

**Untersuchungen
über die gegenseitige Befruchtung der
in Estland verbreiteten Apfelsorten**

Zusammenfassung der zur Erlangung
der Doktorwürde der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Universität Tartu eingereichten Dissertation

von

mag. agr. Aleksander Siimon

Tartu 1939



Untersuchungen über die gegenseitige Befruchtung der in Estland verbreiteten Apfelsorten.

Die Frage der Befruchtung bei den Pflanzen hat die wissenschaftliche Forschung schon seit geraumer Zeit beschäftigt. Hinsichtlich der Obstbäume wurde die Frage akut, als man in den Erwerbsgärten zwecks Vereinheitlichung der Produktion die Zahl der Sorten verringern wollte. Dabei erwies es sich sehr bald, dass die Obstbäume unfruchtbar wurden, wobei die Ursache der Unfruchtbarkeit sowohl in der Selbststerilität als auch in der Intersterilität zu suchen war. Um die Ernte sicher zu stellen, versucht man heutzutage überall, wo der Obstbau auf rationeller Grundlage betrieben wird, sich über die Befruchtung der einzelnen Sorten Klarheit zu verschaffen.

Da in Estland bisher keinerlei einschlägige Untersuchungen angestellt worden sind, so machte ich mir die Aufhellung der gegenseitigen Befruchtungsverhältnisse bei den hier verbreiteten Apfelsorten, deren Früchte als Handelsartikel von Bedeutung sind, zur Aufgabe. Es sollte die Keimfähigkeit der Pollen der untersuchten Sorten in Saccharoselösung festgestellt und unter Zugrundelegung der bei diesen Keimversuchen wie andererseits auch der durch künstliche Befruchtung erzielten Ergebnisse ein Überblick darüber gewonnen werden, welche Bedeutung die Pollenkeimversuche für die Klärung der Frage der Befruchtung der Sorten haben können. Bei den verbreiteteren Sorten wurden auch zytologische Untersuchungen durchgeführt zwecks Feststellung der Zahl der Chromosomen, um Aufschluss darüber zu erlangen, wie weit die Keimfähigkeit der Pollenkörner von den Chromosomen abhängt. Schliesslich sollte auch die Frage der direkten Einwirkung der Pollen der Vatersorten auf die Frucht der Muttersorten einer Klärung näher gebracht werden.

Unsere Untersuchungen wurden in den Jahren 1931 bis 1938 in zwei Serien, im Laboratorium und im Garten, durchgeführt. Die Laboratoriumsversuche sollten eine eingehendere Kenntnis der Eigenschaften der Pollenkörner von 20 der am weitesten verbreiteten Sorten vermitteln. Die Pollen liessen wir in Saccharoselösungen 24 Stunden bei einer Temperatur von 20—24°C. keimen, welche beiden Faktoren (Zeit und Temperatur) sich für die Keimung als am günstigsten erwiesen. Um schneller arbeiten zu können, wandten wir den „liegenden

Tropfen“ an, der auf einem Objektglas in die „feuchte Kammer“ gebracht wurde. Beim hängenden Tropfen ist die ungenügende Sauerstoffversorgung als für die Pollenkeimung nachteilig zu bewerten, denn die Ränder der Gläser sind mit Vaseline eingeschmiert, und im Laufe von 24 Stunden macht sich bei den keimenden Pollen bis zu einem gewissen Grade ein Mangel an Sauerstoff bemerkbar.

Nach der Feststellung der Zahl der keimenden Pollen der einzelnen Sorten und ihrer Gleichmässigkeit wurde auch in jeder Konzentration die Länge von mindestens 18 Pollenschläuchen gemessen.

Bei den Pollenkeimversuchen bedienten wir uns verschiedener Lösungen. Wenn auch die chemische Zusammensetzung der Narbenausscheidung noch nicht in allen Einzelheiten bekannt ist, so haben doch viele Forscher das Vorkommen von Zucker in ihr nachgewiesen, daher denn auch für die Keimversuche mit Pollenkörnern hauptsächlich Zuckerlösungen zur Anwendung kommen, unter denen die Saccharoselösungen als die geeignetsten angesprochen werden.

Um festzustellen, ob die verschiedenen Zuckerarten abweichende Wirkungen auf die Keimung der Pollen ausüben im Sinne einer besonderen Förderung des Prozesses, wurden entsprechende Vorversuche mit 0,2—0,5 mol. Saccharose- und Glykoselösungen angestellt. Sie ergaben, dass die beiden Zuckerarten von nicht wesentlich günstiger Wirkung auf die Keimung des Pollens sind, da die Pollen von Natur mit den für die Keimung notwendigen Reservestoffen versehen sind; von grösserer Bedeutung scheint ein geeigneter osmotischer Druck der Lösung zu sein. Da sich in Berücksichtigung dieser Ergebnisse keiner der Zuckerarten ein besonderer Vorzug zuerkennen liess, so arbeiteten wir weiterhin bei unseren Spezialversuchen nur mit Saccharose.

Ebenso wurden Vorversuche durchgeführt, um darüber zur Klarheit zu gelangen, welche Konzentration der Keimlösung als die geeignetste zu erachten ist. Dabei erwies es sich, dass die günstigste Lösung je nach den Jahren als auch für die verschiedenen Sorten eine abweichende war, sich aber gewöhnlich innerhalb der Grenzwerte von 5⁰/₀—15⁰/₀ bewegte, daher wir uns für unsere Spezialversuche jeweils 5⁰/₀-, 10⁰/₀- und 15⁰/₀-iger Saccharoselösungen bedienten. Bei der Arbeit mit diesen Konzentrationen konnte eine feste Korrelation zwischen der jährlichen Ertragshöhe der Bäume und der Konzentration der Pollenkeimlösung beobachtet werden, in dem Sinne, dass in ertragreichen Jahren die Pollen in schwächeren Konzentrationen maximal keimten. Weiter konnte auch festgestellt werden, dass die Pollenkörner der untersuchten Sorten hinsichtlich ihres Verhaltens in den Keimlösungen verschiedene Gruppen bilden, in dem die Pollenkörner eines Teiles der Sor-

ten in allen Jahren in schwächeren Konzentrationen am besten keimten, während es wiederum bei denen anderer Sorten hierzu durchgängig stärkerer Konzentrationen bedurfte.

Da die Pollenkörner der verschiedenen Sorten in verschiedenprozentigen Saccharoselösungen am besten keimen, so müssen sie ihrem osmotischen Werte nach verschieden sein, was auch die an den Pollenschläuchen vorgenommenen Bestimmungen der plasmolytischen Grenzkonzentration in Saccharoselösung bestätigten. Die Versuche zeigten, dass die plasmolytische Grenzkonzentration bei den einzelnen Sorten eine verschiedene ist und zwischen 0,30—0,56 mol. schwankt.

Vergleicht man die für die plasmolytische Grenzkonzentration gefundenen Werte mit dem für einen Zeitraum von drei Jahren gefundenen mittleren Keimprozent der Pollen der einzelnen Sorten, so ergibt sich, dass bei den Sorten, die ein niedrigeres Keimprozent aufweisen, die Plasmolyse bei den Pollenschläuchen schon bei schwächeren Konzentrationen eintritt, wie etwa beim Roten Herbstkalvill (0,30 mol.) oder beim Litauischen Pepping (0,35 mol. Lösung). Bei den Sorten mit einem höheren Keimprozent der Pollen findet die Plasmolyse aber bei merklich stärkeren Konzentrationen statt, da offenbar die chemische Zusammensetzung des Plasmas der Pollen als auch die Konzentration des Zuckers und der Salze im Zellsaft abweichende sind und einen höheren osmotischen Druck im Pollen hervorrufen, wodurch die Plasmolyse nur in stärker konzentrierten Lösungen auftritt.

Um den Pollen zum Keimen zu bringen, muss ein günstiges Verhältnis zwischen dem im Pollen einerseits und dem in der Keimlösung andererseits vorliegenden osmotischen Druck herbeigeführt werden. Es galt also auch festzustellen, wie gross die Differenz zwischen den Konzentrationen der günstigsten Keimlösung und der plasmolytischen Grenzkonzentration für die Pollen der verschiedenen Sorten ist. Die zu diesem Behufe vorgenommenen Untersuchungen ergaben, dass die Differenz im allgemeinen zwischen 0,1—0,25 mol. schwankt, und zwar ist sie bei den Sorten, die ein höheres Keimprozent des Pollens aufweisen, eine grössere, als bei den Pollen mit einem niedrigen Keimprozent.

Unsere Keimversuche ergaben, dass die Mehrzahl der hierzulande verbreiteten Apfelsorten Pollen mit hoher Keimfähigkeit aufweist, ausgenommen die Sorten: Schöner von Boskoop, Roter Herbstkalvill und Litauischer Pepping, die im allgemeinen schlecht keimen.

Weiter wurden die verbreiteteren Sorten auch zytologisch untersucht, wobei wir die Feststellung der Zahl der Chromosomen als unsere vornehmste Aufgabe erachteten. Denn in der Frage nach der Bedeutung der Chromosomen liegt in den Anschauungen der Forscher keine Einheitlichkeit vor. Während die einen (Kobel, Rybin u. a.) der Ansicht sind, dass die Apfel-

sorten mit einer abnormen Anzahl von Chromosomen im allgemeinen schlechtere Befruchter sind, da deren Pollen eine geringere Keimfähigkeit aufweisen, vertreten andere (Veh, Brandscheidt u. a.) den Standpunkt, dass das Keimen der Pollen überhaupt nicht von den Chromosomen abhängt.

Wir bestimmten die Zahl der Chromosomen sowohl in den Pollenkörnern als auch in den Wurzelspitzen und jungen Sprossen, wobei wir uns der Heitz-Kochschen Methode bedienten. Unsere Untersuchungen erwiesen alle von uns geprüften Sorten als diploid, ausgenommen nur Schöner von Boskoop, der sich als triploid herausstellte. Bei den Sorten Litauischer Pepping und Roter Herbstkalvill, die beide ein niedriges Keimprozent der Pollenkörner aufweisen, sind die Chromosomen in den Wurzelspitzen wie auch jungen Sprossen diploid, in den Pollen treten aber verschiedene Anomalien zu Tage.

Eine genauere vergleichende Betrachtung des Keimprozentes der Pollen der einzelnen Sorten und der Zahl der Chromosomen gestattete den Rückschluss, dass bei den Sorten, die in den Pollen eine anormale Chromosomenzahl aufweisen, das Keimprozent ein niedrigeres ist, so etwa beim Litauischen Pepping und Roten Herbstkalvill, die beide diploid sind, deren Pollensterilität aber nicht durch ernährungsphysiologische Ursachen zu erklären ist. Daraus darf gefolgert werden, dass das Keimprozent nicht nur bei den triploiden Sorten ein niedriges ist, sondern auch bei den diploiden, sofern ihre Chromosomenzahl von der normalen abweicht.

Die Versuche mit künstlicher Bestäubung wurden in den Jahren 1931, 1932 und 1933 und zwar in den Gärten Kehtna und Morna vorgenommen, wobei 1936 noch Kontrollversuche sich als notwendig herausstellten.

Die Bestäubungsversuche wurden mit 19 Muttersorten durchgeführt, wobei zum Bestäuben die Blüten von sonnigen Stellen mitten aus den Zweigen der Krone genommen wurden. Auch wurde die Lage des Astes berücksichtigt und die Blüten nur von solchen Zweigen genommen, die am meisten der typischen Kronenform der zu untersuchenden Sorte entsprachen. Die kastrierten Blüten wurden mit Pergamentsäcken in der Grösse von 32×24 cm bedeckt. Bei den Versuchen haben wir unter Berücksichtigung des Einflusses der Bestäubungszeit die künstlichen Bestäubungen zwischen 6 und 12 Uhr vorgenommen, während die Kastrierung der Blüten im Laufe des ganzen Tages erfolgte. Mit der Untersuchung des jungen Fruchtausatzes wurde nach 42 Tagen begonnen, nach welcher Zeitspanne es schon möglich war die Entwicklung der einzelnen Früchte zu beurteilen und sichere Schlussfolgerungen über die gegenseitigen Befruchtungsverhältnisse zu ziehen.

Die Ergebnisse unserer Bestäubungsversuche in den einzelnen Jahren erwiesen, dass der Fruchtausatz bei den einzelnen Sorten in jedem Jahre schwankte, was als durch verschiedene

Faktoren bedingt zu erklären ist, haben wir es doch bei den Pollen mit einer Zelle zu tun, deren Plasma sich hinsichtlich seiner chemischen, kolloidchemischen und sonstigen Eigenschaften unter Einwirkung mannigfacher äusserer Einflüsse verändern kann. Im allgemeinen waren die veränderlichen inneren wie äusseren Faktoren nicht im Stande, die hinsichtlich der Befruchtung zwischen den Sorten vorliegenden Unterschiede und Abweichungen aufzuheben oder abzuschwächen.

Bei den meisten Sorten liess sich in allen Jahren die Erscheinung beobachten, dass von den mit eigenen Pollen bestäubten Blüten nur sehr wenige sich zu Früchten entwickelten und ausreifen; der grössere Teil fiel vor der Zeit ab. Zum normalen Fruchtansatz war der Pollen einer anderen Sorte notwendig.

Aus unseren Versuchen ergab sich andererseits, dass die Selbstfertilität oder richtiger die Neigung zur Selbstfertilität eine bei unseren Sorten seltene Erscheinung ist, bei einzelnen Sorten aber immerhin in gewissem Masse auftritt. Volle Intersterilität war zwischen den untersuchten Sorten nicht nachweisbar, doch wurden durch die Bestäubung mit den Pollen einzelner bestimmter Vatersorten in jedem Versuchsjahr regelmässig sichtlich bessere Ergebnisse erzielt. So konnten für folgende Muttersorten als wirksamste Bestäuber festgestellt werden:

Muttersorte	Vatersorte
Antonowka	— Livländischer Borsdorfer, Serinka.
Borowinka	— Weisser Astrachan, Livl. Borsdorfer, Antonowka.
Cellini	— Wealthy, Herbststreifling.
Černogus	— Litauischer Pepping, Treboux Sämling.
Filippa	— Antonowka, Livländischer Borsdorfer.
Herbststreifling	— Treboux Sämling, Wealthy, Borowinka.
Himbeerapfel	— Herbststreifling, Livländ. Borsdorfer.
Litauischer Pepping	— Livl. Borsdorfer, Treboux Sämling und Antonowka.

Livländischer Borsdorfer	— Antonowka, Serinka.
Nitschners Erdbeerapfel	— Serinka, Livländischer Borsdorfer.
Roter Herbstkalvill	— Grüner Klarapfel, Livländ. Borsdorfer.
Serinka	— Herbststreifling, Livländ. Borsdorfer.
Signe Tillisch	— Litauischer Pepping, Livl. Borsdorfer.
Suislepper	— Weisser Klarapfel u. Serinka.
Tallinnaer Birnapfel	— Livl. Borsdorfer, Borowinka.
Titovka	— Wealthy u. Livl. Borsdorfer.
Treboux Sämling	— Černogus, Antonowka.
Wealthy	— Tallinnaer Birnapfel, Borowinka.
Weisser Klarapfel	— Wealthy, Suislepper.

Vergleichen wir die für die künstliche Bestäubung benutzten Vatersorten untereinander, so ergibt sich, dass hinsichtlich der Befruchtungsfähigkeit verhältnismässig starke Abweichungen vorliegen. Einige besitzen die Fähigkeit eine grosse Anzahl Muttersorten mit Erfolg zu befruchten, während andere nur mit bestimmten Muttersorten die gewünschten Ergebnisse erzielen; in geringerem oder stärkerem Masse trat das in jedem Jahre zu Tage.

Was die Menge und den Wert der Samen in den Früchten anlangt, so ergaben unsere im Laufe der genannten vier Jahre durchgeführten Untersuchungen, dass in den durch künstliche Befruchtung entstandenen Früchten die Zahl der Samen im allgemeinen erheblich schwankte; die durch Bestäubung mit den eigenen Pollen entstandenen Früchte wiesen eine nur geringe Zahl normal entwickelter Samen auf, während die Zahl tauber Samen eine merklich höhere war.

Aus unseren Versuchen mit künstlicher Bestäubung und den Pollenkeimversuchen ging eindeutig hervor, dass zwischen dem Pollenkeimprozent einerseits und dem Prozent des Fruchtansatzes andererseits keine feste Parallele vorliegt; vielmehr erwiesen sich oft Sorten mit hohem Pollenkeimprozent nicht als gute Befruchter. Ebenso ergaben die Versuche mit künstlicher Bestäubung, dass die gewünschten Ergebnisse nur zwischen bestimmten Sorten erzielt wurden und dieses regelmässig in jedem Jahre. Weiter konnte festgestellt werden, dass die Weiterentwicklung der Frucht nicht von der Zahl der befruchteten Samenknospen abhängt, sondern durch Ernährungsverhältnisse bedingt sein muss, die durch die Befruchtung mit dem Pollen der einen oder anderen Vatersorte von vornherein geschaffen werden.

Um zur Klarheit über den Einfluss des Pollens der einzelnen Vatersorten auf das Wachstum des Fruchtfleisches zu gelangen, wurden entsprechende Versuche mit der Sorte Antonowka durchgeführt. 100 Antonowka-Blüten wurden in der Weise künstlich bestäubt, dass jeder Narbenfaden mit den Pollen einer anderen Vatersorte befruchtet wurde. Gewählt wurden drei Vatersorten (Livl. Borsdorfer, Serinka, Wealthy), die bei den Bestäubungsversuchen der Jahre 1931—33 mit der Antonowka günstige Resultate ergeben hatten, und weiter zwei Vatersorten (Weisser Klarapfel, Tallinnaer Birnapfel), mit denen nicht die erwarteten Ergebnisse erzielt worden waren. Weiter wurden 100 Blüten nur mit den Pollen einer einzigen Sorte (Weisser Klarapfel) befruchtet, die bei den früheren Versuchen den gewünschten Erfolg hatte vermissen lassen. Nachdem die Früchte sich entwickelt hatten, war ersichtlich, dass bei den Blüten, die mit Pollen von fünf verschiedenen Vatersorten bestäubt worden waren, die Fruchtkanten sehr ungleichmässig ausgebildet waren, während bei den Blüten, die die Pollen nur einer Sorte erhalten hatten, ziemlich gleichmässig aus-

gebildete Kanten vorlagen. Obgleich man bei den wachsenden Pollenschläuchen nicht verfolgen kann, mit welcher Eizelle sich der Generativkern verbindet, so scheint aus unseren Versuchen doch hervorzugehen, dass beim Bestäuben mit den Pollen der einzelnen Vatersorten in die befruchteten Samenknospen ein verschiedener — bedeutenderer oder geringerer — Zufluss von Nährstoffen stattfindet, der die in der Nähe des Samens befindlichen grösseren Kanten entwickelt.

Unsere Ergebnisse lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

- 1) Die Zahl der in Saccharoselösung keimenden Pollenkörner bei Sorten mit hohem und mittlerem Keimprozent ermöglicht nicht, die Frage nach den Eigenschaften der Sorte als Befruchter hinreichend zu klären, denn Sorten mit hohem Keimprozent erweisen sich nicht hinsichtlich aller Sorten als beste Befruchter. Wichtig ist die Keimung der Pollenkörner in Saccharoselösung nur zur Feststellung von Sorten mit niedrigem Keimprozent (0—30%), die sich auch als schlechte Befruchter erweisen.
- 2) Die optimale Konzentration der Keimlösung hängt von der Tragperiode des Apfelbaumes ab, wobei in ertragreichen Jahren die Keimung der Pollenkörner maximal in schwächer konzentrierten Saccharoselösungen erfolgt.
- 3) Das Schwanken der optimalen Konzentration der Keimlösung in verschiedenen Jahren ist durch die veränderlichen Wachstumsfaktoren und die Menge der im Obstbaum befindlichen Reservestoffe bedingt.
- 4) Die Pollenkörner der bei uns verbreiteteren Apfelsorten sind hinsichtlich ihres osmotischen Wertes verschieden und die plasmolytische Grenzkonzentration in der Saccharoselösung schwankt zwischen 0,30—0,56 mol.
- 5) Das Keimprozent der Pollen in Mol.-Lösungen aus Monosacchariden und Disacchariden von gleicher Konzentration ist ein beinahe gleiches, und die einzelnen Zuckerarten scheinen hier keinen besonders fördernden Einfluss auf das Keimen der Pollen auszuüben.
- 6) Zwischen der plasmolytischen Grenzkonzentration und dem Keimprozent des Pollens besteht eine feste Korrelation, wobei bei den Pollen einer Sorte mit einem höheren Keimprozent der durch die plasmolytische Grenzkonzentration bestimmte osmotische Wert höher ist, als bei den Sorten mit einem niedrigeren Keimprozent.
- 7) Die Differenz zwischen der Konzentration der optimalen Keimlösung und der plasmolytischen Grenzkonzentration ist grösser bei den Sorten mit einem höheren Keimprozent, als bei den Sorten mit einem niedrigeren.

- 8) In den Pollen einzelner diploider Apfelsorten erscheint oft eine Abnormität in der Zahl der Chromosomen, die sich vorwiegend an den Pollen der bei höherer Temperatur zum Blühen gebrachten Sorten beobachten lässt. Die Pollen der Diploidsorten mit einer anormalen Chromosomenzahl weisen eine geringe Keimfähigkeit auf.
- 9) Bei einigen diploiden Sorten lässt sich beobachten, dass ein Baum in den Wurzeln und jungen Sprossen eine normale Chromosomenzahl aufweist, während in den Pollen Abweichungen vorliegen.
- 10) Von den in Estland verbreiteten Apfelsorten erwiesen sich auf Grund zytologischer Untersuchung als diploid folgende Sorten: Černogus, Filippa, Livländischer Borsdorfer, Nitschners Erdbeerapfel, Okerö, Suislepper, Treboux Sämling, Wealthy, Weisser Klarapfel; als diploid mit Anomalien in der Chromosomenzahl: Litauischer Pepping, Roter Herbstkalvill; als triploid: Schöner von Boskoop.
- 11) Das Abfallen der Früchte vom Apfelbaum vor ihrer Reife hängt nicht von der Anzahl der befruchteten Samenknospen ab.
- 12) Beim künstlichen Bestäuben der bei uns am weitesten verbreiteten Sorten mit den eigenen Pollen verringert sich in der Frucht die Anzahl der normal ausgebildeten Samen und steigt die Zahl der tauben.
- 13) Als Ergebnis der Versuche mit künstlicher Bestäubung erwiesen sich
 - a) als selbststerile: Litauischer Pepping, Livländischer Borsdorfer, Roter Herbstkalvill, Signe Tillisch, Suislepper, Tallinnaer Birnapfel und Titovka;
 - b) als praktisch selbststerile: Černogus, Cellini, Filippa, Herbststreifling, Himbeerapfel, Wealthy und Weisser Klarapfel.
 - c) Neigung zur Selbstfertilität hatten: Antonowka, Borowinka, Nitschners Erdbeerapfel, Serinka und Treboux Sämling.
 - d) Neigung zur Parthenokarpie hatten: Cellini und Signe Tillisch.
- 14) Der direkte Einfluss der Pollen der Vatersorten auf die Entwicklung des Fruchtfleisches der Muttersorte ist abweichend, wobei die Sorten einen stärkeren Zuwachs des Fruchtfleisches unter Einfluss des Pollens aufwiesen, bei denen beim künstlichen Bestäuben mit der entsprechenden Muttersorte das Fruchtansatzprozent ein höheres war.
- 15) Bei den in Estland verbreiteteren Apfelsorten fällt die Blütezeit für kürzere oder längere Zeit zusammen, was die gegenseitige Befruchtung der Sorten ermöglicht.