



Späths ABlinse
groß
Herkunft: Vavilov
Genbank
K-2106 St. Petersburg
Anlese: rotfeineling
Aussaat: 04.05.2009

Späths ABlinse
groß
Herkunft: Vavilov
Genbank
K-2106 St. Petersburg
Aussaat: 04.05.2009

Einladung zur Besichtigung unserer Versuche

Sonntag, 24. Juni 2018, 14:30 Uhr

am Hof Höllwangen, Überlingen:*

**Linsenversuche
Weizen-Vorvermehrung**

Sonntag, 1. Juli 2018, 10:00 Uhr

Treffpunkt am Lichthof, Heiligenholz bei Hattenweiler:

**Wildgetreide *Dasypyrum villosum* und
Weizen-Versuche (mit Sortenprüfung, Zuchtgarten, Basissaatgut)
am Hof Hermannsberg**

anschließend um 14:30 Uhr

am Hofgut Rimpertsweiler, Saatgutbaracke:

**Mitgliederversammlung des Vereins zur Förderung der Saatgutforschung
im biologisch-dynamischen Landbau e.V. – Gäste sind willkommen –**

* Treffpunkt wird noch mitgeteilt

siehe auch: www.saatgut-forschung.de/termine oder www.saatgut-forschung.de/versuchsstandorte-2018
und www.saatgut-forschung.de/kontakt/wegbeschreibung-lichthof/

Umschlagbild: Späths Alb-Linse

Woldemar Mammel hat den Linsenanbau auf der Schwäbischen Alb mit der Erzeugergemeinschaft Alb-Leisa zu neuem Leben erweckt. Die verschollene Alb-Linse wurde im Vavilov-Institut* in St. Petersburg wiedergefunden und kann nun auf der Alb wieder angebaut werden. In Zusammenarbeit mit Alb-Leisa wird am Keyserlingk-Institut an der Weiterentwicklung dieser Linsensorte gearbeitet (Seite 8).

Foto: Thomas Stephan, 89597 Munderkingen – <http://thomas-stephan.com>

* *Vavilov* ist die aus dem Englischen übernommene, international übliche Schreibweise, sonst wird hier im Heft für *Вавилов* die deutsche Schreibweise *Wawilow* verwendet.

Liebe Leser der Mitteilungen, liebe Freunde und Förderer der Arbeit des Keyserlingk-Instituts

2017 war der 130. Geburtstag von Nikolai I. Wawilow. Er war am Anfang des 20. Jahrhunderts international geachtet in der damals noch jungen Wissenschaft der Genetik. Sein zu früh abgebrochenes Lebenswerk war der Aufbau der Genbank in St. Petersburg mit einer großartigen Sammlung von Kulturpflanzen-Saatgut aus aller Welt. Den Hunger zu besiegen, war sein wesentlicher Impuls für diese Arbeit.

Auch heute ist der Hunger noch ein ungelöstes Problem für die wachsende Weltbevölkerung. Saatgut ist ein Schlüssel für dieses Problem. Die Gentechnik-Industrie ist eine Weltmacht geworden, die die bäuerliche Landwirtschaft und ihre wertvollen genetischen Ressourcen weltweit zerstört – und so den Hunger manipulierbar macht.

Neue Gentechnik-Methoden sind in den letzten Jahren entwickelt worden, die sehr gezielt – und schwer nachweisbar – das Erbgut von Tieren und Pflanzen verändern können.

Gentechnik ist die konsequente Umsetzung des darwinistischen Denkens, wo zufällige Mutationen als treibende Kraft in der Evolution gesehen werden. Wenn es wirklich so wäre, dass ein Lebewesen nur eine beliebige Genkombination ist, die sich „im Kampf ums Dasein“ durch natürliche Selektion herauskristallisiert hat, dann wäre Gentechnik eine logische Konsequenz. Denn dort werden neue Genkombinationen geschaffen, die in einer industrialisierten Landwirtschaft und der dazugehörigen global gesteuerten Wirtschaftsordnung offensichtlich einen Selektionsvorteil haben.

Die epigenetische Forschung überwindet inzwischen diesen einfachen Blick auf Vererbung und Entwicklung. So besteht die Hoffnung, dass aus der Vererbungswissenschaft selber neue Impulse kommen, um dem Wesen des Lebendigen besser gerecht zu werden.

Bertold Heyden
im Dezember 2017



Dasypyrum-Saat am Lichthof Ende September. Fotografiert am 8. Dezember 2017

Inhalt

Aktuelles aus der Arbeit	5
Weizen	5
Hartweizen	7
Linsen	8
Wildgetreide <i>Dasypyrum villosum</i>	10
Das ATI-Projekt – Glutensensitivität oder Weizensensitivität	12
Buchweizen	15
Wawilow und das Wawilow-Institut in St. Petersburg	16
Nikolai Iwanowitsch Wawilow	22
Hunger	34
Zahlen und Fakten zu Hunger und Welternährung heute	34
Der Blick auf die Gene	38
Vom Baukasten zum sensiblen Netzwerk	38
Die DNA im Mikrokosmos der Zelle	40
Gentechnik in vielen Produkten	41
Der Begriff vom Gen ist am zerbröseln	42
Der Blick auf das Ganze	46
Rückblick und Ausblick	50
Historischer Überblick zur klassischen und molekularen Genetik	52



Einladung

zu einer goetheanistisch-botanischen Studienarbeit am Buchweizen und den Knöterichgewächsen

Buchweizen findet als Nahrungspflanze wieder mehr Interesse. Auch bei Glutenunverträglichkeit kann er eine gute Alternative sein.

Buchweizen gehört zu den Knöterichgewächsen, so wie der in der Landwirtschaft wenig geliebte Ampfer. Nahrungspflanzen sind hier nicht die Regel. Es wäre also lohnend, die goetheanistischen Gesetzmäßigkeiten in dieser Familie zu studieren, um die Besonderheit von Buchweizen innerhalb der Familie zu verstehen. Dabei ist es interessant, dass man doch eine gewisse Ähnlichkeit mit den Getreidearten entdecken kann.

Deshalb möchte ich dieses Thema als Forschungsprojekt im Rahmen der Arbeitsgruppe „Bellis“ anbieten. Jeder goetheanistisch Interessierte kann daran teilnehmen.

Bellis ist eine Arbeitsgruppe, die sich Forschung und Ausbildung für goetheanistische Naturwissenschaft zur Aufgabe gesetzt hat und mit der naturwissenschaftlichen Sektion am Goetheanum zusammenarbeitet. Weitere Informationen finden sich unter:

Siehe: www.anthrobotanik.eu/anthro/Ausbildung/Ausbildung.html

Bertold Heyden

Aktuelles aus der Arbeit

Weizen

Für Demeter- und Biolandbauern des westlichen Bodensees und der Schwäbischen Alb haben die Weizensorten des Keyserlingk-Instituts eine Bedeutung für die Region erlangt. Hier wird am meisten Saatgut nachgefragt (10 - 20 t pro Jahr). Kleinere Mengen gehen aber auch weitere Wege über die Region hinaus. Sechs Sorten sind als Erhaltungssorte zugelassen.

Die Sorte **Hermion** (Hermes) ist die beliebteste. Sie ist die vielleicht schönste Sorte, mit ihren langen Grannen und ihrer großen, goldenen Ähre, die immer sehr gesund aussieht, denn sie ist wenig anfällig gegenüber Ährenfusarium und Spelzenbräune.

Die Sorte **Goldritter** glänzt durch ihr langes, starkes Stroh und ihre guten Ertragseigenschaften. Dies zeigen auch die Ergebnisse der Landessortenversuche in Baden-Württemberg auf 5 Standorten. Goldritter besitzt gute Backeigenschaften trotz geringerem Klebergehalt. ▶



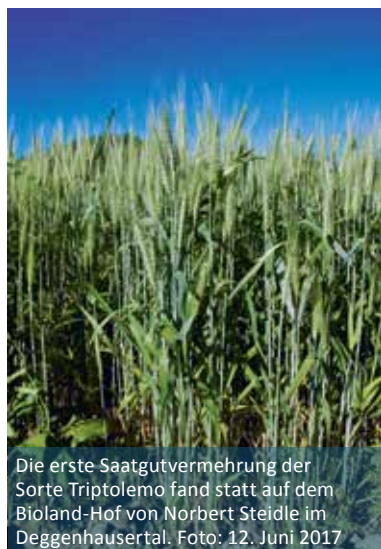
Weizenfeld der Sorte Alauda am Hofgut Brachenreuthe, Ende Juni 2016

Die Sorte **Alauda** mit ihren rotbraunen Ähren ist nun auf dem Brachenreuther Hof angekommen. Dort wird sie aufgrund ihres hohen Eiweißgehalts und ihrer Gelbpigmente als Hühnerfutter geschätzt. Für Backweizen muss Alauda mit anderen Sorten gemischt werden, da er einen weicherer Kleber hat. Ein frei geschobenes Brot würde flach werden.

Die Sorte **Karneol** eignet sich insbesondere für die rauerer Bedingungen der Schwäbischen Alb. Die Bäckerei BeckaBeck bevorzugt diese Sorte für ihre *Albweizenweckle*. Dazu Heiner Beck: „**Es handelt sich hierbei nicht um moderne Hohertragsweizen, sondern um alte Sorten aus einer biologisch-dynamischen Zucht. Sie werden von Bio-Bauern auf der Schwäbischen Alb sorgfältig angebaut. Mit dem Klima**



Karneol-Vermehrung in Grötzingen auf der Schwäbischen Alb, Mitte Juli 2017



Die erste Saatgutvermehrung der Sorte Triptolemo fand statt auf dem Bioland-Hof von Norbert Steidle im Deggenhauser Tal. Foto: 12. Juni 2017



Ökofeldtage, Hessische Staatsdomäne Frankenhäuser, 21. und 22. Juni 2017

kommen sie gut zurecht und bieten ein hohes Maß an innerer Qualität für die Backstube. Vor allem das Aroma begeistert uns.“

Die beiden jüngsten Sorten am Keyserlingk-Institut, **Kamperan** und **Triptolemo** sind nun in der Saatgutvermehrung. Die ersten Hektare wurden schon mit diesen Sorten bestellt. Kamperan zeichnet sich durch sehr gute Backqualitätsparameter aus. In Sortenversuchen ist er meist die qualitativ beste Sorte, so auch im Sortenversuch einer befreundeten Mühle in der Normandie. Triptolemo ist für bessere Böden mit hoher Ertragsersparnis bestimmt. Bei Spitzenerträgen hält er stets auch eine gute Qualität.

Eine Vielzahl weiterer Sorten sind am Keyserlingk-Institut in Bearbeitung, darunter die Genbank-Herkunft **Maxi**, die ehemalige Kunz-Sorte **Kobold**, einige Sorten vom Hof Grub, französische Landsorten, Kreuzungen, die vor einigen Jahren von Philipp Steffan angelegt wurden, sowie einige Schwesterlinien von Hermion aus der früheren Probus-Hofsorte vom Lichthof.

Hartweizen

Die bevorzugte Züchtungsmethode am Keyserlingk-Institut ist die Selektion einzelner Ähren aus Hofsorten, aus älterem genetischen Material und auch aus Sortenmischungen (Populationen). Durch spontane Mutationen oder natürliche Kreuzungen bei Windbestäubung entstehen neue Typen, die – so sie gefallen – selektiert werden. Die natürlichen Vorgänge sollen sich ungestört entfalten können. Die sonst übliche Methode ist das Forcieren der Kreuzung über Kastration der Ähre, indem die Staubbeutel entfernt werden, bevor sie aufplatzen und die eigene Blüte bestäuben. Dann kann mit einer anderen blühenden Ähre bestäubt werden. Dies ist die gängige, klassische Vorgehensweise in der Kreuzungszüchtung, die die gezielte Zusammenführung und Trennung gewünschter bzw. unerwünschter Eigenschaften durch Anwendung der Mendelschen Regeln zum Ziel hat. Auch diese Methode wurde und wird am Keyserlingk-Institut angewandt. Seit nunmehr 4 Jahren wird so die Züchtung auf winterfeste (kälteresistente) Hartweizen vorgenommen. Da die Eigenschaft der Winterfestigkeit dem Hartweizen allgemein nicht eigen ist, wurden Kreuzungen mit nahen Verwandten, wie dem Rauweizen und dem Emmer vorgenommen. (Die gegenwärtig auf dem Saatgut-Markt vorhandenen winterfesten Hartweizensorten sind ebenfalls über die Einkreuzung mit Emmer entstanden.) Was sich insbesondere im Jahr 2017 auf den Versuchsfeldern nun zeigte, sind erste vielversprechende ▶



Winterfeste Kreuzung aus der Hartweizensorte Senatore Cappelli und einem Rauweizen



Linsenfeld am Hof Höllwangen. Die Sorte *Kleine Schwarze* wurde schon im Herbst gesät (rechts mit Wintergerste als Stützfrucht) und auch im Frühjahr (links mit Hafer als Stützfrucht). Die zarten Linsenpflanzen sind nur als grüner Teppich unter dem Getreide zu sehen.

Linien mit guter Winterfestigkeit und schönem glasigen Korn. 10 Jahre wird es brauchen, bis daraus Sorten entstehen, die homogen genug sind für eine Sortenzulassung. Bis dahin sollen die favorisierten Linien vorvermehrt werden, so dass in Zusammenarbeit mit der Nudelmanufaktur Überlingen ein Versuchsanbau mit anschließender Pastaherstellung durchgeführt werden kann. Die Hartweizenzüchtung am Keyserlingk-Institut wird unterstützt von der Firma ALB-GOLD. Der professionelle Austausch mit Partnern aus der Wertschöpfungskette hat in vielen Gesprächen, sowie bei gemeinsamen Nudelverkostungen zur Bereicherung der Kenntnisse rund um die Kunst der Nudelherstellung beigetragen.

Linsen

Seit kurzem gibt es wieder die **Bodensee BIOBAUERN Beluga Linse** von Campo Verde. Diese *Kleine Schwarze* Linse wurde vor einigen Jahren von Bernd Horneburg (Uni Göttingen) in der Genbank von Gatersleben (Lens 106) wiederentdeckt. Wolde- mar Mammel (Alb-Leisa) gab uns dann im Jahr 2011 ein Säckchen voll mit dieser Linse. Eine Selektion der kräftigsten Pflanzen aus dem Jahr 2012 wurde vom Keyserlingk-Institut vermehrt, sodass nun im Jahr 2017 bereits 3,6 t am Bodensee geerntet werden konnten. Da es zur Erntezeit jeden Tag regnete, waren 2/3 der Ernte schrumpelig und für den Konsumverkauf nicht mehr ansehnlich

genug. Glücklicherweise konnte diese Partie noch als Saatgut verkauft werden. Das andere Drittel war sehr schön, es konnte früher geerntet werden, weil es schon im Herbst und nicht erst – wie sonst üblich – im Frühjahr gesät wurde. Dies ist auch eine Besonderheit der *Kleinen Schwarzen*: sie ist winterfest. Dies hatte Woldemar Mammel in der Literatur zum Linsenanbau in Deutschland gefunden: es gab damals schwarze Linsen, die schon im Herbst gesät

wurden. In Feldversuchen von Agroscope (Schweiz) und am Keyserlingk-Institut konnte bestätigt werden, dass es sich bei der Lens 106 wohl um eine solche winterfeste Linse handelt. So wurde dann im Herbst 2016 erstmals der Anbau auf 1,5 Hektar gewagt. Es wurden keine Auswinterungsschäden beobachtet, dies bei Temperaturen von minus 9 Grad im Januar (bei leichter Schneedecke) und Spätfrösten im Mai. ▶



Seit kurzem gibt es wieder die Bodensee BIOBAUERN Beluga Linse von Campo Verde.



Herbert Wekel, unser unermüdlicher Helfer, hier an der Entspelzung für Dasypyrum, Lichthof, Anfang August 2017

In der Linsenzüchtung am Keyserlingk-Institut werden besondere Einzelpflanzen, die aus Spontanmutationen oder durch Einkreuzung über Insektenflug entstanden, selektiert, im Gewächshaus zwischenvermehrt und im Feldversuch dann mit anderen Linsensorten verglichen. Jedes Jahr findet auch ein Geschmackstest bei Alb-Leisa statt, bei dem neue und alte Sorten und Zuchtlinien auf ihre Kocheigenschaften und ihren Geschmack hin bewertet werden. An Sorten werden die Linsen,

die bei Alb-Leisa im Anbau sind, getestet und selektiert (de Puy, Späth's Alb Linse 1 und 2), aber auch Sorten und Herkünfte aus den Höhenlagen Südeuropas. Im Jahr 2018 sollen nun die ersten Favoriten in die Vermehrung genommen werden: eine rotfleischige Auslese aus der Späth'schen Alb-Linse 1, eine besonders ertragsreiche Selektionslinie der Puy-Linse, sowie eine Vorvermehrung einer wiederholt verlesenen Linie der *Kleinen Schwarzen*.

Udo Hennenkämper

und Weizen unterschiedlichen botanischen Gattungen angehören – allerdings dem gemeinsamen Tribus Triticeae.

Trotz der noch ausstehenden Analysen sind gesundheitsgefährdende Inhaltsstoffe bei einem weizenverwandten Gras nicht zu befürchten. Deshalb ist unser Ziel, die Zulassung im Sinne der Novel Food Verordnung weiterhin anzustreben. Allerdings ist es noch schwer abzuschätzen, wie viel Zeit und Geld das normale Zulassungsverfahren

beanspruchen wird. Es müssen mehrere unabhängige Proben analysiert werden, wobei die Analyse der sekundären Pflanzenstoffe sehr aufwändig ist, und ein Analysen-Labor bisher nicht zu finden war. Auch wenn eine Produktentwicklung leider noch nicht möglich ist, können wir das Dasypyrum-Korn aber schon als Saatgut abgeben, damit Sie das Korn und die Pflanze aus eigener Anschauung kennen lernen können. Verfügbar sind die oben genannten Varianten aus der Feldernte vom Lichthof. ▶

Wildgetreide *Dasypyrum villosum*

In der vergangenen Vegetationsperiode 2016/2017 wurde am Lichthof wieder ein kleines Feld mit *Dasypyrum* angebaut, 30 Ar von der Variante **Rocca Doria gold** und etwa 10 Ar von der Variante **Freies Korn**. Das Ende September gesäte Feld hatte sich gut entwickelt. Leider kamen im Juni, als die Halme noch weich waren, zwei schwere Gewitterregen, so dass große Flächen vom *Dasypyrum* und dem anschließenden Roggenfeld ins Lager gingen und sich später auch nicht mehr richtig aufrichten konnten. Trotzdem war die Ernte noch möglich: nach der bewährten Methode wurde das Feld bei beginnender Reife gemäht, zum Nachreifen auf Schwad gelegt und drei Tage später mit dem Mähdrescher geerntet (7. Juli).

Inzwischen ist alles durch die Entspelzungsmaschine gelaufen und mit Wind, Sieb und Trieur normal

gereinigt worden. Noch bessere Qualität wurde erreicht mit einem Tischausleser, den wir in der Gemüsesaatgutreinigung bei der Sativa (Rheinau, CH) benutzen durften. Der Ertrag ist zufriedenstellend: von **Rocca Doria gold** haben wir 120 kg gereinigtes Korn, von **Freies Korn** 37 kg.

Produkte von *Dasypyrum* können leider noch nicht in den Handel gebracht werden. Nach der Novel-Food-Verordnung der EU muss ein neuartiges Lebensmittel geprüft und zugelassen werden. Wir haben auf eine vereinfachte Zulassung gehofft, weil die Inhaltsstoffe im Wesentlichen gleichwertig sind mit anderen weizenverwandten Getreidearten wie Roggen, Gerste, Weizen und Dinkel. Es fehlte noch eine genauere Untersuchung der sekundären Pflanzenstoffe. Entscheidend für die Ablehnung war aber die Tatsache, dass *Dasypyrum*, Roggen, Gerste



Die Sorte **Krim** ist leider noch nicht in ausreichenden Mengen vorhanden, die Vermehrung ist hier besonders schwierig. Qualitativ vergleichbar ist die Variante **Krim-Obersieb**. Dies sind kräftigere Pflanzen und Körner mit etwas höherem Tausend-korngewicht (15,4 g bei der diesjährigen Ernte). Aber auch hier war die Vermehrungsfläche bisher erst bei 200 m².

Bei den Herkünften von der Krim (Varianten **Krim** und **Heiliger Berg**) ist der Wildpflanzencharakter im Reifeverhalten besonders ausgeprägt, d. h. die Ähren sind im unteren Teil noch deutlich grün, wenn oben schon die Ährchen abgeworfen werden. Bei den Sardinien-Varianten ist die Abreife generell etwas einheitlicher, es konnten schon verbesserte Typen selektiert werden, aber noch nicht mit durchschlagendem Erfolg.

Ein Rückschlag war das Jahr 2016: Dauerregen im Juni brachte unvollständige Bestäubung. Die

Spelzen der tauben, absterbenden Blüten wurden bei anhaltend nassem Wetter stark von Fusarium-Pilzen befallen, so dass eine Beurteilung der Ähren nicht mehr möglich war.

Ein anderes Wildpflanzenmerkmal, der Unterschied in der Kornfarbe, tritt dagegen bei den Sardinien-Herkünften deutlicher hervor: Im einzelnen Ährchen ist das zweite Korn hell, das erste dunkel. Bei den dunklen Körnern ist die Keimruhe sehr viel stärker ausgeprägt, während das helle Korn immer sofort keimt.

In diesem Herbst hatten wir beste Saatbedingungen. In den letzten Septembertagen kam die Parzellensämaschine für die größeren Flächen zum Einsatz. Anfang Oktober wurden noch die Kleinpazellen und neuen Selektionen von Hand gesät. Das Versuchsfeld liegt etwa am höchsten Punkt des Lichthofs auf 730 m. Der Blick öffnet sich nach Norden in das weite hügelige Land, das bis zur Donau geht.

durch feine Spalten in die tieferen Schichten der Darmschleimhaut eindringt, antwortet das (angeborene) Immunsystem, indem Fresszellen dieses fremde Eiweiß beseitigen. Nur wenn ein Übermaß vorhanden ist, das von diesen überall im Organismus tätigen Immunzellen nicht mehr abgebaut werden kann, kommt es zu einer entzündlichen Reaktion – und auch Verdauungsbeschwerden. Allerdings sind dies Beschwerden, die nicht leicht von anderen Unverträglichkeiten zu unterscheiden sind.

In Mainz, im Labor von Prof. Schuppan kann diese Immunreaktion mit Hilfe von Zellkulturen getestet werden. Hierzu muss aus einer Mehlprobe mit einer Pufferlösung das ATI-Protein herausgelöst werden, muss dann aber noch über mehrere Stufen gereinigt und in einen zellverträglichen Puffer überführt werden, bevor es der Zellkultur zugesetzt wird.

Diese Immunzellen reagieren dann mit der Bildung eines Botenstoffs, ein Zytokin, das normalerweise im Organismus andere Immunzellen herbeiholt. Dieser Botenstoff (zum Beispiel Interleukin-8) wird in sehr geringen Konzentrationen (Nanogramm-Mengen) gebildet, und muss dann mit einem anderen Test (ein so genannter ELISA-Test, der wiederum spezifisch auf dieses Protein reagiert) quantitativ bestimmt werden.

Sie merken, dieser ATI-Test ist kein einfacher Test, der mal eben in einer halben Stunde zu machen wäre. Deshalb waren die 300 Proben, die wir nach

Mainz geschickt haben, schon eine Herausforderung für dieses Forschungslabor, weil es ja nicht für serienmäßige Analysen eingerichtet ist. Und eine Zellkultur reagiert vielleicht auch nicht jeden Tag gleich. Zumindest war die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse nicht sehr gut. Inzwischen wurden aber fast 400 Proben (oft mit Mehrfachbestimmungen im Test) untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass es beim Weizen große Unterschiede bei der ATI-Reaktion gibt, so dass die Hoffnung berechtigt ist, geeignete Sorten zu finden. Von den 85 getesteten Weizensorten sind es nun 5-10 interessante Kandidaten, die weiter geprüft werden sollten, um die Ergebnisse abzusichern. Nicht zu beantworten war bisher die Frage, wie stark sich die Anbaubedingungen auswirken.

Als Züchter brauchen wir allerdings einen Test, der in der kurzen Zeit zwischen Ernte und Aussaat rasch durchzuführen ist. Peter Kunz hat beim letzten Züchertreffen den Vorschlag gemacht, die Trypsin-Hemmung der Mehlproben zu messen, um den ATI-Gehalt zu bestimmen. Dies habe ich versucht umzusetzen, anfangs mithilfe der Labor-Einrichtung am FiBL. Der Test ist inzwischen erfolgversprechend. Zumindest gab es sortentypische Ergebnisse: Proben einzelner Sorten von unterschiedlichen Ernten (Dotzenfelderhof 2015 und Bodensee 2017) hatten ähnliche Messwerte.

Erfreulicherweise hatte auch eine unserer wichtigsten Sorten, der **Goldritter**, positive Resultate, ▶

Das ATI-Projekt – Glutensensitivität oder Weizensensitivität

Im letzten Mitteilungsheft wurde berichtet über unser ATI-Projekt, das zum Ziel hat, Weizensorten zu finden, die bei der sogenannten Glutensensitivität besser verträglich sind – also mindestens so gut wie Dinkel.

Genau genommen handelt es sich um eine ATI-Sensitivität, eine Immunreaktion in der Darmschleimhaut gegen unverdautes ATI (= α -Amylase-Trypsin-Inhibitor), also ein Eiweiß, das die Enzyme der Stärke- und Eiweiß-Verdauung

im Darm hemmt. ATI ist durch seine stabile Molekularstruktur (es wird auch beim Backen nicht zerstört) schon schwer verdaulich, und behindert als Trypsin-Inhibitor zusätzlich seine eigene Verdauung. Aber erst wenn dieses unverdaute Fremdprotein



Buchweizenfeld auf der Schwäbischen Alb, Ende Juli 2011

löste also nur eine sehr geringe Hemmung der Trypsin-Reaktion aus. Und auch bei den Versuchen in Mainz hatte sich diese Sorte mit niedrigen ATI-Werten herauskristallisiert. Nun möchten wir natürlich gerne wissen, ob der Labor-Befund auch etwas mit der Wirklichkeit zu tun hat. Vielleicht gibt es ja Leser, die uns helfen könnten?

Bertold Heyden

Falls Sie Probleme mit dem Weizen haben ...

- ▶ stattdessen aber vielleicht noch Dinkel essen, und
- ▶ wenn es sich also nicht um Zöliakie handelt,
- ▶ wenn es sich auch nicht um Weizen-Allergie handelt,
- ▶ wenn es sich wahrscheinlich auch nicht um eine Verdauungsschwäche handelt, wie zum Beispiel Fructose-Intoleranz oder Unverträglichkeiten gegen andere schwer verdauliche Zucker,
- ▶ d.h. wenn es sich voraussichtlich um diese gar nicht seltene ATI-Sensitivität handelt,

dann würden wir Ihnen gerne mal ein Goldritter-Brot schicken, in der Hoffnung, dass Sie das dann gerne und ohne Probleme essen können.

In diesem Sinne wären wir natürlich sehr dankbar für eine Rückmeldung!

Buchweizen – ein neues Projekt?

Es war eine Freude, auf der Schwäbischen Alb die Buchweizenfelder bei Anton Wahl (Eglingen) und am Kalmenhof (Scharenstetten) zu besichtigen. Die rosa Blüten bringen wieder Farbe in die Landschaft. Und es lohnt sich natürlich, diese alte Kulturpflanze wieder zu beleben, weil die Unverträglichkeiten gegen glutenhaltiges Getreide zunehmen. Buchweizen ist ein Knöterichgewächs, ist also überhaupt nicht mit dem Getreide verwandt. Die Samen sind auch stärkehaltig, aber das Eiweiß hat eine ganz andere Zusammensetzung als beim Weizen.

Bei der Firma ErdmannHAUSER wird Buchweizen schon verarbeitet. Und es besteht Interesse, den Anbau auf der Alb auszuweiten und Sortenempfehlungen zu geben. Bevor man aber an Züchtung denken kann, ist es notwendig, die vorhandenen Sorten kennen zu lernen und ihre Eignung für den Anbau auf der Schwäbischen Alb zu testen. In Osteuropa hat Buchweizen größere Bedeutung, wir denken deshalb auch daran, russische Sorten zu prüfen. Die Finanzierung für ein solches, erstmal kleines Projekt ist allerdings noch offen.

Bertold Heyden und Udo Hennenkämper

Wawilow¹ und das Wawilow-Institut in St. Petersburg²

Im Herbst 2014 hatte ich die Gelegenheit, die älteste Genbank der Welt, das Wawilow-Institut in St. Petersburg, zum zweiten Mal zu besuchen. Das verdanke ich Frau Professor Suluchan Temirbekowa, der ehemaligen Leiterin der Außenstelle in Michnewo bei Moskau, mit der das Keyserlingk-Institut seit vielen Jahren einen wissenschaftlichen Austausch pflegt.

Ein Gespräch mit dem Direktor des Instituts Prof. Nikolai Dschubenko und eine Führung mit leitenden Mitarbeitern durch die beiden Gebäude zeigten nicht nur die große Treue zum Erbe Wawilows in diesen altherwürdigen Räumen, sie offenbarten auch, wie man mit den eher bescheidenen Mitteln und viel Fantasie versucht, die unglaublichen Schätze auf moderne Art zu schützen, zu erhalten und die für die Zukunft so wichtige Forschungsarbeit zu leisten. Ich möchte mich auch an dieser Stelle bei allen noch einmal auf das herzlichste bedanken.

Zur Geschichte des Wawilow-Instituts in St. Petersburg

Mitten im Zentrum von St. Petersburg säumen zwei spiegelgleiche Gebäude aus dem 19. Jahrhundert den Isaakplatz, an dessen Stirnseite die mächtige Isaakkathedrale, am anderen Ende das Denkmal Nikolaus I stehen. Hier liegt der Ursprung der Bemühungen um die Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt, das *Wawilow-Institut*. Es war die erste Genbank der Welt.

Schon zur Zeit des Zaren Nikolaus II wurden Samen und Pflanzen aus dem gesamten groß-russischen Reich gesammelt, untersucht und aufbewahrt, zunächst eher neben der eigentlichen Arbeit und praktisch ohne Mittel. Der Botaniker Alexander F. Batalin war der erste, der sich um die

Nutzpflanzen bemühte. Durch seine Anstrengungen wurde schließlich vom Wissenschaftsrat der Landwirtschaftsuniversität ein *Büro für angewandte Botanik* eingerichtet, der Vorläufer des heutigen *N.I. Wawilow Instituts für Pflanzengenetische Ressourcen*. Als Robert E. Regel Direktor des Büros für Angewandte Botanik wurde, stellte er die Arbeit auf eine rein wissenschaftliche Basis und führte systematisch Nutzpflanzensammlungen durch. Er erwirkte finanzielle Unterstützung durch den Staat

- 1) Die englische Umschreibung des russischen Namens lautet Vavilov.
- 2) Eine vollständige Liste der dem Artikel zugrundeliegenden Literatur findet sich unter: www.saatgut-forschung.de/publikationen/
Der komplette Artikel ist außerdem veröffentlicht unter: www.elisabeth-beringer.de/artikel/wawilow-institut

und eine Erweiterung des Mitarbeiterstabes. Selbst war er Spezialist für Gerste und legte eine große Sammlung von Varietäten an.

Die entscheidende Entwicklung erfolgte unter seinem Mitarbeiter und Nachfolger Nikolai I. Wawilow. Dessen Leben ist von der Entwicklung des Wawilow-Instituts während der Zeit seiner Mitarbeit nicht zu trennen. Deswegen soll in einem folgenden Artikel das Wichtigste aus Wawilows Biografie dargestellt werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird diese Zeit deswegen hier nur sehr knapp dargestellt.

Durch zahllose Expeditionen in alle Erdteile, auf denen Wawilow in 64 Ländern selbst über 200.000

Samen und Pflanzen sammelte, wuchs das später nach ihm benannte Wawilow-Institut zur weltweit bedeutendsten Genbank für Nutzpflanzen. Schon damals bemerkte Wawilow, wie schnell die Vielfalt abnahm, so dass er durch seine Sammlungen möglichst viel für die Menschheit retten wollte. Heute sind etwa 90 % der eingelagerten Nutzpflanzen am Ursprungsort ausgestorben und nur noch hier vorhanden. Ein Beispiel dafür ist die Alblinse, die durch eine Probe aus dem Wawilow-Institut heute auf der Schwäbischen Alb wieder kultiviert werden kann. Das Forbes-Institut schätzt den Wert der Sammlungen auf über 8 Billionen Dollar, das ist mehr als der Staatshaushalt Russlands und der USA zusammen. ▶



Wawilow-Institut in St. Petersburg

Schon Regel hatte die theoretische botanische Arbeit mit der praktischen verbunden. Dieses Konzept behielt Wawilow bei und erweiterte noch die Untersuchungsbereiche. Darin unterschied sich das Wawilow-Institut von den anderen entsprechenden Institutionen in der Welt.

Wawilow fand eine erbliche Bedingtheit für Krankheitsresistenzen bei Pflanzen. Diese Arbeit machte ihn berühmt und war der Anfang seiner Forschungen auf dem Gebiet der Genetik, wo er bald zu einem der bedeutendsten Vertreter wurde.

Er entdeckte, dass es geografische Zentren der Biodiversität gibt, von denen die Vielfalt ihren Ausgang genommen haben muss. Acht solche Zentren lokalisierte er und besuchte selbst eine Reihe davon. Des Weiteren beschrieb er das Gesetz der homologen Reihen. Bestimmte Formvariationen einer Art lassen sich analog auch in anderen Arten finden. Mit Hilfe dieser Gesetze konnte er gezielt nach Varietäten suchen, die bis dahin unbekannt waren.

Unter Wawilows Ägide errang das Institut internationale Geltung. Während des Ersten Weltkrieges und der russischen Revolution arbeitete das Institut weiter. Wawilow selbst war kriegsuntauglich. Um Politik kümmerte er sich nicht, genoss aber die Unterstützung Lenins. Russlandweit waren Außenstellen des Instituts hinzugekommen, wo unter den unterschiedlichsten klimatischen Bedingungen Aussaatversuche und Regeneration des Saatgutes

vorgenommen wurden. Ziel der Arbeit war vom ersten Beginn an, alles dafür zu tun, dass sich die Hungerkatastrophen der Vergangenheit nicht mehr wiederholten. Dazu wollte Wawilow Sorten für den Anbau zur Verfügung stellen, die möglichst ertragreich und gesund waren, und die mit den unterschiedlichen Anforderungen durch Boden und Klima auskommen konnten.

Das Verhältnis Wawilows zur Regierung änderte sich grundlegend unter der Herrschaft Stalins. Durch die Zwangskollektivierung und Ausrottung des Bauernstandes war es zu mehreren großen Hungerkatastrophen in der Sowjetunion gekommen. Stalin verlangte von den Wissenschaftlern des Instituts, dass sie innerhalb kürzester Frist die Produktivität der Landwirtschaft erhöhen sollten.

Trofim Lyssenko, ein Züchter aus Odessa, behauptete entgegen aller Vernunft, das von Stalin erwartete Wunder vollbringen zu können. Er vertrat eine auf de Lamarck fußende Theorie, die bestens in Stalins Ideologie passte: Man könne alle Lebewesen, egal ob Mensch, Tier oder Pflanze durch „Umerziehung“ zu einer Veränderung ihrer Eigenschaften zwingen. So müsse man beispielsweise nur die richtigen Stresssituationen schaffen, dass aus einem Sommerweizen ein Winterweizen würde.

Die Forscher des Wawilow-Instituts führten eigene Versuchsreihen zur Vernalisation durch, widerlegten dabei aber Lyssenkos Versuche. In einer öffentlichen Rede unter Stalins Anwesenheit

griff Lyssenko sie seinerseits heftig an, sagte den „Genetikern“ und „Idealisten“ den Kampf an und nannte sie Volksverräter, wobei Stalin ihn öffentlich beglückwünschte.

In der Folgezeit kam es zu vermehrten Säuberungen gegen Intellektuelle, dem zunächst neun Mitarbeiter des Wawilow-Instituts zum Opfer fielen. Wawilow selbst wurde 1941 während einer Sammelreise in den Karpaten verhaftet und zum Tode verurteilt, was später in eine 20jährige Kerkerhaft umgewandelt wurde. Er verstarb 1943 an den Folgen von Unterernährung im Gefängnis von Saratow. Mehrere seiner Kollegen, meist führende Wissenschaftler, wurden nach ihm ebenfalls verhaftet und alle exekutiert.

Die Mitarbeiter des Instituts waren nicht nur Wawilow persönlich ergeben, sondern hielten unerschütterlich an ihrer Mission fest, den Sortenbestand für die Nachwelt zu retten. Während die Sowjets die Evakuierung der Kunstschatze der Eremitage angeordnet hatten, wurden die 250.000 Proben von Samen, Wurzeln und Früchten nicht in Sicherheit gebracht, sondern blieben in der damals größten Genbank der Welt liegen. Einige Wissenschaftler des Instituts verpackten einen Querschnitt der Samen in Kisten und versteckten sie im Keller, um sie zu schützen.

Während der 900-tägigen Blockade von Leningrad (heute wieder St. Petersburg) durch die deutschen Truppen, bei der die Stadt vollständig von allem

Nachschub abgeschnitten war, starben mehr als eine Million Zivilisten. Unter größten persönlichen Opfern bewachten die Mitarbeiter das Institut, wo sich Tonnen von Kartoffeln, Getreide, Nüssen und anderen Lebensmitteln befanden, und setzten ihre Arbeit fort. Sie hatten sich verabredet, immer zu zweit zu arbeiten und die nahrhaften Schätze nicht anzurühren. Als im Winter bei minus 40 Grad die Kartoffeln gefährdet waren, verbrannten sie alte Bücher, Holztüren und was sie an Brennbarem finden konnten, um sie zu bewahren. Sogar als sie selbst bis zu Tode entkräftet waren, rührte niemand eine einzige Nuss oder Kartoffel an. Neun Mitarbeiter starben an Unterernährung, zum Teil während der Arbeit an den nahrhaften Samen. So konnte die einzigartige Sammlung gerettet werden.

In den von der deutschen Armee okkupierten Gebieten, hauptsächlich in der Ukraine und auf der Krim, lagerten Teile von Wawilows Sammlungen. 1943 beschlagnahmte diese eine deutsche SS-Einheit, geführt von Heinz Brücher. Ein Großteil der Samen wurde in das Institut für Pflanzengenetik überführt, das speziell dafür im Schloss Lannach bei Graz in Österreich eingerichtet wurde. Diese Kriegsbeute wurde bis heute offiziell nicht erwähnt oder gar zurückgegeben.

Nach Wawilows Verhaftung wurde Trofim Lyssenko neuer Leiter des Instituts für Angewandte Botanik. Diese Zeit gilt als dunkles Kapitel in der Geschichte des Instituts. Genetik als Wissenschaft ►



Kühlung von Proben in flüssigem Stickstoff

wurde verboten und galt durch Lysenko und den Parteiideologen Prezent als widerlegte, bourgeoise Pseudowissenschaft. Nach der Entkulakisierung, der Tausende von Bauern zum Opfer fielen und wodurch die private Landwirtschaft in der Sowjetunion ausgerottet wurde, kam es immer wieder zu Hungerkatastrophen, nicht zuletzt durch die Unfähigkeit und Misswirtschaft der für die Landwirtschaft Zuständigen. Lysenkos erfolglose Arbeiten verschärften die Situation als sie zu bessern. Trotzdem hielt Stalin, der sonst so schnell „Gegner des Volkes“ ausmerzte, weiterhin an diesem „Wissenschaftler aus dem Volk“ fest.

Die Wawilow loyalen Mitarbeiter, die der Verfolgung entgangen waren, konnten sein Werk nur retten, indem sie möglichst unauffällig arbeiteten und die Samen immer wieder regenerierten. Erst unter Chruschtschow wurde Lysenko kritisiert, 1956 musste er die Leitung der Akademie der Agrarwissenschaften abgeben. Als 1962 eine Reihe seiner Arbeiten als Fälschungen entlarvt worden waren, wurde er von Chruschtschow entlassen.

1966 vermeldet die TASS, dass am 30. Mai in Moskau eine Gesellschaft für Genetik und Selektion neu gegründet wurde.

Von den 80er Jahren an gibt es neue Veröffentlichungen wissenschaftlicher Werke zur Genetik von Mitarbeitern des Wawilow-Instituts. 1983 erhielt das Institut offiziell den Namen *N.I. Wawilow Institut für Pflanzengenetische Ressourcen*.

Die Unterstützung durch den Staat blieb aber bescheiden. Immer wieder musste man um den Fortbestand bangen. Noch vor wenigen Jahren drohte der Verkauf einer der wichtigsten Außenstationen an reiche Investoren, die dort Luxuswohnungen bauen wollten. Erst der weltweite Protest von Wissenschaftlern und der UNO verhalfen dazu, dass dem Institut alle Ländereien als unkündbares Eigentum überschrieben wurden.

Neuere Entwicklungen deuten darauf hin, dass man in der russischen Politik zunehmend den Wert dieser einmaligen genetischen Ressourcen achtet und ihre Bedeutung für die Sicherung nicht nur der künftigen Ernährung Russlands sondern der ganzen Welt erkennt. So darf man hoffen, dass auch die nötigen Mittel für Erhaltung, Forschung

und Weiterentwicklung der Genbank vom Staat ausreichend zur Verfügung gestellt werden.

Das Wawilow-Institut gehört zu den wichtigsten Kulturgütern der Menschheit und sollte eigentlich als Weltkulturerbe der UNESCO anerkannt werden.

Elisabeth Beringer



Die alte Sammlung im Wawilow-Institut



Nikolai I. Wawilow

Nikolai Iwanowitsch Wawilow⁶

Geboren wurde Nikolai Iwanowitsch Wawilow am 25. November 1887 in Moskau in eine angesehene Kaufmannsfamilie.

Der Vater Iwan Iljitsch Wawilow⁷, ursprünglich ein einfacher Bauer aus dem Bezirk Wolokolamsk etwa 150 km von Moskau entfernt, war noch Analphabet als er nach Moskau zog. Dort bildete er sich selbst, arbeitete sich hoch vom einfachen Kaufmannsgehilfen, wurde schließlich Fabrikbesitzer und ein hochgeschätztes Mitglied der Stadtduma. Er liebte Bücher und legte eine wertvolle Bibliothek an, die auch Karten und Herbarien enthielt. Seine Kinder durften diese nach Belieben nutzen. Außerdem erhielten sie Musikunterricht, und es wurde im Haus viel musiziert. Man wohnte in einem Stadtpalais im Zentrum Moskaus.

Nikolai war das vierte von sieben Kindern, von denen drei schon im Kindesalter starben. Alle genossen eine hervorragende Bildung. Aber obwohl die Fabrik eines der erfolgreichsten Unternehmen Moskaus geworden war, wollte keines der Kinder Nachfolger in der Leitung der Fabrik werden, alle schlugen eine wissenschaftliche Laufbahn ein. Die beiden Schwestern studierten Medizin und wurden

6) Es gibt inzwischen eine Reihe Veröffentlichungen über Nikolai Iwanowitsch Wawilow, jedoch keine Biografie in deutscher Sprache. Eine vollständige Liste der dem Artikel zugrundeliegenden Literatur findet sich unter:

www.saatgut-forschung.de/publikationen/

Der komplette Artikel ist außerdem veröffentlicht unter:

www.elisabeth-beringer.de/artikel/nikolai-iwanowitsch-wawilow

7) Iwan Iljitsch Wawilow 1863-1928, Fabrikant

Ärztinnen. Der vier Jahre jüngere Bruder Sergej⁸ wurde Physiker, machte bedeutende Entdeckungen auf dem Gebiet der Optik, leitete später die Akademie der Naturwissenschaften und war wesentlich am Aufbau des sowjetischen Atomprogramms beteiligt. Der Vater, obwohl enttäuscht, war dennoch stolz auf seine Kinder und förderte sie mit allen Mitteln.

Im zaristischen Russland gab es immer wieder schreckliche Hungersnöte. Die sozialen Unterschiede waren ungeheuer. Am Zarenhof und auch bei den Bojaren herrschte unermesslicher Reichtum und Prunk. Den Grund, auf dem dieser Wohlstand ruhte, bildete die Schicht der leibeigenen Bauern. Das änderte sich auch nicht wesentlich, als 1861 die Leibeigenschaft abgeschafft wurde. Die Grundbesitzer und Steuereintreiber pressten alles aus dem Volk heraus. Die Felder waren winzig, die Hütten oft nicht mehr als Erdlöcher. In weiten Gebieten wurde noch mit dem Holzpflug gearbeitet, der nicht selten von den Menschen selbst gezogen oder geschoben wurde und die Erde nur ein wenig „aufkratze“, wie es in einem Gedicht von Maximilian Woloschin⁹ heißt. Durch minimale Erträge und die oft gnadenlose Abgabenlast war Not das tägliche Brot des Bauern. Auf Grund von Missernten,

8) Sergei Iwanowitsch Wawilow, 1891-1951, russischer Physiker

9) Maximilian Alexandrowitsch Woloschin, 1877 - 1932, russischer Maler und Dichter, aus: *Die Pfade Kains*, Pforte Vlg., Dornach

10) Nikolai I. Wawilow, Tagebuch

11) Dimitri Nikolajewitsch Prianischnikow. 1865 - 1948, Pflanzenphysiologe, Chemiker

Unwetter, Dürren, Pflanzenkrankheiten gab es in regelmäßigen Abständen große Hungerkatastrophen, denen immer wieder Tausende Menschen zum Opfer fielen.

Eine solche erlebte der fünfjährige Nikolai im Winter 1891/92 mit. Nach einer schlechten Ernte in der Wolgaregion und im Schwarzerdegebiet folgte ein heißer, trockener Sommer, fünf Monate kein Regen, alles vertrocknete. Dazu kam eine Choleraepidemie, der viele vom Hunger geschwächte Menschen nicht standhalten konnten. Hunderttausende starben. Zwar selbst geschützt sollte dies doch Einfluss auf Nikolai Wawilows ganzes folgendes Leben haben. Später schrieb er in sein Tagebuch, er wolle „**für die Armen arbeiten, die unterdrückte Klasse seines Heimatlandes, und alles tun, ihren Bildungsstand zu heben**“.¹⁰

Er absolvierte die Handelsschule, wo er neben den nötigen Kenntnissen in Naturwissenschaften auch leidlich Französisch, Deutsch und Englisch gelehrt bekam. Im späteren Leben wird er diese Sprachen nicht nur vervollkommen, sondern sehr schnell neue dazu lernen. Insgesamt soll er 15 Sprachen und Dialekte beherrscht haben.

Nach Abschluss seiner Schulzeit beschloss er, Agrarwissenschaften zu studieren mit dem erklärten Ziel, den Hunger in Russland, ja in der ganzen Welt zu besiegen. Sein wichtigster Lehrer war Dimitri Nikolajewitsch Prianischnikow¹¹. Er ▶

war Professor an der Moskauer Landwirtschafts-universität. Sein Hauptgebiet war die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit durch Naturdünger und Düngepflanzen. Außerdem richtete er Kurse für Frauen an der Universität ein, die auch die spätere Ehefrau Wawilows Jekaterina¹² besuchte. Auf seine Anregung hin begann Wawilow, Pflanzenzüchtung zu studieren.

Wawilow hatte breit gefächerte Interessen, arbeitete und studierte in zahlreichen Labors und begann früh mit eigenen wissenschaftlichen Forschungen am Institut für Zoologie und Entomologie über den Schaden an Winterkulturen und Zierpflanzen durch Nacktschnecken, wofür er eine Auszeichnung erhielt. Er beendete sein Studium 1910 mit einer Diplomarbeit über Krankheitsresistenz bei Pflanzen. Nach Abschluss der Akademie siedelte er nach St. Petersburg über. Dort begann er seine Forschertätigkeit im Büro für angewandte Botanik und im Büro für Mykologie und Phytopathologie.

Der damalige Leiter des Büros für Angewandte Botanik Robert E. Regel¹³ hatte den jungen Wissenschaftler zu sich geholt. Er war Spezialist für Gerste und hatte die erste russische Dissertation über angewandte Botanik verfasst zum Thema

12) Jekaterina Nikolajewna Sacharowa, genannt Katja, 1886 - 1964, erste Ehefrau Wawilows

13) Robert Eduardowitsch Regel, 1867-1920, russischer Botaniker, Begründer der angewandten Botanik

14) William Bateson, 1861 - 1926, englischer Genetiker, prägte den Begriff ‚Genetik‘

Gerste mit glatten Grannen. Insgesamt gibt es von ihm über 100 Veröffentlichungen. Mit nur 53 Jahren starb er 1920 an Typhus.

1912 heiratete Nikolai Wawilow Jekaterina Nikolajewna Sacharowa. Sie kannten sich aus Studienzeiten und hatten gemeinsam ein Praktikum im Poltawagebiet gemacht. Katja war die Tochter reicher sibirischer Kaufleute und träumte schon als Kind davon, Agronom zu werden. Zunächst bezog das junge Paar einen Flügel des väterlichen Hauses. Eine Hochzeitsreise gab es nicht. Wawilow arbeitete täglich bis spät in die Nacht am Institut, und selbst zuhause brannte noch bis in die Morgenstunden Licht in seinem Zimmer. Man sagt, er schlief nur vier Stunden. Ständig war er in Bewegung und immer voller Energie. Als ihn Jahre später der Leningrader Journalist S. M. Schlitzer in einem Interview fragte, wann er Zeit für sein persönliches Leben fände, fragte Wawilow zurück: „**Für mein persönliches Leben? Ist die Wissenschaft kein persönliches Leben für mich?**“ Doch stets war er gepflegt gekleidet, trug sogar während der Dschungelexpeditionen einen Dreiteiler mit Krawatte. Wawilow war von einnehmendem Wesen, jeder wollte gerne mit ihm zusammenarbeiten. Die Menschen liebten und verehrten ihn.

1913 gingen Wawilow und seine Frau nach England, wo Nikolai bei dem berühmten Biologen William Bateson¹⁴ in Cambridge arbeitete. Bateson hatte wesentlich zur Verbreitung der Mendelschen

Gesetze beigetragen und den Begriff „Genetik“ für die neue Wissenschaft geprägt. In Merton nahe London säte Wawilow mitgebrachte Proben von Hafer und Gerste aus, an denen er schon in Russland über Pflanzenkrankheiten geforscht hatte. Hier veröffentlichte er zum ersten Mal einen Aufsatz über die erblich bedingte Resistenz (damals sprach man noch von „Immunität“) gegen Pilzkrankheiten in dem von Bateson herausgegebenen *Journal of Genetics*. Mit dieser Arbeit wurde Wawilow berühmt und gehörte fortan zu den führenden Biologen und Genetikern seiner Zeit. Er stand mitten in den damals heftig geführten Debatten über die Vererbungstheorie, besuchte Sammlungen, forschte in Darwins eigener Bibliothek und nahm an den Zusammenkünften der *Linnean Society of London* teil.

Nach einem Jahr zog das Ehepaar nach Paris, wo Nikolai die Arbeiten der Pflanzenzüchterdynastie *de Vilmorin* studierte. Den Abschluss der Reise bildete ein Besuch bei Ernst Haeckel¹⁵ in Jena. Der Ausbruch des Ersten Weltkrieges zwang sie, den weiteren Auslandsaufenthalt abzubrechen und nach Russland zurückzukehren. Da Nikolai wegen einer Augenverletzung vom Kriegsdienst befreit war, arbeitete er weiter am *Institut für Angewandte Botanik*.

Schon als Student nahm er 1908 an einer ersten Forschungsreise in den Kaukasus teil. Später sollten noch unzählige Reisen folgen, die ihn in 64 Länder auf allen Kontinenten führten.

1916 unternahm er eine Forschungsreise in den Iran, das zentralasiatische Ferghanatal und das Hochland von Pamir. Er sammelte eine Fülle von Samen und Pflanzenmaterial. Auf dieser Grundlage konnte er zwei wichtige Entdeckungen machen. Er formulierte das *Gesetz der homologen Reihen*. So gibt es beispielsweise verschiedene Formen der Roten Beete, von abgeflacht über kugelförmig bis walzenartig. Ähnliche phänotypische Reihen lassen sich auch bei anderen Wurzeln finden wie Möhren oder Steckrüben. Oder es gibt Weizenähren mit Grannen verschiedener Art und Länge, gestauchte, lockere, hängende, aufrechte Formen; analog findet man sie bei Dinkel oder Emmer.

Das zweite Gesetz, das er entdeckte, besagt, dass es Orte gibt, von denen die Verbreitung der Pflanzen ihren Ausgang genommen hat. Sie sind auch heute noch Zentren der größten Diversität. Wawilow beschrieb acht solcher geografischer Zentren. Mithilfe dieser beiden Gesetze konnte Wawilow nun gezielt nach bestimmten Typen suchen. Das nutzte er bei seinen späteren Sammelreisen. Auch wenn er Formen noch nicht gefunden hatte, wusste er, wo er nach ihnen suchen musste. Auf diese Weise entdeckte er viele bis dahin in Russland unbekannt Varietäten.

Als 1917 die Revolution ausbrach, wurde auch die Fabrik seines Vater enteignet. 1918 emigrierte ▶

15) Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834 - 1919, deutscher Mediziner, Zoologe, Darwinist



Denkmal für Wawilow in Saratow

dieser nach Bulgarien. Wenige Tage danach wurde Nikolais erster Sohn Oleg¹⁶ geboren. Er sollte seinen Großvater erst 1926 kennenlernen, nachdem Nikolai diesen überredet hatte, nach Petersburg zurückzukehren.

1917 zog Nikolai Wawilow mit seiner Familie in die Stadt Saratow, wo er als Professor an der Landwirtschaftsuniversität lehrte. 1918 veröffentlichte er auch in Russland seine Abhandlung zu erblich bedingten Resistenzen gegen Pilzkrankheiten.

1920 veranstaltete er in Saratow den ersten Züchterkongress, auf dem er selbst über *Homologe Reihen* ein Referat hielt. Es gehört zu den Meilensteinen in der Geschichte der angewandten Botanik und wurde breit und enthusiastisch besprochen. Der Kongress verabschiedete eine Resolution, in der die Regierung aufgefordert wurde, die Forschungen auf diesem Gebiet intensiv zu unterstützen.

Im folgenden Jahr wurde Wawilow zu einem internationalen Kongress für Landwirtschaft in die USA eingeladen, wo er ebenfalls darüber auf englisch ein Referat hielt. Der russische Professor gewann sofort alle Sympathien und wurde von der Presse gefeiert. Im Anschluss konnte er zeitweise im Labor des berühmten Genetikers Thomas H. Morgan¹⁷ arbeiten. Noch auf der Hinreise hatte er mit der Ausarbeitung dieser seiner Theorie in englischer Sprache begonnen, auf der Rückreise vollendete er sie und reichte sie auf einem Zwischenstopp in England bei Bateson zur Veröffentlichung ein.

1921 wurde er mit einer Gruppe von Mitarbeitern nach Petersburg eingeladen. Dort richtete er das *Institut für Pflanzenbau der*

16) Oleg Nikolajewitsch Wawilow

17) Thomas Hunt Morgan, 1866-1945, US-amerikanischer Zoologe und Genetiker, Entdecker der Struktur der Chromosomen

Sowjetrepubliken ein. Seine Frau blieb dagegen in Saratow, wo sie eine eigene Anstellung im Bereich der Landwirtschaftsforschung suchte. Sie hatte wohl bemerkt, dass in Wawilows Leben eine neue Liebe getreten war, die Studentin und spätere Doktorandin Jelena Berulina¹⁸. Diese zögerte lange Zeit, Wawilows Gefühle zu erwidern, weil sie dessen Ehe nicht gefährden wollte. Wawilows Frau hingegen war nicht der Mensch, um jeden Preis an einer Ehe festzuhalten und trennte sich 1926 von ihm. Erst danach zog Berulina nach Petersburg und die beiden heirateten. Ein Kollege beschrieb sie als gebildet, ruhig, bescheiden und ihrem Mann äußerst ergeben. 1928 wurde ihr gemeinsamer Sohn Juri¹⁹ geboren.

Wawilow kümmerte sich zeitlebens gleichermaßen um beide Söhne; den älteren nahm er mehrfach auf seine Reisen mit. – Nach seinem Tod übernahm sein Bruder Sergej die Sorge um die beiden Söhne und ließ ihnen eine Hochschulausbildung zukommen. Beide wurden wie er Physiker.

Wawilow blieb zeitlebens mit Petersburg verbunden. Er unternahm viele Expeditionen. Jährlich erfolgten Reisen in alle sowjetischen Länder, mehrmals auch nach Süd- und Nordamerika, in die Mittelmeerländer, nach Deutschland, Afrika, Palästina, Südostasien, Japan, China und Zentralasien.

18) Jelena Iwanowna Berulina, genannt Lena, 1895-1957, zweite Ehefrau Wawilows

19) Juri Nikolajewitsch Wawilow, 1928-2006, russischer Physiker

20) Lenin, eigentlich Wladimir Iljitsch Uljanow, 1870-1924

Sie führten ihn immer wieder in gefährliche, ja lebensbedrohliche Situationen. Doch nie schien er Angst zu haben.

Er sammelte selbst über 200.000 Pflanzenarten, die im Institut systematisch untersucht, katalogisiert und gelagert wurden. Regelmäßig wurden sie auf den Außenstellen ausgesät oder gepflanzt, um sie zu regenerieren. In klimatisch und geographisch unterschiedlichen Regionen des Sowjetreiches waren Dependenz des Instituts gegründet worden.

Wawilow war durchaus überzeugt, dass auch Umweltbedingungen einen Einfluss auf die Pflanzen haben konnten. Um das zu untersuchen, wurden die gleichen Pflanzen an verschiedenen Außenstellen ausgesät. Doch der genetische Faktor zeigte sich ihm als der bedingende und beständige.

Von 1922 bis 1935 leitete Wawilow das *Institut für Pflanzenbau* (oder experimentelle Agrarwissenschaft). 1930 wurde es in die *Allsowjetische Lenin-Akademie für Landwirtschaft* umbenannt. Von 1930 bis 1940 war er außerdem Direktor des *Instituts für Genetik*. Er organisierte nationale und internationale wissenschaftliche Kongresse zu Botanik, Genetik, Pflanzenzüchtung, Ökonomie und Geschichte der Landwirtschaft. Weltweit genoss er großes Ansehen, war Mitglied und Leiter der *Akademie der Agrarwissenschaften* und wurde in viele, auch ausländische wissenschaftliche Gremien berufen. Lenin²⁰ unterstützte seine Arbeiten. ▶

Wawilow wurde zur Symbolfigur für die Größe der sowjetischen Wissenschaft in der Welt. Doch genau das sollte ihm zum Verhängnis werden und zu einer der größten Tragödien in der sowjetischen Wissenschaftsgeschichte führen.

Nach Stalins²¹ Machtübernahme 1924 änderte sich zunächst für die Arbeit Wawilows nichts. Bei der gewaltsamen Entkulakisierung von 1929 bis 1933 im Rahmen der Zwangskollektivierung der Landwirtschaft wurden 30.000 Bauern erschossen und über zwei Millionen „umgesiedelt“, meistens nach Sibirien. Die Leitung der Kolchosen wurde Parteigenossen anvertraut, von denen die wenigsten eine Ahnung von Landwirtschaft hatten. Es kam zu ungeheuren Engpässen in der Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung. Die große Hungerkatastrophe von 1932/33 forderte allein im Gebiet der heutigen Ukraine zwischen 5 und 10 Millionen Tote.

Wawilows Arbeit hatte immer das Ziel, bessere Nahrungspflanzen, vor allem für Brotgetreide zu entwickeln, die ertragreicher und krankheitsresistenter waren als die bisher angebauten. Die in Russland üblichen brachten in der Regel nur einen Bruchteil ausländischer Ernten, selbst in den weltweit fruchtbarsten Gebieten der Schwarzerde. Doch Züchtung durch Selektion braucht seine Zeit; mindestens 10 Jahre Selektionsarbeit sind nötig, um eine Sorte sicher anbieten zu können.

Dem russischen Züchter Iwan W. Mitschurin war es gelungen, durch Pfropfen über 300 frostresistente Obstsorten zu entwickeln, die auch in Russland angebaut werden konnten. Er war Anhänger von Lamarcks²² Evolutionstheorie und glaubte, dass er durch „Erziehung“ die Erbeigenschaften der Obstsorten verändert habe. Der Züchter Trofim Lyssenko²³ übernahm die irr tümliche Theorie Mitschurins und wandte sie auf alle Nutzpflanzen an. Er behauptete, durch Veränderung der Umweltbedingungen und durch Stress neue Pflanzen gegen den Hunger erzeugen und zum Beispiel Sommergetreide in Wintergetreide verwandeln zu können. Wawilow war offen für alles Neue, das er als Wissenschaftler zu verifizieren versuchte. Er ließ auch zu Lyssenkos Theorie von seinen Mitarbeitern eigene Versuchsreihen durchführen, die allerdings gegenteilige Ergebnisse brachten und damit Lyssenkos Theorie widerlegten.

21) Josef Wissarionowitsch Stalin, 1878-1953

22) Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, 1744-1829, französischer Botaniker, Zoologe und Entwicklungsbiologe

23) Trofim Denissowitsch Lyssenko, 1898-1976, sowjetischer Züchter 1927 erschien ein Artikel in der Prawda von dem Journalisten W. Fedorowitsch, worin er über Lyssenko schrieb: „*Lyssenko vermittelt einem das Gefühl von Kopfschmerz; Gott gebe ihm Gesundheit, er hat eine niedergedrückte Miene. Er ist geizig mit Worten und sein Gesicht wirkt unbedeutend; alles, an das man sich erinnert, ist sein mürrischer Blick, der über die Erde kriecht, als wolle er jemanden dort einscharen.*“ Dann fährt er fort, Lyssenkos unbedeutendes Äußeres zu kontrastieren mit seinem Aufstieg von einem Bauern, der sich selbst zu einem vollendeten Wissenschaftler ausgebildet habe und endet mit den Worten: „*Der Barfußprofessor Lyssenko hat heute Anhänger, Schüler und experimentelle Felder. Er wird sogar im Winter von Leuchten der Agrarwissenschaften besucht, die vor den grünen Feldern seiner Versuchsstation stehend ihm dankbar die Hand schütteln.*“

Lyssenko selbst war Bauernsohn und ohne akademische Ausbildung. Seine Person und seine „Umerziehungsversuche“ von Pflanzen gefielen Stalin. Sie passten in dessen Ideologie vom neuen Sowjetmenschen, den auch er durch „Umerziehungslager“ schaffen wollte. Erblich bedingte Unterschiede durfte es nicht geben – weder beim Menschen noch überhaupt. Die wissenschaftliche Bildung und das weltweite Ansehen des „Bourgeois“ Wawilow waren ihm ein Dorn im Auge. Lyssenko begann seine eigenen, von der übrigen Wissenschaft der Welt nicht unterstützten Thesen zu predigen, dass man eine neue genetische Vielfalt allein durch Veränderung der Wachstumsbedingungen schaffen könne. Die Genetik des Westens brandmarkte er als reaktionär und bourgeois. Wawilows Bemühungen, biologische Vielfalt zu sammeln, waren in seinen Augen reine Zeitverschwendung, ja schlimmer noch, er nannte sie ein Komplott des Westens, um die sowjetische Landwirtschaft zu zerstören. Unterstützt wurde er dabei von dem Philosophen und Parteiideologen Present²⁴.

Wawilow lud Lyssenko mehrfach zu Kongressen ein, seine Thesen dort vorzutragen, auch auf internationaler Ebene. Doch Lyssenko mied jede direkte Auseinandersetzung auf wissenschaftlicher Basis. Auch 1932 schlug Wawilow ihm vor, an einem Kongress für Genetik in Ithaka, USA teilzunehmen, dessen Vizepräsident er selbst war. Doch auch diesmal ignorierte Lyssenko das Angebot. Stattdessen

intrigierte er im Hintergrund, was durch heute zugängliche Dokumente belegt ist.

Der Ithaka-Kongress war ein herausragendes Ereignis der frühen Geschichte der Genetik. Alle damaligen Spitzenwissenschaftler der Welt hatten sich versammelt.²⁵ Nach dem Kongress wollte Wawilow eine Sammelreise nach Nord- und Südamerika unternehmen, die seine letzte große Auslandsexpedition werden sollte. Er musste im Vorfeld lange um die Erlaubnis und Finanzierung durch die staatlichen Behörden bitten. Wegen der politischen Situation in Russland war es zudem für ihn überraschend schwierig, überhaupt Visa zu bekommen. Er wurde der Spionage verdächtigt. Später in Chile wurden gerade wegen des enormen Zulaufs seine Vorlesungen an der Universität abgesagt und man inhaftierte ihn sogar kurzzeitig.

Die Situation nach seiner Rückkehr wurde immer schwieriger, doch Wawilow wollte oder konnte die Gefahr, die ihm von politischer Seite drohte, nicht richtig einschätzen. Er plante einen eigenen internationalen Genetikerkongress in Russland, von dem er wohl hoffte, die politische Stimmung zu seinen Gunsten zu wenden. Doch trotz Zusagen ▶

24) Isaak Israelewitsch Present, 1902-1969, sowjetischer Parteiideologe, Schlüsselfigur zur Durchsetzung des Lyssenkoismus

25) Ithaka-Kongress für Genetik 1932:
Aus USA kamen Thomas H. Morgan, H. Muller mit seinen Forschern; aus Deutschland R. Goldschmidt mit jungen Wissenschaftlern; aus Großbritannien John B. S. Haldane, Cyril D. Darlington, Ronald E. Fisher; aus Frankreich Elisa und Henry de Vilmorin; dazu Wissenschaftler aus Dänemark, Belgien, der Schweiz, Spanien, Italien, Kanada, Polen und nicht zuletzt Sidney C. Harland aus Trinidad.

führender ausländischer Wissenschaftler wurde er kurzfristig von der Regierung abgesagt.

1935 bezeichnete Lyssenko in einer Rede auf einem Bauernkongress unter Anwesenheit Stalins Wawilow und andere sowjetische Biologen öffentlich als „**Bauernverderber und Saboteure, die anstatt den Kollektivbauern zu helfen ihr Zerstörungswerk unternehmen sowohl innerhalb der Wissenschaft wie außerhalb.**“ Stalin applaudierte ihm stehend und rief „**Bravo, Genosse Lyssenko! Bravo!**“²⁶ Mit Stalins Unterstützung priesen bald die Landarbeiter, Staatsdiener und einige wenige Wissenschaftler Lyssenko als den „Mann aus dem Volk“, durch den die sowjetische Landwirtschaft von der Welt beneidet würde.

Wohl vernetzt und sich der Sympathie Stalins bewusst, griff Lyssenko weiter die Genetiker – und speziell Wawilow an. Doch er argumentierte niemals auf fachlicher Ebene, sondern wandte jede Kritik an seiner Theorie sofort um in eine Kritik am sozialistischen System mit dem angeblichen Ziel, die Entwicklung der UdSSR zu zerstören. Jeder Gegner, der das Deutungsmonopol des Lyssenkoismus anzweifelte, wurde zum persönlichen Gegner Lyssenkos umgemünzt, was schon bald gleichbedeutend wurde mit Staatsfeind. Früher oder später wurden alle inhaftiert und liquidiert. Selbst Unterstützer Lyssenkos, die zu moderat oder auch zu mächtig waren, teilten das gleiche Schicksal.

Dennoch fuhr Wawilow mit seinem offenen Widerspruch gegen Lyssenkos Ächtung der Genetik fort, konnte aber nicht verhindern, dass der Lyssenkoismus offiziell als einzige wissenschaftliche Sichtweise anerkannt wurde. In einem seiner letzten Versuche 1939, Lyssenko herauszufordern, rief Wawilow emphatisch: „**Wir werden zum Scheiterhaufen gehen, wir werden brennen, aber wir werden nicht von unseren Überzeugungen abweichen.**“²⁷ In der Folgezeit erwartete er ständig seine Verhaftung, rief seine Frau an, wenn er im Institut ankam oder es verließ, obwohl es nur ein paar Minuten Fußweg war.

1940 wurde eine Forschungsreise in die Ukraine genehmigt. Gleichzeitig unterzeichnete Beria²⁸, Chef der Geheimpolizei, den Verhaftungsbefehl. Bevor Wawilow aufbrach, versetzte er noch einige junge Wissenschaftler auf Außenstellen in die Provinz, um sie vor Verfolgung zu schützen. Sie waren zunächst verärgert und verstanden diese fürsorgliche Entscheidung erst später. Am 6. August wurde Wawilow schließlich in den Karpaten von vier Agenten der Geheimpolizei nach Moskau zurückbeordert und heimlich in das Gefängnis des NKWD²⁹ gebracht. Der Öffentlichkeit wurde die

26) Aus: *The Vavilov-Lyssenko Contention*, <https://www.youtube.com/watch?v=eDteTc9aEKQ>

27) Medwedjew, *Rise and Fall*, zitiert in Peter Pringle, *The murder of Nikolai Vavilov*, London 2009

28) Lawrenti Beria, 1899-1953, Chef der sowjetischen Geheimdienste, Schlüsselfigur des Stalinterrors

29) Ministerium für innere Angelegenheiten, dem die Geheimpolizei und die Arbeitslager unterstanden

Verhaftung verschwiegen. Sein Bruder Sergej setzte sich sofort für ihn ein. Ebenso sein alter Lehrer Prianischnikow.

In den nächsten Wochen fanden nahezu täglich Verhöre durch den berüchtigten Leutnant Chwat statt, in der Regel nachts.³⁰ Wawilow musste dabei viele Stunden ohne Pause stehen. Man wollte ihm ein Geständnis wegen Spionage, Sabotage und antisowjetischer Tätigkeit abpressen. Zunächst widerstand er standhaft, doch zwei Wochen später nach einem zehnstündigen Verhör „gestand“ er, einer fiktiven reaktionären Gruppe zur Wiedereinführung eines freien Bauerntums anzugehören, Sabotage verneinte er weiterhin. Gefragt nach Verbindungsleuten nannte er eine Reihe führender Köpfe der sowjetischen Landwirtschaft, die entweder verhaftet oder schon hingerichtet waren. Auch die folgenden Monate waren ebenso erniedrigend wie grausam. Wawilow versuchte Zeit zu gewinnen, als man noch mehr Namen von ihm verlangte, wohl in der Hoffnung, dass andere führende Genetiker sich vielleicht retten konnten. Ob er selbst tatsächlich drei seiner engsten Mitarbeiter genannt hat oder ob die Verhörprotokolle, die das besagen, gefälscht waren, lässt sich schwerlich klären. Die Kollegen wurden verhaftet und ihm gegenübergestellt. Sie bekannten „ihre Schuld“. Wawilow erfuhr nie, dass alle drei unmittelbar danach exekutiert wurden. Die Einzelheiten der

30) Während seiner Haftzeit waren es laut Protokolle insgesamt über 400 Verhöre von etwa 1.700 Stunden.

gesamten Vernehmungen kann man anhand der heute veröffentlichten Protokolle nachvollziehen. In welchem Umfang sie verfälscht wurden, ist immer noch Gegenstand historischer Forschung.

Am 9. Juli 1941 verurteilte ein Militärtribunal des Obersten Gerichts Wawilow in weniger als fünf Minuten wegen Spionage und Volksverrat zum Tode, ohne Möglichkeit zum Widerspruch. Die Exekution wurde auf den 28. Juli festgesetzt. Noch am selben Abend schrieb Wawilow an das Präsidium des Obersten Gerichtes ein Gesuch um Begnadigung und der Möglichkeit zur Wiedergutmachung. Mit Dankbarkeit wolle er jede geringste Arbeit annehmen zum Wohle der sozialistischen Landwirtschaft seines Vaterlandes. Das Gesuch wurde abgelehnt und er wurde in den Todestrakt des Butyrskajagefängnisses verlegt. Dort schrieb er ein ähnlich lautendes Gesuch an Beria selbst. ▶





Denkmal für Wawilow in Saratow

In den nächsten Monaten besuchte ihn zweimal eine Kommission Berias. Anfang Oktober versprach man ihm, in den nächsten Tagen wegen seiner Weiterarbeit etwas zu unternehmen. Doch drei Stunden später vernichtete der Krieg alles. Die deutschen Truppen standen vor Moskau, Tausende politischer Gefangene wurden auf entwürdigende Art in Züge Richtung Osten verfrachtet, dem öffentlichen Hass als Volksfeinde ausgesetzt. Wawilows Bestimmung war Orenburg, doch wegen deutscher Luftangriffe fuhr der Zug nach Saratow. 15 Fußminuten von seinem Gefängnis entfernt lebten damals auch seine Frau Jelena und der Sohn Juri – und keiner wusste vom anderen.

Wawilow berief sich bei der Gefängnisleitung auf die Zusagen Berias, doch dort wusste man von nichts. Auf zwei weitere Briefe an Beria erhielt er keine Antwort. Während seiner Moskauer Haftzeit schrieb Wawilow ein Buch über „Die Geschichte der Landwirtschaft in der Welt“ mit Schwerpunkt auf die UdSSR. Vor seiner Haft hatte er mehrere Bücher über Züchtung, Pflanzenkrankheiten und seine Expeditionen verfasst. Nahezu sein gesamtes Werk wurde vernichtet.

Der einst immer elegant gekleidete Wawilow war jetzt verdreckt, mit zottigem Haar und Bart. Er trug wie alle Todeskandidaten einen Sack mit Löchern für Kopf und Arme und Schuhe aus Rinde.

Im Ausland wusste man nichts von Wawilows Verbleib. Im April 1942 wurde Wawilow zum Ehrenmitglied der britischen Royal Society der Akademie der Wissenschaften ernannt. Man zwang seinen Bruder Sergej, die Ernennungsurkunde zu unterschreiben, der britische Diplomat, dem man sie übergab, ließ sich nicht täuschen und es kam zu einem politischen Skandal. Auch sein hoch angesehener Lehrer Prianischnikow setzte sich unermüdlich für seine Freilassung ein und schlug ihn sogar für den Stalin Preis vor, was für jeden anderen Verhaftung bedeutet hätte. Doch er war ein enger Freund von Berias Ehefrau. Beides zusammen bewirkte, dass die Todesstrafe am 4. Juli 1942 schließlich in eine 20jährige Haft umgewandelt wurde. Wawilow wurde vom Todestrakt in eine allgemeine Zelle verbracht, hatte Hofgang und durfte sogar regelmäßig baden. Er teilte seine Zelle mit einem Historiker und

einem „bourgoisen“ Sohn eines Kupferfabrikanten. Lautes Sprechen war verboten, doch um sich nicht aufzugeben, hielten sie auf Wawilows Anregung flüsternd Vorträge über ihre jeweiligen Wissensgebiete.

Am 24. Januar 1943 wurde Wawilow mit Fieber in das Gefängnis Krankenhaus verlegt. Gefängnisärzte diagnostizierten eine allgemeine Erschöpfung und Dystrophie wegen dauernder Mangelernährung. Am Morgen des 26. Januar wurde Nikolai Iwanowitsch Wawilow von seinen Leiden erlöst.

Im Rahmen der Entstalinisierung wurde 1955 das Todesurteil gegen Wawilow vom Militärgericht des Obersten Gerichtshofes aufgehoben und 1960 wurde er vollständig rehabilitiert. 1968 erhielt das Petersburger Institut für Angewandte Botanik den Namen **Wawilow Institut**, genau: *N. I. Wawilow Institut für Pflanzengenetische Ressourcen*.

Elisabeth Beringer

31) Auch sein Sohn Juri setzte sich unermüdlich für die Wahrheitsfindung über die Verfolgung seines Vaters ein, besonders über die Zeit der Verhöre, der „Geständnisse“ und des vermeintlichen „Verrats“.

Hunger

Unter Stalin gab es – gezielt und politisch gewollt, wie man heute weiß – immer wieder Hungerkatastrophen. Die schlimmste war in den Jahren 1932 / 33, vor allem in der Ukraine und in Kasachstan. Sie wird von manchen Historikern als Genozid eingestuft.

Der „Holodomor“¹ (wörtlich: Hunger-Massensterben) war eine Folge der von Josef Stalin mit allen Mitteln durchgesetzten Kollektivierung der Landwirtschaft. Zugleich exportierte die Sowjetunion Getreide, um Industrie und Rüstung finanzieren zu können. Die Zwangsabgaben von Getreide wurden drastisch erhöht, Widerstand dagegen bekämpfte die sowjetische Tscheka mit Verhaftungen, Deportationen und Erschießungen.

Das Regime kannte keine Gnade: In den Jahren 1932/33 starb etwa ein Viertel der

Dorfbevölkerung im Osten und Süden der Sowjetrepublik Ukraine. Es kam zu Kannibalismus und zur Flucht hungriger Bauern, woraufhin die Sicherheitskräfte ganze Landstriche absperreten. Historiker schätzen die Zahl der Toten heute auf drei bis sechs Millionen.

... Es gab ein Gesetz, wonach damals jeder, der sich von einem Feld fünf Ähren nahm, zu Haft oder zum Tode verurteilt werden konnte.

Zahlen und Fakten zu Hunger und Welternährung heute³

1) 815 MILLIONEN MENSCHEN AUF DER WELT HABEN NICHT GENUG ZU ESSEN.

Die Zahl der Hungernden ist seit 1990 um 216 Millionen zurückgegangen, doch 2017 wieder erstmals angestiegen. Das Nachhaltigkeitsziel der Vereinten Nationen, den weltweiten Hunger bis zum Jahr 2030 zu beenden, kann jedoch nur mit größten internationalen Anstrengungen erreicht werden. Vor allem Krisen und Konflikte, Naturkatastrophen und die Folgen des Klimawandels stellen große Herausforderungen im Kampf gegen den Hunger dar.⁴

2) AUF DER ERDE LEBEN FAST 7,5 MILLIARDEN MENSCHEN.

Einer von neun Menschen weltweit muss jeden Abend hungrig schlafen gehen.⁵

3) HUNGER IST DAS GRÖSSTE GESUNDHEITSRISIKO WELTWEIT.

Mehr Menschen sterben jährlich an Hunger, als an AIDS, Malaria und Tuberkulose zusammen.⁶

4) DIE GROSSE MEHRHEIT DER HUNGERNDEN (98 PROZENT) LEBT IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN.

Davon leben zirka 511 Millionen in Asien und der Pazifikregion, 232 Millionen in Afrika. Jedoch ist der Anteil der Hungernden an der Bevölkerung mit 20 Prozent in Afrika am höchsten.⁷

5) DREI VON VIER HUNGERNDEN WELTWEIT LEBEN ALS KLEINBAUERN, VIEHZÜCHTER UND ARBEITER AUF DEM LAND.

Die Mehrheit der Kleinbauern sind Frauen, die mit dem selbst Erwirtschafteten sich und ihre Familien ernähren.⁸

6) WÜRDEN FRAUEN IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN

dieselben Mittel für die Landwirtschaft erhalten wie Männer, könnte die Zahl der Hungernden weltweit um 100 bis 150 Millionen Menschen sinken.⁹

7) MEHR ALS 160 MILLIONEN KINDER UNTER FÜNF JAHREN SIND FÜR IHR ALTER ZU KLEIN,

weil sie nicht genug zu essen haben. Die Hälfte von ihnen lebt in Asien, ein Drittel in Afrika. Jedes siebte Kleinkind ist untergewichtig.¹⁰

8) DIE ZAHL DER JÄHRLICHEN TODESFÄLLE VON KLEINKINDERN

ist von 12,7 Millionen im Jahr 1990 auf knapp 6 Millionen im Jahr 2015 gesunken. Die Todesursache ist in nahezu der Hälfte der Fälle auf Unterernährung zurückzuführen.¹¹

9) ES KOSTET WFP NUR 20 CENT,

einem Kind eine Schulmahlzeit mit wichtigen Vitaminen und Nährstoffen zu geben, die es braucht um gesund aufzuwachsen.¹²

10) MANGELERNÄHRTE MÜTTER

bringen oft untergewichtige Kinder zur Welt, die ein 20 Prozent höheres Risiko haben, vor ihrem fünften Geburtstag zu sterben. Bis zu 20 Millionen untergewichtige Kinder werden weltweit jedes Jahr geboren.¹³

11) DIE ERSTEN 1.000 TAGE IM LEBEN EINES KINDES,

von Beginn der Schwangerschaft bis zum zweiten Geburtstag, sind die kritische Phase für die Verhinderung von chronischer Unterernährung. Die richtige Ernährung während dieser Zeit kann geistigen und körperlichen Beeinträchtigungen aufgrund von Unterernährung vorbeugen.¹⁴

12) DER KLIMAWANDEL

kann dazu führen, dass bis zum Jahr 2050 zusätzlich 20 Prozent mehr Kinder an Hunger und Mangelernährung leiden, als noch heute. Fast die Hälfte von ihnen lebt in Sub-Sahara Afrika.

13) HUNGER IST DAS GRÖSSTE LÖSBARE PROBLEM DER WELT.

Hier erfahren Sie, wie der Hunger bekämpft werden kann. Möglichkeiten, sich zu engagieren, stellen wir Ihnen hier vor: World Food Programme <http://de.wfp.org/hunger/hunger-statistik>

Ich möchte gerne ergänzen: Hunger wäre das größte lösbare Problem der Welt. Doch kann man sich die Frage stellen, warum wir es nicht lösen. Wieviel unterscheidet sich die politische Weltsituation mit ihren Machthabern heute von der Stalinzeit? Und wie schizophren handeln Menschen, die einerseits für Hungerhilfe spenden und auf der anderen Seite durch gewisse Börsengewinne daran verdienen?

Ein Aspekt unter vielen ist die freie Verfügbarkeit von Saatgut für die Bauern dieser Welt. Bayer schickt sich an, mit dem Kauf von Monsanto zum weltgrößten Saatgutmonopolisten zu werden. Was ist unsere Verantwortung heute? Reicht eine Geldspende wirklich aus, um das Problem des weltweiten Hungers an der Wurzel auszurotten?

Diese Fragen kann man sich selbst noch ergänzen. Ich stelle sie in Gedenken an Nikolai Iwanowitsch Wawilow, der den Hunger in der Welt besiegen wollte.

Elisabeth Beringer

Quellen:

- 1) <https://en.wikipedia.org/wiki/Holodomor>
- 2) <https://www.welt.de/geschichte/weiterer-weltkrieg/article122152364/Stalins-brutalstes-Mordwerkzeug-war-der-Hunger.html>
- 3) World Food Programme <http://de.wfp.org/hunger/hunger-statistik>
- 4) State of Food Insecurity in the World, FAO 2015
- 5) State of Food Insecurity in the World, FAO 2015
- 6) World Hunger and Poverty Statistics, WHO 2013

- 7) State of Food Insecurity in the World, FAO 2015
- 8) Focus on Women, WFP 2016
- 9) FAO, 2011
- 10) Millenniums-Entwicklungsziele Bericht, 2015
- 11) Levels and Trends in Child Mortality Report, 2015
- 12) Zwei Minuten über Schulmahlzeiten, WFP 2015
- 13) World Health Organization, 2014
- 14) UN Standing Committee on Nutrition, 2009

Jung Afrikas Klage

Ich bin halb verhungert

ich bat um Brot und sie gaben mir Stein.

Ich habe Durst;

ich bat um Wasser und sie gaben mir Schlamm.

Das Pferd solle halt noch ein wenig warten,

die grünen Gräser würden ja bald wachsen,

sobald erst die Sahara Flüsse hätte.

Ich habe keinen Führer;

die Anwärter verkauften mich für Brot.

Sie plappern und zanken;

ich bin schon taub von ihrem leeren Schwatz.

Ich sei so jung und noch so unverständlich,

den rechten Weg zum Ziel allein zu finden.

Ich wartete auf sie, jedoch umsonst.

*Dennis Chukude Osadebay, 1911 - 1994, Nigeria,
Rechtsanwalt, Politiker, Dichter, Journalist*

Das Gedicht ist übertragen ins Deutsche von Janheinz Jahn und stammt aus dem Band, den der Übersetzer auch zusammengestellt hat:

Schwarzer Orpheus, Fischer Verlag, 1960

Der Blick auf die Gene

Vom Baukasten zum sensiblen Netzwerk

Eine unvoreingenommene Betrachtung der Erscheinungen des Lebendigen kann zu der Erkenntnis führen, dass alles Lebendige sich nach seiner eigenen, ihm typischen Gesetzmäßigkeit entfaltet, während Totes den Gesetzmäßigkeiten der Außenwelt unterliegt.

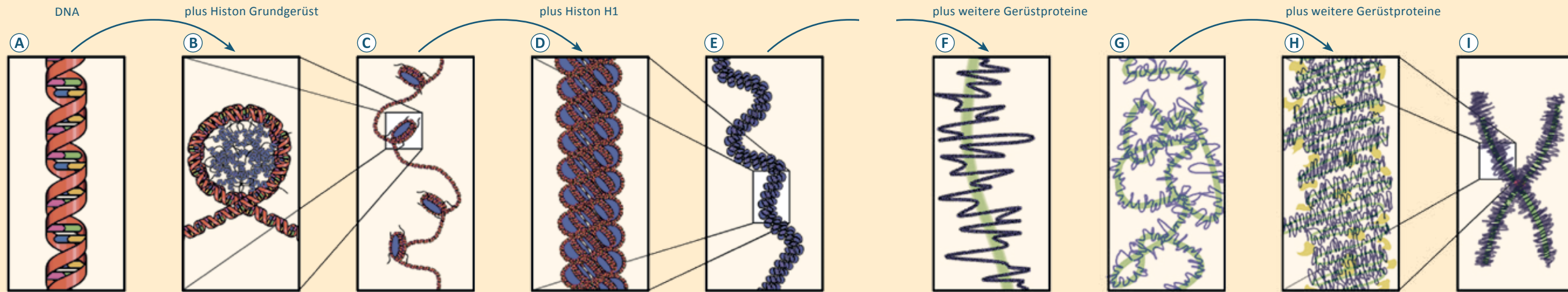
Leben wird heute allgemein definiert über Energie- und Stoffwechsel und damit über die Wechselwirkung mit der Umwelt. Der lebendige Organismus setzt sich über Reize, die er empfängt, in Beziehung zu seiner eigenen Innenwelt und zu der Welt die ihn umgibt. Es kommt zur Selbstregulation und Organisiertheit (Homöostase).

Über das gezielte sich Öffnen und sich Abgrenzen gegenüber der Außenwelt erschaffen, entfalten und erhalten sich lebendige Organismen. Durch Verinnerlichung emanzipiert sich das Leben von den Kräften der Außenwelt, ohne sich von ihnen zu trennen. Schon der einfachste Einzeller emanzipiert sich, indem er Chemisch-Physikalisches der

Außenwelt verinnerlicht und seinen Organismus vor den direkten Wirkungen dieser Kräfte schützt. Die Pflanze verinnerlicht den Wasserhaushalt der Natur und erhält sich im eigenen Wasserhaushalt. Die höheren Tiere verinnerlichen die Wärme und werden so unabhängig von der äußeren Wärme. Der Mensch verinnerlicht den Geist in der Natur, wendet seinen Verstand auf die Natur an und erreicht so den höchsten Freiheitsgrad im Reich der Natur. Je besser ein lebendiger Organismus in der Lage ist, sich von der Außenwelt nach seiner Art zu emanzipieren, umso vollkommener erscheint er. Tritt der Tod ein, entfalten die Kräfte der Außenwelt wieder ihre Eigendynamik und der Organismus zerfällt. Im Gegensatz hierzu gestaltet der lebendige Organismus als Ganzheit seine einzelnen Glieder aus sich selbst heraus, seinem

eigenen Wesen gemäß. Im Wachstum entfaltet er seine Fähigkeit zur Entwicklung. Die Steigerung des Wachstums ist die Reproduktion. Sofern bei der Fortpflanzung die Körperlichkeit seiner Vorfahren bedingend wirkt, spricht man von Vererbung.

Die heutige Wissenschaft hingegen sieht in den Erscheinungen des Lebendigen eine bloße, wenn auch sehr komplexe Fortführung physikalischer und chemischer Vorgänge, wie sie auch in der unbelebten Welt zu beobachten sind. Auf der Suche nach den bedingenden Faktoren wendet sie den Blick ab von der Gestalt des Lebewesens und taucht ab in den Mikrokosmos innerhalb der Zelle. Gerade aber die neueren Erkenntnisse über das komplexe Zusammenwirken der kleinsten Teile lässt den lebendigen Organismus wieder als eine Ganzheit



A: DNA
 B: DNA um ein Histon gewickelt
 C: Chromatinstrang
 D- H: mit Gerüstproteinen verstärkter Strang
 I: Chromosom
 (Entnommen aus: https://en.wikipedia.org/wiki/Chromatin#/media/File:Chromatin_Structures.png
 Original uploader was Richard Wheeler at en.wikipedia)

erscheinen, der mehr als die Summe seiner Teile ist. Noch hält die Lehrmeinung nicht Schritt mit dem, was Stand der Forschung ist. Diese Lücke zu schließen wird in der Kürze dieses Aufsatzes

Die DNA im Mikrokosmos der Zelle

Die Forschung am Lebendigen, wie sie im großen Stil heute betrieben wird, hat in den letzten Jahrzehnten einen immensen Aufwand betrieben, um den Mikrokosmos der Zelle auf biochemischer Ebene zu erforschen. Die Vorstellungen, die aus den angehäuften Daten abgeleitet werden, lassen uns eintauchen in eine faszinierende Welt mit riesigen Molekülen aus kleinsten Atomen, die sich durch das Zytoplasma (die Zellflüssigkeit) bewegen, um zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort das zu bewirken, wofür sie geschaffen sind. Die zentrale Rolle wird der Desoxyribonukleinsäure (DNA) zugesprochen. Sie gilt als Träger von Informationen, die für die Vererbung, die Entwicklung und die Etablierung des Stoffwechsels essentiell sind.

Die DNA ist im Zellkern in den Chromosomen um Proteinklümpchen (Histone) gewickelt. Um die Größenordnungen zu veranschaulichen, kann man sich Folgendes vorstellen: könnten wir die DNA einer unserer Zellen aufdröseln, so würde deren Länge reichen, um diese bequem um unseren Bauch zu binden (dies gilt auch für üppige Bäuche!). Oder: wäre ein Basenpaar (kleinste Informationseinheit) auf der DNA 1 cm groß, so könnte man

nicht möglich sein. Mein Anliegen ist vielmehr, dem geneigten Leser Anregungen zu geben, das eigene Denken durch neue Perspektiven zu bereichern und somit in Bewegung zu halten.

mit der menschlichen DNA (3,2 Milliarden Basenpaare) fast die ganze Erde umspannen!

Weit umfangreicher noch ist der Anteil der verschiedenen RNA-Moleküle¹ und der Proteine in der Zelle. Das Erforschen des komplexen Zusammenwirkens dieser immensen Vielfalt erfolgt heute mit Hochdurchsatzmethoden der DNA/RNA-Sequenzierung, um über rechnergesteuerte Algorithmen und Wahrscheinlichkeitsrechnungen deren funktionelle Bedeutung zu erraten. Beeindruckend ist, **was** bisher entdeckt wurde. Nicht minder beeindruckend ist, **wie** es entdeckt wurde.

Schon im Jahr 2003 war es den Wissenschaftlern gelungen, die Abfolge der Basenpaare auf der menschlichen DNA zu entschlüsseln (Human Genome Project), doch schon bald nach der Bekanntgabe musste man eingestehen, dass mit dieser Information allein nicht viel anzufangen ist. Die DNA dient der Zelle als Blaupause für Polypeptide (Verbindungen aus Aminosäuren). Über RNAs können hierdurch Proteine gebildet werden oder auch genregulierende Funktionen vollzogen

¹) RNA=Ribonukleinsäure: bewegliche Moleküle, die die Information der DNA aufnehmen.

werden. Bis aber ein fertiges Protein gebildet ist und an den richtigen Ort gelangt, bedarf es des Wirkens der ganzen Zelle, ja des ganzen Organismus. Um diese und andere Vorgänge zu erforschen, wurde im Jahr 2003 ein neues, weitaus größeres Projekt mit dem Namen ENCODE (ENCyclopedia

Of DNA Elements) gestartet. Ziel war es nun, alle funktionellen Elemente auf der DNA zu identifizieren und zu charakterisieren, die nicht nur mit der Proteinbildung zusammenhängen (etwa 2 % des Genoms), sondern auch die regulierenden Abschnitte umfassen (etwa 76 % des Genoms).

Gentechnik in vielen Produkten

Zurzeit gibt es zahlreiche Forschungsprojekte, die sich mit der biochemischen Funktion der Genprodukte aus Mikroorganismen befassen. Insbesondere hat die Erforschung der Wirkungsweise von Enzymen in der Folge zu ihrer technischen Verwendung geführt.

Ohne größeren öffentlichen Diskurs und weitgehend unbeachtet von der Öffentlichkeit haben Substanzen, die von gentechnisch manipulierten Organismen stammen, längst Einzug in unser alltägliches Leben genommen. Meist sind es einfache

Hefen oder Kolibakterien, die biotechnologisch verändert wurden, damit sie Hilfsstoffe und Zusatzstoffe mit gewünschten Eigenschaften produzieren. ▶

Beispielhaft sollen hier nun einige davon genannt werden:

- **Lebensmittelzusatzstoffe**
wie Aromen, Emulgatoren, Vitamine (Ascorbinsäure), Enzyme für die Backtechnologie, Glutamat; Süßstoffe wie Glukose, Fruktose aus Maisstärke, Aspartam; Säuren wie Äpfelsäure, Essigsäure und Zitronensäure (teilweise aus gentechnisch veränderten Schimmelpilzen).
- **Arzneimittel**
wie Insulin, Blutersatzstoffe, Impfstoffe... (aktuell werden 1/3 der neu zugelassenen Arzneien biotechnologisch hergestellt).
- **Enzyme**
als technische Hilfsstoffe in Waschmitteln, zur Papierbleiche, zum Beizen von Leder, zur Modifikation von Textilien, zur Herstellung von Treibstoffen...
Ökoprodukte sind in der Regel frei von Stoffen aus biotechnologischen Verfahren – außer, wenn gewünschte Erzeugnisse und Stoffe für die Ökoprodukte nicht in ausreichender Menge oder Qualität auf dem Markt erhältlich sind. Dann dürfen diese als Hilfsstoffe über eine Ausnahmegenehmigung in Produkten mit dem EU-Öko-Siegel vorkommen.

Angesichts der Erfolge der Genmanipulation erscheint es so, als ob die Gene als Baukasten des Lebens dem Menschen dienlich sein können, so er deren Funktion verstanden hat und nach seinen Bedürfnissen verändert. Doch je mehr Wissen über

Der Begriff vom Gen ist am zerbröseln

Das klassische molekulare Genkonzept definierte das Gen als eindeutig bestimmbar und fest umgrenzten DNA-Abschnitt, dessen Basensequenz die Information für die Synthese eines spezifischen funktionalen Produktes trägt (RNAs mit unterschiedlichen Funktionen, Enzyme, Strukturproteine

„... Heute versteht man unter einem Gen eine Sequenz innerhalb der Desoxyribonukleinsäure, welche die Information für eine Polypeptidkette enthält. Es hat sich gezeigt, dass viele Proteine aus mehreren Untereinheiten aufgebaut sind, die von verschiedenen Genen codiert werden. Diese können durchaus auf verschiedenen Chromosomen liegen. Viele neuere Befunde sprechen dafür, den Begriff Gen eher für einen dynamischen, vielen Bearbeitungsschritten unterworfenen DNA-Abschnitt zu verwenden, der für unterschiedliche Polypeptide codieren kann.“³

Das molekulare Gen ist nunmehr kein aus DNA oder RNA bestehendes **Stück Code**, das eindeutig identifizier- und beschreibbar ist. Der biologische Kontext der Zelle und des gesamten Organismus hat einen entscheidenden Einfluss darauf, was im Rahmen eines konkreten Expressionsprozesses⁴ als Gen anzusehen ist. Die DNA codiert nicht einfach

die komplexen biochemischen Zusammenhänge gesammelt wird, um so größer scheint die Herausforderung, das Zusammenwirken der einzelnen Teile wirklich zu verstehen.

u. a. weiter modifizierte Polypeptide und Proteine), und damit letztlich für den Phänotyp² des Organismus. Schaut man sich eine aktuelle Definition des Genbegriffs näher an, so fällt auf, dass nach neueren Erkenntnissen nun vorsichtiger formuliert wird:

nur den Aufbau von Proteinen. Da gibt es An- und Ausschalter, Führungssequenzen, Spacer, lange und

2) Der Phänotyp (altgriechisch φαίνω phaíno „ich erscheine“ und τύπος týpos „Gestalt“) oder das Erscheinungsbild ist in der Genetik die Menge aller Merkmale eines Organismus. Er bezieht sich nicht nur auf morphologische, sondern auch auf physiologische Eigenschaften und auf Verhaltensmerkmale. Quelle: Wikipedia

3) Quelle: <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/gen/27194>

4) Eiweißbiosynthese auf Basis der DNA

kurze eingestreute Sequenzen, springende Gene und vieles andere, dessen Funktion bis heute nicht völlig verstanden ist. Im Zuge der aufkommenden Epigenetik, die sich damit befasst, welche Einflüsse Umweltfaktoren auf die Genaktivität haben, zeigt sich auch, dass der Organismus selbst eine aktive Rolle bei der Verwendung und Gestaltung seines Genoms spielt.

Anstelle eines materiellen Etwas, auf das man den Namen „Gen“ kleben könnte, finden die Forscher nun Wechselwirkungen. Diese stellen sich als umso komplexer heraus, je genauer man sie untersucht. *Kirsten Schmidt* formulierte in ihrer Doktorarbeit mit dem Titel „Was sind Gene nicht?“ diesen Zusammenhang mit folgenden Worten:

„Gene sind keine materiellen Entitäten, deren Grenzen wir auf der DNA lokalisieren können. Ein Gen kann strukturell nicht mit einem Abschnitt auf der DNA gleichgesetzt werden. Zwar besteht durchaus eine Verbindung zwischen Gen und DNA, aber sie ist lediglich temporär. Durch den Expressionsprozess entsteht eine strukturelle Repräsentation des Gens auf der DNA, die (nur?) im Rückblick lokalisiert werden kann.“⁵

Die Gleichsetzung von Genen mit **Einheiten der Vererbung**, deren Besitz zur Ausprägung eines bestimmten erblichen Merkmals führt, muss als eine Kernbedeutung des Genkonzeptes im klassischen Sinn angesehen werden. Aber nicht nur Chromosomen werden molekular vererbt, sondern die komplette väterliche Samen- und

5) Schmidt, Kirsten (2013): **Was sind Gene nicht?** Transscript Verlag. ISBN 978-3-8376-2583-7

Epigenetik

Als epigenetische Kontrollsysteme werden regulatorische Vorgänge bezeichnet, die dafür sorgen, dass im Organismus, d. h. also umgebungsabhängig, physiologische und morphologische Merkmale und Eigenschaften gebildet werden können, die sich zeitlebens erhalten und auf die Nachkommen vererbbar sein können. Epigenetische Vorgänge setzen an allen Stellen der Genexpression an, also an allen Stellen, in der...

... „die genetische Information eines Gens zum Ausdruck kommt und in Erscheinung tritt, also (an der) der Genotyp eines Organismus oder einer Zelle als Phänotyp ausgeprägt wird.“

Quelle: Wikipedia

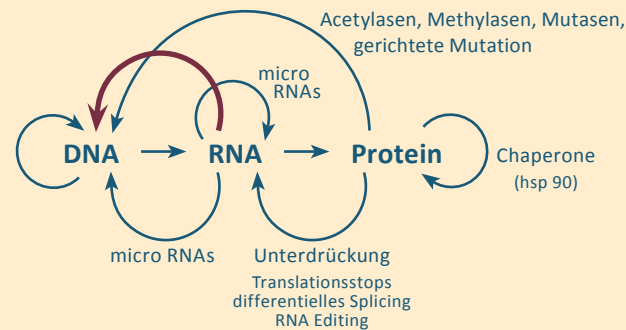
Die vielfältigen Möglichkeiten der epigenetischen Regulierung deuten auf ihre herausragende Bedeutung in der Entwicklung und Evolution der Organismen. – Dass lebendige Organismen auf sich ändernde Umwelten DNA-regulierend reagieren ist Gegenstand der epigenetischen Forschung.

Die Erweiterung des Zentralen Dogmas der Genetik



Das Zentrale Dogma der Genetik nach Watson und Crick.

Der Kreispfel weist auf die semikonservative Replikation; die geraden Pfeile suggerieren die Unumkehrbarkeit des Informationsflusses.



Die Erweiterung des Zentralen Dogmas.

Die DNA ist Teil eines großen molekularen Netzwerks mit vielfältigen Rückkoppelungen von RNA und Protein; der rote Pfeil bezeichnet Vorgänge nicht-mendelscher Vererbung (ohne DNA), deren Wirkungsweisen noch ungeklärt sind.

Quelle: Wirz, Johannes: Elemente der Naturwissenschaft 88; 2008
Dort werden zur Bedeutung der Pfeile ausgewählte Prozesse beschrieben.

mütterliche Eizelle, mit all ihren zellulären Strukturen und Inhaltsstoffen wie Proteinen, RNAs und Lipiden (Fette und fettähnliche Substanzen). Die Eizelle ist, anders als das klassische molekulare Genkonzept glauben lässt, nicht nur ein passives **Lesegerät** für ein DNA-Programm. Denn nicht nur die DNA, sondern zahlreiche weitere Zellkomponenten spielen eine aktive Rolle bei der Entstehung äußerer (phänotypischer) Merkmale. Die funktional gekoppelten Komponenten einer Erbinheit bestehen nicht allein aus DNA-Abschnitten.

Nahezu das gesamte Genom wird transkribiert (in RNA 'übersetzt'), aber nur ein geringer Prozentsatz der Transkripte wird translatiert (zur Proteinsynthese verwendet). Der größere Teil des Genoms enthält Informationen für (codiert) regulierende Funktionen, die mittels eines komplexen Netzwerkes in ständiger Interaktion mit der Umgebung die Entwicklung des Organismus auf dem Weg vom Gen zu einer phänotypischen Eigenschaft steuern. Auch können durch sogenannte 'alternative Spleiß-Vorgänge' aus ein und derselben Boten-RNA manchmal Hunderte verschiedener Boten-RNAs entstehen. Darüber hinaus sind auf dem Weg zur Proteinsynthese vielfältige Prozesse beteiligt, die in Abhängigkeit der Umgebungsverhältnisse der Zelle spezifisch ablaufen.

Beispielsweise sind bei der Übersetzung der Information einer Gensequenz in ein Eiweiß bei der Protein-Biosynthese mehrere Hundert verschiedene Enzyme beteiligt.

Der Unterschied zwischen *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand), Maus und Mensch besteht aus molekularer Perspektive weniger in der Anzahl von Genen als in der Art und Weise ihrer Regulation.

Der genetische Anteil des Genoms kann also nicht auf die typischen Protein-codierenden DNA-Abschnitte beschränkt werden – nahezu das gesamte Genom in seiner dreidimensionalen Struktur wirkt auf die biochemischen Vorgänge in der Zelle. So entscheidet etwa die Struktur und Dichte der DNA-Verwicklungen, wie häufig ein DNA-Abschnitt gelesen wird und darüber hinaus welcher Mutationswahrscheinlichkeit er unterworfen ist. Zu jedem Zeitpunkt in der Entwicklung des Organismus bestimmen die aktuell vorliegenden genomischen, zellulären und extrazellulären Faktoren, was ein Gen ist, welche Information vorliegt, wann diese Information zur Herstellung eines Proteins herangezogen wird und wie die Entwicklung weitergeht. Eine Erklärung der Entstehung organismischer Formen kann sich daher nicht auf die Vorstellung der Abarbeitung eines genetischen Programms beschränken.

Die DNA wird zuweilen auch als **Buch des Lebens** bezeichnet. Da die Zelle aber je nach Bedarf Teile der DNA liest und selbst den Zusammenhang herstellt, um die im Moment benötigten Stoffe zu produzieren, erzählt das Buch des Lebens keine fertigen Geschichten, sondern ist vielmehr ein Wörterbuch, in dem jedes Wort je nach Kontext

eine neue Bedeutung erhält. Die fein abgestimmten Prozesse innerhalb der Zelle kann man auch mit einem Orchester vergleichen, das eine Sinfonie spielt. Der Dirigent dieses Orchesters ist hier die Zelle bzw. der Organismus als Ganzes.

Bemerkenswert ist, dass bei Genmanipulationen die Zelle dazu gebracht wird, Informationen zu lesen, um Stoffe herzustellen, die sie nicht zwingend benötigt. Vorbild sind hier natürliche Vorgänge, die den Zielorganismus krank machen: Viren schleusen über sogenannte Plasmide (ringförmiger DNA-Strang) ihre Erbinformation in die infizierte Zelle. Auf dem Plasmid sind starke Promotoren (Sequenzen die einen Ablesevorgang initiieren), die die Zelle zwingen, die neue Information abzulesen. Auch andere krankmachende Organismen nutzen diese Technik. So wird in der Gentechnik traditionell etwa das Agrobakterium tumefaciens verwendet, um fremde DNA einzuschleusen. In der Sinfonie der zellulären Vorgänge, kann man sich dies wie einen Dauerton vorstellen, der sich belastend auf den Stoffwechsel auswirkt.

Neuere Methoden des Geneditierens wie CRISPR/Cas hinterlassen teilweise keine Vektoren wie die eben genannten Plasmide. Vorhandene bzw. eingeschleuste Promotoren werden hier je nach Bedarf an- und ausgeschaltet. Manche der vorgenommenen Genmanipulationen hinterlassen angeblich keine nachweisbaren Spuren mehr. Sind sie deswegen weniger bedenklich? ▶

Die Genmanipulation ist präziser geworden, es wird behauptet, dass nun ein gewünschter Eingriff genau an der Stelle erfolgen kann, an der man ihn haben möchte. Damit wird suggeriert, dass man nun auch genau wüsste, was man da macht. Welche Auswirkungen ein Eingriff in die DNA auf

Der Blick auf das Ganze

„Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben, sucht erst den Geist heraus zu treiben, dann hat er die Teile in seiner Hand, fehlt leider nur das geistige Band.“

Goethe, Faust I

Gene stehen in einem sensiblen Gleichgewicht von Konstanz und Variabilität, ohne Variabilität wäre keine Weiterentwicklung möglich und ohne Konstanz keine Vererbung. Die DNA ist ein gut geschützter Bereich des Lebendigen, sogar Fehler bei den Kopiervorgängen werden zu aller meist korrigiert. Wo dies nicht geschieht, entsteht Raum für Neues. Dass neue Merkmale ausschließlich durch zufällige Mutationen entstehen und durch Selektion evolutiv festgehalten werden, ist die noch weit verbreitete Sichtweise der heutigen Evolutionstheorie.

Im 20. Jahrhundert sah die von der Sowjetunion diktierte Lehrmeinung⁶ das Lebendige sich als bloßes Produkt seiner Umweltbedingungen entwickeln. Die westliche Schule hingegen sah das

6) Siehe hierzu den Artikel über die Biographie von Wawilow in diesem Mitteilungsheft

den Gesamtstoffwechsel der Zelle hat, ist aber angesichts des Zusammenspiels der immensen Fülle der Vorgänge nach wie vor schwer abschätzbar. Datenberge werden angehäuft, um diese Vorgänge besser durchleuchten zu können. Doch was nützen diese, wenn der Blick auf das Ganze fehlt?

Lebendige als bloßes Produkt seiner Erbanlagen (Gene), das sich über zufällige Mutationen neue Eigenschaften verlieh (um hier etwas überspitzt und verallgemeinernd die damals vorherrschenden Gegensätze auszudrücken). Eine Sichtweise, die die beiden genannten, polar gegensätzlichen Sichtweisen vereinigt und auf ein neues Niveau bringt, wäre die folgende:

Das eigentlich Konstituierende im Lebendigen gibt der lebende Organismus selbst. Das Vermögen, neue Erscheinungsformen hervorzubringen, ist in erster Linie Eigenschaft der beweglichen, konstituierenden inneren Natur, der Idee des Organismus in der aktiven Auseinandersetzung mit den veränderlichen äußeren Bedingungen. Die innere Natur ist gleichzeitig das aktive, hervorbringende Agens, das Entwicklung im Lebendigen erst ermöglicht.

Zusammen mit den modifizierenden äußeren Umständen beinhaltet es die Bedingungen, unter denen die Vielfalt der Lebewesen entsteht. Variation ergibt sich als Synthese äußerer und innerer Faktoren. Dieser Zusammenhang wurde schon von Goethe erkannt und in seinen „*Vorarbeiten zu einer Physiologie der Pflanzen*“ wie folgt beschrieben:

„Die Metamorphose der Pflanzen [...] zeigt uns die Gesetze, wonach die Pflanzen gebildet werden. Sie macht uns auf ein doppeltes Gesetz aufmerksam: 1. Auf das Gesetz der innern Natur, wodurch die Pflanzen konstituiert werden. 2. Auf das Gesetz der äußern Umstände, wodurch die Pflanzen modifiziert werden.“⁷

Rudolf Steiner erweiterte diese Anschauung, indem er zu den äußeren Umständen auch die in der Vererbung wirksamen Bedingungen als einen Umstand qualifizierte, mit dem sich die innere konstituierende Natur auseinanderzusetzen hat:

„Neue Formen können nur durch eine Veränderung der äußeren Umstände bewirkt werden. Dann aber haben diese neuen Umstände nicht allein sich dem Gesetze des Inneren der organischen Natur zu fügen, sondern auch mit den schon entstandenen Formen zu rechnen, denen sie gegenüber treten. Denn was in der Natur einmal

7) Johann Wolfgang v. Goethe: *Vorarbeiten zu einer Physiologie der Pflanzen*. In: Goethes Naturwissenschaftliche Schriften, hrsg. von Rudolf Steiner.

entstanden ist, erweist sich fortan in dem Tatsachenzusammenhang als mitwirkende Ursache. [...] Es ist dies eine Tatsache, für die man in der neueren Zeit das Wort Vererbung gebraucht“⁸

Der Begriff **Vererbung** wird hier in einem neuen Licht dargestellt, nämlich als Vorgang, durch den die unendliche Plastizität der **inneren Natur** durch die konkrete, verinnerlichte Erfahrung vergangener äusserer Modifikationen eingeschränkt wird. Damit ist Vererbung aus dieser Perspektive nicht Ursache, sondern Folge der (vormaligen) Erscheinung eines Lebewesens. Dadurch, dass sie erblich festgehalten werden, werden zusätzliche, verinnerlichte äußere Bedingungen für nachfolgende Generationen verfügbar gemacht. Bringt man dies in Zusammenhang mit den heutigen Vorstellungen, kann man mit Johannes Wirz sinngemäß sagen: **Lebewesen sind nicht Realisierungen ihres genetischen Programms, sondern sie interpretieren ihre Erbanlagen aktiv. Gene sind nicht Ursache, sondern Bedingung für die Realisierung von Lebensvorgängen. Das Lebewesen als Ganzes bildet die Ursache dafür, wie eine genetische Anlage bei der Ausprägung von Merkmalen verwendet wird.⁹**

Lebewesen sind im Kontext von Genetik und Evolution nicht nur als Produkt ihrer Gene, ▶

8) Rudolf Steiner: *Über den Gewinn unserer Anschauungen von Goethes naturwissenschaftlichen Arbeiten durch die Publikation des Goethe-Archivs*. (1891) In: Methodische Grundlagen der Anthroposophie. Dornach 1989, GA 30

9) Johannes Wirz: *Nicht Baukasten, sondern Netzwerk – die Idee des Organismus in Genetik und Epigenetik*. Elemente der Naturwissenschaft 88 (2008), S. 5-21. Verlag am Goetheanum.

sondern eher als Lektoren ihres genetischen Textes zu verstehen. Um das Verhältnis von innerer und äußerer Natur näher zu beleuchten, kann man sich folgendes vergegenwärtigen: die Umwelt wirkt auf den lebendigen Organismus über Mikrokosmos, Mesokosmos und Makrokosmos. Die eigene DNA ist dem Organismus im o.g. Sinne im Mikrokosmos nicht nur eine notwendige, sondern auch eine einschränkende Bedingung. Beispielsweise kann die Pflanze ihre innere Natur nur soweit verwirklichen, wie ihr genetisches Material es zulässt – oder eben, wie es z.B. Licht und Wärme ihrer Umgebung zulassen. Jeder lebendige Organismus verändert aber auch seine Umgebung im Mesokosmos. Hier lebt er in ständiger Koevolution mit anderen Lebewesen. In diesem Sinne gehören auch sie zu seinem Körper. Das Leben als Ganzes wird getragen und rhythmisch impulsiert zwischen Himmel und Erde über den Makrokosmos.

Mit der neu aufkommenden Epigentik ist die einst von Lamarck¹⁰ postulierte **Vererbung erworbener Eigenschaften** wieder Thema im wissenschaftlichen Diskurs. Paul Kammerer (1880-1926) untersuchte die Idee der Weitergabe erworbener Eigenschaften zum ersten Mal experimentell. Der österreichische Biologe hatte gezeigt, dass Feuersalamander ihr Fleckenmuster dem Untergrund, auf dem sie leben, anpassen können. Nach einigen Generationen vererbten sie das neue Muster an ihre Nachkommen auch in einer neutralen Umgebung weiter. Dieses Resultat stützte Kammerers These, dass

Organismen die Fähigkeit haben, Merkmale in Anpassung an ihr jeweiliges Lebensmilieu auszubilden und an die Nachkommen weiterzugeben. Darin kam eine Plastizität zum Ausdruck, die durch die Umgebungsbedingungen zur Erscheinung kommen kann und die – auf damals unbekanntem Wege – in den Keimzellen genetisch fixiert wird.¹¹

Die Epigenetik steht im Einklang mit einer Wissenschaft, die auch von Goethe verfolgt wurde. Er ließ in seinen botanischen und zoologischen Studien keinen Zweifel offen, dass Lebewesen sich im Spannungsfeld ihrer konstituierenden inneren Natur und der modifizierenden äußeren Umgebungsbedingungen entwickeln. Dieses von ihm als „Doppeltes Gesetz“ bezeichnete Konzept ist der Kern seiner Metamorphosenlehre. Die **konstituierende innere Natur** wurde von Goethe auch als **Typus** bezeichnet. Der Typus ist jene Idee, die allen tatsächlichen Erscheinungen im Organischen zugrunde liegt – die **Urpflanze**, die allen tatsächlichen Pflanzen als gemeinsame Idee zugrunde liegt. In diesem Sinne kann man auch von einem Typus der Rosengewächse oder anderer Pflanzenfamilien sprechen. Der Typus war für Goethe nicht nur eine hypothetische Idee, sondern entsprach einer objektiven Realität, die sich in der Bildung der Lebewesen manifestierte.

10) Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, 1744–1829, französischer Botaniker, Zoologe, Entwicklungsbiologe

11) Paul Kammerer: **Breeding Experiments on the Inheritance of Acquired Characters**. Nature 112, 237-238 (1923)

Die als **Goetheanismus** bezeichnete Wissenschaft beschäftigt sich mit der Erforschung der inneren Wirkprinzipien: durch exakte Beobachtungen am Phänotyp (an der konkreten Gestalt) und dem Vergleichen der morphologischen Unterschiede können Ideen entwickelt werden, mit denen wir uns dem Wesen des Lebendigen nähern – oder anders ausgedrückt: den Gesetzmäßigkeiten des Typus nähern. Diese Herangehensweise zeichnet sich dadurch aus, dass sie nicht voreilig Ursache und Wirkung bestimmt, sondern vernünftig, schrittweise, über das Studium der Erscheinungen, sich dem zu untersuchenden Wesen nähert. Im Anorganischen, Toten fragen wir zu Recht nach Ursache und Wirkung. Wenden wir uns dem Lebendigen zu, so ist die Frage nach Wesen und Erscheinung die sinnvollere. Jene Gesetzmäßigkeiten des Lebendigen sind bildhaft beschreibbar, in mathematische Formeln lassen sie sich nicht zwingen. Über vergleichendes Beobachten sind sie der menschlichen Vernunft zugänglich. Dem analytischen Verstand aber sind hier Grenzen gesetzt, da die Begriffe selbst je nach Kontext eine neue Bedeutung erlangen. In der Anthroposophie spricht man daher davon, dass die Begriffe selbst lebendig werden müssen, so man sich erkennend einem lebendigen Wesen nähern möchte.

Zum Abschluss und zur Veranschaulichung des zuletzt Erwähnten hier ein Beispiel, wie über einen Vergleich morphologischer Besonderheiten

innerhalb der buchenartigen Gewächse Wesenhaftes erfasst werden kann:

„... Innerhalb der buchenartigen Gewächse bilden Birke und Eiche den größten Gegensatz. Wolfgang Schad¹² prägte den Begriff der Eigenraumbildung (am stärksten bei der Eiche) und Umkreisoffenheit (Birke) für die Prinzipien der Gestaltbildung dieser Bäume. Die anderen dazugehörigen Arten (Buche und Esskastanie einerseits, Hasel, Hainbuche und Erle andererseits) lassen sich im Sinne einer Metamorphosenreihe zwischen diesen Polen ordnen. Auf der Seite der Eichenverwandten ist die Nährhaftigkeit allgemein zu finden, bei der Familie der Birkengewächse nimmt die Bildung nahrhafter Samen in der Reihe Birke – Hainbuche – Hasel zu, entsprechend der zunehmenden Eigenraumbildung bzw. Eichenartigkeit. Gleichzeitig nimmt die Reproduktionskraft in der Samenbildung ab.“¹³

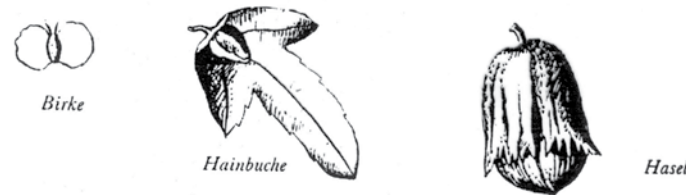
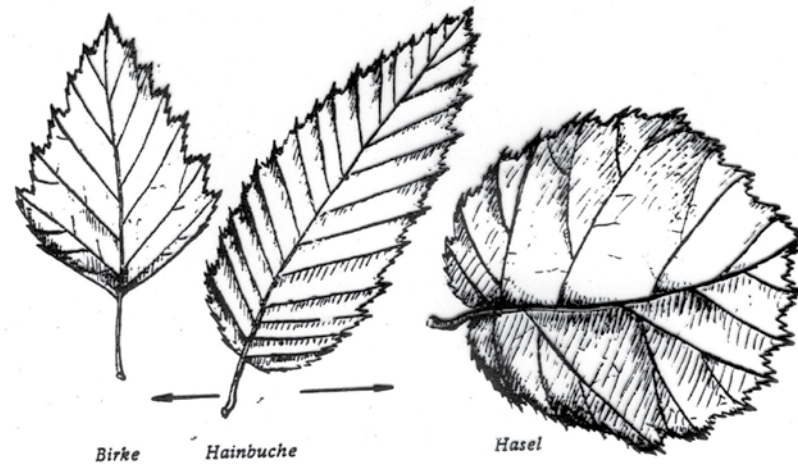
Der Typus der buchenartigen Gewächse lässt sich mit der Darstellung solcher Gesetzmäßigkeiten näher beschreiben. Das Prinzip der Kompensation wird durch diese Betrachtung erlebbar: tritt eine Eigenschaft hervor, so vermindert sich die polar entgegengesetzte Eigenschaft. Das Lebendige reagiert als Ganzes. ▶

12) Wolfgang Schad: **Zur Biologie der mitteleuropäischen buchenverwandten Bäume (Fagales)**. Elemente der Naturwissenschaft Nr. 7, 1967. Verlag am Goetheanum.

13) Bertold Heyden: Mitteilungen aus der Arbeit Nr. 1, S. 20, (1989).

Rückblick und Ausblick

Nach dieser Lektüre mag sich der Leser nun wundern, wie es denn möglich sei, mit dem klassischen Genbegriff in den Disziplinen der Gendiagnose und der Genmanipulation zu arbeiten, wenn doch der Begriff vom Gen „am zerbröseln“ ist?



Metamorphose innerhalb der Familie der Birkengewächse:

Der qualitative Charakter der Baumgestalt wird in allen Einzelheiten sichtbar. Wenn sich die Blattform verändert, muss sich das auch widerspiegeln in der Fruchtbildung.

Dies mag zum einen daran liegen, dass der Begriff als Arbeitshypothese da gut funktioniert, wo es um einfache funktionale Produkte, wie die Herstellung von Enzymen aus Mikroorganismen geht. Zum anderen muss bei der Gendiagnose kein direkter funktionaler Zusammenhang zwischen einer DNA-Sequenz und einer Eigenschaft vorhanden sein: es wird ja hier lediglich die Wahrscheinlichkeit zwischen dem Vorhandensein einer DNA-Sequenz und dem Auftreten einer Eigenschaft errechnet. Hinreichend erklärbar wird diese Eigenschaft dadurch nicht, da ja vielfältige Einflüsse die Genexpression beeinflussen. Dass eine solche DNA-Sequenz eine wichtige Teilinformation zur Expression einer Eigenschaft enthält, kann aber dennoch als wahrscheinlich angesehen werden.

Mit der Epigenetik gerät die übergeordnete Regulation des Organismus, die bis in die Erbsubstanz hineinwirkt, in den Blickwinkel der Forschung. Umweltbedingungen können so, über den sich selbst regulierenden Organismus, bis in die Erbsubstanz ihre Spuren hinterlassen. Solange aber kein grundlegender Unterschied zwischen toter Materie und einem lebendigen Organismus erkannt wird, bleibt es bei mechanistischen Vorstellungen, die – gemäß ihrer Natur – stets etwas Zwingendes, Unfreies haben.

Die goetheanistische Forschung hingegen hilft uns, das Leben als eine eigene Realität mit eigenen Gesetzmäßigkeiten zu erfassen, Gesetzmäßigkeiten, die den physikalisch-chemischen übergeordnet sind. Leben sucht sich aus den Zwängen der toten Materie zu befreien. Wir sind eingeladen, die Erscheinungen des Lebendigen zu verstehen und die Möglichkeiten seiner freien Entfaltung zu respektieren. Eine Beeinflussung des Lebendigen über die genetische Manipulation seiner materiellen Grundlage ist die gegenteilige Vorgehensweise.

Udo Hennenkämper

Weiterführende Literatur:

PETER HEUSSER (HRSG.): *Goethes Beitrag zur Erneuerung der Naturwissenschaften – das Buch zur gleichnamigen Ringvorlesung an der Universität Bern*. Bern/Stuttgart/Wien 2000

STAFFAN MÜLLER-WILLE UND HANS-JÖRG RHEINBERGER: *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik – Eine wissenschaftshistorische Bestandsaufnahme*. edition unseld 25, Suhrkamp Verlag (2009)

WOLFGANG SCHAD (HRSG.): *Goetheanistische Naturwissenschaft* (4 Bände), Stuttgart 1982-1985; Bd.5 (hrsg. von A. Suchantke 1998)

RUDOLF STEINER: *Grundlinien einer Erkenntnistheorie der Goetheschen Weltanschauung*. GA Nr. 2, 1886

RUTH RICHTER (2017): *Goethes doppeltes Gesetz. Pflanzenmorphologie in Fläche, Raum und Zeit*. In: Böhme, Gernot (Hg.) *Über Goethes Naturwissenschaftl. Schriften der Darmstädter Goethe-Gesellschaft* Heft 7. Aisthesis Verlag.

JOHANNES WIRZ: *Nicht Baukasten, sondern Netzwerk – die Idee des Organismus in Genetik und Epigenetik*. *Elemente der Naturwissenschaft* 88 (2008), S. 5-21. Verlag am Goetheanum, Dornach

JOHANNES WIRZ: *Leben im Werden Teil 1: Die Evolutionstheorie aus der Perspektive Charles Darwins, des jungen Rudolf Steiners und der aktuellen Biologie*. die DREI 1 (2009), S. 11-22.

JOHANNES WIRZ: *Leben im Werden Teil 2: Am Anfang war der Mensch*. die DREI 2 (2009), S. 49-56.

Historischer Überblick zur klassischen und molekularen Genetik

1866 **GREGOR MENDEL** veröffentlichte seine Versuche über **Pflanzen-Hybriden**, die aber kaum beachtet wurden.

Heute würden wir sagen: **Kreuzungsversuche**. Hybride ist der allgemeine Ausdruck für eine Mischform. Die jetzt viel verwendete Hybridzüchtung ist ein Spezialfall, bei dem zwei reinerbige Inzuchtlinien gekreuzt werden, um eine mischerbige, kräftigere Pflanze zu bekommen.

1869 **FRIEDRICH MIESCHER** entdeckt die **Nukleinsäure** (veröffentlicht 1871).

In Tübingen, im Labor von Hoppe-Seyler entdeckt Miescher im Eiter, bzw. im Zellkern (nucleus) der Eiterzellen eine bisher unbekannte phosphorsäurehaltige Substanz, die er Nuklein (Nuclein) nennt. Später, in Basel, kann er im Nuklein von Lachs-Sperma (damals gab es noch Lachse im Rhein!) die Nukleinsäure vom Protein (= Eiweiß) trennen und chemisch genauer beschreiben.

1888 **WALDEYER-HARTZ: Chromosomen** als Bestandteil des Zellkerns

Chromosomen, wörtlich übersetzt „Farbkörper (griechisch: chroma = Farbe, soma = Körper), sind Strukturen im Zellkern, die sich bei der Zellteilung verdichten, mikroskopisch sichtbar werden und angefärbt werden können.

1900 **HUGO DE VRIES, CARL CORRENS UND ERICH TSCHERMAK** bestätigten Mendels Entdeckungen.

Genauer gesagt, sie entdecken unabhängig voneinander nochmal die in Vergessenheit geratenen Mendelschen Regeln.

1903 **WALTER SUTTON** erkennt **Chromosomen als Träger der Erbinformation**.

Er beobachtet bei der Reifeteilung, d.h. der Zellteilung, wenn sich die Geschlechtszellen bilden, dass sich die sonst paarweise (diploid) vorhandenen Chromosomen trennen und in den Geschlechtszellen einen einfachen (haploiden) Chromosomensatz bilden. Diese Zahlenverhältnisse stimmen überein mit den Mendelschen Regeln.

1907 **THOMAS HUNT MORGAN** wählte die **Taufliege *Drosophila melanogaster*** als Versuchstier.

Die im Sommer allgegenwärtige Taufliege oder Fruchtfliege ist bestens geeignet zum Studium der Vererbung, denn sie vermehrt sich sehr schnell und hat in den Speicheldrüsen Riesenchromosomen, deren gebänderte Feinstruktur mikroskopisch gut sichtbar ist.

1908 **HARDY-WEINBERG-GESETZ: Konstanz der Allelverhältnisse** in idealen Populationen

Die Populationsgenetik beschreibt die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung in Populationen, also Gruppen von Tieren, die sich beliebig paaren, oder Pflanzen, die sich gegenseitig bestäuben. Eine bestimmte Erbanlage, z.B. Mendels Blütenfarbe, kann unterschiedlich ausgeprägt sein (z.B. rot oder weiß). Ein solches „Allel“, der Anteil roter Blüten in einer Pflanzenpopulation bleibt immer gleich, wenn nicht von außen neue Einflüsse auf diese Population wirken. – Aber auch wenn die Population zu klein wird, wird das Gesetz außer Kraft gesetzt. Durch Zufall kann eine bestimmte Eigenschaft zu- oder abnehmen. Sehr kleine Populationen können dadurch aussterben.

Das statistische Denken – die Tier- oder Pflanzenart als zufällige Kombination von Erbanlagen – wird dadurch bestärkt.

1909 **WILHELM JOHANNSEN** prägte den Begriff **Gen**.

Schon vorher verwendet William Bateson den Begriff Genetik (abgeleitet von Griechisch Genesis = Genese, Entstehung). Johannsen verwendet ‚Gen‘ noch als Recheneinheit, also die Erbanlage bzw. das Merkmal, das im Idealfall den Mendelschen Regeln gehorcht.

1909 **WILLIAM BATESON UND REGINALD PUNNET: Kopplung von Genen**.

Sie entdecken die mehr oder weniger starke Kopplung der Gene, d.h. dass sie gemeinsam und nicht unabhängig voneinander vererbt werden. Dies führte schließlich ab 1911 zu einer Bestätigung der lange umstrittenen

1911 / 1919 **T. H. MORGAN: Chromosomentheorie der Vererbung**.

T. H. Morgan konnte bei seinen Versuchen mit *Drosophila* zeigen, dass die Gene wie Perlen auf den Chromosomen aufgereiht sind, und dass ihre Vererbung umso mehr gekoppelt ist, je näher sie beieinander liegen. **Genkarten** werden entworfen. Das Gen wird materiell, es bekommt seinen Ort auf einem bestimmten, an der Form erkennbaren Chromosom.

1927 HERMANN JOSEPH MULLER: Auslösung künstlicher Mutationen durch Röntgenstrahlung

Diese Versuche mit Drosophila zeigten nochmal, dass das Gen eine materielle Basis hat, die durch energiereiche Strahlung zerstört oder verändert werden kann. Später wurde entdeckt, dass man auch mit radioaktiver Strahlung und verschiedenen Chemikalien Mutationen auslösen kann. Für die Forschung ist das selbstverständlich interessant, aber besonders in der Pflanzenzüchtung wurde auch versucht, mit künstlicher Mutation neue Varianten hervorzubringen. Allerdings sind es fast immer Mangelmutationen, weil Gene dabei ausgeschaltet werden, bis hin zu Letalmutationen. – Muller warnte schon vor den Gefahren der genetischen Schädigung bei Röntgenuntersuchungen.

1928 FREDERICK GRIFFITH: Erste Beschreibung der Transformation (Griffiths Experiment)

Griffith arbeitete mit Bakterien, die bei Mäusen Lungenentzündung hervorrufen. Ein Bakterienstamm, der die Mäuse nicht krank macht, konnte durch Beimengung abgetöteter Bakterien einer krankmachenden Variante so verändert werden, dass die Krankheit wieder ausgelöst wurde. Man kann sagen, das war das **erste gentechnische Experiment** (innerhalb einer Art), ohne dass man schon wusste, welche chemische Substanz die Veränderung auslöste. – Transformation: Veränderung der Erbeigenschaften durch Einschleusen fremder Erbsubstanz in die Zelle.

1931 BARBARA MCCLINTOCK, HARRIET B. CREIGHTON, CURT STERN: Zytologische Aufklärung des Crossing-over

Bei der Reduktionsteilung (siehe oben) paaren sich jeweils die beiden gleichartigen Chromosomen, überkreuzen sich oft mehrfach und tauschen offensichtlich an dieser Bruchstelle die Chromosomensubstanz aus. Dies ist ein „Trick“ der Natur, die Kopplung der Gene auf einem Chromosom zu überwinden.

1940 GEORGE BEADLE UND EDWARD TATUM formulierten die Ein-Gen-ein-Enzym-Hypothese.

Der Stoffwechsel in der Zelle ist nur möglich, weil spezifische Enzyme die biochemischen Reaktionen ermöglichen. Z.B verläuft die Bildung einer Aminosäure über mehrere Vorstufen, entsprechend viele Enzyme müssen tätig werden. Wenn eines dieser Enzyme durch eine Mutation ausgeschaltet wird (Beadle und Tatum verwendeten UV-Licht und einfache Pilze als Versuchsobjekt), wird diese Aminosäure nicht gebildet, also auch kein Eiweiß. Der Pilz stirbt, wenn die Aminosäure nicht im Nährmedium zugeführt wird. Sie konnten zeigen, dass für jedes dieser Enzyme ein anderes Gen zuständig ist.

1943 DAS LURIA-DELBRÜCK-EXPERIMENT belegte, dass Mutationen in dem Sinn zufällig sind, dass sie keine Umweltreaktionen darstellen.

Das Experiment wurde mit Bakterien durchgeführt. Diese wurden mit Viren (Bakteriophagen) infiziert. Es bildeten sich resistente Bakterien, aber nicht als Folge der Infektion, sondern durch zufällig verteilte, spontane Mutationen. Das Experiment unterstützt also die neodarwinistische Hypothese, dass Mutationen ständig „zufällig“ stattfinden, und dann je nach Umweltbedingungen (hier die Bakteriophagen-Infektion) selektiert werden.

1944 OSWALD AVERY, COLIN MACLEOD UND MACLYN MCCARTY: Transformation von Bakterien durch DNA

Das Griffith-Experiment von 1928 (s.o.) wurde wiederholt. Nun wurden aber die Zellbestandteile der krankmachenden Bakterien einzeln gereinigt und den harmlosen Bakterien separat zugesetzt. Nur die zugesetzte Nukleinsäure konnte diese Bakterien so transformieren (also bleibend erblich verändern), dass sie Lungenentzündung bei Mäusen hervorrufen konnten. Diese Desoxyribonukleinsäure (DNS, engl. DNA) ist offensichtlich die gesuchte Substanz der Vererbung – und nicht das Protein, der Grundstoff jeder lebenden Zelle.

1950 ERWIN CHARGAFF zeigte mit den Chargaff-Regeln, dass die vier Nukleotide in paarweise gleicher Häufigkeit in der DNA vorkommen: [A] = [T] und [C] = [G].

Das schon 1943 durchgeführte Experiment von Avery war der Start für die molekulare Genetik. Das paarweise Vorkommen der vier DNA-Bausteine **Adenin, Thymin, Cytosin und Guanin** war ein erster wichtiger Schritt auf dem Weg zur Aufklärung der DNA-Struktur.

1953 ROSALIND FRANKLIN: Röntgenstrukturanalyse der DNA

Mit Röntgenstrahlen kann die Struktur kristallisierter Stoffe untersucht werden (durch Beugung an den geordneten Molekülstrukturen). Es war möglich, DNA aus der Lösung in kristalliner Form auszufällen und dann zu untersuchen. Die Bilder ließen sich aber nicht eindeutig interpretieren.

- 1953 JAMES WATSON UND FRANCIS CRICK** postulierten die **Doppelhelix-Struktur der DNA**.
Watson und Crick hatten die richtige Idee, wie die DNA aufgebaut sein könnte. Die daraus abgeleitete Raumstruktur konnte das Bild aus der Röntgenstrukturanalyse erklären. Diese Doppelhelix besteht also aus zwei Strängen (aufgebaut aus dem Zucker Desoxyribose und Phosphorsäure), die über die basischen Bestandteile (A, T, G und C) paarig miteinander verknüpft sind.
- 1957 JAMES HERBERT TAYLOR:** Nachweis der semikonservativen Replikation der DNA und des Crossing-over (Taylor-Experiment).
- 1958 MESELSON UND STAHL:** Nachweis der semikonservativen Replikation der DNA.
Durch radioaktive Markierung (Taylor, mit wachsenden Wurzelspitzen) oder durch Markierung mit schwerem Stickstoff N¹⁵ (Meselson und Stahl) konnte gezeigt werden, dass bei der Zellteilung die DNA so verdoppelt wird, dass im DNA-Doppelstrang der beiden neuen Zellen jeweils ein Strang „alt“ (konservativ) ist und der andere Strang neu synthetisiert wurde. Taylor konnte auch zeigen, dass das für die Chromatiden, die Einzelstränge der Chromosomen gilt. Replikation (engl. replication) = Kopie, Verdopplung, Nachbildung.
- 1958 CRICK** postulierte das „**Zentrale Dogma**“ der Molekulargenetik
- 1. Vererbung** beruht auf der Weitergabe der DNA auf die nächste Generation (Replikation).
 - Am Vorbild der DNA wird RNA (Ribonukleinsäure, messenger-RNA) als Einzelstrang synthetisiert (Transkription). **Nur ein Strang der DNA enthält den „Sinn“.**
 - Diese mRNA ist bestimmend** dafür, in welcher Reihenfolge die Aminosäuren zum Protein (Eiweiß) zusammengesetzt werden (Translation).
 - Die Proteine bewirken schließlich die Eigenschaften oder die Erscheinungsform eines Organismus. Dieser gesamte Vorgang der „**Übersetzung**“ der DNA in ein **funktionsfähiges Eiweiß** wird als Expression bezeichnet.
- Diese so formulierte Einbahnstraße von Ursache (DNA) und Wirkung ist inzwischen in Auflösung begriffen durch die Entdeckungen auf dem Gebiet der Epigenetik.

- 1961 FRANÇOIS JACOB UND JACQUES MONOD** stellten das **Operon-Konzept** vor
Am Beispiel von E. coli Bakterien wurde gezeigt, dass eine Gruppe von Genen über einen vorgeschalteten DNA-Bereich, das Operon, reguliert wird. Nur wenn Lactose (Milchzucker) im Medium vorhanden ist, werden die für die Lactose-Aufnahme und Lactose-Verdauung notwendigen Proteine/Enzyme auch gebildet.
- 1961 BIS 1965 MARSHALL WARREN NIRENBERG UND HEINRICH MATTHAEI:**
Entschlüsselung des genetischen Codes. Synthese von Poly-Phenylalanin durch Poly-Uridinsäure im zellfreien System
Bis dahin war nicht geklärt, wie die Reihenfolge der Basenpaare der DNA, bzw. die Reihenfolge der entsprechenden Nukleotide der messenger-RNA (mRNA) in die Reihenfolge der Aminosäuren eines Proteins übersetzt werden. Der sogenannte **Triplet-Code** (je 3 Nukleotide entsprechen einer Aminosäure) wurde vollständig aufgeklärt. So wird die Aminosäure Phenylalanin durch UUU codiert. Eine synthetische RNA, die nur die Base Uracil enthält, kann deshalb als Vorlage für ein Protein bzw. Peptid dienen, das nur Phenylalanin enthält. (U in der RNA entspricht C in der DNA, kann sich also mit G paaren.)
- 1967 WERNER ARBER, DANIEL NATHANS UND HAMILTON OTHANEL SMITH:**
Entdeckung der Restriktionsenzyme
Restriktionsenzyme schneiden die DNA nur an bestimmten Stellen. Sie können als Handwerkszeug für die molekulare Genetik (oder auch die Gentechnik) dienen, um bestimmte DNA-Bereiche herauszuschneiden und woanders wieder einzubauen. ...
- 1969 JONATHAN BECKWITH** gelang als erstem die **Isolierung eines einzelnen Gens** (aus E. coli).
... Und so konnte man den DNA-Bereich, der einem einzelnen Gen entspricht, aus dem gesamten DNA-Strang von E. coli ausschneiden.
- 1970 HOWARD TEMIN, DAVID BALTIMORE: Reverse Transkriptase**
Bei Retroviren (sie enthalten RNA statt DNA) wurde ein Enzym entdeckt, das mit RNA als Vorlage DNA synthetisiert – umgekehrt zu der normalen Richtung DNA → RNA.
Bei der AIDS-Therapie spielte dieses Enzym eine Rolle (HIV ist auch ein Retrovirus), besonders aber auch in der Gentechnik, denn oft ist es leichter die mRNA zu isolieren als einen bestimmten Genabschnitt aus der gesamten DNA.

1975 **FREDERICK SANGER, ALLAN MAXAM, WALTER GILBERT:**

DNA-Sequenzierung

Mit dieser Methode konnte auch die Sequenz, also die Reihenfolge der Basen bzw. Nukleotide A, T, G und C von längeren DNA-Abschnitten untersucht werden. F. Sanger konnte 1977 damit die Basenfolge des Bakteriophagen ϕ X174 aufklären. ϕ X174 hat eine sehr einfache ringförmige Einzelstrang-DNA mit „nur“ etwa 5.400 Nukleotiden und 9 Gen-Sequenzen, die für die Synthese von entsprechend 9 Proteinen verantwortlich sind, und die alle notwendig sind, damit sich das Virus in der Bakterienzelle stark vervielfältigen kann.

1977 **Intron-Exon-Struktur eukaryotischer Gene**

Gegenüber Bakterien (und Viren) haben höhere Organismen (mit Zellkern) eine andere Genstruktur:

Es sind meist mehrere, relativ große DNA-Abschnitte (Intron von engl. intragenic regions) eingefügt, die zwar in RNA übersetzt werden, aber nicht als Vorlage für die Proteinsynthese dienen. Man spricht vom Spleißen der RNA: Die entsprechenden Intron-Anteile werden herausgeschnitten und der Rest (der dem Exon entspricht - expressed region) wird zur mRNA zusammengesetzt. Durch unterschiedliches Spleißen können auf Basis der gleichen DNA-Region sogar unterschiedliche Proteinmoleküle gebildet werden.

Das „Dogma der Molekulargenetik“ wird dadurch aufgeweicht. DNA ist nicht mehr das verursachende Prinzip, sondern kann vom Organismus unterschiedlich genutzt werden.

1983 **KARY MULLIS** entwickelte die **Polymerase-Kettenreaktion (PCR)** zur **Vervielfältigung von DNA.**

Oft stehen von einer DNA, die untersucht werden soll, nur Spuren zur Verfügung. Für die weitere Analyse oder weitere Verwendung werden aber handhabbare Mengen benötigt. Die Polymerase-Kettenreaktion (polymerase chain reaktion = PCR) ermöglicht eine exponentielle Vervielfältigung von DNA-Abschnitten begrenzter Länge (einige Tausend Nukleotide). Ursprünglich wurde DNA-Polymerase aus E.coli verwendet, ein Reparaturenzym, das Einzelstrang-DNA (durch Synthese des komplementären Strangs) wieder in die Doppelhelix verwandelt. Diese muss nach jedem Zyklus bei 96°C wieder „aufgeschmolzen“ werden. Jetzt verwendete DNA-Polymerase aus hitzestabilen Bakterien wird dabei nicht zerstört.

Nicht nur in der Forschung, auch in der Kriminalistik ist das inzwischen ein wichtiges Handwerkszeug geworden.

1995 Das erste **prokaryotische Genom** (von Haemophilus influenzae) wurde sequenziert.

1997 Das erste **eukaryotische Genom**, das der Bäckerhefe Saccharomyces cerevisiae, ist sequenziert

2003 **Als Resultat des Humangenomprojektes steht die Referenzsequenz des menschlichen Genoms zum Download im Internet bereit.**

Mit weiter verbesserten Methoden der DNA-Sequenzierung konnte zuerst die vollständige DNA (das Genom) eines Bakteriums, dann das Genom der Hefe und schließlich die **Basensequenz aller 23 menschlichen Chromosomen** analysiert werden. Diese Sequenz von etwa 3 Milliarden Basenpaaren konnte bisher aber nur zum geringsten Teil mit einzelnen physiologischen Funktionen oder äußeren Eigenschaften in Zusammenhang gebracht werden. Nur etwa 2 % der DNA wird als Vorlage für die Proteinsynthese verwendet.

Neben der dafür notwendigen mRNA werden immer mehr nichtcodierende RNA-Typen entdeckt, die überwiegend für die Regulation des Stoffwechsels in der Zelle gebraucht werden. Für die Differenzierung in verschiedene Zelltypen ist es selbstverständlich notwendig, dass ganz unterschiedliche Proteine gebildet werden, bzw. ganz unterschiedliche DNA-Bereiche aktiviert werden. Eine Leberzelle braucht eben andere Enzyme für ihren Stoffwechsel als eine Nervenzelle, und trotzdem haben beide die gleichen Erbanlagen.

Dafür wird die Proteinbiosynthese gesteuert, indem z.B. die DNA chemisch modifiziert wird, ohne aber die Nukleotidsequenz zu verändern, oder indem die Feinstruktur der Chromosomen gelockert oder verdichtet wird.

Diese regulatorischen Vorgänge, die auf dem Niveau der DNA ansetzen, werden in der Epigenetik erforscht, bis hin zu erblichen Veränderungen als Folge der Umwelt- und Lebensbedingungen.

Merle Scheiner und Bertold Heyden

LEO-DRUCK GmbH
Robert-Koch-Str. 6
78333 Stockach

Fon 07771-9396-0

auftrag@leodruck.com
www.leodruck.com



einkaufen mit Mehrwert

*Ihr Bio-Fachgeschäft
in Markdorf*



88677 Markdorf Marktstraße 5 Thomas Waldruff 07544/913551



LEHENHOF

Wir sind länger für Sie da!

Unsere Öffnungszeiten
ab dem 04. Dezember:
Montag - Freitag
9:00 - 18:30 Uhr
Samstag
9:00 - 13:00 Uhr

Camphill Werkstätten Lehenhof gGmbH
Naturkostladen
Lellwanger Straße 6
D-88693 Deggenhausertal
Tel.: +49 7555 92 99 211
Fax: +49 7555 92 99 209
naturkost@lehenhof.de

**Mit uns kommen Sie
entspannt durch die Zeit.**

Wir freuen uns über Sie

Campo Verde

*... überall dort
wo es gute
Lebensmittel gibt*

**Bodensee
BIOBAUERN**

Pro Packung an das
Keyserlingk-Institut
5 Cent

FÜR EINE LEBENDIGE ZUKUNFT!
MIT ÜBER 140 ARTIKELN BIETEN WIR DEUTSCHLANDS GRÖSSTES DEMETER-SORTIMENT UND
SORGEN AUCH DURCH DIE FÖRDERUNG DER SAATGUTFORSCHUNG FÜR EINE LEBENDIGE ZUKUNFT

Campo Verde
Campo Verde GmbH
Daisendorfer Str. 6
88690 Uhlhingen-Mühlhofen

Tel. +49 7556 96614-40
info@campo-verde-gmbh.de
campo-verde-gmbh.de

BIO
DEUTSCHLANDS GRÖSSTES
DEMETER-SORTIMENT

demeter

Ökologische Saaten
bingenheimer
saatgut




Naturkost vom Samen an:

- konsequent ökologisches Qualitäts-Saatgut
- ausschließlich samenfeste Sorten
- aus bio-dynamischer Pflanzenzüchtung

Gemüse • Kräuter • Blumen
Unser Saatgut finden Sie im Naturkostladen oder im Onlineshop.

Bingenheimer Saatgut AG
Ökologische Saaten
Kronstraße 24
61209 Echzell Bingenheim
Telefon: +49 (0) 6035 1899-0

www.bingenheimersaatgut.de

demeter

Qualität

Wir entwickeln in Bauernhand Getreidesorten, die schmecken. Das überlassen wir nicht Großkonzernen. Denn Saatgut ist Kulturgut.

demeter.de/fakten

demeter – biodynamisch seit 1924

Getreideprodukte

aus dem vollen Korn



...aus gutem Grund!

Mit großer Freude unterstützt die ErdmannHAUSER Getreideprodukte GmbH die unabhängige Saatgutforschung des Keyserlingk-Institutes.

Als Verarbeitungspartner der Bauern wurde ErdmannHAUSER 1989 gegründet, um die Qualitätsziele der biologisch-dynamischen Landwirtschaft konsequent fortzuführen. Das Saatgut für das Getreide unserer Bauern beruht auf alten Sorten aus biologisch-dynamischer Züchtung. So wird nachbaufähiges Saatgut als Kulturgut für den Menschen erhalten und zu einem Nahrungsmittel, das ihn in seiner gesamten Entwicklung unterstützen kann.

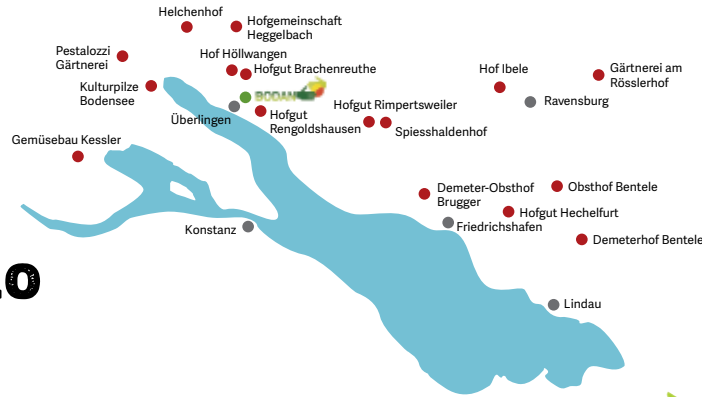
In den ErdmannHAUSER Manufakturreichen Mühle, Bäckerei, Salzherstellung und Abpackung wird traditionell handwerklich gearbeitet. Das Sortiment umfasst die Getreideaufschluss-Produkte Bulgur, Grieß und TAU, salzige und süße Gebäcke sowie die Lichtwurz-Salze in Natur und mit Kräutern & Blüten.



ErdmannHAUSER Getreideprodukte GmbH
Robert-Bosch-Straße 17 · D-71729 Erdmannhausen
Telefon: 07144/89640 · Telefax: 07144/896428
www.erdmannhauser.de · info@erdmannhauser.de

WIR. sind das Netzwerk, das Bio weiterbringt.

www.wir-bodensee.bio



Vertrieb: **BODAN**



WIR.

.....
Bio Power Bodensee



Sonett – einzigartig

Ö K O L O G I S C H K O N S E Q U E N T

Die einzigartigen balsamischen Zusätze der Sonett-Produkte



Einzigartig! Denn das Sonett-eigene Herstellungsverfahren kann man durchaus als „biologisch-dynamisch“ bezeichnen. In einem Oloïd-Mischer werden wertvolle Substanzen wie Weihrauch, Gold, Myrrhe, Lorbeer, Olivenöl, Rosenblütenasche und Mistel rhythmisiert. Mit diesen „balsamischen Zusätzen“ werden Sonett-Produkte geimpft. Damit wird dem Waschwasser ein Leben fördernder lemniskatischer Bewegungsimpuls hinzugefügt. Darüber hinaus wird das gesamte Prozesswasser in einer Wirbelkette aus zwölf eiförmigen Gläsern in frei fließenden, wunderschön ausgeformten Tromben verwirbelt. **Im Vergleich mit anderen Wasch- und Reinigungsmitteln sind Sonett-Produkte frei von petrochemischen Tensiden und Enzymen, sie enthalten keine synthetischen Duft-, Farb- und Konservierungsstoffe** und werden ohne Gentechnik, Nanotechnologie und ohne Tierversuche hergestellt. Alle Öle stammen zu 100 % aus kontrolliert biologischem oder biologisch-dynamischem Anbau. Und selbstverständlich: alle Sonett-Produkte sind restlos biologisch abbaubar. Mehr Information unter www.sonett.eu **Sonett – so gut.**



Sonett-Produkte sind erhältlich im Naturkostfachhandel und bei Alnatura.

SaatGut



Keyserlingk - Institut und
Verein zur Förderung der Saatgutforschung
im biologisch-dynamischen Landbau e.V.

Rimpertsweiler 3
88682 Salem

Tel: 07544 - 71371

Fax: 07544 - 913296

buero@saatgut-forschung.de

www.saatgut-forschung.de

Spendenkonto:

Sparkasse Salem-Heiligenberg

IBAN: DE90 6905 1725 0002 0141 81

BIC: SOLADES1SAL