

*Erarbeitung eines geisteswissenschaftlichen
Wachstums- und Fortpflanzungsbegriffs
als Grundlage zur Bewertung
aktueller Methoden der
Pflanzenvermehrung und –züchtung*

– Michael Fleck –

*gefördert durch den Forschungsfond der
Anthroposophischen Gesellschaft in Deutschland*

Witzenhausen, Januar 2006

«Nicht das macht einen zum Materialisten, daß man diese Dinge studiert, sondern das macht einen zum Materialisten, daß man bei dem Studium der materiellen Vorgänge vom Geiste verlassen ist, daß man in die Welt der Materie hineinschaut und nur Materie und materielle Vorgänge sieht» (Steiner 1920 b).

Vorwort

Im Vergleich mit den allgemeinen Wachstumsvorgängen in der Natur, die jedem Menschen aus dem Miterleben des Jahreslaufes bekannt sind, verlaufen die generativen Prozesse (Fortpflanzung) im Pflanzenbereich sehr unanschaulich und im Verborgenen. Dennoch beeinflusst deren Verständnis in immer stärkerem Maße unser gesamtes Leben, indem der Mensch über die verschiedenen angewandten Verfahren der Pflanzenzüchtung die auf diesem Wege erzeugten Produkte (Saatgut) als Grundlage für die Erzeugung seiner Nahrungsmittel verwendet. Damit bilden die Methoden der Forschung und ihrer Anwendung (Techniken) den Ausgangspunkt für Substanzen (Nahrungsmittel), mit denen sich die menschliche Individualität nicht nur körperlich sondern auch seelisch-geistig auseinandersetzen muss.

Auch der Ökologische Landbau stützt sich in weitesten Teilen seiner pflanzlichen Erzeugung auf konventionelle Sorten, bei deren Züchtung mit fragwürdigen Techniken (Protoplastenfusion, Dihaploidentechnik, Hybridzüchtung) massiv in das lebendige Gefüge der Organismen eingegriffen wird. Für ihn und sein Anliegen eines vertieften Umgangs mit dem Leben muss diese Entwicklung daher ein Problem darstellen, das der Bearbeitung bedarf. Die aus der Anthroposophie Rudolf Steiners hervorgegangene biologisch-dynamische Landbaubewegung sucht ein Verständnis aller Lebensvorgänge nicht allein in naturwissenschaftlichen Kausalitäten, sondern in den Phänomenen und geistigen Gesetzmäßigkeiten, die diesen zugrunde liegen. Dieses Anliegen einer vertieften Naturerkenntnis erfordert jedoch zusätzlich zur üblichen Ausbildung das Studium der Anthroposophie und eine Auseinandersetzung mit ihren Erkenntnisgrundlagen. Auf dieser Basis werden dann auch das Ordnen der sinnenfälligen Phänomene und deren Verständnis mit Blick auf eine ideelle Begriffsbildung sowie Bezüge zu den Darstellungen der Anthroposophie möglich. Dieses Motiv lag der vorliegenden, vom Forschungsfond der Anthroposophischen Gesellschaft in Deutschland geförderten Arbeit zugrunde.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
2	Die Fruchtbarkeit unserer Kulturpflanzen.....	4
2.1	Licht und Stickstoff in ihrer Wirkung auf das Pflanzenwachstum	6
2.2	Höhere N-Versorgung führt zu Verweiblichung	13
2.3	Kupfermangel induziert männliche Sterilität	14
2.4	Männlich sterile Pflanzen zeigen häufig stärkeres Längenwachstum	17
2.5	Wärme fördert Merkmale des Androceums und der Pollenfertilität	18
2.6	Fehlt den Hybriden die richtige Wärme?	21
2.7	Substanzen mit Hormonwirkung in der Pflanze	24
2.8	Aspekte zur Wärme aus Sicht der Anthroposophie	29
3	Natur- und geisteswissenschaftliche Sichtweise.....	35
3.1	Materialistische Grundhaltung in den heutigen Naturwissenschaften	35
3.2	Tote Himmelskörper und mechanistische Vorstellungen vom Leben	37
3.3	Die sinnlich wahrnehmbare Welt – Ausdruck geistiger Gesetzmäßigkeiten.....	40
3.4	Botanische Phänomene als Wirkungen qualitativ neuer Ebenen	42
3.5	Beziehungen der Pflanzen zum Kosmos.....	46
3.6	Elementarwesen als Grundlage des Pflanzenwachstums	55
3.6.1	Keine Pflanzenwurzel ohne Gnomenwirkung	55
3.6.2	Stetes Binden und Lösen im Undinentraum	57
3.6.3	Die Sylphen tragen das Licht in Liebe an die Pflanzen heran.....	58
3.6.4	Salamander vermitteln den Pflanzen (kosmische) Wärme.....	60
3.7	Notwendige Voraussetzung zur Pflanzenneubildung: das Samenchaos	62
3.7.1	Bezug der geistigen Impulse zu heutigen Methoden der Pflanzenzucht.....	69
3.8	Wachstum und Fortpflanzung hängen zusammen.....	71
3.8.1	Wirkungen von Mond und Sonne	72
3.8.2	Verwirrende Sonnenwirkungen – der Versuch ihrer Klärung	76
4	Entwicklungen in der Pflanzenzucht	78
4.1	Selektion	78
4.2	Massenauslese.....	80
4.3	Individualauslese mit Nachkommenschaftsprüfung	80
4.4	Mutationszüchtung	81
4.4.1	Diverse Veränderungen der Erbmasse	84
4.5	Kreuzungszüchtung	89
4.5.1	Exkurs zu blütenbiologischen Besonderheiten	89
4.6	Hybridzüchtung	91
4.6.1	Reinerbigkeit durch wiederholte Selbstbefruchtung	95
4.6.2	Antherenkultur, 'Embryo rescue' und Dihaploide	97
4.6.3	mechanische, chemische und biologische Kastration	99
4.6.4	Übertragung von CMS über Protoplastenfusion	102
4.7	In-Vitro-Techniken	107
4.8	Synthetisches Saatgut.....	115
5	Zusammenfassung	118
6	Literatur	120

1 Einleitung

Ein wesentliches Charakteristikum des Lebendigen ist die Fähigkeit, im Zeitenstrom Individuen über die Bildung von Nachkommen zu erhalten. Der Grad der Fruchtbarkeit bestimmt vor allem bei Pflanzen und Tieren im Fortpflanzungsprozess in der Regel auch die Zahl der Nachkommen, sodass Fruchtbarkeit, Fortpflanzung und Vermehrung in direktem Zusammenhang stehen¹. Diese Eigenschaften und Fähigkeiten lebendiger Organismen sind dementsprechend nicht isoliert zu betrachten sondern stehen in enger Beziehung zueinander. Das Beispiel des Süßwasserpolyphen Hydra (Abbildung 1) legt zudem eine Verbindung zwischen (vegetativer) Fortpflanzung und Wachstum nahe. Diese einfache Lebensform bildet neue „Individuen“ einfach durch wachsen und absondern.

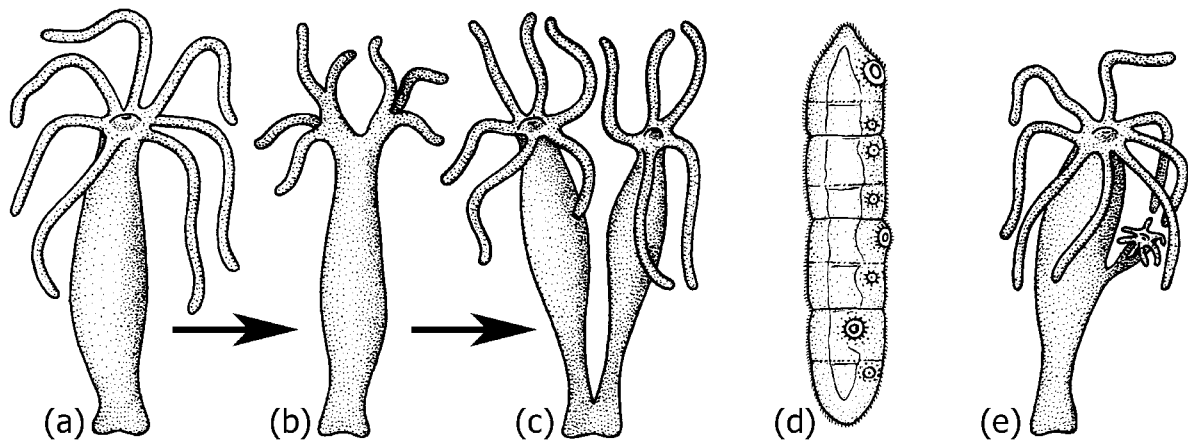


Abb. 1: Vegetative Fortpflanzung bei Hydra durch Teilung ((a) bis (c) längs oder (d) Querteilung) bzw. (e) Knospung. (Bild verändert aus Czihak et al. 1976)

Schon die in der heutigen Zeit gestörte Fortpflanzungsfähigkeit einiger Tierarten kann Veranlassung geben, sich mit diesem Bereich des Lebendigen näher auseinander zu setzen. So ist die Fortpflanzung bei Seehunden, Seelöwen und Belugawalen auffällig oft gestört, was in Verbindung mit der besonders starken Schadstoffbelastung dieser am Ende der Nahrungskette stehenden Meeressäuger gebracht wird

¹ In diesem Zusammenhang ist zunächst an geschlechtliche Fortpflanzung zu denken, bei der durch Verschmelzung geschlechtlich unterschiedlicher Einzelzellen neue Individuen gebildet werden. Im weiter gefassten Sinne wird der Begriff der Fruchtbarkeit aber auch für den Bereich der ungeschlechtlichen Fortpflanzung verwendet, bei der sich aus Körperzellen des mütterlichen Organismus (hier gibt es keine Unterscheidung zwischen mütterlichem und väterlichem Organismus!) durch Zellteilungen „neue“, erbgleiche Individuen entwickeln. Diese innere Beziehung wird u.a. aus der Formulierung im „Landwirtschaftlichen Kurs“ deutlich, dass das Größerwerden der Organismen von derselben Kraft getrieben wird, *«die auch bei der Fortpflanzung tätig ist. Nur kommt es nicht so weit beim Wachsen, daß ein Wesen gleicher Art entsteht. Es entsteht Zelle auf Zelle nur, es ist ein schwächeres Fortpflanzen, und das Fortpflanzen ist ein stärkeres Wachsen»* (Steiner 1924 a).

(Schlumpf und Lichtensteiger 1996). Beobachtungen in den 70er Jahren an Fischen und Vögeln in Amerika weisen darauf hin, dass Pestizide wie DDT, Methoxychlor und PCB im Organismus von Wirbeltieren östrogenartige Wirkungen induzieren können und so über eine sogenannte Verweiblichung der männlichen Embryonen zu einer Geschlechterverschiebung führen (Samwel 2000). Über 1 Million Partnerschaften in der Bundesrepublik Deutschland bleiben ungewollt kinderlos (Thierfelder et al. 1999). Auch die in den letzten Jahrzehnten dramatisch reduzierte Spermienzahl und -qualität bei Männern vor allem in Industrieländern sind möglicherweise pestizidbedingt (Carlsen et al. 1992; Glöckner et al. 1998, Hauser et al. 2003, Juhler et al. 1999, Oliva et al. 2001, Swan et al. 2003, Wolff 1994). Diese Beobachtungen machen ebenfalls auf die zentrale Rolle der Fortpflanzung im Lebendigen aufmerksam. Denn es ist bemerkenswert, dass Substanzen wie die der Pestizide, die bei Pflanzen und Tieren gezielt das Wachstum einzelner Individuen unterbinden sollen, beim Menschen zwar nicht dieses beeinträchtigen, jedoch die Fortpflanzung. Schon hier wird der Zusammenhang von Wachstum und Fruchtbarkeit bzw. Fortpflanzung sichtbar (näheres dazu auf S. 71 ff). Umso beunruhigender können die Bemühungen der Wissenschaft wirken, durch gezielte Eingriffe im Wachstums- und Fortpflanzungsgeschehen deren Ertrag zu erhöhen. Diese sogenannten modernen Verfahren der Pflanzenzüchtung und Vermehrung (Klonierung, In-Vitro-Methoden, Hybridzüchtung etc.) sind mittlerweile weit verbreitet und könnten Risiken für eine gesunde, ausgeglichene Konstitution des Menschen bergen, der sich mit Produkten aus diesem Züchtungsmaterial ernährt.

Mit der Bearbeitung des Themas Fortpflanzung wird somit eine Schlüsselfrage nach dem Leben im weitesten Sinne gestellt. Auf diesen elementaren Zusammenhang wies Rudolf Steiner 1922 e in einem Vortrag vor den Arbeitern des Goetheanums hin: *«Alles Verständnis der Natur überhaupt hängt zusammen damit, daß man die Fortpflanzung versteht. Denn dadurch entstehen heute noch die einzelnen Tiere und die einzelnen Pflanzen. Wenn die Fortpflanzung nicht wäre, wäre alles längst tot geworden. Man muß schon, wenn man irgend etwas über die Natur verstehen will, die Fortpflanzung verstehen. Aber mit der Fortpflanzung ist es etwas Eigentümliches auf der Erde.»*

In dieser Arbeit wird die Wirkung verschiedener Einflüsse (u.a. Mineralstoffversorgung, Umgebungstemperatur und Wuchsstoffe) auf die Fortpflanzungsfähigkeit von

Pflanzen dargestellt. Im Zusammenhang mit Aussagen Rudolf Steiners zum Pflanzenwachstum soll Menschen, die im Bereich der Biologisch-Dynamischen Wirtschaftsweise in der Pflanzenzüchtung tätig sind, Anregungen für die Beurteilung verschiedener Phänomene in der Biologie unserer (Kultur-)Pflanzen gegeben werden. Eine solche auf der Anthroposophie aufbauende Pflanzenzüchtung ist ja nicht wie die herkömmliche Pflanzenzüchtung nur an ökonomisch relevanten technischen Kriterien und am Ertrag interessiert. Eines ihrer wesentlichen Ziele muss es sein, bei den Nahrungspflanzen solche Eigenschaften herauszuarbeiten, die die Entwicklung des Menschen fördern, ganz im Sinne der Ausführungen Steiners im Landwirtschaftlichen Kurs, nicht bloß *«magenfüllende»* sondern den Menschen anregende und kräftigende, *«sein inneres Dasein organisch befördernde»* Nahrungsmittel zu erzeugen (Steiner 1924 k). Hauptanliegen der gesamten vorliegenden Arbeit ist es, einen Beitrag zur Auseinandersetzung mit Fragen moderner biotechnologischer Vermehrungsmethoden sowie der Hybridzüchtungs-Technik zu leisten.

2 Die Fruchtbarkeit unserer Kulturpflanzen

Der „normale“ Mensch nimmt die Tatsache, dass Pflanzen wachsen, als Faktum hin. Die wissenschaftlichen Disziplinen der Botanik, Genetik, des Pflanzenbaus etc. zielen jedoch darauf ab, die verschiedenen das Pflanzenwachstum beeinflussenden Faktoren zu bestimmen und in einem pragmatischen Sinne zu „optimieren“. Ein großer Teil der heute hohen Kulturpflanzenerträge ist auf die enorme Detailkenntnis in diesen Bereichen zurückzuführen, die ihrerseits in Produktionstechnik, chemischem Pflanzenschutz, Mineraldüngung wie auch Pflanzenzüchtung ihre Anwendung findet (Becker 1993, Schuster 1997). Der durch Züchtung bedingte Anteil der gesamten Ertragssteigerungen in der landwirtschaftlichen Erzeugung wird immerhin auf 20 bis 25 % geschätzt und beinhaltet speziell eine bessere Ausnutzung der mit der Düngung zugeführten Nährstoffe (Schuster 1997). Züchtungsfortschritt im Sinne höherer Erträge neuer Sorten basiert also zu einem erheblichen Teil auf der Anpassung an die heute höhere Nährstoffversorgung der Pflanzen und zwar hinsichtlich der Fähigkeit einer stärkeren (Bio-)Massebildung.

Damit sollen keineswegs die Erkenntnisse der Pflanzenphysiologie, Mineralstoffernährung etc. missbilligt werden; viel eher jedoch deren Umsetzung in technische, industrielle und damit wirtschaftliche Projekte, ohne über das rein Machbare die Ideenseite dieser Phänomene näher zu bearbeiten. Man könnte doch fragen, was die verschiedenen Faktoren des Pflanzenwachstums eigentlich bedeuten. In welcher Beziehung stehen Ertrags- und Qualitätsbildung zueinander bzw. wie ist eine Steigerung des Massenwachstums im Hinblick auf die Ernährungsqualität zu beurteilen?

Das Pflanzenbild der materialistischen Naturwissenschaft gründet sich auf den Stoff und geht davon aus, dass alle Lebenserscheinungen „letzten Endes auf chemischen Prozessen basieren“ (Mengel 1991). So war die Gründung der Disziplin Molekularbiologie nur konsequent. Ein Universitäts-Lehrbuch definiert deren Ziel darin, „die Komplexität lebender Organismen zurückzuführen auf die Eigenschaften der Moleküle, aus denen sie bestehen“ (Lewin 1991). Entsprechend reduktionistisch ist die Herangehensweise in der herkömmlichen Forschung: „[...] aus sehr komplexen Problemen lassen sich isolierte Aspekte abtrennen und für sich klären“ (Finck 1978). Das Lebendige lässt sich jedoch nicht wie eine Maschine verstehen und nach der Descartes'schen Methode in Unterprobleme aufteilen, wie es der ehemalige Direktor des Göttinger Max-Planck Institutes für Experimentelle Medizin Prof. Cramer formu-

lierte (Cramer 1999). Er sah die Lösung des Problems in der Chaos-Theorie, was aber abstrakt und unanschaulich ist. Rudolf Steiner dagegen führte an vielen Stellen aus, dass das Leben eine dem Stoff übergeordnete Erscheinung ist (vgl. z.B. Steiner 1904, 1910; Steiner und Wegman 1925 b). Deshalb kann eine materialistische Betrachtungs- und Denkweise bei der Frage nach dem Ursprung des Lebens oder den Prinzipien des Wachstums nicht weiterführen. Zwar ist das Studium vieler Einzelheiten wichtig, aber der Blick aufs Detail darf den größeren (kosmischen) Zusammenhang nicht ignorieren, in dem das Phänomen steht.

Rudolf Steiner verdeutlichte dies so: *«Worauf es hier ankommt, das möchte ich zuerst wieder durch einen Vergleich vor Ihre Seele führen. Nehmen Sie an, es fände jemand auf diesem oder jenem Wege irgendein Teil Materie, irgendein Stoffteil. Wenn er diesen Stoffteil, wie er sich ihm darbietet, in gewissen Fällen untersucht, so kann es sein, daß er niemals zurechtkommen wird. Warum nicht? Wenn dieser Stoffteil ein Stück Knochen aus einem menschlichen Arm ist, wird der Betreffende, wenn er bloß dieses Stück Knochen anschaut und es aus sich selbst heraus erklären will, niemals zurechtkommen können. Denn nirgends in aller Welt wäre es möglich, daß ohne die Voraussetzung eines menschlichen Armes dieser Stoffteil entstehen würde. Man kann gar nicht über ihn sprechen, wenn man ihn nicht in Zusammenhang stehend mit einem ganzen menschlichen Organismus auffaßt. So ist es unmöglich, daß wir von einem solchen uns entgegentretenden Gebilde anders sprechen als im Zusammenhange mit einem ganzen Wesen. Ein anderer Vergleich könnte der folgende sein. Wir finden irgendwo ein Gebilde, das ein menschliches Haar ist. Wollten wir es erklären, wie es entstanden sein müßte dort, wo es liegt, so würden wir ganz in die Irre gehen, denn wir könnten es nur so erklären, daß wir es im Zusammenhange mit einem ganzen menschlichen Organismus betrachten. Für sich ist es nichts, für sich ist es unerklärbar»* (Steiner 1910/11). So ist es auch mit einer Pflanze, die erst mit der Erde zusammen ein Ganzes bildet: *«wer die Pflanzen für sich betrachtet, einzelnstehend, der tut dasselbe wie der, welcher eine Hand oder ein Stück Menschenknochen für sich allein erklären wollte. Die gesamten Pflanzenwesen sind gar nicht anders zu betrachten denn als ein Glied unseres gesamten Erdplaneten»* (Steiner 1910/11).

Rudolf Steiner entwickelte die Anthroposophie aus seiner Erkenntnis der übersinnlichen Zusammenhänge. Daher liegen zwar viele seiner Aussagen in schriftlicher Form vor, sie finden aber nicht ohne weiteres Bestätigung durch die eigene Anschauung.

Das Besondere der Anthroposophie besteht allerdings in der Möglichkeit *vor* der eigenen Hellsichtigkeit zu inneren Erlebnissen zu gelangen, nämlich zu einer Ideenbildung des gesunden Menschenverstandes. Der Weg dorthin ist an verschiedenen Stellen dargestellt worden (Steiner 1904; Steiner 1905; Steiner 1910 b). Es geht also nicht etwa um die Anwendung „mystischer Rezepte“ und die Berufung auf Behauptungen, die unbeweisbar sein sollen (Finck 1978). Vielmehr kann der interessierte (noch) Nicht-Schauende zuvor unbekannte Aspekte der Anthroposophie in seine Überlegungen einbeziehen und auf diese Weise zu einer umfassenden Sicht der Dinge kommen. Wer nicht nur materielle sondern auch ideelle Beziehungen zwischen den Objekten der Welt erleben kann, merkt, dass die Phänomene innerlich zusammenhängen. Das Studium der Anthroposophie führt dann nicht zu fantastischen Gedanken oder weltfremden Ideologien, sondern es kann Quelle sein für fruchtbare und lebenspraktische Ideen und Unternehmungen (anthroposophisches Bankwesen, Medizin, Landwirtschaft, Waldorfschulbewegung).

Immer wieder betonte Rudolf Steiner, dass *«am Pflanzenwachstum ... der ganze Himmel mit seinen Sternen beteiligt»* sei (Steiner 1924 m). Nach seinen Darstellungen hängt das Wachstum ab *«von den Wirkungen fernster kosmischer Kräfte»* (Steiner 1924 i), und das Pflanzenwesen entsteht *«aus dem Zusammenwirken der irdischen und kosmischen Kräfte»* (Steiner und Wegman 1925 b). Im Landwirtschaftlichen Kursus wies Rudolf Steiner ausdrücklich darauf hin, dass das Erkennen dieser beiden polaren Wirksamkeiten *«für die Beurteilung des Pflanzenwachstums sozusagen das ABC [...] ist»* (Steiner 1924 i). Nimmt man Rudolf Steiners Äußerungen ernst, dann versucht man, das Leben und damit Wachstum und Fortpflanzung – im Gegensatz zu den Bildungen der unbelebten Materie – nicht aus rein irdisch-physischen Kräften sondern als Wirkungen der oben genannten Kräfte von außerhalb der Erde zu verstehen. Auf diese Weise können einem die Phänomene der Naturwissenschaft und ihre Kausalfaktoren als Bilder dieser kosmischen und irdischen Kräftepolaritäten aufgehen.

2.1 Licht und Stickstoff in ihrer Wirkung auf das Pflanzenwachstum

Eine der augenfälligsten Bedingungen für den Aufbau von Pflanzensubstanz ist das Licht, denn im Dunkeln können die Prozesse der Photosynthese nicht ablaufen, können Pflanzen nicht ergrünen und nicht gedeihen. So tragen beispielsweise im Licht-

kegel von Straßenlaternen wachsende Zweige von Bäumen im Herbst ihr Laub länger, und die Blätter bleiben noch grün, wenn die anderen Äste schon kahl sind. Die z.B. durch die Düngung mit (mineralischem) Stickstoff erhöhte Aufbauleistung der Pflanzen bedeutet in erster Linie eine gesteigerte Einbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff in die Pflanzen (Mengel 1991). Die sinnlich wahrnehmbaren höheren Erträge eines hoch mit Nährstoffen versorgten Pflanzenbestandes sind damit Folge einer intensivierten Beziehung der Pflanze zum Licht, und zwar dem wachstumsfördernden Aufbaustrom des Lichtes. Denn durch das Licht werden an die Pflanzen neben den durch Stoffaufbau fördernden Wirkungen auch Impulse für Gestaltbildung und Blüteninduktion vermittelt: Erst im Licht bilden die Pflanzen ihre art-spezifischen Farben und Formen (Abbildung 2).

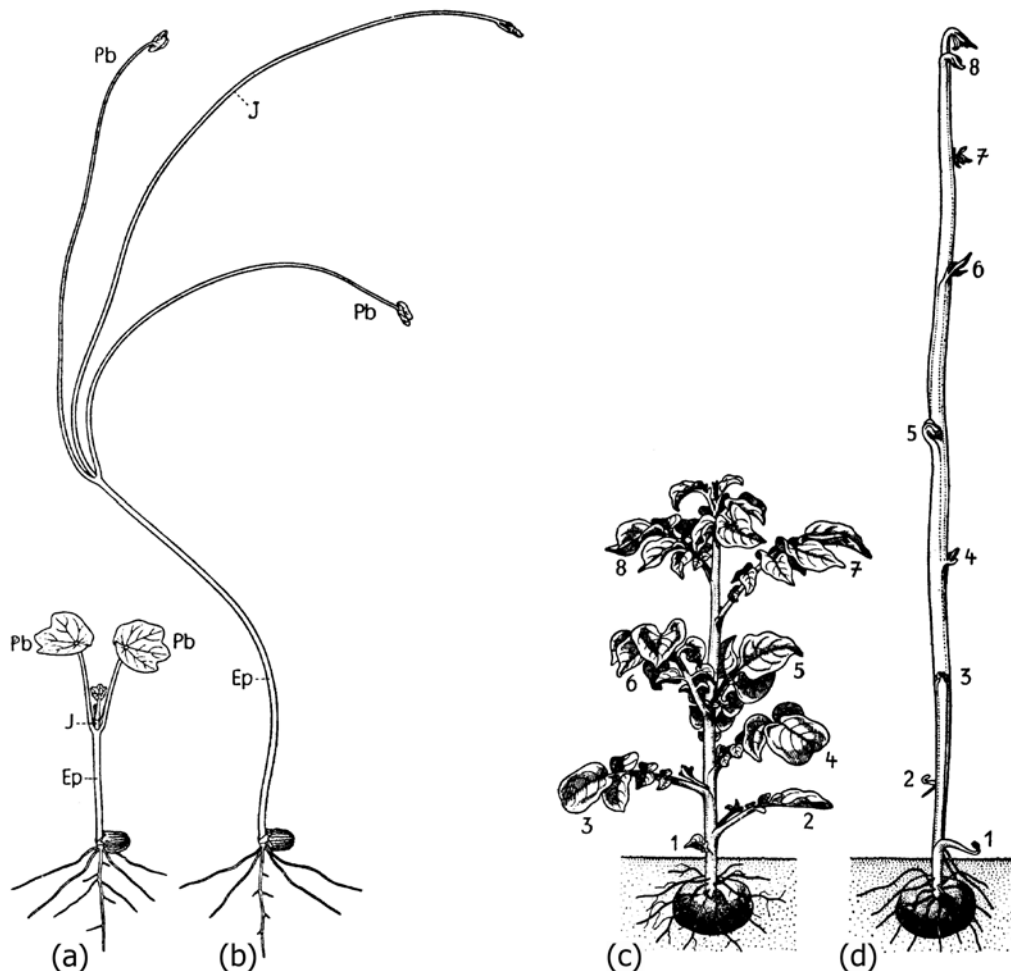


Abb. 2: Lichtwachstumsreaktion am Beispiel der Keimpflanzen von Kapuzinerkresse (*Tropaeolum maius*) am Licht (a) und im Dunkeln (b); deutlich sind das gestreckte Epikotyl (Ep) sowie das verlängerte Achseninternodium (J) und die schwach gestalteten Primärblätter (Pb) zu erkennen. Im rechten Teil sind am Licht (c) und im Dunkeln (d) gebildete Knollentriebe der Kartoffel (*Solanum tuberosum*) dargestellt. Die Blätter sind in der Reihenfolge ihrer Entstehung beziffert (Troll 1954).

Das Fehlen dieser zweiten Seite des Lichts wird durch die Vergeilung des Pflanzenwachstums in der Dunkelheit (Etiement) deutlich. Wenn im Frühjahr die Temperaturen wieder ansteigen, bilden im dunklen Keller liegende Kartoffelknollen lange, blasse, Triebe. Diese sogenannten Dunkelkeime sind sehr zart und wegen ihrer erhöhten Abbruchgefahr bei der maschinellen Auspflanzung ins Feld nicht erwünscht. Die Sprossabschnitte zwischen den Blattansätzen (Internodien) sind überproportional in die Länge gewachsen; bei im Dunkeln gewachsenen Keimlingen der Kapuzinerkresse sind zudem die Blattstiele stark verlängert (vgl. Abbildung 2). Auch der lange bleiche Spargelsspross, der sich im dunklen Damm aus mehrjährigen Wurzelorganen (Rhizomen) entwickelt, oder die in feucht-warmen, unbelichteten Räumen getriebenen gelblich-weißen Chicoréeknospen sind ein Ergebnis des etiolierten Wachstums. Abbildung 2 verdeutlicht, wie Licht das Wachstum der Sprossachse staucht und zur Entfaltung und Ausgestaltung der Blätter führt.

Ein weiterer das Pflanzenwachstum wesentlich beeinflussender Faktor ist die Nährstoffversorgung, insbesondere diejenige mit Stickstoff (N). Eine höhere N-Versorgung ist meist mit Ertragssteigerungen verbunden, hauptsächlich im Bereich der vegetativen Organe: Es ist allgemein bekannt, dass hohe Gaben mineralischer N-Dünger nicht nur den Kornertrag von Getreide steigern, sondern über längere Pflanzen auch zu höheren Stroherträgen führen. Zudem hängen die Blätter schlaff herab, werden größer und dunkler, geradezu blaugrün und anfälliger gegenüber Pilzen (siehe Abbildung 3). Die Schlussfolgerung aus einem Feldversuch, bei dem die N-Düngung variiert wurde, ist dann gewöhnlich folgendermaßen: Die Pflanzen sind wüchsiger und bringen höhere Erträge als die Kontrollvarianten, *weil* sie intensiver mit Stickstoff versorgt waren als die letzteren. Die ordnungsgemäße Durchführung und Beobachtung des Experimentes ist aber kein Garant für den Wahrheitsgehalt der daraus gezogenen Schlüsse. Denn selbst wenn in einer weiteren Untersuchung gezeigt wird, dass bei gesteigerter N-Ernährung der Pflanze die Aktivität eines bestimmten Enzyms zunimmt und damit mehr Kohlenstoff je Zeiteinheit aufgenommen und zu organischen Verbindungen aufgebaut wird, ist damit nicht der Beweis dafür erbracht, dass der Stickstoff die eigentliche *Ursache* des (verstärkten) Wachstums ist. Nach der Stickstoffdüngung ändert sich das innerpflanzliche Verhältnis der verschiedenen Phytohormone zueinander, es werden mehr Enzyme gebildet, und die Pflanzen wachsen stärker, aber der **Stickstoff ist nicht die Ursache des Wachstums**. Es ist ja auch

nicht einzusehen, wieso im Mineral die Ursache (das Agens) für die übergeordnete Struktur der Pflanzen mit ihren vollkommen neuen Qualitäten zu finden sein soll, und weshalb das Lebendige lediglich Produkt des toten Stoffes sein soll.

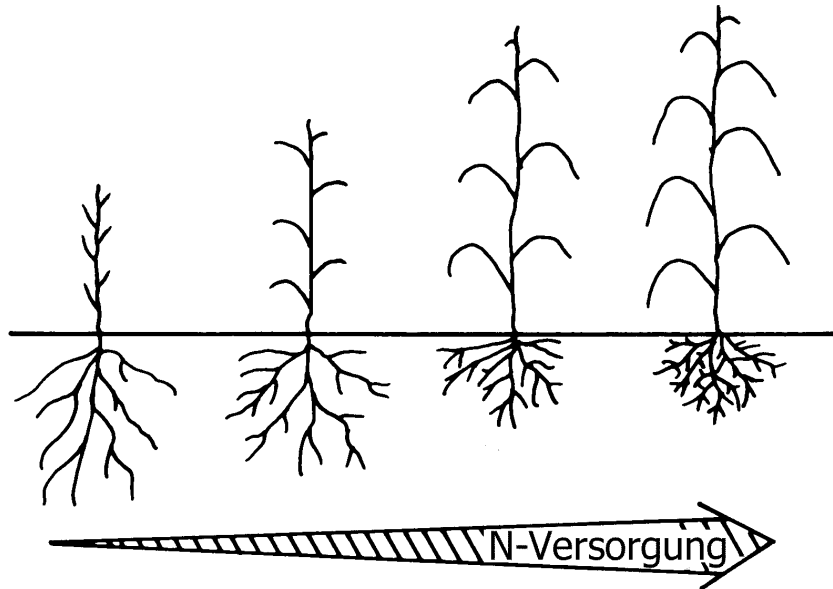


Abb. 3:
Schematische Darstellung
des Einflusses steigender
Gaben von stickstoffhaltigen
Düngern ('N-
Versorgung') auf das
Wachstum von Getreide
(verändert aus
Marschner (1986))

Für den Geisteswissenschaftler ist es eine Tatsache, dass *«nie das Untergeordnete, das Niedere, die Voraussetzungen des Höheren sind, sondern immer das Höhere, das Belebte die Voraussetzung des Unbelebten»* (Steiner 1910/11). Der materialistisch denkende Naturwissenschaftler bleibt nach diesem Verständnis bei seiner Erklärung der Phänomene durch einen sie verursachenden Stoff immer an der Oberfläche. Deshalb ist die *«Frage nach dem Wesen der Wirksamkeit des Stickstoffs ... heute in eine große Verwirrung hineingeraten. Man sieht sozusagen überall, wo Stickstoff tätig ist, nur die Ausläufer seiner Wirkungen, das Alleroberflächlichste, worin er sich äußert. Man sieht aber nicht hinein in die Naturzusammenhänge, in denen der Stickstoff wirkt, und das kann man auch nicht, wenn man innerhalb eines Naturgebiets stehen bleibt; das kann man nur, wenn man in die Weiten des Naturgebiets hinausschaut und sich um die Betätigung des Stickstoffs im Weltenall dabei bekümmert. Man kann sogar sagen, ... der Stickstoff als solcher spielt vielleicht nicht einmal die allererste Rolle im pflanzlichen Leben; allein seine Rolle kennenzulernen, ist dennoch in erster Linie notwendig für das Verständnis des pflanzlichen Lebens»* (Steiner 1924 j).

Versteht man den Stickstoff nicht als Erzeuger sondern als einen *«Vermittler»* der oben angeführten kosmischen Kräfte, dann wird verständlich, dass durch ihn die

wachstumsanregenden Kräfte in der Pflanze verstärkt werden oder er die Pflanzen dafür sensibilisiert. Und gerade diese Funktion des Stickstoffs nennt Rudolf Steiner im Landwirtschaftlichen Kurs: *«Da ist der Vermittler der Stickstoff. Der Stickstoff leitet das Leben hinein in die Gestaltung, die im Kohlenstoff verkörpert ist. Überall, wo der Stickstoff auftritt, hat er die Aufgabe, das Leben zu vermitteln mit dem Geistigen, das zunächst geformt ist im Kohlenstofflichen... Das ist der große Schlepper, dieser Stickstoff, des Lebendigen zu dem Geistigen hin»* (Steiner 1924 j).

Wenn also der Gärtner oder Bauer mit Düngungsmaßnahmen oder über die Fruchtfolgegestaltung die Stickstoffsituation variiert, dann werden dadurch die Pflanzen in ihrer Beziehung zu den wachstumsimpulsierenden Kräften des Weltalls beeinflusst: Die gesamte Pflanze wird in Richtung eines gesteigerten Wachstums verändert. Neben pflanzenbaulichen Maßnahmen leistet aber auch die Pflanzenzüchtung einen Beitrag zur Ertragssteigerung. Es liegt also nahe Bezüge zwischen der starken Wüchsigkeit heutiger Hochzuchtsorten und dem forcierten Wachstumsstrom bei erhöhter Stickstoffversorgung zu sehen.

Der Stickstoffernährungszustand der Pflanzen steht nach Rüniger (1971) auch in Beziehung zur Blütenbildung; diese wird durch Stickstoffmangel gefördert. Umgekehrt ist zu erwarten, dass reichliche Düngung mit leicht verfügbarem Stickstoff zu einer Verzögerung des Blühbeginns führt oder zu einer im Vergleich zu ungedüngten Pflanzen verringerten Blühintensität. Tatsächlich verstärkt eine hohe Stickstoff-Versorgung der Pflanzen deren (vegetatives) Wachstum zu Lasten der Bildung generativer Organe, wie auch aus der Schemazeichnung in Abbildung 4 deutlich wird.

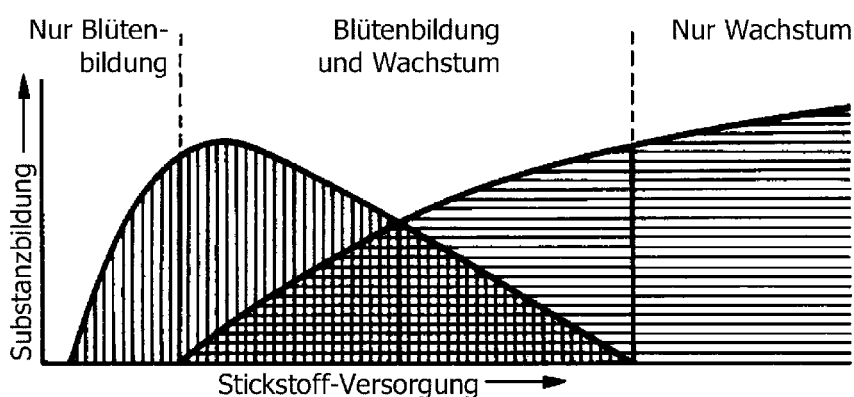


Abb. 4:
Schematische Darstellung des Einflusses der Stickstoffversorgung auf Blütenbildung und Wachstum (verändert nach Blasse (1986))

Ein Anbauversuch mit Orchideen (*Topfphalaenopsis*) unter Variation des Stickstoffangebotes hatte z.B. in der höchsten Düngungsstufe den geringsten Prozentsatz geöffneter Blüten zum Ergebnis. Je weniger Stickstoff gedüngt wurde, umso früher und

umso mehr öffneten sich die Blüten (Abbildung 5). Diese Grafik verdeutlicht außerdem, dass die Dauer der Vollblüte, gekennzeichnet durch mehr als 50 % offene Blüten, mit steigender Nährstoffversorgung abnahm. Bei den sehr hoch gedüngten Pflanzen hatten sich über den gesamten Beobachtungszeitraum weniger als die Hälfte aller gebildeten Blüten überhaupt geöffnet. Ob sie dann verdarben, also vertrockneten, verfauten oder von Schädlingen besiedelt wurden oder ob sie verspätet zur Blüte kamen berichten die Autoren nicht.

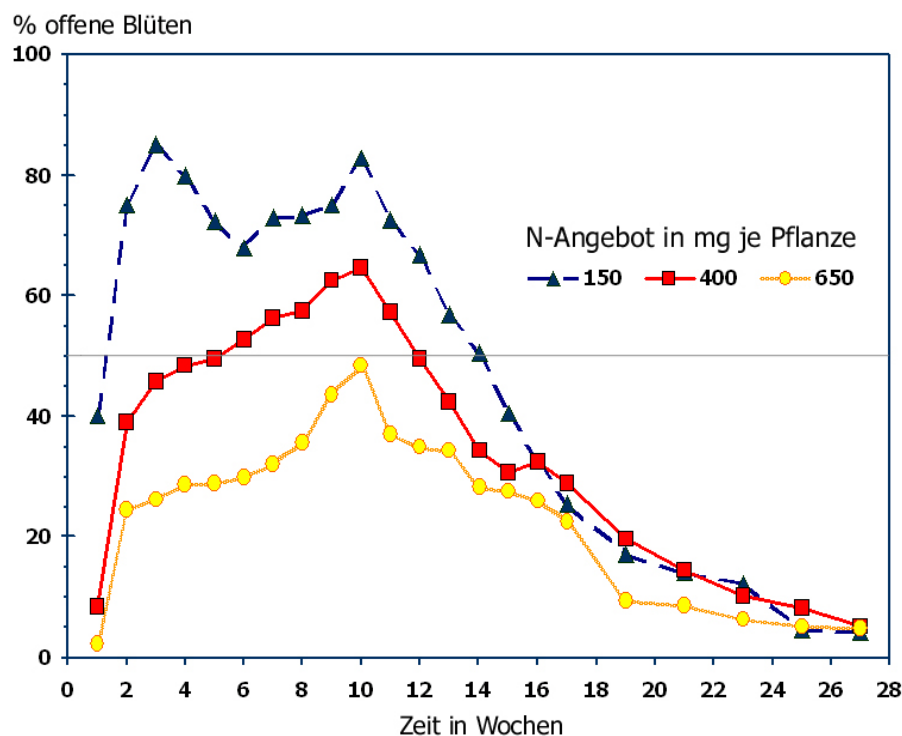


Abb. 5:
Einfluss
unterschiedlich hoher
Gaben einer
Stickstoffdüngung auf
den Anteil offener
Blüten bei
Phalaenopsis 'Sylba'
im Zeitverlauf (nach
Amberger-
Ochsenbauer 1996)

Derartige Zusammenhänge sind auch im Obstanbau bekannt: Eine Steigerung des Stickstoffangebotes hatte bei Untersuchungen an verschiedenen Sorten-Unterlagenkombinationen von Äpfeln hauptsächlich und durchgängig eine Zunahme des Gesamttriebwachstums zur Folge (Schembecker und Lüdders 1989); das Wachstum der Bäume schießt quasi ins Holz statt in Blüten und Früchte. Insbesondere bei jungen Apfelbäumen verzögerte eine intensive Stickstoffdüngung die Blütenbildung, und es wurden – auf Kosten der Blüten – viele junge Blätter und zahlreiche Triebe ausgebildet (Scholz und Helm 2000). Eine zu intensive Stickstoffdüngung fördert also das vegetative Wachstum der Pflanzen und hindert sie, überzugehen zur für die Fortpflanzung notwendigen Blüten- und Fruchtbildung.

Im Gegensatz dazu fördert und verstärkt eine stärkere Belichtung der Pflanzen die Blüte (Rünger 1971). So stellt beispielsweise die Zierpflanze Gloxinie beim schwa-

chem Licht der Wintermonate in den Gewächshäusern die Blütenbildung vollständig ein. Andere Arten, wie z.B. Usambaraveilchen blühen nur abgeschwächt. Im Freiland verringert Beschattung das Blühen, und je stärker das Licht ist, desto mehr Blüten entstehen bei vielen Arten (Rünger 1971).

Diese Phänomene zum Blühverhalten scheinen zunächst mehr für Floristen, Ziergärtner und Obstbauern und weniger für die grundsätzliche Diskussion um die Optimierung der Nahrungsmittelqualität von Bedeutung zu sein. Wenn Lichtintensität und Stickstoffdüngung allerdings polare Wirkungen hinsichtlich der Blütenbildung zur Folge haben, dann liegt es – entsprechend der Annahme geistiger Ursachen – nahe, dass dadurch jeweils entgegengesetzte Kräfteströme verstärkt werden. Die blütenreduzierende Wirkung der Stickstoffdüngung kann demzufolge letztlich als die sichtbare Äußerung eines veränderten Kräftegleichgewichts verstanden werden: Die intensiver mit Stickstoff versorgte Pflanze entwickelt sich ähnlich einer solchen, die unter Schattenverhältnissen gewachsen ist, bzw. in ihr überwiegen die massebildenden Aufbaukräfte des Lichtes. Diese aufbauende Seite des Lichts hatte Rudolf Steiner wohl auch hauptsächlich vor Augen, als er zu Ernährungsfragen im Lichte der Geisteswissenschaft einen Vortrag hielt: *«Das Licht, das zu unserem Entzücken zu uns strömt, das uns auch seelisch so beleben kann, ist zugleich der großartige Helfer zum Aufbau des pflanzlichen Organismus. Wir sehen, wie da ein Wunderwerk vor sich geht, wie da das Sonnenlicht hilft, ein organisches Wesen aufzubauen»* (Steiner 1908/09).

Gemeinsam mit dieser Aufbauseite des Sonnenlichts baut der Ätherleib die Pflanze auf. Über die Ernährung nimmt der Mensch diese „Lichttätigkeit“ in sich auf: *«Was durch das Sonnenlicht aufgebaut wird, das zerstört der astralische Leib [des Menschen im Rahmen der Ernährung; Anmerkung M. Fleck] zwar immer wieder, aber er gliedert dadurch dem Menschen das Nervensystem ein und erhebt dadurch das Leben zu einem bewußten. So ist der astralische Leib dadurch, daß er ein negativer Lichtleib ist, der andere Pol, der dem pflanzlichen entgegengesetzt ist. Diesem Prozeß des Aufbaus des Pflanzenorganismus liegt ein Geistiges zugrunde, denn die Geisteswissenschaft zeigt uns immer mehr, wie das, was uns als Licht erscheint, auch **nur der äußere Ausdruck eines Geistigen** [Hervorhebung M. Fleck] ist. Durch das Licht fließt uns fortwährend Geistiges zu, das Licht der Geister fließt uns zu. Was sich hinter diesem physischen Licht verbirgt, das ist es, was in Teile zerteilt auch im astralischen Leibe erscheint. Äußerlich im Sonnenlichte erscheint es in seiner*

*physischen Form, im astralischen Leibe in astralischer Weise. Das Geistige des Lichtes arbeitet in uns innerlich am **Aufbau unseres Nervensystems*** [Hervorhebung M. Fleck]. *So wunderbar wirken zusammen das pflanzliche und das menschliche Leben»* (Steiner 1908/09). Das an der Pflanze masse- und gestaltbildend wirkende Licht ist also ein Vehikel für geistige Kräfte, und indem das Licht in der Verdauung – wenn die Gestalt wieder aufgelöst wird – als nicht physisches Licht frei wird, kann *«das Geistige des Lichtes»* zur Grundlage für das menschliche Denken werden und den Menschen geistig-seelisch impulsieren. Hagel (1992) arbeitete am Beispiel der mineralischen Stickstoffdüngung heraus, dass bei Pflanzen mit einem auf diese Weise intensiviertem Aufbaustoffwechsel dann eine Anregung in Richtung gegenstandsgelundenen Denkens und geschwächter Willensaktivität zu erwarten sei; die Nährung des Strebens nach rein geistigen (und damit nicht-sinnlichen) Inhalten, wie z.B. das Erarbeiten philosophischer oder mathematischer Zusammenhänge oder einer Schrift Rudolf Steiners gerät dagegen in den Hintergrund des Interesses (Hagel 1992). Die auf die Zukunft gerichteten Fähigkeiten des Menschen verblassen.

2.2 Höhere N-Versorgung führt zu Verweiblichung

Halten wir fest: Mit dem Verstärken des vegetativen Aufbaustromes der Pflanze erfährt auch der generative Bereich eine Veränderung (Verringerung der Blütenbildung). Es sind aber auch Einflüsse des Stickstoffs auf die Geschlechtsausprägung der Pflanzen bekannt. So werden bei der Tomate, die monokline Blüten² hat, durch intensive Stickstoffversorgung die Fruchtblätter in der Entwicklung gefördert, die Staubblätter dagegen gehemmt (Rünger 1971). Man könnte sagen: Bei hoher Stickstoffversorgung gehen die Bildeprozesse der (Tomaten-) Pflanze nur schwach in die Ausbildung des Pollens und widmen sich umso intensiver dem Anschwellen der werdenden Früchte und führen dadurch zu hohen Erträgen. Hinter diesen fundamentalen Veränderungen im Fortpflanzungsbereich kann man also ursächlich eine Umleitung

² Der größte Teil der Blütenpflanzen – nämlich etwa 90 % – hat monokline bzw. hermaphroditische Blüten, also solche mit Staub- und Fruchtblättern (AINSWORTH 2000). Einige Arten bilden jedoch keine „perfekten“, „kompletten“ Blüten sondern eingeschlechtliche (dikline) Blüten, bei denen an derselben Pflanze aber jeweils räumlich getrennt entweder Staubblätter („männliche“ oder staminate Blüten) oder Fruchtblätter („weibliche“ oder pistillate Blüten) in einem Blütenstand vorhanden sind. In solchen Fällen spricht man von Einhäusigkeit (oder Monöcie, z.B. Gurke, Mais, Walnuss). Im Gegensatz dazu sind bei zweihäusigen Pflanzen „männliche“ und „weibliche“ Blütenorgane auf verschiedene Pflanzen verteilt (Diöcie, z.B. bei Ginkgo, Hanf, Spinat). Die Gesamtheit der Staubblätter wird unter dem Begriff Androceum zusammengefasst, die Fruchtblätter bilden zusammen das Gynoceum.

der Kräfteströme (des Wachstums) vermuten; die gedüngten Pflanzen zeigen ja deutliche Tendenzen zur Verweiblichung, denn sie forcieren die Entwicklung der „weiblichen“ Blütenteile (und damit den Ertrag) unter Vernachlässigung der Entwicklung der „männlichen“ Organe.

Die von Brežnev (1963) erwähnten Züchtungserfolge bei Gurken lassen sogar vermuten, dass Verweiblichung der Pflanzen und deren Massenwachstum zwei Seiten derselben Medaille sind. Er berichtete von der Selektion eines neuen Gurken-Typs, bei dem der Anteil weiblicher Pflanzen (in der Sorte insgesamt) bis zu 80 % beträgt. Ein solcher Typ als Mutterpflanze verwendet führte zur Erzeugung von Hybriden, die 30-40 % ertragreicher waren als die Standardsorten und sich durch sehr schnelle Entwicklung auszeichneten (Brežnev 1963). In diesem Falle ist es also nicht die mehr oder weniger gedüngte Stickstoff**substanz**, die die Pflanzen in Wachstum und Fortpflanzung beeinflusst, vielmehr wurden unter gleichen Düngungsverhältnissen solche Konstitutionstypen ausgelesen, die offener und sensibler für diese Stickstoff**wirkung** sind. Züchtung hat hier zu Pflanzen geführt, die typische Merkmale eines hohen Stickstoffspiegels zeigen, nämlich einen erhöhten Anteil „weiblicher“ Blüten und Mas-senertrag.

2.3 Kupfermangel induziert männliche Sterilität

Ganz im Gegensatz zum Stickstoff steht das Spurenelement Kupfer in einer positiven Beziehung zur Ausbildung von funktionstüchtigen Staubgefäßen. So führte eine unzureichende Kupferversorgung bei Weizen in einem Gefäßversuch zu Sterilitätsproblemen (Graham 1975). Die Behandlung mit kupferfreien Düngelösungen führte zu Pflanzen, die im Vergleich zur ausreichend versorgten Kontrolle auf die Hälfte ihrer Länge verkürzte und im Volumen um den Faktor zehn verkleinerte Staubgefäße hervorbrachten. Diese verkümmerten Antheren enthielten weniger und kleinere Pollenkörner, die zudem nicht - wie üblich - rund sondern schrumpelig deformiert waren. Unter Zugabe von Jod-Jodid-Kaliumlösung verfärbten sich die Pollen von den kupferfrei gewachsenen Weizenpflanzen nicht (siehe Tabelle 1). Da dieser Färbetest ein Nachweisverfahren für Stärke ist aber auch für die Vitalität von Pollenkörnern prognostiziert, lagen damit Hinweise auf eine verminderte Fertilität vor.

Tabelle 1: Einfluss von Kupfer auf Bildung und Lebensfähigkeit von Pollen bei Weizen (Graham 1975).

	Anzahl Pollenkörner je Staubgefäß	Lebensfähige Pollen [%] ^{III}
^I - Cu ^I	76	0
^I + Cu ^I ^{II}	3.400	95

^I: Mineralische Grund-Nährstoffversorgung mit N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, B, Mn, Zn, Mo und Cl

^{II}: Zusätzlich wurden je Gefäß 4 mg Cu verabreicht.

^{III}: Prüfung im Färbetest mittels Jod-Jodidkaliumlösung

Dies bestätigte sich in Kreuzungsexperimenten, denn die Pollen der unzureichend mit Kupfer versorgten (♂-) Pflanzen führten nicht zur Kornbildung (erste und zweite Datenzeile in Tabelle 2). Dieser Pollen war also nicht befruchtungsfähig. Allerdings hatten nur die Pollen, nicht aber die Samenanlagen der Kupfermangel-Varianten ihre Lebensfähigkeit verloren. Deshalb weisen die Ähren von ausreichend mit Kupfer versorgten Pflanzen gegenüber den Kupfermangelvarianten in Tabelle 2 eine so frappierend höhere Anzahl Kornanlagen auf.

Tabelle 2: Ährenmorphologie von Kreuzungen zwischen hinreichend (+ Cu) und unzureichend (- Cu) mit Kupfer versorgten Getreidepflanzen (Graham 1975).

Kreuzung			Absolute Anzahl je Gefäß:		
♀	×	♂	Kornanlagen	Blüten	Ähren
- Cu		- Cu	0	76	3
+ Cu		- Cu	2	76	3
- Cu		+ Cu	47	157	7
+ Cu		+ Cu	86	86	3

Mit der Unterversorgung an Kupfer war also männliche Sterilität induziert worden. Graham (1975) leitete aus seinen Ergebnissen einen unmittelbaren Nutzen für die praktische Züchtungsarbeit ab: Gezielt induzierter Kupfermangel sollte aufwendige Kastrationen im Züchtungsgang bei Weizen und anderen Kulturen überflüssig machen und damit die großtechnische Realisierung der Hybridzüchtung erleichtern. Der Gewinn aus diesem Studium kann jedoch auch ideeler Art sein: Wenn eine unzureichende Kupferernährung zu männlicher Sterilität führen kann, dann könnten die in der Hybridzüchtung benutzten männlich sterilen Linien als Pflanzentypen betrachtet werden, die einen zu hohen Bedarf an Kupfer aufweisen. Da dieser unter natürlichen Bedingungen nicht gedeckt wird, bilden sie wesentlich weniger oder infertilen Pollen

aus. Die experimentelle Prüfung, ob das die (erbliche) männliche Sterilität (z.B. CMS) durch zusätzliche Kupfergaben vermindert wird und damit tatsächlich eine Störung des Kupferstoffwechsels darstellt, steht allerdings noch aus.

Wenn die Fertilitätsstörungen des Pollens auf eine veränderte Kupferaufnahme oder –verarbeitung der Pflanzen zurückzuführen sind, dann könnten vielleicht unterschiedliche Kupfergehalte zwischen fertilen und infertilen Linien experimentell nachweisbar sein. Möglich wäre auch ein unterschiedlicher Umgang der Pflanzen mit dem aufgenommenen Kupfer, d.h. eine unterschiedliche Sensibilität der Pflanzen und ihrer Prozesse für dieses Element. Bei den sterilen Pflanzen könnte auch eine zu geringe Translokationsrate von Kupfer aus vegetativen in die generativen Organe vorliegen. Versuche an Weizen zeigten nämlich, dass selbst bei einer vegetativen Phase ohne sichtbare Kupfermangelsymptome die Kupferversorgung der Pflanzen für die Entwicklung der generativen Pflanzenteile unzureichend sein kann; die Ausbildung fertilen Pollens erfordert (zumindest bei Weizen) eine ausreichende Cu-Versorgung der Pflanze zu einem sehr frühen Entwicklungsstadium (Krähmer und Sattelmacher 1999).³

Bei Weizen und Gerste steigt der Bedarf der Pflanzen an Kupfer mit zunehmender Stickstoffversorgung, so dass durch eine Stickstoffdüngung Kupfermangel induziert und verstärkt werden kann (Krähmer und Sattelmacher 1997). Allerdings führen auch Chelatisierung durch Amin-Stickstoff und verstärkte Bildung hochstabiler Cu-Proteinate zu einer „innerpflanzlichen Verarmung“ an Kupfer. Die oben zitierte Verweiblichung (der Tomatenpflanzen) bei hohem Stickstoffernährungsniveau (Rünger 1971) könnte demnach auch mit einer derartigen Verdünnung wirksamen Kupfers in Verbindung stehen. Cu-Mangel muss aber nicht unbedingt die *Ursache* der männlichen Sterilität sein. Letztere tritt auch als Begleiterscheinung eines triebigen Massenwachstums auf.

³ In einer Praxiserhebung fanden Fleck et al. (2001) bei biologisch-dynamischen Möhren im Vergleich zu konventionellen um etwa 70 % höhere Kupferwerte, die nicht auf den Einsatz kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel zurückzuführen waren. Auch ein aufgrund des höheren Ertragsniveaus im konventionellen Anbau möglicher Verdünnungseffekt schied aus, weil nicht auch die übrigen gemessenen Spurenelemente (Fe, B, Zn, Mn, Cu, Pb, Cd) in gleicher Weise die DEMETER-Möhren von den konventionellen differenzierten wie gerade das Kupfer. Ob es sich dabei um eine spezifische anbaubedingte Erscheinung handelt, die auf ein anderes Umgehen der Pflanze mit dem Element Kupfer deutet, ist allerdings noch unklar.

2.4 Männlich sterile Pflanzen zeigen häufig stärkeres Längenwachstum

Schon Erickson und Peterson (1979) beobachteten an blühenden Möhrenlinien bei den männlich fertilen Pflanzen eine geringere Wuchshöhe als bei den männlich sterilen Pflanzen derselben Linie. Letztere zeigten auffällig starke Heterosiseffekte ('hybrid vigour', insbesondere einen höheren Wuchs). Abbildung 6 zeigt den streifenweisen Anbau solcher männlich steriler zusammen mit pollenspendenden (fertilen) Möhrenlinien zur Erzeugung von Hybridsaatgut im Freiland. Die männlich sterilen Pflanzen (A-Linie) heben sich im Erscheinungsbild schon aus der Entfernung durch eine gesteigerte Wüchsigkeit von der Pollenspenderlinie ab (Rubatzky et al. 1999). Die Autoren geben zu diesem Phänomen keine näheren Erklärungen. Offenbar sind übersteigerte Wüchsigkeit beziehungsweise Längenwachstum der Pflanze und Sterilität des Pollens zwei Erscheinungsformen derselben Sache und müssen ideell zusammen betrachtet werden.

Ende der 90er Jahre wurden immer wieder Schwierigkeiten bei der Einführung von Hybriden (detaillierte Erläuterungen zur Hybridzüchtung S. 91 ff) in den Rapsanbau berichtet. So fielen in zahlreichen Feldern den Bestand überragende Pflanzen auf (Sauermann und Lamp 1997). Bei diesen übermäßig hoch gewachsenen Einzelpflanzen handelte es sich um männlich sterile Pflanzen mit einem Defekt der Wiederherstellung der Pollenbildung (= Restoration). Durch den auffälligen Wuchs der sterilen Pflanzen waren die Rapsbauern sehr beunruhigt, ob sie wegen der sterilen Blüten Ertragseinbußen erwarten müssten; später zeigte sich, dass auch die männlich sterilen Pflanzen von den Nachbarpflanzen bestäubt wurden und keine nennenswerten Mindererträge zu verzeichnen waren (Schröder et al. 1998). Parzellenprüfungen zeigen im Gegenteil ein gegenüber (normalen) Liniensorten um 20 - 30 % gesteigertes Ertragspotenzial von Rapshybriden (Röbbelen 1999). Der Aufregung unter den Praktikern ist es zu verdanken, dass dieses Phänomen in der landwirtschaftlichen Fachpresse dokumentiert ist. Auch dieses Beispiel zeigt, dass die Prozesse des Wachstums und der Fortpflanzung ideell zusammengehören.

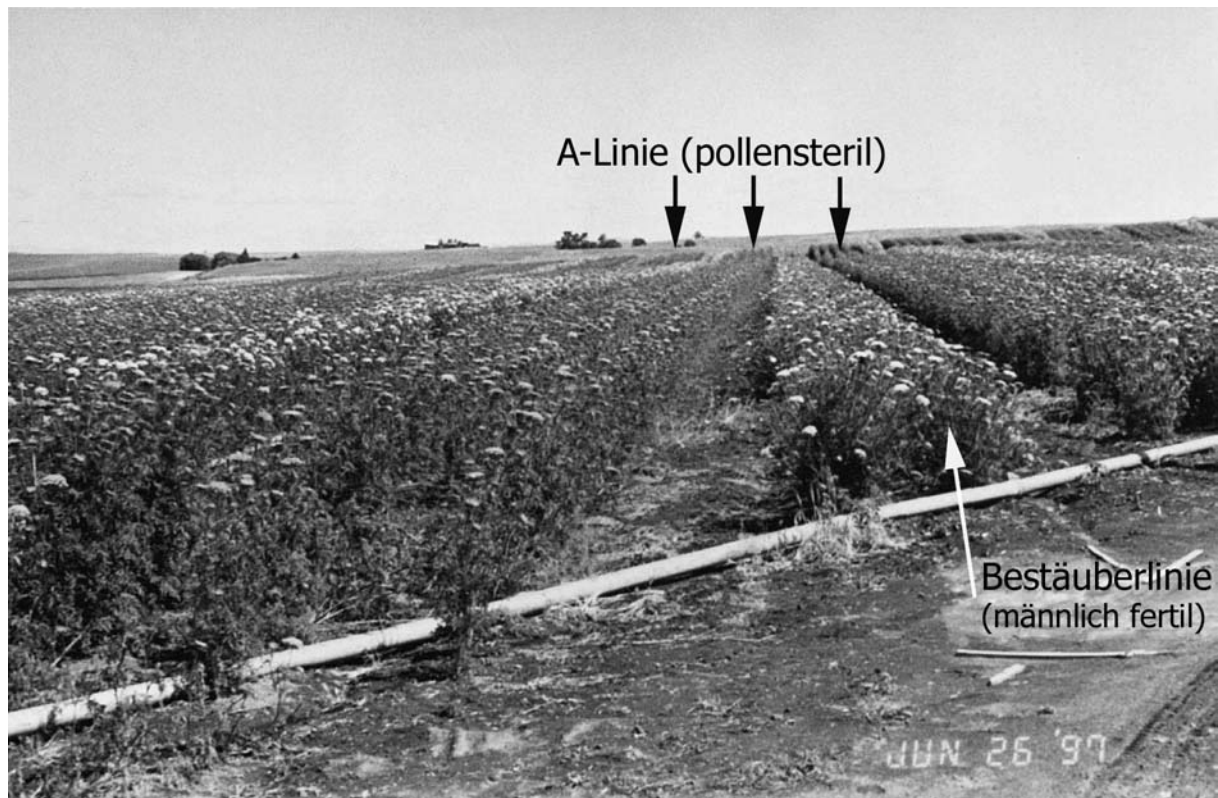


Abb. 6: Streifenanbau von männlich fertilen und männlich sterilen Möhrenlinien zur Hybrid-saatguterzeugung; die Pflanzen der A-Linie sind aus der Ferne an ihrem höherem Wuchs zu erkennen. (aus Rubatzky et al. 1999, verändert)

2.5 Wärme fördert Merkmale des Androceums und der Pollenfertilität

Nicht nur die Intensität der Versorgung der Pflanzen mit Stickstoff, Licht und Kupfer sondern auch die Wärmeverhältnisse beeinflussen das generative Verhalten. So induzierten niedrige Temperaturen an Kürbis- und Gurkenpflanzen (die ja als einhäusige Pflanzen entweder „männliche“ oder „weibliche“ Blüten aufweisen) verfrüht und fast ausschließlich weibliche Blüten, während wärmere Umweltbedingungen die Verweiblichung verzögerten und die Periode mit männlichen Blüten verlängerten (Nitsch et al. 1952). Wärme (und Belichtungsdauer) steigerten bei Gurken darüber hinaus auch den Anteil „männlicher“ Blüten (Galun 1959 a, Ito und Saito 1960). Noch außergewöhnlicher waren die Verweiblichungsmerkmale bei Maispflanzen, die ja an gestauchten Nebenachsen der Hauptsprossachse bis zu drei Kolben (weibliche Blüten bzw. Fruchtstände) und endständig eine Fahne (männlichen Blütenstand) bilden (vgl. Abbildung 19, S. 96). Bei einem Gefäßversuch bildeten sich unter den Bedingungen kühlerer Nächte (10 statt 22°C) oder höherer Belichtungsdauer (8 statt 21 h) weibliche Blüten in der (eigentlich männlichen) Fahne (Heslop-Harrison 1961, zit. nach Frankel und Galun 1977).

Tabelle 3: Einfluss von Belichtungsdauer (h) und Nachttemperatur (°C) auf das Auftreten weiblicher Blüten im männlichen Blütenstand (Fahne) von Mais (nach Heslop-Harrison 1961).

	Anzahl weiblicher Blüten in der Fahne	
	10° C	22° C
8 h	12,50	5,67
21-22 h	1,17	0

Alle Pflanzen waren täglich acht Stunden lang im Gewächshaus, wo sie Tageslicht und ca. 22° C Lufttemperatur erhielten. Für die Variation von Temperatur und Belichtungsdauer standen die Pflanzen den restlichen Tage in Klimakammern.

Bei Möhren trat männliche Sterilität wesentlich stärker bei niedrigeren Temperaturen auf (Nieuwhof 1975). Höhere Temperaturen dagegen führten bei Zwiebeln zu einer Abnahme der männlichen Sterilität (van der Meer und van Bennekom 1968; vgl. Tabelle 4). Diese Beziehung galt sowohl für die fertile (Erhaltungspartner-) Linie als auch für die männlich sterile A-Linie, wenn auch in unterschiedlicher Ausprägung. Das Merkmal der männlichen Sterilität gilt also nicht absolut, vielmehr ist es das Ergebnis des Wechselspiels der erblichen Reaktionsmuster mit der jeweiligen Umwelt.

Tabelle 4: Prozentualer Anteil von männlich sterilen Pflanzen in zwei verschiedenen Zwiebellinien bei unterschiedlichen Temperaturen (nach van der Meer und van Bennekom 1968).

	Gewächshaus		Klimakammern		
	14° C	20° C	10-14° C	20° C	30° C
B-Linie (Maintainer) ^I	28	13	18	10	8
(männlich sterile) A-Linie ^{II}	100	95	100	95	71

^I: männlich fertile Linie aus der Sorte 'Rijnsburg' mit genetischem Sterilitätsfaktor; diese Linie wird lediglich bei der Erhaltung für die Bestäubung der mütterlichen Komponente (= A-Linie) eingesetzt.

^{II}: mütterliche Komponente bei einer Hybridkreuzung

Bei den (eigentlich) pollen**fertilen** Zwiebelpflanzen der Maintainer-Linie verringerte sich der Anteil männlich steriler Pflanzen mit zunehmender Temperatur von 28 % (im Gewächshaus) bzw. 18 % (in der Klimakammer) auf 13 % bzw. 8 % (Tabelle 4). Und die männlich sterilen Pflanzen, auf denen das Hybridsaatgut wachsen soll (A-Linie in Tabelle 4), waren jeweils nur bei den niedrigen Temperaturen von 14° bzw. 10 bis 14° C vollständig pollensteril; bei 30° C gewachsene Pflanzen der A-Linie waren zu einem Anteil von 29 % pollen**fertil** (entsprechend nur noch 71 % männlich steriler Pflanzen, Tabelle 4).

Noch detaillierter sind die Wirkungen der Wärme auf verschiedene generative Merkmale von Zwiebeln in Tabelle 5 dargestellt. Steigende Temperaturen verringerten

nicht nur den Anteil männlich steriler Pflanzen bei der Maintainer-Linie, der A-Linie und den Hybriden, sondern erhöhten sowohl die Menge des gebildeten Pollens als auch den Anteil lebensfähiger (und damit befruchtungsfähiger) Pollenkörner.

Tabelle 5: Anteil männlich steriler Pflanzen, Pollenbildung sowie Anteil lebensfähiger Pollenkörner verschiedener Zwiebelpopulationen unter dem Einfluss unterschiedlicher Temperaturen (nach van der Meer und van Bennekom 1968).

	Anteil männl. steriler Pflanzen [%]		Pollenbildung der fertilen Pflanzen ^v		Lebensfähiger Pollen [%] ^{vi}	
	14° C	23° C	14° C	23° C	14° C	23° C
fertile Selektionen ⁱ	0	0	3	5	53	98
B-Linie (Maintainer) ⁱⁱ	53	20	2,7	4,5	65	93
(männl. sterile) A-Linie ⁱⁱⁱ	97	21	-	4,4	-	83
F ₁ -Hybriden ^{iv}	100	98	-	-	-	-

ⁱ: Mittelwert von zwei fertilen Linien aus der Sorte 'Rijnsburg'

ⁱⁱ: männlich fertile Linie aus der Sorte 'Rijnsburg' mit erblichem (= chromosomalem) Sterilitätsfaktor

ⁱⁱⁱ: diese Linie zeichnet sich im Vergleich zum Maintainer durch einen zusätzlichen cytoplasmatischen Sterilitätsfaktor aus

^{iv}: Mittelwert aus zwei amerikanischen Hybriden ('Nugget' und 'Copper Gem')

^v: Bonitur anhand 5-gliedriger Skala: 1 = keine Pollenbildung, 3 = mittlere Intensität, 5 = maximale Intensität der Pollenbildung

^{vi}: Prüfung des Anteils lebensfähiger Pollenkörner im Färbetest mittels Karmin-Essigsäure

Diese Beziehung ist grundsätzlich bei den (normal) fertilen Selektionen wie auch der (phänotypisch männlich fertilen aber chromosomal männlich sterilen) Maintainer-Linie abzulesen. Die Pollensterilität der (eigentlich männlich sterilen) A-Linie wurde von der höheren Temperatur regelrecht gebrochen, denn der Anteil männlich steriler Pflanzen und die Intensität der Pollenbildung bei den fertilen Pflanzen dieser Linie war hier vergleichbar mit den Werten der (fertilen) B-Linie (Tabelle 5). Die erhöhte Wärmeeinwirkung führte also zu beträchtlichen Steigerungen am Fortpflanzungspol der Pflanze (mehr Pollen und mehr lebensfähiger Pollen). Damit sind die Wirkungen der Wärme auf verschiedenen Ebenen der „männlichen“ Blütenorgane nachweisbar.

Bei den F₁-Hybriden ist die männliche Sterilität jedoch so massiv verankert, dass die von außen zugeführte Wärme diesen Defekt nicht nennenswert auszugleichen vermag (Tabelle 5). Ob dies auf besonders effizienten CMS-Faktoren beruhte, wie es z.B. für den Bereich von Möhrenhybriden bekannt ist (vgl. Abschnitt biologische Kast-ration S. 99) oder auf anderen Faktoren, muss offen bleiben. Hybriden, die ja Ergebnis der (gewöhnlich einmaligen) Kreuzung einer (männlich sterilen) A-Linie mit einer

lediglich Pollen spendenden (und entsprechend männlich fertilen) C-Linie sind, können also weiterhin vollkommen unfähig sein, eigenen Pollen auszubilden.

Für die Hybridzüchtung ergibt sich daraus eine praktische Schwierigkeit: hohe Temperaturen wirken zwar positiv auf die Bestäubungsleistung (und damit auf Befruchtung und Saatgutertrag), gleichzeitig verringern sie jedoch auch den Grad der männlichen Sterilität der mütterlichen Komponente. Dies stellt ein Problem für den Erfolg der gelenkten Bestäubung dar, weil die maximale Heterogenität und damit größtmögliche Heterosis des Kreuzungsproduktes reduziert wird. Dieses Phänomen tritt z.B. auf bei Hirse (Zhang und Fu 1982), Möhre (Nieuwhof 1975), Petunien (Izhar 1975), Schnittlauch (Tatlioglu 1984) und Zwiebeln (Barham und Munger 1950, van der Meer und van Bennekom 1968). Unabhängig von der technischen oder wirtschaftlichen Bedeutung dieser Zusammenhänge für den Praktiker verdeutlichen diese Darstellungen vor allem den Zusammenhang zwischen Wärme und Pollensterilität der Pflanze: Mit sinkenden Temperaturen verweiblichen die Pflanzen zunehmend und zeigen damit eine prinzipiell ähnliche Reaktion, wie sie oben von Tomaten im Zusammenhang mit Stickstoff beschrieben wurde.

2.6 Fehlt den Hybriden die richtige Wärme?

Was aber bedeuten diese Phänomene für die Nahrungsqualität? Gerade wenn eine Nahrungspflanze vor dem Übergang in die generative Phase geerntet wird, wie dies beim Großteil der Gemüse der Fall ist (z.B. Kohlrabi, Möhre, Radieschen, Spinat etc.), mag ein Bezug der männlichen Sterilität der Pflanzen zur Qualitätsfrage nicht ohne weiteres eingesehen werden. Dazu ist es nötig, eine Idee von den inneren Zusammenhängen zu haben. Der Mensch verzehrt immer das gesamte Potenzial der Pflanze, und dazu gehören in diesen Fällen auch die fortpflanzungsbiologischen Defekte, die nicht als zufällige Attribute oder als Laune der Natur verharmlost werden dürfen.

Vielmehr ist als Ursache der unterschiedlichen Pollenfertilität (vgl. Tabelle 4) eine differenzierte Sensibilität für die Umgebungswärme denkbar. Die fortpflanzungsbiologisch intakten „fertilen Selektionen“ (Tabelle 5) könnten eine größere Offenheit für die sie umgebende Wärme aufweisen und deshalb weniger männlich sterile Pflanzen, intensivere Pollenbildung und mehr lebensfähige Pollenkörner hervorbringen. Die gleiche Umgebungswärme induziert bei den verschiedenen Linien in unterschiedlichem Grade die Bildung vollständiger und funktionstüchtiger Blüten, weil die Pflanzen

diesbezüglich eine unterschiedliche Sensibilität für Wärme haben: Der Mensch kann mit der Züchtung also (unter anderem) die Empfänglichkeit der Pflanzen für Wärme beeinflussen. Das würde wiederum bedeuten, dass nicht die **Eigenschaft** männliche Sterilität genetisch determiniert ist, sondern die **(Un-)Fähigkeit**, mittels der äußeren Wärme vollständige, befruchtungsfähige Blüten zu bilden.

Äußere Bedingungen beeinflussen also durchaus und in erheblichem Maße die Pflanzen, die genetisch veranlagten Entwicklungsmöglichkeiten umzusetzen. Und erinnern wir uns an die wachstumsfördernde Wirkung, die der Stickstoff vermittelt: Auch das von Rudolf Steiner beschriebene Füllen des im geistigen vorgeformten Kohlenstoffgerüsts (vgl. S. 10) mit (sinnlich wahrnehmbarem) Stoff ist ein Vorgang, dessen Ausführung bzw. Realisierung von den äußeren Bedingungen (nämlich z.B. dem Stickstoffernährungsstatus) abhängt. Nährstoffe (Stickstoff, Kupfer) oder Wärme können bei der Pflanze den Impuls zur Bildung generativer Organe sehr stark beeinflussen. Dadurch können Vereinseitigungen entstehen, die von einer typischen Entwicklung der Pflanzen weit entfernt sind. Und wenn die Pflanzen dem sie verzehrenden Menschen nicht nur Grundlage zur Sättigung sein, sondern auch *«sein inneres Dasein organisch befördern»* sollen (Steiner 1924 k), dann muss bei durch den Züchtungsprozess derart verkrüppelten Gewächsen die Nahrungsqualität ernsthaft infrage gestellt werden.

Gegenüber einer pollenfertilen kann eine männlich sterile Pflanze als **Bild eines gestörten Verhältnisses der Pflanze zur Wärme** angesehen werden. Inwiefern dieses Defizit bei Nahrungspflanzen Auswirkungen auf den Menschen hat, ist bisher noch nicht untersucht worden – im Abschluss dieses Kapitels (S. 29 ff) wird jedoch auf die besondere Bedeutung der Wärme für den Menschen hingewiesen. Untersuchungsergebnisse mittels sogenannter bildschaffender Methoden deuten den alarmierenden Zusammenhang an, dass (mit der züchterischen Nutzung der Pollensterilität) bei Hybriden tatsächlich minderwertige Qualitäten für die menschliche Ernährung vorliegen: Samenfeste Möhrensor ten wiesen im Vergleich zu Hybriden vermehrt Merkmale einer besseren Ausreifung auf, ein Charakteristikum, das ja auf einen stärkeren Licht- und Wärmegenuss hinweist (vgl. Abbildung 7).

Bei Roggen stufte Balzer-Graf (1996) Populationssorten gegenüber Hybriden als stärker „frucht-samenhaft“ (= roggentypisch) ein. Die Bilder der Hybriden beurteilte sie als „weniger roggentypisch, vegetativ-undifferenziert, stärker entvitalisiert“. Man

kann erahnen, wie gravierend der Einfluss der Hybridzuchttechnik ist, wenn man bedenkt dass die männliche Sterilität beim Hybridroggen „restauriert“ werden muss, damit beim Konsumanbau überhaupt Körner geerntet werden können. Fleck et al. (2001 a) bezeichneten Hybridmöhren als mehrheitlich „wenig differenziert“ und „vegetativ“ mit „Alterungstendenzen“, während den samenfesten Sorten überwiegend eine stärkere „Strukturbildungskraft“ attestiert wurde. In anderen Untersuchungen waren insbesondere die Kriterien „fruchtig“, „wurzelnhaft“ und „möhrentypisch“ bei samenfesten Möhrensorten intensiver ausgeprägt als bei Hybriden (Hagel et al. 2000).

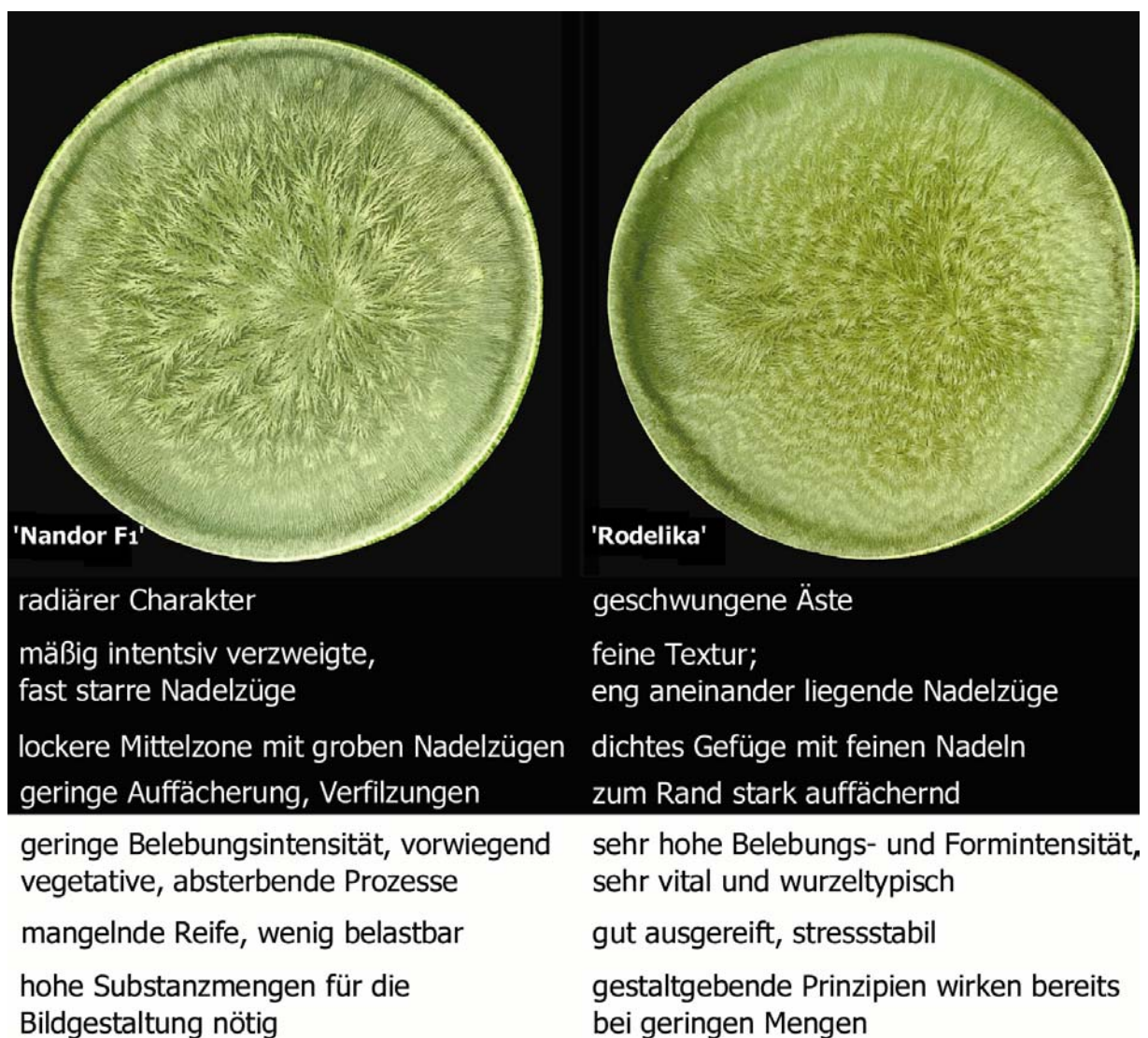


Abb. 7: Kupferchlorid-Kristallisationsbilder der beiden Sorten ‚Nandor F₁‘ und ‚Rodelika‘ sowie Beschreibungen typischer Bildelemente und deren Interpretation (Fleck et al. 2002).

Diese Ergebnisse sind ein Indiz für die mangelhafte Verinnerlichung der Wärme. Dieser Defekt, die Unfähigkeit, im generativen Bereich der Pflanze Wärme aufzunehmen

und für das Hervorbringen fertiler Antheren zu nutzen, spiegelt sich auch in der mangelhaft durchwärmten Qualität des ganzen Produktes. Jedes einzelne Organ einer Pflanze wird qualitativ vom Werdeprozess der gesamten Pflanze (wozu eben auch der Züchtungsprozess zählt) geprägt. Dem Kunden mögen als Ernteprodukt nur Teile der ganzen Pflanze vorliegen, nämlich Getreide*körner*, Fenchel*knollen*, Mohrrüben etc., aber jeder einzelne Pflanzenteil hat die Biographie der Sorte (Züchtungsprozess) und der Pflanze auf einem bestimmten Acker (Anbau) verinnerlicht.

Die bei den Untersuchungen konstatierten Qualitätsverluste sind nach Einschätzung von Balzer-Graf (2001) derart massiv, dass der bis dato immer wieder festgestellte Qualitätsvorteil ökologisch erzeugter Nahrungsmittel gegenüber solchen konventioneller Herkunft bei Verwendung von Hybriden bezweifelt wird: „Die Qualitätsunterschiede zwischen Hybriden und Populationssorten bewegen sich in einer Größenordnung, die den Qualitätsunterschieden von konventionellen und ökologischen Produkten bereits bedrohlich nahe kommt“ (Balzer-Graf 1996). Der Anbau von Hybriden in der ökologischen und biologisch-dynamischen Landwirtschaft forciert damit eine Angleichung der Qualität dieser Produkte an diejenige konventioneller Lebensmittel. Die Erzeugung qualitativ hochwertiger Produkte ist jedoch erklärtes Ziel des Ökologischen Landbaus, speziell der Biologisch-Dynamischen Wirtschaftsweise. Deshalb muss die leider auch dort weit verbreitete Verwendung von Hybridsaatgut als ausgesprochen fragwürdig angesehen werden.

2.7 Substanzen mit Hormonwirkung in der Pflanze

So wie an vielen anderen Stoffwechsel- und Entwicklungsprozessen der Pflanzen sind auch an der Geschlechtsbestimmung der Blüten Substanzen beteiligt, die aufgrund ihrer koordinierenden Funktionen Phytohormone genannt werden. Im Bereich des chemischen Pflanzenschutzes, der Pflanzenzüchtung oder im Brauereiwesen findet der Einsatz dieser hochwirksamen Stoffe seit längerer Zeit und in großtechnischem Maßstab praktische Anwendung. Die als **Gibberelline** zusammengefasste Stoffgruppe wird z.B. eingesetzt, um während des ganzen Jahres eine gleichmäßig hohe Keimgeschwindigkeit bei der Malzbereitung zu erzielen⁴. Auch die Gewinnung großer

⁴ Gerstenkörner sind direkt nach der Ernte noch nicht keimfähig; sie benötigen eine Periode der (trockenen) Nachreife. Diese als „Keimruhe“ bezeichnete Erscheinung tritt bei Applikation des Phytohormons Gibberellinsäure nicht auf. Wenige Stunden nach der Gibberellinsäure-Behandlung ist eine gesteigerte Abgabe und Aktivität von Enzymen zu verzeichnen, die durch Spaltung der Reservesubstanzen den Keimling versorgen.

länglicher Tafeltrauben oder die Erzeugung parthenokarper Früchte (Fruchtbildung ohne Bestäubung und Verschmelzung der elterlichen Keimzellen) geschieht häufig unter Verwendung von Gibberellinen. Die Applikation von Gibberellinen führt bei Hanf (*Cannabis sativa*) und Salatgurken (*Cucumis sativus*) zu einer Vermehrung von staminierten („männlichen“) Blüten oder zu einer verzögerten Entwicklung der pistillaten („weiblichen“) Blüten (Atal 1959; Mohr und Schopfer 1985). Bei einigen (Gurken-) Sorten, die nur „weibliche“ Blüten hervorbringen, kann durch Gibberelline die Ausbildung „männlicher“ Blüten bewirkt werden (Galun 1959 b).

Polar verschieden von der Wirkung der Gibberelline ist diejenige der **Auxine**. So kann durch eine Auxin-Gabe bei vielen diklinen Blütenpflanzen die Ausbildung weiblicher Blüten verstärkt und die der männlichen zurückgedrängt werden (Rünger 1971; Laibach und Kribben 1949). Genetisch männliche Hanfpflanzen verweiblichten nach Applikation von Auxinen (und Ethylen) (Heslop-Harrison, 1956, zit. nach Ainsworth 2000). Bei der Blütenbildung zeigen Gibberellin- und Auxinbehandlungen also den entgegengesetzten Effekt; dabei verändert (appliziertes) Auxin die Pflanzen in der gleichen Richtung wie fehlende Wärme oder höhere Stickstoffgaben.

Möglicherweise beruhen die oben beschriebenen Verweiblichungstendenzen auf einem verschobenen Verhältnis der endogenen Phytohormone. Ob generell männlich sterile Pflanzen auch verhältnismäßig hohe Auxingehalte bei geringen Gibberellinwerten aufweisen, ist unbekannt. Dann hätte die Wärmebehandlung in den auf den Seiten 18 f beschriebenen Beispielen über eine Veränderung der Verhältnisse an Phytohormonen in der Pflanze (z.B. zu Gunsten von Gibberellin) die Ausbildung der vollständigen und intakten Blüten bewirkt. Eventuell ist die vermehrte Ausbildung staminate oder männlich fertiler Blüten auch durch eine gesteigerte Sensibilität der pflanzlichen Zielgewebe für Gibberelline bedingt; dadurch tritt die Wirkung des Auxins in den Hintergrund. Auf welche Art die verschiedenen Phytohormone die Geschlechtsbestimmung der Pflanzen beeinflussen, kann experimentell nur schwer festgestellt werden, da die wirksamen Substanzmengen extrem gering sind und der Nachweis zum Teil nur indirekt über Bioindikatoren erfolgt; gemessen wird nicht der Stoff sondern die Reaktionsstärke eines Testorganismus', bei dem der spezifische Auxin-Einfluss bekannt ist (z.B. *Avena*-Koleoptilen Krümmungstest, siehe unten). Die Gruppe der Auxine wird nicht – wie die anderen Phytohormone – durch die chemische Struktur definiert sondern durch ihre Wirkung, nämlich die Steigerung des Län-

genwachstums (Lüttke et al. 1989). Gerade diese Kombination von Wirkungen (Streckungswachstum einerseits und Verweiblichung andererseits) stützt wiederum die Idee eines inneren Zusammenhangs von Fortpflanzung und Wachstum (vgl. Abschnitt 2.4).

Auxin wird in Meristemen, d.h. noch undifferenzierten, teilungsfähigen Geweben und besonders in jungen Blättern synthetisiert und von der Sprossspitze zur Basis („nach unten“) transportiert. Neben der erwähnten Verweiblichung fördern Auxine vor allem das pflanzliche Längenwachstum. Dieses wird durch Streckung ganzer Organe oder von Organteilen des Sprosses hervorgerufen. Einseitiges Streckungswachstum führt zur Krümmung, wie Abbildung 8 an einer Haferkoleoptile illustriert. Die Koleoptile (Keimscheide) ist ein Organ des Getreidekeimlings, das eine geschlossene Röhre bildet, worin das erste erscheinende Blatt (Primärblatt) und die Endknospe (Plumula) völlig eingeschlossen und so vor Verletzungen geschützt sind. Gleichmäßige Auxinverteilung geht mit einem normalen (= geraden, aufrechten) Längenwachstum einher (Abbildung 8 a). Einseitige Belichtung des Haferkeimlings lässt die Keimscheide zum Licht hin wachsen (Abbildung 8 b). Dass diese Krümmung hin zum Licht von einer ungleichen (Quer-)Verteilung des Auxins hervorgerufen wird, verdeutlicht der rechte Teil der Zeichnung: In Abbildung 8 d steht das eingefügte Glasplättchen der Wuchsstoff-Verteilung nicht im Wege, so dass bei Lichteinfall von rechts die Wuchsstoffe auf die (linke) Schattenseite diffundieren können. Die auf diese Weise „verursachte Asymmetrie in der Auxinverteilung pflanzt sich durch den polaren Auxintransport bis zur Basis fort und führt zum stärkeren Wachstum der auxinreicheren Schattenflanke“ (Strasburger 1991).

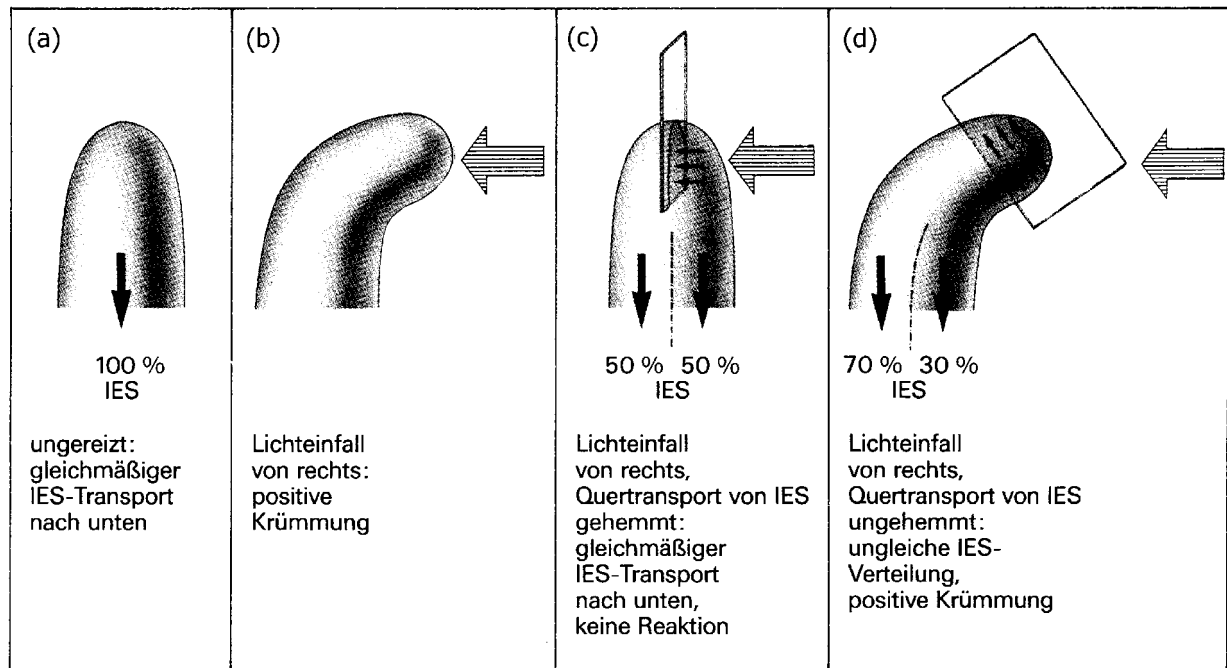


Abb. 8: Die Rolle des Auxins Indol-3-Essigsäure (IES) beim Wachstum einseitig belichteter Haferkoleoptilen; im rechten Bereich ist ein kleines Glasplättchen einmal quer zur Lichtrichtung (c) und einmal mit der Schmalseite zum Licht (d) in die Koleoptilspitze eingesetzt (Lüttke et al. 1989).

Dagegen verhindert ein quer zum Lichteinfall eingesetztes Glasplättchen (Abbildung 8 c) die Wuchsstoff-Diffusion hin zur Schattenseite, und damit den Aufbau des Auxin-Ungleichgewichts; die Krümmung unterbleibt. Die Abbildung könnte den Eindruck erwecken, als ob das Auxin die *Ursache* für das Krümmungswachstum sei. Jedoch ist der Auxingradient erst das Ergebnis des einseitigen Lichtgenusses. Letztlich ist also die ungleichmäßige Belichtung Ursache für das Krümmungswachstum, indem der Schatten die Pflanze einseitig (an der linken Seite mehr als an der rechten) streckt.

Dementsprechend sind die Phytohormone nicht als letzte Ursache und Schlüssel zum Pflanzenwachstum zu verstehen. Denn das Samenkorn synthetisiert diese Wirkstoffe (vgl. Gibberellin) erst mit der Keimung, nachdem es also aus der Keimruhe zum Leben und zum Wachstum erwacht ist. Die Stimulation des ruhenden Keimes entfacht zunächst die Lebensprozesse und bringt dann die Kaskaden der physiologischen Vorgänge in Gang. Am Anfang des Lebens steht eben nicht der tote Stoff, aus dem heraus es sich entwickelt. Vielmehr treten an die Pflanze Wirkungen aus dem Umkreis heran, die Grundlage für die Gestaltung des Stofflichen sind (vgl. Steiner und Wegman 1925 b). So wächst die Pflanze und bildet Substanzen, die wiederum das

Wachstum beeinflussen. Das durch Auxin vermittelte Längenwachstum muss vor diesem Hintergrund also als ein „Schattenwachstum“ verstanden werden, eine hormonell bedingte Organstreckung in Zusammenhang mit einem (relativem) Lichtmangel.

Im Dunkeln bildet die Pflanze blasse, kaum gestaltete, lange Triebe, wie zuvor im Abschnitt Licht (siehe auch Abbildung 2) dargestellt. Zwar wird dieses Phänomen des etiolierten Wachstums in der Literatur nicht mit Auxin in Verbindung gebracht, aber die Kausalkette Lichtarmut ► Steigerung des Auxinpegels ► vermehrtes Streckungswachstum ist auch beim Etiolement denkbar. Wenn hohe Auxinwerte einerseits im Zusammenhang mit geringen Lichtintensitäten die Zellstreckung fördern und andererseits Verweiblichungen der Pflanzen hervorrufen, dann könnte die Verweiblichung der Pflanzen mit einer unzureichenden Lichtwirksamkeit in Zusammenhang stehen. Tatsächlich findet man in der Literatur zahlreiche Beispiele, wonach die Ausprägung einer cytoplasmatisch männlichen Sterilität auch von der Belichtung abhängt. Ein Verständnishinweis ergibt sich aus dem 6. Vortrag des Landwirtschaftlichen Kurses (GA 327), wo Rudolf Steiner (1924) die innere Beziehung zwischen Wachstum und Fortpflanzung hervorhebt: *«Wenn ein Wesen wächst, wird es groß. Da ist die selbe Kraft tätig, die auch bei der Fortpflanzung tätig ist. [...] Fortpflanzen ist ein stärkeres Wachsen»*. Nimmt man diese Äußerung ernst, dann können aus Veränderungen des Wachstums Auswirkungen auf den Bereich der Fortpflanzung erwartet werden; Ansatzpunkte für einen solchen Zusammenhang wurden am Beispiel des Stickstoffs dargestellt, der das Massenwachstum fördert und die Blütenbildung reduziert (S. 9 ff) oder auch die Pflanzen verweiblicht (S. 13 ff). Auf der anderen Seite lassen Eingriffe im Fortpflanzungsbereich wiederum Folgen für das Wachstum vermuten, was die hohen Erträge der heutigen Hybridsorten (s. S. 91 ff) verständlich macht. Eine männlich sterile Pflanze steht zudem in einem gestörten Verhältnis zu den reifefördernden (= entvitalisierenden) Wirkungen von Wärme, Licht und Kupfer (Tabelle 6). Vor dem Hintergrund dieser Einseitigkeiten muss die Nahrungsqualität derartiger Pflanzen für den Menschen als unzureichend eingestuft werden.

Tabelle 6: Übersicht verschiedener Einflussfaktoren auf Blütenentwicklung und Geschlechtsausbildung

Maßnahme	Entwicklung im Blütenbereich
Stickstoffversorgung	verringerte Blühneigung, verzögerte Blüte Förderung der Fruchtblätter (Verweiblichung)
Licht	gesteigerte Blütenbildung
Wärme	Verlängerung der Periode staminaler Blütenbildung, intensivere Pollenabwicklung, verringertes Anteil männlich steriler Blüten
Kupfer	Förderung der Antheren, mehr lebensfähige Pollen
Gibberellin	gesteigerte Bildung staminaler Blüten, verzögerte Entwicklung pistillater Blüten
Auxin	Verweiblichung genetisch männlicher (Hanf-) Pflanzen

2.8 Aspekte zur Wärme aus Sicht der Anthroposophie

Im Abschnitt zum Einfluss der Wärme auf die Entwicklung der generativen Organe (s. S. 18 ff) wurden Phänomene geschildert, die einen engen Zusammenhang zwischen Wärme einerseits und ordnungsgemäßer Antheren- und Pollenbildung andererseits aufzeigen. Mangelnde Wärmezufuhr an die Pflanze führt zu verkümmerter Anthere-abwicklung und stark verminderter Vitalität der Pollenkörner (vgl. auch Tabelle 6). Im Kapitel Pflanzenzucht wird mit der Hybridzucht (S. 91 ff) eine Technik dargestellt, die diese Defekte systematisch für die Pflanzenzüchtung nutzbar macht, dazu zählt vor allem die Nutzung der cytoplasmatisch-kerngenetischen Sterilität (CMS), die ebenfalls als ein Defekt im Zusammenhang mit dem Wärmebedürfnis der Pflanzen angesehen werden kann. Geschildert wird auch, dass mit diesen Verfahren gezüchtete Sorten weite Verbreitung als Nahrungspflanzen gefunden haben. Der Ökologische Landbau ist von dieser Entwicklung nicht ausgenommen; auch er gründet seine pflanzliche Erzeugung auf Sorten, die mit den oben geschilderten Techniken gezüchtet werden. Daher erscheint es angebracht, auf die Folgen hinzudeuten, welche eine Ernährung mit Produkten aus wärmedefizitären Pflanzen auf den Menschen haben könnten. Es ist doch im Grunde naheliegend und ohne weiteres verständlich, dass diejenigen Qualitäten, aus denen sich eine Pflanze bildet, konstituiert, im Ernährungsprozess auch wieder an den Menschen vermittelt werden.

Zunächst muss darauf hingewiesen werden, dass der Mensch ein Wesen ist, das zwischen den beiden Polen der Wärme und der Kälte steht. Der Gesundheitszustand des Menschen nicht nur in physiologischer sondern auch in geistig-seelischer Hinsicht hängt von einem harmonischen Gleichgewicht und Ineinanderwirken dieser beiden Qualitäten ab. Zum Kältepol ist sein Nerven-Sinnes-System zu rechnen; ein kühler Kopf ist die körperliche Voraussetzung für Wachheit, klares Denken und Urteilen. Dabei zeichnet den Kopf aus, dass er selbst bei intensiver Bewegung des übrigen Leibes immer in Ruhe verharret. Während heftige Bewegungen für den übrigen Körper durchaus als befreiend und erfrischend empfunden werden, sind bei nur annähernd ähnlichen Bewegungen des Kopfes Schmerzen und Schwindel bis zur Gehirnerschütterung die unausweichliche Folge. Die bei dieser Beanspruchung des Stoffwechsel-Gliedmaßen-Systems entstehende Wärme empfindet der Mensch als natürlich und angenehm. Überschreitet diese Wärme jedoch ihre physiologischen Grenzen und dringt in den Nerven-Sinnes-Bereich vor, so zeigt diese Erwärmung (z.B. heißer Kopf) immer Fieber und damit eine Erkrankung an.

Diese einfachen Phänomene zeigen, dass die Wärme mit einer Betätigung des Willens verbunden ist, während die nüchterne Distanziertheit von Wahrnehmen und Denken erst auf der physiologischen Grundlage der Kühle ermöglicht wird. Wärme und Wille gehören offenbar zusammen. So weist Rudolf Steiner die Ärzte darauf hin, dass hinter der äußeren Erscheinung des wärmenden Feuers *«wirkender Wille»* steckt (Steiner 1924 e), und der Wille damit diametral der kühlen Tätigkeit des Wahrnehmens und Denkens gegenüber steht: *«Das reine, abstrakte Denken hat etwas Unpersönliches, Kaltes»* (Steiner 1884-1901).

Die Sonderstellung des Denkens hat Rudolf Steiner an vielen Stellen herausgearbeitet, denn nur durch das Denken kann die „volle Wirklichkeit“ der Welt erkannt werden. So kommt er im Rahmen seiner erweiterten⁵ Doktorarbeit zu dem Schluss, *«daß die Wahrheit nicht, wie man gewöhnlich annimmt, die ideelle Abspiegelung von irgendeinem Realen ist, sondern ein freies Erzeugnis des Menschengesistes, das über-*

⁵ Die Dissertation, mit der Rudolf Steiner im Jahre 1891 zum Doktor der Philosophie an der Universität Rostock promovierte, trägt den Titel: «Die Grundlage der Erkenntnistheorie mit besonderer Rücksicht auf Fichtes Wissenschaftslehre. Prolegomena zur Verständigung des philosophierenden Bewußtseins mit sich selbst». Ein Jahr später wurde diese Schrift unter dem neuen Titel «Wahrheit und Wissenschaft – Vorspiel einer Philosophie der Freiheit» um zwei Kapitel („Vorrede“ und „Praktische Schlussfolgerungen“) erweitert herausgebracht; der hier zitierte Text stammt aus der nachträglich eingefügten „Vorrede“.

haupt nirgends existierte, wenn wir es nicht selbst hervorbrächten. Die Aufgabe der Erkenntnis ist nicht: etwas schon anderwärts Vorhandenes in begrifflicher Form zu wiederholen, sondern die: ein ganz neues Gebiet zu schaffen, das mit der sinnenfällig gegebenen Welt zusammen erst die volle Wirklichkeit ergibt. Damit ist die höchste Tätigkeit des Menschen, sein geistiges Schaffen, organisch dem allgemeinen Weltgeschehen eingegliedert. Ohne diese Tätigkeit wäre das Weltgeschehen gar nicht als in sich abgeschlossene Ganzheit zu denken. Der Mensch ist dem Weltlauf gegenüber nicht ein müßiger Zuschauer, der innerhalb seines Geistes das bildlich wiederholt, was sich ohne sein Zutun im Kosmos vollzieht, sondern der tätige Mitschöpfer des Weltprozesses; und das Erkennen ist das vollendetste Glied im Organismus des Universums» (Steiner 1892). Die Erkenntnis fügt also nicht bloß die begriffliche Seite der Wirklichkeit zu den Wahrnehmungsobjekten hinzu, sondern der Mensch ist mit seiner Ideenbildung der *«tätige Mitschöpfer»* der Welt. Es ist also Aufgabe des Menschen, sein Denken über die rein logische Ebene hinaus weiterzuentwickeln, sein Erkenntnisvermögen durch Aktivierung des Willens (also der Wärme) zu verlebendigen und wieder Anschluss zu finden an die geistige Welt.

Es ist ein wesentlicher Inhalt der „Philosophie der Freiheit“ Rudolf Steiners (Steiner 1894) zu zeigen, dass ein erster und anfänglicher, aber höchst realer und wichtiger Schritt zu diesem Anschluss an die geistige Welt eben darin besteht, das Denken von allem Sinnlichen, auf das es sich gewöhnlich stützt, zu reinigen und zu befreien und zu einem reinen Denken zu entwickeln. Dies geschieht, indem ein solches Denken sich nicht mehr auf die Wahrnehmung sondern nur noch auf den es tragenden Willen stützt. Ist dieser Wille jedoch zu schwach, weil er über eine schlechte Nahrungsqualität (z.B. bei Pflanzen aus Hybridsaatgut) nicht mehr genügend dem Menschen vermittelt wird, müsste dies katastrophale Folgen für seine geistig seelischen Fähigkeiten haben.

In einem der Vorträge zur Begründung der Weihnachtstagung formulierte Rudolf Steiner: Der Mensch *«lebt auf der Erde lediglich durch dasjenige, was er als Wärmeelement in sich trägt. Damit aber empfand der Rosenkreuzer-Schüler die Wärme, die er in sich trägt, die physische Wärme, die er in sich trägt, als das eigentliche Irdisch-Menschliche. Und immer mehr lernte er verwandt fühlen mit dieser physischen Wärme die Seelenwärme und die Geisteswärme. Und während der spätere Mensch mehr und mehr verkannt hat, wie mit dem Göttlichen zusammenhängen sein physischer*

Inhalt, sein ätherischer Inhalt, sein astralischer Inhalt durch Festes, Flüssiges, Luftförmiges, hat der Rosenkreuzer-Schüler dies recht gut gewußt und hat gewußt: das wahrhaft Irdisch-Menschliche ist das Wärmeelement. In dem Augenblicke, wo dem Schüler des Rosenkreuzer-Meisters dieses Geheimnis vom Zusammenhange des Wärmeelementes mit dem Menschlich-Irdischen aufgegangen war, in diesem Momente wußte er sein Menschliches an das Geistige anzuknüpfen» (Steiner 1923/24 b). Gerade im Anknüpfen an die geistige Welt, im Vorstoßen zur (geistigen) Realität, die in den Dingen liegt, besteht ja die spezifisch menschliche Erkenntnisfähigkeit, die der Mensch aus freiem Entschluss mithilfe der Anthroposophie schulen kann: *«Anthroposophie ist ein **Erkenntnisweg**, der das **Geistige** im Menschenwesen zum **Geistigen** im Weltenall führen möchte»* (Steiner 1924 a; Hervorhebungen M. Fleck). Das Studium der Schriften und Vorträge Rudolf Steiners ist in diesem Sinne keine humanistische Verbrämung der Freizeit sondern ein erster Schritt in die Geisteswissenschaft und in die geistige Welt (Steiner 1910 b). Mit der Anthroposophie steht für jedermann ein Erkenntnisweg offen, mit dem der Mensch diejenigen Grenzen überwinden kann, an die er durch materialistische Interpretation der Welterscheinungen durch Schule, Studium und Leben gewöhnt wurde. Die existenzielle Bedeutung dieser Gedankenarbeit wird in einer Formulierung der „Anthroposophischen Leitsätze“ deutlich, dass nämlich *«das seelische Menschendasein ersterben müsste, wenn es diese Grenze nicht überschreiten könnte»* (Steiner 1924 a).

Wärme soll das Denken derart ergreifen, dass der Mensch sich mit den wahrgenommenen Dingen innig verbinden kann. Stattdessen erkalten heute abstrakte Kausalketten den Menschen und verhindern die Entwicklung aktiver und lebendiger Gedankenbeziehungen. Vor allem junge Menschen sind oft (noch) auf der Suche nach Idealen, Werten und Ideen, und sie stoßen dann vielleicht auf die Anthroposophie. Die in der heutigen Zeit alle Lebensbereiche durchdringende distanziert-theoretisierende Haltung stellt allerdings ein erhebliches Hindernis für die hier gemeinte geistige Arbeit dar. Wenn es denjenigen, die eine Neigung zur Anthroposophie haben, nicht gelingt, die keimhaft angelegte Fähigkeit des lebendigen Denkens von der Kruste der - in der Ausbildung dominierenden - intellektuell-materialistischen Vorstellungen zu befreien, dann bleiben die Texte Rudolf Steiners schwere Kost und das anfängliche Interesse kann in Skepsis und sogar völlige Ablehnung übergehen; ein Verständnis anthroposophischer Inhalte scheitert dann am Können (nicht nur am

Verstehen-Wollen). Einzig in der Seelenkraft des Denkens kann sich jedoch das spezifisch *«Menschlich-Irdische»*, nämlich wirkliche Wärme entwickeln: *«Keine andere menschliche Seelenbetätigung wird so leicht zu verkennen sein wie das Denken. Das Wollen, das Fühlen, sie erwärmen die Menschenseele auch noch im Nacherleben ihres Ursprungszustandes. Das Denken lässt nur allzu leicht in diesem Nacherleben kalt; es scheint das Seelenleben auszutrocknen. Doch dies ist eben nur der stark sich geltend machende Schatten seiner lichtdurchwobenen, warm in die Welterscheinungen untertauchenden Wirklichkeit. Dieses Untertauchen geschieht mit einer in der Denkbetätigung selbst dahinfließenden Kraft, welche Kraft der Liebe in geistiger Art ist. Man darf nicht einwendend sagen, wer so Liebe im tätigen Denken sieht, der verlegt ein Gefühl, die Liebe, in dasselbe. Denn dieser Einwand ist in Wahrheit eine Bestätigung des hier geltend Gemachten. Wer nämlich zum wesenhaften Denken sich hinwendet, der findet in demselben sowohl Gefühl wie Willen, die letztern auch in den Tiefen ihrer Wirklichkeit; wer von dem Denken sich ab- und nur dem „bloßen“ Fühlen und Wollen sich zuwendet, der verliert aus diesen die wahre Wirklichkeit»* (Steiner 1894). Zu diesem *«wesenhaften Denken»* vordringen und damit die *«wahre Wirklichkeit»* zu erfassen, dürfte jedoch für die meisten Menschen eine schwierige Aufgabe sein. Statt Ideen und Empfindungen wie z.B. Sympathie hervorzurufen, sind die Welterscheinungen für uns heute eben nur auf kühle Sinneswahrnehmungen und Begrifflichkeiten beschränkt, weil *«der ... Schatten seiner lichtdurchwobenen, warm in die Welterscheinungen untertauchenden Wirklichkeit»* so *«stark sich geltend»* macht.

Die Darstellungen dieses Abschnitts dienen dem Ziel, die Beziehungen zwischen der Nahrungsqualität (speziell dem Wärmedefizit der Hybriden) und der geistig-seelischen Konstitution des Menschen zu verdeutlichen. Dass diese Beziehungen (auch unabhängig von der Hybridfrage) grundsätzlich vorhanden sind, wird durch die Antwort dargestellt, die Rudolf Steiner an Ehrenfried Pfeiffer gab, nachdem dieser ihn gefragt hatte, wieso „trotz theoretischer Einsicht der Wille zur Tat, zur erfolgreichen Durchführung der geistigen Impulse so schwach ist“ (Pfeiffer 1977). Die knappe Antwort Rudolf Steiners darauf lautete: „Dies ist ein **Ernährungsproblem**. So wie die Ernährung heute gestaltet ist, gibt sie den Menschen gar nicht mehr die Kraft, das Geistige im Physischen manifest zu machen. Die **Brücke vom Denken zum Wollen** und Handeln kann nicht mehr geschlagen werden. Die Nahrungsmittel ent-

halten gar nicht mehr die Kräfte, welche sie den Menschen geben sollten“ (Pfeiffer 1977; Hervorhebungen M. Fleck).

3 Natur- und geisteswissenschaftliche Sichtweise

Kein Bereich des täglichen Lebens ist unberührt geblieben von den modernen naturwissenschaftlich-technischen Entwicklungen. Dazu gehört auch im weitesten Sinne die Erzeugung von Nahrungsmitteln für den Menschen. Gefährdungen der Umwelt und des Menschen durch Überdüngung, Pestizidrückstände, Gentechnik, nicht artgerechte Tierfütterung (BSE-Skandal) etc. geraten immer wieder in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses. Dagegen vollziehen sich fast unbeachtet auf dem Gebiet der Pflanzenzüchtung, welche mit der Produktion von Saatgut eine entscheidende Grundlage für die Erzeugung unserer täglichen Ernährung liefert, Entwicklungen, die bei näherer Betrachtung dramatisch und alarmierend sind. Konstitutionelle Determinierungen der Pflanzen, die durch die Art der Züchtung und der Saatgutproduktion vollzogen wurden, werden nicht durch noch so sorgfältige Maßnahmen des Ökologischen oder biologisch-dynamischen Landbaus ausgeglichen werden können.

Die vorliegende Arbeit möchte einen Beitrag zu einer besseren Beurteilungsfähigkeit dieser sogenannten „modernen“ Züchtungsmethoden leisten. Dies kann meiner Meinung nach nur geschehen, indem die Sichtweise der konventionellen Naturwissenschaft durch das anthroposophische Natur- und Menschenbild erhellt wird und die Konsequenzen einer solchen Methodik erlebbar werden. Ich hielt es für sinnvoll, zunächst einige botanische Phänomene im Zusammenhang mit dem Reproduktionsgeschehen darzustellen und nachfolgend den prinzipiellen Erkenntnisansatz der heutigen Naturwissenschaft herauszuarbeiten und einigen anthroposophischen Aspekten des Pflanzenwesens, seiner Wachstums- und Befruchtungsvorgänge gegenüberzustellen. Auf diesem Hintergrund werden dann verschiedene Verfahren der heutigen Pflanzenvermehrung, -züchtung und Saatgutproduktion (ab S. 78) diskutiert.

3.1 Materialistische Grundhaltung in den heutigen Naturwissenschaften

Zahlreiche Lehrbücher zum Thema „Pflanzenwachstum“ füllen die Regale der Bibliotheken von Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Es wäre anmaßend, das gewaltige in diesem Bereich existierende Wissen in einem Abschnitt dieser Arbeit zusammenfassen zu wollen. Auch die unübersehbaren Fortschritte in den Technik- und Biowissenschaften, zu denen die Anwendung dieser Detailkenntnisse bisher schon geführt hat, sollen an dieser Stelle keineswegs geschmälert werden. Vielmehr

soll hiermit die allgemeine Grundhaltung kritisiert werden, die der heutigen Bio-Logie (= Wissenschaft vom Leben) zugrunde liegt. Die gesamte moderne Naturwissenschaft ist nämlich keineswegs weltanschauungsfrei, sondern sie baut gedanklich auf dem Dogma des Materialismus auf, demzufolge sämtliche Welterscheinungen sowohl der unbelebten als auch der belebten Natur auf Vorgängen von Stoffen beruhen.

So soll die Welt in einem sog. Urknall („big bang“) entstanden sein. Unser Sonnensystem bildete sich demnach aus einem kosmischen Gas- und Staubnebel, dessen Zentralgestirn die gut 4,6 Mrd. Jahre alte Sonne ist. Die Sonne wird als ein gewöhnlicher Stern angesehen, dessen Masse so gigantisch ist (nämlich etwa 333.000mal so schwer wie die Erde), dass ihn durch die daraus resultierende Gravitation wiederum die Planeten umkreisen. Im Inneren dieses riesengroßen, brennenden Gasballs verschmelzen ständig Wasserstoffatome zu Helium; bei diesen (Kernfusions-) Reaktionen werden ungeheure Mengen (Elektronen und) Strahlungsenergie frei, wovon nach verschiedenen Umwandlungsvorgängen schließlich auch ein Teil die Erde erreicht, und zwar „in Form von Photonen und Quanten. Die Sonne versorgt gewissermaßen als überdimensionaler Kernreaktor die belebte irdische Natur mit der notwendigen Energie. Ihre Überführung in die chemische Energie metastabiler organischer Kohlenstoffverbindungen erfolgt über die Photosynthese“ (Richter 1998).

Der Mond ist nach diesem Verständnis ein natürlicher Satellit der Erde, dessen Ursprung nach der gängigen „Einschlagstheorie“ (Giant Impact-Hypothese) in einer Kollision der Erde mit einem marsgroßen Himmelsobjekt gesehen wird (Münker et al. 2003). Die auf eine Umlaufbahn um die Erde geschleuderten Trümmerstücke dieses Zusammenstoßes schlossen sich dann durch Schwerkraft und Fliehkraft zu einem Klumpen, dem heutigen Mond zusammen, und heute umkreisen Mond und Erde quasi als Doppelplanet auf einer annähernd kreisrunden Bahn einen gemeinsamen Mittelpunkt, nämlich die Sonne. Die wechselseitigen Anziehungskräfte zwischen (Sonne,) Mond und Erde beeinflussen u.a. die Rotationsgeschwindigkeit der Erde und bewirken die rhythmischen Hebungen und Senkungen des Meeresspiegels, die Gezeiten. Wir wissen auch, dass der Erdtrabant kein eigenes Licht sendet, sondern lediglich dasjenige der Sonne reflektiert; Vollmondlicht kann photosynthetisch wirksam sein (Strasburger 1998). Am weitesten verbreitet ist sicher die Kenntnis vom Zusammenhang der wiederkehrenden räumlichen Positionen des Mondes in Relation zu Erde und Sonne; sie führen zu den bekannten Mondphasen (Vollmond-Neumond,

Erdnähe-Erdferne etc.). Leben, so wie wir es auf der Erde kennen, wird nicht mit dem Mond in Verbindung gebracht. Im Gegenteil, die felsige Mondoberfläche ist unablässig kosmischem Beschuss und extremen Temperaturschwankungen ausgesetzt, und der Begriff Mondlandschaft impliziert schon Attribute wie unwirtlich, öde, tot und lebensfeindlich.

Unser heutiges Bild von der Erde wird wesentlich vom Wissen der Geologen bestimmt, wonach wir ein an beiden Polen etwas abgeplattetes, „kartoffelförmiges“ Rotationselipsoid bewohnen. Dieser „Geoid“ ist von einer lebensfreundlichen Lufthülle (Atmosphäre) umgeben und weist eine deutlich wahrnehmbare Schwerkraft (s.o.) auf. An der Oberfläche (Erdkruste) finden wir festes Gestein, das auf glutflüssiger Magma des Erdinnern schwimmt. Dort in den Erdtiefen werden großräumige Wärmeumwälzungen vermutet, die wiederum Erscheinungen an der Oberfläche wie z.B. Plattentektonik und das Erdmagnetfeld erklären. Nicht zuletzt die günstige Entfernung zur Sonne und das Abkühlen der Ur-Erde ermöglichten vor etwa 3,8 Mrd. Jahren die Bildung flüssigen Wassers, und damit eines wesentlichen Bestandteils lebender Organismen.

3.2 Tote Himmelskörper und mechanistische Vorstellungen vom Leben

Der Laborversuch von Harold Urey und Stanley Miller aus den 1950er Jahren sollte die Entstehung von lebendiger Materie aus einem Gemisch von anorganischen Grundsubstanzen, die durch starke elektrische Ladungen miteinander reagieren sollten, demonstrieren. Dieses ausgetüftelte Experiment in Frankensteinischer Manier wird immer wieder zur Untermauerung der Hypothese einer spontanen Bildung von Leben durch „Selbstorganisation“ aus toter Materie herangezogen. Auf der Erde sollen sich in der sauerstofffreien Ur-Atmosphäre allein durch die Hitze der glühenden Lavafelder und die Energie von Blitzen, Radioaktivität und kosmischer (UV-) Strahlung, aus den anorganischen Substanzen einer sog. „Ursuppe“ zunächst einfache und dann immer kompliziertere organische Molekülstrukturen gebildet haben. Nach Auffassung der modernen Naturwissenschaft war dies der Anfangspunkt der belebten Natur mit all ihren vielfältigen Erscheinungsformen. So ist noch heute in einem Lehrbuch eines renommierten Professors für Pflanzenernährung zu lesen, „daß auch die Vorgänge in der belebten Natur letzten Endes auf chemischen Prozessen basieren. Nicht nur grundlegende Gesetzmäßigkeiten wie die Erhaltung von Energie und Mate-

rie gelten gleicherweise für die belebte wie unbelebte Natur, auch der Ablauf der einzelnen chemischen Reaktionen unterliegt in beiden Systemen den gleichen Regeln. Die Vorgänge, die sich im Mikrobereich der Moleküle, Atome und Elektronen abspielen, sind also letzten Endes auch für die mannigfaltigen Erscheinungen des Lebens verantwortlich" (Mengel 1991).

Gemäß dieser Vorstellung hatte also eine Reihe von Zufällen zu einigermaßen lebensfreundlichen Bedingungen auf diesem „Stück Schlacke im Weltraum“ geführt und dann zur abiotischen Entstehung biologischer Strukturen nämlich zu Aminosäuren und Nucleinsäuren. Schüler und Studenten lernen, dass sich , wo zuvor kein Leben war, leblose Materie zu Lebendigem organisiert. Dabei werden alle Vorgänge des Lebendigen auf Gesetzmäßigkeiten von Physik und Chemie zurückgeführt und das Leben selbst als Ergebnis von chemischen Reaktionen und physikalischen Eigenschaften betrachtet. Nach dem Verständnis der herkömmlichen Naturwissenschaft sind Wachstum, Entwicklung und Fortpflanzung der Pflanze allein aus dem Stoff heraus zu erklären: determiniert durch die Gene entwickelt sich das „biologische System Pflanze“ im Wechselspiel der Phytohormone untereinander sowie durch die Wachstumsfaktoren Nährstoffangebot, Gaskonzentration sowie Licht und Wärme.

Die Bedingungen des Lebens und auch das Leben selbst werden rein stofflich gedacht. Entsprechend ist unser ganzes heutiges Biologie-Verständnis am Stoff fixiert (= materialistisch). „Gegenwärtig ... behandelt der Pflanzenphysiologe die Organismen als materielle Dinge und versucht, ihr Wesen bzw. ihr Verhalten anhand bekannter Merkmale und physikalischer Eigenschaften von Substanzen der Natur bekannter chemischer Reaktionen und bekannter physikalischer Energiegesetze zu verstehen" (Steward 1969).

Dementsprechend werden Lebewesen in der modernen Wissenschaft definiert als „Naturkörper, die Nukleinsäuren und Proteine besitzen und imstande sind, solche Moleküle selbst zu synthetisieren" (Czihak et al. 1976). Die Pflanze wird als ein Apparat angesehen, der „letztlich Strahlungsenergie in chemisch gebundene Energie transformiert, wobei Nahrungsmittel und technisch verwertbare Stoffe entstehen" (Geisler 1988). Der Photonenstrom des Lichts setzt an den Plasmamembranen der Blattgrünkörperchen (Chloroplasten) eine Kaskade von Elektronen frei, die wiederum chemische Reaktionen in Gang halten, bei denen energetisch höherwertige Substanzen aufgebaut werden.

In einem solchen Weltbild ist die Sonne nur eine Energiequelle, aus der die chemischen Vorgänge der Pflanzen mit elektromagnetischer Strahlung versorgt werden. Abbildung 9 zeigt das Umschlagbild des Lehrbuchs zweier berühmter Pflanzenphysiologen (Mohr und Schopfer 1985), das die Reduzierung lebendiger Vorgänge zu chemischen Summenformeln symbolisiert. Besonders bemerkenswert ist die Darstellung des Lichtes als physikalische Größe durch Wellenlinien und Energieformel. Auf die Spitze getrieben wird dies, indem in modernen Publikationen die applizierte Menge einer so imponderablen Kategorie wie der des Lichtes nicht mehr als Lichtdosis ausgedrückt wird sondern als wägbare Substanz, nämlich in μMol (Kutschera 1995).

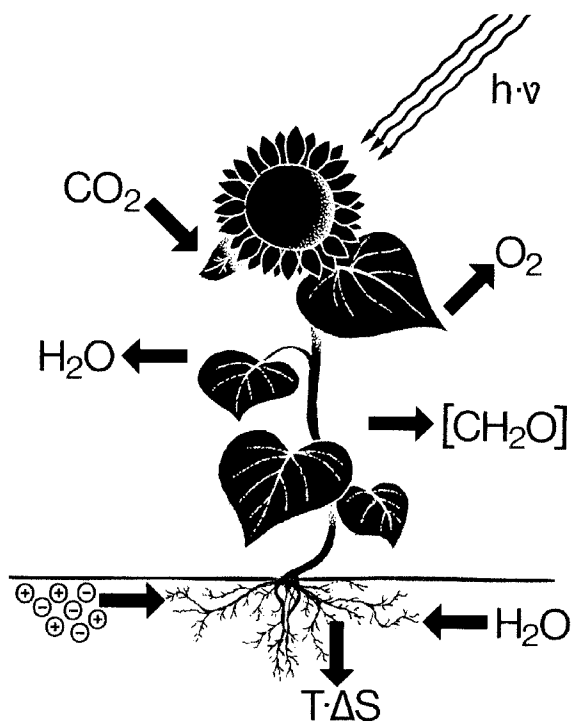


Abb. 9:
Schema der lebendigen
Stoffwechselforgänge, die zur Entstehung
der Pflanzen führen
(verändert aus Mohr und Schopfer 1985).

Aus den Beobachtungen werden also Zusammenhänge abgeleitet, die das Leben letztlich als durch bestimmte Umweltreize modifizierte Expressionen von Genen (= Stoffe!) verstehen wollen. Die Bedingungen für die Stoffwechselforgänge, Wachstum aber auch Krankheitsprädisposition sind dementsprechend **von innen** heraus, genetisch vorgegeben, worin sicher einer der Gründe für das fieberhafte Arbeiten an den zahlreichen Genom-Entschlüsselungsprojekten zu suchen ist. Dabei wird übersehen, dass niemals aus den Stoffen der Gene die Form der Organismen erklärt werden kann (Hagel 2002; Rist 2000)

Trotzdem wird der Anthroposophie, die von anderen geistigen Gesichtspunkten als der materialistischen Naturwissenschaft ausgeht, mittelalterliche Mystifizierung, Ideo-

logieverhaftung und Unwissenschaftlichkeit vorgeworfen. Solche Verurteilungen degradieren die Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise zu einer durch „Beibehalten mystischer Rezepte“ weltfremden Landbaumethode und ihren Begründer Rudolf Steiner zum phantasierenden „Naturphilosophen, der sich gegen Ende seines Lebens auch noch mit Agrikultur befasst“ (Finck 1978).

3.3 Die sinnlich wahrnehmbare Welt – Ausdruck geistiger Gesetzmäßigkeiten

Tatsächlich scheint das Werk Rudolf Steiners für die meisten naturwissenschaftlich gebildeten modernen Menschen nicht ohne weiteres zu verstehen sein. Das Arbeiten an der Anthroposophie kann aber gerade aufmerksam machen auf Zusammenhänge, die bei der heute allgemein praktizierten kausal analytischen Betrachtungsweise verborgen bleiben. Die Phänomene ordnen sich dann neu und können als Bilder gelesen werden, die auf die Existenz einer geistigen Welt und damit auf die Richtigkeit der Beschreibungen Rudolf Steiners deuten. Ein ernsthaftes Ringen um die aus der Geisteswissenschaft mitgeteilten Beziehungen (z.B. zwischen Wachstum und Fortpflanzung) ist nicht eine bloße Spielerei sondern kann eine existenzielle Bedeutung im Leben des Menschen erlangen. Insofern *«gewisse Fragen über das Wesen des Menschen und die Welt so als Lebensnotwendigkeit»* empfunden werden, *«wie man Hunger und Durst empfindet»* (Steiner 1924 a), ist Anthroposophie nämlich gerade eine notwendige Antwort auf die Fragen des Menschen, indem sie das sinnlich Wahrnehmbare um die dahinterstehenden geistigen Realitäten erweitert.

Was eigentlich jedem gesund empfindenden Menschen einleuchten sollte, dass das Leben als ein Höheres nicht aus dem Niederen des Stoffes entstehen kann, es wird durch die Anthroposophie bestätigt. In einem öffentlichen Vortrag in Berlin ging Rudolf Steiner näher darauf ein, *«daß die rein auf das äußere Materielle gehende Naturwissenschaft sehr gern davon spricht, wie alles Leben – also auch das Pflanzenleben – einmal aus dem Leblosen, dem Mineralischen entstanden sein müsse. Diese Frage gibt es für den Geistesforscher gar nicht, weil nie das Untergeordnete, Niedere die Voraussetzungen des Höheren sind, sondern immer ist das Höhere, das Belebte die Voraussetzung des Niederen, des Unbelebten»* (Steiner 1910/11). Man ist an den oben geschilderten Retortenversuch erinnert, bei dem nach materialistischer Anschauung das Leben durch Hitze und elektrischen Strom aus niedermolekularen Substanzen de novo hervorgeht, doch das *«ist einfach ein Unsinn, daß sich*

*durch chemische Verbindungen aus toten Stoffen Leben aufbaut. Das Leben kommt aus dem Weltenraum, den der Äther ausfüllt. Es ist ein Unsinn, daß die toten Stoffe sich zusammenmischen und leben könnten, was man „Urzeugung“ nennt. Nein, gerade die toten Stoffe rühren her von Lebendigem, sind abgesondert vom Lebendigen» (Steiner 1923 g). Das Leben, Seelisches oder Geistiges können sich niemals im Sinne der naturwissenschaftlichen Vorstellung aus der toten Materie bilden, sondern sind Entitäten für sich. Rudolf Steiner (1922) führte dies einmal aus am Beispiel des Kant-Laplaceschen Urnebels, in dem *«das sich mehr an das Materielle haltende Denken den Ursprung unseres Weltensystems»* sieht. Niemals könnte dieser Urnebel aus seinen Gesetzen der Gas- oder Luftmechanik das aus sich herausentwickeln, *«was auf der Erde als Tier- und Menschenseelen, ja nicht einmal was als Pflanzen-Wachstumskräfte lebt. Wir haben es, wenn wir eine solche Ausdeutung vollziehen, eben zu tun mit einer Abstraktion, wenn diese Abstraktion auch eine materialistische Abstraktion ist. Es muß klar sein, daß dem, was da von dem materialistischen Denken als Urnebelmasse gedacht ist, schon innewohnt ein Geistiges und daß diese Urnebelmasse nur der äußere materielle Ausdruck eines Geistigen ist»* (Steiner 1922 a).*

Die Entstehung der Welt und die Naturreiche der Erde (Mineralreich, Pflanzenreich, Tierreich und Mensch) wird ausführlich in der „Geheimwissenschaft im Umriß“ (Steiner 1910 a) beschrieben. Die Erde auf der wir heute stehen, ist das Ergebnis von drei vorangegangenen planetarischen Verkörperungen (Saturn, Sonne, Mond), wovon die heutigen Himmelskörper mit diesen Namen nur Teile oder Reste dieses Geschehens sind. Zentrum und Ziel dieses Geschehens war der Mensch, der zum heutigen Zeitpunkt vier verschiedene und unterschiedlich entwickelte Wesensglieder aufweist (physischer Leib, Ätherleib, Astralleib, Ich). Innerhalb dieses Äonen dauernden Geschehens wurden in langwierigen und langsamen Prozessen also die geistigen Grundlagen für dasjenige gelegt, was wir heute von unserem gewöhnlichen Bewusstsein aus mehr nur oberflächlich als Physis, Leben, Seele und Geist (Ichhaftes) bezeichnen. Die Entwicklung dieser Qualitäten geschah nicht von allein, sondern wurde von hohen geistigen Wesenheiten (Hierarchien) vermittelt, die ihrerseits gerade durch diese Tätigkeit zu einer Höherentwicklung gelangten. Diese Schilderungen der Anthroposophie können einen als Naturforscher mit sehr veränderter Seelenstimmung (Verwunderung, Staunen, Ehrfurcht) an die Erscheinungen des Lebens und der Welt herantreten lassen.

3.4 Botanische Phänomene als Wirkungen qualitativ neuer Ebenen

Wenden wir uns nun speziell der Pflanze zu. Diese verfügt auf dem physischen Plan über zwei Wesensglieder (physischer Leib, Ätherleib) und erhebt sich damit als lebendiges Wesen über das Mineralreich. Nicht die physisch-mineralischen Substanzen entwickeln aus sich heraus das Leben, sondern diese werden vielmehr vom Leben des Ätherleibes aufgenommen, zu besonderem Wirken veranlasst und gestaltet. *«Dadurch, dass der Mensch jetzt nur das Mineralische an der Pflanze erkennt, behaupten die Materialisten, dass die Pflanze nur ein Konglomerat von mineralischen Vorgängen ist»* (Steiner 1907/08 a). Der Ätherleib der belebten Organismen erfordert eigentlich eine andere Betrachtungs- und Forschungsweise als diejenige, die der unbelebten Natur angemessen ist: *«Als Goethe an das Linnésche Pflanzensystem herantrat, da fühlte er, wie man mit der gewöhnlichen gegenständlichen Erkenntnis, die in der physischen Welt des Mineralreiches gut anwendbar ist, nicht ausreicht im Pflanzenleben. Er fühlte dem Linnéschen System gegenüber die Notwendigkeit der imaginativen Betrachtungsweise.*

Das heißt mit anderen Worten, Goethe sagte sich: Wenn ich eine Pflanze anschau, dann ist es gar nicht das Physische, was ich sehe, was ich wenigstens sehen soll, sondern dieses Physische ist unsichtbar geworden, und das was ich sehe, muss ich mit anderen Ideen erfassen, als es diejenigen des Mineralreiches sind. ... Es ist die ätherische Natur in der Pflanze das eigentlich Sichtbare. Und wir tun nicht gut, wenn wir sagen: Der physische Leib der Pflanze ist sichtbar. – Der physische Leib der Pflanze ist eigentlich unsichtbar geworden; und das, was wir sehen, das ist die ätherische Form. ... Aber diese ätherische Form ist ausgefüllt mit Physischem, da drinnen leben physische Stoffe. ... diese ätherische Form ist das, was wir eigentlich sehen, das Physische ist sozusagen nur das Mittel, damit wir das Ätherische sehen» (Steiner 1922 d).

Während der Pflanzenphysiologe und der Genetiker auf der Suche nach den Ursachen des Lebens immer tiefer in die Strukturen der Zelle, ihres Kerns und der DNA eindringt, fordert Rudolf Steiner eine neue Blickrichtung: *«Die Beobachtung zeigt doch, daß die Lebenserscheinungen eine ganz andere Orientierung haben als die im leblosen verlaufenden. Für die letzteren wird man sagen können: sie zeigen sich von Kräften beherrscht, die vom Wesen des Stoffes ausstrahlen, vom – relativen – Mittelpunkt nach der Peripherie hin. Die Lebenserscheinungen zeigen den Stoff von kräf-*

ten beherrscht, die von außen nach innen wirken, gegen den – relativen – Mittelpunkt zu. Beim Übergange ins Leben muß sich der Stoff den ausstrahlenden Kräften entziehen und sich den einstrahlenden fügen.

Nun hat jeglicher Erdenstoff und auch Erdenvorgang seine ausstrahlenden Kräfte von der Erde und in Gemeinschaft mit ihr. Er ist ein solcher Stoff, wie ihn die Chemie betrachtet, nur als ein Bestandteil des Erdenkörpers. Kommt er zum Leben, so muß er aufhören, ein bloßer Erdenteil zu sein. Er tritt aus der Gemeinschaft mit der Erde heraus. Er wird einbezogen in die Kräfte, die vom Außerirdischen nach der Erde von allen Seiten einstrahlen. Sieht man einen Stoff oder Vorgang als Leben sich entfalten, so muß man sich vorstellen, er entziehe sich den Kräften, die wie vom Mittelpunkte der Erde auf ihn wirken, und er komme in den Bereich von anderen, die keinen Mittelpunkt, sondern einen Umkreis haben» (Steiner und Wegman 1925 b). Somit sind die Erscheinungen der lebendigen Pflanze nur unter Einbeziehung sehr weiter kosmischer Zusammenhänge und Wirkungskreise zu verstehen. Trotzdem ist die Pflanze auch mit der Erde verbunden: «Es ist Unsinn, eine Pflanze aus der Erde auszureißen und sie dann ausgerissen zu betrachten von der Wurzel bis zur Blüte und zu glauben, das wäre eine Realität. Das ist ebenso wenig eine Realität wie ein menschliches Haar, das ausgerissen ist; es gehört zum ganzen Organismus und ist nur zu verstehen als zugehörig zum ganzen Organismus. Und ein Haar auszureißen und für sich zu betrachten, ist ebenso ein Unsinn, wie eine Pflanze auszureißen und für sich zu betrachten. Das Haar ist im Zusammenhang mit dem menschlichen Organismus, die Pflanze mit der ganzen lebendigen Erde» (Steiner 1924 d). «Die einzelnen Pflanzen wachsen aus der Erde heraus wie die Nägel aus unserem Organismus» (Steiner 1907/08 b). So ist die Pflanze nur aus den zwei Weltbereichen des Kosmischen und des Irdischen zu verstehen. Dies war für Rudolf Steiner so grundlegend, dass «für die Beurteilung des ganzen Pflanzenwachstums sozusagen das ABC dieses ist, daß man immer sagen kann: was ist an einer Pflanze kosmisch, was ist an einer Pflanze terrestrisch, irdisch?» (Steiner 1924 i).

Obwohl, wie wir oben gesehen haben, die Pflanzen (wie das Tier oder der Mensch) keinen Astralleib als eigenes Wesensglied besitzen, ist dennoch das Astralische des Erdorganismus für das Gedeihen der Pflanzen ausgesprochen wichtig: «Die Pflanzen haben keine Astralleiber in sich. Aber die Erde ist umgeben mit einer Astralatmosphäre. Und bei dem Vorgange der Blüten- und Fruchtentfaltung zum Beispiel wirkt diese

Astralität durchaus mit. Die ganze Pflanzenwelt der Erde hat also eigentlich einen einheitlichen astralischen Leib, der sich nirgends hineinsenkt in die Pflanze selber – höchstens ein wenig, wenn die Blüte zur Fruktifikation übergeht -, der im wesentlichen wolkenartig über der Vegetation schwebt und sie zur Blüten- und zur Fruchtbildung anregt» (Steiner 1922 b). An anderer Stelle geht Rudolf Steiner ebenfalls in ähnlicher Weise darauf ein, was eigentlich erst als die ganze Pflanze zu verstehen ist: «Wenn wir die Pflanze zunächst untersuchen, dann findet man sie unter der Erde mit ihrer Wurzel, und sie ragt heraus aus der Erde mit dem Stengel und treibt heraus aus dem Stengel Blatt an Blatt. Wenn wir mit dem Auge des Sehers über der Pflanze die astralische Welt betrachten, dann sehen wir über der Pflanze ein astralisches Glimmlicht, das die Blüte der Pflanze einhüllt. Wenn wir nun auch noch die Devachanwelt prüfen können, dann stellt sich etwas Merkwürdiges heraus. Da ist die Pflanze wie in einer Scheide eingehüllt; die geht bis zum Mittelpunkt der Erde und hat dort im Mittelpunkt der Erde ihre Spitze. Das ist erst in Wirklichkeit die ganze Pflanze» (Steiner 1907/08 b, siehe auch Abbildung 10). Der Ätherleib «hat die Aufgabe, Blatt an Blatt in einer Art Wiederholung anzusetzen. Wäre bloß der Ätherleib in der Pflanze, dann würde sie nie eine Blüte ansetzen» (Steiner 1907/08 b).

«Und dieses Astralische, was auf die Pflanze wirkt, bewirkt ihren Abschluß in der Blüte und Frucht. Würde nur der Ätherleib wirken, dann würde die Pflanze endlos Blatt für Blatt entfalten; durch den Astralleib wird das zum Abschluß gebracht. Der Ätherleib wird sozusagen abgedämpft durch das Astralische» (Steiner 1907/08 c).

Das Wirken des Astralischen beschränkt sich jedoch nicht auf das Abschließen des Pflanzenbildungsprozesses und der Induzierung der Blüte sondern ist im weiteren Sinne noch an der Hervorbringung und Entwicklung der Pflanzen beteiligt: *«denn es sind ja die Astralkräfte, die die Pflanze aus der Erde herausholen. Die Pflanze selbst hat nur einen Ätherleib; aber die astralischen Kräfte sind es, die sie herausholen aus der Erde» (Steiner 1924 b).*

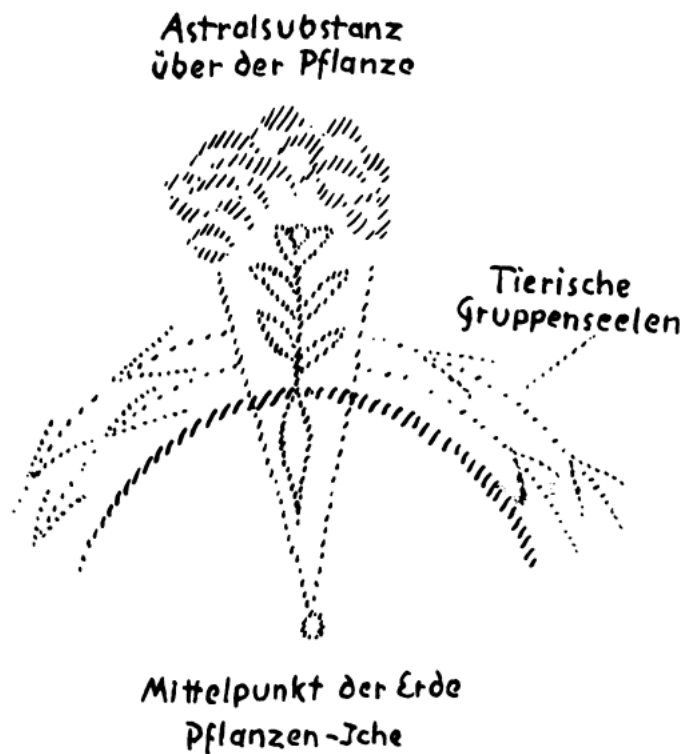


Abb. 10:
Schemazeichnung zu den
Wesensgliedern der Pflanzen.
(Steiner 1907/08 b)

Während das Astralische eine gewöhnliche Pflanze nur von außen lose berührt, dringt es in die Giftpflanze sehr viel tiefer ein und führt über die oben skizzierten Funktionen hinaus zu deren Giftbildung. Rudolf Steiner erklärt dies am Beispiel der Tollkirsche: *«Die Tollkirsche, Belladonna, sie zieht ihre Wesenheit noch aus anderen Welten herein. Ich kann das auch so charakterisieren: Man lernt eine gewöhnliche Pflanze kennen, indem man sieht, sie hat ihren physischen Leib, sie hat ihren Ätherleib; und dann sieht man, daß die Blüte und die Frucht umschwebt wird von dem allgemeinen Astralischen im Kosmos. Sie sehen also auf die Pflanze hin. Überall sprießt auf der Erde das Physische der Pflanze heraus. Überall hat die Pflanze ihren Ätherleib und darüber, wie in Wolken, lagert das Astralische. So ist es bei solchen Pflanzen wie bei dem Veilchen.*

Bei einer Pflanze wie der Tollkirsche wird es anders. Bei der Belladonna ist es so: die Pflanze wächst, hat hier ihre Blüte, hier drinnen entwickelt sich die Frucht. Da aber geht das Astralische in die Frucht hinein. Das Veilchen entwickelt die Frucht bloß im Ätherischen. Die Tollkirsche saugt mit der Frucht das Astralische ein. Dadurch wird sie giftig. Alle Pflanzen, die in irgendeinem ihrer Teile Astralisches aus dem Kosmos einsaugen, werden giftig. Dasselbe also, was, wenn es ins Tier kommt, dem Tier den Astralleib gibt, das Tier innerlich als ein Empfindungswesen ausgestaltet, es macht, wenn es in die Pflanze eintritt, die Pflanze zur Giftpflanze. Das ist sehr interessant,

weil wir sagen können: Unser astralischer Leib trägt Kräfte in sich, die, wenn sie in die Pflanze kommen, als Gift sich darstellen. – Und so muß man auch das Gift auffassen. Nur dadurch kommt man zu einer innerlichen Erkenntnis des Giftes, daß man weiß, normalerweise hat man als Mensch in seinem astralischen Leib eigentlich die Kräfte aller Gifte in sich, die es gibt, denn das gehört zum Wesen des Menschen» (Steiner 1924 c).

3.5 Beziehungen der Pflanzen zum Kosmos

Diese Art der Betrachtung des Wesens der Pflanze ist nicht nur für den Menschen der heutigen Zeit sehr ungewohnt, der schon in der Schule die Phänomene des Lebens allein aus molekularen Vorgängen erklärt bekommt. Auch schon im Jahre 1923 musste Rudolf Steiner sich gegen diese materialistischen Vorstellungen wenden: *«Gewiß, der modernen Menschheit sind die Dinge, die mit der großen Weltentwicklung zusammenhängen, mehr oder weniger gleichgültig geworden. Man hat heute kein Herz mehr für die Erkenntnisse der großen Weltzusammenhänge. Da zeigt sich das Eindringen des Geistes der Kleinlichkeit, ich möchte sagen, das Eindringen des Geistes der Mikroskopie und des Atomisierens in Erscheinungen, die, wenn man von ihnen heute so redet, wie ich es hier tun muß, natürlich den Eindruck des Paradoxen hervorrufen. ... Kosmische Empfindungen stören einen. Man bringt das mit seinem materialistischen Bewußtsein gar nicht mehr in Einklang, solche Empfindungen zu haben. ... Man soll da nicht bloß mit der Pflanze zu tun haben, sondern mit der ganzen Welt. Wenn man über diese Dinge fühlen, empfinden oder erkennen soll, da soll man mit der ganzen Welt zu tun haben, nicht bloß mit der Pflanze! So etwas schickt sich doch nicht! Gibt man sich doch schon Mühe, nicht mit den Stoffen zu tun zu haben, die so in Pulverform oder in Kristallform vorhanden sind, sondern mit den Atomstrukturen, mit dem Atomkern, mit der elektromagnetischen Atmosphäre und so weiter! Man bemüht sich also mit etwas abgeschlossenem zu tun zu haben, nicht mit etwas, was da in vieles hinausweist. Der Pflanze soll man nun zugestehen, man brauche eine Empfindung, die in den Kosmos hinausreicht! Etwas Schreckliches ist es doch, wenn man sein Gesichtsfeld nicht einengen kann auf das bloße einzelne Objekt! Man ist das doch so gewöhnt: Wenn man mikroskopiert, da ist doch auch alles ringsherum abgeschlossen, da ist nur das kleine Gesichtsfeld da; es geht alles so im*

Kleinen, Abgeschlossenen vor sich. Man muß doch auch die Pflanze für sich betrachten können, nicht im Zusammenhang mit dem Kosmos» (Steiner 1923 b).

Und eine Pflanze, die aus einem Keim neu gebildet werden soll, kann nicht auf irgendetwas in ihr selbst zurückgreifen, sondern muss sich an den Kosmos wenden, und von ihm für ihre Bildung eine neue Prägung erhalten: *«Wenn die neue Pflanze hervorgekommen ist, dann hat der alte Keim seine Aufgabe erfüllt; er beansprucht nicht mehr, als eine Pflanze hervorzubringen. Diese Pflanze wird aufgerufen durch den Kosmos wieder eine Pflanze hervorzubringen. Sonst wäre keine weitere Entwicklung da, und das Pflanzenleben hätte abreißen müssen mit dieser Pflanze» (Steiner 1915).* Und an anderer Stelle: *«Die Pflanze ist aus dem ganzen Weltall heraus gebildet. Es ist einfach eine furchtbare Absurdität, daß dieselben Menschen, die zum Beispiel für die Magnetnadel die ganze Erde zu Hilfe nehmen, um nur ihre Richtung zu erklären, die Pflanze bloß aus ihren Zellen und deren Kräften heraus erklären wollen. Geradeso wie die Magnetnadel nur verstanden werden kann, wenn man sie in den ganzen magnetischen Erdenzusammenhang hineinstellt, so kann man die Pflanzen nur begreifen, wenn man sie in den ganzen kosmischen Zusammenhang hineinstellt» (Steiner 1922 c).* Von Seiten der Naturwissenschaft mag argumentiert werden, dass die in industriellem Maßstab funktionierenden Meristem- und Antherenkulturen (vgl. Abschnitt 4.7) sehr wohl ein Beweis gegen diese anthroposophischen Darstellungen sind und dass die Pflanze in der Tat aus einer einzigen Zelle gebildet werden kann. Hierbei wird allerdings übersehen, dass die Phänomene der Meristem- und Antherenkultur keine prinzipiell neuen Erkenntnisse zur Reproduktion der Pflanze hinzufügen. Denn auch bei der regulären Bildung des Samens steht auf materieller Ebene zu Beginn der neuen Pflanze eine einzige Zelle, die Zygote, d.h. die vom Pollenkern befruchtete Eizelle. Und hier wie dort muss diese Zelle eine neue Prägung aus dem Kosmos erhalten, wenn eine neue Pflanze entstehen soll. Es geht also nicht um eine Negierung der durch die Naturwissenschaft erworbenen Kenntnisse und Zusammenhänge. Gerade die Naturwissenschaft hat den Menschen vom Aberglauben befreit und ihm den Weg zu Selbstbewusstsein und Freiheit ermöglicht. Dies musste allerdings durch Verlust der Anschauung des Geistig-Wesenhaften in der Welt erkaufte werden; Rudolf Steiner bezeichnet diese Abwendung von den kosmischen Zusammenhängen als *«Maulwurfsdasein»*. Jetzt ist die Zeit gekommen, wo der Mensch auf Grundlage und unter Beibehaltung seines freien Selbstbewusstseins wieder diesen

Zusammenhang mit dem Geistig-Wesenhaften erkennen kann und muss, soll die Menschheit nicht Schaden nehmen: *«Das Erleben der Freiheit konnte dem Menschen nur dadurch kommen, daß er einmal eine Weile dieses Maulwurfsdasein geführt hat, daß er hingeschaut hat auf die Lilie und nicht mehr weiß, daß sich in der Lilie ein Himmelsbild abbildet; daß er hingeschaut hat auf die Tulpe und nicht mehr weiß, daß sich abbildet in der Tulpe ein Himmelsbild. Dadurch hat er seine Kräfte mehr auf ein Inneres gewendet, und er ist zu dem Erlebnis der Freiheit gekommen. Aber wir sind heute an dem Punkte angelangt, wo wir notwendigerweise das geistige Weltenall wiederum ins Seelenaue fassen müssen. Es muß wiederum dasjenige, was Jahrhunderte nur als mathematisches, mechanisches Gefüge des Raumes erschienen ist, als ein durchgeistigter Kosmos vor das seelische Auge treten. Man kann geradezu sagen: Durch Jahrhunderte hindurch hat die Menschheit der zivilisierten Welt ein geistiges Maulwurfsdasein geführt, allerdings zur Heranzüchtung der menschlichen Freiheit; denn Sinn hat alles, was im Fortschritt der Menschheit erlebt wird. Aber man muß diesen Sinn durchschauen, man muß nicht stehen bleiben bei der Entwicklungsstufe, sondern man muß mit der Entwicklung mitgehen und muß sich heute klar sein: Nachdem die Menschheit das Erlebnis der Freiheit im irdischen Maulwurfsdasein entwickelt hat, muß es wieder hinausgehen zum Anschauen des Geistigen, der spirituellen Welt, nicht nur der mathematischen Welt»* (Steiner 1922 c).

Mit Blick auf die Pflanze weist Rudolf Steiner darauf hin, dass lediglich deren Stoffwechsel, also *«daß zum Beispiel die Pflanze Kohlensäure einsaugt, assimiliert, wie man sagt, und die Kohle absondert»* von den Kräften der Erde herrührt (Steiner 1922 c). Jedoch stammt die Form der Pflanzen von dem imaginativ wahrnehmbaren Bildern des Sternenhimmels, und ihr Wachstum von den Planeten: *«Sie wissen, sie schauen auf die Sterne hin, Sie sehen aber keine Sterne, sondern Sie sehen Bilder. Sie sehen tatsächlich innerhalb des Sternenraumes überall Bilder. Es wird Ihnen jetzt plötzlich klar, warum in alten Zeiten, wenn die Menschen Sphären dargestellt haben, sie nicht bloß Sterne sondern Bilder gemalt haben.*

Aber nun stellen Sie sich vor, sie schauen durch diese Bilder hindurch. Dann werden Sie gewahr: Von all diesen Bildern strahlen Kräfte herunter auf die Erde; nur daß diese Kräfte zusammenstrahlen. Wenn Sie von hier aus, von der Erde, auf einen strahlenden Stern schauen, dann haben Sie das Gefühl, die Strahlen gehen auseinander.

Wenn Sie das von außen anschauen, so haben Sie das Gefühl, die Strahlen, die Lichteffekte, die von den Bildern ausgehen – es sind nicht nur Licht-, sondern es sind auch Krafteffekte -, die gehen zusammen. Sie gehen bis zu der Erde hin, diese Krafteffekte. Und was tun sie da? Ja, sehen Sie, die bilden zum Beispiel die Form der Pflanzen. Und derjenige, der imaginativ schaut, der sagt: Die Lilie ist eine auf der Erde befindliche Pflanzenform, die von dieser Sterngruppe aus dieser Form, in dieser Gestalt geschaffen ist. Eine andere, eine Tulpenform ist von einer anderen Sterngruppe aus geschaffen.

Und so sehen Sie dasjenige, was auf der Erde als Pflanzendecke ist, gleichsam real hingemalt vom Sternenhimmel aus. Das ist so, daß tatsächlich die Form des Pflanzenkörpers von dem Kosmos aus bestimmt wird, geschaffen wird. Und Sie werden jetzt leicht begreifen: Wenn Sie da weiter hereinschauen, wenn Sie da draußen die Fixsterne sehen, dann sehen Sie näher zur Erde die Planeten Saturn, Jupiter, Mars und so weiter. Die bewegen sich. Die Fixsterne zeigen Ihnen ruhende Sternbilder, welche den Pflanzen die Form geben. Aber die sich bewegenden Planeten, die senden Bewegungskräfte herunter. Die sind es, welche die Pflanzen zunächst aus der Wurzel herausziehen, dann immer höher und höher wachsen lassen und so weiter. Geradeso wie die Form der Pflanzen aus dem Fixsternhimmel hereingebildet ist, so ist die Bewegung gebildet aus der Bewegung der der Erde näheren Himmelskörper. Nur was in der Pflanze selber vorgeht, dieser Stoffwechsel, daß zum Beispiel die Pflanze Kohlensäure einsaugt, assimiliert, wie man sagt, und die Kohle absondert, so das sie ihren Kohlenleib bildet, das ist von den Kräften der Erde selber. Wir können also sagen: Wenn wir die Pflanze in ihrer Ganzheit betrachten, ihre Form ist von dem Sternenhimmel, ihr Wachstum ist von der Planetenbewegung, und ihr Stoffwechsel ist von der Erde» (Steiner 1922 c).

Zu anderer Gelegenheit konkretisierte und differenzierte Rudolf Steiner die Beziehung der Pflanze zum gesamten Planetensystem: «Bedenken Sie nur, meine lieben Freunde, wie mannigfaltig die im Weltenall verankerten Kräfte dem Menschen eigentlich entgegenkommen. Wir sehen, sagen wir, eine Pflanze aus dem Boden der Erde herauswachsen. Wir verfolgen das Herauswachsen der Pflanze aus dem Erdboden in der Richtung: Stengel nach oben und Wurzelbildung nach unten. Wir haben damit zwei Tendenzen innerhalb der Pflanze gegeben. Das Streben nach oben, das Streben nach unten. Und wenn wir heute schon in der physischen Erforschung der Natur

wirklich so weit wären, daß wir die manchmal für weniger Wesentliches angewendeten Untersuchungsmethoden auf so etwas anwenden würden, wie das Stengelwachstum der Pflanze nach oben, das Wurzelwachstum der Pflanze nach unten, würden wir die Zusammenhänge finden im Weltenall, die wiederum, indem sie in Verhältnis treten zum Menschen, eigentlich erst diese Totalität: Mensch und Welt, Makrokosmos und Mikrokosmos begreiflich machen. Denn wir würden sehen, daß alles, was mit dem Stengelwachstum nach oben zusammenhängt, daß das in einer gewissen Beziehung steht zur Entfaltung der Sonnenkräfte während des Tages und sogar über das Jahr hinaus. Daß alles, was mit der Entfaltung der Wurzelkräfte zusammenhängt, in Beziehung steht zu der Mondenentwicklung, zu den Mondenkräften, so daß wir, wenn wir eine Pflanze in der richtigen Weise ansehen, schon in die Bildung der Pflanze hineinbekommen müssen die Beziehung zwischen Sonne und Mond. Wir müssen sozusagen heraus schauen aus dem Weltenall und seinen Kräften das einfachste, primitivste Bild der Pflanze. Derjenige, der schauen kann, wird die Wurzel nie anders sehen, als indem sie im Hinunterstreben nach der Erde in den Erdboden hinein zu gleicher Zeit sich rundet. Die sich in den Erdboden hinein rundende Wurzel, das ist das Bild, in dem man die Wurzel sehen muß: das in den Erdboden hinein sich rundende Bild.

Anders muß man den Stengel sehen, das Sich-nach-oben-Entfalten. Beim Stengel muß man, wenn man Gefühl und Empfindung mit der Anschauung verbindet, unbedingt das Gefühl haben: der Stengel strebt strahlend, der Stengel will seine Linienrichtung entfalten. Die Wurzel will die Rundung der Kreisrichtung entfalten, der Stengel will seine Linienrichtung entfalten. Das ist das ursprüngliche Bild des Pflanzenwesens. Und in der nach oben strebenden Linienrichtung müssen wir sehen die Anwesenheit der Sonnenkräfte auf der Erde. In dem nach dem Runden Strebenden der Wurzel müssen wir sehen die Anwesenheit der Mondenkräfte auf der Erde.

Nun sehen wir weiter. Wir sagen uns: Sonne ist überall da, wo die Pflanze strahlig in die Höhe strebt. Nun weitet sie sich wieder nach oben, sie setzt Weite ab, Peripherie. Da finden wir in dem, was da aus der nach oben strahlenden Strebung herauskommt, da finden wir wirksam, zunächst unmittelbar oben in der Blüte, dasjenige, wo mit den Sonnenkräften zusammenwirken die Kräfte der Venus, und indem sich die Blüten weiter nach unten entfalten, zu den Blättern werden, von außen hereinbildend, finden wir die Merkurkräfte. So daß also, wenn wir den Bau der Pflanze in sei-

dem Ansatz an die strahlige Sonnenrichtung verstehen wollen, wir verstehen müssen, daß zu Hilfe kommen den Kräften der Sonne die Kräfte der Venus, die Kräfte des Merkur. Das ist auf der einen Seite.

Auf der anderen Seite müssen wir uns klar sein darüber, daß diese Kräfte nicht in der Lage wären, allein das Pflanzliche zu bilden. Es würde gewissermaßen das Wesen der Pflanze nur nach dem Zusammenstreben hingehen. Um sich zu entfalten, wie wir es zum Beispiel im äußersten Extrem in der Baumentfaltung sehen, wirken entgegen diesen Kräften von Venus und Merkur überall die Kräfte von Mars, Saturn, Jupiter. So daß mit den beiden Grundpolaritäten Sonnen- und Mondenwirkungen zusammenstreben die übrigen planetarischen Wirkungen des Weltenalls.

Ich will mit dem zunächst nur sagen: Seht Ihr Euch, meine lieben Freunde, zunächst eine Pflanze an. Da habt ihr das ganze Planetensystem der Pflanze. Es liegt da auf der Erde, es ist da, und es erscheint nicht mehr so unsinnig, wenn ein halb oder drei Viertel Wissender, wie es der Paracelsus war, etwa den Ausspruch tut: Wer eine Pflanze ißt, der ißt das ganze Planetensystem mit, denn die Kräfte liegen da. - Paracelsus spricht das mit seiner groben Ausdrucksweise so aus und empfindet eben, daß man mit der Pflanze den ganzen Himmel ißt. Nun, so mannigfaltig gestaltet ist die Welt, daß man überall eigentlich in der unmittelbaren Umgebung die Kräfte des Makrokosmos im Wachstum, in der Anordnung, in allem drinnen hat» (Steiner 1924 g). Gegenüber den Ärzten beschreibt Rudolf Steiner die Beziehung zwischen den Metallen der Erde und den Gestirnen, «so daß wir zuordnen müssen, zum Beispiel das Blei vorzugsweise den durch anderes nicht gestörten Saturnwirkungen, das Zinn den durch anderes nicht gestörten Jupiterwirkungen, das Eisen den durch anderes nicht gestörten Marswirkungen, das Kupfer den durch anderes nicht gestörten Venuswirkungen, das Quecksilber, wie wir es heute in der Chemie so bezeichnen, den durch anderes nicht gestörten Merkurwirkungen – die Alten haben deshalb den Merkur und das Merkur gleich bezeichnet – und wir werden eine Verwandtschaft erkennen müssen zwischen allem Silbrigen – ich sage hier ausdrücklich Silbrigen – und demjenigen, was ungestörte Mondwirkungen sind» (Steiner 1920 a). Weiter stehen aber diese planetarisch bewirkten Metallprozesse in Beziehung zum Pflanzlichen. Alte alchemistische Schriften können nur so sinnvoll verstanden werden, wenn man weiß, daß mit einem „Bleiprozess“ der Samenbildungsprozess erklärt wird. «Damit aber wird in einer gewissen Weise dasjenige, was wir in der Metallwirkung zum Ausdruck gebracht

haben, zusammengeschlossen mit dem, was wir in der Pflanzenbildung sehen. Denn nehmen Sie dasjenige, was in den Agentien von Blei, Zinn und Eisen liegt, so haben Sie ungefähr alles dasjenige zusammen, was nun auch liegen muß in alledem, was zusammenhängt mit der Blüten- und Samenbildung der Pflanzen, insofern sie außer dem Irdischen über der Oberfläche der Erde geschehen, mit alledem, was kupferig, merkurial, silberhaft ist, muß zusammenhängen alles dasjenige, was mit der Wurzelbildung der Pflanze zusammenhängt» (Steiner 1920 a).

Am Beispiel der Erkenntnisse der Druidenpriester schildert Rudolf Steiner die Wichtigkeit der Mondenwirkungen auf die Pflanze, welche zu einem harmonischen Gleichgewicht die Sonnenwirkungen begrenzen müssen. Diesem Druidenpriester wurde *«zum Beispiel offenbar, was die Sonne tut an der Pflanze. Er sah, diese Pflanze gedeiht in dieser Jahrszeit, da ist die Sonnenwirkung in einer bestimmten Art. Er verfolgte die Sonne in ihrer Geistigkeit, wie sie hineinströmt, sich hineineergießt in Blüte, Blatt, Wurzel und so weiter. Er verfolgte, was Sonnenwirkung im Tiere war oder ist. Indem er auf dieser einen Seite die Sonnenwirksamkeit innerlich erkennen konnte, wurde ihm auch klar, wie sich in diese Sonnenwirkungen andere Wirkungen des Kosmos, zum Beispiel die Mondenwirkungen hineineergießen. Jetzt sagte er sich: Die Sonne tut dasjenige an der Pflanze, was das herausprossende, wachsende Leben ist, was immer weiter und weiter will. Und der Druidenpriester wusste, wenn eine Pflanze, die aus dem Boden dringt, nur der Sonne ausgesetzt wäre, sie ins unendliche wachsen würde. Die Sonne will sprossendes, sprießendes Leben. Daß das aufgehalten, gestaltet wird, daß Blätter, Blüte, Frucht, Keim eine neue Gestalt annehmen, daß das ins Unbegrenzte Strebende mannigfaltig begrenzt wird, das rührt von jenen Mondenwirkungen her, die nicht nur in dem vom Monde zurückgestrahlten Sonnenlichte liegen; denn der Mond strahlt alle Wirkungen zurück, und sie werden abgegeben in dem, was von der Wurzel in den Pflanzen aufwärts wächst, was in der Fortpflanzung des Tierreiches lebt und so weiter» (Steiner 1923 c).*

Planeten und Fixsterne dirigieren auch das Wirken der Elementarwesen, die Rudolf Steiner an vielen Stellen als der Entstehung des Pflanzenwesens zugrundeliegend beschreibt: *«Dann, wenn der Frühling kommt, atmet die Erde gewissermaßen dieses ihr elementarische Wesen aus; die Elementargeister steigen wie aus einer Gruft heraus, steigen herauf in die Atmosphäre. Während sie im Winter die innere Gesetzmäßigkeit der Erde aufgenommen haben, bekommen sie immer mehr und mehr, wenn es ge-*

gen den Frühling geht, und namentlich, wenn es dem Sommer zu geht, in ihrem Wesen und Weben jene Gesetzmäßigkeit, die ihnen von den Sternen des Kosmos und deren Bewegungen aufgedrängt wird. Und wenn die Hochsommerzeit da ist, da webt und lebt es draußen im Umkreise der Erde unter den Elementarwesen, die still und ruhig während des Winters unter der Schneedecke waren, da wallt und wirbelt es unter diesen Elementarwesen in denjenigen Bewegungen, in denjenigen gegenseitigen Beziehungen, die bestimmt sind durch die Bewegungen der Planetenbewegungen, durch die Gesetze der Gestaltung der Fixsterne und so weiter... Dann ist man aber auch, wenn der Frühling durch die Welt geht, wenn der Sommer herankommt, mit seinem Herzen mit seiner Seele dabei, wie das sprießende, sprossende Leben sich entfaltet, wie die Elementargeister draußen schwirren und fliegen in den Linien, die ihnen aufgedrängt werden durch den Gang der Planeten» (Steiner 1923 d).

Mit Blick auf die landwirtschaftliche Erzeugung von Produkten unterscheidet Rudolf Steiner an der Pflanze den Bereich der Reproduktionskraft und den der Nahrhaftigkeit. Auch hier stammen die entsprechenden geistigen Impulse aus der Planetensphäre und werden über die Substanzen von Kiesel und Kalk ins Irdische vermittelt; und zwar dergestalt, *«daß alles dasjenige, was mit der inneren Reproduktionskraft, mit dem Wachstum zusammenhängt, was dazu beiträgt, daß Pflanzengeneration auf Pflanzengeneration folgt, in dem wirkt, was von Mond, Venus, Merkur auf dem Umwege des Kalkigen vom Kosmos auf die Erde hereinwirkt. Schauen wir einfach das an, was bei solchen Pflanzen zutage tritt, die wir nicht essen, die sich einfach immer erneuern, so sehen wir so hin, als ob uns nur interessieren würde das kosmische Hereinwirken durch die Kräfte von Venus, Merkur, Mond; sie sind beteiligt an dem, was auf der Erde im Pflanzenwesen sich reproduziert.*

Aber wenn Pflanzen im eminentesten Sinne Nahrungsmittel werden, wenn sie sich so entwickeln, daß sich in ihnen die Substanzen zum Nahrungsmittel ausgestalten für Tier und Mensch, dann sind daran beteiligt Mars, Jupiter, Saturn auf dem Umwege des Kieseligen. Das Kieselige schließt auf das Pflanzenwesen in die Weltenweiten hinaus und erweckt die Sinne des Pflanzenwesens so, daß aufgenommen wird aus allem Umkreise des Weltenalls dasjenige, was diese erdenfernen Planeten ausgestalten; daran sind beteiligt Mars, Jupiter, Saturn. Aus dem Umkreise von Mond, Venus, Merkur hingegen wird dasjenige aufgenommen, was die Pflanze zur Fortpflanzung fähig macht» (Steiner 1924 h). Aber auch Farbe, Duft und Geschmack sind Plane-

tenwirkungen: *«Denn schauen Sie sich die grünen Pflanzenblätter an. Die grünen Pflanzenblätter tragen in ihrer Form, in ihrer Dicke, in ihrer grünen Farbe Irdisches. Sie würden aber nicht grün sein, wenn nicht in ihnen auch die kosmische Kraft der Sonne lebte. Kommen Sie zur gefärbten Blüte, dann lebt nicht nur die kosmische Kraft der Sonne, sondern jene Unterstützung, die die kosmischen Kräfte der Sonne durch die fernen Planeten Mars, Jupiter, Saturn erhalten. Nur wenn man in dieser Beziehung das Pflanzenwachstum sieht, dann schaut man sich die Rose an, und in ihrer roten Farbe schaut man die Marskraft. Man schaut sich die gelbe Sonnenblume an: sie wird nicht ganz mit Recht Sonnenblume genannt, sie wird nur wegen ihrer Form so genannt, wegen ihrer Gelbheit müßte sie eigentlich genannt werden Jupiterblume, denn die Kraft des Jupiter, die die kosmische Sonnenkraft unterstützt, bringt in den Blüten die weiße und die gelbe Farbe hervor. Treten wir an eine Wegwarte, die Zichorie mit ihrer bläulichen Farbe heran, so müssen wir in dieser bläulichen Farbe die Saturnwirkungen ahnen, die die Sonnenwirkungen unterstützt. Wir haben also die Möglichkeit, durchaus in der roten Blüte den Mars zu sehen. Wir haben die Möglichkeit, in der weißen, in der gelben Blüte den Jupiter zu sehen, und wir sehen in der blauen Blüte den Saturn, und in dem grünen Blatt sehen wir die eigentliche Sonne»* (Steiner 1924 i).

Der Landwirt sollte aus einem Verstehen dieser geistigen Zusammenhänge seine Maßnahmen so abstimmen, dass den Planetenwirkungen der Weg in die Pflanzenbildung nicht versperrt wird, sondern dass diese eine intensive Duft- und Geschmacksbildung hervorrufen. Die Frage ist also mit Blick auf die Praxis: *«Wie kann man den Erdboden durch seine besondere Beschaffenheit geneigt machen, das Kosmische, ich möchte sagen, dichter zu machen und es dadurch mehr an der Wurzel und dem Blatte zu erhalten? Wie kann man es dünner machen, so daß es in seiner Düntheit hinaufgesogen wird bis in die Blüten und diese färbt, oder bis in die Fruchtbildung, und diese mit einem feinen Geschmack durchzieht? Denn wenn Sie Aprikosen oder Pflaumen mit einem feinen Geschmack haben, so ist dieser feine Geschmack, ebenso wie die Farbe der Blüten, das bis in die Frucht heraufgekommene Kosmische. Im Apfel essen Sie tatsächlich den Jupiter, in der Pflaume essen Sie tatsächlich den Saturn»* (Steiner 1924 i).

3.6 Elementarwesen als Grundlage des Pflanzenwachstums

Die Techniken der sogenannten modernen Pflanzenzüchtung (Kastration und gezielte Bestäubung bei Kreuzungen, Sterilisierung der Pflanzen auf chemischem oder genetischem Wege (CMS), Selbstung und Antherenkultur zur Herstellung von reinerbigen Linien (Inzucht und Dihaplonten)) greifen massiv in den Bereich des Bestäubungs geschens der Pflanze ein. Wenn man Rudolf Steiners Schilderungen der Entstehung der Pflanze durch die Tätigkeit der Elementarwesen berücksichtigt, drängen sich einem schwerwiegende Konsequenzen für die Pflanzen – auch mit Blick auf die innere Qualität – auf. Der materialistische Naturwissenschaftler lehnt solche geistigen Perspektiven natürlich als Inbegriff der Unwissenschaftlichkeit ab. *«Aber in demselben Maße, in dem den Wesen, welche die Pflanze umschwirren und umweben, keine Realität zugeschrieben wird, verliert man das Verständnis für die Pflanzenwelt; dieses Verständnis für die Pflanzenwelt, das zum Beispiel so notwendig wäre für die Heilkunst, ist ja eigentlich der heutigen Menschheit ganz verlorengegangen»* (Steiner 1923 f). Aus diesem Grund soll hier ausführlicher auf Rudolf Steiners Darstellungen zu diesem Thema eingegangen werden.

Rudolf Steiner unterscheidet vier Kategorien von Elementarwesen, die er auch Elementargeister oder Naturelementargeister nennt: die Geister im Irdischen (Wurzelgeister), die Wassergeister, die Wesen des luftartig-wärmehaften Elements sowie die Bewohner des Wärmeartig-Lichtartigen. Eine „ältere instinktive Hellseherkunst“ bezeichnete diese Wesen als Gnomen, Undinen, Sylphen und Salamander.

3.6.1 Keine Pflanzenwurzel ohne Gnomenwirkung

Die *«Wurzelgeister, die überall im Erdreich vorhanden sind, die sich ganz besonders wohl fühlen innerhalb der mehr oder weniger durchsichtigen oder auch metallisch durchsetzten Gesteine und Erze, die sich aber am wohlsten fühlen, weil da ihr eigentlicher Platz ist, wenn es sich darum handelt, das Mineralische der Pflanzenwurzel zu vermitteln, diese Wurzelgeister sind ganz erfüllt von einem innerlich Geisthaften, das wir nur vergleichen können mit dem, was wir erfassen können im innerlichen Geisthaften des menschlichen Auges, des menschlichen Ohres. Denn diese Wurzelgeister sind in ihrer Geisthaftigkeit ganz Sinn, und ein Sinn, der zugleich Verstand ist, der nicht nur sieht und nicht nur hört, der sogleich im Sehen und im Hören das Gesehene und Gehörte versteht, der überall nicht bloß Eindrücke empfängt, sondern überall*

Ideen empfängt. – Ja, wir können auch hinweisen auf die Art und Weise, wie diese Wurzelgeister ihre Ideen empfangen. Sehen Sie, da sproßt aus der Erde die Pflanze heraus. Die Pflanze kommt, wie ich gleich nachher zeigen werde, in Verbindung mit dem außerirdischen Weltenall, und zu gewissen Jahreszeiten besonders strömen gewissermaßen Geistströme von oben, von der Blüte, von der Frucht der Pflanze bis hinunter zur Wurzel, strömen in die Erde hinein. Und wie wir das Auge dem Lichte entgegenstrecken und sehen, so wenden die Wurzelgeister ihre Wahrnehmungsfähigkeit dem entgegen, was durch die Pflanzen von oben herunter in die Erde hineinträufelt. Was ihnen da entgegenträufelt, das ist das, was das Licht in die Blüten hineingeschickt hat, was die Luft im Blatte angerichtet hat, ja, was ferne Sterne in der Gestaltung der Pflanzen bewirkt haben. Die Pflanze sammelt die Geheimnisse des Weltenalls, senkt sie in den Boden, und die Gnomen nehmen diese Geheimnisse des Weltenalls aus dem, was ihnen durch die Pflanze geistig zuträufelt, in sich auf. Und indem sie, namentlich vom Herbst an durch den Winter hindurch, auf ihren Wanderungen durch Erz und Gestein tragen, was ihnen durch die Pflanzen zugeträufelt ist, werden sie dadurch zu denjenigen Wesen innerhalb der Erde, die die Ideen des ganzen Weltenalls durch die Erde hindurchströmend wandernd tragen. Wir sehen hinaus in die weite Welt. Die Welt ist aus dem Weltengeiste gebaut, eine Verkörperung der Weltenideen, des Weltengeistes. Die Gnomen nehmen durch die Pflanzen, die ihnen dasselbe sind, was uns die Lichtstrahlen sind, die Ideen des Weltenalls auf und tragen sie im Inneren der Erde in voller Bewußtheit von Erz zu Erz, von Stein zu Stein» (Steiner 1923 f).

Die Gnomen haben «die Kraft, die Pflanzen aus der Erde herauszutreiben. Sie stoßen fortwährend mit ihrer Grundkraft vom Irdischen ab, und mit diesem Abstoßen ist die Richtung des Wachstums der Pflanzen nach oben gegeben; sie reißen die Pflanzen mit. Es ist die Antipathie der Gnomen gegenüber dem Irdischen, was die Pflanzen nur mit ihrer Wurzel im Erdreiche sein lässt, aber dann herauswachsen lässt aus dem Erdreiche, so daß eigentlich die Gnomen die Pflanzen aus ihrer ureigenen Gestalt der Erde entreißen und nach oben wachsen machen» (Steiner 1923 f). Die Pflanzenwurzel ist gar nicht denkbar ohne diese Wurzelgeister, «denn keine Wurzel könnte entstehen, wenn nicht zwischen der Wurzel und dem Erdreich vermittelt würde durch diese merkwürdigen Wurzelgeister, die das Mineralische der Erde in Strömung brin-

gen, um es an die Wurzeln der Pflanze heranzubringen. Natürlich meine ich den geistig zugrundeliegenden Vorgang» (Steiner 1923 f).

3.6.2 Stetes Binden und Lösen im Undinentraum

In dem Moment, in dem die Pflanze den Erdboden durchbricht, und ihre Blätter entwickelt, kommt sie aus dem Bereich des Feucht-Irdischen in denjenigen des Feucht-Luftigen (siehe Abbildung 11). Und *«in alldem, was nun im Blatte tätig ist, wirken wiederum andere Wesenheiten, Wassergeister, Elementargeister des wässrigen Elementes, welche eine ältere instinktive Hellseherkunst zum Beispiel Undinen genannt hat. Geradeso wie wir die Wurzeln umschwirrt und umwebt von den Gnomenwesen finden, so in der Nähe des Bodens, wohlgefällig das Aufwärtstreben, das die Gnomen gegeben haben, beobachtend, sehen wir diese Wasserwesen, diese Elementarwesen des Wassers, diese Undinenwesen. ... Sie leben im ätherischen Elemente des Wassers, durchschwimmen und durchschweben es. ... Sie träumen ihr eigenes Dasein. Und im Träumen ihres eigenen Daseins binden sie und lösen sie, binden sie und trennen sie die Stoffe der Luft, die sie auf geheimnisvolle Art in die Blätter hineinbringen und herantragen an dasjenige, was die Gnomen nach aufwärts gestoßen haben. Die Gnomen stoßen das Pflanzenwesen nach aufwärts. Es würde hier verdorren, wenn nicht die Undinenwesen von allen Seiten gewissermaßen herankämen und nun in dieser traumhaften Bewußtheit, in der sie die Pflanzen umschwirren, sich erwiesen, man kann nicht anders sagen, als der Weltenchemiker. Die Undinen träumen das Verbinden und Lösen der Stoffe. Und dieser Traum, in dem die Pflanzen leben, in den die Pflanze hineinwächst, wenn sie nach aufwärts den Boden verlässt, dieser Undinentraum ist der Weltenchemiker, der die geheimnisvolle Verbindung und Lösung der Stoffe, vom Blatte ausgehend, in der Pflanze bewirkt. So daß wir sagen können, die Undinen sind die Chemiker des Pflanzenlebens. Sie träumen von Chemie»* (Steiner 1923 f).

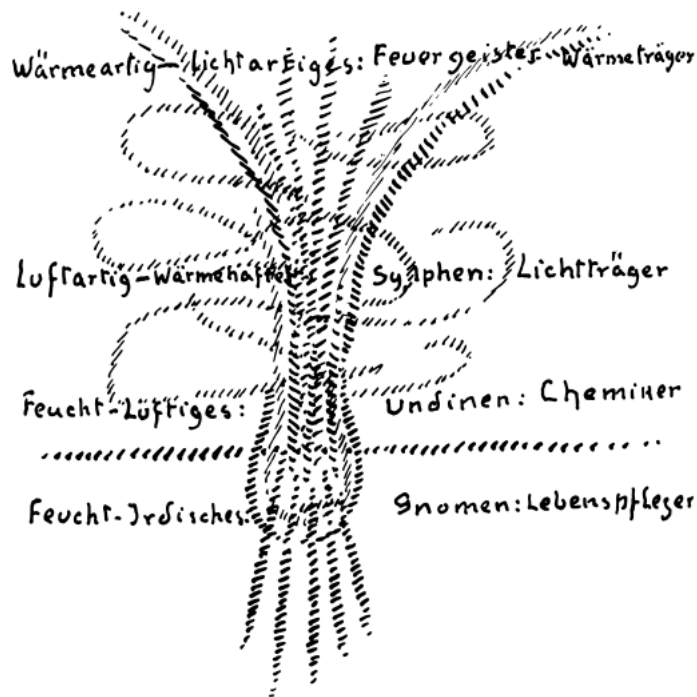


Abb. 11:

Schematische Darstellung der Wirkensbereiche der Elementarwesen am Beispiel des Pflanzenlebens (verändert aus Steiner 1923 f)

3.6.3 Die Sylphen tragen das Licht in Liebe an die Pflanzen heran

Durch die aufbauende Tätigkeit der Undinen wächst die Pflanze in das Gebiet der Sylphen hinein: «Diese Sylphen, die im luftartig-warmen Elemente leben, dringen aber, weil die Luft überall durchsetzt ist vom Lichte, zum Lichte vor, werden lichtverwandt, und sind namentlich empfänglich für dasjenige, was die feineren, aber größeren Bewegungen innerhalb des Luftkreises sind» (Steiner 1923 f). In diesem Luftkreis erregt der Vogel in der Sylphe eine Ich-Empfindung: «In dem, was der Vogel, durch die Luft fliegend, in ihr erregt, findet die Sylphe ihr Ich. Und damit, daß das so ist, daß sie am Äußeren ihr Ich entzündet, wird die Sylphe zur Trägerin der kosmischen Liebe durch den Luftraum» (Steiner 1923 f). Die Sylphe «hat die Aufgabe, in Liebe das Licht an die Pflanzen heranzutragen. Geradeso wie die Undine Chemiker ist, ist dadurch die Sylphe für die Pflanze der Lichtträger. Sie durchsetzt die Pflanze mit Licht; sie trägt in die Pflanze das Licht hinein.

Dadurch, daß die Sylphe in die Pflanze das Licht hineinträgt, wird etwas ganz Eigentümliches in der Pflanze geschaffen. Sehen Sie, die Sylphe trägt fortwährend das Licht in die Pflanze hinein. Das Licht, das heißt die Sylphenkraft in der Pflanze, wirkt auf die chemischen Kräfte, welche die Undine in die Pflanze hineinversetzt. Da geschieht das Zusammenwirken von Sylphenlicht und Undinenchemie. Das ist eine

merkwürdige plastische Tätigkeit. Aus dem Lichte heraus weben die Sylphen mithilfe der Stoffe, die da hinaufströmen und von den Undinen bearbeitet werden, da drinnen eine ideale Pflanzengestalt. Die Sylphen weben eigentlich die Urpflanze in der Pflanze aus dem Lichte und aus dem chemischen Arbeiten der Undinen. Und wenn die Pflanze gegen den Herbst hin abwelkt und alles, was physische Materie ist, zerstört, dann kommen diese Formen der Pflanzen eben zum Herunterträufeln, und die Gnomen nehmen sie jetzt wahr, nehmen wahr, was die Welt, die Sonne durch die Sylphen, die Luft durch die Undinen, an der Pflanze bewirkt hat. Das nehmen die Gnomen wahr. So daß die Gnomen unten den ganzen Winter hindurch beschäftigt sind, wahrzunehmen, was von den Pflanzen hinunterträufelt in den Erdboden. Da fassen sie die Ideen der Welt in den Pflanzenformen, die mit Hilfe der Sylphen plastisch ausgebildet sind, und die in ihrer Geist-Ideengestalt in den Erdboden hineingehen» (Steiner 1923 f).

Die Tätigkeit der Sylphen wird hier von Rudolf Steiner viel mehr als diejenige der Gnomen und Undinen als eine geistige beschrieben. Während die Wurzel- und Wasserteile mehr an der sinnlichen Entstehung der Pflanze beteiligt sind (Hervortreiben aus dem Boden, Entwicklung der Blätter, Stoffwechselvorgänge), arbeiten die Sylphen an einer „idealen Pflanzengestalt“, „weben eigentlich die Urpflanze in der Pflanze“. In einem anderen Vortrag beschreibt Rudolf Steiner diese Tätigkeit der Elementarwesen als die kosmischen Wirkungen der Planeten und Sterne abbildend, denn *«die Elementarwesen draußen schwirren und fliegen in den Linien, die ihnen aufgedrängt werden durch den Gang der Planeten»* (Steiner 1923 d). Zur Zeit des Hochsommers *«webt und lebt es draußen im Umkreise der Erde unter den Elementarwesen, die still und ruhig während des Winters unter der Schneedecke waren, da wallt und wirbelt es unter diesen Elementarwesen in denjenigen Bewegungen, in denjenigen gegenseitigen Beziehungen, die bestimmt sind durch die Gesetze der Planetenbewegungen, durch die Gesetze der Gestaltung der Fixsterne und so weiter»* (Steiner 1923 d). Es handelt sich also bei der Form, welche die Elementarwesen in die Pflanze hineinarbeiten und konzentrieren, im eminentesten Sinne um das Ergebnis kosmischer Gestaltungskräfte.

3.6.4 Salamander vermitteln den Pflanzen (kosmische) Wärme

Diese „Geist-Ideengestalt“ ist von zentraler Bedeutung für die Bildung einer neuen Pflanze in der nächsten Generation, und an dieser Stelle kommt auch die Tätigkeit der letzten Gruppe von Elementarwesen, der Feuergeister, ins Spiel. Denn dass eine *«materielle Pflanzenbetrachtung»* diese Bildung einer neuen Pflanze sich bei deren Befruchtung im Samen (vgl. Abbildung 12) vollziehen sieht, wird von Rudolf Steiner als *«nichts anderes ... als ein grandioser Irrtum, ein **furchtbarer Irrtum**»* bezeichnet (Steiner 1923 f, Hervorhebung M. Fleck).

«Sie werden von der materialistischen Wissenschaft überall beschrieben finden: da wurzelt die Pflanze im Boden, darüber entfaltet sie ihre Blätter, zuletzt ihre Blüte, in der Blüte die Staubgefäße, dann den Fruchtknoten, und dann wird in der Regel von einer anderen Pflanze der Staub von den Antheren, von den Staubgefäßen, herange-tragen, und der Fruchtknoten wird befruchtet, und dadurch entsteht der Same der neuen Pflanze. So wird das überall beschrieben. Es wird gewissermaßen der Frucht-knoten als das weibliche und das, was von den Staubgefäßen kommt, als das Männli-che angesehen, kann auch nicht anders angesehen werden, solange man im Materialistischen stecken bleibt, denn da sieht dieser Prozeß wirklich aus wie eine Be-fruchtung. Aber so ist es nicht, sondern wir müssen, um überhaupt die Befruchtung, also die Fortpflanzung des Pflanzlichen einzusehen, uns bewußt sein, daß zunächst aus dem, was die großen Chemiker, die Undinen in den Pflanzen bewirken, was die Sylphen bewirken, die Pflanzenform entsteht, die ideale Pflanzenform, welche in den Boden sinkt und von den Gnomen bewahrt wird. Da unten ist sie, diese Pflanzen-form. Da drinnen ist sie in der Erde gehütet nun von den Gnomen, nachdem sie sie gesehen haben, geschaut haben. Die Erde wird zum Mutterschoß desjenigen, was da herunterträufelt. Und hier ist etwas ganz anderes, als was die materialistische Wis-senschaft beschreibt.

Hier oben [im Blütenbereich, Anmerkung M. Fleck] kommt die Pflanze, nachdem sie durch den Sylphenbereich gegangen ist, in die Sphäre der Elementar-Feuergeister. Und die Feuergeister, sie sind die Bewohner des Wärmeartig-Luftartigen; sie sam-meln, wenn die Erdenwärme am höchsten gestiegen oder eben geneigt geworden ist, nun die Wärme auf. Ebenso wie die Sylphen das Licht aufgesammelt haben, so sammeln die Feuergeister die Wärme auf und tragen sie in die Blüten der Pflanzen hinein.

Undinen tragen die Wirkungen des chemischen Äthers in die Pflanzen hinein, Sylphen tragen die Wirkungen des Lichtäthers in die Pflanzen hinein, die Feuergeister tragen die Wirkungen des Wärmeäthers in die Blüten der Pflanzen hinein. Und der Blütenstaub, der ist dasjenige, was nun gewissermaßen das kleine Luftschiffchen abgibt für die Feuergeister, um hineinzutragen die Wärme in den Samen. Die Wärme wird überall gesammelt mit Hilfe der Staubfäden und von den Staubfäden aus übertragen auf den Samen und in dem Fruchtknoten. Und dieses, was hier im Fruchtknoten gebildet wird, das ist im Ganzen das Männliche, das aus dem Kosmos kommt. Nicht der Fruchtknoten ist das Weibliche und die Antheren des Staubfadens wären das Männliche! Da geschieht überhaupt in der Blüte keine Befruchtung, sondern da wird nur der männliche Same vorgebildet. Was als Befruchtung wirkt, das ist nun dasjenige, was von den Feuergeistern in der Blüte als der der Wärme des Weltenalls entnommene weltenmännliche Same ist, der zusammengebracht wird mit dem Weiblichen, das aus der Formung der Pflanze, wie ich Ihnen gesagt habe, schon früher als Ideelles heruntergeträufelt ist in den Erdboden, da drinnen ruht. Für die Pflanzen ist die Erde Mutter, der Himmel Vater. Und alles das, was außerhalb des Irdischen geschieht, ist für die Pflanze nicht Mutterschoß. Es ist ein kolossaler Irrtum, zu glauben, daß das mütterliche Prinzip der Pflanze im Fruchtknoten ist. Das ist gerade das mit Hilfe der Feuergeister aus dem Universum herausgeholte Männliche. Das Mütterliche wird aus dem Kambium der Pflanze, welches sich sowohl gegen die Rinde wie gegen das Holz hin verbreitet, hinuntergetragen als Ideengestalt in der Pflanze. Und dasjenige, was nun entsteht aus dem Zusammenwirken von Gnomenwirkung und Feuergeisterwirkung, das ist Befruchtung. Im Grunde genommen sind die Gnomen die geistigen Hebammen der Pflanzen-Fortpflanzung. Und die Befruchtung findet statt während des Winters drunten in der Erde, wenn der Samen in die Erde hineinkommt und auftritt auf die Gestalten, die die Gnomen empfangen haben von den Sylphen- und Undinenwirkungen und hintragen, wo diese Gestalten auftreffen können auf den befruchtenden Samen. ... Und die Befruchtung geschieht dadurch, daß die Gnomen von den Feuergeistern dasjenige nehmen, was die Feuergeister in den Fruchtknoten hineingetragen haben auf den kleinen Luftschiffchen des Antherenstaubes als konzentrierte kosmische Wärme. So sind die Feuergeister Wärmeträger» (Steiner 1923 f).

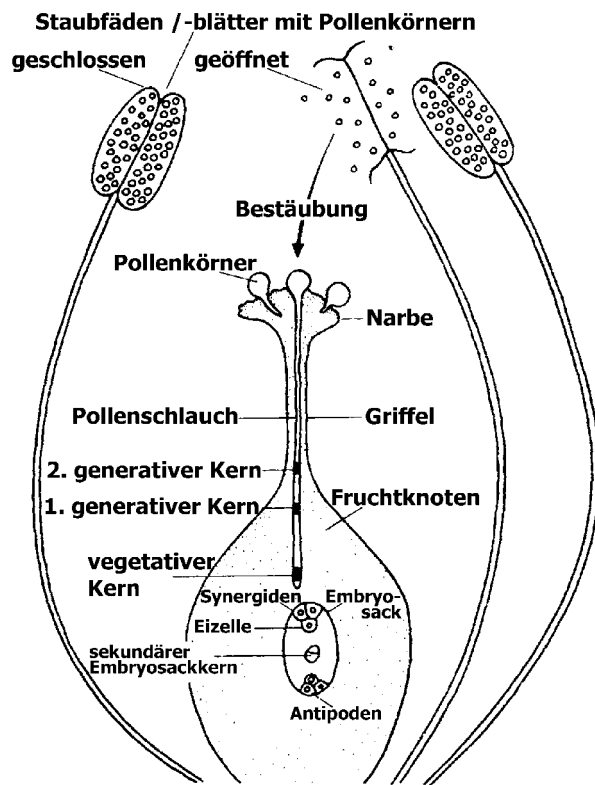


Abb. 12:

Schematischer und stark vereinfachter Aufbau einer (gewöhnlichen) Zwitterblüte mit eingeleitetem Befruchtungsvorgang: Die reifen Pollenkörner gelangen aus den geplatzten Staubgefäßen auf die Narbe, wo sie auskeimen und einen Pollenschlauch bilden, mit dem je zwei generative Kerne durch den Griffel in Richtung Samenanlage wachsen. Der erste generative Kern befruchtet den Eizellkern, der zweite den sekundären Embryosackkern, aus dem das Endosperm (beim Getreide der Mehlkörper) hervorgeht. Der befruchtete Eizellkern (Zygote) entwickelt sich zum Keimling (Embryo), der nach der Samenkeimung zur jungen Pflanze wird (verändert aus Schmalz (1969)).

3.7 Notwendige Voraussetzung zur Pflanzenneubildung: das Samenchaos

Der Botaniker könnte sagen, die Anwendung von In-Vitro-Methoden bzw. die Reeneration von ganzen Pflanzen aus einzelnen Zellen (Protoplastenfusion, Antherenkultur etc., siehe z.B. S. 97 ff) unterscheide sich nicht von den Vorgängen in der Natur, denn jede Pflanze wird vor dem Bestäubungs- und Befruchtungsgeschehen auf das Zellniveau von Pollen und Eizelle (vgl. Abbildung 12) reduziert. Diese Betrachtung lässt allerdings zwei Aspekte außer Betracht. Zum einen ist die Eizelle der Pflanze in den gesamten mütterlichen Organismus eingebettet, und dieser bildet erst die fruchtbare Grundlage für das Bestäubungsgeschehen. Zum anderen übersieht eine rein naturwissenschaftliche Anschauung, dass bei jedem pflanzlichen Befruchtungsvorgang eine vollständige geistige Neuprägung der Pflanze aus dem Kosmos erfolgt. Diese könnte für die Ernährungsqualität der Pflanze von großer Bedeutsamkeit sein und sollte daher nicht einfach bei den hier beschriebenen vegetativen Vermehrungstechniken ausgeschaltet werden. Ausführlich geht Rudolf Steiner nicht nur im „Landwirtschaftlichen Kurs“ (Steiner 1924 h-m) auf diese Vorgänge ein. Auch in den Vorträgen zur Begründung der Weihnachtstagung (Steiner 1923/24 a) werden diese ausführlich geschildert, was deren grundsätzliche Bedeutung für ein anthroposophisches Verständnis der Pflanzenbildung unterstreicht. Während die Pflanzen bei den In-Vitro-Methoden tatsächlich aus winzigsten

In-Vitro-Methoden tatsächlich aus winzigsten Gewebestückchen oder nur einer einzelnen Zelle im Sinne einer Fortsetzung der alten Pflanze vegetativ vermehrt wird, handelt es sich bei dem durch Befruchtung induzierten natürlichen Generationswechsel eben nicht darum, *«daß sich dasjenige, was sich als Samen gebildet hat, aus der Mutterpflanze oder dem Muttertier nur fortsetzt in demjenigen, was als Kinderpflanze oder Kindertier entsteht. Das ist eben gar nicht wahr. Wahr ist vielmehr, daß, wenn nun dieses Komplizierte des Aufbaues aufs höchste getrieben ist, so zerfällt dies, und man hat zuletzt in demjenigen, was erst im Bereiche des Irdischen zu größter Kompliziertheit getrieben worden ist, ein kleines Chaos. Es zerfällt, man könnte sagen, in den Weltenstaub, und wenn dasjenige, was da in den Weltenstaub zerfällt, wenn der Same bis zur höchsten Kompliziertheit gebracht, in den Weltenstaub zerfallen ist und das kleine Chaos da ist, dann beginnt das ganze umliegende Weltenall auf den Samen zu wirken und drückt sich in ihm ab und baut aus dem kleinen Chaos das auf, was von allen Seiten durch die Wirkungen aus dem Weltenall in ihm aufgebaut werden kann. Und wir bekommen in dem Samen ein Abbild des Weltenalls. Jedesmal wird der irdische Organisationsprozeß in der Samenbildung zu Ende geführt bis zum Chaos. Jedesmal baut sich in dem Samenchaos aus dem ganzen Weltenall heraus der neue Organismus auf. Der alte Organismus hat nur die Tendenz, den Samen in diejenige Weltenlage hineinzubringen, durch seine Affinität zu dieser Weltenlage, daß aus den richtigen Richtungen her die Kräfte wirken, und daß aus einem Löwenzahn nicht eine Berberitze, sondern wieder ein Löwenzahn wird.*

*Aber was in der einzelnen Pflanze abgebildet wird, ist immer das Abbild irgendeiner kosmischen Konstellation, wird aus dem Kosmos heraus aufgebaut. Wenn wir überhaupt den Kosmos zur Wirkung bringen wollen in seinen Kräften innerhalb unseres Irdischen, dann ist dazu notwendig, daß wir das Irdische möglichst stark ins Chaos hineintreiben. Überall, wo wir den Kosmos zur Wirkung bringen, müssen wir das Irdische möglichst stark ins Chaos hineintreiben» (Steiner 1924 i). Die gängigen molekularen Vorstellungen des Befruchtungsgeschehens sind jedoch *«vor dem geistigen Blicke der reine Unsinn. In Wirklichkeit ist es so, daß das Eiweiß des Muttertieres nicht kompliziert zusammengesetzt ist, sondern völlig korrumpiert wird und chaotisch wird. Das Eiweiß, das der Körper in sich sonst enthält, das ist noch einigermaßen geordnet, aber ein Eiweiß, das der Fortpflanzung zugrunde liegt, das ist gerade dadurch ausgezeichnet, daß es innerlich völlig chaotisch durcheinandergerüttelt ist, daß die**

Materie vollständig zurückgeführt wird ins Chaos, gar keine Struktur mehr hat, sondern eben ein Haufen von Substanz ist, die dadurch, daß sie ganz in sich zerschliessen, zerfetzt, zerstört ist, nicht mehr der Erde unterworfen ist. Solange das Eiweiß noch irgendwie innerlich zusammenhält, so lange ist es den zentralen Kräften der Erde unterworfen. In dem Augenblick, wo das Eiweiß innerlich zerklüftet wird, kommt es unter den Einfluß der ganzen Weltensphäre. Die Kräfte wirken von überallher herein, und es entsteht das kleine Eiweißklümpchen, das der Fortpflanzung zugrunde liegt, als ein Abbild des ganzen zunächst uns überschaubaren Weltenalls. Jedes einzelne Eiweißklümpchen ist ein Abbild des ganzen Weltenalls, weil die Eiweißsubstanz zerklüftet, zerstört, ins Chaos übergeführt wird und dadurch gerade als Weltenstaub geeignet gemacht wird, dem ganzen Kosmos unterworfen zu werden. Davon weiß man heute nichts mehr.

Heute glaubt man: Nun ja, das alte Huhn, das hat eben das komplizierte Eiweiß. Es wird in das Ei hineingebracht. Dann entsteht das neue Huhn, das ist das fortgesetzte, weiterentwickelte Eiweiß. Dann wird wiederum Keimsubstanz, und so geht das weiter von Huhn zu Huhn. – Aber so ist es eben nicht. Jedesmal, wenn der Übergang von einer Generation zu der nächsten ist, wird das Eiweiß ausgesetzt dem ganzen Kosmos» (Steiner 1923/24 a).

Diese Darstellungen Rudolf Steiners scheinen unseren modernen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen sowohl der molekularen Grundlagen der Substanzen als auch der Vererbung (Genetik) völlig zu widersprechen. Wo soll in der komplizierten und wohlgeordneten Struktur der Doppelhelix der DNA sowie den präzisen Vorgängen deren Reduplikation erkennbar sein, dass dieses *«kleine Eiweißklümpchen, das der Fortpflanzung zugrunde liegt, ... innerlich völlig chaotisch durcheinandergerüttelt ist, daß die Materie vollständig zurückgeführt wird ins Chaos, gar keine Struktur mehr hat, ... sondern eben ein Haufen von Substanz ist, die ganz in sich zerschliessen, zerfetzt, zerstört ist»* (Steiner 1923/24 a)? Während sich unsere Vorstellung von der inneren Struktur anorganischer und organischer Substanzen (wie der des Eiweißes) völlig an den materialistischen Erkenntnissen der Naturwissenschaft orientieren, entwirft Rudolf Steiner hier eine Sicht der Dinge, wie sie sich *«vor dem geistigen Blicke»* ergibt (Steiner 1923/24 a). *«Solange im Eiweiß chemisch irgendwie konstatierbar sind Schwefel, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, solange ist das Eiweiß eben den physischen Erdenkräften unterworfen»* (Steiner 1923/24 a), offenbart nur

die rein physisch-irdische Seite der lebendigen Erscheinungen. Unser *«Zeitalter sieht die chemischen, die physische Welt, sieht, wie sich die verschiedenen Elemente, die man in der Chemie aufzählt, analysieren, synthetisieren, findet, indem es in das Lebendige heraufsteigt – aber das Lebendige in solcher Weise bearbeitet, daß diese Bearbeitung eine synthetische oder analytische ist –, einen Tatbestand wie den der Natur im menschlichen Leichnam im Grabe. Es findet die Wissenschaft, wenn sie eine solche Prozedur vornimmt, wie sie die Natur anwendet, wenn der Mensch im Grabe verfault, auch im Lebendigen: Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und noch anderes. Und sie findet dieses Lebendige in der Form, die wir das Eiweiß nennen. Nun denkt man nach, wie da im Eiweiß Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff wesentlich synthetisiert sein können. Und man hofft darauf, daß man einmal finden wird, wie diese Elemente C, N, H, O eine Struktur bilden durch ihr Zusammensein in dem Eiweiß»* (Steiner 1921). Der Wissenschaftler wendet also auf die Enträtselung des Strukturgeheimnisses der lebendigen Substanzen Verfahren an, die auch dann auftreten, *«wenn der Mensch im Grabe verfault»* (Steiner 1921), die damit rein mineralisch-irdischer Natur sind. Diese können allerdings den lebendigen Substanzen wie z.B. dem Eiweiß ihre Struktur niemals geben sondern nur nehmen. Sollen aber aus den mineralischen Elementen der Erde die Substanzen des Lebendigen gebildet werden, so müssen sie auf diesem Wege der Gestaltung aus dem Einflussbereich der irdischen strukturgebenden Kräfte herausgelöst werden. Letztere müssen, wie Rudolf Steiner es nennt, *«ganz in sich zerschlissen, zerfetzt, zerstört»* (Steiner 1923/24 a) werden, um damit offen zu sein für völlig andere Bilde- und Gestaltungsprinzipien als diejenigen der irdisch-mineralischen Substanzen.

Die Pflanze hat sich in diesem Moment von allen Wirkungen und Einflüssen der irdischen Kräfte befreit. Die neue Prägung, die sich in ihr vollzieht, ist ein völlig neuer, frischer Einschlag aus dem Kosmos: man hat in dem *«Samen den Abdruck, die Ausprägung des ganzen Kosmos von irgendeiner Weltrichtung her»* (Steiner 1924 i). Diese Prägung ist rein geistiger Art, sie ist die geistige Form der Pflanze, die nun wieder je nach Ausgestaltung der speziellen irdischen Verhältnisse in eine ihrer unendlichen möglichen sinnlich sichtbaren Erdengestalten gerinnen kann. Daher sagt Rudolf Steiner, es bestehe die Notwendigkeit, *«das Irdische, gegenüber dem Kosmischen, das als Form der Pflanze im Samen lebt, in die Pflanze hineinzubringen. Wir müssen die Pflanze der Erde annähern in ihrem Wachstum»* (Steiner 1924 i).

Von einem geistigen Gesichtspunkt aus ist es in Wirklichkeit *«so, daß die Triebe zum Zusammenhalten, die zum Beispiel in einem Bergkristall, in einem Pyritwürfel oder in einem anderen mineralischen Gebilde die Gestalt herausformen, in ein Chaos hineinkommen, indem sie sich zum Eiweiß bilden. ... Die Naturwissenschaft wird das Eiweiß nie verstehen, wenn sie es auf dem Wege sucht, eine größere Komplikation beim organischen Molekül zu sehen als im anorganischen Molekül. Die Chemie und Physiologie ist ja heute hauptsächlich bemüht, die Struktur zu finden, wie die Atome in den verschiedenen Körpern angeordnet sind. Und dann denkt man sich, die Anordnung wird immer komplizierter und komplizierter, und am kompliziertesten ist sie dann beim Eiweiß. Das Eiweißmolekül tendiert nicht dahin, komplizierter zu werden, sondern die mineralische Struktur aufzulösen, so daß nicht das Irdische, sondern nur das Außerirdische Einfluß gewinnen kann»* (Steiner 1921). Es ist bemerkenswert, dass Rudolf Steiner hier vom *«Eiweißmolekül»* spricht, da er an anderer Stelle auf die Tatsache hinwies, *«daß, wo Atome entstehen, Sterben ist»* (Steiner 1923 a). Bei der Gründungsversammlung der Allgemeinen Anthroposophischen Gesellschaft wies er ja gerade darauf hin, dass *«solange im Eiweiß chemisch konstatierbar sind Schwefel, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, solange ist das Eiweiß eben den physischen Erdenkräften unterworfen»* (Steiner 1923/24 a). Diese Formulierung kann aber auch so verstanden werden: Wenn man Eiweiß unbedingt vom Aspekt seiner molekularen Gestaltung aus betrachten will, so muss man sich klarmachen, dass diese niemals ein reines Ergebnis der Kräfte der irdisch-mineralischen Natur darstellt, bzw. daraus erklärbar ist. Natürlich kann der Mensch die Strukturen lebendiger Substanzen in einem anfänglichen und rohen Sinne imitieren (Peptidsynthese). Aber niemals wird es ihm gelingen, die aufs Feinste abgestimmte Eiweißgestalt eines ganzen lebendigen Organismus' (z.B. die Physiognomie des Menschen) mit ihren Funktionen zu schaffen. Immer sind die mineralischen Konstrukte von Bestrebungen in dieser Richtung (z.B. Gentechnik) darauf angewiesen, in den lebendigen Zusammenhang eines bereits vorhandenen Organismus und seiner entsprechenden Verbindung zu den formgebenden etc. Kräften des Kosmos aufgenommen zu werden.

Das Mineralische, wozu auch die von der Pflanze aufgenommenen anorganischen Substanzen (Mineralstoffe und Kohlensäure) zählen, ist eben tot, unbelebt. In der lebendigen Pflanze können sie unter den Einfluss deren Ätherleibes kommen. Dieser ist dasjenige, was nicht den Erdenkräften, sondern *«was den Kräften unterworfen ist,*

die von überall her aus der Peripherie hereinkommen» (Steiner 1923/24 a). Diese aus dem Umkreis des Weltalls hereinwirkenden Kräfte *«wirken gerade umgekehrt den Kräften der Erde»* (Steiner 1923/24 a). *«Sie müssten das Stoffliche des Erdenbereichs völlig gestaltlos auflösen [d.h. in den oben von Rudolf Steiner erwähnten «Weltenstaub», Anmerkung M. Fleck], zerreißen, wenn sich nicht in diesen Kräfte-raum, die Wirkungen der außerirdischen Himmelskörper mischten, die die Auflösung modifizieren. An der Pflanze kann man beobachten, was in Betracht kommt. Die Stoffe der Erde werden in den Pflanzen aus dem Bereich der Erdenwirkungen herausgehoben. Sie streben in das Formlose»* (Steiner und Wegman 1925 b). Auf diesem Wege werden diese toten Substanzen der Erde belebt, was immer bedeutet, dass sie den Erdenkräften entzogen werden, denn *«im Pflanzlichen, das heißt in dem als lebend erscheinenden, waltet das Ätherische»* (Steiner und Wegman 1925 b). Dies erst gibt den Substanzen des Lebendigen ihre besondere Gestalt, Struktur, Form, die eben nicht aus den Erdenkreisen herrührt und daher von Rudolf Steiner als völlig chaotisierte Materie bezeichnet wird. So ist die Pflanze ja in der Lage, aus den verschiedenen chemischen Elementen der Erde (Schwefel, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff) Aminosäuren de novo zu synthetisieren. Für diese gestalten- de Arbeit gibt es noch nicht einmal einen genetischen Code wie für die Proteine (Hagel 2002). Damit ist ihre Gestalt (Molekülstruktur) wie diejenige vieler anderer Substanzen des Lebendigen auch Ergebnis der ätherischen Umkreiskräfte. Diese lebendigen Substanzen in Pflanze, Tier und Mensch sind jedoch noch nicht völlig unter den Einfluss der Umkreiskräfte gekommen, die *«das Stoffliche des Erdenbereichs völlig gestaltlos auflösen, zerreißen»* (Steiner und Wegman 1925 b). Denn *«das Eiweiß, das der Körper in sich sonst erhält, das ist noch einigermaßen geordnet»* (Steiner 1923/24 a). Auf die Spitze getrieben wird dieser Prozess des Zerfallens in den *«Weltenstaub»* (Steiner 1924 i) erst bei dem *«Eiweiß, das der Fortpflanzung zugrunde liegt»* (Steiner 1923/24 a). Erst hier ist die irdische Struktur der Materie völlig chaotisiert. Jetzt *«baut sich in dem Samenchaos aus dem ganzen Weltenall der neue Organismus auf»* (Steiner 1924 i).

Der naturwissenschaftlich geprägte Leser assoziiert mit Rudolf Steiners Beschreibung eines *«Eiweißklümpchens ..., das der Fortpflanzung zugrunde liegt»* (Steiner 1923/24 a) fast automatisch die Vorstellungen des tierischen oder menschlichen Eies, bzw. die darin den Vererbungsvorgängen zugrundeliegenden Substanzen der DNA.

Dies Gedankenverbindung ist aber zum einen deshalb irrig, weil die Basen der DNA (Adenin und Thymin, sowie Cytosin und Guanin, siehe Abbildung 15 auf S. 85) zwar stickstoffhaltig sind, jedoch kein Eiweiß darstellen sondern chemisch zu den Purinen und Pyrimidinen zu rechnen sind. Zum anderen besteht durchaus die Frage, ob Rudolf Steiner mit dem kleinen *«Eiweißklümpchen ..., das der Fortpflanzung zugrunde liegt»* und das *«ein Abbild des ganzen zunächst uns überschaubaren Weltenalls»* ist (Steiner 1923/24 a) wirklich nur die mikroskopisch kleine Substanz von Eizelle und Sperma oder Pollen gemeint hat, in dem alleine sich dieser Vorgang der Prägung vom *«Abbild des ganzen Weltenalls»* abspielt. Im sofort anschließenden Satz seiner Ausführungen sagt Rudolf Steiner nämlich: *«Jedes [Hervorhebung M. Fleck] einzelne Eiweißklümpchen ist ein Abbild des ganzen Weltenalls, weil die Eiweißsubstanz [generell, Anmerkung M. Fleck] zerklüftet, zerstört, ins Chaos übergeführt wird und dadurch gerade als Weltenstaub geeignet gemacht wird, dem ganzen Kosmos unterworfen zu werden»* (Steiner 1923/24 a). Man kann den Eindruck gewinnen, dass damit dieser Vorgang der Schaffung eines *«Abbildes des ganzen Weltenalls»* sich nicht nur an einem winzigen Punkt des generativen Pols sondern in der gesamten Pflanze vollzieht. Tatsächlich wird ja überhaupt alles an *«Eiweiß, das der Körper in sich sonst erhält»* von Rudolf Steiner lediglich als nur *«noch einigermaßen geordnet»* bezeichnet (Steiner 1923/24 a). Also nicht erst *«das kleine Eiweißklümpchen, das der Fortpflanzung zugrunde liegt»* sondern schon gewöhnliche aber lebendige Pflanzensubstanz weist einen beträchtlichen Grad der Chaotisierung auf. Bestätigt wird diese Vermutung einer kosmischen Prägung innerhalb des Gesamten der Pflanze durch Schilderungen Rudolf Steiners vor den Arbeitern des Goetheanums. Demnach bringt das Kambium *«die Pflanze in Verbindung mit den Sternen, mit dem, was oben ist. Und da ist es nun so, daß in diesem Kambium drinnen schon die Gestalt der nächsten Pflanze entsteht. Das geht dann auf den Samen über und dadurch wird die nächste Pflanze geboren; so daß die Sterne auf dem Umwege durch das Kambium die nächste Pflanze erzeugen. Also die Pflanze wird nicht aus dem Samen bloß erzeugt – das heißt, sie wird natürlich schon aus dem Samen erzeugt, aber der Samen muß zunächst die Einwirkung vom Kambium, das heißt, die Einwirkung vom ganzen Himmel haben.*

Sehen Sie, das ist schon etwas Wunderbares: Wenn man einen Pflanzensamen in die Hand bekommt, so hat dieses anspruchslose, bescheidene kleine Staubkörnchen Sa-

men nur dadurch entstehen können, daß das Kambium – jetzt nicht im Flüssigen, sondern in etwas Dicklichem – die ganze Pflanze nachmacht. Und diese Gestalt, die da drinnen im Kambium entsteht – eine neue Pflanzengestalt –, die überträgt die Kraft auf den Samen, und davon hat der Samen dann die Kraft, wiederum eine neue Pflanze unter der Einwirkung der Erde nach aufwärts wachsen zu lassen... Und dasjenige, was im Kambium geschieht – ja, da wird eigentlich aus den Sternen heraus die ganze Pflanze gezeichnet. Es ist wirklich so, meine Herren! Da geht der Holzsaft aufwärts, stirbt ab; da entsteht wieder das Leben, und jetzt kommt die Sternenwirkung: da entsteht das, daß aus dem Kambium, das schon zäh, dicklich geworden ist, aus dem Sterneneinflusse die neue Pflanze gezeichnet wird. So daß man im Kambium richtig eine Zeichnung, eine Bildhauerarbeit der neuen Pflanze hat; das wird da hinein gebildhauert. Da wird von den Sternen hineinmodelliert aus dem ganzen Weltenraum dasjenige, was dann die ganze Pflanzenform ist. Da, sehen Sie, kommen wir aus dem Leben in den Geist hinein. Denn was da modelliert wird, das wird aus dem Weltengeist heraus modelliert. Das ist sehr interessant, meine Herren: Die Erde gibt ihr Leben zunächst an die Pflanze ab, die Pflanze stirbt, die Luftumgebung gibt der Pflanze mit ihrem Licht zusammen wiederum das Leben, und der Weltengeist gibt die neue Pflanzenform herein. Die bewahrt sich dann im Samen und wächst dann wieder auf die gleiche Weise» (Steiner 1923 h).

3.7.1 Bezug der geistigen Impulse zu heutigen Methoden der Pflanzenzucht

Diese Möglichkeit einer kosmischen Prägung wird bei der Bildung von Pflanzen über In-Vitro-Methoden umgangen. Die Pflanze wird durch die Willkür des Menschen in ein fortgesetztes vegetatives Sprossen hineingezwungen, wie eine Hefezelle. Dabei ist unklar und experimentell nicht geklärt, wie viele dieser Vermehrungszyklen die Pflanze überhaupt mitmachen würde, da mindestens die ein- und zweijährigen Pflanzen auf ein solches Dauerwachstum eventuell gar nicht angelegt sind. Möglicherweise erschöpfen sich die Lebenskräfte und –potenziale einer Pflanze, die sich nicht mehr aus ihrem kosmischen Urbild regenerieren kann. Mit Blick auf die künstliche Zucht von Bienenköniginnen (Umgehung des freien Paarungsverhaltens und erzwungene Besamung) weist Rudolf Steiner darauf hin, *«daß das, was kurze Zeit eine außerordentlich günstige Maßregel ist, was heute zugrunde liegt, gut erscheinen kann, daß aber in hundert Jahren die ganze Bienenzucht aufhören würde, wenn man nur künstlich ge-*

züchtete Bienen verwenden würde» (Steiner 1923 h). Daher sind auch die In-Vitro-Methoden der Pflanzenzüchtung, die ebenfalls das freie Bestäubungs- und Befruchtungsgeschehen der Pflanzen unterbinden, mit großer Skepsis zu betrachten.

Zu klären wäre auch die Bedeutung der Möglichkeit einer geistig-evolutiven Weiterentwicklung des Pflanzenwesens, von deren Impulsen eine in-vitro-vermehrte Pflanze ausgeschlossen wäre. Diese künstlichen Methoden negieren einen wichtigsten kosmischen Gestaltungsimpuls der Pflanzen. Sie streben dahin, die Pflanzen viel stärker zu einem irdischen Wesen zu machen, als dies vorgesehen ist. Man kann sich fragen, welche geistigen Kräfte hinter einem solchen Impuls stecken. Rudolf Steiner beschreibt es als ein Charakteristikum Ahrimans, die Wesen und Vorgänge auf der Erde vom Kosmos loszulösen und rein bei der Erde zu erhalten: *«Dagegen setzen die ahrimanischen Kräfte alle Gewalt ein, die sie haben, um den Menschen wiederum mit der Erde zusammenzubringen. Und haben die luziferischen Wesen diesen großen Einfluß gehabt während eines früheren Lebens der Erde, so haben eigentlich die ahrimanischen Wesen Aussicht, wenigstens partiell, teilweise zu erreichen, was sie wollen, das heißt, den Menschen mit der Erde zu verbinden, indem sie seine Gesinnung, seine Auffassung mit dem Irdischen zusammenschmelzen wollen. Sie wollen ihn nach jeder Beziehung ganz zu einem Materialisten machen, sie wollen, daß der Mensch eigentlich nichts können soll, als was die in ihm verdauten Nahrungsmittel an Denkkraft, an Gefühlskraft und so weiter hervorbringen. Und dieser Einfluß der ahrimanischen Wesenheiten macht sich besonders in unserem Zeitalter geltend und wird immer stärker und stärker werden»* (Steiner 1923 e).

An anderer Stelle geht Rudolf Steiner ganz explizit auf die große Bedeutung des Her-einwirkens des Kosmos bei der Samenbildung ein: *«Da wird die Materie so weit herausgetrieben, daß der Kosmos mit seinen Ätherkräften eingreifen kann. Man muß die Welt anschauen als ein fortwährendes Hineinkommen ins Chaos und wieder Herauskommen aus dem Chaos. Das, was im Quarz ist, ist auch einmal aus dem Kosmos hervorgegangen, aber es ist geblieben, es ist ahrimanisch geworden. Es exponiert sich nicht mehr den kosmischen Kräften. Sobald es ins Lebendige hineingeht, muß immer wieder durch das Chaos hindurchgegangen werden»* (Steiner 1924 f). Die vegetative Vermehrung der Pflanzen in-vitro vermeidet es, immer wieder durch das Chaos der Samenbildung hindurchzugehen und sich dem Kosmos zu exponieren. Es liegt daher auf der Hand, in den In-Vitro-Methoden der Pflanzenvermehrung einen

solchen ahrimanischen Impuls der Abkoppelung vom Kosmischen zu erkennen, und damit sind dann natürlich auch die entsprechenden geistig-seelischen Konsequenzen für den sich mit solcherart gezogenen Lebensmitteln ernährenden Menschen absehbar. Es ist zu befürchten, dass der Mensch immer mehr nur noch denken kann, was eine irdisch-sinnliche Grundlage hat und sich nicht mehr zu reinen sinnlichkeitsfreien Ideen bzw. höheren Erkenntnisstufen (Imagination, Inspiration, Intuition) aufzuschwingen vermag.

3.8 Wachstum und Fortpflanzung hängen zusammen

Die als Heterosis bezeichnete Erscheinung des gesteigerten Wachstums der Nachkommengeneration gegenüber ihren (Kreuzungs-) Eltern wird methodisch in der Hybridzüchtung auf die Spitze getrieben und zur Induzierung von erheblichen Mehrerträgen in Landwirtschaft und Gartenbau genutzt (vgl. Abschnitt 4.6). Nicht nur im konventionellen sondern auch im Ökologischen und biologisch-dynamischen Landbau erreicht die Verwendung von Hybridsaatgut sehr hohe Flächendeckungsgrade (im biologisch-dynamischen Gemüsebau 70 % (Fuchs 2001)).

In der kontrovers geführten Diskussion wird von den Pragmatikern vertreten, dass sich die Akteure des modernen Ökologischen Landbaus ohne fundamentalistische Verklärung durch die Ideale der Pionierzeit den heutigen wirtschaftlichen Herausforderungen bedingungslos stellen müssten (Beyeler 2005). Diese Forderung ist freilich gleichbedeutend mit der Zulassung von Hybriden im Ökologischen Landbau. Vorbehalte gegenüber der Hybridzüchtung werden im Verhältnis zur Gentechnikfreiheit der Produkte marginalisiert und allein Vertretern der Biologisch-Dynamischen Wirtschaftsweise zugeschrieben (Kühne und Friedrich 2002). Wyss et al. (2001) kritisieren jedoch die fehlende Nachbaufähigkeit von Hybriden als Bruch mit dem Konzept des Ökolandbaus, da die Übertragung des Grundsatzes des „geschlossenen Produktionskreislaufes“ auf die Ebene der Pflanze die Forderung der natürlichen Reproduktionsfähigkeit der Pflanzen bedeute. Andere Mahner gründen ihre Skepsis in der ins Extrem getriebenen Vereinheitlichung der Hybridpflanzen, die sonst eher dem Gebiet der toten Technik zuzurechnen ist (Hagel 2001 c) sowie in der Betonung des Aufbau-stoffwechsels und den hohen Erträgen (Hagel 2001 a, b; Müller 1996); allerdings werden hohe Erträge nicht generell problematisch angesehen für den Ökologischen Landbau angesehen (Arncken und Dierauer 2005; Schulz et al. 2000; Untied 2002).

Mit Blick auf die Anthroposophie stellt sich aber die Frage, warum es überhaupt möglich ist, über züchtungstechnische Manipulationen im Bereich der Fortpflanzung eine (wenn auch kurzfristige, d.h. nur in dieser einen Generation feststellbare) Wirkung auf das Wachstum zu bekommen. Bereits im Jahre 1916 geht Rudolf Steiner auf den prinzipiellen Zusammenhang dieser beiden oben genannten Bereiche ein: *«Damit aber das Leben bestehen kann, muß es nicht nur das, was es aufnimmt, erhalten, sondern es muß es vergrößern. Jedes Lebendige unterliegt einer innerlichen Vermehrung: Wachstumsprozeß im weitesten Sinne; Wachstum gehört zum Leben, Erhaltung und Wachstum.*

Und dann gehört zum Leben hier auf Erden die Hervorbringung des Ganzen; der Wachstumsprozeß erfordert nur, daß ein Glied das andere hervorbringt. Reproduktion ist ein Prozeß, der höher ist als das bloße Wachstum, der das gleiche Individuum hervorbringt» (Steiner 1916). Später, beim „Landwirtschaftlichen Kurs“, beschreibt Rudolf Steiner ebenfalls die Fortpflanzung als ein gesteigertes Wachstum: *«Wenn ein Wesen wächst, wird es groß. Da ist dieselbe Kraft tätig, die auch bei der Fortpflanzung tätig ist. Nur kommt es nicht so weit beim Wachsen, daß ein Wesen gleicher Art entsteht. Es entsteht Zelle auf Zelle nur, es ist ein schwächeres Fortpflanzen, und das Fortpflanzen ist ein stärkeres Wachsen»* (Steiner 1924 I).

3.8.1 Wirkungen von Mond und Sonne

Diese mehr nur prinzipiellen Hinweise führte er vor den Arbeitern sehr ausführlich in einem eigenen Vortrag zu diesem Thema aus (Steiner 1922 e). Auf diese wichtigen und grundlegenden Schilderungen soll hier detailliert eingegangen werden: Rudolf Steiner erinnert die Zuhörer an seine Schilderungen, als der Mond noch in der Erde war. Gigantische Wesen aus Schleim, annähernd vergleichbar mit Austern, die die Größe eines ganzen Landes (Rudolf Steiner nennt Frankreich) aufwiesen, bedeckten die Erdoberfläche. Durch die Wirkung des in dieser Erde befindlichen Mondes erfolgte eine Absonderung eines Stückes Schleim bei diesen Wesen und ein neues Tier entstand. Die Sonne hatte sich – anders als der Mond – bereits aus der Erde ausgesondert und wirkte als eigenständiger Himmelskörper auf diese von außen ein. Dies bewirkte einerseits die Bildung eines Panzers oder einer Schale bei den „Austern“, andererseits die Neigung für den o.a. Fortpflanzungsprozess ein Stück Schleim abzusondern, sodass ein neues Tier entstehen konnte. Rudolf Steiner bezeichnet diese

Kräfte des Mondes als weiblich, diejenigen von der von außen einwirkenden Kräfte der Sonne als männlich. Er weist darauf hin, dass heute, wo auch der Mond von außen auf die Erde wirkt, dessen Wirkung eine ganz andere ist: *«Heute kann der Mond nicht mehr viel anderes bewirken, als daß er den Kopf anregt. Also der Mond wirkt heute auf den Kopf [Rudolf Steiner nennt die Anregung der Phantasie; Anmerkung M. Fleck]. Dazumal hat er aber gerade auf die Fortpflanzung gewirkt. Sehen Sie, das ist ein beträchtlicher Unterschied. Es ist ein großer Unterschied, ob irgend etwas in der Erde drinnen ist, oder ob es außerhalb der Erde ist»* (Steiner 1922 e).

Da der Mond von außen nicht mehr auf die Fortpflanzung wirken kann, haben die Tiere diese von innen wirkenden Mondenkräfte verinnerlicht, und geben sie über den Vererbungsstrom weiter. Rudolf Steiner kommt auf die herausragende Bedeutung eines Verständnisses der Fortpflanzung zu sprechen: *«Alles Verständnis der Natur überhaupt hängt zusammen damit, daß man die Fortpflanzung versteht. Denn dadurch entstehen heute noch die einzelnen Tiere und die einzelnen Pflanzen. Wenn die Fortpflanzung nicht wäre, wäre alles längst tot geworden. Man muß schon, wenn man irgend etwas über die Natur verstehen will, die Fortpflanzung verstehen»* (Steiner 1922 e). Rudolf Steiner weist auf die sehr unterschiedlichen Reproduktionsraten verschiedener Organismen hin. So wird der Elefant erst nach 15 bis 16 Jahren fortpflanzungsfähig und bringt nur ein einziges Junges hervor. Die Blattlaus dagegen *«kann in wenigen Wochen – eine einzige Blattlaus – mehrere tausend Millionen Nachkommen erzeugen»* (Steiner 1922 e). Mikroorganismen – Rudolf Steiner führt die Vorticellen an – lassen dagegen *«in vier Tagen hundertvierzig Billionen Nachkommen»* entstehen (Steiner 1922 e).

Es stellt sich die Frage nach dem Grund für diese unterschiedliche Reproduktivität. Rudolf Steiner macht auf die noch heute grundlegende Bedeutung der Sonne aufmerksam: *«Die Sonne, die ist dasjenige, was eigentlich der Befruchtung zugrunde liegt. Die Sonne braucht man also heute auch noch bei der Befruchtung. Und ich habe Ihnen auch gesagt: Wenn ein Himmelskörper draußen ist wie der Mond, so wirkt er höchstens noch auf den Kopf, aber nicht mehr wirkt er auf die Unterleibsorgane, also nicht mehr direkt auf die Fortpflanzungskräfte. Die Fortpflanzungskräfte müssen heute vererbt werden von einem Wesen aufs andere»* (Steiner 1922 e). Aber die Frage entsteht: *«Ja, wenn die Sonnenstrahlen von außen kommen, meine Herren,*

dann können sie eben nur Schalen erzeugen. Wie kommt es denn, daß die Sonnenkräfte dennoch befruchtend wirken können?» (Steiner 1922 e).

Nun verweist Rudolf Steiner auf in der Zeit der damaligen Landwirtschaft weit verbreitete Praxis der Lagerung und Überwinterung von Kartoffeln in Gruben, d.h. unterhalb der Erde. In dieser Erde befindet sich im Winter *«die Sommerwärme und alle anderen Sonnenkräfte vom Sommer, die sind da eineinhalb Meter tief noch drinnen»* (Steiner 1922 e). Diese Kräfte wirken ausgesprochen wohltuend auf die Kartoffeln und bewirken den guten Lagereffekt dieser Gruben. Natürlich lassen sich heute Kartoffeln und viele andere Produkte unter spezifischer Temperatur- und Belüftungstechnik (Controlled Atmosphere = CA-Lagerung) auch oberhalb der Erde in großen Hallen lagern. Ihre Bedeutsamkeit offenbaren diese Schilderungen vielmehr im Zusammenhang mit dem Reproduktionsgeschehen; auf diese Weise wird den Zuhörern sehr anschaulich der Hinweis nahe gebracht, dass eben die Wirkungen der Sonne nicht nur im naiv-realistischen Sinne als von außen wirkend vorzustellen seien, sondern auch vom Innern der Erde her. *«Und da frischt sie [die Sonne, Anmerkung M. Fleck] im Innern der Erde auch wiederum die Fortpflanzungskräfte auf. So daß die Fortpflanzungskräfte heute, in unserer Gegenwart, auch von der Sonne kommen, aber nicht etwa von der direkten Sonnenbestrahlung, sondern sie kommen von dem, was in der Erde zurückbleibt und im Winter dann wiederum zurückstrahlt. ... Sonnenstrahlen von außen erzeugen Schalen bei den Tieren, Sonnenstrahlen von innen aufgefangen und wiederum zurückgestrahlt, erzeugen Leben, machen die Tiere fortpflanzungsfähig. ... So können wir sagen: Heute ist es bei der Erde so, daß sie die Fortpflanzungsfähigkeit ihren Wesen dadurch gibt, daß sie die Sonnenkräfte in sich während des Winters bewahrt»* (Steiner 1922 e). Die geisteswissenschaftliche Begründung für die geringe Reproduktionsrate der Elefanten liegt in dessen auch aufgrund seiner dicken Haut geringeren Empfänglichkeit für diese der Fortpflanzung förderlichen Sonnenkräfte aus der Erde. Dagegen sind einfachere Organismen wie Blattlaus oder Vorticelle sehr viel aufnahmefähiger. Zusätzlich führt Rudolf Steiner Tiere wie die Regenwürmer und dergleichen an, deren starke Nachkommenschaft gerade in der räumlichen Nähe zu diesen aus der Erde wirksamen Sonnenstrahlen begründet liegt.

Nun kommt Rudolf Steiner detailliert auf das Fortpflanzungsgeschehen der Pflanzen zu sprechen. Die Stecklingsvermehrung geht (ähnlich dem Beispiel der „Riesenaus-

ter“) von einem abgesonderten Teil der Pflanze aus, welches sich dann zur ganzen Pflanze auswächst. *«Diese Kraft, die da die Pflanzen haben, sogar noch durch ein Stückchen von ihnen sich fortzupflanzen, haben die Pflanzen aus dem Grunde, weil sie ja den Samen im Winter in der Erde drinnen haben»* (Steiner 1922 e). Explizit klammert Rudolf Steiner die durch den Menschen bedingten Verhältnisse einer Saat erst im Sommer (Gemüse und Sommerformen des Getreides) aus. Unter natürlichen Bedingungen ist jedoch davon auszugehen, dass der im Sommer gebildete Samen einer Pflanze im Winter auf oder in der Erde ruht.

Und diese winters in der Erde bewahrten Sonnenkräfte sind *«eine ganz besonders wichtige Sache bei den Pflanzen»* (Steiner 1922 e). Das, was in Ausführung dieser *«wichtigen Sache»* von Rudolf Steiner beschrieben wird, hat zunächst nichts mit dem Thema der Reproduktion im gewöhnlichen Sinne zu tun, sondern fasst das vegetative Wachstum der Pflanze ins Auge: *«Will man irgendwie Pflanzen zum richtigen Wachstum bringen, so ist es ja so, nicht wahr, daß sie eigentlich im Winter in der Erde drinnen sein müssen. Sie müssen überhaupt aus der Erde herauswachsen. ... Aber in der Hauptsache müssen die Pflanzen in der Erde drinnen ihren Samen entwickeln, und dann können sie wachsen. Man kann manchmal auch zwiebelartige Gewächse auch im Wasser zum Wachsen bringen, aber da muß man besondere Maßregeln ergreifen, nicht wahr. In der Hauptsache ist es so in der Natur, daß die Pflanzen in die Erde hineingesetzt werden müssen und von da aus ihre Kraft zum Wachsen haben müssen»* (Steiner 1922 e). In eindringlichen Wiederholungen bringt Rudolf Steiner seinen Zuhörern diesen Wachstumsaspekt der Wintersonnenwirkung nahe.

«Wenn sie [die Pflanze, Anmerkung M. Fleck] aus dem Erdboden herauswächst, da hat sie strotzende Lebenskraft... sie bringt Wachstum in den Blättern herauf, das trägt sie herauf» (Steiner 1922 e). Nur die Sonne von unter der Erde hat diese vitalisierende Wirkung. Die Sonne von außen macht zwar die Pflanze schön. *«Aber sie würde die Pflanzen damit ersterben machen, geradeso wie sie mit der Austernschale die Auster ersterben macht, vertrocknet. ... Und die Sonne macht schöne Blätter, farbige Blüten, aber sie tötet die Pflanze dabei ab. In den farbigen Blumenblättern lebt nichts von Fortpflanzungsfähigkeit»* (Steiner 1922 e). Verständlicherweise muss es daher für die Pflanze eine enorme Kraftanstrengung bedeuten, nach der Bildung der schönen und farbigen Blüten unter Einfluss der ertötenden äußeren Sonne nun noch einmal einen **neuen vegetativen Impuls**, nämlich denjenigen der Samenbil-

dung aufzugreifen. «Die Pflanze nimmt zuletzt noch alle Kraft zusammen, um geschwind den Samen zu erzeugen» (Steiner 1922 e). Denn sie verliert ja auf dem Weg zur Blüte ihre «strotzende Lebenskraft ... und muß zuletzt noch alle Kraft zusammennehmen; das ganz kleine bißchen Lebenskraft bringt sie noch in den Samen hinein» (Steiner 1922 e).

3.8.2 Verwirrende Sonnenwirkungen – der Versuch ihrer Klärung

Diese Ausführungen beinhalten vom materialistisch-naturwissenschaftlichen Standpunkt aus einen Widerspruch, der jedoch bei richtiger Betrachtung erst den Schlüssel zu Rudolf Steiners Wachstums-, Fruchtbarkeits- und Fortpflanzungsbegriff darstellt. Wenn gemäß Rudolf Steiners Ausführungen das gesamte vegetative Wachstum der Pflanze aus den Sonnenkräften des letzten Jahres erfolgt, dann kann dem natürlich sofort entgegengehalten werden, dass die Pflanze im Dunkeln, d.h. ohne die Sonnen- oder Lichtwirkungen von diesem Jahr niemals gedeihen oder wachsen kann. Dieses Gegenargument ist dermaßen einleuchtend, dass man sich erstaunt fragen kann, warum Rudolf Steiner darauf in diesem ausführlichen Vortrag mit keinem Wort eingeht. Oder hat tatsächlich Rudolf Steiner alles Nötige gesagt und wir haben ihn nur nicht verstanden?

Rudolf Steiner schildert geistige Zusammenhänge und ist dabei auf eine Sprache, Bilder und Phänomene der Sinneswelt angewiesen, damit die Zuhörer an irgendetwas Bekanntes und Vorstellbares anknüpfen können. Wie wir oben gesehen haben, ist das Lebendige (Ätherische) nicht sinnlicher Natur. Gleichwohl existiert es. Soll es auf der Erde sinnlich in Erscheinung treten und damit wahrnehmbar werden, muss dieses Ätherische eine tote Hülle aus Erstorbenem erhalten. Zwar beschreibt Rudolf Steiner die ertötende Wirkung der Sonne von außen nur mit Bezug auf die schönen und farbigen Blütenblätter. Aber die übrige Pflanze neben den Blütenblättern ist doch auch schön und farbig (zumindest grün). Das Beispiel mit den Blütenblättern stellt also nur ein Bild für den die gesamte Pflanze ergreifenden Vorgang dar. So wie die «strotzende Lebenskraft» der Wintersonne aus der Erde heraus die Pflanze herauf bis in den Samen durchdringt, so durchziehen sicher die ertötenden Wirkungen der äußeren Sommersonne die Pflanze auch bis in die letzte Wurzelspitze. Damit bilden sie aber nicht nur die Grundlage zur Schaffung der abgestorbenen Schale der «*Riesenauster*», sondern generell eine Haut von aus dem Leben gefallenem Material der Pflanzen,

welches dieses im Prinzip ätherische Wesen in die physische Sichtbarkeit überführt. Jede Wachsschuppe der Epidermis, die verkieselten Trichomzellen der Gräser, jede Zellwand, Steinzelle oder Siebröhre (und natürlich noch Vieles mehr) müssen als Ergebnisse dieser ertötenden Sonnenwirkung von außen angesehen werden. Vielleicht könnte sich die Pflanze als nur ätherisches Wesen allein durch die belebenden Wirkungen der „Sonne von innen“ über die Zeit erhalten. Soll sie jedoch im Sinnlichen erscheinen, muss ein Teil ihrer geistigen Substanz durch die Wirkung der äußeren Sonne sozusagen kristallisieren und sich ins Mineralische der Sinneswelt verdichten. Fortpflanzung ist für Rudolf Steiner das sich Behaupten des Lebens gegenüber dem Tod, die Kontinuität des Lebendigen in der Zeit. Damit ist es unmittelbar einleuchtend, warum Rudolf Steiner nicht nur die Samenbildung als Fortpflanzung bezeichnet sondern den gesamten Wachstumsprozess, in dem natürlich ein sich Fortpflanzen des Wesens der Pflanze aus der Vergangenheit in die Gegenwart der Zeit gesehen werden muss: *«Immer sind die Kräfte der Vergangenheit in dem, was in der Gegenwart lebt, noch drinnen. Und so ist es auch mit den Fortpflanzungskräften. Das, was in der Gegenwart ist, das stammt aus der Vergangenheit»* (Steiner 1922 e).

Dies erklärt, warum die Pflanze als rein lebendiger (ätherischer) Prozess eben überhaupt nicht der aktuellen Sonnen- oder Lichtwirkung bedarf. Dieser sehr wohl bedürftig sind aber die Stoffwechselvorgänge der Photosynthese, die aber nur dazu dienen, mineralische Bestandteile der Erde in die ertötete, abgestorbene Hülle der ätherischen Pflanze zu integrieren. – Und schließlich geht aus der Betrachtung dieses Vortrags vom 27. September 1922 der innere geistige Zusammenhang von Wachstum und Reproduktion hervor. Damit wird besser verständlich, warum Eingriffe im reproduktiven Geschehen der Pflanze (Bestäubung, Kreuzung etc.) bei der Züchtung von Hybriden im Heterosiseffekt die bereits erwähnten Steigerungen des Ertrags, d.h. des Wachstums zur Folge haben.

4 Entwicklungen in der Pflanzenzucht

Während Bauern und Gärtner versuchen, unter ihren Standortbedingungen vor allem durch Bodenbearbeitung, Düngung, Wahl des Saattermins und Einsatz der biologisch-dynamischen Präparate den Pflanzenbau optimal zu gestalten, möchte der Züchter, die erblich veranlagten Eigenschaften der Kulturpflanzen im weitesten Sinne zu verbessern. Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts war es in der Landwirtschaft noch weitgehend üblich, einen Teil der Ernte für den Nachbau im Folgejahr zu verwenden. Dieses Jahrhunderte alte Prinzip des ständigen Nachbaus der im eigenen Betrieb verwendeten Formen - damals meistens Landsorten - wurde mit Entstehung einer systematischen Pflanzenzüchtung aufgegeben. So entstand nach dem Vorbild der industriellen Fertigung eine Arbeitsteilung zwischen den Pflanzenzucht-Spezialisten und den Bauern als Nutzern des Saatguts. Auch an den Agrarfakultäten werden Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung als getrennte Bereiche gelehrt; aber eine *Landbaukultur* im eigentlichen Sinne verband schon immer die kurzfristige Perspektive der Pflanzenentwicklung, nämlich den Pflanzenbau mit dem mittel- bis langfristigen Aspekt, der Pflanzenzucht. In den Anfängen des Ackerbaus entstanden die Kulturformen der Pflanzen aus Wildformen, und in der Neuzeit wurden die verschiedenen Kulturformen in ihrer natürlichen Umgebung zu zahlreichen regional angepassten Typen (Landsorten) weiterentwickelt. Bereits durch die mehr oder weniger unbewusste landwirtschaftliche und gärtnerische Selektion entstanden so neben den Haustieren gewissermaßen „Hauspflanzen“, die außerhalb des menschlichen Raumes in der Natur kaum noch überlebensfähig sind und in einer Art Symbiose mit dem Menschen leben (Becker 1993). Die empirisch begründete moderne Pflanzenzüchtung basiert jedoch auf einer bewussten Auswahl von Pflanzen mit bestimmten erblichen Merkmalen (Becker 1993). Im folgenden werden die wesentlichen Verfahren beschrieben, die im Pflanzenzüchtungsprozess eingesetzt und genutzt werden.

4.1 Selektion

Die einfachste Weise zur Änderung des Pflanzentyps ist die Selektion. Hierbei sind positive und negative Auslese zu unterscheiden sowie das züchterische Arbeiten auf der Ebene von (großen) Beständen oder einzelnen Pflanzen. Grundlage für diese - wie letztlich auch für die meisten anderen Züchtungsansätze - ist eine Fortpflanzungsgemeinschaft (= Population), die über ein breites Spektrum an erblichen

Merkmalsausprägungen verfügt. Aus dieser Variation wählt der Züchter die seinen Vorstellungen entsprechenden Typen. Unter günstigen Bedingungen entsteht bereits nach einer Generation (bei einjährigen Pflanzen entsprechend nach einem Jahr) eine Population mit verbesserten Eigenschaften. Meistens wird dieses Verfahren jedoch über mehrere Generationen fortgesetzt, sodass sich nach und nach eine „Spezial-Population“ entwickelt, die einen Ausschnitt der ursprünglichen Population darstellt.

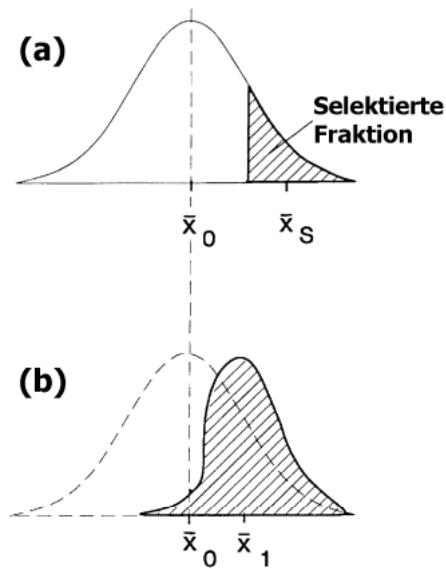


Abb. 13:

Das Prinzip der Selektion ist die Auslese auf mess- oder sogar sichtbare Merkmale (z.B. Ertrag, Wuchshöhe etc.). Das bedeutet populationsgenetisch eine Verschiebung des Mittelwertes in eine gewünschte Richtung. Die schraffierte Fläche unter der oberen Glockenkurve (a) repräsentiert einen Teil der Population und bildet im getrennten Anbau (rechte Glockenkurve von (b)) eine vom Mittelwert der Ursprungs-Population (\bar{x}_0) variierende Gruppe dar; das Selektionsmerkmal ist bei der entstandenen Teilpopulation ist nach \bar{x}_1 verschoben. (Grafik aus Becker 1993, verändert)

Die Glockenkurve in Abbildung 13 a zeigt die Verteilung eines beliebigen erblichen Merkmals innerhalb einer Population, d.h. die verschiedenen Ausprägungen innerhalb der Gruppe eines Pflanzentyps. Wird nun die als schraffierte Fläche dargestellte selektierte Fraktion getrennt von der Gesamtpopulation nachgebaut (Abbildung 13 b), so entstehen keine neuen Typen, sondern es entwickelt sich eine veränderte Verteilungsstruktur. Der getrennte Anbau der Teilpopulation führt zu einem in Bezug auf das selektierte Merkmal von der Ursprungspopulation abweichenden Variationsbereich der Pflanzen. Die Auslese schafft also keine neuen Formen, sondern trennt lediglich die in der Population vorhandenen Variationen. Dieser Zusammenhang ist in der Grafik in Abbildung 13 b an der gestauchten Form der kleinen, schraffierten Glockenkurve zu erkennen, deren Ränder noch innerhalb der Ursprungspopulation liegen. Durch die Stauchung wurde lediglich das statistisch häufigste Ereignis verändert (Verschiebung des Mittelwerts). In Abhängigkeit von der Variabilität der Ausgangspopulation, der Erbllichkeit des Auslesemerkmals und der Schärfe der Selektion kann der Züchter nach wenigen Generationen eine äußerlich einheitliche Gruppe von Pflanzen formen, die dann auch als verbesserte oder gar neue Sorte auf den Markt kommen kann.

4.2 Massenauslese

Selektion kann erfolgen, indem - insbesondere in großen Beständen - ausschließlich Einzelpflanzen mit der gewünschten Merkmalsausprägung aus der variablen Ausgangspopulation ausgewählt werden und zusammen als sog. Ramsch zur Vermehrung kommen (= (positive) Massenauslese). Selektion ist aber auch möglich, indem unerwünschte Typen eliminiert, also von der Vermehrung ausgeschlossen werden, und nur der restliche akzeptierte Bestand weitervermehrt wird (= negative Massenauslese). Die letztere Vorgehensweise wird heute nicht mehr als Zuchtmethode im engeren Sinne angesehen; Züchter und Vermehrer bereinigen nach dieser Methode jedoch immer noch ihre zur Saatgutankennung bestimmten Feldbestände.

Bei der (positiven) Massenauslese wird nach dem äußeren Erscheinungsbild, dem Phänotyp selektiert: Die Typen unterscheiden sich in der Wuchshöhe oder der Blütenfarbe etc.. Da jedoch nicht zwangsläufig alle gleich aussehenden Pflanzen innerhalb eines Bestandes die gleiche erbliche Veranlagung (Genotyp) aufweisen, ist der Erfolg im Sinne der Schaffung neuer stabiler Sorten verhältnismäßig gering. Daher wurde diese Methode in der kommerziellen Pflanzenzüchtung immer seltener angewandt. Dennoch basieren einige erfolgreiche Sorten aus der Gemüsezüchtung für den ökologischen Gemüsebau gerade auf dieser Methode. So sind z.B. die Möhrensorten ‚Rodelika‘, ‚Robila‘ und ‚Milan‘ Selektionen aus alten Standardsorten, die sich u.a. durch besonderen Geschmack auszeichnen (Anonym 2004).

4.3 Individualauslese mit Nachkommenschaftsprüfung

Gegen Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte der französische Züchter Vilmorin eine professionelle Form der Auslesezüchtung: die Individualauslese mit Nachkommenschaftsprüfung. Hier werden neue Linien von Pflanzentypen entwickelt, indem - im Gegensatz zur Massenauslese - die Nachkommenschaften einzelner, phänotypisch auffallender Pflanzen getrennt vermehrt und geprüft werden. Oft kann das Vorhandensein oder Fehlen qualitativer Merkmale (wie z.B. Krankheitsresistenz oder Bitterstofffreiheit) an den ausgelesenen Einzelpflanzen (= Elitepflanzen) sogar durch entsprechende Schnellmethoden erfasst und so einfach und zügig in die Bewertung einbezogen werden (Hoffmann et al. 1971). Aufgrund des Verhaltens der (als getrennte Stämme) nachgebauten Pflanzen (der F₁-Generationen) kann der Züchter auf den Genotyp der zuvor ausgelesenen Pflanzen schließen: Solche Pflanzen, die ein

Merkmal zwar zuerst äußerlich aufweisen, dann aber nicht an die nächste Generation weitergeben, werden vom weiteren Züchtungsgang ausgeschlossen. Der Züchtungsfortschritt wurde durch diese verfeinerte Auslesemethode effektiver, und die Züchter kamen dadurch schneller voran als bei bloßer Massenauslese. Im beginnenden 20. Jahrhundert hatte in der Pflanzenzüchtung diese Individualauslese vor allem bei Fremdbefruchtern allgemeine Anwendung gefunden und führte bei den Landsorten, die damals noch sehr verbreitet angebaut wurden, zu bedeutenden Erfolgen (Hoffmann et al. 1971). „Der Getreidebau erreichte dadurch bereits 1913 ein Ertragsniveau, das im Durchschnitt einer Verdoppelung der Erträge zwischen 1770 und 1850 auf 14 bis 15 dt/ha entsprach“ (BDP 2001). Heute spielt die Individualauslese als Züchtungsmethode keine wesentliche Rolle mehr. Haupteinsatzbereich dieser Methode sind die Züchtung von Populationssorten und die Erzeugung reiner Linien mit züchterisch besonders wertvollen Einzelmerkmalen, die wiederum als Kreuzungseltern für die Kombinationszüchtung (s.u.) verwendet werden können.

Wenn die vorhandenen Populationen bereits stark durchgezüchtet sind oder für eine Selektion zu wenig Variabilität vorliegt, tauschen Züchter in der Regel Saatgut untereinander aus oder reisen in die Ursprungsregionen der Kulturpflanzen (sogenannte Genzentren = Orte hoher erblicher Variation). Die von den Expeditionsteilnehmern gesammelten „Wildtypen“ und „Primitivformen“ dienen dabei jedoch selten direkt als Basis für neue Sorten sondern vielmehr als Kreuzungspartner, von denen man sich die Komplettierung der vorhandenen Hochzuchtsorten um spezifische Einzelmerkmale erhofft. Die gesammelten Pflanzentypen wurden von den damaligen Pflanzenzüchtern meist als „Spielarten“ und „Entitäten“ bezeichnet, die lediglich nutzbares Material für einzelne Eigenschaften darstellten (Flitner 1997); klassisches Beispiel sind Krankheitsresistenzen, die in die vorhandenen Zuchtsorten eingekreuzt werden.

4.4 Mutationszüchtung

Auch durch experimentell induzierte Veränderungen im Erbgut (= Mutationen) kann das Spektrum der Merkmalsvariationen eines Organismus drastisch erweitert werden. Die älteste Methode zur künstlichen Erzeugung von Mutation ist die Behandlung mit energiereicher Strahlung (z.B. Röntgen- und Neutronenstrahlen); ersten Arbeiten dazu wurden in den USA an Mais und Gerste durchgeführt (Müller 1927; Stadler 1928). Die hohe Strahlungsenergie regt die Elektronen in den Molekülen des behandelten

Gewebes an und stößt sie aus dem Molekülverband heraus (Ionisation = Primäreffekt), was auch den Stoffwechsel des gesamten Organismus beeinträchtigt (Sekundäreffekt) (Friedt 1995). Neben dem Einsatz von Radioaktivität können auch Chemikalien oder Zellkulturen (letzteres vgl. Abschnitt 4.7) die Erbanlagen verändern. Bei all diesen Methoden wird jedoch lediglich die Häufigkeit der Erbgut-Veränderungen (Mutationsraten) erhöht. Nicht vorhersagbar ist, *welche* Merkmale sich auf diese Weise verändern. Mutationszüchtung ist damit letztlich nicht zielgerichtet.

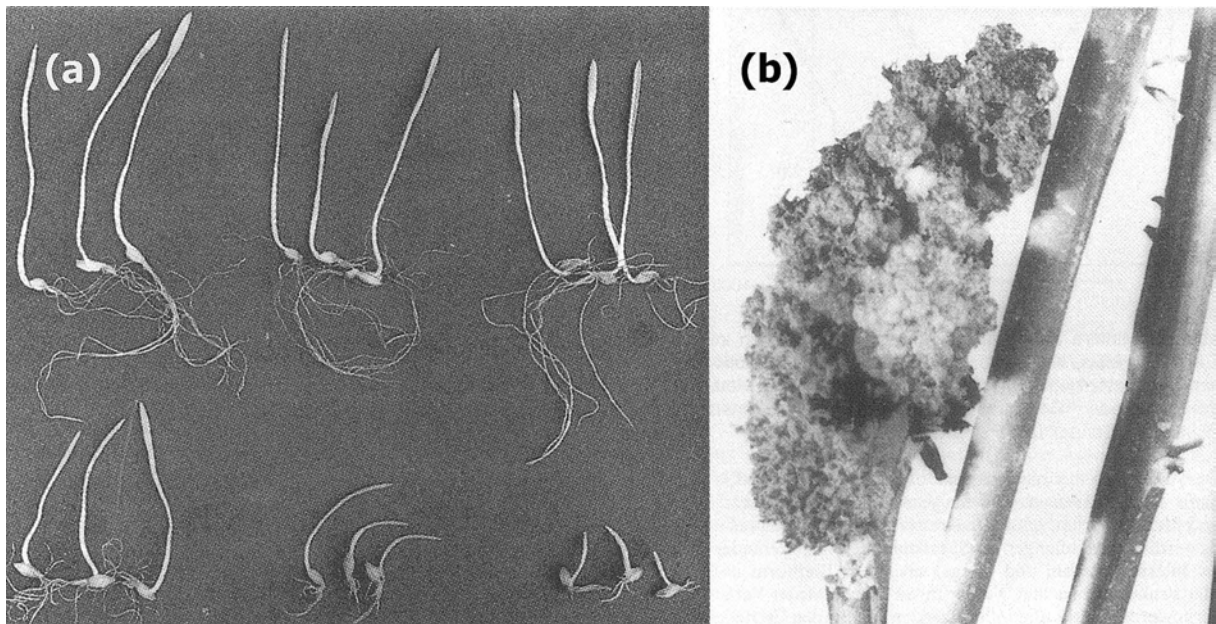


Abb. 14: Einfluss ionisierender Strahlung auf Morphologie und Entwicklung von Pflanzen. Zunehmende Röntgenstrahlendosen (gemessen in kR) beeinträchtigen die Entwicklung von Gerstekeimpflanzen im linken Bild (a) (von oben links nach unten rechts: 0, 2, 4, 8, 16, 32 kR); rechts ist eine Tabakpflanze abgebildet (b), die nach 4monatiger Röntgenbestrahlung (2 kR) Tumorbildungen am Spross aufweist (Friedt 1995, verändert).

Mutationen können sowohl an verschiedenen Pflanzenteilen wie auch zu unterschiedlichen Wachstumsphasen induziert werden. Die einfachste Verfahrensweise besteht in der Behandlung von Samen- oder Pollenkörnern; dabei kommt es neben den erwünschten Mutationen allerdings auch zu direkten Schädigungen des Samens, wie z.B. schwacher Keimpflanzenentwicklung (Abbildung 14 a) oder den völligen Verlust der Keimfähigkeit. Auch unkontrollierte Wucherungen treten auf (Abbildung 14 b). Neben dieser allgemeinen Beeinträchtigung der Vitalität der gesamten Pflanze zeigen bestrahlte Pflanzen im Vergleich zu Unbestrahlten immer wieder auch eine verzögerte oder abgeschwächte Blütenbildung oder -entwicklung (Friedt 1995).

Bei Untersuchungen an weißen Lupinen fanden Cordero und Gunckel (1982) eine im Vergleich zu somatischem Gewebe doppelt so hohe Empfindlichkeit von Blütengewebe gegenüber hochenergetischer (Gamma-)Strahlung. Offenbar können die für die Fortpflanzung vorgesehenen Organe der gewaltigen lebenszerstörenden Wirkung der Strahlung nicht genügend Vitalität entgegensetzen. Rudolf Steiner wies ja darauf hin, dass sich die *«strotzende Lebenskraft»* einer Pflanze im Laufe ihres Wachstums immer mehr verliert: *«Die Pflanze nimmt zuletzt noch alle Kraft zusammen, um geschwind den Samen zu erzeugen»* (Steiner 1922 e). Wenn also der aufbauende Strom, der das (Massen-) Wachstum hervorbringt, von der Keimung bis zur Blüte immer schwächer wird, dann bleibt für den wichtigen lebenserhaltenden und sicher auch beschwerlichen Vorgang der Samenbildung nur noch wenig Kraft übrig - zu wenig, als dass die bestrahlte Pflanze mit Heilung reagieren könnte. Wohl deshalb führen Störeinflüsse während der Blütezeit oder im Bereich der Fortpflanzungsorgane mit großer Wahrscheinlichkeit zu Schädigungen.

Hauptanstrengung bei der Mutationszüchtung stellt das Herausfinden der optimalen Bestrahlungsdosis dar, die möglichst geringe physiologische Schäden mit einer ausreichenden Erhöhung der Mutationsrate verbindet (Becker 1992). Durch Selektion solch mutierter Pflanzen, deren Missbildungen für die eigentliche Züchtung Vorteile versprechen (Resistenzen, höhere Erträge, neue Farben), können wiederum über Kreuzungen (s.u.) neue Linien entstehen.

Unter der Schlagzeile „Getreide aus dem Atomreaktor“ war am 8. Mai 2001 in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung zu lesen, dass mehr als die Hälfte der in Europa angebauten Gersten mittels Mutationstechniken wie z.B. schnelle Neutronen und Gamma- sowie Röntgenstrahlen verändertes Erbgut tragen und dass allein deutsche Züchter mit Hilfe radioaktiver Bestrahlung 44 Getreidesorten neu gezüchtet haben (Ulfkotte 2001). Tatsächlich ist die Mutationszüchtung nach dem zweiten Weltkrieg zunächst in vielen Ländern in großem Umfang aufgenommen worden und hatte - nicht zuletzt auch wegen der starken Förderung einer friedlichen Nutzung der Atomenergie – ihren Höhepunkt in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Die Internationale Atomenergiebehörde stellte in ihrem Tätigkeitsbericht fest, dass weltweit die Zahl der offiziell aus Strahlungsmutanten entstandenen Pflanzensorten bei 2252 liegt; knapp 300 davon wurden im Jahr 2000 registriert (IAEA 2001).

Für die heutige kommerzielle Pflanzenzüchtung haben die Methoden der induzierten Mutation hauptsächlich Bedeutung bei tropisch-subtropischen (Kulturpflanzen-) Arten, die bisher kaum züchterisch bearbeitet wurden sowie bei Zierpflanzen. Gleichwohl beunruhigen die genannten Zahlen zum Umfang dieses Verfahrens und werfen Fragen auf z.B. nach der Nahrungsqualität: Wenn schon physisch-sinnlich empfindliche Störungen (z.B. Vitalitätsverlust, Tumorbildung) erkennbar sind, welche Konsequenzen haben Bestrahlungen dann für das ätherische Wesen der Pflanze und die am Pflanzenwachstum beteiligten Naturelementarwesen? Vielleicht ist die Schädigung der ätherischen Pflanze genauso dauerhaft wie die hervorgerufene erbliche Veränderung (die je nach Merkmalsausprägung ja gerade Motiv der Bestrahlung ist). Welcher Qualität ist die Nahrung auf Grundlage von Pflanzen, die – wenn auch einige Generationen zuvor im Jahre dauernden Züchtungsgang – mit solchen entvitalisierenden Methoden behandelt wurden? Vielleicht stehen in naher Zukunft bei einigen Arten kaum noch „nicht bestrahlte“ Pflanzensorten zur Verfügung.

4.4.1 Diverse Veränderungen der Erbmasse

Dass überhaupt solche lebensfeindlichen Methoden in der Pflanzenzucht zur Anwendung kommen, liegt m.E. in der materialistischen Vorstellungsart begründet. Wenige Jahre nach der Veröffentlichung Gregor Mendels „Versuche über Pflanzenhybriden“, worin er seine an Erbsen gewonnenen Erkenntnisse über die Gesetzmäßigkeiten bei der Vererbung von Merkmalen beschreibt, isolierte Friedrich Miescher als Erster Nuclein (aus Zellkernen menschlichen Eiterzellen). Walther Fleming entdeckte 1882 die Chromosomen, Eduard Zacharias identifizierte die Nucleinsäure als entscheidenden Bestandteil der Chromosomen und Theodor Boveri und Walter Sutton postulierten 1902, dass die Einheiten der Vererbung, die wir heute Gene nennen, auf den Chromosomen liegen (Dahm 2004). All diese Arbeiten stützen das Bild eines stofflich gründenden Erbgeschehens. Der Durchbruch für die Anschauungen der modernen Genetik kam aber erst Mitte des 20. Jahrhunderts mit dem von James Watson und Francis Crick vorgeschlagenen Modell der Doppelhelix-Struktur der DNA (Watson und Crick 1953, Abbildung 15). Heute gehört es zum Allgemeinwissen, dass die molekulare Basis der Vererbung in der DNA (= Desoxyribonukleinsäure) gesehen wird, bzw. den Genen, die auf den Chromosomen angeordnet sind, und die DNA ist zur Ikone der modernen Biowissenschaften geworden.

Bei den spontanen Veränderungen von Erbmerkmalen kann zwischen Gen-, Chromosomen- und Genommutationen unterschieden werden: Bei Genmutationen (= „mendelnde“ oder Punktmutationen) verändert sich ein verhältnismäßig kleiner DNA-Abschnitt derart, dass eine andere Genform (= Allel) entsteht (Abbildung 15), während unter Chromosomenmutationen Strukturveränderungen der Chromosomen verstanden werden, bei denen größere Genblöcke betroffen sind. Der Übergang ist jedoch fließend. Züchterisch nutzbare Mutationen dieser Art müssen direkt oder nach einer Generation zu sichtbaren Veränderungen führen, wie oben beschrieben. In der dann folgenden eigentlichen Züchtungsarbeit wird versucht, diese Veränderungen über die Generationen zu verstetigen.

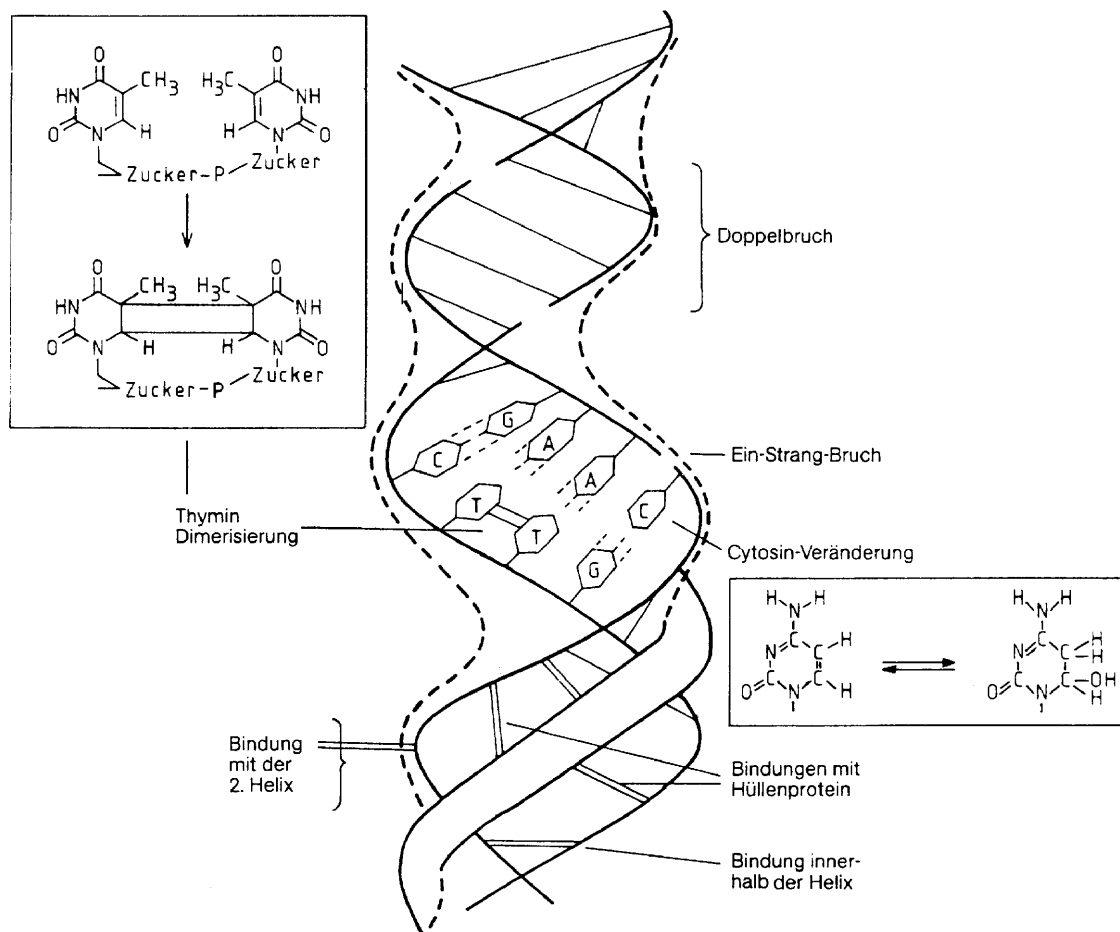


Abb. 15: Schematische Darstellung strahleninduzierter Veränderungen der DNA. Das Makromolekül stellt man sich entsprechend dem Modell von Watson und Crick (1953) räumlich wie eine verdrehte Strickleiter vor (Doppelhelix-Struktur), bei der die langen Holme (Seitenstränge) aus dem Zucker Desoxyribose + Phosphorsäure aufgebaut sind und die Sprossen von Basenpaaren Adenin (A) und Cytosin (C) bzw. Guanin (G) und Thymin (T) gebildet werden, die jeweils zu zweit über Wasserstoffbrückenbindungen verbunden sind. Linkes Kästchen: Bildung eines Dimers zweier benachbarter (Thymin-)Basen des gleichen Stranges; rechtes Kästchen: Bildung von Cytosin zu Cytosinhydrat, mit der Folge des Bruches der chemischen Verbindung zur komplementären Base Guanin. (Friedt, 1995)

Die Gesamtheit der Gene bildet das Genom; unter dem Begriff der Genommutation werden alle Änderungen der für die jeweilige Art typischen Chromosomenzahl zusammengefasst; dabei stehen den (normalen) homoploiden Ausgangsformen heteroploide Mutanten gegenüber. Mutationen ganzer Chromosomensätze werden als Euploidie, solche von Einzelchromosomen werden als Aneuploidie bezeichnet (Hoffmann et al. 1971). Aneuploide Pflanzen sind in ihrer Morphologie und Entwicklung meist so stark verändert, dass sie praktisch ohne direkte züchterische Bedeutung sind. Bei der Euploidie werden weiterhin folgende Formen unterschieden: (Mono-) Haploide, die nur den einfachen (n) statt des üblichen zweifachen ($2n = 2x$) Chromosomensatzes tragen, Autopolyploide, die den einfachen Chromosomensatz in mehr als zwei Kopien ($3x = \text{triploid}$, $4x = \text{tetraploid}$ etc.) enthalten sowie Allopolyploide, bei denen die vollständigen Chromosomensätze von zwei oder mehr verschiedenen Arten addiert sind (Becker 1993). Der bei uns für das Brotbacken angebaute Weizen (*Triticum aestivum*, hexaploid: AABBDD) wird als allopolyploide Kombination von Hartweizen (*T. turgidum*, tetraploid: AABB) und Ziegengras (*Aegilops squarrosa* = *T. tauschii*, diploid: DD) aufgefasst (Lelley et al. 1999). Abbildung 16 illustriert diese Verwandtschaftsverhältnisse der Vorläufer des heutigen Brotweizens und veranschaulicht überdies auch die dahinterstehende Gen-Baukastenvorstellung; durch simples Auswechseln von Teilgenomen kann gemäß der algebraischen Gleichung $\text{AABBDD} - \text{DD} + \text{RR} = \text{AABBRR}$ aus dem bekannten Kulturweizen künstlich eine neue Getreidehybride erzeugt werden, die Triticale (siehe S. 88).

Interessanterweise sind die Pflanzen aller drei Euploidieformen durch Änderungen im Massenwachstum gekennzeichnet: So sind Haploide kleiner und weniger vital im Verhältnis zu (normalen) diploiden Pflanzen und außerdem steril, da die meiotische Chromosomenverteilung nicht ordnungsgemäß ablaufen kann (Becker 1993). Haploide Pflanzen können in seltenen Fällen spontan durch Störungen im Befruchtungsprozess entstehen oder auch experimentell erzeugt werden, was meist durch Bestäubung mit artfremden oder röntgenbestrahlten Pollen geschieht oder mit Methoden (z.B. Antherenkultur), die weiter unten in Abbildung 20 dargestellt sind.

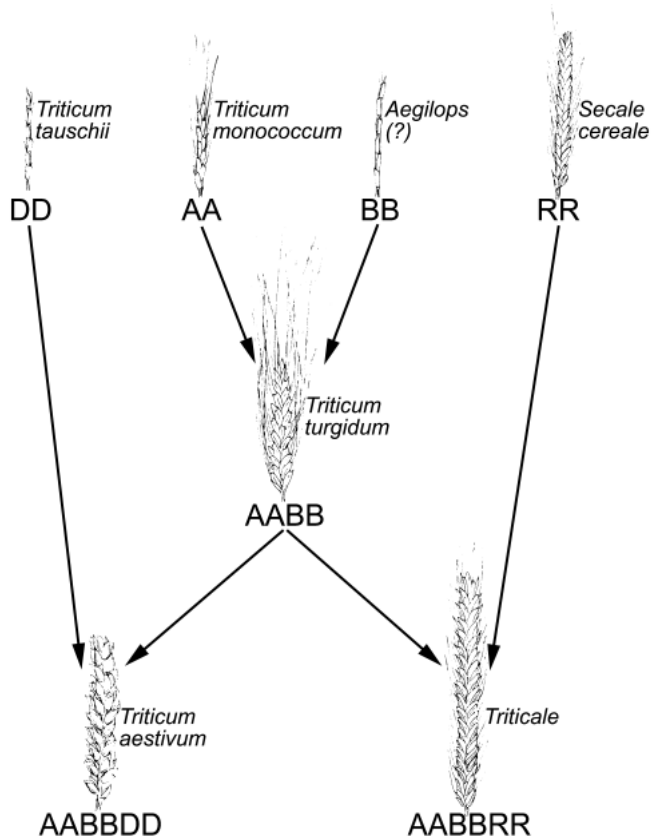


Abb. 16:
Mutmaßliche
Verwandtschaftsverhältnisse von
Roggen und Weizen
(Zeichnung verändert aus Becker
1993).

Autopolyploide Pflanzen zeichnen sich durch sog. Riesenwuchs (= Gigaswuchs) aus, der sich in einer erhöhten Gesamtmassebildung zeigt (Abbildung 17 a). Solche Pflanzen haben größere Organe mit voluminöseren Zellen, höhere Wassergehalte und weisen meist eine geringere Blütenbildung auf (Hoffmann et al. 1971). Zu dieser Gruppe zählen vorwiegend vegetativ genutzte Kulturen wie Zuckerrüben (triploid) oder Futterpflanzen (z.B. tetraploide Rotklee- und Weidelgrassorten) die sich auch im ökologischen und biologisch-dynamischen Landbau weitgehend durchgesetzt haben (Boller et al. 2003; Hof und Rauber 2003; von Mackensen 2005) und sog. Tetraroggen. Die enorme Ertragsfähigkeit solcher Züchtungen kann besser verständlich werden auf dem Hintergrund, dass Fortpflanzung und Wachstum geistig zusammengehören (siehe S. 71 ff).

Für die Gewinnung autopolyploider Formen sind Labormethoden etabliert, mittels derer durch Behandlung mit Spindelgiften wie Colchicin, dem Gift der Herbstzeitlosen, die Verteilung der Chromosomen auf die Tochterzellen verhindert wird (vgl. Dihaploidenzüchtung, S. 97). Durch Behandlung eines (normalen) diploiden ($2n = 2x$) Organismus entsteht ein tetraploider ($2n = 4x$); triploide Formen werden meist aus einer diploiden Mutter- und einer tetraploiden Vaterpopulation entwickelt (Becker 1993).

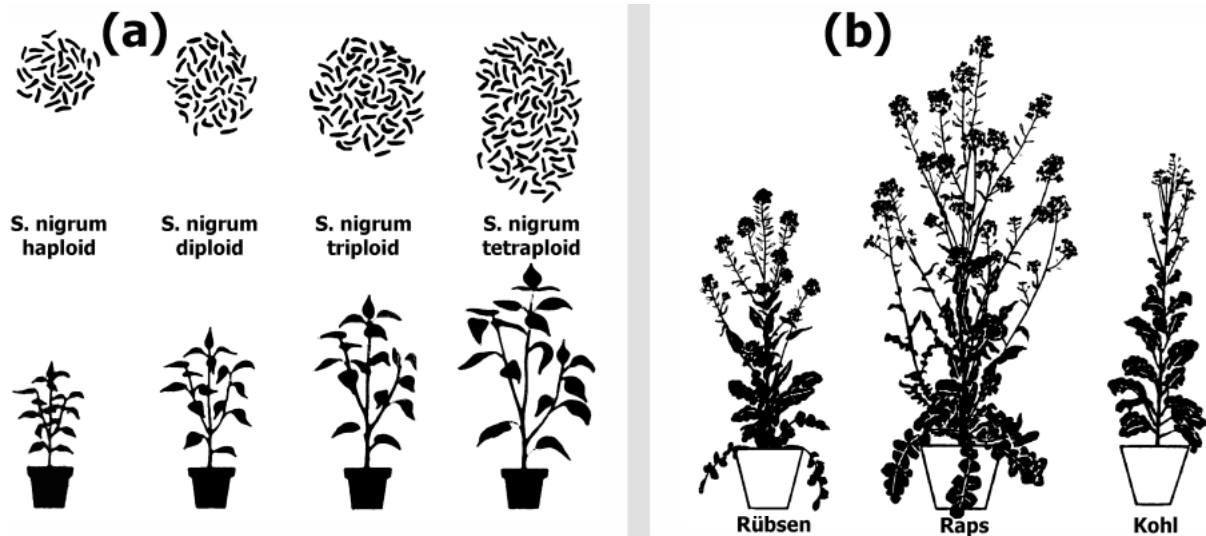


Abb. 17: Zusammenhang von Eingriffen in den Fortpflanzungsprozess und Wachstumssteigerungen. Links (a): Polygenie beim Schwarzen Nachtschatten (*Solanum nigrum*); über den Pflanzen ist das jeweilige Genom der unten abgebildeten Pflanze bildlich dargestellt. Die Wüchsigkeit nimmt mit dem Grad der Ploidie zu (Linder 1948, verändert). Rechts (b): Blühende Pflanzen von Rübsen, Kohl und ihrem allopolyploiden Bastard Raps. Im Vergleich zu den Elternarten fällt die starke Bastardwüchsigkeit (= Heterosis) des Rapses auf (verändert aus Schwanitz (1957)).

Allopolyploide dagegen entstehen durch Kreuzung von miteinander verwandten Arten; man spricht auch von einer Synthese oder Addition der Genome. Bekanntestes Beispiel hierfür ist die Kombination von tetraploidem Weizen (*Triticum*) und diploidem Roggen (*Secale*) zu einer künstlichen neuen - nach Behandlung mit Colchicin hexaploiden - Art, der *Triticale*, einem Futtergetreide, das die Ertragsfähigkeit des Weizens mit der Genügsamkeit des Roggens vereint. Diese völlig neuartigen Kulturpflanzen sind im allgemeinen normal fertil, aber sie zeichnen sich oft auch durch besondere Wüchsigkeit aus (Hoffmann et al. 1971). Vermutlich sind unter natürlichen Bedingungen einige allopoloide Arten, wie z.B. Baumwolle, Hafer, Raps, Tabak und Weizen spontan entstanden. Durch Kreuzungen von Kohl und Rübsen ist es zumindest möglich, solche Pflanzen zu erzeugen, die genetisch gesehen dem heutigen Raps entsprechen. Man spricht dann von resynthetisiertem Raps (Abbildung 17 b), also von Pflanzen, die durch das Wiederausbringen ihrer mutmaßlichen Vorläuferarten erneut als Art geschaffen werden. Von ersten synthetischen Rapspflanzen aus Rübsen- und Kohl-Protoplasten berichtete Schenck (1982).

4.5 Kreuzungszüchtung

Insbesondere bei Selbstbefruchtern, die von Natur aus sehr einheitlich sind, führt die Auslesezüchtung nur sehr selten zu Veränderungen. Eine einfache Methode zur Neukombination von Eigenschaften stellt daher die Kreuzungszüchtung dar. „Durch Kreuzungen verschiedener Formen einer Art oder verschiedener Arten und Gattungen kann die Variabilität des Züchtungsmaterials außerordentlich erweitert werden. Aus den der Bastardisierung folgenden Aufspaltungen in den Filialgenerationen können die dem Zuchtziel entsprechenden Kombinationstypen ausgelesen werden“ (Hoffmann et al. 1971). Diesem Züchtungsansatz liegt die Idee der Rekombination der Gene zugrunde, das heißt erbliche Merkmale werden mit jedem Generationswechsel in der sexuellen Fortpflanzung neu kombiniert, weil die ihnen zugrundeliegenden Zustandsformen eines Gens (= Allele, S. 85) neu auf die Nachkommen verteilt werden.

4.5.1 Exkurs zu blütenbiologischen Besonderheiten

Bei Fremdbefruchtern führt in der Mehrzahl aller Fälle nur der Pollen einer „fremden Pflanze“ zu Bestäubung und Befruchtung (= natürliche Kreuzung). Dagegen geschieht Fremdbefruchtung bei Selbstbefruchtern nur zu einem sehr geringen Prozentsatz. Aus dem Pflanzenreich sind verschiedene spezielle Formen der Blütenbildung bekannt, die eine Fremdbefruchtung gewährleisten; darauf wird an dieser Stelle etwas näher eingegangen.

Seit vielen tausend Jahren sichern Besonderheiten in der Blütenmorphologie den Ablauf von Selbst- und Fremdbefruchtung. Bei den Selbstbefruchtern Weizen und Gerste z.B. vollzieht sich die Bestäubung in einem frühen Pflanzenentwicklungsstadium, nämlich im Schutz der Spelzblätter, wenn die Blüte noch nicht geöffnet ist (= Kleistogamie). Die Bestäubung der Tomate geschieht zwar bei geöffneter Blüte, jedoch ist hier das Fruchtblatt derart von Staubbeuteln umschlossen, dass nur eigener Pollen auf die Narbe gelangen kann. Im Gegensatz dazu gewährleisten Fremdbestäuber ihre spezifische Fortpflanzung z.B. durch Getrenntgeschlechtlichkeit: Hanf, Hopfen, Spinat oder Spargel bilden Einzelpflanzen mit ausschließlich „männlichen“ oder „weiblichen“ Blüten (= Diözie, siehe Fußnote auf S. 13). Ähnlich wirkt sich auch die Trennung von „männlichen“ und „weiblichen“ Blütenständen innerhalb einer Pflanze aus (= Monözie, z.B. bei Gurke, Edelkastanie, Mais). Bei zwittrblütigen Fremdbestäuberarten findet man u.a. „quasi-räumliche“ Trennung durch unterschied-

liche Längen der Organe innerhalb einer Blüte (Herkogamie, Heterostylie) oder nicht-gleichzeitige Reifung der Blütenorgane (Protandrie, Protogynie).

Neben solchen Spezialitäten im Blütenbau hemmen auch verschiedene physiologische Faktoren (Inkompatibilitätssysteme) im Falle einer Bestäubung der Pflanze mit eigenem Pollen das Auswachsen des Pollenschlauches von der Narbe durch den Griffel hin zum Fruchtknoten und verhindern dadurch die (Selbst-)Befruchtung. Dieses Phänomen der Selbstunverträglichkeit oder Selbststerilität ist bei Kirsche, Apfel und vielen anderen Obstarten verbreitet; man findet sie aber auch bei zahlreichen Futtergräsern, Klee, Zuckerrüben und einigen Kohlgewächsen.

Diese Zusammenhänge sichern der Pflanze die fortpflanzungssystemspezifische Vermehrung. Der Züchter muss sie kennen und für Kreuzungen in vielen Fällen außer Kraft setzen. Für eine Kreuzung von Selbstbefruchtern muss der Züchter zwei künstliche Eingriffe vornehmen, nämlich das Entfernen der noch nicht geöffneten Staubfäden an der Mutterpflanze (= Kastration) und eine Bestäubung mit Pollen der Vaterpflanze. Diese beiden Schritte sind sehr (hand-) arbeitsaufwendig (Pinzette, Schere, Pinsel), weil die Blüten so wenig wie möglich verletzt oder beschädigt werden sollen. Zum Schutz vor unkontrollierter Bestäubung werden die kastrierten Blüten bzw. Blütenstände durch Cellophan-, Gaze-, oder Pergaminbeutel isoliert. Derartig sorgfältig pollensicher verpackte Pflanzen sind von weitem gut zu erkennen.

Von den meisten Pflanzenzüchtern wird Kreuzung als ganz normale unproblematische und allgegenwärtige Methode zur Rekombination der Gene und damit zur Steigerung der erblichen Variabilität angesehen und eingesetzt. Führt man sich jedoch den Trickreichtum der Züchter vor Augen (z.B. Umgehung der Selbstinkompatibilität, Kastration), dann kann sich beim unvoreingenommenen Leser allein aus den obigen Darstellungen Nachdenklichkeit, Beklommenheit oder auch Besorgnis einstellen. Mit Blick auf die Äußerung Rudolf Steiners, dass zumindest beim Getreide „auf Kreuzung zu verzichten und nur Veredelungszüchtung bei scharfer Auslese durchzuführen“ sei (Pfeiffer 1977), muss allerdings sogar die Kreuzungszucht ernsthaft hinterfragt werden.

Denn rein äußerlich betrachtet landet zwar bei der Kreuzung genauso wie bei der natürlichen Generationsfolge von Fremdbefruchtern „fremder Pollen“ auf der Narbe, aber vielleicht vollzieht sich in dieser Phase des Pflanzenwachstums noch etwas, was

unserer Wahrnehmung bislang unzugänglich ist. Auf dem Hintergrund der Schilderungen zum Wirken der Elementarwesen im Pflanzenreich (vgl. Abschnitt 3.6) ist zu überlegen, ob eine neue Pflanze sich womöglich nur aus einem ungestörten, intakten Naturgeschehen gut entwickeln kann. Die gelenkte Bestäubung bei Kreuzung und Hybridzüchtung (s.u.) könnte in diesem Sinne als ein unnatürliches Funktionieren der Fremdbefruchtung verstanden werden, das der materialistisch denkende Mensch den Pflanzen aufzwingt und möglicherweise das freie Walten der Elementarwesen stört. Das heißt nicht, dass die Bildung neuer Formen bei einer auf der Anthroposophie gründenden Pflanzenzüchtung ausgeschlossen ist. In den letzten Jahren wurden sogenannte Transgenerationseffekte, nämlich erbliche Änderungen von Merkmalsausprägungen bei Pflanzen und Tieren durch Umweltreize zu einem Forschungsgebiet mit wachsender Bedeutung (Agraval et al. 1999, Schlichting 2002, Sultan 2004). Damit öffnet sich ein weites Feld an alternativen Methoden für eine ökologische Pflanzenzüchtung. Beispielsweise führte Insektenfraß bei wildem Rettich (*Raphanus raphanistrum*) zu Pflanzen, die in den (nicht mehr befallenen) Folgegenerationen höhere Gehalte an Indol-Gucosinolaten aufwiesen sowie dichter mit Blatthaaren (Trichomen) besetzt waren und sich damit messbar von der Ausgangspopulation unterschieden (Agraval et al. 2002). Samen der amerikanischen Glockenblume (*Campanula americana*) keimten in Abhängigkeit vom Lichtgenuss der Mutterpflanze (Galloway 2005), kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus reptans*) bildete nach vier vegetativen (!) Vermehrungsschritten unter verschiedenen Bedingungen Zwischengenotypen, die sich in der Wuchsform unterschieden (van Kleunen und Fischer 2003), und sogar die Beschallung mit unterschiedlichen Tonintervallen scheint bei Löwenzahnpflanzen (*Taraxacum officinale*) neue erbliche Varianz hervorzurufen (Kirchgaesser 2005). Somit sind auch Anbaumaßnahmen wie Düngung, Präparateversorgung etc. als ernstzunehmende Möglichkeiten zur züchterischen Beeinflussung der Pflanzen in Betracht zu ziehen.

4.6 Hybridzüchtung

Normalerweise ähneln sich Nachkommen und Eltern bezüglich erblicher Merkmale sehr stark. Vor etwa 100 Jahren machten amerikanische Wissenschaftler die bahnbrechende Entdeckung, dass die große Ausnahme von dieser Regel bei der Kreuzung ingezüchteter Eltern eintritt: ihre Nachkommen übertreffen die Leistungen der Eltern

in fast allen quantitativen Eigenschaften (Shull 1908). Die Regelmäßigkeit dieser Ausnahme führte zu der Anschauung, dass „die vegetative Kraft eines Individuums weitgehend vom Grad seiner Heterozygotie abhängig ist“ (Shull 1922). Auf diese Theorie aufbauend entwickelte sich die Methode der Hybridzüchtung.

Der Begriff „hybrid“ bedeutet seinem griechischen Ursprung nach „von zweierlei Abstammung“ oder „durch zwei wesentliche aber entgegengesetzte Merkmale geprägt“. Dementsprechend bezeichnet „Hybridisierung“ ganz allgemein die Zusammenführung zweier grundverschiedener Einzeltypen, deren Entwicklung bis zum Zeitpunkt ihrer Kombination äußerst verschiedenen und unabhängig voneinander war. Resultat ist eine Mischform, eine Hybride. Im Bereich der Biologie verstehen wir darunter Kreuzungsvorgänge „zwischen unvollständig isolierten Sippen mit unterschiedlicher genetischer Struktur und Merkmalsausbildung. ... (Dabei) handelt es sich um genetische Rekombinationsvorgänge, die über den Bereich der normalen Fortpflanzungsgemeinschaft, Population, hinausgehen“ (Strasburger 1993). Unter natürlichen Bedingungen ist Hybridisierung zwar möglich, sie stellt jedoch nicht den Regelfall in der Generationenfolge dar. In der Pflanzenzüchtung hingegen ist die Hybrid-Technik zu einer Standardmethode geworden, die zu einem beunruhigend hohen Anteil von Hybridsorten bei Gemüse geführt hat (Fleck et al. 2001, Tabelle 7).

Tabelle 7: Entwicklung ausgewählter Gemüsearten im gemeinsamen Sortenkatalog der Europäischen Union (aus Fleck et al. 2001, erweitert und aktualisiert)

Gemüseart	1985		1994		2004	
	Anzahl Sorten	Anteil [%] Hybriden	Anzahl Sorten	Anteil [%] Hybriden	Anzahl Sorten	Anteil [%] Hybriden
Blumenkohl	261	10	460	33	696	61
Brokkoli	-	-	131	66	144	77
Möhre	204	43	406	68	534	62
Paprika	127	88	520	72	1233	70
Radieschen	162	4	225	19	422	25
Rosenkohl	165	83	174	84	106	80
Spinat	172	37	214	63	279	76
Tomate	727	58	1426	76	2306	80

Wodurch zeichnen sich nun Kulturpflanzen-Hybriden aus? Die interessante Kombination von Eigenschaften kommt bei Hybriden nur in der 1. Generation (F₁-Generation),

dafür jedoch in großer Gleichförmigkeit zur Ausprägung (Uniformitätsregel oder 1. Mendelsche Regel). Werden derartige Pflanzen nachgebaut, also zur Saatgutgewinnung benutzt, so wird das Erscheinungsbild der Pflanzen sehr uneinheitlich, und der Typ fällt in zahlreiche Formen auseinander (die Hybride spaltet auf (Spaltungsregel oder 2. Mendelsche Regel)). Deshalb muss der Landwirt oder Gärtner bei der Verwendung von Hybriden zu jeder Aussaat neues Saatgut kaufen, anstatt einen Teil der letzten Ernte für den Anbau im nächsten Jahr aufbewahren und nachbauen zu können. Aus dieser für die Anbauer misslichen Lage ergeben sich für die Pflanzenzuchtunternehmen allerdings zwei wesentliche Vorteile:

- ▶ Hybridsaatgut hat einen eingebauten Schutz gegen illegale Vermehrung, da eine Saatgutproduktion nur möglich ist, wenn man über die elterlichen Linien verfügt.
- ▶ Der Landwirt kann seine eigene Ernte nicht als Saatgut verwenden und ist zu 100 %igem Saatgutwechsel gezwungen. Besonders bei den Getreidearten Weizen, Gerste und Roggen⁶ ist der Zwang zum Saatgutwechsel ein großer Anreiz zur Hybridzüchtung.

(Becker 1993)

Anfang der 90er Jahre hatten Hybridsorten in Deutschland die größte Bedeutung bei zwei Arten, die vegetativ genutzt werden, nämlich Silomais und Zuckerrübe (Becker 1993). Diese Entwicklung ist vor dem Hintergrund der hohen Massenerträge der Hybriden verständlich. Seit der Einführung von Hybridsaatgut in den 30er Jahren haben sich die Erntemengen von Mais verfünffacht (Abbildung 18).

⁶ Knapp 60 % der Äcker werden mit diesen Getreidearten bebaut (Statistisches Bundesamt 2005). Neben dem Anbauumfang ist das Interesse der Pflanzenzuchtunternehmen an Hybriden in diesem Bereich besonders groß, weil zum einen für die Bestellung von Getreideflächen verhältnismäßig hohe Saatgutmengen nötig sind und zum anderen weil in der landwirtschaftlichen Praxis der Nachbau von Getreide (zwecks Kostenersparnis) noch immer weit verbreitet ist (Schievelbein 2000).

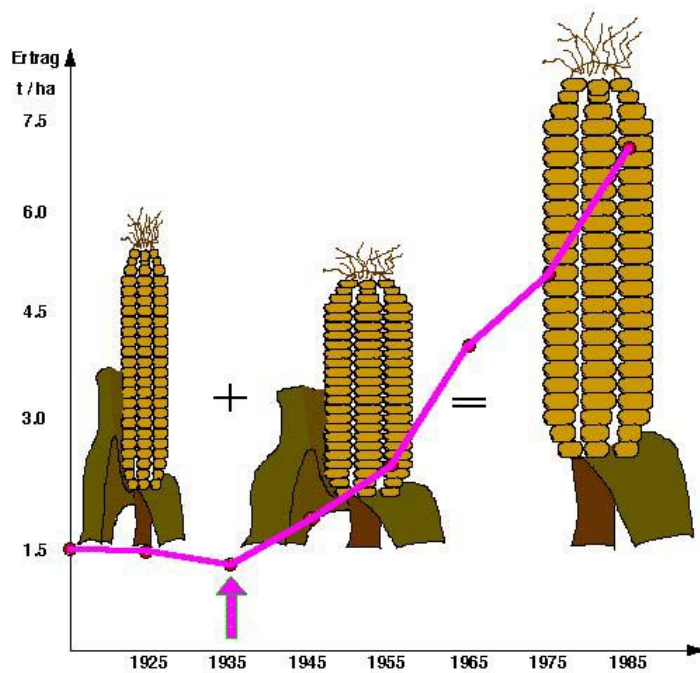


Abb. 18:

Ertragssteigerungen im Maisanbau; seit der Einführung von Hybridsaatgut (Pfeil) wurden bei optimierter Anbautechnik und gesteigerter Düngung in einem Zeitraum von etwa 50 Jahren die Ertragsleistungen auf etwa das 5-fache gesteigert. (Saedler 2001)

Für die Mehrleistung der Kreuzungsnachkommen gegenüber dem Durchschnitt ihrer Eltern (oft auch im Vergleich zum ertraglich „besseren“ Elter) wurde der Begriff Heterosis geprägt. Die hohen Erträge der F_1 -Hybriden, die nach der Theorie des Heterosiseffektes um so höher sind, je mehr sich die Eltern erblich voneinander unterscheiden (Becker 1993), können nicht fixiert werden und gehen in den Folgegenerationen zurück. In der Regel ist die Heterosis bei komplexen Merkmalen (besonders dem Ertrag) am höchsten und tritt bei Qualitätseigenschaften wie z.B. Öl- und Proteingehalt meist nicht auf (Becker 1993). Daher lassen sich polygen vererbte Eigenschaften wie z.B. Frühreife und hoher Ertrag bei Tomaten in einer F_1 -Hybride schneller und einfacher kombinieren als in einer auf Konstanz gezüchteten (Populations-) Sorte (Kuckuck 1972). Tatsächlich besteht das Tomatenangebot heute zu über 80 % aus Hybriden (Tabelle 7).

Um einen möglichst starken Heterosiseffekt – und damit vorrangig die hohen Ertragssteigerungen – zu erreichen, müssen die Kreuzungspartner neben ihrer verwandtschaftlichen Distanz außerdem möglichst reinerbig (= homozygot) sein. Diese Forderung erfüllen Fremdbefruchter naturgemäß in geringerem Maße als Selbstbefruchter, da erstere sich permanent über Kreuzung fortpflanzen und damit mischerbig (= heterozygot) sind. Will man also Reinerbigkeit bei Fremdbefruchtern (Mais, Möhren, Roggen, Zuckerrüben etc.) erzielen, dann müssen diese zur Selbstbefruchtung gezwungen werden.

Auch unter Ökolandbau-Bedingungen sind Pflanzen aus „Heterosis-Saatgut“ gegenüber Nicht-Hybridsorten sehr wüchsig; die Mehrerträge sind je nach Kulturpflanzenart sehr unterschiedlich und können bis zu 94 % erreichen (Mittel 30 %, Tabelle 8).

Tabelle 8: Ertragsergebnisse einiger Sortenprüfungen (Hybriden vs. samenfeste Sorten) unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus.

Pflanzenart	Mehrertrag von Hybriden gegenüber Nichthybriden	Quelle
Roggen	24 %; 33 %; 28 %	Haas (2002); Müller (1996); Arncken u. Dierauer (2005)
Kohlrabi	9 %	Elers (2005)
Weißkohl	11 %	Elers (2003)
Möhre	27 %; 23 %; 26 % 94 %; 25 %	Fleck et al. (2001, 2003); Heine (2000); Untied (2002); Schulz et al. (2000)
Spinat	35 %	Hubert (2005)

4.6.1 Reinerbigkeit durch wiederholte Selbstbefruchtung

Die klassische Methode zur Erzielung von reinerbigen Linien ist das mehrfache Inzüchten. Eine wiederholte Befruchtung ausgewählter Pflanzen mit sich selbst führt nach durchschnittlich sechs Generationen zu sogenannten Inzuchtlinien (I-Linien). Dabei muss der Pollen nicht zwingend von derselben Blüte oder Pflanze stammen; schon die Vereinigung mit Blütenstaub einer erbgleichen Nachbarpflanze gilt als Selbst(-befrucht-)ung. Solch eine fortgesetzte Selbstung innerhalb der zu kreuzenden Elternlinien führt jedoch bei vielen Fremdbefruchtern zu einer „Schwächung der Vitalität“ sowie abnehmender Wüchsigkeit (Hoffmann et al. 1971). Dieses Phänomen bezeichnet man als Inzuchtdepression.

„Wird bei einem Fremdbefruchter neu mit Hybridzüchtung begonnen, ist dies mit großen Problemen verbunden. Die Inzuchtdepression ist sehr groß und die meisten Linien sterben ab, da sie rezessive Letalfaktoren tragen, die in den heterozygoten Pflanzen einer Population nicht zum Tragen kommen.“ Heterosis und Inzuchtdepression sind als „zwei Seiten desselben genetischen Phänomens“ zu verstehen (Becker 1993).

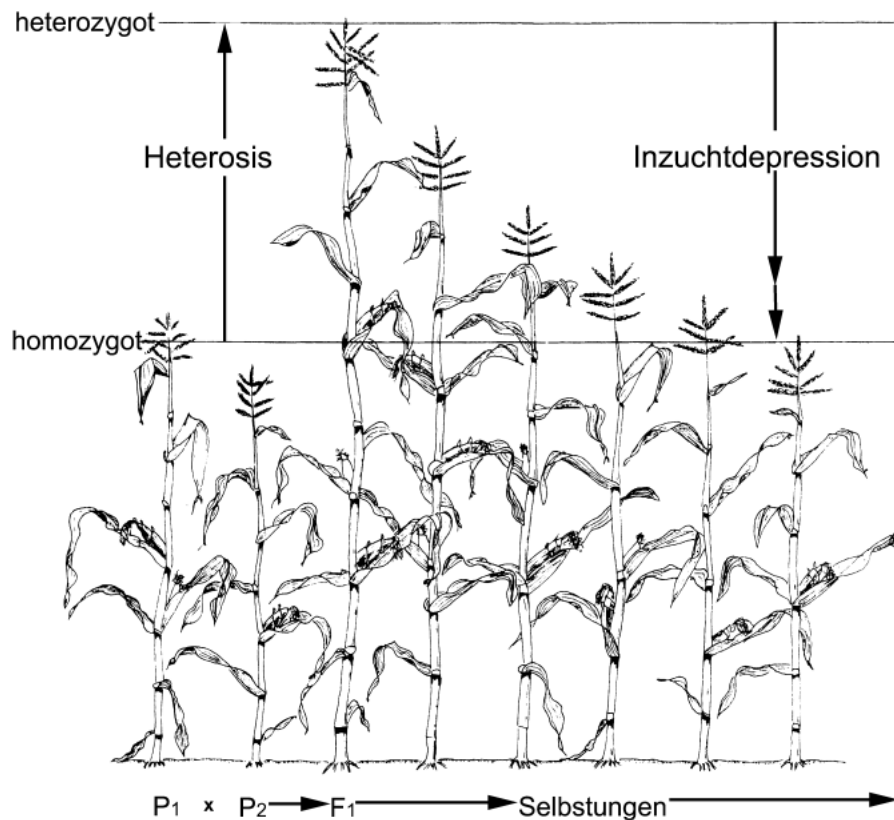


Abb. 19:
Zusammenhang von
Heterosiseffekt und
Inzuchtdepression
am Beispiel von
Mais (Zeichnung
aus Becker 1993).

Bei der Erstellung von Inzuchtlinien gilt dasselbe, was im Abschnitt Kreuzungszüchtung bereits geschildert wurde, dass nämlich für eine Selbstung von Fremdbefruchtern oft bestimmte pflanzeigene Schutzvorrichtungen überlistet werden müssen. Für die Gewinnung von Hybrid-Saatgut mit einem starkem Heterosiseffekt ist eine hohe Fremdbefruchterrate nötig, die heute meist mit raffinierten Kastrationsmethoden realisiert wird (siehe S. 99 ff).

Wir können also festhalten:

- ▶ Durch Kombination erblich sehr unterschiedlicher und gleichzeitig reinerbiger Linien werden Hybriden erzeugt.
- ▶ Die Inzuchtlinien zeigen verminderte Wüchsigkeit, während sich die Hybriden durch außerordentliche Massenerträge auszeichnen.
- ▶ Der Aufbau reinerbiger Linien erfordert bei Fremdbestäubern die Umgehung der natürlichen Bestäubungs-Barrieren; bei der eigentlichen Hybridisierung werden die blütenbiologischen Besonderheiten der Selbstbestäuber gezielt außer Kraft gesetzt.

4.6.2 *Antherenkultur, 'Embryo rescue' und Dihaploide*

Die Erzeugung von Inzuchtlinien ist sehr zeitaufwendig (sechs bis acht Generationen). Daher wollen die Pflanzenzüchter diesen Vorgang beschleunigen: Auf biotechnologischem Wege werden wesentlich rascher (schon nach einer Generation) reinerbige Pflanzen erzielt. Dafür werden Teile von generativen Organen (Staubgefäße oder Fruchtknoten) unter Laborbedingungen zu ungeformten Zellhaufen (= Kalli) herangezogen und vegetativ vermehrt. Derartige Gewebe verfügen aber nur über einen einfachen Chromosomensatz ($1n$ = haploid). Daher werden durch Zugabe von Zellteilungsgiften wie z.B. Colchicin die Eiweißfäden des für die Chromosomenbewegung notwendigen Spindelapparates chemisch gebunden und damit die nächste Zellteilung unterbunden. Das Resultat dieser abgebrochenen Mitose ist eine Verdoppelung des Chromosomensatzes ($2n$ = dihaploid). Aus solchen Zellen können wieder intakte und fruchtbare Pflanzen regeneriert werden (Abbildung 20 links).

Diese Pflanzen sind im Gegensatz zu Selbstbefruchtern oder ingezüchteten Pflanzen, die immer noch ein gewisses Maß an Rest-Heterozygotie aufweisen vollständig homozygot. Aufgrund des biotechnischen Eingriffs werden diese verdoppelten Haploiden Dihaploide genannt⁷. Die Dihaploidenzüchtung stellt heute eine von den Unternehmen intensiv genutzte Methode z.B. bei Kartoffeln, Raps, Weizen und Gerste dar (Wenzel und Foroughi-Wehr 1990; Foroughi-Wehr und Wenzel 1993; Rokka et al. 1998; von der Schulenburg 1999; Weyen 2002).

⁷ Damit grenzt sich der Begriff der Dihaploiden gegen denjenigen der natürlich vorkommenden Diploiden ab.

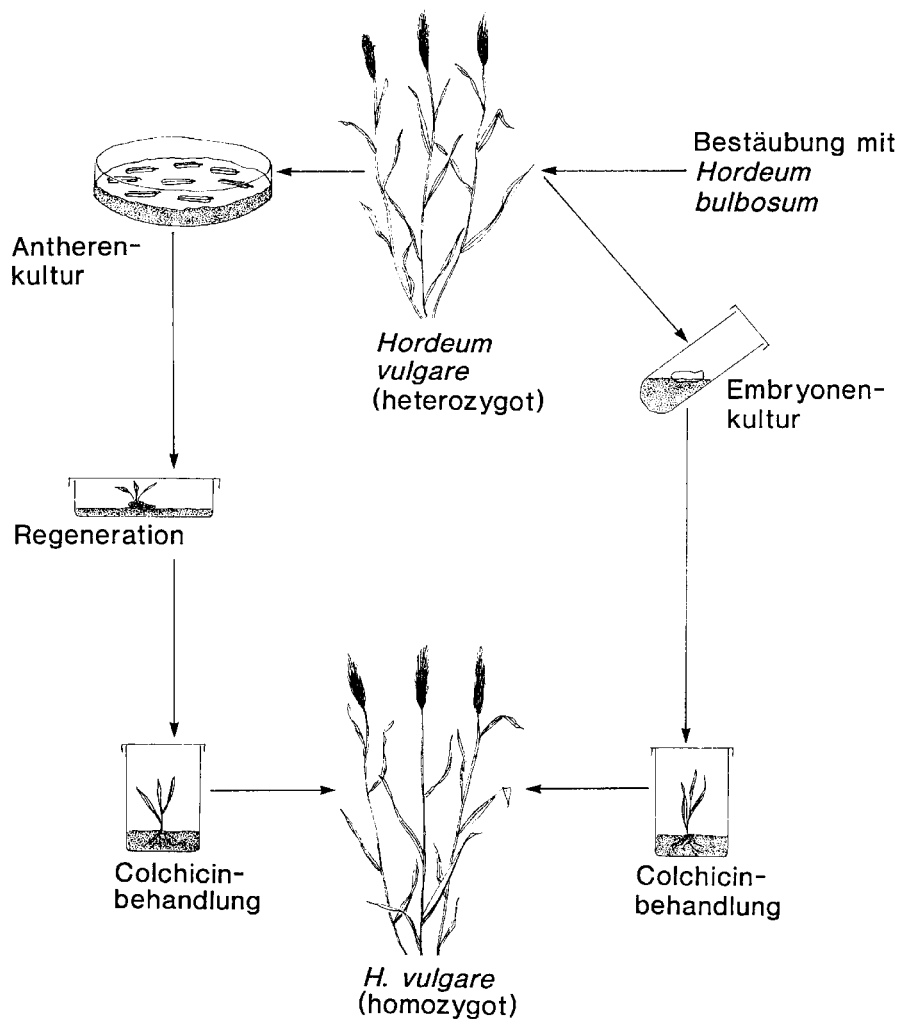


Abb. 20: Zwei Wege zur Erzeugung haploider Pflanzen bei Gerste (*Hordeum vulgare*): links über Antherenkultur (Erläuterungen im Text) und rechts mit der *Hordeum-bulbosum*-Methode. Letztere basiert auf einer gestörten Entwicklung der Samenanlagen nach Bestäubung mit artfremdem Pollen, nämlich solchem der Wildart *H. bulbosum*; während der frühen Embryonalentwicklung kommt es aus bisher unbekannten Gründen zu einer spontanen und vollständigen Eliminierung der *bulbosum*-Chromosomen, sodass die Hybride ausschließlich *vulgare*-Chromosomen enthält. Die Isolation des intakten - aber haploiden - Embryos und dessen Anzucht auf Nährmedium (= Embryo rescue) führt zu haploiden Pflanzen, die nach Colchicinbehandlung doppelhaploid und damit fertil sind. Auch bei Weizen (*Triticum aestivum*) konnte dieses Verfahren schon erfolgreich zur Haploidenerzeugung eingesetzt werden (Heß 1992). (Zeichnung: Becker 1993)

Mit reinerbigen Pflanzen, die aus Inzuchtlinien oder dihaploiden Züchtungen stammen, werden dann mit dem Ziel einer maximalen Mischerbigkeit (Heterozygotie) Kreuzungen durchgeführt. Zu diesem Zweck muss die Selbstbefruchtung im Gegensatz zu den vorhergehenden Arbeitsschritten gerade verhindert werden: die Narben einer Pflanze des einen Typs (A) dürfen nur mit dem Pollen einer Pflanze des jeweils anderen Typs (B) bestäubt werden.

4.6.3 mechanische, chemische und biologische Kastration

Am einfachsten ist Hybridzüchtung bei Pflanzen durchzuführen, die wie der Mais getrennte „männliche“ und „weibliche“ Blütenstände haben. Beim Mais wurde diese Züchtungsmethode daher auch zuerst angewandt (Shull 1908). Bei dieser mächtigen, übermannshohen Pflanze können in den Zuchtgärten sehr einfach die „männlichen“ Blütenstände des Typs A von Hand entfernt, so dass nur Pollen von Pflanzen des Typ B den Typ A bestäuben und befruchten konnten. Dieser Arbeitsgang konnte weiter vereinfacht werden durch die Entwicklung pollenabtötender Wirkstoffe (Gametozide), mit denen die Pflanzen des Typ A behandelt werden. Diese chemische Kastration (durch Spritzmittel) findet heute vor allem bei der Erzeugung von Hybridweizen Anwendung. Hier wird ähnlich einer Fungizidspritzung der Sterilitätsfaktor in der Phase des starken Halmwachstums (Schossen) auf die Mutterlinie appliziert (Schachschneider 1999). Die Pflanze reagiert dann später mit einem Abort der Pollen, ohne dass die weibliche Fertilität beeinträchtigt wird.

Am weitesten verbreitet ist jedoch die Ausnutzung eines erblichen Defektes, der sogenannten cytoplasmatisch-kerngenetischen Pollensterilität (engl.: cytoplasmic male sterility, kurz CMS). Bei zahlreichen Kulturpflanzenarten wurden einzelne Typen entdeckt, die zwar intakte Fruchtknoten aufweisen, gleichzeitig aber entweder nur unfruchtbare Pollenkörner oder verkümmerte oder gar keine Antheren bilden und damit männlich steril sind. Die Zeichnung in Abbildung 21 zeigt beispielhaft die Ausprägung zwei verschiedener Typen von CMS bei Möhrenblüten. Da vor allem bei US-amerikanischen Vermehrern immer wieder Fälle bekannt wurden, wo Pflanzen vom Typ ‚brown anther‘ (Abbildung 21 b) wieder fertile (!) Antheren aufwiesen – wo die erbliche männliche Sterilität also vom Organismus repariert wurde – sind die heutigen amerikanischen Hybridmöhren meistens mit CMS vom petaloiden Typ (Abbildung 21 c) ausgestattet.

Interessanterweise liegen solche Beobachtungen aus Europa und Asien nicht vor (Rubatzky et al. 1999). Was aus Sicht der Pflanzenzucht treibenden Wirtschaftsunternehmen zu einer verständlichen Entwicklung geführt hat, ist als Phänomen sehr aufschlussreich: Der petaloide Typ ist eine massivere Form der Veränderung des Androceums als die lediglich verschrumpelten, zurückgebliebenen Staubfäden bei ‚brown anther‘-Pflanzen, die auch äußerlich ja noch als Antheren erkennbar sind.

Nicht nur die Funktionalität der Antheren ist reduziert sondern auch die Organdifferenzierung innerhalb der Blüte.

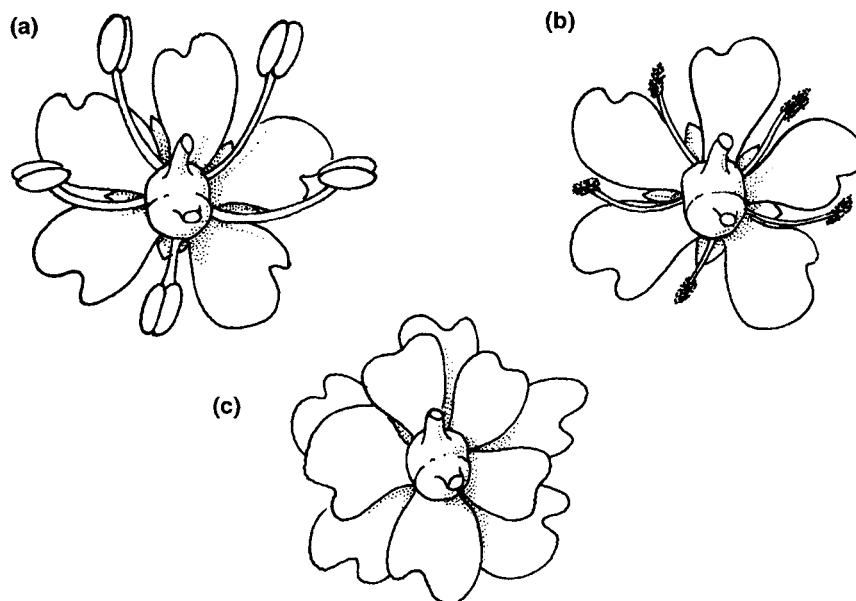


Abb. 21:
Möhrenblüten mit
intakten Antheren (a)
neben zwei
verschiedenen männlich
sterilen Varianten. Beim
CMS-Typ ‚brown anther‘
(b) sind die Staubbeutel
noch erkennbar, sehen
aber vertrocknet aus,
während sie beim
‚petaloiden Typ‘ (c) zu
einem weiteren Ring von
Blütenblättern (Petalen)
umgeformt sind
(Rubatzky et al. 1999).

Ganz allgemein wird diese erblich bedingte Pollensterilität zurückgeführt auf spezifische Kombinationen von Erbfaktoren im Cytoplasma und Genen auf den Chromosomen des Zellkerns. Die genetischen Faktoren sind auf Zellorganellen im Plasma lokalisiert, den Mitochondrien. Nur wenn CMS codierendes Plasma und solche Kerngene zusammenkommen, die die Pollensterilität erhalten (engl.: maintainer), sind die Kreuzungsnachkommen pollensteril; dominant wirkende, die Pollenfertilität wiederherstellende Gene (engl.: restorer) führen im „normalen“ wie im CMS-Plasma zu normal fertilen Blüten.

Das Schema in Abbildung 22 gibt einen Überblick über die bei der Hybridzüchtung mittels CMS durchgeführten Schritte am Beispiel von Roggen: Der Hybridroggen ist das Ergebnis der kontrollierten Kreuzung aus Basissaatgut und einer Restorerlinie C. Für diesen letzten Schritt ist die getrennte Erhaltung der beiden Inzuchtlinien (A und B) sowie der („männlich“ wie „weiblich“) fertilen Restorerlinie C nötig.

Der streifenweise abwechselnde Anbau der pollensterilen Linie A mit einer Pollenspenderlinie (= Maintainer) A' ermöglicht eine selektive Samenernte der männlich sterilen Pflanzen, die erst für die Erzeugung des Handelssaatguts gemischt angebaut werden; die Pflanzen der Maintainerlinie werden nicht beerntet (und sind deshalb in Abbildung 22 durchgestrichen). Auf diese Weise ist der vom Landwirt ausgesäte Hybridroggen wieder („männlich“) fertil und kann Korntrag bringen.

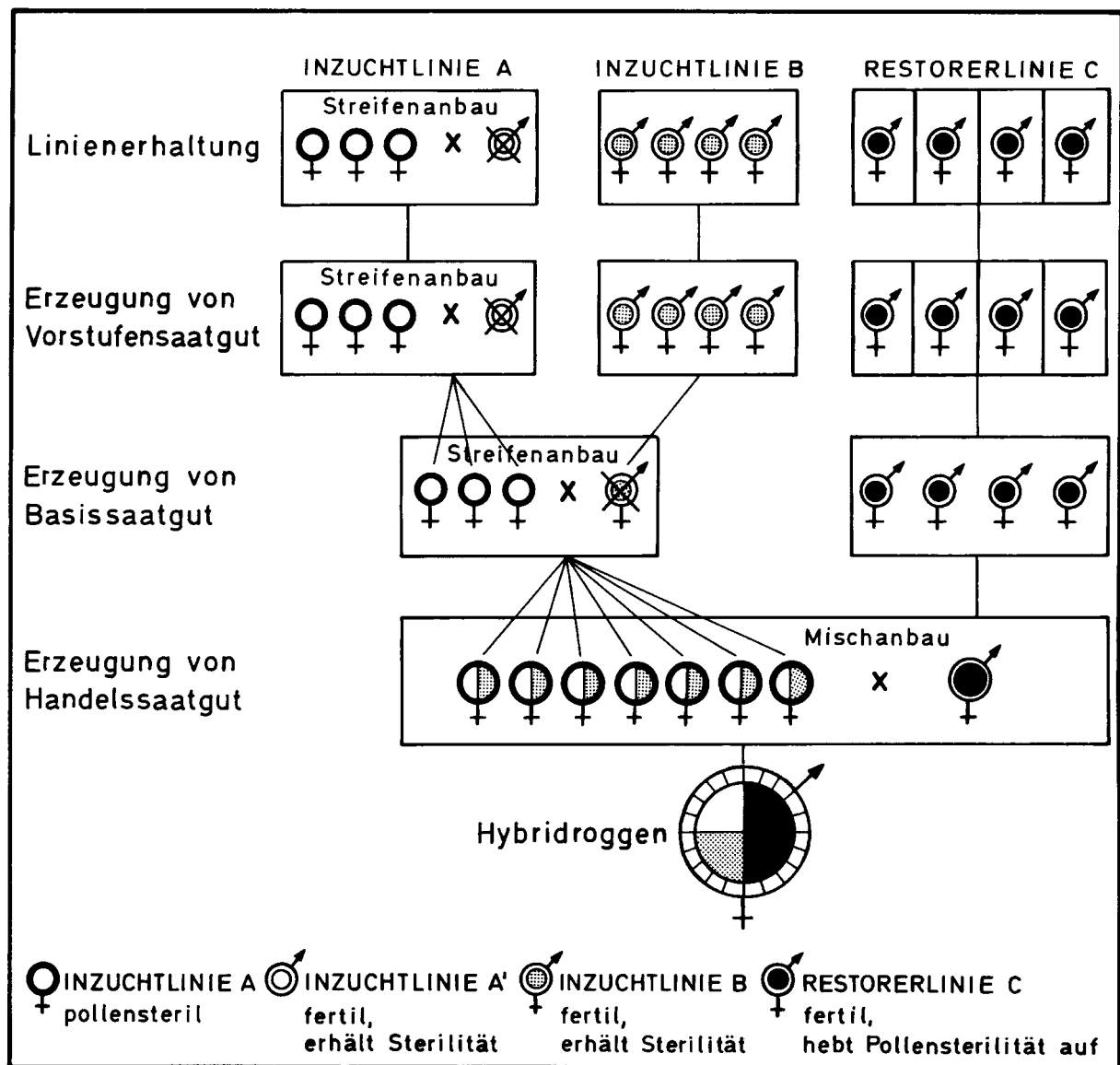


Abb. 22: Hybridsaatguterzeugung bei Roggen. Da der Landwirt die Samen des Roggen ernten will, muss das Handelssaatgut „selbstständig Pollen bilden“, also männlich fertil sein. Diese Besonderheit spiegelt sich in der speziellen Basissaatguterstellung ($A \times B$) wider, die bei vegetativ genutzten Pflanzen wie z.B. den meisten Gemüsearten praktisch oft entfällt. Dann wird eine männlich sterile Linie A, zu deren Erhaltung der Züchter eine Pollenspenderlinie A' anbaut (s.o.), lediglich mit einer männlich fertilen Linie B gekreuzt, und die Restauration kann entfallen. Die Anzahl der Symbole innerhalb der kleinen Kästchen illustriert die Verhältnisse von für die Kreuzungen angebauten Linien (Grafik aus Schuchert 1992)

„Es kommt meist dann zu CMS, wenn Cytoplasma und Kerngene nicht 'zusammenpassen', also aus extrem unterschiedlichem genetischem Material stammen“ (Becker 1993). Diese Aussage ist einerseits interessant, weil sie einmal mehr belegt, wie der herkömmliche Wissenschaftler die Pflanze auf ihr materielles Dasein reduziert und die Ebene des Lebens vollkommen ausblendet. Dies hat zur Folge, dass mit Hilfe der bio- und gentechnologischen Methoden nach Ingenieursmanier einfach Teile ausgetauscht und zweckdienlich zusammengestellt werden. Andererseits scheint mir auch

der Hinweis auf den Zusammenhang von Fruchtbarkeitsstörung (CMS) und Hybridisierung aufschlussreich: das grobe widernatürliche Kombinieren von genetisch sehr weit auseinanderliegenden Pflanzen oder deren Zellen führt zu Absonderlichkeiten im Fortpflanzungsgeschehen der daraus hervorgehenden Pflanze. Offenbar sind solche Hybridisierungen nicht im natürlichen Fortpflanzungszyklus der Pflanzen vorgesehen.

Im Jahre 1970 zeichneten sich in den USA erste massive Probleme der systematischen Nutzung derartiger Defekte ab. Damals wurden Schäden in Milliardenhöhe gemeldet, weil der gesamte angebaute Hybridmais durch das einheitliche Cytoplasma ideale Voraussetzungen für eine Pilzepidemie in sich trug (Saedler 2001). Ähnliches könnte auch bei anderen Kulturpflanzenarten anstehen, da z.B. bis Mitte der 80er Jahre ein Großteil der F₁-Hybridmöhren seine cytoplasmatisch-kerngenetische Pollensterilität sämtlich von einer einzigen Quelle bezog (Crisp und Astle 1985). Auf die Probleme einer Einengung der genetischen Vielfalt durch die Züchtung soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden.

4.6.4 Übertragung von CMS über Protoplastenfusion

Die cytoplasmatisch-kerngenetische Sterilität (CMS) muss bei der Hybridzüchtung in die Inzuchtlinien eingekreuzt werden. Dadurch entstehen jedoch wieder – wie nach jeder Einkreuzung – viele äußerlich stark variierende Einzelpflanzen, deren Linien für die weitere Züchtung nicht ohne weiteres geeignet sind. Um das für die Inzuchtlinien erforderliche Maß an Homozygotie wieder zu erreichen, ist ein zeitaufwendiges wiederholtes Rückkreuzen mit der pollenspendenden Ursprungslinie erforderlich.

Schneller kann diese „Impotenz“ unter Umgehung von Generationswechseln (Blüte und Bestäubung) durch die sogenannte Protoplastenfusion erreicht werden. Gattungen und Arten, zum Teil auch solche, die ebenso auf herkömmlichem Wege kreuzungsfähig sind (z.B. die verschiedenen Vertreter der Kohlgewächse oder der Nachtschattengewächse), können mit diesen Labormethoden vermischt werden. Dabei wird pflanzliches Gewebe mittels diverser Laborverfahren in seine Zellen zerteilt: die Mittellamellen sowie die Zellwände der einzelnen Zellen werden durch Pektinasen und Cellulasen (beides spezifische, abbauende Enzyme) aufgelöst, um einzelne, quasi „nackte“ Zellen (= Protoplasten) zu gewinnen. Da die Oberfläche dieser Protoplasten elektrisch stark negativ geladen ist, stoßen sich die isolierten Zellen in Suspension ab. Die Zugabe von Chemikalien (Zuckeralkohole wie Mannitol oder Sorbitol, Polyethy-

lenglykol (PEG) und Calcium) neutralisiert diese Oberflächenladungen. Dadurch werden die Protoplasten perlschnurartig aufgereiht und eine Verschmelzung (Fusion) wie bei Fettaggen auf einer Suppe erzwungen (Strasburger 1991). Auch kurze Stromstöße hoher Intensität (ca. 1000 V/cm für 10 bis 50 μ s) induzieren eine Protoplastenfusion (vgl. Abbildung 23). In diesem speziellen Fall spricht man von Elektrofusion (Heß 1992).

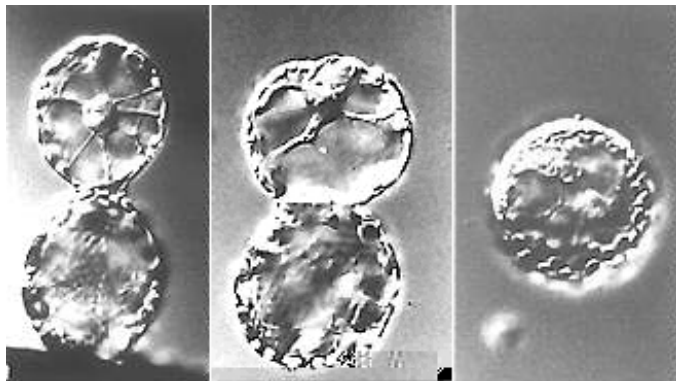


Abb. 23:

Protoplastenfusion im elektrischen Feld; zunächst werden zwei Protoplasten in Kontakt gebracht, sodass sie an den Zellhüllen (=Membranen) verkleben. Der Elektroschock lässt die Zellstruktur lokal kollabieren (mittleres Teilbild). Das Zellinnere der beiden Fusionspartner vermischt sich, und die Membranen bilden die Hülle einer Zelle mit gemischtem Zellplasma (rechtes Teilbild). (Quelle: Koop und Schweiger 1985)

Ziel dieser Prozedur ist es, Protoplasten von Pflanzen der züchterisch interessanten Linie A mit dem Zytoplasma der defekten Variante (B) zu verschmelzen und daraus im Idealfall intakte (und jetzt männlich sterile) Pflanzen heranzuziehen. Um die chromosomal vererbten Merkmale des Protoplasten von Pflanze A nicht zu verändern und die aufwendigen Rückkreuzungen zu ersparen, wird der Zellkern der den Fortpflanzungsdefekt liefernden Variante B meist durch radioaktive Strahlung zerstört. Das Fusionsergebnis besteht also aus dem Kern von Zellen der Pflanze A und einem Misch-Zytoplasma (A+B). Man bezeichnet dieses Fusionat als cytoplasmatische Hybride oder kurz Cybride (Heß 1992). Die ersten Veröffentlichungen zur Einbringung cytoplasmatisch männlicher Sterilität in Kulturpflanzen dieser Art stammen von Zelcer et al. (1978). Inzwischen werden vor allem bei Kohlarten viele CMS-Hybriden über Protoplastenfusion erzeugt; sie sind als „Hybri Top“-Typen auf dem Markt und im Anbau (Theiler et al. 2002). Mittels Cybridisierung wurde auch die in Kreisen der Gentechnikritiker viel diskutierte Resistenz gegen das Herbizid Metribuzin in deutsche Winterraps-Varietäten eingeschleust (Thomzik und Hain 1990). Diese Tatsache lässt erkennen, wie unscharf die Grenze zwischen Gen- und Biotechnologie ist.

In manchen Fällen ist nicht nur ein über das Cytoplasma vererbtes Merkmal (wie die oben dargestellte CMS) sondern (auch) die Erbinformation des Zellkerns von Interes-

se. Dabei folgt auf die Fusion der Zellen im Laufe der Zellteilungen noch eine Vereinigung und Vermischung der Zellkerne. Das entstehende pflanzliche Gewebe resultiert dann aus ganzen Mischzellen. Wenn nicht im Laufe der weiteren Entwicklung wieder eine Entmischung bzw. eine Eliminierung von Erbsubstanz des einen Fusionspartners stattfindet, dann können derartige Zellfusionsprodukte zu Hybridpflanzen auswachsen, zu sogenannten symmetrischen Hybriden⁸.

Mittlerweile konnten schon zahlreiche Verschmelzungen erzeugt werden, wobei solche von Mais + Hafer (Power et al. 1970) zu den ersten und Kartoffel + Tomate (Melchers et al. 1978) zu den wohl bekanntesten Vertretern zählen. Die „Kartoffel-Tomaten“ bildeten damals weder Kartoffeln noch Tomaten. Vielmehr zeigten die Pflanzen abnorme Formen wie z.B. halbgefüllte Blüten, von beiden Eltern abweichende Blattformen, verdickte Wurzeln, während die Stolone fehlten. Trotz der zahlreichen Fehlschläge hat die Erzeugung künstlicher Pflanzenarten für die Pflanzenzüchter bis heute nichts an Faszination verloren.

Geradezu revolutionär scheint der „Erfolg“, sogar ein- und zweikeimblättrige Pflanzen miteinander kombinieren zu können. So wurden somatische Hybriden über Elektrofusion aus Protoplasten von Möhre und Gerste erzeugt (Kisaka et al. 1997). Den Wissenschaftlern gelang es, Zellen aus den Blättern der beiden Kulturpflanzen zu isolieren und miteinander zu verschmelzen. Nur drei der insgesamt 2.700 auf frisches festes Medium überführten Kalli (etwa 0,1 %) zeigten Sprossbildung und konnten zu ganzen Pflanzen regeneriert werden (Abbildung 24). Die aus den fusionierten Protoplasten gewachsenen Pflanzen enthielten in ihrem Erbgut Bestandteile sowohl von Gerste als auch von Möhren. Damit war der Beweis für die gelungene Hybridisierung erbracht. Darüber hinaus wurden bei einer der drei erzeugten Hybridpflanzen neue DNA-Bandenmuster gefunden, die bei keinem der beiden „Eltern“ vorkommen. Offenbar war zusätzlich zur reinen Vermengung der Genome etwas Neues entstanden. Morphologisch ähnelten die Hybriden zwar sehr den elterlichen Möhrenpflanzen (Kisaka et al. 1997) (siehe Abbildung 24). Es ist aber unbekannt, wie sich derartig veränderte Pflanzen auf den sich damit ernährenden Menschen auswirken. Rein

⁸ Die „Symmetrie“ beschreibt dabei das Verhältnis erblich wirksamer Anteile im Fusionsprodukt. Bei symmetrischen Hybriden sind alle / beide Fusionspartner „gleichberechtigt“, während das Fusionat bei asymmetrischer Hybridisierung stärker einem Fusionspartner entspricht; hier spricht man auch von Donor und Rezeptor. Cybriden (s.o.) sind ins Extrem getriebene asymmetrische Hybriden, bei denen der Donor ausschließlich als Quelle für das Sterilplasma gebraucht wird.

äußerlich – und das ist das Verblüffende – war den Möhren also nicht anzusehen, ob sie echte Möhren oder Gersten-Möhren-Hybriden waren. Auch wenn, wie von Kisaka et al. (1997) beschrieben, nur ein Merkmal wie z.B. die „Kältetoleranz“ der Gerste mittels Protoplastenfusion auf andere ökonomisch interessante Kulturpflanzen wie die Möhre übertragen werden soll, so dürften diese Fusionspflanzen sich in mehr als nur der einen beabsichtigten Eigenschaft von der Ursprungsvariante unterscheiden, ohne dass diese Veränderungen unmittelbar wahrzunehmen sind.



Abb. 24:

Pflanzen von Möhre (links) und Gerste (rechts) sowie einer regenerierten somatischen Hybride beider Pflanzenarten (Mitte). Alle Pflanzen wurden aus Protoplasten regeneriert, die (bis auf die Fusion) identisch behandelt wurden. (verändert nach Kisaka et al. 1997)

Auch das am 14. Februar 2003 verendete Klonschaf „Dolly“ und seine australische Leidensgenossin „Matilda“ wurden mittels protoplastenfusionsähnlichen Prozeduren erzeugt. Beide Schafe starben jung und zeigten vorzeitige Vergreisungserscheinungen wie Arthritis und Lungenentzündung (Anonym 2003). Aber längst nicht alle Klonierungsaktivitäten scheitern derart augenscheinlich: Beim in Teilen der heutigen landwirtschaftlichen Tierhaltung praktizierten Embryotransfer (In-Vitro-Fertilisation „genetisch wertvoller“ Kombinationen von Hochleistungsnutztierlinien und anschließende Implantation und Austragung durch „normale“ Tiere) und der funktionierenden Klonierung leistungsstarker Rennpferde (Anonym 2005) sind die Probleme bereits technisch gelöst. Die Verfahren werden profitbringend eingesetzt, aber bislang gibt es seitens der Naturwissenschaft keine

Hinweise z.B. über seelische Unversehrtheit laborbürtiger Mehrlinge oder eventuelle Langzeitwirkungen solcher Praktiken. Die Äußerung Rudolf Steiners hinsichtlich der Auswirkung einer industriellen Weiselzucht bei den Bienen (siehe S. 69) kann aber als mahnende Stimme verstanden werden, dass die jahrelang betriebene Manipulation natürlicher Fortpflanzungsabläufe nicht zwangsläufig auch auf Dauer ohne Schaden bleibt. Vielmehr muss man sich fragen, ob nicht vielleicht die heute weltweit grassierenden Gefährdungen der Bienenhaltung durch die Varroamilbe und den Bienenstockkäfer Anzeichen des von Steiner prognostizierten Zugrundegehens der Bienen sind.

Ähnlich gespenstig mutet die Meldung von Imani et al. (2002) an, wonach Möhren künftig einen Impfschutz gegen Hepatitis B-Viren liefern könnten. In Möhrenzellen wurden gentechnisch Informationen eingebracht, die die Bildung von Hepatitis B-Proteinen auslösen. Über In-Vitro-Verfahren (Suspensionskultur, somatische Embryogenese) und darauf folgende Anzucht im Gewächshaus konnten dann vollständige Pflanzen herangezogen werden, die tatsächlich Proteinstrukturen des Virus enthielten. Während die Entwicklung von Hepatitis B-Vakzin-Möhren zum Bereich der Gentechnik zählt, ist die oben beschriebene Verschmelzung von Protoplasten ein rein biotechnologischer Eingriff, der z.B. vom Gentechnik-Gesetz völlig unberührt ist und von der breiten Öffentlichkeit im Vergleich zur Gentechnologie kaum wahrgenommen wird.

Die In-Vitro-Verfahren und damit auch die Protoplastenfusion sind absolut künstliche Eingriffe ins Lebensgefüge, bei denen für das Erzeugen einer neuen Pflanze nicht mehr die intakte ganze (Mutter-) Pflanze nötig ist. Dadurch sind die Fortpflanzungsvorgänge in extremem Maße aus ihrem natürlichen Zusammenhang gerissen: Die Verschmelzung elterlicher Zellen wird wirtschaftlichen Interessen unterworfen und von physikalischen und chemischen Gesetzen diktiert statt im Element der Wärme vom Zusammenwirken der zuständigen Elementarwesen nach einem höheren (nämlich kosmischen) Plan gelenkt zu werden (vgl. Abschnitt 3.6). Das Prinzip der Vereinigung zweier Körperzellen zu einem „neuen Organismus“ oder das einfache Sprossen aus einer „Mutter“ sind bei primitiven Lebensformen weit verbreitet (Doolittle 2000), und man kann den Eindruck gewinnen, dass mit diesen Labormethoden manipulierte Kulturpflanzen und -tiere auf ein niedriges evolutives Niveau gezwungen werden. Gerste, Kohl, Möhren etc. sind eben keine (prokaryotischen) Bakterien oder Hefen

sondern hoch entwickelte Spezialformen, die sich über lange Zeiträume aus einem pflanzlichen Urbild herausdifferenziert und weit von den einfachen Lebensformen entfernt haben. Auch die zum Zwecke der Euploidisierung (siehe S. 86) durchgeführten Behandlungen, die subtil als Rechenoperationen (Division und Multiplikation) von Genomen dargestellt werden, sind im Kontext der Evolution als degradierend einzustufen, tauchen doch haploide Gewächse in der Natur lediglich im Generationswechsel der urtümlichen Pflanzengruppen der Moose und Farne auf!

Aber nicht (nur) das Überschreiten naturgegebener Grenzen durch einfallreiche Wissenschaftler und die Unnatürlichkeit des synthetischen Colchicins bei der Erzeugung von Polyploiden (Boller et al. 2003) muss m.E. kritisiert werden. Insbesondere aus Sicht einer auf Anthroposophie basierenden Landbaukultur muss auch die Ignoranz genannt werden gegenüber der Realität, dass bei den Reagenzglasmethoden ein „neues Lebewesen“ seinen Anfang nicht als geistiges (= übersinnliches) Wesen nimmt, das lediglich seine physisch-irdische Grundlage mittels aufbauender Kräfte eines kosmischen Umkreises de novo aufbaut, sondern es wird aus Teilen zusammengesetzt, die schon einmal *«abgesondert vom Lebendigen»* (Steiner 1923 g) waren. In diesem Sinne sind solche Gewächse eben gar nicht neu sondern alt; bildendes Prinzip solcher gekünstelt vegetativer Kreuzungen sind *«Kräftewirkungen unter Erden einfluß»* (Steiner und Wegman 1925 b).

4.7 In-Vitro-Techniken

Dieser Überblick über die Methoden der Pflanzenzüchtung soll mit einer Kurzdarstellung heute gebräuchlicher In-Vitro-Methoden abgeschlossen werden. Der Begriff „in vitro“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „im Reagenzglas“ oder „im Laborversuch“. Seit mehr als zwei Jahrzehnten spielen In-Vitro-Kulturverfahren für den modernen Erwerbsgartenbau weltweit eine bedeutende Rolle. Eine kommerzielle Nutzung dieser Methoden erfolgt insbesondere bei der Vermehrung einer Reihe wirtschaftlich wichtiger Pflanzenarten sowie bei der Erzeugung von virus- und bakteriosefreien Mutterpflanzen; der Schwerpunkt liegt dabei deutlich im Gemüse- und Zierpflanzenbau (Neumann 1995). Die zunehmende Bedeutung der Gewebekultur ist daran zu erkennen, dass die Zahl der im „Arbeitskreis Deutsche In-vitro-Kulturen“ (ADIVK) zusammengeschlossenen, gewerblichen Laboratorien zwischen 1986 und 2000 von 14 auf 34 angestiegen ist (Preil 2001). Im gleichen Zeitraum hat sich die

Menge in-vitro-vermehrter Pflanzen in den verschiedenen Kulturen von etwa 7 auf knapp 25 Millionen Pflanzen pro Jahr mehr als verdreifacht (Abbildung 25). Zwar erscheint der Anteil von Nahrungspflanzen dabei mit etwa 18 % vergleichsweise gering, und einige Pflanzenarten werden weiter v.a. über traditionelle Verfahren vegetativ vermehrt (wie z.B. Beerenobst, Meerrettich, Kartoffel, Rhabarber oder Spargel). Dennoch wurden im Jahr 2000 immerhin ca. 4,4 Millionen Nahrungspflanzen mittels Gewebekultur vermehrt.

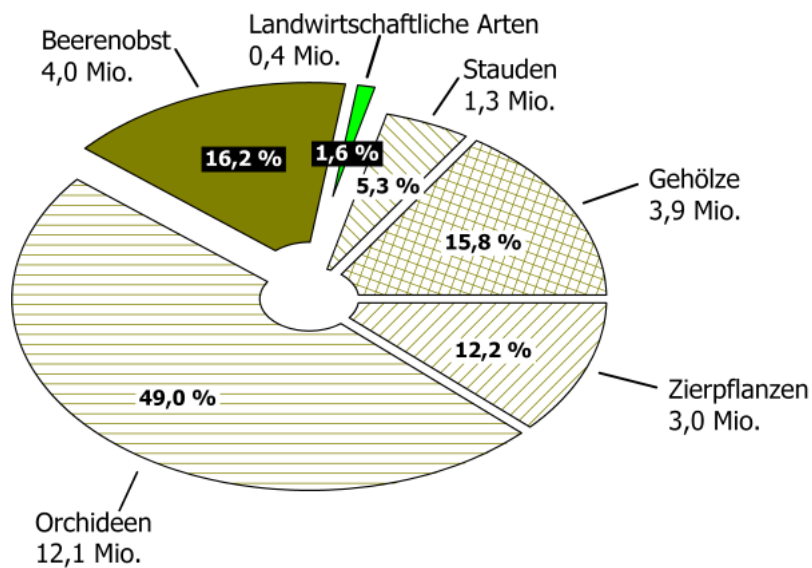


Abb. 25:
Verteilung der In-Vitro-Vermehrung in Deutschland auf Pflanzengruppen im Jahr 2000;
Umfang: 24,7 Mio. Pflanzen
(nach Preil 2001)

Oberflächlich betrachtet ist die In-Vitro-Kultur eine junge, moderne und „ganz normale“ Technik der Pflanzenvermehrung. Jedoch wird durch diese neue Methode die Konstitution der Pflanzen erheblich verändert. Dies mag für Gehölz- und Zierpflanzen unter rein anbautechnischen Gesichtspunkten unproblematisch sein, mit Blick auf Pflanzen, die der menschlichen Ernährung dienen, erscheint es jedoch problematisch. Nach Jain (2001) erfährt die Zelle durch die In-Vitro-Kultur eine „Traumatisierung“. Dieser Begriff beschreibt nach medizinischem Verständnis eine „Gewalteinwirkung in körperlicher oder psychischer Hinsicht“ (Dornblüth 1894), wobei im Alltagssprachgebrauch der Aspekt des Seelischen im Vordergrund steht. Die Bedeutung einer Veränderung von Phänotyp und Genotyp (somaklonale Variation, siehe S. 113 f) wird durch diesen Begriff allerdings nicht geklärt. Der Beitrag von Jain (2001) macht vielmehr die Hilflosigkeit der Naturwissenschaftler deutlich, dieses Phänomen der Umwelteinflüsse (hier das Labor) auf erbliche Merkmale zu verstehen. Im folgenden soll diese Technik daher näher beleuchtet werden.

Bei der herkömmlichen Weise der gärtnerischen Vermehrung von Himbeere, Kirsche und Pflaume durch Wurzelstecklinge werden Regenerationsvorgänge genutzt, die sich auch unter natürlichen Verhältnissen vollziehen könnten. Dazu gehört auch die Regeneration einer ganzen Begonie aus der Epidermiszelle eines Blatts (Abbildung 26).

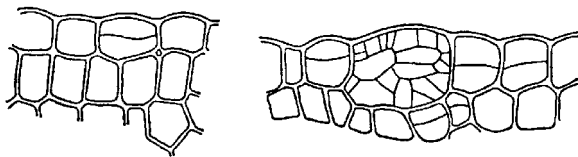


Abb. 26:

Regeneration von Begonienpflanzen aus einem isolierten Blatt. Oben: Übersicht; unten: mikroskopische Ansicht mit beginnender Regeneration aus sich teilenden Zellen der oberen Epidermis in verschiedenen Entwicklungsstadien. (Bild: Czihak et al. 1976)

Vegetativ vermehrte Tochterpflanzen sind mit der Mutter- bzw. Spenderpflanze erbgleich, sie unterscheiden sich nur bezüglich des physiologischen Alters. Die Gruppe der (untereinander gleichen aber nebeneinander unabhängig existierenden) Teilpflanzen bildet zusammen einen Klon. Zuckerrüben, Klee und viele Futtergräser sind einfach zu klonen und werden daher in der Züchtung oft auf diese Weise vegetativ vermehrt. Bei solchen Arten werden aus den Sorten jedoch wieder generativ Samen gewonnen, die der Landwirt zur Aussaat benötigt. Von Klonzüchtung spricht man erst, wenn die vegetative Fortpflanzungsweise nur ausnahmsweise durch eine sexuelle Kreuzung durchbrochen wird und die weitere Vermehrung danach wie auch der Anbau beim Landwirt wieder vegetativ erfolgt. So kann bei Apfel, Erdbeere, Kartoffel, Rebe, Zuckerrohr etc. jeder Sämling prinzipiell zu einer neuen Sorte werden (Becker 1993).

Im Fall der In-Vitro-Kultur liegt eine Form der Vermehrung vor, die auf eine einzige Pflanze, ein Organ, einen Gewebefetzen, oder im Extremfall auf eine Zelle zurückgeht, ohne dass es zur Blüten- und Samenbildung gekommen ist (siehe Übersicht in Abbildung 27). Im Gegensatz zur herkömmlichen vegetativen Vermehrung, die besonders im Bereich der Gehölze angewendet wird, „vegetiert“ die Pflanze über viele Generationen ohne Kontakt zum Boden bzw. zu einer natürlichen Umwelt.

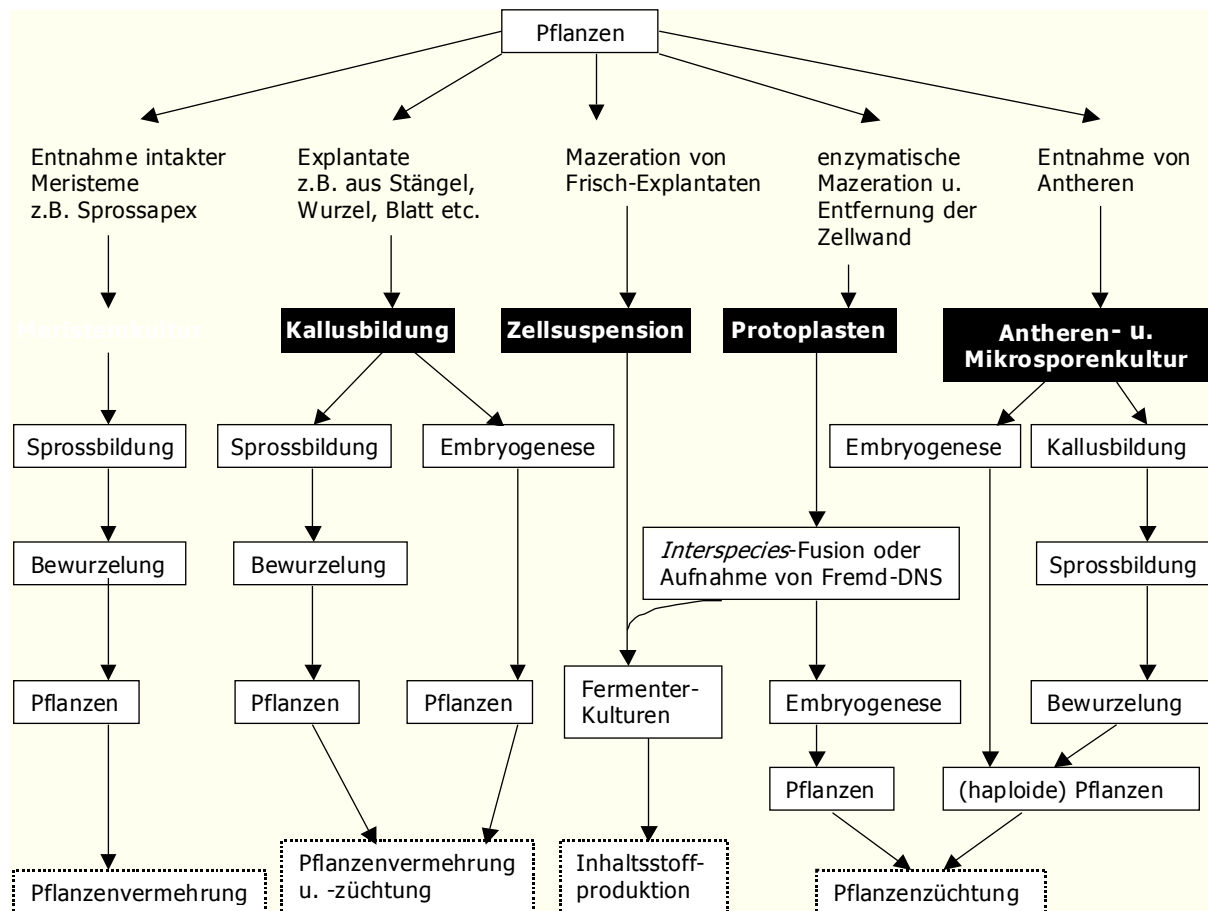


Abb. 27: Schematische Zusammenstellung verschiedener In-Vitro-Verfahren (invers dargestellt) und einige Anwendungsmöglichkeiten (gepunktete Rahmen) (nach Neumann 1995)

In-Vitro-Verfahren werden auch als Gewebekultur bezeichnet und schließen die Verwendung von isolierten Pflanzenorganen wie Embryonen, Sprossspitzen, Wurzeln, Blättern etc. genauso ein wie die Kultur von Kallus, Zellaggregaten, Einzelzellen und Protoplasten (Bajaj und Bopp 1971). Bei all diesen Methoden erfolgt eine Anzucht der Gewebeabschnitte (= Explantate) unter sterilen Bedingungen in einer flüssigen Nährlösung oder auf einem Nährboden. Dabei wird die sogenannte Totipotenz genutzt, d.h. die Eigenschaft jeder einzelnen Körperzelle, über den gesamten typischen

Anlagenbestand zu verfügen und damit aus dieser oder aus einem Teil wieder eine ganze Pflanze heranwachsen zu lassen.

Die Fähigkeit, den Organismus z.B. nach Verletzung wiederherzustellen, ist im Pflanzenreich weiter verbreitet als bei den Tieren, wo sie mit der Zunahme der Höherentwicklung zurücktritt. Die Augenlinse eines Molches, die sich innerhalb eines Monats nach der Entfernung neu bildet (Wolff'sche Linsenregeneration) oder die Extremitätenregeneration bei Amphibien sind ausschließlich bei niederen Tieren beobachtete Phänomene (Czihak et al. 1976). Daher wachsen kupierte Ruten von Hunden nicht mehr nach. Bei Säugetieren beschränkt sich die Restitution auf Wundheilung, während bei sehr einfachen tierischen Wesen wie der Hydra (vgl. Abbildung 1) Bruchstücke sogar vom zweihundertsten Teil des Körpervolumens den ganzen Organismus wieder aufzubauen vermögen (Troll 1954).

Bei Pflanzen ist „Mikrovermehrung“ über Gewebekultur ein gängiges Verfahren zur Erhaltung und Vermehrung von Gehölzen und Beerenobst geworden, insbesondere bei Himbeer- und Brombeerpflanzen. Es verbindet den Vorteil steriler Produktionsbedingungen sowohl mit einer einfacheren Planbarkeit als auch mit einer Beschleunigung des Vermehrungsprozesses und geringem Platzbedarf. In Kombination mit einer Wärmebehandlung ist die Kultur isolierter Sprossspitzen und Meristeme ein wichtiges Mittel für die Anzucht virusfreien Pflanzgutes. Dabei nutzt man das unter diesen Bedingungen schnellere Wachstum des pflanzlichen Gewebes im Vergleich zum Virus aus. Heute arbeiten zahlreiche kommerzielle Laboratorien standardmäßig mit In-Vitro-Verfahren (vgl. Abbildung 25).

Für verschiedene Pflanzenarten sind allerdings Veränderungen sowohl im Erscheinungsbild als auch in der Ertragsleistung durch die Vermehrung über Gewebekultur bekannt. So wachsen Pflanzen aus In-Vitro-Kultur meist schneller und kräftiger als Stecklingsklone (Schimmelpfeng 1983; Spethmann 1990; Preil 1997). Mit zunehmender Zahl der Vermehrungszyklen (fortgesetzte Subkulturen) treten die vegetativen Merkmale immer stärker hervor, und das gesteigerte vegetative Wachstum ist häufig mit einer Reduktion generativer Eigenschaften verbunden (z.B. reduzierte Blühbereitschaft oder verminderter Fruchtansatz; Spethmann 1997; Preil 1997). Auch wurden Unterschiede in der Bildung von Ablegern und Früchten festgestellt. Dieser Zusammenhang erinnert an die prinzipielle Wirkung einer gesteigerten Stickstoffversorgung, wie sie z.B. in Abbildung 4 (S. 10) schematisch dargestellt ist: Dort ist es der Stick-

stoff, hier ist es die In-Vitro-Passage, durch die die Pflanze in einem veränderten Verhältnis zu den vegetativen und generativen Wachstumsimpulsen steht.

Über Gewebekultur vermehrte Birken und Steinobstgewächse können „deutliche juvenile Merkmale“ zeigen, nämlich hohe Bewurzelungsraten und reduzierte Kallusbildung (Spethmann 1997). Im Gegensatz zu klassisch-gärtnerischen Methoden wie dem jährlichen Zurückschneiden von Bäumen und Sträuchern oder dem wiederholten Pfropfen auf Jungpflanzen wird bei der Gewebekultur eine „echte Rejuvenilisierung“ vermutet. Die in-vitro vermehrte Pflanze verhält sich einem jungen Sämling vergleichbar“ (Spethmann 1997). Mikrovermehrung über Gewebekultur verrückt die Pflanze also konstitutionell in Richtung einer ausgeprägten Jugendlichkeit.

Auch werden bei In-Vitro-Pflanzen immer wieder Missformen beobachtet: Himbeeren bilden oft atypische Sprosse aus dem Blattstiel und der Blattspreite, und Brombeeren zeigen einen stärkeren seitlichen Knospenaustrieb (Feucht et al. 1985; Swartz et al. 1981). Das Bild in Abbildung 28 zeigt eine Möhre, die über Gewebekulturverfahren aus somatischen Zellen regeneriert wurde. Deutlich ist das für die Art untypische Auftreten mehrerer Vegetationspunkte zu erkennen. Neumann (1995) weist darauf hin, dass bei derartigen regenerierten Möhren auch häufig Abnormitäten wie Verdrehungen und Aufspaltungen des Rübenkörpers vorkommen.

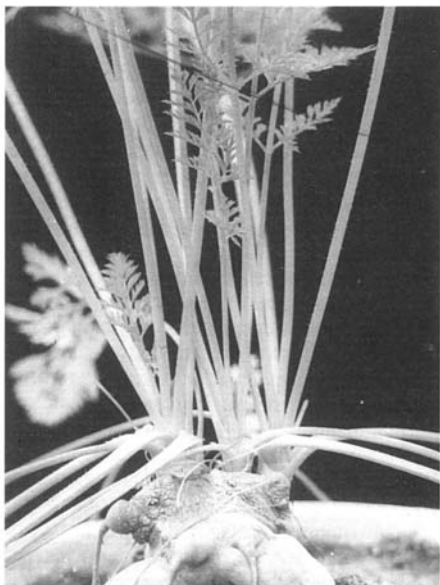


Abb. 28:
Über somatische Embryogenese gewonnene
Karottenpflanze mit mehreren Vegetationspunkten
(aus Neumann 1995)

Solche Abweichungen vom Erscheinungsbild einer gesunden Pflanze sind manchmal – wenn auch nicht immer – erblich und werden für gewöhnlich einfach als Begleiterscheinung der Bedingungen bei In-Vitro-Kulturen hingenommen. Vor allem die wiederholte Vermehrung über Gewebekultur vergrößert bei diversen Arten deren

Variationsbreite, also die Zahl von für die Linie unüblichen Typen (Jones und Murashige 1974). Insbesondere in Kallus- und Einzelzellkulturen treten verstärkt Mutationen auf, die sich z.B. in einer Änderung der natürlichen Zahl der Chromosomen äußern (Brar und Jain 1998). Diese genetische Instabilität wird als somaklonale Variation bezeichnet und heute vielfach in Zuchtprogrammen zur Erzeugung neuer Linien bewusst genutzt. Mit zunehmender Zahl der Vermehrungszyklen erhöht sich nicht nur die Anzahl mutierter Zellen, sondern es nimmt auch die Regenerationsfähigkeit des Kallus zur ganzen Pflanze ab (Myers und Simon 1999, Novak 1980, Spethmann 1997, Synowski 1981). In-Vitro-Vermehrung funktioniert also nicht immer im Sinne einer reinen Vervielfältigungstechnik einzelner Pflanzen. Ein breites Spektrum morphologischer Veränderungen infolge Gewebekulturtechnik bei Brombeeren beschreiben Swartz et al. (1983). So wurden bei den durch einmalige Gewebekultur vermehrten Pflanzen längere (76,3 gegenüber 71,8 mm) und breitere (48,5 gegenüber 44,6 mm) Blätter gefunden (Tabelle 9).

Tabelle 9: Effekte einer einmaligen Vermehrung per Gewebekultur (GK) gegenüber Standardverfahren mit Stecklingen (S) sowie fortgesetzten Subkultivierens auf verschiedene Eigenschaften von Brombeeren (zusammengestellt nach Swartz et al. (1981/83)).

	einmalige GK-Vermehrung im Vergleich zu Stecklingen	fortgesetzte GK-Vermehrung ¹
Blattlänge	↗ ²	↗
Blattbreite	↗	↗
Trieblänge insgesamt	↗	↘
Länge des Haupttriebes	↗↗	0
Einheitlichkeit ³	↗	0
Zahl der Haupttriebe ⁴	↗	0
Zahl der Seitentriebe	↗	↘
Blüten je Blütenstand	0	0
Blütenstände je m Haupttrieb	↗	↘
Fruchtertrag je Pflanze ⁵	0 / ↗↗	↘ / 0
Ø Fruchtgewicht ⁵	↘ / ↘	↘ / 0

¹: Merkmalsausprägung bei Pflanzen, die das 6. und 7. Mal in Folge über Gewebekultur vermehrt wurden, gegenüber 5maligem Subkultivieren

²: ↗: verstärkte Merkmalsausprägung bei Gewebekultur-Vermehrung im Vergleich zur Standardmethode mittels Stecklingen bzw. bei fortgesetzt über Gewebekultur vermehrten Pflanzen;

↗↗: erhebliche Verstärkung;

0: keine Änderung;

↘: verringerte Ausprägung

³: bestimmt anhand des Variationskoeffizienten der Längen aller Triebe einer Pflanze

⁴: nach Wiederaustrieb im zweiten Anbaujahr (in Boden)

⁵: Ergebnisse aus der 1. und der 2. Anbausaison; 1 / 2

Auch die Blätter der Pflanzen aus der 6. und 7. Subkultur waren größer als diejenigen der lediglich fünfmal subkultivierten Pflanzen. Darüber hinaus zeigten alle via Gewebekultur vermehrten Pflanzen im Verhältnis zu den herkömmlich vegetativ vermehrten Pflanzen ein stärkeres Wachstum der Ruten. Das Triebwachstum war homogener (kleinerer Variationskoeffizient), die Zahl der Seitentriebe war erhöht. Im Gegensatz dazu führte fortlaufende Subkultur zu verminderter Sprossbildung; dies galt für die Sprosslänge insgesamt, jedoch besonders für die Zahl der Seitentriebe.

Offenbar wird das (vegetative) Wachstum der Pflanzen durch die In-Vitro-Phase zunächst gesteigert und erschöpft sich bei fortgesetzter Subkultur. Der ertragssteigernde Wachstumsschub ist also – wie bei der Heterosiszüchtung der Hybriden – oft nur in der F₁-Generation vorhanden. Die in Tabelle 9 dargestellten Ergebnisse deuten sogar darauf hin, dass sich – abgesehen von den Blattparametern – bei fortgesetzter In-Vitro-Vermehrung die Effekte entweder wieder verlieren oder gar unter das Ausgangsniveau absinken. Dies wird auch an den Merkmalen von Blüte und Frucht deutlich: Während z.B. die Anzahl Blütenstände je Meter Haupttrieb und der Fruchtertrag je Pflanze durch einmalige Gewebekultur gesteigert wurde, führte mehrmalige Gewebekultur zu Pflanzen mit verringerter Anzahl Blütenständen und folglich zu niedrigeren Fruchterträgen je Pflanze. Das Gewicht der einzelnen Früchte war in beiden Anbaujahren bei den einmalig durch Gewebekultur vermehrten Pflanzen reduziert, häufigere Subkultivierung resultierte lediglich in der ersten Saison in kleineren Früchten; in der zweiten Saison war dieser Effekt nicht zu erkennen. Es wäre denkbar, dass die Gewebekultur-Pflanzen durch die In-Vitro-Kultivierung zunächst „Wachstumskraft“ anhäufen und diese dann beim Auspflanzen ins Freiland, also bei der Rückkehr zur Bodenkultur, in Ertrag umsetzen. Demgegenüber sind die Subkulturpflanzen, die über mehrere Generationen keinen Kontakt mit dem Erdboden haben, in der ersten Saison stark geschwächt. Das einzige, was sie in gesteigerter Form ausbilden, sind übergroße Blätter. Wenn diese Pflanzen wieder in Boden wachsen und sich erholen haben, gedeihen sie im zweiten Anbaujahr allerdings wieder und können Fruchternten auf dem hohen Niveau der einmalig in-vitro-vermehrten Pflanzen bringen.

Es bleibt festzuhalten, dass allein der Eingriff In-Vitro-Kultur zu einer merklichen Steigerung des Massenwachstums führen kann, insbesondere im Blattbereich. Dieses forcierte Wachstum verschiebt die Pflanzen in dieselbe Richtung, wie es für minera-

lich gedüngte Pflanzen bekannt ist. Wenn diese Kräfte, die dem Wachstum der ganzen Pflanze zugrunde liegen, dem Menschen über die Nahrung vermittelt werden, dann ist ein negativer Einfluss auf das Kräftegleichgewicht des Menschen zu vermuten (Hagel 1992): Durch übermäßiges Hereinwirken von (vegetativen) Wachstumskräften über den Nahrungsstrom könnten im Menschen (unter Schwächung des Willenspols) einseitig die vom Kopf ausgehenden Wachstumskräfte gestärkt werden. Diese ergeben aber in ihrer Umwandlung nach Beendigung der den Leib plastizierenden Tätigkeit *«gewöhnliches Bewußtsein»* (Steiner und Wegman 1925 a). Das heißt, das unlebendige, leibgebundene Denken wird gestärkt. Auf diese Weise wäre die geistig-seelische Entwicklung des Menschen und dessen Entwicklung einer spirituelle Aktivität gefährdet.

4.8 Synthetisches Saatgut

Eine weitere Steigerung der In-Vitro-Methoden stellt synthetisches Saatgut aus somatischen Embryonen dar. Hierbei handelt es sich jedoch nicht mehr – wie z.B. noch bei der Hybridzüchtung – um eine Methode der Pflanzenzüchtung sondern um ein Laborverfahren zur massenhaften Produktion von samenähnlichen Pflanzenabkömmlingen. Tatsächlich entsteht Pflanzgut über eine vegetative Vermehrung. Es handelt sich also nicht um echte Samen, die über Blüten- und Fruchtbildung entstanden sind. Daran ändert auch der in Abbildung 29 illustrierte Aufbau in Embryoid, Alginat-Einbettung und fester Abschlußhülle nichts, die die Funktionen der im natürlichen Samen vorhandenen Elemente Embryo, Endosperm (=Nährgewebe) und Samenschale imitieren sollen (Fiegert et al. 2001).

Der Embryo für den neuen Pflanzenkeim wird vegetativ aus gewöhnlichen Zellen des Pflanzengewebes gebildet also unter Umgehung von Blüh- und Bestäubungsprozessen. Aus künstlichem Saatgut gewachsene Pflanzen sind demzufolge lediglich „ausgewachsene“ somatische Embryonen der „Spenderpflanze“ und damit Klone, also nichts weiter als zeitverzögert wachsende, isolierte Sprosse ein und derselben Pflanze. Damit sind für die Saatgutunternehmen praktische Vorteile verbunden, wie z.B. die rasche Vermehrung von Arten mit langer Vegetationsdauer (Gehölze) oder jeder anderen Pflanze unabhängig von Fruchtansatz und Erntezeit. Auch eine klonale Vermehrung von Hybridkombinationen wird dadurch möglich. Diese Option bedeutet eine weitere Steigerung der Uniformität von solchen aus synthetischem Saatgut

hervorgehenden Pflanzen und obendrein einen trickreichen Ausweg, die Heterosis im Gegensatz zu den auf S. 94 beschriebenen Grundlinien der Pflanzenzucht doch noch fixieren zu können.

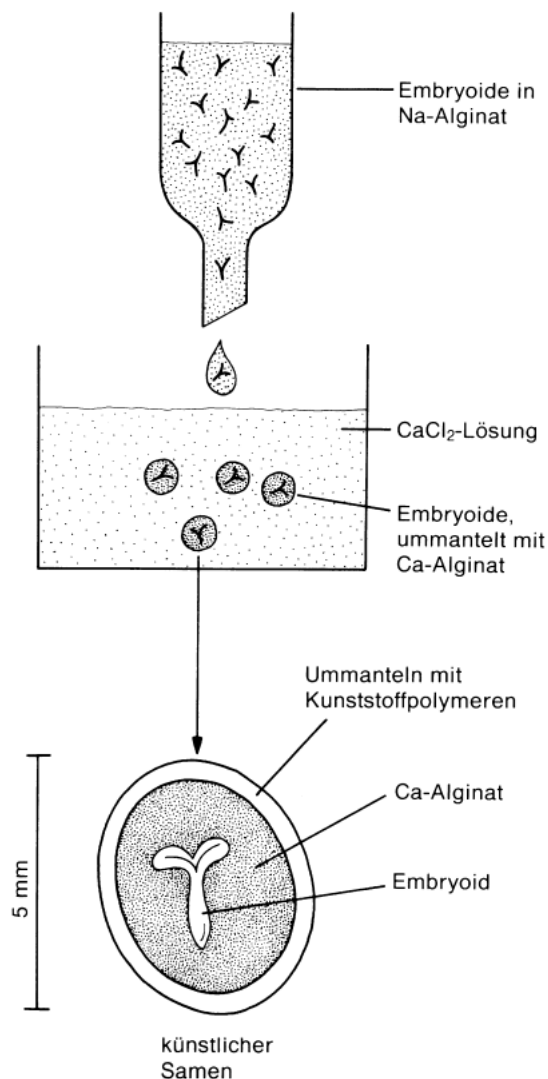


Abb. 29:

Erzeugung künstlichen Saatguts aus „somatischen Embryonen“; die embryoartigen Strukturen werden aus einer natriumhaltigen Suspension in eine Calciumchlorid-Lösung getropft. Es bilden sich gelartige, klebrige Ca-Alginat-Komplexe um die Embryoide herum. Um eine maschinelle Aussaat zu ermöglichen, werden diese Kügelchen mit einer harten, wasserabweisenden Schicht aus Kunststoffpolymeren überzogen.
(Quelle: Heß 1992)

Schon bei vielen hundert Kultur- und Nutzpflanzenarten ist es gelungen, synthetisches Saatgut herzustellen (Steiner 2001). Es hat zwar bisher hauptsächlich erst bei Zierpflanzen- und Ziergehölzen Eingang in die Praxis gefunden (Steiner und Kruse 2000), aber die Ergebnisse jüngerer Veröffentlichungen geben Anlass zu der Vermutung, dass auch bei Kartoffeln, Möhren und anderen Kulturpflanzenarten in einigen Jahren die Erzeugung künstlichen Saatguts praxisreif ist (Patel et al. 2000).

Im Gegensatz zur vegetativen Vermehrung von Kartoffeln (Sprossknollen) oder Himbeeren (Stecklinge) verläuft die Erzeugung von künstlichem Saatgut definitionsgemäß nicht im Boden eines Ackers sondern in der technischen Umwelt des Labors. Solch ein „Ortswechsel“ vom Feld ins Labor liegt natürlich auch in vielen anderen Be-

reichen der heutigen Pflanzenzüchtung vor (z.B. CMS-Integration durch Protoplastenfusion, Meristemkultur zur Virusfreimachung von Pflanzgut, Kalluskultur zur Induktion somaklonaler Variation), und lässt im Zusammenhang mit den Manipulationen im Fortpflanzungsbereich diese Techniken sehr fragwürdig erscheinen.

5 Zusammenfassung

Wachstum und Fortpflanzung der Pflanze werden von der Naturwissenschaft reduktionistisch als Ergebnis der verschiedenen botanischen und physiologischen Einzelfunktionen dargestellt und in dieser Weise für das Wirtschaftsleben handhabbar gemacht. Pflanzenzüchtung und -vermehrung sowie Landwirtschaft und Gartenbau nutzen dieses Ergebnis in sehr fragwürdiger Weise (Hybridzüchtung, Klonierung, Protoplastenfusion); dabei machen auch der Ökologische und der biologisch-dynamische Landbau keine Ausnahme. Von den Ergebnissen dieser Entwicklung ist der Mensch durchaus betroffen, da er sich von den so erzeugten Produkten ernähren muss. Um dieses Problem unter größeren geistigen Gesichtspunkten als den gewöhnlichen naturwissenschaftlich-ökologischen zu behandeln, werden in der vorliegenden Arbeit Phänomene dargestellt, die im Zusammenhang mit Ausführungen Rudolf Steiners zu diesem kontroversen Thema eine Beurteilungsgrundlage liefern.

Die Aussage Rudolf Steiners, wonach Wachstum und Fortpflanzung ideell als zusammengehörig zu betrachten sind, bestätigte sich anhand der Phänomene immer wieder. So verändert eine erhöhte Stickstoffversorgung, die eine verstärkte vegetative Massebildung der Pflanze induziert, auch den generativen Bereich der Pflanze: verzögerte Blüte, geringere Blühwilligkeit und sogar Verweiblichung können die Folge sein. Verweiblichung (im Extrem heißt das das Auftreten von männlich sterilen Blüten) zusammen mit einem gesteigerten Längenwachstum tritt als Folge eines Defizits der Pflanze an Kupfer, Licht und Wärme auf. Die bei der Hybridzüchtung zur Steigerung des Massenertrages erfolgte Einführung männlicher Sterilität ist demnach als gravierender Defekt der Pflanzen zu betrachten. Besonders mit Blick auf die Wärme wurden die möglichen negativen Folgen einer derartigen züchterischen Konstituierung von Nahrungspflanzen für den Menschen diskutiert.

Nach materialistischem Verständnis werden Sonne, Mond und die Planeten (der Kosmos) lediglich als tote Himmelskörper und das Leben rein als Ergebnis der Selbstorganisation von Molekülen angesehen. Diese Auffassung steht in völligem Gegensatz zu den geistigen Perspektiven der Anthroposophie. Nimmt man die Beschreibungen Rudolf Steiners ernst und wendet sie auf die sogenannten modernen Labormethoden an, dann verhindert deren Anwendung die notwendige Neuprägung der Nahrungspflanze aus dem Kosmos mit den entsprechenden Folgen für den Menschen.

An der Entwicklung der Pflanzenzüchtungsmethoden können die Veränderungen im Umgang mit der Pflanzenwelt abgelesen werden. Bei den bäuerlichen Selektionsarbeiten stand noch die Beobachtung ganzer Pflanzen im Vordergrund, von denen unterschiedliche Typen aus größeren Beständen einer natürlichen Umgebung ausgewählt wurden. Von der Entdeckung der Mendelschen Regeln und den damit verbundenen Erkenntnissen über die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung einzelner Merkmale bis zur angewandten Genetik wendete sich der Blick des Menschen immer mehr von der ganzen wachsenden Pflanze ab und den in ihr verborgenen Erbfaktoren zu. Schließlich fokussierte die Pflanzenzüchtung fast nur noch Einzelmerkmale und deren „Vererbungs-Mechanismus“. Die Anwendung dieses Ansatzes führte u.a. zu immensen Ertragssteigerungen, besonders durch die Hybridzüchtung.

Mit der Entwicklung der In-Vitro-Methoden, die auf der beeindruckenden Fähigkeit der „Omnipotenz der Zelle“ basieren, dürfte dann der Blick für die „Pflanze als Ganzes“ komplett verloren gegangen sein. Isolierte Phytohormone ersetzen die lebendig-organische Wirkung der Pflanze in ihrem kosmisch-irdischen Umkreis, und durch die Kultivierung beliebiger Gewebeteile wurde die Bildung ganzer neuer Pflanzen im Labor ohne Kontakt mit dem Boden möglich. Die Manipulationen fanden mehr und mehr direkt auf der Ebene der für die Fortpflanzung vorgesehenen Organe statt: Fruchtknoten, Antheren, Embryonen, DNA-Techniken. Die Überwindung der natürlich veranlagten Selbstinkompatibilität bei Fremdbefruchtern und die Einführung raffinierter Kastrationsmethoden wie der cytoplasmatisch-kerngenetischen Sterilität (CMS), zur Erhöhung der Fremdbefruchtungsrate wurden zu zentralen Werkzeugen der heutigen Pflanzenzucht. Bei der Protoplastenfusion und der Erzeugung von synthetischem Saatgut werden die Prozesse der Frucht- und Samenbildung völlig umgangen.

Bei unvoreingenommener Betrachtung der hier beschriebenen Entwicklungen entsteht der Eindruck einer immer stärkeren Technisierung der Pflanzen. Skeptisch sollte auch der Trend zur „Vegetativisierung“ in Richtung „jung“ und „wüchsig“ stimmen. Und schließlich werden die Pflanzen durch die geschilderten Verfahren vom natürlich vorgesehenen Auffrischungsstrom des Kosmos abgeschnitten. Diese massiven Manipulationen im Fortpflanzungsgeschehen erscheinen gerade bei Nahrungspflanzen vor dem Hintergrund der Hinweise Rudolf Steiners äußerst zweifelhaft. Auf diese Weise gezüchtetes Saatgut wird daher als nicht geeignet betrachtet zur Erzeugung von Nahrung aus biologisch-dynamischem Anbau.

6 Literatur

- Agraval, A.A., C. Laforsch und R. Tollrian (1999): Transgenerational induction of defences in animals and plants. *Nature* 401 (September 2nd), 60-63.
- Agraval, A.A., J.K. Conner, M.T.J. Johnson und R. Wallsgrave (2002): Ecological genetics of an induced plant defense against herbivores: additive genetic variance and cost of phenotypic plasticity. *Evolution* 56 (11), 2206-2213.
- Ainsworth, Ch. (2000): Boys and Girls come out to play - The Molecular Biology of Dioecious Plants. *Annals of Botany* 86, 211-221.
- Amberger-Ochsenbauer, S. (1996): Düngung und Haltbarkeit von *Topfphalaenopsis*. URL: <http://www.fh-weihenstephan.de/va/infos/versuchsberichte/pe/pe-96-01.html> {17.01.2002}.
- Anonym (2003): Goodbye Dolly... and friends? –Editorial– *The Lancet* 361 (9359), 711.
- Anonym (2004): Hintergründe – Pflanzenzüchtung zum Thema machen. In: Bingenheimer Saatgut AG [Hrsg.]: *Saatgutkatalog 2005*, 58-59.
- Anonym (2005): Erstmals haben Wissenschaftler ein Rennpferd geklont – Mehrfach preisgekrönter Rotschimmel wurde in seinem künstlich erzeugten Zwilling wiedergeboren. *Die Welt* vom 15. April.
- Arncken, Chr. (2005): Passt Hybridroggen zum Biolandbau? *Bio aktuell* (2), 8-10.
- Arncken, Chr. und H. Dierauer (2005): Hybridsorten im Bio-Getreide? Perspektiven und Akzeptanz der Hybridzüchtung für den Bio-Anbau. *Schlussbericht Biosaatgutprojekt 1.4*, 35 S.
- Atal, C.K. (1959): Sex reversal in hemp by application of gibberellin. *Current Science* 28, 408-409.
- Bajaj, Y.P.S. und M. Bopp (1971): Gewebekulturen in der Angewandten Botanik. *Angewandte Botanik* 45 (3/4), 115-151.
- Balzer-Graf, U. (1996): Untersuchung der Vitalqualität von Lebensmitteln - Beurteilung von Roggenproben Anbaujahr 1993/94. Bericht zur Untersuchung im Auftrage von K.-J. Müller, Wetzikon {24.07.96} unveröffentlicht.
- Balzer-Graf, U. (2001): Vitalqualität - Qualitätsforschung mit bildschaffenden Methoden. *Ökologie & Landbau* 117, 22-24.
- Barham, W.S. und M.H. Munger (1950): The stability of male sterility in onions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 56, 401-409.
- BDP - Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter (2001): Entwicklung der Pflanzenzüchtung. URL: <http://www.bdp-online.de/zuecht2.htm> {24.11.2001}.
- Becker, H. (1993): *Pflanzenzüchtung*. UTB Ulmer, Stuttgart, 321 S.
- Beyeler, C. (2005): Danke Hybridroggen. *Bio aktuell* (2), 11.
- Boller, B., F.X. Schubiger und P. Tanner (2003): Kann der biologische Landbau auf tetraploide Gras- und Kleesorten verzichten? *Schriftenreihe der FAL* (45), 12-18.
- Brar, A.J. und S.M. Jain (1998): Somaclonal variation: mechanism and applications in crop improvement. In: S.M. Jain, D.S. Brar und B.S. Ahloowalia (eds.): *Somaclonal Variation and Induced Mutations in Crop Improvement*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 15-37.
- Brežnev, D.D. (1963): Ein Beitrag zur Heterosis bei Gemüsekulturen. *Der Züchter* 33 (4), 134-138.

- Carlsen, E., A. Giwerzman, N. Keiding und N.E. Skakkebaek (1992): Evidence for decreasing quality of semen during past 50 years. *British Medical Journal* 305, 609-613.
- Cordero, R.E. und J.E. Gunkel (1982): The effects of acute and chronic Gamma Irradiation on *Lupinus albus* L. *Environmental and Experimental Botany*, 22, 105-137.
- Cramer, F. (1999): Lebendiges gegen Totes – können wir biologisch-medizinische Forschung mit physikalischen Methoden und Denkweisen treiben? Vortrag am 6.12.1999 an der Universität Konstanz.
URL: http://www.mpiem.gwdg.de/User/Cramer/votr_konst.html {26.04.2001}.
- Crisp, P. und D. Astle (1985): Genetic resources in vegetables. In: Russel, G.E. [ed.]: *Progress in Plant Breeding* Vol. 1, 281-310.
- Dahm, R. (2004): Das Molekül aus der Schlossküche. *MaxPlanckForschung* (1), 50-55.
- Doolittle, W.F. (2000): Stammbaum des Lebens. *Spektrum der Wissenschaft* (4), 52-57.
- Dornblüth, O. (1998): *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*. De Gruyter, Berlin New York, 258. Auflage, 1741 S.
- Earle, E.D. und V.E. Gracen (1974): Somaclonal Variation in Progeny of Plants from Corn Tissue Cultures. In: Henke, R.R., K.W. Hughes, M.J. Constantin und A. Hollaender [eds]: *Proceedings of the Third Tennessee Symposium on Plant Cell and Tissue Culture "Tissue Culture in Forestry and Agriculture"* 32, 139-126.
- Elers, B. (2003): Vergleich von Hybriden und Populationssorten bei Lagerweißkohl unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus. *Landinfo* (4), 62-64.
- Elers, B. (2005): Jahresbericht 2003/04 Arbeitsgruppe Agrarökologie / Ökologischer Landbau an der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen, 54 S.
- Erickson, E.H. und C.E. Peterson (1979): Asynchrony of Floral Events and Other Differences in Pollinator Foraging Stimuli between Fertile and Male-sterile Carrot Inbreds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (5), 639-643.
- Feucht, W., P.P.S. Schmid, H. Schimmelpfeng, Ch. Theiler-Hedtrich und A. Schmitt (1985): In vitro vermehrte Himbeeren im Großversuch: Abweicherquote vom Sortentypus von 0,68 % und Enzym-Muster der atypischen Früchte. *Erwerbsobstbau* 27, 167-169.
- Feuerhahn B. und H.-H. Jesch (2001): Regeneration adulter *Malus*-Unterlagen. *Erwerbsobstbau* 43, 77-85.
- Fiebert, A.-K., G. Mix-Wagner und K.-D. Vorlop (2001): Untersuchungen zur Entwicklung einer künstlichen Samenhülle für vegetatives Saatgut auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. In: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft – FAL [Hrsg.]: *Jahresbericht 2000*. 93.
- Finck, A. (1978): Düngung und Nahrungsqualität in unterschiedlichen Anbausystemen. In: VDLUFA [Hrsg.]: *Düngung Umwelt Nahrungsqualität – 90. VDLUFA-Kongreß Augsburg; Vorträge zum Generalthema: Düngen wir richtig? Sonderdruck Landwirtschaftliche Forschung*, 122-132.
- Fleck, M., F. Sikora, C. Rohmund, M. Gränzdörffer, P. von Fragstein und J. Heß (2002): Samenfeste Sorten oder Hybriden – Untersuchungen an Speisemöhren aus einem Anbauvergleich an zwei Standorten des Ökologischen Landbaus. *Deutsche Gesellschaft für Qualitätsforschung (Pflanzliche Nahrungsmittel) e.V. XXXVII. Vortragstagung, Hannover*, 167-172.
- Fleck, M., F. Sikora, M. Gränzdörffer, C. Rohmund, E. Kölsch, P. von Fragstein und J. Heß (2001 a): Samenfeste Sorten oder Hybriden - Anbauvergleich von Möhren unter den Verhältnissen des Ökologischen Landbaus. In: Reents, H.J. [Hrsg.]: *Beiträge zur 6.*

- Wissenschaftstagung zum Ökologischen Land- und Gartenbau, Freising-Weihenstephan, 253-256.
- Fleck, M., P. von Fragstein und Niemsdorff und J. Heß (2003): Keimgeschwindigkeit, Triebkraft, Feldaufgang und Ertrag von Speisemöhren in Reaktion auf Zuchtmethode und Samengröße. In: Freyer, B. [Hrsg.]: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien, 169-172.
- Fleck, M., P. von Fragstein, J. Fleckenstein, S. Haneklaus und I. Hagel (2001 b): Gehalte an Makro- und Mikroelementen sowie Zuckern in Speisemöhren aus der biologisch-dynamischen und konventionellen landwirtschaftlichen Praxis. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 13, 164-165.
- Flitner, M. (1997): Sammler, Räuber und Gelehrte – Die politischen Interessen an pflanzen-genetischen Ressourcen 1895-1995. Campus Verlag Frankfurt/Main New York, 336 S.
- Foroughi-Wehr, B. und G. Wenzel (1993): Andro- and parthogenesis. In: Hayward, M.D., N.O. Bosermark und I. Romagosa [eds.]: Plant Breeding – Principles and Prospects. 261-277.
- Frankel, R. und E. Galun (1977): Pollination Mechanisms, Reproduction and Plant Breeding. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 281 S.
- Friedt, W. (1995): Strahlenschäden. In: Hock, B. und E.F. Elstner [Hrsg.]: Schädwirkungen auf Pflanzen - Lehrbuch der Pflanzentoxikologie. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford, dritte überarbeitete Auflage, 393-417.
- Fuchs, N. (2001): Wege zur unbedingten Qualität – ein Streiflicht aus der Klausurtagung vom September 2001. In: Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise [Hrsg.]: Jahresbericht des 2001, 1-2.
- Galun, E. (1959 a): The role of auxins in sex expression in cucumber. *Physiological Plantarum* 12, 48-61.
- Galun, E. (1959 b): Effects of gibberellic acid and naphthaleneacetic acid on sex expression and some morphological characters in the cucumber plant. *Phyton* 13, 1-8.
- Geisler, G. (1988): Pflanzenbau, ein Lehrbuch – Biologische Grundlagen und Techniken der Pflanzenproduktion. Verlag Paul Parey Berlin Hamburg, zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage, 530 S.
- Glöckner, D., K. Gacvert und J. Kleinstein (1998): Declining sperm quality in men of childless couples. *Andrologia* 30, 55.
- Graham, R.D. (1975): Male sterility in wheat plants deficient in copper. *Nature* 254, 514-515.
- Haas, G. (2002): Stickstoffeffizienz von Winterroggensorten im Organischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14, 251-252.
- Hagel, I. (1992): Warum Lebensmittel in DEMETER-Qualität – Ein Beitrag zum Problem der mineralischen Stickstoffdüngung im Hinblick auf die Ernährungsqualität der erzeugten Produkte. Sonderdruck aus Lebendige Erde 1992, Nr. 4, 5 und 6.
- Hagel, I. (2001a): Kosmische und irdische Aspekte zur Entwicklung eines menschenkundlich orientierten Leitbildes zur Nahrungsqualität. In: Reents, H. J. [Hrsg.]: Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6.-8. März 2001, Freising-Weihenstephan, 55-58.
- Hagel, I. (2001b): Zur Anbauwürdigkeit von Hybriden im biologisch-dynamischen Landbau. *Lebendige Erde* (6), 36-39.
- Hagel, I. (2001c): Zwischen Kosmos und Erde. 2. Verlust an Nahrungsqualität durch Hybrid-saatgut. *Das Goetheanum* (47), 867-869.

- Hagel, I. (2002): Zum biologisch-dynamischen Forschungsansatz – Nur philosophisches Beiwerk oder Erkenntnisbedingung einer Wissenschaft vom Leben? *Lebendige Erde* (5), 41-43.
- Hagel, I., D. Bauer, S. Haneklaus und E. Schnug (2000): Quality Assessment of Summer and Autumn Carrots from a Biodynamic Breeding Project and Correlations of Physico-Chemical Parameters and Features Determined by Picture Forming Methods. In Alföldi, Th., W. Lockeretz und U. Niggli [eds.]: *Proceedings 13th International IFOAM Scientific Conference*, IOS press, Zürich, 284-287.
- Hauser, R., Z. Chen, L. Pothier, L. Ryan und L. Altshul (2003): The Relationship between Human Semen Parameters and Environmental Exposure to Polychlorinated Biphenyls and p,p'-DDE. *Environmental Medicine* 111 (12), 1505-1511.
- Heine, H. (2000): Wertprüfung von Dauermöhrensornten an fünf Standorten in Deutschland. *Gemüse* (9), 15-17.
- Heslop-Harrison, J. (1956): Auxin and sexuality in *Canabis sativa*. *Physiological Plantarum* 4, 588-597.
- Heslop-Harrison, J. (1961): The experimental control of sexuality and inflorescence structure in *Zea mays*. *Proc. Linn. Soc. London* 172, 108-123.
- Heß, D. (1992): *Biotechnologie der Pflanzen – eine Einführung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 286 S.
- Hof, C. und R. Rauber (2003): Fertigen einer Broschüre zum Anbau von Gemengen für die Praxis des Pflanzenbaus im ökologischen Landbau. In: BLE [Hrsg.] (2003): *Schlussbericht des Forschungsprojektes 10/02OE221*, 38 S.
- Hoffmann, W., A. Mudra und W. Plarre (1971): *Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. Band I - Allgemeiner Teil. Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 295 S.
- Hubert, S. (2005): Unterschiede zwischen Populationssorten und Hybriden bei Spinat unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Diplomarbeit Hochschule für Wirtschaft und Umwelt, Nürtingen, 82 S.
- Imani, J., A. Berting, S. Nitsche, S. Schäfer, W.H. Gerlich und K.-H. Neumann (2002): The integration of a major hepatitis B virus gene into cell-cycle synchronized carrot cell suspension cultures and its expression in regenerated plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 71, 157-164.
- International Atomic Energy Agency – IAEA (2001): *Annual Report 2000*, URL: <http://www.iaea.org/worldatom/Documents/Anrep/Anrep2000/{3.7.2002}>.
- Ito, H. und T. Saito (1960): Factors responsible for sex expression of cucumber plant. XII. Physiological factors associated with the sex expression of flowers. *Tohoku J. Agr. Res.* 11, 278-308.
- Izahr, S. (1975): The timing of temperature effect on microsporogenesis in cytoplasmatic male sterile *Petunia*. *J. Heredity* 66, 313-314.
- Jacobs, M., I. Negruiti, R. Dirks und D. Cammaerts (1987): Selection Programs for isolation and analysis of mutants in plant cell cultures. In: Green, C.E., D.A. Somers, W.P. Hackett und D.D. Biesboer [eds.]: *Plant Tissue and Cell Culture*. Alan R. Liss Inc., New-York, 243-264.
- Jain, S.M. (2001): Tissue culture derived variation in crop improvement. *Euphytica* 118, 153-166.

- Jones, J.B. und T. Murashige (1974): Tissue culture propagation of *Aechmea fasciata* Baker and other bromeliads. Procs. Intern. Plant Prop. Soc. 24, 117-126.
- Juhler, R.K., S.B. Larsen, O. Meyer, N.D. Jensen, M. Spanò, A. Giwerzman und J.P. Bonde (1999): Human Semen Quality in Relation to Dietary Pesticide Exposure and Organic Diet. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 37, 415-423.
- Kirchgaesser, U. (2005): Intervall-Versuche in Bingenheim. In: Kultursaat e.V. [Hrsg.]: Vereinsnachrichten Herbst/Winter 2005/06, 13-15.
- Koop, H.U. und H.G. Schweiger (1985): Regeneration of plants after electrofusion of selected pairs of protoplasts. European Journal Cell Biology 39, 46-49.
- Krähmer, R. und B. Sattelmacher (1997): Einfluß steigender Stickstoffgaben auf den Kupferernährungszustand von Getreide. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 160, 385-392.
- Krähmer, R. und B. Sattelmacher (1999): Kritische Kupferkonzentrationen für vegetatives und generatives Wachstum bei unterschiedlicher Stickstoffversorgung bei Getreide. In: VDLUFA [Hrsg.]: Düngung und Nahrungsqualität - 111. VDLUFA-Kongreß Halle/Saale 1999 Vorträge zum Generalthema Richtwerte, Vorsorgewerte und Grenzwerte - Bedeutung für Landwirtschaft, Ernährung und Umwelt, VDLUFA-Schriftenreihe 52, 227-230.
- Kuckuck, H. (1972): Grundzüge der Pflanzenzüchtung. Sammlung Götschen Band 7134, Walter de Gruyter Berlin New York, vierte neubearbeitete und erweiterte Auflage, 260 S.
- Kühne, S. und B. Friedrich [Hrsg.] (2002): Hinreichende Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln im ökologischen Landbau, Saat- und Pflanzgut für den ökologischen Landbau. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt 95, 178 S.
- Kutschera, U. (1995): Kurzes Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden, 435 S.
- Laibach, F. und F.J. Kribben (1949): Der Einfluss von Wuchsstoff auf die Bildung männlicher und weiblicher Blüten bei einer monözischen Pflanze (*Cucumis sativus*). Ber. deut. Botan. Gesell. 62, 53-55.
- Lelley, T., M. Stachel, H. Grausgruber und H. Vollmann (1999): Neues über den Ursprung des Brotweizens. Bericht über die 50. Arbeitstagung 1999 der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, BAL Gumpenstein, 23-25. November 1999, 45-48.
- Lewin (1991): Gene – Lehrbuch der molekularen Genetik. VCH-Verlagsgesellschaft, Weinheim New York Basel Cambridge, zweite Auflage, 901 S.
- Linder, H. [Begr.] (1948): Linder Biologie - Lehrbuch für die Oberstufe. 19. neubearbeitete Auflage 1983, 468 S.
- Melchers, G., M.D. Sacristan und A.A. Holder (1978): Somatic hybrid plants of potato and tomato regenerated from fused protoplasts. Carlsberg research communications 43, 203-218.
- Mengel, K. (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. Gustav Fischer Verlag, Jena, 466 S.
- Mohr, H. und P. Schopfer (1985): Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, 608 S.
- Müller, H.J. (1927): Artificial transmutation of the gene. Science 66, 84-87.
- Müller, K.J. (1996): Winterroggen: Hybrid- oder Populationssorten? Lebendige Erde (3), 209-218.

- Myers, J.M. und P.W. Simon (1999): Regeneration of garlic callus as affected by clonal variation, plant growth regulators and culture conditions over time. *Plant Cell Reports* 19, p. 32-36.
- Neumann, K.H. (1995): Pflanzliche Zell- und Gewebekulturen. (UTB) Ulmer Verlag, Stuttgart. 304 S.
- Nieuwhof, M. (1975): Stand und Aussichten der Hybridzüchtung bei Kohlgewächsen, Zwiebeln und Möhren. *SAFA-Saatgutwirtschaft* 27, Sonderheft 11, 439-443
- Nitsch, J., E.B. Kurtz, J.L. Lievermann und F.W. Went (1952): The development of sex expression in *Cucurbit* Flowers. *Am. J. Botany* 39, 32-43.
- Novak, F.J. (1980): Phenotype and status of plants regenerated from callus cultures of *Allium sativum* L. *Z. Pflanzenzücht.* 84, 250-260.
- Oliva, A., A. Spira und L. Multigner (2001): Contribution of environmental factors to the risk of male infertility. *Human Reproduction* 16 (8), 1768-1776.
- Patel, A.V., I. Pusch, G. Mix-Wagner und K.D. Vorlop (2000): A novel encapsulation technique for the production of artificial seeds. *Plant Cell Reports* 19, 868-874.
- Pfeiffer, E. (1977): Rudolf Steiners landwirtschaftlicher Impuls. In: M.J. Krück von Poturzyn [Hrsg.]: Wir erlebten Rudolf Steiner – Erinnerungen seiner Schüler. Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart. fünfte Auflage, 169-187.
- Power, J., S. Cummins und E. Cocking (1970): Fusion of isolated plant protoplasts. *Nature* 225, 1016-1018.
- Preil (1997): In-vitro-Vermehrung von Gehölzen. In: Krüssmann, G. [Hrsg.]: Die Baumschule - Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen. Parey Verlag Berlin, sechste Auflage, 449-471.
- Preil W. (2001): Gewebekultur kontra traditionelle Vermehrung. URL: http://www.gruenebiotechnologie.de/inhalte/gewebekultur_kontra_traditionelle_vermehrung.html {29.12.2001}.
- Richter, G. (1998): Stoffwechselphysiologie der Pflanzen – Eine Einführung in die Physiologie und Biochemie des Primärstoffwechsels. Thieme Verlag Stuttgart, vierte überarbeitete Auflage, 503 S.
- Rist, L. (2000): Theoretische und experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Genmanipulation auf die Integrität der Arten – Eine epistemologische Analyse der Genmanipulation mit experimentellen Untersuchungen zur Qualität transgener Kartoffeln und transgenem Mais. Dissertation Universität Gesamthochschule Kassel/Witzenhausen, 278 S.
- Röbbelen, G. (1999): Die historische Entwicklung der Pflanzenzüchtung in Deutschland – das Beispiel der Ölpflanze Raps. *Biologie in unserer Zeit* 29 (3), 132-141.
- Rokka, V.-M., A. Tauriainen, L. Pietilä und E. Pehu (1998): Interspecific somatic hybrids between wild potato *Solanum acaule* Bitt. and anther-derived dihaploid potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Cell Reports* 18, 82-88.
- Rünger, W. (1971): Blütenbildung und Blütenentwicklung - Grundlagen des gärtnerischen Pflanzenbaues. Paul Parey Berlin Hamburg, 207 S.
- Saedler, H. (2001): Gentechnologie und Landwirtschaft. URL: <http://www.mpiz-koeln.mpg.de/~saedler/Gentechnologie.html> {26.2.2002}.
- Samwel, M. (2000): Unfruchtbar durch Umweltgifte? *UGB-Forum* (6), 299-301.

- Sauermann, W. und W. Lamp (1997): Pollenlose Pflanzen im Hybridraps - Ungewohnter Knospenabwurf an Haupt- und Nebentrieben. Bauernblatt Schleswig Holstein 51 (23), 36-39.
- Schachschneider, R. (1999): Hybnos 1 - ein langer Weg. Praxisnah (3), 12-13.
- Schembecker, F.-K. und P. Lüdders (1989): Einfluß der N-Ernährung auf das vegetative Wachstum von 'Cox Orange'-M9/J9-Klonkombinationen. Erwerbsobstbau 31 (1), 16-19.
- Schenck, H.R. (1982): *Brassica napus* – successful synthesis by protoplast fusion between *B. oleracea* and *B. campestris*. In: Fujiwara, A. [ed.]: Plant Tissue Culture (Proc. 5th Intern. Cong. of Plant Tissue and Cell Cultures, Tokyo. The Japanese Assoc. for Plant Tissue Culture, 639-640.
- Schievelbein, C. (2000): Die eigene Ernte säen – Die Auseinandersetzung um Nachbaugelöhne und Sortenschutzgesetze. In: Agrarbündnis [Hrsg.]: Der Kritische Agrarbericht 2000, AbL Bauernblatt-Verlag, 145-152.
- Schimmelpfeng, H. (1983): Himbeerpflanzen aus Gewebekulturen – Erfahrungen bei der Weiterkultur und im praktischen Anbau. Obstbau 8, 321-324.
- Schlichting, C.D. (2002): Phenotypic plasticity in plants. Plant Species Biology 17, 85-88.
- Schlumpf, M. und W. Lichtensteiger (1996): Sinkt die Fertilität? Daten zur Wirkung von Umweltchemikalien auf Fortpflanzungsprozesse bei Mensch, Wirbeltieren und wirbellosen Tieren. Verlag Kind und Umwelt Zürich, 265 S.
- Schmalz, H. (1969): Pflanzenzüchtung – Eine Einführung in die Grundlagen, Methoden und Ziele der Pflanzenzüchtung, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 278 S.
- Scholz, K.-P. und H.-U. Helm (2000): Die Stickstoffernährung beim Apfel, 1. Teil: Grundlagen der N-Versorgung. Erwerbsobstbau 42 (6), 192-200.
- Schröder, H., K. Sielig und H. Hanus (1998): Pollensterilität bei restaurierten Raps-Hybriden - Wie groß waren die Ertragseinbußen? Raps 16 (2), 71-73.
- Schuchert, W. (1992): Wichtige landwirtschaftlich genutzte Kulturpflanzen. In: Max Planck-Institut für Züchtungsforschung [Hrsg.]: Pflanzenproduktion und Biotechnologie, 5-88.
- Schulz, F., N. Stafflage-Nuphaus und W. Karalus (2000): Ertrag und Qualität von Möhrensor ten im Ökologischen Landbau. Gemüse (1), 26-28.
- Schuster, W.H. (1997): Welchen Beitrag leistet die Pflanzenzüchtung zur Leistungssteigerung von Kulturpflanzenarten? Pflanzenbauwissenschaften 1, 9-18.
- Schwanitz, F. (1957): Die Entstehung der Kulturpflanzen. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 151 S.
- Scowcroft, W.R., R.I.S. Brettell, S.A. Ryan, P.A. Davis und M.A. Pallotta (1987): Somaclonal variation and genomic flux. In: Green, C.E., D.A. Somers, W.P. Hackett und D.D. Biesboer [eds.]: Plant Tissue and Cell Culture. Alan R. Liss Inc., New-York, 275-286.
- Shull, G.H. (1908): The composition of a field of maize. Report of the American Breeders Association 4, 296-301.
- Shull, G.H. (1922): Über die Heterozygotie mit Rücksicht auf den praktischen Züchtungserfolg. Beiträge zur Pflanzenzüchtung 5, 134-158.
- Spethmann, W. (1990): Einsatzmöglichkeiten der Stecklingsvermehrung bei der Erhaltung forstlicher Genressourcen. In: Stephan, B.R.: Erhaltung forstlicher Genressourcen. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft 164, 145-160.

- Spethmann, W. (1997): Autovegetative Gehölzvermehrung. In: Krüssmann, G. [Hrsg.]: Die Baumschule - Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen. Parey Verlag Berlin, sechste Auflage. 382-449.
- Stadler, L.J. (1928): Genetic effects of X-rays in maize. U.S.A. Proc. Nat. Acad. Sci. 14, 69-75.
- Statistisches Bundesamt (2005): Bodennutzung und Ernte. URL: <http://www.destatis.de/daten1/stba/html/basis/d/forst/forsttab7.php> {13.09.2005}.
- Steiner, A.M. (2001): Saatgut und Saatgutqualität als Grundlage von Nahrungsmittelversorgung und Lebensqualität. INFORM – Zeitschrift für Pflanzenzüchtung und Saatgutproduktion ALVA Arbeitsgemeinschaft landwirtschaftlicher Versuchsanstalten [Hrsg.]: Jahrestagung 2001 in Wolfpassing, 19-22.
- Steiner, A.M. und M. Kruse (2000): Synthetisches Saatgut. Gemüse (9), 13-14.
- Steiner, R. (1892): Wahrheit und Wissenschaft – Vorspiel einer Philosophie der Freiheit. GA 3, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 5. Auflage 1980, Vorrede.
- Steiner, R. (1894): Philosophie der Freiheit – Grundzüge einer modernen Weltanschauung – Seelische Beobachtungsergebnisse nach naturwissenschaftlicher Methode. GA 4, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 16. Auflage 1995.
- Steiner, R. (1884-1901): Methodische Grundlagen der Anthroposophie – Gesammelte Aufsätze zur Philosophie, Naturwissenschaft, Ästhetik und Seelenkunde. GA 30, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1989, I: Der Individualismus in der Philosophie, der Egoismus (1899).
- Steiner, R. (1904): Theosophie. Einführung in übersinnliche Welterkenntnis und Menschenbestimmung. GA 9, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 32. Auflage 2002.
- Steiner, R. (1905): Wie erlangt man Erkenntnisse der höheren Welten? GA 10, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 24. Auflage 1993.
- Steiner, R. (1907/08 a): Natur- und Geistwesen – ihr Wirken in unserer sichtbaren Welt. GA 98, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1996, Vortrag v. 4. Dez. 1907, München.
- Steiner, R. (1907/08 b): Natur- und Geistwesen – ihr Wirken in unserer sichtbaren Welt. GA 98, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1996, Vortrag v. 2. Feb. 1908, Heidelberg.
- Steiner, R. (1907/08 c): Natur- und Geistwesen – ihr Wirken in unserer sichtbaren Welt. GA 98, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1996, Vortrag v. 8. Feb. 1908, Stuttgart.
- Steiner, R. (1908/09): Wo und wie findet man den Geist? GA 57, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1984, Vortrag v. 17. Dez. 1908, Berlin.
- Steiner, R. (1910 a): Die Geheimwissenschaft im Umriss. GA 13, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 30. Auflage 1989, Die Weltentwicklung und der Mensch.
- Steiner, R. (1910 b): Die Geheimwissenschaft im Umriss. GA 13, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 30. Auflage 1989, Die Erkenntnis der höheren Welten (Von der Einweihung oder Initiation).
- Steiner, R. (1910/11): Antworten der Geisteswissenschaft auf die großen Fragen des Daseins. GA 60, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1983. Vortrag v. 8. Dez. 1910, Berlin.

- Steiner, R. (1915): Kunst und Lebensfragen im Lichte der Geisteswissenschaft. GA 162, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 2000, Vortrag v. 24. Mai 1915, Dornach.
- Steiner, R. (1916): Kosmische und menschliche Geschichte, Band I, Das Rätsel des Menschen – Die geistigen Hintergründe der menschlichen Geschichte. GA 170, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1992, Vortrag v. 12. Aug. 1916, Dornach.
- Steiner, R. (1920 a): Geisteswissenschaft und Medizin. GA 312, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1999, Vortrag v. 26. März 1920, Dornach.
- Steiner, R. (1920 b): Physiologisch-Therapeutisches auf Grundlage der Geisteswissenschaft. Zur Therapie und Hygiene. GA 314, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1989, Vortrag v. 7. April 1920, Dornach.
- Steiner, R. (1921): Menschenerkenntnis und Unterrichtsgestaltung. GA 302, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 5. Auflage 1986, Vortrag v. 19. Juni 1921, Stuttgart.
- Steiner, R. (1922 a): Menschenfragen und Weltenantworten. GA 213, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1987, Vortrag v. 30. Juni 1922, Dornach.
- Steiner, R. (1922 b): Menschenfragen und Weltenantworten. GA 213, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1987, Vortrag v. 2. Juli 1922, Dornach.
- Steiner, R. (1922 c): Menschenfragen und Weltenantworten. GA 213, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1987, Vortrag v. 22. Juli 1922, Dornach.
- Steiner, R. (1922 d): Das Geheimnis der Trinität – Der Mensch und sein Verhältnis zur Geistwelt im Wandel der Zeiten. GA 214, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1999, Vortrag v. 28. Juli 1922, Dornach.
- Steiner, R. (1922 e): Die Erkenntnis des Menschenwesens nach Leib, Seele und Geist. Über frühe Erdenzustände. GA 347, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1995, Vortrag v. 27. Sept. 1922, Dornach.
- Steiner, R. (1923 a): Die Erkenntnis-Aufgabe der Jugend. GA 217 a, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1981, Ansprache und Fragenbeantwortung 14. Feb. 1923, Stuttgart.
- Steiner, R. (1923 b): Die menschliche Seele in ihrem Zusammenhang mit göttlich-geistigen Individualitäten. GA 224, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1992, Vortrag v. 24. Juni 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1923 c): Initiationswissenschaft und Sternenerkenntnis – Der Mensch in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. GA 228, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 2002, Vortrag v. 14. Sept. 1923, Stuttgart.
- Steiner, R. (1923 d): Das Miterleben des Jahreslaufes in vier kosmischen Imaginationen. GA 229, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1989, Vortrag v. 5. Okt. 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1923 e): Das Miterleben des Jahreslaufes in vier kosmischen Imaginationen. GA 229, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1989, Vortrag v. 7. Okt. 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1923 f): Der Mensch als Zusammenklang des schaffenden, bildenden und gestaltenden Weltenwortes. GA 230, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1993, Vortrag v. 2. Nov. 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1923 g): Vom Leben des Menschen und der Erde – Über das Wesen des Christentums. GA 349, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1980, Vortrag v. 17. Feb. 1923, Dornach.

- Steiner, R. (1923 h): Mensch und Welt. Das Wirken des Geistes in der Natur – Über das Wesen der Bienen. GA 351, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 2. Auflage 1980, Nachbemerkung zum Bienenvortrag von Herrn Müller, 10. Nov. 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1923/24 a): Die Weltgeschichte in anthroposophischer Beleuchtung. GA 233, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 5. Auflage 1991, Vortrag v. 30. Dez. 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1923/24 b): Die Weltgeschichte in anthroposophischer Beleuchtung. GA 233, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 5. Auflage 1991, Vortrag v. 31. Dez. 1923, Dornach.
- Steiner, R. (1924 a): Anthroposophische Leitsätze – Der Erkenntnisweg der Anthroposophie. Das Michael-Mysterium. GA 26, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 10. Auflage 1998, Anthroposophische Leitsätze als Anregungen vom Goetheanum ausgegeben, 17. Feb. 1924.
- Steiner, R. (1924 b): Anthroposophie – Eine Zusammenfassung nach einundzwanzig Jahren. GA 234, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 6. Auflage 1994, Vortrag v. 2. Febr. 1924, Dornach.
- Steiner, R. (1924 c): Das Initiatenbewußtsein. GA 243, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 5. Auflage 1993, Vortrag v. 19. Aug. 1924, Torquay.
- Steiner, R. (1924 d): Die Methodik des Lehrens und die Lebensbedingungen des Erziehens. GA 308, Vortrag v. 10. April 1924 (abends), Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 5. Auflage 1986, Stuttgart.
- Steiner, R. (1924 e): Meditative Betrachtungen und Anleitungen zur Vertiefung der Heilkunst. GA 316, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1987, Vortrag v. 6. Jan. 1924, Dornach.
- Steiner, R. (1924 f): Meditative Betrachtungen und Anleitungen zur Vertiefung der Heilkunst. GA 316, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 3. Auflage 1987, Vortrag v. 21. Apr. 1924, Dornach.
- Steiner, R. (1924 g): Das Zusammenwirken von Ärzten und Seelsorgern – Pastoralmedizinischer Kurs. GA 318, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 4. Auflage 1994, Vortrag v. 15. Sept. 1924, Dornach.
- Steiner, R. (1924 h): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Kursus. GA 327, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1984, Vortrag v. 7. Juni 1924, Koberwitz.
- Steiner, R. (1924 i): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Kursus. GA 327, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1984, Vortrag v. 10. Juni 1924, Koberwitz.
- Steiner, R. (1924 j): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Kursus. GA 327, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1984, Vortrag v. 11. Juni 1924, Koberwitz.
- Steiner, R. (1924 k): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Kursus. GA 327, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1984, Vortrag v. 12. Juni 1924, Koberwitz.
- Steiner, R. (1924 l): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Kursus. GA 327, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1984, Vortrag v. 14. Juni 1924, Koberwitz.

- Steiner, R. (1924 m): Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft – Landwirtschaftlicher Kursus. GA 327, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1984, Vortrag v. 20. Juni 1924, Dornach.
- Steiner, R. und I. Wegman (1925 a): Grundlegendes für eine Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen. GA 27, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1991; Kapitel I: Wahre Menschenwesen-Erkenntnis als Grundlage medizinischer Kunst.
- Steiner, R. und I. Wegman (1925 b): Grundlegendes für eine Erweiterung der Heilkunst nach geisteswissenschaftlichen Erkenntnissen. GA 27, Rudolf Steiner Verlag, Dornach / Schweiz, 7. Auflage 1991; Kapitel III: Die Erscheinungen des Lebens.
- Steward, F.C. (1969): Pflanzenleben – Eine Einführung in die Physiologie und Biochemie der Pflanzen (Original: Plants at Work). Bibliographisches Institut Mannheim-Zürich, 268 S.
- Strasburger, E. [Begr.] (1991): Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart Jena New York, 1030 S.
- Sultan, S.E. (2004): Promising directions in plant phenotypic plasticity. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 6, 227-233.
- Swan, S.H., R.L. Kruse, F. Liu, D.B. Barr, E.Z. Drobnis, J.B. Redmon, C. Wang, C. Brazil, J.W. Overstreet und Study for Future Families Research Group (2003): Semen Quality in Relation to Biomarkers of Pesticide Exposure. Environmental Health Perspectives 111 (12), 1478-1484.
- Swartz, H.J., G.J. Galletta und R.H. Zimmerman (1981): Field performance and phenotypic stability of tissue culture-propagated thornless blackberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106, 67-673.
- Swartz, H.J., G.J. Galletta und R.H. Zimmerman (1983): Field performance and phenotypic stability of tissue culture-propagated thornless blackberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108, 285-290.
- Synowski, B. (1981): Gegenwärtiger Stand der Vermehrung von Gehölzen durch Gewebekulturen. Erwerbsobstbau 23 (3), 60-66.
- Tatlioglu, T. (1984): Temperaturabhängige männliche Sterilität und ihre Vererbung beim Schnittlauch (*Allium schoenoprasum* L.). Vortr. Pflanzenzüchtung 5, 199-210.
- Theiler, R., B. Waltert und S.T. Gomez (2002): CMS-Blumenkohl - natürliche Sterilität versus induzierte Sterilität. Der Gemüsebau/Le Maraîcher (10), S. 16-19.
- Thierfelder, W., Ch. Seher, R. Dortsch und S. Engel (1999): Abnahme der Spermaqualität bei gesunden Männern aus ungewollt kinderlosen Partnerschaften. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz 42 (6), 471-478.
- Thomzik, J. und R. Hain (1990): Einführung einer Metribuzin-Resistenz in deutschen Winter-raps mit 00-Qualität. Pflanzenschutz-Nachrichten BAYER 43, 61-87.
- Troll, W. (1954): Allgemeine Botanik - Ein Lehrbuch auf vergleichend-biologischer Grundlage. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 749 S.
- Ulfkotte, U. (2001): Getreide aus dem Atomreaktor - Ohne radioaktive Bestrahlung wäre das farbenprächtige Angebot der Floristen weitaus farbloser. Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 8. Mai., 1 und 2.
- Untied, H. (2002): Möhrensortenversuche im Ökolandbau (Schleswig-Holstein). SÖL Berater-Rundbrief (1), 39-40.
- van der Meer, Q.P. und J.L. van Bennekom (1969): Effect of Temperature on the Occurrence of Male Sterility in Onion (*Allium cepa* L.). Euphytica 18, 389-394.

- von der Schulenburg, H. (1999): 10t Gerste sind machbar. Praxisnah (3), 4-5.
- von Mackensen, M. (2005): Kleemüdigkeit? Bioland (6), 9-10.
- Watsen, J.D. und F.H.C. Crick (1953): Molecular Structure of Nucleic Acids – A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature* 171 (April 25th), 737-738.
- Wenzel, G. und B. Foroughi-Wehr (1990): Haploidenkultur. In: Knauer, N., J. Kranz, H.-J. Langholz, C. Thore und W. Werner [Hrsg.]: Beiträge der Biotechnologie zur Pflanzenzüchtung. DLG-Verlag Frankfurt am Main. 85-98.
- Weyen, J. (2002): Biotechnologisch gestützte Pflanzenzüchtung – Ökologische Pflanzenzüchtung! Ein Widerspruch? In: Bundessortenamt [Hrsg.] (2002): Workshop Züchtung für den Ökolandbau am 10. und 11. Juni 2002 in Hannover; Kurzfassung der Vorträge und Stellungnahmen sowie Zusammenfassung der Ergebnisse, 144 S.
- Wolff, O. (1994): Fruchtbarkeit und Ernährung. Lebendige Erde (1), 13-15.
- Wyss, E., E. Lammerts van Bueren, M. Hulscher und M. Haring (2001): Techniken der Pflanzenzüchtung – Eine Einschätzung für die ökologische Pflanzenzüchtung. FIBL Dossier Nr. 2, 24 S.
- Zelcer, A., D. Aviv und E. Galun (1978): Interspecific transfer of cytoplasmatic male sterility by fusion between protoplasts of normal *Nicotina sylvestris* and X-ray irradiated protoplasts of male sterile *N. tabacum*. *Z. Pflanzenphysiol.* 90, 397-407.
- Zhang, K.T. und H.Y. Fu (1982): Effects of high temperature treatment on male sterility in sorghum. *Acta Genetica Sinica* 9, 71-77.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis einer Studie, die im Rahmen eines Stipendiums für Nachwuchswissenschaftler vom Forschungsfond der Anthroposophischen Gesellschaft in Deutschland gefördert wurde. Ohne diese finanzielle Unterstützung wäre die Schrift nicht zustande gekommen. Insbesondere Frau Barbara Messmer möchte ich für den Zuspruch danken und die Nachsicht bei der Zeitverzögerung der Berichtsabfassung.

Meinen herzlichen Dank möchte ich meinem Mentor und guten Freund Dr. Ingo Hangel aussprechen, der mich zur Erarbeitung des Themas ermunterte und mir mit naturwissenschaftlichem Sachverstand und profundem Überblick im Werk Rudolf Steiners in zahllosen Gesprächen hilfreich zur Seite stand. Nicht zuletzt danke ich meiner Familie, dass sie mir das intensive Literaturstudium ermöglichte und meiner Frau Anke, die mir immer wieder geduldig zuhörte, wenn ich ihr umringt von Bücherstapeln und Publikationen begeistert von meinen spannenden Funden berichtete.