geweben bei Pflaumenknospen beobachtet werden. Außerdem wurde von STÖSSER und NEUBELLER (1980) festgestellt, dass der Stärkeabbau in Anwesenheit von Pollenschläuchen im Leitgewebe von Süßkirschen schneller erfolgte als bei unbestäubten und geselbsteten Blüten.

Ziel der Untersuchungen war festzustellen, in wie weit die histologischen und histochemischen Veränderungen und hier insbesondere im Leitgewebe des Griffels das Wachstum von Pollenschläuchen und damit den Ertrag beeinflussen und ob deren Anwesenheit den Abbau des Leitgewebes beschleunigt.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden bei der selbststerilen Zwetschensorte 'Lützelsachser' durchgeführt, wobei die Griffelstruktur von bestäubten sowie kastrierten unbestäubten Blüten in den Jahren 1997 bis 1999 verfolgt wurde. Um den Einfluss des Zustandes des Leitgewebes auf das Pollenschlauchwachstum zu untersuchen, wurden zu unterschiedlichen Terminen Bestäubungen durchgeführt. Von 2 Tagen vor der Blütenentfaltung (Anthese, „–2"), während der Anthese („0") und bis zu 9 Tagen nach der Anthese („9") wurde in Intervallen von 2 bis 3 Tagen bestäubt.

Es wurden pro Variante jeweils 600 bis 700 Blüten für die Probenahme und zur Bestimmung des Fruchtansatzes sowie des Ertrages bestäubt. Die bestäubten Blüten wurden anschließend mit Textilsäcken isoliert, um unkontrollierten Bestäubungen durch Insekten oder Wind vorzubeugen. Die Probenahme für die Untersuchung des Pollenschlauchwachstums erfolgte täglich in einem Umfang von 15 bis 20 Blüten bis zum 10. bzw. 14. Tag nach der Bestäubung. Ausgezählt wurde etwa 4 Wochen nach der Bestäubung („Fruchtansatz") und kurze Zeit vor der Pflückreife der Früchte („Ertrag") und in Prozent der bestäubten Blüten ausgedrückt. Das Pollenschlauchwachstum wurde mit Hilfe der üblichen fluoreszenzmikroskopischen Methode verfolgt.

Für die Untersuchung der Griffel wurden diese in Kunststoffkapseln eingebettet und anschließend Querschnitte angefertigt, die aus vier Bereichen (Narbe, oberes Drittel des Griffels, mittlerer Griffelbereich und Griffelbasis) entnommen wurden. Die Schnittpräparate wurden mit Hämatoxylin-Lösung nach Delafield gefärbt. Zum Nachweis der unlöslichen Kohlenhydrate wurde die PAS-Färbung verwendet. Das Stärkevorkommen in den einzelnen Bereichen des Griffelgewebes wurde qualitativ nach Anfärbung mit Lugolscher Lösung nach GERLACH (1984) bestimmt. Nach wenigen Sekunden erschien die typische Reaktion, so dass das Material mit einem Durchlichtmikroskop (Firma Zeiss) untersucht werden konnte. Durch einen Grünfilter im Strahlengang des Mikroskops konnte die differenzierende Wirkung der Färbung zusätzlich gesteigert werden. Festgehalten wurde der Belegungsanteil der Zellfläche in dem jeweiligen Gewebetyp.

Ergebnisse

Griffelstruktur

Die Untersuchungen zeigten, dass der Abbau des Leitgewebes nur bedingt von den Bestäubungsvarianten abhängig war. Die Abbauprozesse verliefen in den drei Untersuchungsjahren überwiegend einheitlich. Einzelne kollabierende Zellen wurden im oberen Griffelbereich bereits 1 Tag vor der Anthese sichtbar (Tafel 1a). Anfangs waren kollabierende Zellen lediglich zerstreut im Leitgewebe aufzufinden, später jedoch dehnten sich die Degenerationsprozesse im oberen Bereich des Leitgewebes aus (Tafel 1b, c). Etwa ab dem 10. bis 11. Tag nach der Anthese kam es zum Verlust der Gewebeintegrität und zu ausgedehnten Schrumpfungserscheinungen. Nach weiteren 5 bis 7 Tagen konnten manchmal großlumige Hohlräume beobachtet werden, und die Griffel waren makroskopisch braun, vertrocknet oder meistens schon vom Fruchtknoten abgelöst.

Die Abbauprozesse schritten im Jahr 1998 im Vergleich zu den anderen Versuchsjahren etwas langsamer fort. Der Anteil kollabierter Zellen nahm erst 8 bis 10 Tage nach der Anthese im oberen Griffelbereich zu, und es wurden allmählich die ersten vollständig aufgelösten Zellen erkennbar. Etwa 20 Tage nach der Anthese waren nur noch schrumpfende Zellen im Randbereich des Leitgewebes zu erkennen, die sich zu einem Ring zusammengeschlossen haben.

Vor der Anthese zeigte das Leitgewebe eine kompakte Struktur. Die Interzellularen im Leitgewebe vergrößerten sich aber bei einer Bestäubung meistens ab dem 4. bis 7. Tag nach der Anthese. Im strukturellen Abbau gab es zwischen den Bestäubungsvarianten selbst nur geringe Unterschiede. Das Kollabieren und Auflösen der Zellen erfolgte bei den jahreszeitlich später bestäubten Varianten („4", „7", „9"), bezogen auf den Bestäu-

bungstag, etwa 2 Tage früher als bei den früher bestäubten Varianten („–2", „0", „2"). Zum Anfang der Probenentnahme der später bestäubten Varianten schien das Leitgewebe jedoch noch nicht aufgelöst zu sein.

Reservesubstanzen

Das Vorkommen eingelagerter Stärke im Narbengewebe an den einzelnen Bestäubungstagen bei verzögerten Bestäubungen wurde in den 3 Jahren bei der Variante „Freie Abblüte" an Längsschnitten unterschiedlicher phänologischer Stadien („–2", „0", „2", „4", „7", „9") untersucht (vergl. BAYER und STÖSSER 2002). Anhand von Griffelquerschnitten sollte bei kastrierten unbestäubten und bestäubten Blüten festgestellt werden, ob die eingelagerte Stärke in Anwesenheit von Pollenschläuchen schneller abgebaut wird als ohne deren Einfluss.

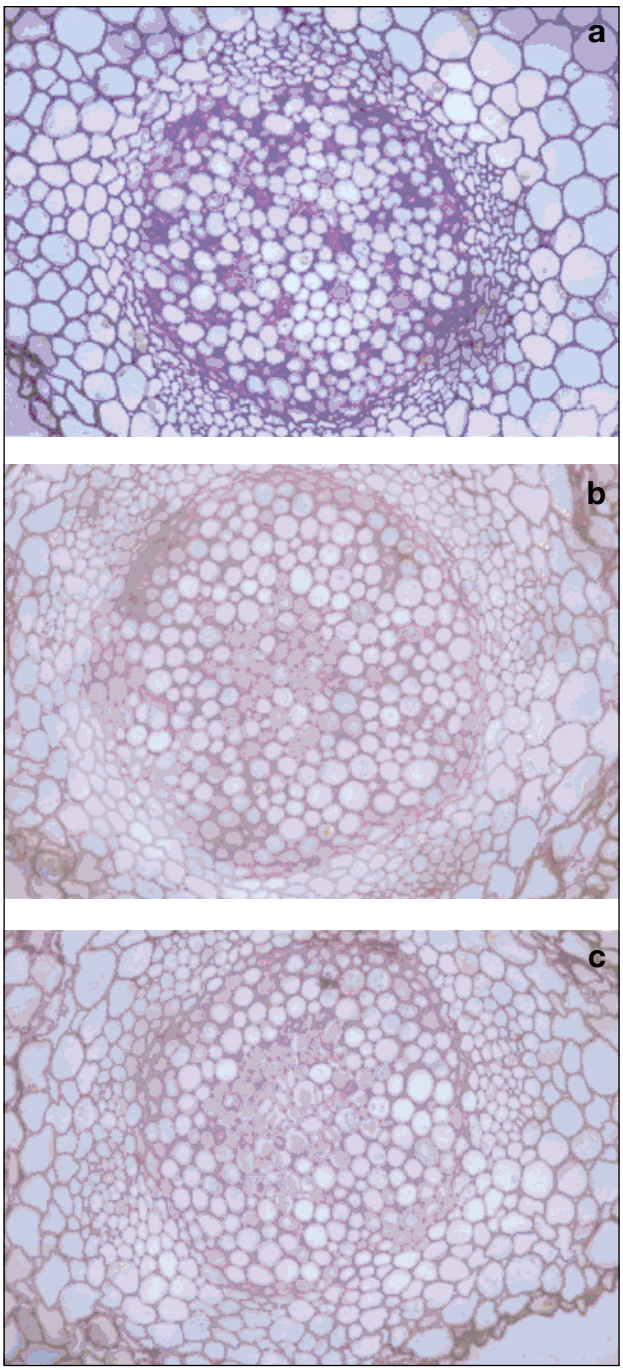
Bei den Untersuchungen waren Stärkekörner in den meisten Stempelbereichen zu finden: im gesamten Leitgewebe, in den Parenchymzellen des Griffels sowie im Fruchtknoten, insbesondere im Perikarp. Außerdem waren Stärkekörner im äußeren Bereich des Obturators, an der Nucellusspitze und zeitweise auch in den Narbenpapillen vorhanden (Tafel 2a–c).

Anhand von Querschnitten erfolgte ein Vergleich des Stärkegehaltes im Leitgewebe und Parenchym des Griffels von bestäubten und kastrierten unbestäubten Blüten (Tab. 1). Im allgemeinen waren sowohl die Parenchymzellen, als auch die Leitgewebszellen bereits in einem frühen Stadium dicht mit Stärke belegt. Es konnte außerdem zu dieser Zeit kein Unterschied in der Menge und Verteilung in basipetaler Richtung festgestellt werden. Ohne wesentliche Veränderungen erreichten die Blüten das Stadium der Anthese, nachdem es, ähnlich wie bei der Narbe, zu einer Verringerung im Stärkegehalt des Parenchyms und Leitgewebes gekommen war.

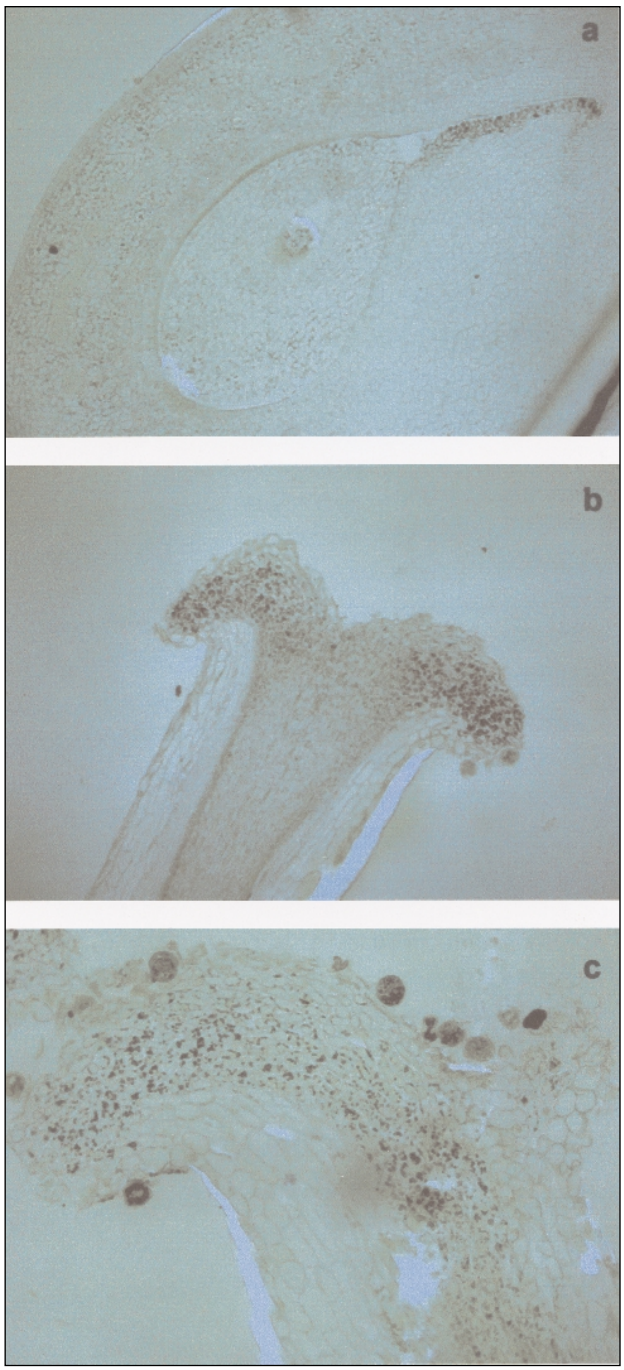
Zur Zeit der Anthese war eine große Menge an Stärke im Leitgewebe des Griffels eingelagert (Tafel 3a). Nach der Anthese jedoch erfolgte ein langsamer Stärkeabbau sowohl bei bestäubten als auch bei kastrierten unbestäubten Blüten. Es waren keine wesentlichen Unterschiede zwischen diesen Varianten feststellbar. Gegenüber der kastrierten unbestäubten Variante war bei der bestäubten Variante weniger Stärke nur bei den Bestäubungen vorhanden, die im Ballonstadium und zur Zeit der Anthese durchgeführt wurden. Bei den kastrierten unbestäubten Blüten erfolgte der Stärke-

Tab. 1. Zeitpunkt des vollständigen Stärkeabbaus im Griffel bei bestäubten und kastrierten unbestäubten Varianten in den Jahren 1997–1999. Beim Stärkevorkommen am letzten Untersuchungstag ist die Belegung in Prozent angegeben (T=Tage, nB=nach Bestäubung, nA=nach Anthese, GB=Griffelbasis, – = bei der jeweiligen Variante gar keine Stärke mehr am letzten Untersuchungstag vorhanden).
Time of complete starch degradation in the style of pollinated and emasculated nonpollinated variants in 1997–1999. Starch occurrence on the last day of investigation is expressed in percent (T=days, nB=after pollination, nA=after anthesis, GB=basis of style, – =no starch occurrence on the last day of investigation).

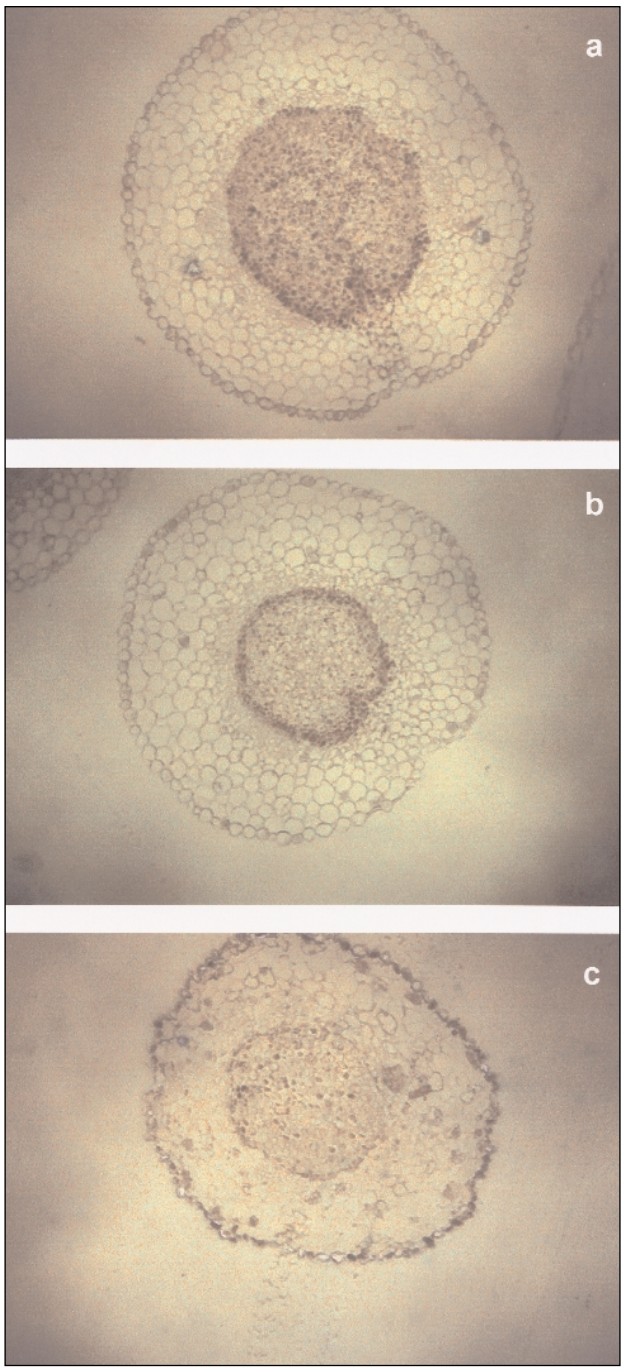
			Stärkeabbau	
Jahr	**Varianten**		**Leitgewebe**	**Parenchymzellen**
1997	Bestäubt	–2	8 T nB noch 50%	5 T nB
		0	9 T nB noch 40%	6 T nB
		2	9T nB noch 10–20%	2 T nB
		4	9 T nB	–
		7	9–10 T nB	–
		9	7–8 T nB	–
1998	Bestäubt	–2	20 T nB	3 T nB
		0	18 T nB	3 T nB
		2	19 T nB	–
		4	13–15 T nB	–
		7	11–13 T nB	–
		9	11 T nB	–
	Kastriert unbestäubt		17 T nA noch 10%	5 T nA/17 T nA an GB
1999	Bestäubt	–2	17 T nB	3 T nB
		0	17 T nB	2 T nB
		2	14 T nB	–
		4	13 T nB	–
		7	11 T nB	–
		9	9 T nB	–
	Kastriert unbestäubt		14 T nA	3–4 T nA



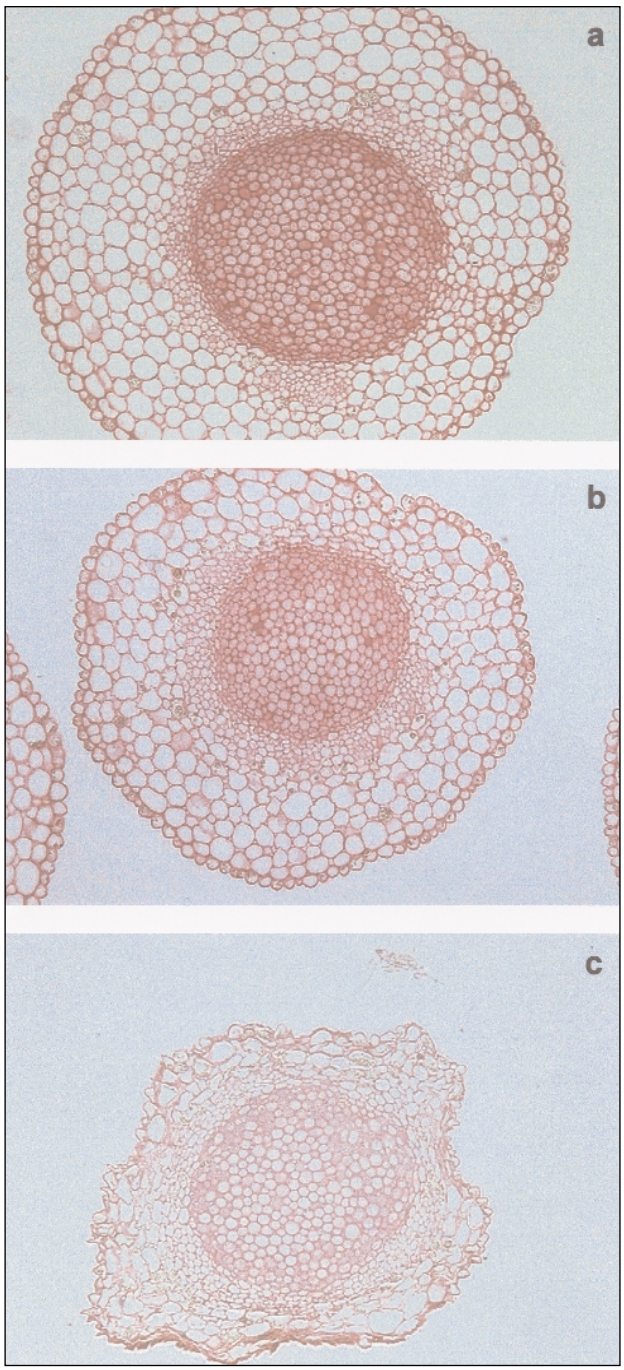
Tafel 1. Griffelanatomie im Querschnitt, Sorte ’Lützelsachser’ im Jahr 1997, Objektiv 40x, Hämatoxylin-Färbung. (a) 1 Tag vor der Anthese, (b) 5–6 Tage nach der Anthese, (c) 7–8 Tage nach der Anthese.
Style anatomy in a cross-section, cv. ‘Lützelsachser’ in 1997, objective 40x, hematoxylin-staining. (a) 1 day before anthesis, (b) 5–6 days after anthesis, (c) 7–8 days after anthesis.



Tafel 2. Stärkeverteilung im Fruchtknoten und in der Narbe der Sorte ‘Lützelsachser’ im Jahr 1998, Längsschnitt, Hellfeld mit Grünfilter, Lugolsche Färbung. (a) Fruchtknoten: Stärkeansammlung an Obturator, Mikropyle und Perikarp, Objektiv 10x, (b) 4 Tage vor der Anthese, Längsschnitt der Narbe, Objektiv 10x, (c) 8 Tage nach der Anthese, Objektiv 16x.
Starch distribution in ovary and stigma in ‘Lützelsachser’ in 1998, longitudinal section, bright-field with green filter, Lugol’s staining. (a) ovary: starch accumulation at obturator, micropyle and pericarp, objective 10x, (b) 4 days before anthesis, longitudinal section of the stigma, objective 10x, (c) 8 days after anthesis.



Tafel 3. Stärkeabbau im Griffel bei 'Lützelsachser' im Jahr 1998, Querschnitt, Objektiv 16x, Lugolsche Färbung. (a) zur Zeit der Anthese, (b) 8 Tage nach der Anthese (c) 14 Tage nach der Anthese.
Starch degradation in the style of 'Lützelsachser' in 1998, cross-section, objective 16x, Lugol's staining. (a) at anthesis, (b) 8 days after anthesis, (c) 14 days after anthesis.



Tafel 4. Abbauerscheinungen der Interzellularsubstanz im Leitgewebe bei 'Lützelsachser' im Jahr 1998, Querschnitt, Hellfeld, Objektiv 20x, PAS-Färbung. (a) im Ballonstadium, (b) 4 Tage nach der Anthese, (c) 20 Tage nach der Anthese.
Degradation of intercellular substance in the transmission tissue in 'Lützelsachser' in 1998, cross-section, bright-field, objective 20x, PAS-staining. (a) balloon-stage, (b) 4 days after anthesis, (c) 20 days after anthesis.

Tab. 2. Abbau der Interzellularsubstanz in den Versuchsjahren 1997–1999 bei bestäubten Varianten und kastrierten unbestäubten Varianten (T= Tage, nB= nach Bestäubung, vA= vor Anthese, nA= nach Anthese). Die unterschiedlichen Farbintensitäten verdeutlichen Vorhandensein und Abnahme bzw. Verschwinden der Interzellularsubstanz in zeitlicher Reihenfolge, dargestellt durch hell bzw. dunkel unterlegte Färbung.
Degradation of the intercellular substance in 1997–1999 in pollinated and emasculated nonpollinated variants (T= days, nB= after pollination, vA= before anthesis, nA= after anthesis). The different intensities of grey colouring show the presence and degradation of intercellular substance in timecourse.

Jahr	Varianten		Abbau der Interzellularsubstanz, in Tagen				
1997	Bestäubt	–2	1 T nB	5 T nB	8 T nB		
		0	1 T nB	4 T nB	9 T nB		
		2	1T nB	5 T nB	9 T nB		
		4	1 T nB	5 T nB	10 T nB		
		7	1T nB	7 T nB	8 T nB		
		9	1 T nB	3 T nB	7 T nB		
1998	Bestäubt	–2	1 T nB	4 T nB	12 T nB	22 T nB	
		0	1 T nB	7 T nB	12 TnB	20 T nB	
		2	1 T nB	7 T nB	15 T nB		
		4	1 T nB	5–7 T nB	15 T nB		
		7	1 T nB	3 T nB	8 T nB		
		9	1 T nB	3 T nB			
	Kastriert unbestäubt		2 T vA	0–2 T nA	4–7 T nA	9 T nA	16 T nA
1999	Bestäubt	–2	1 T nB	6–7 T nB	16 T nB	23 T nB	
		0	1 T nB	10 T nB	18 T nB		
		2	1 T nB	8 T nB	16 T nB		
		4	1 T nB	8 T nB	17 T nB		
		7	1 T nB	9 T nB	10 T nB		
		9	1 T nB	7 T nB	7 T nB		
	Kastriert unbestäubt		2 T vA	0–4 T nA	7 T nA	16 T nA	20 T nA

abbau im Leitgewebe entweder zeitgleich oder sogar früher als bei den bestäubten Varianten.

Der Stärkeabbau begann hauptsächlich im zentralen Bereich des Leitgewebes und schritt nach außen hin fort, so dass manchmal Stärkekörner nur noch im peripheren Bereich (Tafel 3b) und in den geschrumpften Zellen des Leitgewebes zu beobachten waren. Allmählich verschwanden aber auch diese bis zum 14. bis 20. Tag nach der Anthese aus allen Bereichen des Griffels (Tafel 3c).

Bei den spät bestäubten Varianten („7" und „9") waren Stärkekörner im Leitgewebe zur Zeit der Bestäubung lediglich in den bereits kollabierten Zellen vorhanden, und etwa bis zum 10. Tag nach der Bestäubung war auch die restliche Stärke abgebaut.

Es war auffallend, dass es im Parenchym entlang des Griffels zu einem frühen vollständigen Stärkeabbau kam, der 2 bis 3 Tage nach der Bestäubung erfolgte; dies konnte auch bei den kastrierten unbestäubten Blüten mit einer zweitägigen Verschiebung beobachtet werden. Im Versuchsjahr 1998 verblieben allerdings Stärkekörner an der Griffelbasis bis zum letzten Tag der Untersuchungen (17 Tage nach der Anthese). Es zeigte sich also, dass der Stärkeabbau in den Zellen des Parenchyms von der Bestäubung und damit der Anwesenheit von Pollenschläuchen beeinflusst wurde.

Interzellularsubstanz

Der Einfluss von verzögerten Bestäubungen auf den Abbau der Interzellularsubstanz in den Griffel wurde im Jahr 1997 bei den bestäubten Varianten sowie in den Jahren 1998 und 1999 bei kastrierten unbestäubten sowie bei bestäubten Blüten anhand von Griffelquerschnitten untersucht (Tafel 4).

Am Anfang der Blühphase, im frühen Ballonstadium, war die Interzellularsubstanz in großer Menge vorhanden, die nach der PAS-Färbung eine dunkelrosa Reaktion gezeigt hat (Tafel 4a). Die Farbintensität nahm im allgemeinen kurz nach den einzelnen Bestäubungen ab (Tab. 2, Tafel 4b). Je nach Variante und Jahr schwächte sich die Färbung innerhalb von 1 bis 3 Wochen ab. Schließlich zeigten sowohl die Interzellularen als auch die Zellen des Leitgewebes und Parenchyms nur noch eine schwache Färbung. Dieser Zustand wurde als vollständiger Abbau der Interzellularsubstanz angesehen (Tafel 4c).

Der Abbau der Interzellularsubstanz bei den gleichen Bestäubungsvarianten zeigte sich über die drei Jahre uneinheitlich. Während die Interzellularsubstanz im Jahr 1997 bei den frühen Bestäubungsvarianten („–2", „0", „2") bereits 8 bis 9 Tage nach den jeweiligen Bestäubungen abgebaut war, war der Abbau im Jahr 1998 auch nach 20 bis 22 Tagen nach der Bestäubung noch

nicht vollständig abgeschlossen. Im Jahr 1999 dauerte die Abbauphase bis der Griffel 16 bis 23 Tage nach der Bestäubung vollständig ausgetrocknet war. Im allgemeinen zeigte es sich, dass der Zeitraum nach der Bestäubung, bis der Abbau der Interzellularsubstanz erfolgte, umso geringer war, je später eine Bestäubung durchgeführt wurde. Die späteren Varianten färbten sich anfangs nur noch schwach, und bei der spätesten Variante („9") konnte die Anwesenheit der Interzellularsubstanz im Leitgewebe kaum nachgewiesen werden. Die Abbauvorgänge begannen also bereits unabhängig von einer Bestäubung. Dies wird auch durch die kastrierte unbestäubte Variante belegt, bei der eine Verringerung der Interzellularsubstanz erst 4 bis 7 Tage nach der Anthese feststellbar war, mit einem anschließenden langsamen Abbau.

Unterschiede in der Abbaugeschwindigkeit der Interzellularsubstanz bei bestäubten und kastrierten unbestäubten Blüten waren kaum vorhanden. Es konnte lediglich bei den Varianten, die zum Zeitpunkt der Anthese und 2 Tage danach bestäubt wurden, im Jahr 1999 eine zweitägige Verzögerung des Abbauprozesses festgestellt werden. Bei den übrigen Varianten war jeweils etwa die gleiche Zeit zum Abbau der Substanz festzustellen.

Pollenschlauchwachstum

Der Einfluss von verzögerten Bestäubungen auf das Wachstum der Pollenschläuche wurde bei einer Bestäubung in regelmäßigen Abständen in den Versuchsjahren 1997 bis 1999 untersucht. Über drei Jahre konnte festgestellt werden, dass verzögerte Bestäubungen die Keimung der Pollenkörner im wesentlichen nicht hemmten. Es wurden jedoch Griffel sowohl mit geringfügigem als auch mit regulärem Pollenschlauchwachstum beobachtet. Nach späten Bestäubungen waren im Vergleich zu früheren aber die Pollenschläuche nicht immer in der Lage, über den Obturator in den Fruchtknoten und anschließend durch die Mikropyle in eine lebensfähige Samenanlage zu wachsen. Signifikante Unterschiede wurden sowohl zwischen den einzelnen Bestäubungsvarianten („–2", „0", „2", „4", „7", „9", einschließlich „Freie Abblüte") als auch zwischen den Jahren festgestellt (Tab. 3).

Tab. 3. Mittleres Pollenschlauchwachstum (in Prozent der Griffellänge) beim Vergleich einzelner Varianten sowie Versuchsjahre nach Intervallbestäubungen der Sorte 'Lützelsachser' in den Versuchsjahren 1997–1999. Signifikante Unterschiede bei $\alpha = 0{,}05$ sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet (FA = „Freie Abblüte").
Mean pollen tube growth (in percent of style length) in comparison of different variants and experimental years after interval pollinations of cv. 'Lützelsachser' in 1997–1999. Significant differences at $\alpha = 0{,}05$ are indicated by different letters (FA = open pollination).

Variante	Pollenschlauchwachstum (%)		
	Mittelwert	Standard-abweichung	Tukey-Test
FA	34,79	21,89	ab
–2	42,06	28,33	a
0	27,79	20,12	c
2	39,11	28,79	a
4	41,73	32,46	a
7	35,32	23,86	b
9	28,80	17,33	c

Jahr	Pollenschlauchwachstum (%)		
	Mittelwert	Standard-abweichung	Tukey-Test
1997	31,05	26,54	c
1998	40,40	27,24	a
1999	37,02	22,69	b

Das Wachstum der Pollenschläuche verlief bei freier Abblüte schleppend (Abb. 1). In der ersten Woche gelangten kaum Pollenkörner auf die Narben und somit war kein Pollenschlauchwachstum zu beobachten. In der zweiten Woche erreichten die Pollenschläuche maximal 10 % der Griffellänge. Erst ab der dritten Woche beschleunigte sich das Pollenschlauchwachstum. Dennoch vergingen in einzelnen Fällen fast 3 Wochen bis Pollenschläuche die Fruchtknotenhöhle erreichten (Tab. 4).

Bei den frühen Bestäubungsvarianten konnte entweder keine Keimung oder nur sehr geringes Pollenschlauchwachstum beobachtet werden. Erst eine Woche nach der Bestäubung zeigte sich ein intensives Pollenschlauchwachstum in den Griffeln der Variante „2", und die ersten durchwachsenen Griffel konnten einen Tag später beobachtet werden. Zum Ende des Untersuchungszeitraumes erreichte die Länge der Pollenschläuche der Postanthese-Varianten („2", „4", „7", „9") durchschnittlich 55 bis 65 % der Griffellänge. Die Geschwindigkeit des Pollenschlauchwachstums war jedoch unterschiedlich. Bei den Varianten „4" und „7" erreichten bereits 5 bzw. 6 Tage nach der jeweiligen Bestäubung einige Pollenschläuche die Fruchtknotenhöhle. Die Pollenschläuche benötigten für die kürzere Distanz zur Samenanlage im allgemeinen noch weitere 2 bis 5 Tage (Tab. 4).

Bestäubungen im Ballonstadium („–2") im Versuchsjahr 1998 führten zu einem ausgeglichenen Pollenschlauchwachstum (Abb. 2). Schnell wuchsen die Pollenschläuche bei der Bestäubungsvariante „2", und bereits 6 Tage nach der Bestäubung erreichten einzelne Pollenschläuche die Griffelbasis. Das Pollenschlauchwachstum der Anthese- („0") und der übrigen Postanthese-Varianten („4", „7" und „9") zeigte sich zum Teil verzögert. Nach Ansteigen der Temperaturen konnte bei den Varianten „4" und „7" eine Zunahme der Pollenschlauchlänge, gegenüber den Varianten „0" und „9" festgestellt werden. Je später die Bestäubung nach der Anthese erfolgte, umso seltener und relativ betrachtet später waren Pollenschläuche in der Fruchtknotenhöhle vorzufinden. Bei Variante „9" dauerte es 13 Tage bis die ersten Pollenschläuche die Fruchtknotenhöhle erreichten, aber ein Hineinwachsen in die lebensfähige Samenanlage konnte nicht mehr beobachtet werden. Bei den übrigen Varianten benötigten die Pollenschläuche für den Weg von der Griffelbasis bis zur Samenanlage auch im Versuchsjahr 1998 weitere 2 bis 5 Tage (Tab. 4).

Das Pollenschlauchwachstum verlief bei Blüten der Variante „Freie Abblüte" im Jahr 1998 langsamer als bei den künstlich bestäubten Varianten. Ohne wesentliche Wachstumszunahme betrug das Pollenschlauchwachstum in der 4. Aprilwoche durchschnittlich 55 % der Griffellänge, und nur in einzelnen Fällen erreichten die

Pollenschläuche 16 Tage nach der Anthese die Fruchtknotenhöhle (Tab. 4).

Ähnlich wie im Versuchsjahr 1998 wuchsen die Pollenschläuche im Griffel der frühen Varianten („–2", „0" und „2") auch im Jahr 1999 schnell (Abb. 3). Bei den übrigen Postanthese-Varianten, mit Ausnahme der Variante „7", kam es zu Verzögerungen im Pollenschlauchwachstum, und wie bei der Variante „4" konnten einzel-

Tab. 4. Tage zwischen der Bestäubung (bzw. nach Anthese bei freier Abblüte) und dem Zeitpunkt, an dem die ersten Pollenschläuche die Fruchtknotenhöhle sowie die Samenanlage erreichten bei den Varianten der Sorte 'Lützelsachser' in den Versuchsjahren 1997–1999 (FA= „Freie Abblüte").
Days between hand pollination and anthesis in open pollination, respectively and the time of the first occurrence of pollen tubes in the ovarian cavity in 'Lützelsachser' in 1997–1999 (FA= open pollination).

Jahr	Pollenschläuche erreichen die	Varianten						
		–2	0	2	4	7	9	FA
1997	Fruchtknotenhöhle	–	–	8	5	6	10	20
	Samenanlage	–	–	11	10	8	10	–
1998	Fruchtknotenhöhle	9	–	6	8	8	13	16
	Samenanlage	12	–	10	9	13	–	19
1999	Fruchtknotenhöhle	7	8	10	5	9	–	14
	Samenanlage	12	9	12	–	14	–	20

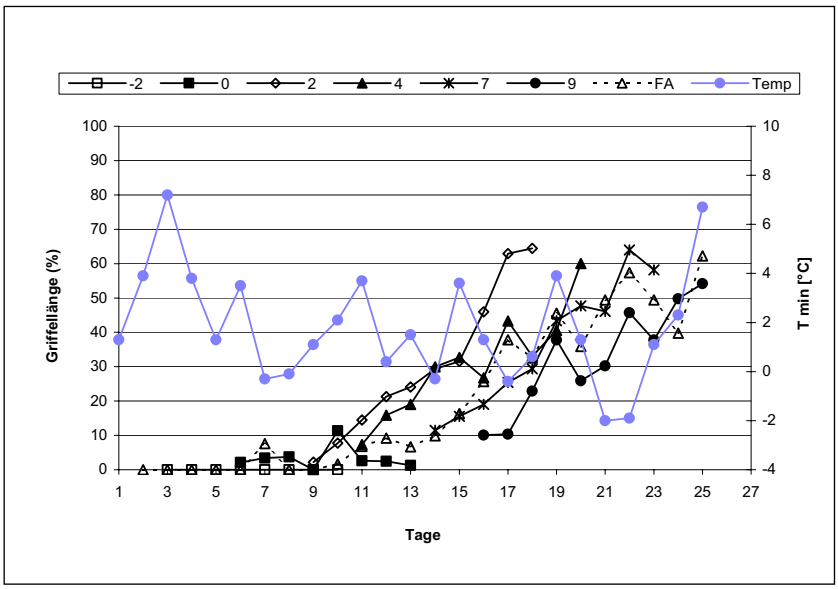


Abb. 1. Relatives Pollenschlauchwachstum in Prozent der Griffellänge bei Bestäubungsvarianten der Sorte 'Lützelsachser' mit Tages-Minimum-Temperaturen (Tmin [°C]) in 2 m Höhe, im April des Jahres 1997 (FA = „Freie Abblüte").
Relative pollen tube growth in percent of style length in variants of pollination in 'Lützelsachser' and daily minimum temperatures (Tmin [°C]) in 2 m height in April 1997 (FA = open pollination).

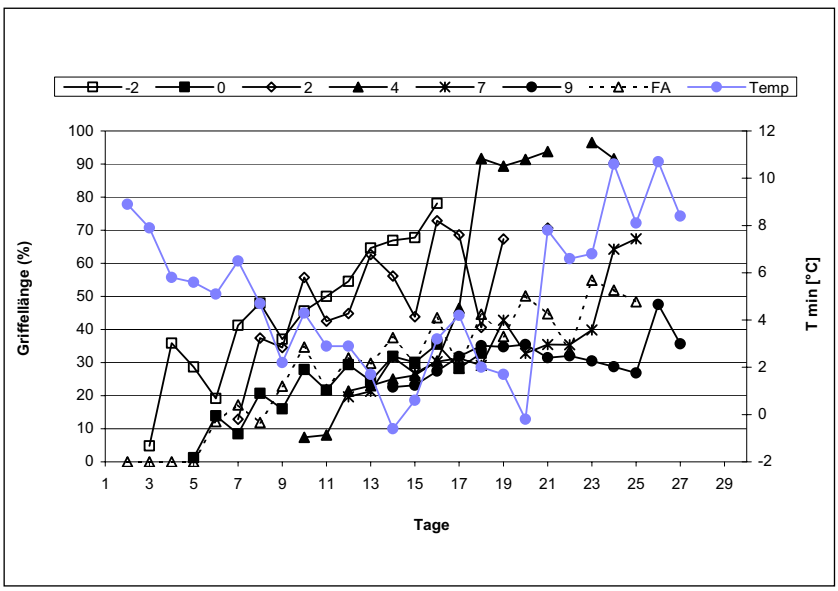


Abb. 2. Relatives Pollenschlauchwachstum in Prozent der Griffellänge bei Bestäubungsvarianten der Sorte 'Lützelsachser' mit Tages-Minimum-Temperaturen (Tmin [°C]) in 2 m Höhe, im April des Jahres 1998 (FA = „Freie Abblüte").
Relative pollen tube growth in percent of style length in variants of pollination in 'Lützelsachser' and daily minimum temperatures (Tmin [°C]) in 2 m height in April 1998 (FA = open pollination).

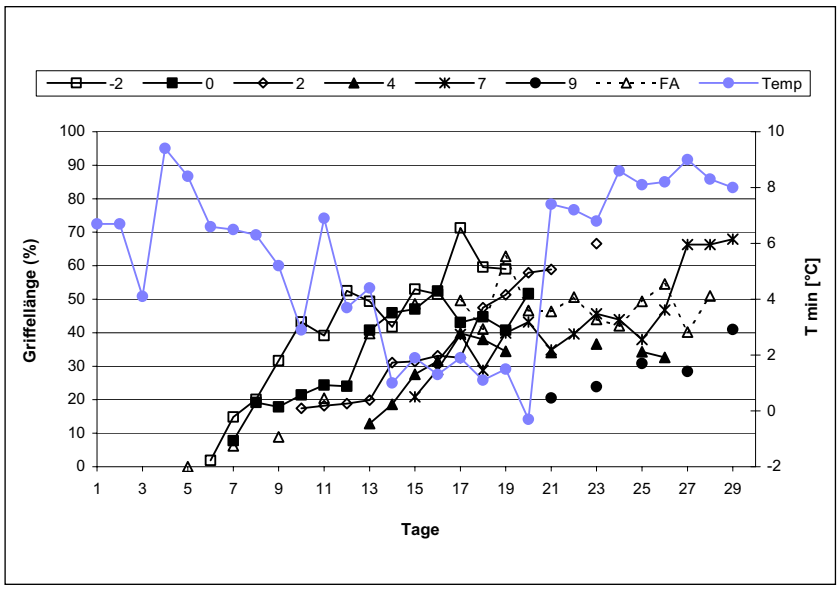


Abb. 3. Relatives Pollenschlauchwachstum in Prozent der Griffellänge bei Bestäubungsvarianten der Sorte 'Lützelsachser' mit Tages-Minimum-Temperaturen (Tmin [°C]) in 2 m Höhe, im April des Jahres 1999 (FA = „Freie Abblüte").
Relative pollen tube growth in percent of style length in variants of pollination in 'Lützelsachser' and daily minimum temperatures (Tmin [°C]) in 2 m height in April 1999 (FA = open pollination).

Tab. 5. Mittlerer Fruchtansatz und Ernte beim Vergleich der Bestäubungsvarianten nach Intervallbestäubungen der Sorte 'Lützelsachser' in den Jahren 1997–1999 in Prozent der bestäubten Blüten. Signifikante Unterschiede bei $\alpha = 0{,}05$ sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet (FA = „Freie Abblüte").
Mean fruit set and yield in comparison of the different variants of interval pollinations in 'Lützelsachser' in 1997–1999 in percent of pollinated flowers. Significant differences at $\alpha = 0{,}05$ are indicated by different letters.

	Fruchtansatz			Ernte		
Variante	**Mittelwert**	**Std.abwn.**	**Tukey-Test**	**Mittelwert**	**Std.abwn.**	**Tukey-Test**
FA	11,2	9,61	a	1,48	1,66	bc
–2	8,24	6,17	ab	2,04	3,32	b
0	5,67	7,19	bc	0,74	1,67	bc
2	8,08	8,21	ac	4,95	6,58	a
4	10,49	8,06	a	3,84	5,88	a
7	4,12	6,75	d	0,62	1,29	bd
9	3,40	5,81	d	0,15	0,56	cd

ne Pollenschläuche nur in Ausnahmefällen in der Fruchtknotenhöhle beobachtet werden.

Das Pollenschlauchwachstum war im Griffel der Sorte 'Lützelsachser' bei Blüten aus freier Abblüte nach der 2. Aprilwoche relativ schnell. Die ersten Pollenschläuche konnten jedoch erst 14 Tage nach der Anthese in der Fruchtknotenhöhle beobachtet werden. Bei der Variante „9" erreichten die Pollenschläuche nicht die Fruchtknotenhöhle. Die Pollenschläuche benötigten für den kürzeren Weg von der Griffelbasis bis zur Samenanlage im Versuchsjahr 1999 weitere 1 bis 6 Tage (Tab. 4).

Fruchtansatz und Ernte

Der Einfluss von verzögerten Bestäubungen wurde hinsichtlich Fruchtansatz und Ernte überprüft. Bei Bestäubungen, die vor, während und nach der Anthese durchgeführt wurden, zeigten sich signifikante Unterschiede bei Fruchtansatz und Ernte. Die Mittelwerte aus den drei Versuchsjahren lassen erkennen, dass späte Bestäubungen („7" und „9") zu geringen Fruchtansätzen und Erträgen führten (Tab. 5).

Die auftretenden Frühjahrsfröste minderten den Fruchtansatz und die Ernte im Jahr 1997 stark und 1998 mittelmäßig, aber die Tendenz zeigte trotzdem deutlich, dass Bestäubungen, die bis zum 4. Tag nach der Anthese durchgeführt wurden, in einem ausreichenden Fruchtansatz und Ertrag resultierten, im Gegensatz zu den stark verzögerten Bestäubungen „7" und „9". Der höchste Fruchtansatz über drei Jahre wurde bei „Freie Abblüte" und den Varianten, die 4 Tage nach der Anthese bestäubt wurden, ermittelt. Die meisten bis zur Reife sich entwickelnden Früchte konnten bei den Varianten „2" und „4" festgestellt werden. Aus Bestäubungen, die zur Zeit der Anthese („0") durchgeführt wurden, erreichten nur wenige Früchte die Reife.

Die einzelnen Versuchsjahr unterschieden sich hochsignifikant hinsichtlich des Fruchtansatzes und der Ernte (Tab. 6). Für den Fruchtansatz erwies sich das Jahr 1997 günstiger als die Jahre 1998 und 1999. Die Ergebnisse des Fruchtansatzes aus dem Jahr 1997 sind jedoch wegen Frosteinwirkung nicht direkt vergleichbar. Die meisten Früchte konnten bei den einzelnen Bestäubungsvarianten im Jahr 1998, gegenüber den Jahren 1997 und 1999 geerntet werden.

Der Fruchtansatz schwankte bei den einzelnen Bestäubungsvarianten im Jahr 1997 zwischen 4,3 und 13,5 % und bei „Freie Abblüte" um 19 %. Es konnte in

Tab. 6. Mittlerer Fruchtansatz und Ernte beim Vergleich der Versuchsjahre nach Intervallbestäubungen der Sorte 'Lützelsachser in den Jahren 1997–1999 in Prozent der bestäubten Blüten. Signifikante Unterschiede bei $\alpha=0{,}05$ sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.
Mean fruit set and yield in comparison of the experimental years after interval pollinations in 'Lützelsachser' in 1997–1999 in percent of pollinated flowers. Significant differences at $\alpha=0{,}05$ are indicated by different letters.

	Fruchtansatz			Ernte		
Jahr	**Mittelwert**	**Std.abwn.**	**Tukey-Test**	**Mittelwert**	**Std. abwn.**	**Tukey-Test**
1997	10,95	8,42	a	0,22	0,94	c
1998	4,58	6,35	b	3,64	5,17	a
1999	6,15	7,24	b	2,06	4,25	b

diesem Jahr festgestellt werden, dass verzögerte Bestäubungen zu einem niedrigeren Fruchtansatz führen. Ausgereifte Früchte entwickelten sich bei 'Lützelsachser' im Jahr 1997 lediglich aus Bestäubungen, die am 2., 4. und 7. Tag nach der Anthese durchgeführt wurden, aber sie stellen einen vernachlässigbaren Anteil von ca. 0,5 % der bestäubten Blüten dar.

Die gleichen Tendenzen konnten beim Fruchtansatz und der Ernte im Versuchsjahr 1998 festgestellt werden. Demnach gingen die meisten angesetzten Früchte (13,4 %) und die höchsten Erträge (10 %) aus der Variante „4" hervor. Im allgemeinen war eine starke Abnahme im Fruchtansatz und bei der Ernte bei Bestäubungen ab dem 4. Tag nach der Anthese zu erkennen. Weniger als 1,3 % der bestäubten Blüten entwickelten sich zu ausgereiften Früchten. Außerdem resultierte sowohl Variante „0" als auch „Freie Abblüte" in einem sehr geringen Fruchtansatz und Ernte.

In dem Versuchsjahr 1999 zeigte sich sehr deutlich, dass aus verzögerten Bestäubungen sehr geringe Fruchtansätze und Erträge (unter 0,5 %) hervorgingen. Varianten, die bis zum 4. Tag nach der Anthese bestäubt wurden, zeigten zufriedenstellende Fruchtansätze, jedoch nur 1,2 bis 7,5 % der ursprünglich bestäubten Blüten entwickelten sich auch zu reifen Früchten. Lediglich bei der Variante „2" war ein nennenswerter Ertrag von 7,5 % festzustellen. Bemerkenswert war, dass der Ertrag aus freier Abblüte trotz hohem Fruchtansatz (19,7 %), dennoch verhältnismäßig gering (3,2 %) war.

Diskussion

Strukturelle Veränderungen finden nach der Aufblüte außer im Narbenbereich (BAYER und STÖSSER 2002) auch im Griffelgewebe statt, insbesondere im Leitgewebe. Der Griffel der Zwetschen ist wie bei den meisten Angiospermen geschlossen. Er besteht von außen nach innen aus einer einschichtigen Epidermis, einem darunter liegenden Parenchym sowie einem zentralen Leitgewebe, das sich zur Narbe hin trichterförmig erweitert und eine Verbindung zwischen der Narbe und dem Fruchtknoten darstellt (BRAUN und STÖSSER 1985).

Bei der untersuchten Sorte 'Lützelsachser' zeigten sich die Abbauvorgänge im Leitgewebe des Griffels sowohl über die drei Versuchsjahre als auch bei den Bestäubungsvarianten überwiegend einheitlich. Die Erscheinung der Abbauprozesse war jedoch in den einzelnen Jahren verschieden. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von BRAUN und STÖSSER (1985) konnte einerseits festgestellt werden, dass zuerst wenige Zellen in der Mitte des Leitgewebes kollabierten. Nachdem deren Zahl sich nach und nach steigerte, stellten sie eine größere kollabierte Fläche dar; andererseits erschien die Mitte des Leitgewebes lange intakt, da zuerst die äußeren Leitgewebszellen an der Griffelnaht Schrumpfungen aufwiesen und diese sich später auf die ganze Periphere bzw. von außen nach innen ausbreiteten.

Anhand der durchgeführten Untersuchungen kann davon ausgegangen werden, dass die Abbauerscheinungen des Leitgewebes im Griffel den normalen Seneszenzvorgängen entsprechen und von den wachsenden Pollenschläuchen nicht wesentlich beschleunigt werden. Außerdem hat das kollabierende Leitgewebe das Pollenschlauchwachstum bei verzögerten Bestäubungen nicht behindert.

Die Zellen des Leitgewebes verlieren im Laufe der Entwicklung durch Auflösung der Mittellamellen den Kontakt zueinander. Die Interzellularen im Leitgewebe füllen sich mit einem Sekret aus den umgebenden Zellen, der sogenannten Interzellularsubstanz. Diese hat eine ähnliche Zusammensetzung wie das Narbensekret, und sie besteht aus Lipiden, Proteinen, Polysacchariden, Pektinen und niedermolekularen Kohlenhydraten (CIAMPOLINI et al. 1996). Die Polysaccharide sind für das Wachstum und die Synthese der Pollenschlauchwand von Bedeutung (LABARCA und LOEWUS 1972; KROH und HELSPER 1974), und die Proteine sind an den Inkompatibilitätsreaktionen zwischen Griffel- und Pollenschläuchen bei sterilen Kombinationen beteiligt (CRESTI et al. 1980).

Am Anfang der Pollenschlauchbildung stehen die im Pollenkorn eingelagerten Substanzen für die Synthese der Pollenschlauchwand zur Verfügung. Für die spätere Wachstumsphase sind sie auf eine exogene Energiequelle angewiesen. Die Menge der Interzellularsubstanz nahm im Süßkirschengriffel zur Zeit der Anthese oder kurz davor nach Beobachtungen von UWATE et al. (1982) zu, und es begann eine Stärkeakkumulation.

HERRERO und ARBEOLA (1989) diskutierten, dass die Umstellung von einer autotrophen auf eine heterotrophe Ernährungsweise bereits nach dem Eintritt der Pollenschläuche in das Leitgewebe stattfindet. Beobachtungen von STÖSSER und NEUBELLER (1980), HERRERO und DICKINSON (1981) sowie GONZALEZ et al. (1997) unterstützen ebenfalls die Theorie der heterotrophen Ernährung des Pollenschlauchs. Während des Pollenschlauchwachstums wurde ein Abbau der Reservesubstanzen im Griffel bei Pfirsich (HERRERO und ARBEOLA 1989) und bei Süßkirsche (HORMAZA und HERRERO 1996) nachgewiesen. BRAUN und STÖSSER (1985) zeigten dies auch bei Apfel, bei dem die Interzellularsubstanz nach einer Bestäubung, im Vergleich zur unbestäubten Variante, schneller abgebaut wurde.

Histochemische Veränderungen in den Zellen des Leitgewebes, einschließlich dem Abbau der Interzellularsubstanz und dem teilweise Auflösen der Gewebestruktur, haben nach Beobachtungen von STÖSSER und ANVARI (1983) bei Süßkirschen keinen Einfluss auf das Wachstum der Pollenschläuche hinsichtlich ihrer Wachstumsgeschwindigkeit oder der Anzahl durchwachsender Pollenschläuche. Nach neueren Untersuchungen (CHEUNG 1996; WILHELMI und PREUSS 1997; MOSCATELLI und CRESTI 2001) ist die Ernährungsfunktion des Leitgewebes beim Regulieren und Unterstützen des Pollenschlauchwachstums unumstritten.

Stärke kann sowohl in den männlichen (PACINI 1996; SPERANZA et al. 1997; CLEMENT und AUDRAN 1999; LORENZ und STÖSSER 2000, 2001) als auch in den weiblichen reproduktiven Blütenorganen nachgewiesen werden (STÖSSER 1980; RODRIGO und HERRERO 1996; CEROVIC et al. 1999). In den Stempeln von 'Lützelsachser' befanden sich Stärkekörner in den meisten Geweben: im Leitgewebe, besonders unter den Narbenpapillen, im Parenchym des Griffels sowie im Fruchtknoten und hier insbesondere im Perikarp, außerdem im äußeren Bereich des Obturators und an der Nucellusspitze. Manchmal war Stärke auch in den Narbenpapillen selbst vorhanden. Es zeigte sich außerdem, dass der Gehalt an Stärke während der Blütezeit in den reproduktiven Blütenorganen kontinuierlich abnahm, unabhängig davon, ob es zur Bestäubung bzw. Befruchtung kam.

STÖSSER und ANVARI (1983) fanden bei Narben von Süßkirschen die meiste Stärke zur Zeit der Anthese, und in den 4 bis 6 Tagen danach erfolgte der vollständige Abbau. Die Geschwindigkeit des Stärkeabbaus im Leitgewebe ist nach BRAUN et al. (1986) von der Anwesenheit von Pollenschläuchen abhängig. Auch STÖSSER und NEUBELLER (1980) wiesen einen schnelleren Stärkeabbau im Griffelgewebe nach einer Bestäubung nach, im Vergleich zur Variante „kastriert unbestäubt". Dies deutet darauf hin, dass Substanzen für das Pollenschlauchwachstum aus dem Griffelgewebe aufgenommen wurden.

Die Untersuchungen zeigten auch bei der Zwetschensorte 'Lützelsachser', dass die Stärke auch ohne Bestäubung nach einer bestimmten Zeit abgebaut wird. Die Versuche konnten nicht eindeutig bestätigen, dass der Stärkeabbau im Leitgewebe in Anwesenheit von Pollenschläuchen schneller erfolgt, da Unterschiede im Stärkeabbau im Leitgewebe zwischen bestäubten und kastrierten unbestäubten Varianten lediglich bei den früheren Bestäubungsvarianten und nur begrenzt feststellbar waren. Im Parenchym des Griffels konnte dagegen ein schnellerer Abbau der Stärke nach einer Bestäubung, im Vergleich zum Probenmaterial „kastriert unbestäubt" festgestellt werden.

Über den Einfluss des Bestäubungszeitpunktes auf das Pollenschlauchwachstums und im Endeffekt auf den Fruchtansatz liegen Untersuchungen von BRAUN und STÖSSER (1985) bei Apfel und Birne, von GONZALEZ et al. (1995) bei Kiwi sowie von EGEA et al. (1991) bei Aprikosen vor. Aus den meisten Arbeiten geht hervor, dass das rezeptive Stadium der Narbe nur auf eine kurze Zeit beschränkt ist und Bestäubungen, die am 4. bis 5. Tag nach der Anthese durchgeführt wurden, ein starkes Abfallen der Pollenkeimung und des Pollenschlauchwachstums bewirken. Die Untersuchungen an 'Lützelsachser' zeigten, dass bei Varianten mit Bestäubung nach der Anthese keine geringere Pollenkeimung festzustellen war. Dies stimmt mit den Beobachtungen von BRAUN und STÖSSER (1985) bei Apfel und Birne sowie von STÖSSER und ANVARI (1983) bei Süßkirschen überein. Demnach ermöglichten verzögerte Bestäubungen auch bei älteren, bereits braun gefärbten Narben (9 und 10 Tage nach der Anthese) eine normale Pollenkeimung und das Eindringen der Pollenschläuche in das Narbengewebe. Im Gegensatz dazu konnten GONZALEZ et al. (1995) bei Kiwi 7 Tage nach der Anthese keine Pollenkeimung mehr nachweisen. Die Pollenkörner waren bei den vorliegenden Untersuchungen in der Lage, auch auf einer vollständig ausgetrockneten Narbe zu keimen, einen Pollenschlauch zu bilden und im Leitgewebe wenn auch verlangsamt zu wachsen. Bestäubungen, die 2 bzw. 4 Tage nach der Anthese durchgeführt wurden, zeigten im allgemeinen ein verhältnismäßig schnelles Pollenschlauchwachstum. Das durchschnittliche Wachstum der Pollenschläuche war hingegen bei Blüten, die zur Zeit der Anthese sowie 7 bzw. 9 Tage nach der Anthese bestäubt wurden, deutlich geringer. Je später die Bestäubung durchgeführt wurde, desto seltener und später waren Pollenschläuche im Fruchtknoten vorzufinden.

Die Untersuchungen wurden teilweise mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Literatur

BAYER, I. und R. STÖSSER 2002: Veränderungen der Narbenstruktur während der Blüte bei Pflaumen und Zwetschen (*Prunus domestica* L.). J. Appl. Bot. **76**, 99–106.

BRAUN, J. und R. STÖSSER 1985: Narben- und Griffelstruktur und ihr Einfluß auf Pollenkeimung, -schlauchwachstum und Fruchtansatz beim Apfel. Angew. Botanik **59**, 53–65.

BRAUN, J., J. NEUBELLER und R. STÖSSER 1986: Veränderungen der im Griffel eingelagerten Kohlenhydrate während des Pollenschlauchwachstums beim Apfel. Gartenbauwiss. **51**, 1–6.

CEROVIC, R., R. VUJICIC und N. MICIC 1999: Localization of polysaccharides in the ovary of sour cherry. Gartenbauwiss. **64**, 40–46.

CHEUNG, A. Y. 1996: The pollen tube growth pathway: its molecular and biochemical contributions and responses to pollination. Sex. Plant Reprod. **9**, 330–336.

CIAMPOLINI, F., C. FALERI, D. DI PIETRO und M. CRESTI 1996: Structural and cytochemical characteristics of the stigma and style in *Vitis vinifera* L. var. Sangiovese (Vitaceae). Ann. Bot. **78**, 759–764.

CLEMENT, C. und J.-C. AUDRAN 1999: Anther carbohydrates during *in vivo* and *in vitro* pollen development. In: CLEMENT, C., E. PACINI und J.-C. AUDRAN (Eds.): Anther and Pollen (From Biology to Biotechnology). Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 69–90.

CRESTI, M., F. CIAMPOLINI und S. SANSAVINI 1980: Ultrastructural and histochemical features of pistil of *Malus communis*: The stylar transmitting tissue. Sci. Hort. **12**, 327–337.

EGEA, J., L. BURGOS, J. E. GARCIA und L. EGEA 1991: Stigma receptivity and style performance in several apricot cultivars. J. Hort. Sci. **66**, 19–25.

GERLACH, D. 1984: Botanische Mikrotechnik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York. 3. Auflage.

GONZALES, M. V., M. COQUE und M. HERRERO 1995: Stigmatic receptivity limits the effective pollination period in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. **120**, 190–202.

GONZALEZ, M. V., M. COQUE, M. HERRERO, E. SFAKIOTAKIS und J. PORLINGIS 1997: Kiwifruit flower biology and its implications on fruit set. Acta Hort. **444**, 425–429.

HERRERO, M. und H. G. DICKINSON 1981: Pollen tube development in *Petunia hybrida* following compatible and incompatible intraspecific matings. J. Cell. Sci. **47**, 365–383.

HERRERO, M. und A. ARBEOLA 1989: Influence of the pistil on pollen tube kinetics in peach (*Prunus persica*). Amer. J. Bot. **76**, 1441–1447.

HERRERO, M. 1993: Mechanisms in the pistil that regulate gametophyte population in peach (*Prunus persica*). In: OTTAVIANO, E., D. L. MULCAHY, M. SARI GORLA und G. BERGAMINI MULCAHY (Eds.): Angiosperm Pollen and Ovules. Springer Verlag, 377–381.

HORMAZA, J. I. und M. HERRERO 1996: Dynamics of pollen tube growth under different competition regimes. Sex. Plant Reprod. **9**, 153–160

KROH, M. und J. P. F. G. HELSPER 1974: Transmitting tissue and pollen tube growth. In: LINSKENS H. F. (Ed.): Fertilization in Higher Plants. North-Holland Publishing Company Amsterdam, 167–175.

LABARCA, C. und F. LOEWUS 1972: The nutritional role of pistil exudate in pollen tube wall formation in *Lilium longiflorum*. Plant Physiology **50**, 7–14.

LORENZ, J. und R. STÖSSER 2000: Über die Blüten- und Pollenentwicklung bei Pflaume (*Prunus domestica* L.). Erwerbsobstbau **42**, 144–150.

LORENZ, J. und R. STÖSSER 2001: Was macht die Qualität des Pollens bei Pflaume (*Prunus domestica* L.) aus? Erwerbsobstbau **43**, 50–57.

MOSCATELLI, A. und M. CRESTI 2001: Pollen germination and pollen tube growth. Tip growth mechanism in sexual plant reproduction. In: BHOJWANI, S. S. und W. Y. SOH (Eds.): Current Trends in the Embryology of Angiosperms. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston-London, 33–65.

PACINI, E. 1996: Types and meaning of pollen carbohydrate reserves. Sex. Plant Reprod. **9**, 362–366.

RODRIGO, J. und M. HERRERO 1996: Evaluation of pollination as the cause of erratic fruit set in apricot 'Moniqui'. J. Hort. Sci. **71**, 801–805.

SPERANZA, A., G. L. GALZONI und E. PACINI 1997: Occurence on mono- or disaccharides and polysaccharide reserves in mature pollen grains. Sex. Plant Reprod. **10**, 110–115.

STÖSSER, R. 1980: Über das Wachstum von Pollenschläuchen bei *Prunus*, dargestellt anhand von Schnittpräparaten. Angew. Bot. **54**, 319–327.

STÖSSER, R. und J. NEUBELLER 1980: Veränderungen von Kohlenhydraten in den Griffeln von Kirschenblüten. Gartenbauwiss. **45**, 97–101.

STÖSSER, R. und S. F. ANVARI 1983: Pollen tube growth and fruit set as influenced by senescence of stigma, style and ovules. Acta Horticulturae **139**, 13–22.

UWATE, W. J., J. LIN und V. STALLMAN 1982: Cellular components of the midstylar transmitting tissue of *Prunus avium*. Canad.. J. Bot. **60**, 98–104.

WILHELMI, L. K. und D. PREUSS 1997: Blazing new trails. Pollen tube guidance in flowering plants. Plant Physiol. **113**, 307–312.

Eingereicht: 14.07.02 / 04.10.02

Anschrift der Verfasser: Dr. Ildiko Bayer und Prof. Dr. R. Stösser, Universität Hohenheim, Institut für Sonderkulturen und Produktionsphysiologie (370), Fax 0711 459-23 51, E-Mail stoesser@uni-hohenheim.de