

Lyssenko

Helmut Dunkhase

Neujahr 2012

1948. Auf der Jahrestagung der Akademie der Agrarwissenschaften der UdSSR, die vom 31. Juli bis zum 8. August dauerte, hielt Trofim Denissowitsch Lyssenko (1898-1976) das Hauptreferat. Seine Hauptthesen: Erworbene Eigenschaften können vererbt werden. Es existieren keine diskreten, separierbaren Gene. Er verkündete seine Thesen im Namen des dialektischen Materialismus, zu dem - nach damaligem Verständnis - die Doktrin der „zwei Wissenschaften“, einer bürgerlichen und einer proletarischen gehörte - ein Ausfluss der 1946 von Andrej Schdanow ausgearbeiteten „Zwei-Lager-Theorie“. In der Schlussresolution wurden Lyssenkos Auffassungen als alleinige Lehrmeinung festgeschrieben. Lyssenko wurde zum Präsidenten der Akademie gewählt. Genetiker wurden in der Folge von akademischen Positionen verdrängt und nicht selten drangsaliert. Die sowjetische Forschung wurde damit auf diesem Gebiet zurückgeworfen. In der Presse wurde der Lyssenkoismus als das Modell für die gesamte Sowjetunion gepriesen, das überall angewendet wurde ungeachtet der jeweiligen konkreten Bedingungen. Lyssenko versicherte, die Natur nach Belieben umbiegen zu können: Weizen in Roggen verwandeln, Kiefern in Tannen... In der Praxis hatte das desaströse Folgen. Die Behauptung, dass Winterweizen in den sibirischen Steppen überleben könne, wurde durch Leugnung gegenteiliger Erfahrungen und Fälschungen lange Zeit aufrecht erhalten, bevor die Fantasterei offenkundig wurde. Ebenso scheiterte der Große Plan zur Umwandlung der Natur (Dekret des Ministerrats und des ZK vom 20. Oktober 1948), in den zahlreiche Vorschläge Lyssenkos eingegangen waren.

Wie konnte so etwas, zumal in einem wissenschaftlich hoch entwickelten sozialistischen Land passieren? War es das Ergebnis einer von der „stalinistischen Diktatur“ gegängelten Wissenschaft?

Wie alles hat auch der Lyssenkoismus seine Geschichte. Sie dauerte ungefähr 35 Jahre, von 1927 bis 1962. Hier geht es darum, diese Geschichte in ihrem klassenspezifischen, politischen und innerwissenschaftlichen Kontext andeutungsweise wiederzugeben.

Lyssenkoismus und Genetik

Zunächst einige wesentliche Bestandteile der theoretischen Struktur des Lyssenkoismus:

1. Vererbung ist ein physiologischer Prozess, ein Ergebnis der Interaktion zwischen Organismus und Umwelt während der gesamten Lebenszeit.
2. Umweltbedingungen werden im Einklang mit den Vererbungseigenschaften assimiliert, indem günstige Aspekte ausgewählt und umgeformt und ungünstige ausgeschlossen werden.
3. Ist die Umgebung günstig für den normalen Ausdruck der Vererbungseigenschaften des Organismus, so werden diese in den Fortpflanzungszellen reproduziert. Wenn die Umgebung den normalen Ausdruck nicht erlaubt, ändert sich damit auch der Prozess, der die Vererbungseigenschaften der nächsten Generation erzeugt.
4. Faktoren, die die Vererbung destabilisieren und Modifikationen erlauben, sind: Vernalisation/Jarowisation, Pfropfen und Hybridbildung (siehe Kästen am Ende des Artikels).
5. Indem die Organismen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, die nicht mehr im Einklang mit den alten Erbmustern assimiliert werden können, entstehen neue Arten. Die Artenbildung ist deshalb kein Populationsphänomen (wie etwa bei Darwin), sondern Ausdruck individueller Entwicklungsphysiologie.

Besonders im letzten Punkt wird die Nähe zum Lamarckismus (Der geht so: Die Giraffe hat einen langen Hals bekommen, weil sie sich in der Savanne nach den Blättern so hoch recken musste) deutlich.

Die (klassische) Genetik untersucht, in welchen Kombinationen die Gene bei Kreuzungen in den folgenden Generationen auftreten. Als ihr Begründer gilt der Augustinermönch Gregor Mendel (1822 - 1884), der Gene allerdings noch nicht kannte. Er schrieb zwei Werke: Versuche über Pflanzenhybriden und Gegen Sozialismus und Kommunismus. Das Feld der Genetik war lange Zeit abgesteckt durch die Annahme eines unveränderlichen genetischen Materials, dessen Veränderungen lediglich durch eine Neukombination erzeugt werden. Die Vorstellung August Weismanns (1834 - 1940) von einer unveränderlichen Substanz eines Organismus, dem Keimplasma, galt seit den 1930er Jahren (auch) den meisten Genetikern sicherlich als überholt, doch dass auch genetisches Material der Entwicklung unterliegt und mit der Außenwelt interagiert, wurde weitgehend ignoriert.

Diese Gegenüberstellung macht verständlich, dass der Theorierahmen der Lysenkoisten als besser „passend“ zu marxistischen Vorstellungen angesehen wurde. Zudem nährten die Wahrscheinlichkeitsaussagen, die in der Genetik eine große Rolle spielen, den Verdacht eines Antimaterialismus, weil für eine individuelle Veränderung keine Verbindung zu einer Ursache hergestellt werden kann. Dass die Unvorhersagbarkeit nicht nur eine epistemologische Eigenschaft, sondern auch eine ontologische sein kann, überschritt den damaligen Horizont.

Es muss außerdem bedacht werden, dass es in den 1920er Jahren auch in der Sowjetunion Genetiker gab, die eine elitäre und rassistische eugenische Ideologie vertraten. So diskutierten Nikolai Kolzow und Juri Filipshenko Möglichkeiten der Züchtung höherer Typen aus den Reihen der Intelligenz und der Avantgarde der Revolution. (Die

Genetiker konnten allerdings auch mit dem Hinweis auf eine reaktionäre Seite des Larmarkismus kontern, nach der Bauern und Arbeiter auf Grund Jahrhunderte langer Unterdrückung und Verrohung für genetisch minderwertig erklärt werden müssten.)

Lyssenkoismus als Bewegung

Lyssenkos Karriere begann 1927 als Pflanzenzüchter in Gandscha (Aserbaischan). Hier gelang es ihm, durch die Technik der Vernalisation die Reifung von (zunächst) Erbsen so zu verkürzen, dass sie, im Herbst gesät, noch vor der Frostperiode reifen konnten. Er trug damit zur Lösung des grundlegenden Problems der monokulturellen Landwirtschaft in Aserbaidshchan bei: Im Sommer wurden alle Wasserressourcen von der Baumwolle absorbiert, während in der übrigen Zeit die Felder brach lagen. Lyssenkos Methoden sprachen sich - dank eines Prawda-Artikels - schnell herum und wurden massenhaft im ganzen Land angewendet. Getragen von diesem Erfolg wurde er an das Institut für Selektion und Genetik in Odessa berufen, das er später auch leitete.

Was zunächst reine Technik war, baute er zu einer Theorie dieser Technik aus: die Phasenentwicklung von Pflanzen. Wenn man diese Phasen und ihre jeweiligen Erfordernisse kennt, lässt sich die Entwicklung der Pflanzen steuern. Lyssenko sah sich damit in der Nachfolge der Arbeiten von Iwan W. Mitschurin (1855 - 1935). Dieser hatte herausgefunden, dass Organismen durch Hybridisierung destabilisiert werden können und sensibler auf Lebensbedingungen reagieren und dadurch Qualitäten an den Tag legen, die keine der Eltern besitzen. Deshalb kann der Züchter, wenn er die Hybride in adäquate Lebensbedingungen platziert, eventuell die gewünschte Fruchtform erhalten.

Die erste Phase der breiten Anwendung der Mitschurin-Lyssenko-Methoden fiel in eine Zeit, in der sich der Klassenkampf auf dem Land zuspitzte. Ein Großteil der Bauern stand der Ende der 1920er bzw. Anfang der 1930er Jahre in Angriff genommenen Kollektivierung feindlich gegenüber. Sie verteidigten ihr Privateigentum, an das sie sich durch die NÖP so gewöhnt hatten, mit Sabotage und Ernte- und Viehvernichtung. Zu den Maßnahmen der Regierung zur Durchsetzung der Kollektivierung gehörte eine Politik des verstärkten Einsatzes technischer Verbesserungen (nach einer Folge von schlechten Ernten), die die Überlegenheit der Kolchosen gegenüber der Privatwirtschaft demonstrieren sollte. Vernalisation z. B. erfordert den Bau von Treibhäusern, Lagerhäusern mit kontrollierbarer Luftfeuchtigkeit, usw., was über die Möglichkeiten eines Einzelbauern geht. (Stalin, Zu Fragen der Agrarwissenschaft in der UdSSR, Werke Bd. 12, S. 125ff) Der Lyssenkoismus, der inzwischen eine Bewegung geworden war, nahm für sich in Anspruch, dass die neuen Techniken mit dem kollektiven Charakter der Agrarproduktion übereinstimmen. In einer angespannten Lage und einer Stimmung von Misstrauen und Feindseligkeit wurden für Fehlschläge der Mitschurin-Methoden von den Lyssenkoisten nicht nur Sabotage der Bauern, sondern auch von Agrarwissenschaftlern verantwortlich gemacht. Und hier gerieten insbesondere die Genetiker ins Visier.

Dass sich das Misstrauen gegen Genetiker zu einer Kampagne auswuchs, hatte mit den strukturellen Veränderungen in Partei und Gesellschaft zu tun, die in ihrem Inhalt eine Kulturrevolution bedeuteten. Die meisten der um 1930 herum aktiven Wissenschaftler waren aus den vorrevolutionären Mittelklassen hervorgegangen. Unter der

Losung „Rot und Experte“ wurden ab 1928 massive Maßnahmen zur Schaffung einer „neuen Intelligenz“ aus den Reihen der Partei und der Arbeiterklasse getroffen.¹ In diesem Zusammenhang erschien Lyssenko als idealer Vertreter eines aus den vorher subalternen Klassen hervorgegangenen Wissenschaftlers. Er war bäuerlicher Herkunft und erhielt den Großteil seiner Ausbildung nach der Revolution. So spiegelte sich in der Polemik zwischen Lyssenkoisten und Anti-Lyssenkoisten auch die Klassenfrage wider. Auf der einen Seite die aus der bodenständigen Praxis hervorgegangene Wissenschaft, auf der anderen Seite eine elitäre, die in der Praxis nichts zu leisten vermag. (Die Genetik hatte zu den drängenden Problemen in der Landwirtschaft ja tatsächlich kaum etwas beigetragen.) Die in den 1930er Jahren beginnende Massenproduktion von Literatur jeglicher Art zu geringen Kosten (bis dahin einmalig in der Welt) trug dazu bei, dass dieser Konflikt die Massen ergriff. Auch wissenschaftliche Debatten wurden eine öffentliche Angelegenheit.

Konfrontationen ohne Entscheidung

Mitte der 1930er Jahre verallgemeinerte sich die Polemik gegen die Genetik zu einer Lehre von den zwei Wissenschaften. Ausgangspunkt war ein gemeinsam von Lyssenko und Isaak Prezent, Akademiemitglied in Sparte Methodik und Wissenschaftspädagogik und ZK-Mitglied, gezeichneter Artikel, in dem der „bürgerliche Charakter“ der Wissenschaftsmethodik der Genetiker gegeißelt und der philosophische Aspekt der Lyssenko-Techniken entwickelt wurde. Dabei sahen sie sich durchaus in der Tradition des Darwinismus: Der Ursprung der Vererbungstheorie bei Darwin beruhe schließlich auf dem praktischen Wissen der Züchter, was im Mendelismus völlig verloren gehe und zu purer Spekulation „metaphysischer Verdorbenheit“ führe.

Damit begann eine Offensive gegen die Genetiker. Zur ersten Konfrontation der „beiden Tendenzen“ kam es auf der Sitzung der Akademie für Agrarwissenschaften im Dezember 1936. Einberufen als Versuch der Versöhnung, war das Ergebnis das Gegenteil. Die beiden Lager standen sich unversöhnlich gegenüber: Auf der einen Seite standen Lyssenko, Prezent und viele der jungen Forscher, die andere Seite wurde angeführt von Nikolai I. Wawilow und Hermann J. Muller. Wawilow unterstützte von Anfang an die Revolution, wurde international bekannt durch das „Gesetz der homologen Reihen“ (mit dessen Hilfe unbekannte Pflanzenarten vorhergesagt werden konnten), erhielt 1926 den Leninpreis und leitete von 1928 bis 1935 die Akademie für Agrarwissenschaften. Der US-Bürger Muller kam, als Kommunist, in die Sowjetunion und arbeitete dort von 1933 - 1937. Er wurde, was bei einem Ausländer selten war, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, ging später nach Spanien, um den Republikanern beim Aufbau des Gesundheitssystems zu helfen und erhielt 1946 den Nobelpreis. Er musste sich als „Lakai des Imperialismus“ und „bürgerlicher Wissenschaftler“ beschimpfen lassen.

Hier kommt ein weiterer Aspekt der kulturevolutionären Veränderungen zum Tragen. Der von breiten Teilen der Bevölkerung getragene Anti-Elitarismus, die naive Gleichsetzung der Sicht auf die Genetik mit der generellen politischen Einstellung, die

¹ Auf die durchaus widersprüchlichen Folgen dieser Maßnahmen, die die Zusammensetzung von Partei und Arbeiterklasse grundlegend veränderte, kann hier nicht eingegangen werden.

Ausnutzung antisowjetischer und rassistischer Haltungen vieler ausländischer Genetiker zur Diskreditierung ihrer Wissenschaft ließen die an sich berechnete Forderung nach intellektueller Unabhängigkeit des Landes umschlagen in eine gewisse Xenophobie. Begünstigt durch tatsächliche Fälle von Spionage und Sabotage brach ein regelrechtes „Spion-Fieber“ aus und nicht nur Genetiker wurden leicht zu „Agenten des Imperialismus“.

Das Kräfteverhältnis der beiden Lager blieb ungewiss. Die Lyssenkoisten verschärften weiter ihre Angriffe. Prezent bezeichnete in einem Artikel die Genetiker als trotzkistische Saboteure, später als trotzkistisch-bucharinische Diversanten, die den neuesten reaktionären Vorschlägen ausländischer Wissenschaftler hinterherschleimten. Dies wenige Tage nach Stalins ZK-Rede über „Maßnahmen für die Liquidierung der trotzkistischen und anderen Doppelzüngler“ (Stalin, Werke Bd. 14, S. 119ff) zu sagen, bedeutete für viele Genetiker eine Bedrohung. 1940 wurde Wawilow unter der Beschuldigung von Sabotageaktivitäten auf Feldern in der Ukraine und der Spionage für England festgenommen, zum Tode verurteilt, dann auf 20 Jahre begnadigt. Er starb 1943 in der Deportation.

Dennoch war bei Ausbruch des Krieges der Krieg der Lyssenkoisten noch lange nicht gewonnen, weil das ZK in der Sache nicht Stellung bezog. In den Schulbüchern wurden weiterhin die Mendel/Morgan-Gesetze abgehandelt. 1939 veranstaltete die Zeitschrift *Pod snamenem marksizma* (Unter dem Banner des Marxismus) eine Konferenz über Fragen der biologischen Wissenschaften. Der von Stalin autorisierte Sprecher Mark Mitin, Direktor des philosophischen Instituts der Akademie der Wissenschaften und ZK-Mitglied, unterstrich das Ziel der Konferenz, einen Kompromiss der beiden Tendenzen zu suchen, nahm Wawilow ins Gebet, die theoretische Arbeit näher an die praktischen Aufgaben heranzuführen und warnte Lyssenko vor Dogmatismus und übertriebenen Behauptungen. Das Treffen endete mit der Befestigung des Status quo.

Das Verhältnis von Technik und Theorie

Für die Bewertung des Lyssenkoismus als politisch-wissenschaftliche Bewegung muss man unterscheiden zwischen Technik und Theorie. Das Problem war die radikale Ablehnung der Mendel-Theorie und Lyssenkos Anspruch, seine Konzeption auf der Basis des dialektischen Materialismus entwickelt zu haben. Sein Bericht auf der Jahrestagung 1948 der Akademie für Agrarwissenschaften enthält im Wesentlichen die Prinzipien seiner Doktrin. Doch das rechtfertigt noch nicht, ihn als Scharlatan oder Pseudowissenschaftler abzutun. Bevor er Theoretiker und Philosoph wurde, war der Agrarbiologe Lyssenko bekannt für eine Reihe von Entdeckungen in der agronomischen Technik. Ohne diese Erfolge wäre der Erfolg der Lyssenkoisten nicht zu verstehen, aber das erklärt noch nicht hinreichend die zuvor unbekannte Form einer Massenbewegung. Angesichts der drängenden Probleme in der Landwirtschaft, die zu lösen waren, standen nicht die Kritik des Mendelismus und die Korrektheit der Theorie im Fokus, sondern die Frage nach der Effektivität des Mendelismus im Vergleich zur Mitschurin-Schule. Anders als die „antistalinistischen“ Kronzeugen Joravsky und Medwedew² glauben machen

²David Joravsky, 1970, *The Lysenko affair*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press; Zhores Medvedev, 1969, *The rise and fall of T. D. Lysenko*, New York: Columbia University Press

wollen, lässt sich weder von einer falschen Theorie auf eine falsche Technik, noch von einigen irrtümlichen Ergebnissen auf die Falschheit der gesamten Ergebnisse schließen. Um in der statistischen Analyse Ernteerträge über verschiedene Orte und Jahre vergleichen zu können, kommt man nicht umhin zu unterscheiden, was man etwa als „normales“ Jahr ansieht, oder welche Jahre man auf Grund extremer Witterungsverhältnisse aussondern muss. Das ist immer mit einem Schuss Willkür verbunden, aber alle Ergebnisse zu nehmen, ist auch keine Lösung. In der Sowjetunion mit ihren extremen Witterungsverhältnissen stellte sich dieses objektive methodische Problem in verschärfter Weise.

Es lässt sich sicherlich darüber streiten, in welchem Ausmaß die Mitschurin-Lysenko-Techniken etwas Neues darstellten im Vergleich zu althergebrachten und auch in anderen Ländern angewandten Verfahren, kaum jedoch über die tatsächlichen Erfolge in der Vernalisation, der Sommerpflanzung von Kartoffeln oder der vegetativen Hybridisierung³ - Techniken, die in Tausenden von Kolchosen und Sowchosen angewandt wurden.

Nicht zuletzt der Kongress 1948 lieferte den (indirekten) Beweis. In der Mitschrift sind Punkt für Punkt die Ergebnisse der Lyssenkoisten in den vorangegangenen Jahren denen der Genetiker gegenübergestellt. Die Effektivität ihrer Methoden war der große Trumpf, den sie auf dem Kongress ausspielten. Die Genetiker hatten ihnen in diesem Punkt nur Schweigen entgegenzusetzen. Und das lag nicht daran, dass die Genetiker bereits zu sehr eingeschüchtert waren, denn auf dem theoretischen Feld haben sie sich nach Kräften gewehrt. Sie hatten zu der Zeit einfach keine vergleichbaren Ergebnisse anzubieten; die kamen erst - und das war tragisch für die sowjetischen Genetiker - ein bisschen später.

Die praktischen Erfolge waren es wohl, die Lyssenko schließlich die Unterstützung von Partei und Regierung einbrachte und das wiederum hatte die anfangs erwähnten desaströsen Folgen.

Eigenleben der sowjetischen Wissenschaft

Bei allem Schaden, den die Lyssenko-Kampagnen (wie andere Kampagnen auch) im Namen der „proletarischen Wissenschaft“ anrichteten, konnten diese der sowjetischen Wissenschaft als Ganzes doch nicht so viel anhaben, wie man vielleicht meinen könnte. Die Philosophen nervten eher als dass sie Forschung in großem Ausmaß verhindern konnten. Viele Genetiker konnten unter Bezeichnungen wie „Radiobiologie“ oder „physikalisch-chemische Biologie“ in physikalischen und chemischen Forschungsinstitutionen Unterschlupf finden. Ein wichtiger Codename war auch „kybernetische Biologie“. Andere Wissenschaftler wandten sich anderen Themen zu, so der große Mathematiker Andrej Kolmogorow, nachdem er Lyssenko zu dessen Missfallen bescheinigt hatte, dass die statistische Analyse eines ihm vorgelegten Resultats eines Experiments vollkommen mit dem Mendelschen Prinzip übereinstimmt.

Aber auch der aktive Widerstand unter den Wissenschaftlern formierte sich. Im Oktober 1955 schickten 94 Wissenschaftler (darunter 70 Biologen, aber auch einflussreiche

³Auch für die vegetative Hybridisierung ist der Unterschied zwischen Technik und Theorie zu beachten: Sie gibt es, doch die Interpretation war fehlerhaft.

Physiker wie Kapiza, Landau und Sacharow) einen Brief an das Präsidium des ZK, in dem stand: „Die schwerwiegenden Konsequenzen des wissenschaftlichen Monopols von T. D. Lyssenko sind nicht beseitigt und im Ergebnis fällt die sowjetische Biologie und Agrarwissenschaft weit hinter den Weltmaßstab zurück. ... Viele Jahre lang wurden Lyssenkos falsche theoretische Prinzipien als ein neuer Schritt in der Entwicklung des dialektisch-materialistischen Verständnisses biologischer Phänomene angesehen. In Wirklichkeit sind Lyssenkos Ansichten der Wiederaufguss einer fantastischen Mixtur aus Mechanistik, Idealismus und schlichter Ignoranz.“ Im Februar 1956 kam ein Addendum hinzu, das von 203 weiteren Wissenschaftler unterschrieben wurde. Die ganze Aktion wurde bekannt unter dem Namen „Brief der 300“.

Lyssenko verlor zwar 1956 seinen Posten als Präsident der Akademie der Agrarwissenschaften, blieb aber Direktor des Instituts für Genetik an der Akademie der Wissenschaften bis 1965, weil Chruschtschow ihn unterstützte.

Damit ergibt sich zusammenfassend folgendes Bild:

1. Der Lyssenkoismus war keine administrativ angeordnete oder durchgesetzte Doktrin und hatte insbesondere wenig mit Stalin zu tun, sondern war eher eine Bewegung von unten.
2. Diese Bewegung war Teil einer um 1930 herum einsetzenden Kulturrevolution, die auf Grund der spezifischen Klassenkampfkonstellation Formen annahm, die unter anderem zu einer Vulgarisierung des Marxismus führte, zugespitzt in der These von den „zwei Wissenschaften“. Das dahinter stehende Problem der Bestimmung des Verhältnisses von Philosophie und Wissenschaften weist weit über die Lyssenko-„Affäre“ hinaus.
3. Die sowjetische Wissenschaft hat ein hartnäckiges Eigenleben gezeigt, das schließlich auch - gegen administrativen Widerstand, insbesondere von Chruschtschow - zur Überwindung des Lyssenkoismus führte.
4. Der Lyssenkoismus bestand nicht nur aus Scharlatanerie, sondern hatte auch eine wissenschaftlich ernst zu nehmende Seite. Westliche Wissenschaftler haben sich mit dieser Seite so gut wie gar nicht auseinander gesetzt, sondern beschränkten sich auf Polemiken gegenüber seinen aggressiven Ansprüchen. In der Hochzeit des Kalten Krieges kostete schon der Vorschlag, die Arbeiten Lyssenkos doch einmal zu prüfen, Ralph Spitzer den Posten als Chemieprofessor. Die Lyssenkoisten setzten sich dagegen sehr wohl mit der westlichen Genetik auseinander, wenn auch meist auf der Suche nach Lücken, Uneindeutigkeiten, usw. Dass die These von der Vererbung erworbener Eigenschaften nicht grundsätzlich absurd ist, zeigte sich Anfang der 1950er Jahre, als zeitgleich der sowjetische Evolutionsbiologe Iwan I. Schmalhausen und sein britischer Kollege Conrad H. Waddington mit der so genannten genetische Assimilation das Phänomen entdeckten, wie ein Merkmal, das zunächst nur durch Umwelteinflüsse induziert zu sein scheint, später genetisch determiniert wird - auch, wenn sich auch dieses Phänomen letztlich mit der Mendel-Theorie und dem Darwinschen Selektionsmechanismus erklären lässt.

Hauptquellen:

Richard Levins & Richard Levontin, 1985, *The Dialectical Biologist*, Harvard University Press.
Dominique Lecourt, 1977, *Lyssenko, histoire réelle d'une « science prolétarienne »*, Maspero, Paris.
Charles Bettelheim, 1983, *Les luttes de classes en URSS. 3ème période 1930-1941*, Maspero/Seuil.
Slava Gerovitch, 2002, *From Newspeak to Cyberspeak. A History of Soviet Cybernetics*, MIT Press Cambridge, Mass.

Vernalisation/Jarowisation

Viele Pflanzen benötigen, um zum Blühen zu kommen, eine Kältephase. Bei Wintergetreide (das im Herbst gesät wird) besorgt das der Winter. Das wäre die natürliche Vernalisation. Dieser Prozess lässt sich auch künstlich herstellen. Das Saatgut wird zunächst durch Zufuhr von Feuchtigkeit und Wärme in Keimstimmung gebracht und dann einer Kältephase ausgesetzt. Im russischen Sprachgebrauch sagt man Jarowisation (von jarowoi = Sommer) für Vernalisation (vernalisation = Frühling).

Hybridisierung/vegetative Hybridisierung

Hybride entstehen durch Kreuzung verschiedener Arten. Aus der Tierwelt kennt jeder das Maultier als Kreuzung zwischen Pferd und Esel. Die Fortpflanzungsprobleme hier (Maultiere können sich bekanntlich gar nicht selber fortpflanzen) sind typisch bei der Hybridisierung. Vegetativ ist der Gegensatz zu sexuell oder generativ. Hier findet die Vermehrung durch Teilung/Abspaltung von Zellen statt. Beispiele für vegetative Vermehrung bei Pflanzen sind Pfropfen oder Ableger.