

Die „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Gesetze im Kontext neuer Forschungen

Uwe HOSSFELD (Jena), Michal V. SIMUNEK (Prag, Tschechien)
und Michael MIELEWCZIK (London, Großbritannien)

Zusammenfassung

Die „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Regeln im Jahr 1900 wird als Wendepunkt in der modernen Wissenschaft der Genetik angesehen. Während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde allgemein angenommen, dass die „Wiederentdeckung“ mehrfach, unabhängig und parallel durch drei europäische Botaniker (Carl CORRENS, Hugo DE VRIES und Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG) erfolgte. Seit den 1960er Jahren sind jedoch beträchtliche Fragen hinsichtlich der Chronologie und den spezifisch konzeptionellen Beiträgen der einzelnen Wissenschaftler aufgeworfen worden. Nicht nur die Unabhängigkeit, sondern auch die zeitgleiche Entdeckung wurde hinsichtlich des Kontextes der individuellen wissenschaftlichen Programme aller drei Wissenschaftler analysiert. Dem jüngsten von ihnen, dem österreichischen Pflanzenzüchter Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG, wurde Mitte der 1960er Jahre der Rang eines „Wiederentdeckers“ abgesprochen. Ziel des vorliegenden Aufsatzes ist es, mit Hilfe inzwischen editierter neuer Quellen zum Themenkontext wichtige Fakten sowohl zur Chronologie als auch dem konzeptuellen Rahmen der Arbeiten von Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG in diesem Kontext aufzuarbeiten. Ein vollständig neuer Aspekt ist die Identifizierung von Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG als signifikanter *spiritus movens* in den Ereignissen der Jahre 1900 und 1901.

Abstract

The ‘rediscovery’ of MENDEL’S laws in 1900 is seen as a turning point in modern research of heredity and genetics. In the first half of the 20th century, it was generally held that the ‘rediscovery’ was made several times, independently, and in a parallel fashion by three European botanists (Carl CORRENS, Hugo DE VRIES, and Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG). Since the 1960s, however, serious questions arose concerning both the chronology and the specific conceptual contribution of the scientists involved. Not only the independence but also parallelism was analysed in the context of individual research programmes of all three of these scholars. The youngest of them, Austrian botanist Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG, was excluded from the rank of ‘rediscoverers’ in mid-1960s. It is the aim of this paper to use now edited primary sources and add important facts both to the chronology and conceptual framework of Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG’S work. An entirely new aspect is added by identifying his older brother, the physiologist Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG, as a significant *spiritus movens* of the events of 1900 and 1901.

1. Einleitung

Betrachtet man die Entwicklung der Biowissenschaften vor 1900, also dem Zeitraum vor der „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Gesetze, fällt zunächst auf, dass es bereits sehr früh zu einer Spaltung unter den Evolutionisten gekommen war. Neben denjenigen Wissenschaftlern, welche die Evolutionstheorie umfassend und vollumfänglich unterstützten, etablierten sich

zwei weitere Strömungen, welche sich jeweils nur auf die Selektionstheorie oder die Deszendenztheorie (Abb. 1) fokussierten.¹

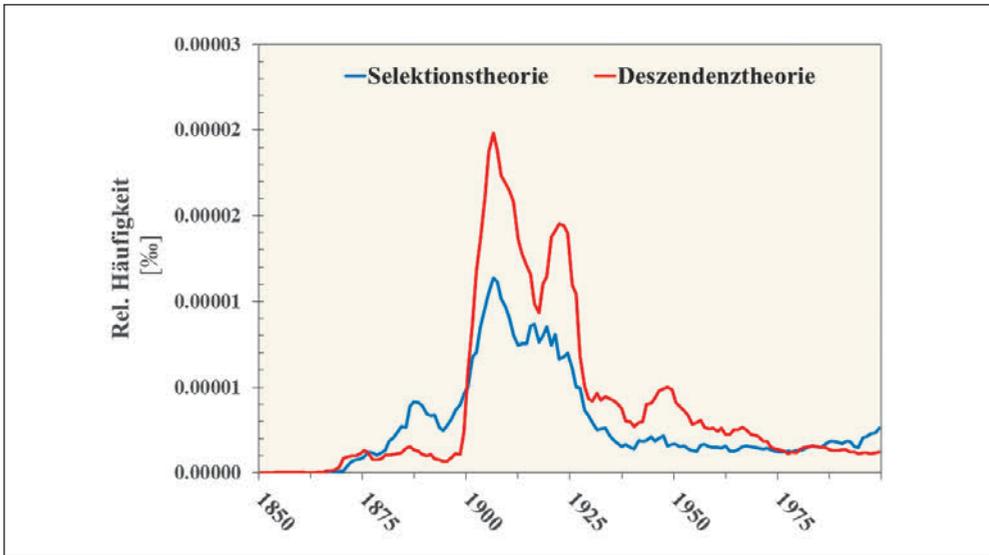


Abb. 1 Häufigkeit der Erwähnung von „Deszendenztheorie“ und „Selektionstheorie“ im Textkorpus der Buchliteratur des 19. und 20. Jahrhunderts. Daten basierend auf Google Ngrams (Google Ngrams 2016, MICHEL et al. 2011) für den deutschen Textkorpus, normalisiert zur zeitlichen Größe des Textkorpus im zeitlichen Kontext.

Von 1859, dem Erscheinungsjahr von DARWINS *Origin of Species*, bis zur Jahrhundertwende war es den Evolutionsforschern in erster Linie um das Beweisen der Evolution sowie das Aufstellen von Stammbäumen gegangen. Der Schwerpunkt ihrer Forschungen lag in der phylogenetischen Forschung und Betrachtung.² Nach der „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Gesetze scheint es interessanterweise insbesondere in der deutschsprachigen wissenschaftlichen Literatur zu einer Verschiebung des Fokus gekommen zu sein, welcher nun der Deszendenztheorie zu deutlich mehr Aufmerksamkeit verhalf (Abb. 1). Auch in der englischsprachigen Literatur der Jahrhundertwende ist ein solch vermehrtes Interesse an der Deszendenztheorie zu bemerken.

In der Zeit nach der „Wiederentdeckung“, etwa bis zur Begründung der Synthetischen Theorie der Evolution (STE) Mitte der 1930er Jahre, standen dann Kausalfragen der Evolution wie nach der direkten bzw. indirekten Vererbung; der Rolle von Mutation, Isolation und Selektion im Evolutionsprozess; dem Verlauf der Evolution; dem Verhältnis von Mikro- und Makroevolution; dem evolutionären Fortschritt und Artproblem im Vordergrund der kontrovers geführten Diskussionen und Auseinandersetzungen zwischen den Vertretern der jeweiligen Forschungstraditionen (MAYR 1984, 1994, JUNKER 2004, HOSSFELD und OLSSON

1 Vgl. hierzu SEIDLITZ 1871. Die Abgrenzung der unterschiedlichen Ansichten in den Bibliographien der Zeit ist jedoch sehr fließend.

2 Vgl. hierzu den besonderen Einfluss von Ernst HAECKEL (1834–1919) in Deutschland (HOSSFELD 2010, JUNKER und HOSSFELD 2009).

2014). Gleichzeitig etablierte sich auch die Pflanzenzüchtung nach der „Wiederentdeckung“ als eigener Wissenschaftszweig (SENF und SKIEBE 1971), wobei nun, statt der klassischen Massenauslese und der schon vereinzelt durchgeführten Individualzucht, die Idee der gerichteten Züchtung (z. B. in Form der Kombinations-, Heterosis- und Hybridzüchtung) sowie des aktiven Screenings stärker in den Vordergrund rückte (MANZANARES et al. 2016, STAMP 2012, STAMP und VISSER 2012). Insbesondere durch die von MENDEL selbst angeregte Verwendung von Statistik in der Pflanzenzüchtung, aber auch durch die von ihm nur angedeutete Unterscheidung zwischen Phänotypen und Genotypen,³ konnten hier im Zusammenspiel mit einer Vielzahl von weiteren agronomischen Neuerungen (STAMP 2012, STAMP und VISSER 2012) schnell praktische Ziele verfolgt werden. Gerade die von MENDEL erfolgreich eingesetzte Strategie, einzelne, diskontinuierliche und mendelnde Merkmale zu beobachten, stellte sich in der praktischen Pflanzenzüchtung jedoch zunächst als weniger erfolgreich heraus (VOLLMANN und RUCKENBAUER 1997). Viele phänotypische Merkmale, die von besonderer agronomischer Bedeutung sind, wie u. a. beispielsweise Wachstum und Ertrag, sind komplex und variieren kontinuierlich (SENF und SKIEBE 1971, VOLLMANN und RUCKENBAUER 1997, WALTER et al. 2012). An ihrer dynamischen, graduellen Ausprägung sind nicht nur eine Vielzahl von Genen und Stoffwechselprozessen, die noch dazu interagieren können, sowie deren Regulation beteiligt, sondern ebenso ist eine Fülle von Interaktionen mit Umwelteinflüssen maßgeblich.⁴ Gleichzeitig etablierte sich auch das damals neue Forschungsfeld der Vererbungslehre/Genetik (BOWLER 1989). Galt der Fokus hier zunächst noch der Bestätigung der Mendelschen Gesetze in verschiedenen Arten, der Zoologie sowie der Belegung von Ausnahmen, etablierten sich schon bald erste Subspezialisierungen, wie beispielsweise die durch das Hardy-Weinberg-Gesetz⁵ initiierte und durch Ronald A. FISHER (1890–1962), John B. S. HALDANE (1892–1964) und Sewall G. WRIGHT (1889–1988) begründete Populationsgenetik. Gerade letztere war im Zusammenspiel mit den ersten Ansätzen der quantitativen Genetik insbesondere sowohl für die Weiterentwicklung der Pflanzenzüchtung als auch der Genetik und Evolutionsforschung von großer Bedeutung.

Den Evolutionsforschern bereiteten zunächst auch die mannigfachen Fragestellungen und verschiedenen Herangehensweisen Probleme. Der Evolutionsgedanke wurde nun zwar in den meisten biologischen Teildisziplinen diskutiert, deren Vertreter sich mit unterschiedlichem Erfolg an diesen Debatten beteiligten. Eine Synthese des evolutiven Gedankengutes (z. B. zwischen Genetikern, Systematikern und Paläontologen) schien aber nahezu unmöglich. Auch die „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Gesetze im Jahre 1900 brachte bei den meisten Biologen vorerst keine Änderung der Einstellung zur natürlichen Auslese, da die Mendelschen Gesetze statischer (und statistischer) Natur waren und somit keine (dynamische) Antwort auf die kausalen Mechanismen der Evolution geben konnten.⁶ Die Mehrzahl der Biologen akzeptierte aus den unterschiedlichsten Gründen daher bis etwa 1930 keineswegs die Tatsache, dass es sich bei der natürlichen Auslese um die eigentliche, primäre Ursache der Anpassung handelte. Infolge dieser Entwicklung kamen im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts experimentell arbeitende Genetiker und „Naturbeobachter“ (Systematiker, Paläontologen) bei der Beurteilung von evolutionsbiologischen Prozessen zu sehr verschiedenen Auffassungen (Abb. 2).

3 Vgl. WALTER et al. 2015.

4 NOZUE und MALOOF 2006, POIRÉ et al. 2010, POORTER et al. 2010, ROSAR et al. 2012, STITT und ZEEMAN 2012, TIMM et al. 2012.

5 Siehe HARDY 1908, WEINBERG 1908; siehe auch STERN 1943.

6 SENGLAUB 1982, S. 558.

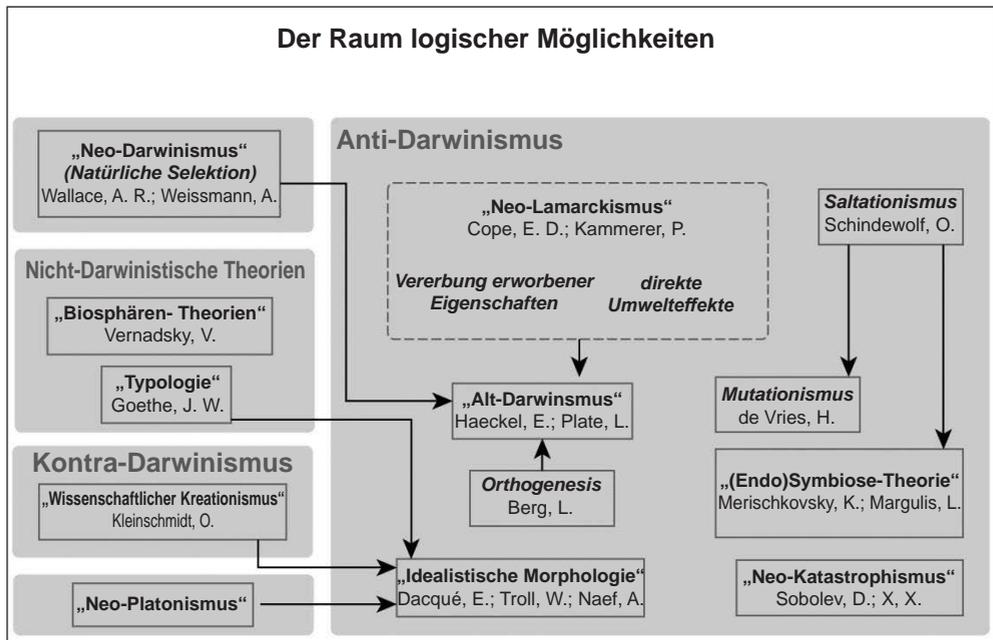


Abb. 2 Das erste Drittel des 20. Jahrhunderts gilt als Hochphase der Ausbildung von sogenannten evolutionären Alternativtheorien. In der vorliegenden Übersicht sind die wichtigsten Alternativtheorien mit ihren Protagonisten aufgeführt, wobei zwischen antidarwinistischen, nicht-darwinistischen und kontra-darwinistischen Theorien unterschieden wird (LEVIT und HOSSFELD 2011).

Diese sich unversöhnlich gegenüberstehenden „Forschungstraditionen“ (LAUDAN 1977) unterschieden sich in ihrer wissenschaftlichen Interpretation, Sprache und Methodologie so stark, dass es aussah, als sei ein Kompromiss in weite Ferne gerückt.⁷ Die internationale *Scientific Community* der Darwinisten stand am Ende des ersten Drittels des 20. Jahrhunderts somit vor der Notwendigkeit der Lösung zweier zentraler Probleme.

Zum einen musste nunmehr ein Konsens zwischen den Forschungstraditionen gefunden und damit die Missverständnisse in den Fachdisziplinen überwunden, zum anderen der Kampf gegen die noch immer bestehenden antidarwinistischen Theorien (Orthogenese, Saltationismus, Lamarckismus, Idealistische Morphologie) fortgeführt werden. Insbesondere in Deutschland hatte man mit den Anhängern des Lamarckismus, die unbeirrt eine Vererbung erworbener Eigenschaften propagierten, und denen der Idealistischen Morphologie noch bis zum Ende der 1930er Jahre manchen Kampf zu führen.⁸

Das Verständnis von Alternativtheorien setzte dabei immer eine klare Abgrenzung von denjenigen Theorien und Modellen voraus, denen sie gegenübergestellt werden sollten. Das Problem der Abgrenzung einzelner Konzepte von einem Evolutionsmodell darwinistischer

7 MAYR 1984, S. 435; MAYR und PROVINE 1982.

8 Siehe dazu ZIMMERMANN 1938, HOSSFELD 1998a, b, REIF et al. 2000, BRÖMER et al. 2000, JUNKER und HOSSFELD 2009.

Prägung schien die Etablierung der STE in den 1930er Jahren zu lösen. Die Anhänger des synthetischen Ansatzes entwickelten aus Einzelaspekten des darwinistischen Evolutionsgedankens eine kohärente Theorie, welche sich auf folgende drei Eckpfeiler stützte: (1.) die natürliche Selektion als wichtigster richtender Faktor, (2.) die Mutation und Rekombination als Grundlage der Variation und damit die Integration der Genetik sowie (3.) die geographische Isolation, u. a. als separierender Mechanismus. Der „Origin-of-species-Darwinismus“ diente der STE als argumentatives Vorbild und paradigmatischer Rahmen ihres Forschungsprogramms. Die „Architekten der STE“ wiederum formierten einen Traditionsstrang, an dem sich die Alternativkonzepte messen ließen.⁹ Die Originaltheorie DARWINs wurde dabei aber nicht nur durch den Zusammenschluss mit der zeitgenössischen Genetik vertieft und präzisiert, sondern auch in ihrem Ideenreichtum eingengt (z. B. wurde das Konzept der Vererbung erworbener Eigenschaften aus dem Darwinismus ausgegrenzt). Zur Beschreibung dieser Entwicklung wurde der Begriff „zweite Darwinsche Revolution“ verwendet. Der *Mainstream-Darwinismus* in der Form der STE konstituierte sich damit aus der retrospektiven Rezeption der Werke DARWINs. So wurde der „Darwinismus“ von Ernst MAYR (1904–2005) definiert als Theorie, „die besagt, dass die Selektion der einzige richtende Faktor der Evolution“ sei.¹⁰ Die Geschichte der Biologie in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts benennt nun zwei Ereignisse, deren Entstehung mit Begriffen wie „parallel“ und „unabhängig“ verbunden ist: (a.) die sogenannte Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze um 1900 sowie (b.) die Begründung der Synthetischen Theorie der Evolution zwischen 1930 und 1950 (Abb. 3).¹¹

Im folgenden Beitrag geht es nun nach der Auffindung zahlreicher neuer Archivalien darum aufzuzeigen, dass insbesondere für das unter (a.) benannte Ereignis die bisherige Rezeptionsgeschichte präzisiert werden kann. Zur Begründung der Synthetischen Theorie der Evolution als „internationales Phänomen“ liegen ebenso mehrere aktuelle Studien vor, die diesen unter (b.) angesprochenen älteren Blick auf die Ereignisse (MAYR und PROVINE 1982, SMOCOVITIS 1992, 1996) verifizieren.¹²

2. Mendels Pflanzenhybriden-Arbeit von 1865

Um 1850 stand bei zahlreichen Naturwissenschaftlern, Theologen und Philosophen das Problem der Artbildung im Mittelpunkt des Interesses. Auch der mährische Augustiner-Mönch und spätere Abt Gregor Johann MENDEL (1822–1884) musste sich als Priester und Naturwissenschaftler damit beschäftigen, denn schon die „Kirchenväter“ sowie der berühmte schwe-

9 LEVIT et al. 2005, 2008, 2009, LEVIT und HOSSFELD 2011.

10 MAYR 1980, S. 3.

11 „One of the most deplorable gaps in our knowledge of the history of the Synthetic Theory is its international character. Since the early years of the Synthetic Theory different versions with regards to its social, national and disciplinary range have been advanced. In pluralistic (soft) interpretations the international character of the Synthesis is stressed, various biological disciplines are included and a rather comprehensive list of architects of the Synthesis is given. Although this broad outlook never completely vanished, in the 1980s and 1990s hard versions became increasingly dominant. In these narrow interpretations only few British and American biologists are mentioned as architects. The history of the Synthesis is written without reference to international (especially Russian and German) contributions. The American and British ‘architects’ of the Synthesis have been treated quite extensively in the literature, and there exist some (but definitely not enough) papers on the Russian accomplishments.” (REIF et al. 2000, S. 41, 42.)

12 JUNKER 2002, 2004, 2006, 2013, JUNKER und HOSSFELD 2002, 2009, 2015, REIF et al. 2000, HOSSFELD 1998a, b.

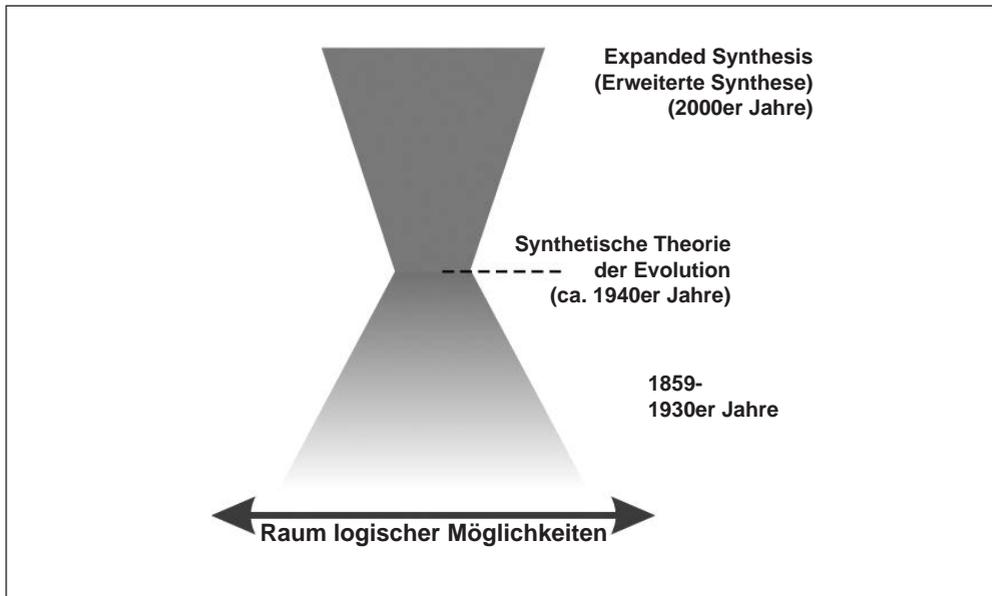


Abb. 3 Die Geschichte der Evolutionsbiologie kann schematisch als „Sanduhr“-Modell beschrieben werden, mit einem breiten Interpretationsraum an evolutiven Erklärungen am unteren Ende, einer Verengung des Interpretationsraumes während der Zeit der Entstehung der Synthetischen Theorie der Evolution und einem erneuten Anwachsen an Möglichkeiten während der sogenannten „Expanded Synthesis“ (LEVIT und HOSSFELD 2011).

dische Systematiker und Botaniker Carl von LINNÉ (1707–1778) hatten postuliert, dass es in der Natur nur so viele Pflanzen- und Tierarten gebe, wie von Gott geschaffen wurden. LINNÉ selbst war zunächst auch von der Unveränderlichkeit der Arten überzeugt, verwarf später aber diese Auffassung und erkannte in seiner Schrift über die Entstehung von Hybriden das Auftauchen neuer Formen durch Kreuzungen als eine den göttlichen Gesetzen fortdauernde Schöpfung an (KLEIN und KLEIN 2013, SAJNER 1983). Die (evolutionistischen) Vorstellungen MENDELS waren dabei wahrscheinlich von den prä-darwinistischen Evolutionskonzepten seines Wiener Botanikprofessors Franz UNGER (1800–1870) beeinflusst.¹³ Nach 1859 hat sich MENDEL auch explizit mit DARWINs Theorien auseinandergesetzt. So diskutierten z. B. die Mitglieder des Naturforschenden Vereins in Brünn,¹⁴ dem MENDEL seit der Gründung im Jahre 1861 angehörte, bereits im Gründungsjahr über die neue Theorie (OREL 1971a). MENDEL erwarb alle Werke DARWINs gleich nach deren Erscheinen, und seine handschriftlichen Randbemerkungen zeigen, dass er *Origin of Species* und *Variation*, jeweils in deutscher Übersetzung,¹⁵ sehr gründlich studierte (ILTIS 1924, JUNKER und HOSSFELD 2009). Rolf LÖTHER (1989) und Vítězslav OREL (1983) haben zudem darauf hingewiesen, dass MENDEL bereits vor der Veröffentlichung von DARWINs *Origin of Species* mit naturphilosophischen Ideen über eine natürliche Entstehung und Entwicklung der Welt und der Arten vertraut war. So hatte er in der geologischen Hausarbeit, die er 1850 für die missglückte Lehramtsprüfung

¹³ DRÖSCHER 2015, GLIBOFF 1999, OREL und KUPTSOV 1984, WEILING 1967, HOSSFELD et al. 2015.

¹⁴ Damals noch als „naturforschende Sektion der Ackerbaugesellschaft“, vgl. OREL 1971a.

¹⁵ DARWIN und BRONN 1863, DARWIN 1868; vgl. dazu OREL 1971a.

anzufertigen hatte, die Auffassung vertreten, dass die Erde aus einem Gasball von sehr hoher Temperatur entstanden sei:

„Das vegetabilische u. animalische Leben entfaltete sich immer reicher; seine ältesten Formen verschwanden zum Theile, um neuen vollkommeneren Platz zu machen. [...]. Die vulkanischen und neptunischen Bildungen haben ihr Ende noch nicht erreicht, die Schöpfungskraft der Erde ist noch immer thätig. Solange ihre Feuer brennen und ihre Atmosphäre wogt, solange hat sie ihre Schöpfungsgeschichte nicht geschlossen.“¹⁶

Ab dem Frühjahr 1854 begann MENDEL mit der Auswahl geeigneter Sorten der Gartenerbse (*Pisum sativum*) für seine Kreuzungsversuche, die er regelmäßig bis 1863 im Klostergarten, auf einem Versuchsfeld von 7 × 35 m, durchführte (OREL 1971b, WEILING 1966). Die exakten Hybriden-Experimente mit dem Pflanzenmaterial sollten jene werden, die MENDEL nach 1900 zum Begründer der ganz neuen intellektuellen Forschungsrichtung innerhalb der modernen Biologie, dem sogenannten Mendelismus, machten, die Vererbungstheorie revolutionieren und die Evolutionstheorie auf eine völlig neue Basis stellen sollten. Ein zentrales Ziel seiner Versuche war, mit Hilfe der statischen Methode der Kreuzungen die Frage zu beantworten, ob man ein allgemeines Gesetz zur Entwicklung und Bildung von Hybriden aufstellen konnte. Seiner Theorie zufolge ist jedes Merkmal in einer befruchteten Eizelle durch zwei (und nur zwei) sogenannte Faktoren vertreten, von denen je einer von der Mutter und vom Vater stammt, die auch latent von Generation auf Generation übertragen werden können (MENDEL 1866).

Über seine Ergebnisse berichtete MENDEL schließlich in der klassischen und exakt geschriebenen Abhandlung *Versuche über Pflanzen-Hybriden*, vorgelegt in zwei Sitzungen des Naturforschenden Vereins in Brünn vom 8. Februar und 8. März 1865. Im Jahr darauf erschien die Schrift in den Verhandlungen des Vereins als vierter Band. Diese Zeitschrift wurde regelmäßig an über 100 Naturforschervereinigungen und Universitätsbibliotheken verschickt, zudem versandte MENDEL selbst 40 Sonderdrucke an ihm bekannte Fachleute (DUNN 1965, MIELEWCZIK et al. 2016). Zeitgenössische Spezialarbeiten erwähnen MENDELS Klassiker nur sporadisch (MIELEWCZIK et al. 2017), auch blieb ihm zu Lebzeiten die entsprechende Anerkennung und Würdigung versagt (STUBBE 1963). Es sollte schließlich noch 35 Jahre dauern, bevor die sogenannten „Mendelschen Gesetze“ von drei (vier) Naturwissenschaftlern präzisiert wurden und seinem „Gründervater“ (Abb. 4) zum entsprechenden Ruhm verhelfen (SIMUNEK et al. 2011a, HOSSFELD und SIMUNEK 2015).

Die *Versuche über Pflanzen-Hybriden* umfassen 45 Seiten, auf denen MENDEL kompakt seine Untersuchungsergebnisse präsentiert. Zur Zielsetzung bemerkte er:

„Künstliche Befruchtungen, welche an Zierpflanzen deshalb vorgenommen wurden, um neue Farbvarianten zu erzielen, waren die Veranlassung zu den Versuchen, die hier besprochen werden sollen. Die auffallende Regelmäßigkeit, mit welcher dieselben Hybridformen immer wiederkehrten, so oft die Befruchtung zwischen gleichen Arten geschah, gab die Anregung zu weiteren Experimenten, deren Aufgabe es war, die Entwicklung der Hybriden in ihren Nachkommen zu verfolgen.“¹⁷

Die bis dahin veröffentlichten Arbeiten zur Thematik erschienen ihm hinsichtlich ihrer Methodik sehr unbefriedigend, so dass er nach einem neuen Ansatz suchte:

16 JUNKER und HOSSFELD 2009, S. 160; LÖTHER 1989, S. 37; HOSSFELD und SIMUNEK 2015.

17 MENDEL 1866, S. 1.

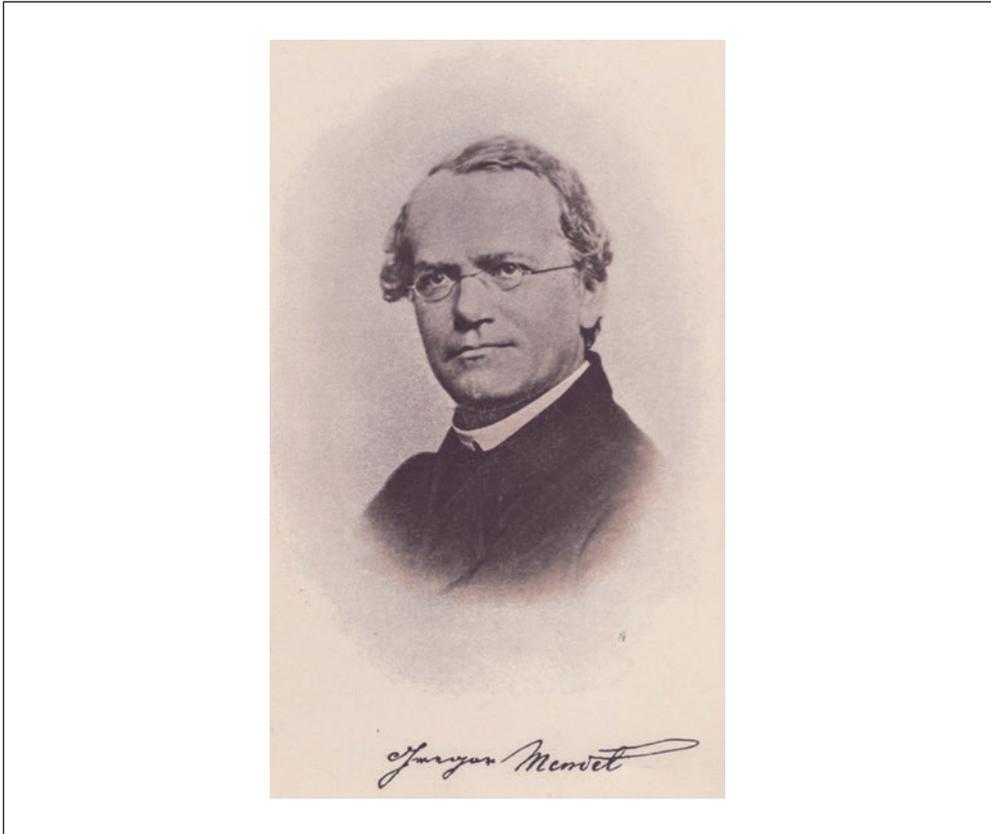


Abb. 4 Gregor MENDEL (ILTIS 1924)

„Es gehört allerdings einiger Muth dazu, sich einer so weit reichenden Arbeit zu unterziehen; indessen scheint es der einzig richtige Weg zu sein, auf dem endlich die Lösung einer Frage erreicht werden kann, welche für die Entwicklungs-Geschichte der organischen Formen von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist.“¹⁸

Er beschaffte sich dann 34 verschiedene Erbsensorten und prüfte sie die ersten zwei Jahre auf ihre Reinheit. Mit dem erhaltenen rein vererbenden Material von 22 Sorten, welches durchaus gleiche und konstante Nachkommen ergab („Sie bewährten sich ohne alle Ausnahme.“), begann er dann seine eigentlichen Versuchsreihen,¹⁹ die er erst 1863 beendete. Dabei ging es ihm um Merkmalsunterschiede bei der Gestalt der reifen Samen, in der Färbung des Samensalbumens (Endosperms), in der Färbung der Samenschale, in der Form der reifen Hülse, in der Farbe der unreifen Hülse, in der Stellung der Blüten sowie um Unterschiede in der Achsenlänge.²⁰ An sein Versuchsmaterial hatte er folgende Kriterien gestellt:

„Die Auswahl der Pflanzengruppe, welche für Versuche dieser Art dienen soll, muss mit möglichster Vorsicht geschehen, wenn man nicht in Vorhinein allen Erfolg in Frage stellen will. Die Versuchspflanzen müssen nothwendig 1. Cons-

18 Ebenda, S. 4.

19 Ebenda, S. 6.

20 Ebenda, S. 8.

tant differierende Merkmale besitzen. 2. Die Hybriden derselben müssen während der Blütezeit vor der Einwirkung jedes fremdartigen Pollens geschützt sein oder leicht geschützt werden können. 3. Dürfen die Hybriden und ihre Nachkommen in den aufeinanderfolgenden Generationen keine merkliche Störung in der Fruchtbarkeit erleiden.“²¹

Als Ergebnis seiner Untersuchungen stehen die bis heute gültigen drei (Mendelschen) Gesetze/Regeln (Uniformitätsregel, Spaltungsregel, Unabhängigkeitsregel [Abb. 5]). Mit diesen Gesetzen/Regeln war MENDEL nunmehr seinen Zeitgenossen weit voraus: Er erreichte mit der Darstellung dieser statischen Verhältnisse nicht nur eine Quantifizierung und Visualisierung der Merkmalsgenetik, sondern begründete hier auch schon eine frühe Faktorengenetik.²² Resümierend notierte er: „Die Geltung der für *Pisum* aufgestellten Sätze bedarf selbst noch der Bestätigung, und es wäre deshalb eine Wiederholung wenigstens der wichtigeren Versuche wünschenswerth, z. B. jener über die Beschaffenheit der hybriden Befruchtungszellen.“²³

MENDEL publizierte seine Versuchsergebnisse in der ersten Phase des Darwinismus, als es heftige Diskussionen über die Entstehung der Arten gab und sich die Evolutionstheorie schließlich gegen die Konstanz der Arten und den Schöpfungsglauben durchgesetzt hatte. Seine Versuchsanordnung war dabei neuartig und entsprach in etwa den Leitlinien, die bis heute exzellente experimentelle Methodik auszeichnen. Auch wurde ihm 1865 nach seinen Vorträgen im Naturforschenden Verein von kirchlicher Seite vorgeworfen, dass er Darwinist und Freidenker sei.²⁴ MENDEL war aber keineswegs ein unkritischer Anhänger von DARWIN. So lehnte er beispielsweise dessen lamarckistische Ideen ab, wie die Randbemerkungen zu *Variation* zeigen. Die Erkenntnisse der klassischen Genetik haben auch die Evolutionstheorie auf eine neue Basis gestellt und der Selektionstheorie in den 1930er und 1940er Jahren zum Durchbruch verholfen. Dieses Ergebnis war aber für die frühen Vertreter des Mendelismus nicht absehbar, im Gegenteil, sie glaubten, dass die neue Vererbungstheorie der Genetik die Selektionstheorie überflüssig machen würde, und postulierten stattdessen sprunghafte Veränderungen in Form von Mutationen.²⁵

3. Die „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Gesetze um 1900

Böhmen und Mähren als Teile der Habsburger Monarchie nehmen in der Entwicklung der modernen Vererbungsforschung eine Sonderstellung ein. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begründete MENDEL in Brünn mit seinen systematisch durchgeführten Experimenten an Pflanzenmaterial (*Pisum*, *Hieracium* usw.) die Grundlagen der Vererbungslehre, die sich als Disziplin (Genetik) allerdings erst am Beginn des 20. Jahrhunderts etablierte.

Den „eigentlichen“ Ausgangspunkt bildete die „Wiederentdeckung“ der zunächst verschütteten Ergebnisse MENDELS durch drei Wissenschaftler: den deutschen Botaniker und späteren ersten Direktor des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Biologie Carl CORRENS (1864–1933), den niederländischen Botaniker und Begründer der Mutationstheorie Hugo DE VRIES (1848–1935) sowie den österreichischen Pflanzenzüchter Erich VON TSCHERMAK-SEY-SENEGG (1871–1962).

21 Ebenda, S. 5.

22 JAHN 1998, S. 394; JAHN 1957.

23 MENDEL 1866, S. 3, 4, 5, 42; HOSSFELD und SIMUNEK 2015.

24 LÖTHER 1989, S. 37.

25 JUNKER und HOSSFELD 2009, S. 161; HOSSFELD und SIMUNEK 2015.

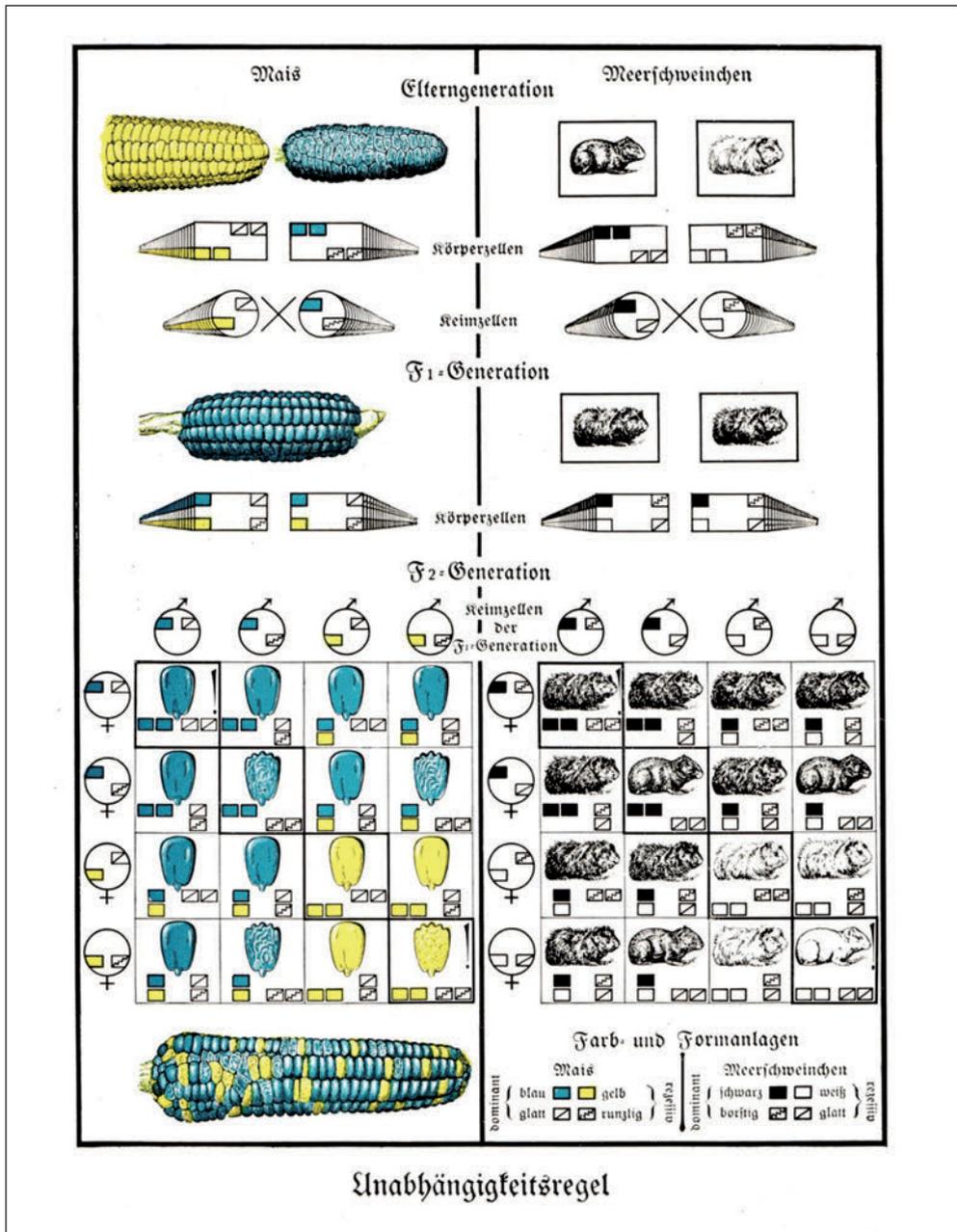


Abb. 5 Unabhängigkeitsregel (Bildarchiv AG Biologiedidaktik Jena)

DE VRIES hatte als Erster im Jahre 1900 seine zwei Abhandlungen (*Sur la loi de disjonction des hybrides* – ohne Verweis auf MENDEL; *Das Spaltungsgesetz der Bastarde* – mit Verweis auf MENDEL) vorgelegt (DE VRIES 1900a, b), gefolgt von CORRENS' Arbeit über *G. Men-*

dels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde (CORRENS 1900, mit Kenntnis der Arbeit MENDELS) sowie der Abhandlung von Erich VON TSCHERMAK *Über künstliche Kreuzung bei Pisum sativum* (TSCHERMAK-SEYSENEGG 1900, mit Verweisen auf MENDEL und die Correns-Arbeit). Fast zeitgleich hatte auch in England William BATESON (1861–1926) über *Hybridisation and Cross-breeding as a Method of Scientific Investigation* (1899) vor der *Royal Horticultural Society* referiert und die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung einzelner Merkmale bestätigt.

So oder ähnlich lautete in den letzten 115 Jahren oftmals die historische Hinführung zur „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Regeln in den meisten Schul- oder Genetik-Lehrbüchern. Als exemplarische Belege seien angeführt:

- „Hugo de Vries, Professor der Botanik in Amsterdam, veröffentlichte als erster im Jahre 1900 zwei Mitteilungen [...]. Während diese Arbeit noch nicht erschienen war, reichte Carl Correns [...] seine erste Mitteilung [...] ein [...]. Als dritter folgte Erich Tschermak, der jüngste der drei Wiederentdecker [...] mit einer Arbeit ‚Über künstliche Kreuzung bei Pisum sativum‘.“²⁶
- „Unmittelbar zur Entdeckung von Mendels Versuchsergebnissen aus dem Jahre 1865 führten die experimentellen Züchtungsforschungen von Correns und Tschermak, die ebenso wie de Vries sofort ihre Bekanntgabe einleiteten [...].“²⁷
- „Erst im Jahr 1900 wurden die Arbeiten Mendels durch Carl Correns, Hugo de Vries und Erich von Tschermak wiederentdeckt.“²⁸
- „Um 1900 entdeckten unabhängig voneinander Correns (1864 bis 1933), de Vries (1848 bis 1935) und Tschermak (1871 bis 1962) die gleichen Gesetzmäßigkeiten der Vererbung wie Mendel, dem zu Ehren man sie als Mendelsche Gesetze bezeichnet.“²⁹
- „Erst lange nach seinem [Mendels] Tode wurden die Mendelschen Gesetze im Jahre 1900 gleich von drei verschiedenen Wissenschaftlern (C. Correns, E. v. Tschermak, H. de Vries) wiederentdeckt [...].“³⁰

4. Neues zur sogenannten Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze um 2011/12

Im Jahre 2010 konnten von einem der Autoren (M. V. SIMUNEK) Teile der Privatkorrespondenz zwischen den Brüdern, dem vorwiegend in Prag tätigen Physiologen Armin (1870–1951) und dem Pflanzenzüchter Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG aus dem Zeitraum von 1898 bis 1951 aufgefunden werden. Mithilfe dieser neuen Dokumente (85 Briefe, Postkarten, Telegramme) war es nunmehr möglich, präzisere Aussagen zur Geschichte der „Wiederentdeckung“ zu treffen bzw. völlig neue Aspekte hinzuzufügen (HOSSFELD und SIMUNEK 2011, SIMUNEK et al. 2011a). Dies waren:

- *Erstens* lieferte der bisher unbekannte und nun edierte Briefwechsel, insbesondere aus der Zeit von 1898 bis 1901, neue Angaben zur Chronologie der „Wiederentdeckung“. Er belegt z. B., dass der Informationsgrad der besagten Wissenschaftler über die gegen-

26 STUBBE 1963, S. 190.

27 JAHN 1982, S. 437.

28 GRAW 2010, S. 3.

29 *Schulbuch Biologie Vorbereitungsklassen* 1968, S. 6.

30 *Schulbuch Biologie Klasse 10* 1984, S. 31.

seitigen Forschungsergebnisse (einschließlich Materialtausch), besonders von Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG und Hugo DE VRIES, größer war, als bisher angenommen. Auch die Animosität zwischen Carl CORRENS und Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG wird eindeutig belegt (CORRENS wird z. B. als „Streithansel“ bezeichnet). Im Fall von Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG zeigt sich zudem, dass er die Aufsätze von Gregor J. MENDEL bereits vor seiner ersten Veröffentlichung zu *Pisum*-Kreuzungen studierte und noch im Februar 1901 seine Auffassungen nach diesen korrigierte bzw. modifizierte! Auch die außerwissenschaftliche Motivierung, d. h. Erlangung einer Professur nach erfolgter Habilitation sowie ein Streben nach gesellschaftlicher Anerkennung, ist hier deutlich und ihr wird große Bedeutung beigemessen.

- *Zweitens*, und das ist ein bisher völlig unbekannter Aspekt, kommt noch die aktive Beteiligung von Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG an der Planung, Interpretation und Verwertung der Experimentalforschung seines jüngeren Bruders hinzu. Dabei veröffentlichte er seit 1900 wiederholt Aussagen, aus denen hervorgeht, dass die „Wiederentdeckung“ völlig unabhängig und parallel, ausschließlich von den besagten drei Wissenschaftlern gemacht wurde. So heißt es, um nur ein Beispiel anzuführen, in Armins Rede „Zum 50. Todestage Gregor Mendels“ aus dem Jahre 1934: „Mendels Ahnung ‚*Non omnis moriar*‘ hat nicht getrogen. Seine Zeit kam allerdings erst 16 Jahre nach seinem Tode, als im Jahre 1900 die drei Botaniker Correns, Erich Tschermak und de Vries gleichzeitig und unabhängig voneinander die Mendelschen Gesetze wiederentdeckten.“

Sich selbst – das beweisen nunmehr die Briefe – schließt Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG, trotz aktiver Beteiligung an den Ereignissen von 1900/01 (statistische Analysen usw.), aus der Reihe der sogenannten Wiederentdecker komplett aus. Der Grund für dieses Verhalten konnte bisher nicht ermittelt werden. Eine der Begründungen für Armins Verhalten könnte eine eigenartige Bruderliebe und Empathie gewesen sein, wie sie unter Wissenschaftlern kaum zu finden ist und die die beiden lebenslang verband (Abb. 6).

Nicht einmal die Haeckel-Schüler Oscar (1849–1922) und Richard HERTWIG (1850–1937) verhielten sich so. Auf jeden Fall ist aber gerade die von Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG kolportierte Version der parallelen und unabhängigen Tripelentdeckung in der Geschichte der Genetik bzw. Wissenschaftsgeschichte außerordentlich vital geworden.³¹ Zudem interessierte sich Armin über fast vier Jahrzehnte umfassend und kontinuierlich für den Gegenstand der Mendelschen Regeln (insbesondere die numerischen Verhältnisse), und es steht außer Zweifel, dass sein Bruder Erich so ein wissenschaftlich hohes Niveau ohne seine Mithilfe kaum alleine erreicht hätte. Man kann davon ausgehen, dass die von Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG im Jahr 1900 bzw. 1901 vorgelegten Beiträge zur „Wiederentdeckung“ *de facto* ein Resultat intensiver Zusammenarbeit mit seinem Bruder Armin waren. Dabei überdauerte ihre brüderliche Zusammenarbeit auch die Zeit nach der „Wiederentdeckung“. So machte z. B. Armin im Jahre 1902 durch umfangreiche Kommentare des Schlüsselwerkes von William BATESON, *Mendel's Principles of Heredity*, erst Erich diese Lektüre zugänglich, wie das im *John Innes Centre* Norwich (Großbritannien) erhaltene Original exemplar belegt. Der ganze Umfang dieser Zusammenarbeit ist jedoch schwer zu rekonstruieren, denn heute sind nur einige Briefstücke der Nachwelt erhalten geblieben. Das Schicksal der Gegenkorrespondenz von Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG ist nach wie vor unbekannt.

³¹ Vgl. den folgenden Beitrag von SIMUNEK et al. in diesem Band.

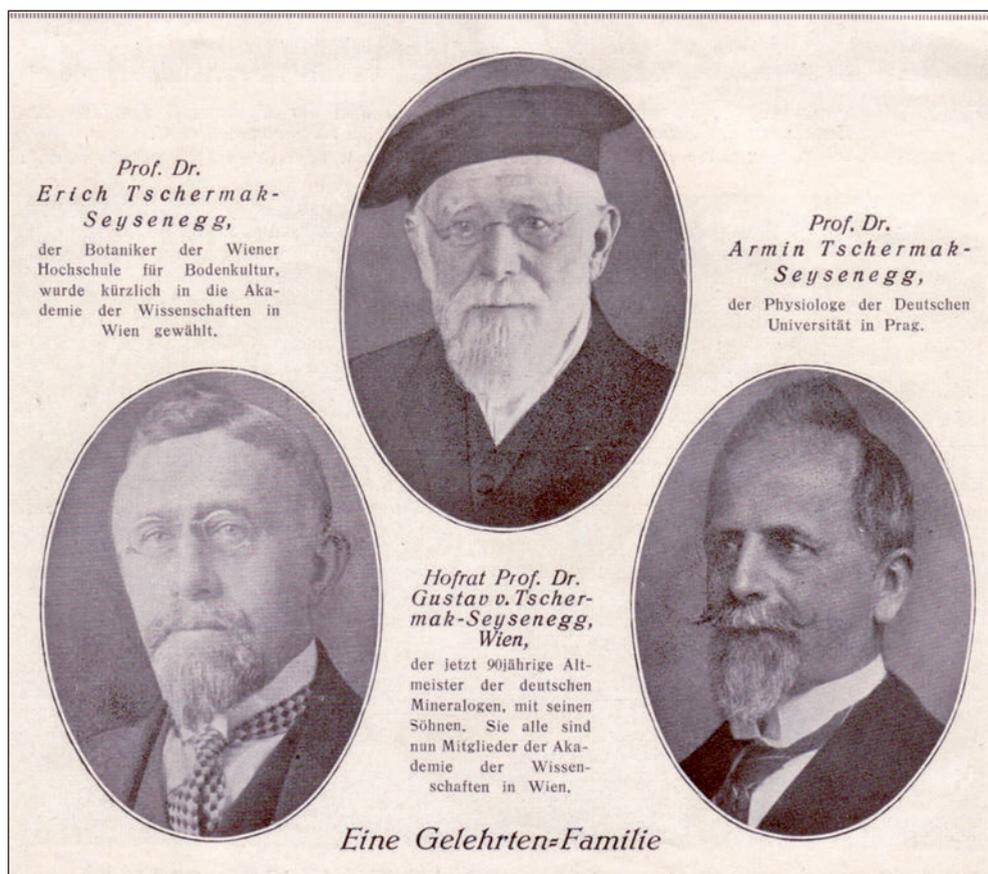


Abb. 6 Gelehrtenfamilie TSCHERMAK-SEYSENEGG (Familienarchiv A. von Tschermak Jun., Stuttgart)

4.1 Exemplarische Briefausschnitte

Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG an Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG vom 4. April 1900:

„Bei Doppelbestäubung ist de Vries nochmals zu erwähnen: ‚Mischsamigkeit‘, also nicht Excension des eig. Pollens erhalten [...] Correns ist jedenfalls auch zu verwerthen! [...] Bei der Mischsaat hat de Vries gewiß keine runzelig-zuckerhalt. Erbsen gewöhnl. Mais trotz factisch eingetretener Bastardirung gefunden. Sonst hätte er diesen Fall auch erwähnt. Er kennt aber eben Mendel’s Lehre nicht! Ha! Ha!! Bitte ihn aber deshalb nicht auf die Zehen zu treten: er wird es eben von Dir lernen.“

Armin an Erich vom 16. Mai 1900:

„Unter den 11 Artbastardierungen von de Vries keine gut geeigneten, bei denen etwa gar Selbstbefruchtung recess. [ive] und Kreuzung praev.[alente] schon an den Samen kenntlich wäre? Eventuell könntest Du auch de Vries um ein paar Bastardsamen schreiben.“

Armin an Erich vom 23. Juni 1900:

„Doch war mir ein bezügl.[icher] Unterschied von Speichergewebe bei der Erbse auch eigentl.[iches] Endosperm bei anderen Angiospermen nichts bekannt. Immerhin ist die Geschichte nicht so bedeutsam, für die Resultate ganz

belanglos (da auf jeden Fall Befruchtungsderivat), doch Correctheit muss sein. Bitte ev. de Vries bei Karte mitzuteilen: ‚Ich habe in der Publication selbst die missverständliche Fassung auf S..... folgendermaßen abgeändert ... u. bitte davon Notiz zu nehmen.‘ An Correns nichts dergleichen: der Streithansel soll ev. angesichts der (späteren) Correctur hereinfallen! – Die Versuchsergebnisse sind famos!“

Armin an Erich vom 18. Februar 1901:

„Der gute Mendel hat uns wirklich durch seine unklare Schweindarstellung, besonders durch die sonderbare Bezeichnung ‚Erste Generation der Hybriden‘ statt ‚Erste Tochtergeneration der Hybriden (erzeugt durch Selbstbefruchtung)‘ schändlich in die Irre geführt. Lob und Preis und Dank sei Dir darum, dass Du uns noch in zwölfter Stunde vor einer argen Blamage gegenüber dem bissigen Correns gerettet hast!“

Armin an Erich vom 11. März 1901:

„Schade, dass de Vries noch die darwinistisch-selektionistischen Eierschaalen auf dem Rücken trägt! Die Variation lässt er gar unorientiert sein, citirt weder Wigand, noch Eimer³² u. a.“

Armin an Erich vom 13. November 1901:

„Ich freue mich sehr vom Fortschreiten Deiner Bohnenforschung zu hören und bin mit der ‚Praeparation‘ von de Vries sehr einverstanden. Correns wird wohl jetzt Ruhe geben.“

4.2 Exemplarische Tagebucheinträge

Sammlung von Armin von TSCHERMAK-SEYSENEGG Stuttgart, Transkript von Erich TSCHERMAK-SEYSENEGGS Manuskript *Mein Bruder Armin*, S. 1:

„So nahm Armin an der rapiden Entwicklung der Genetik regen Anteil, studierte alle Arbeiten, die sich mit Mendelismus befassten, sodass er selbst ein tüchtiger Genetiker wurde [...] Fast alle Arbeiten, die ich von meinem 28.–79. Lebensjahr schrieb, las er vor ihrer Drucklegung durch, feilte und ergänzte sie und bestand auch immer darauf, die Korrekturen mitzulesen.“

Ebenda:

„Im Gegensatz zur Beurteilung meiner ersten Arbeiten über die weitere Verwertung der gesetzmäßigen Vererbung der Merkmale nach Bastardierung verschiedener landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen von Seiten mancher Botaniker und Landwirte erfasste mein Bruder sofort die Bedeutung und begleitete stimulierend, anregend und hilfsbereit jeden weiteren Schritt meiner experimentellen Tätigkeit.“

Ebenda:

„[...] so betrafen unsere zahlreichen Gespräche doch in erster Linie meine Arbeiten und solche über verschiedene Vererbungsfragen. Soweit dabei mathematische Probleme berührt wurden, war ich ganz auf seine Führung angewiesen, denn dabei versagte ich ja seit meiner frühesten Jugend immer.“

Ebenda:

„[...] er [Armin] [war] vom Beginn bis zum Ende meiner wissenschaftlichen Tätigkeit mein Mitarbeiter und Berater.“

Ebenda, S. 3:

„[...] war ich doch gewöhnt, fast täglich mit ihm mein Arbeitsprogramm zu besprechen.“

Diese hier angeführten exemplarischen Beispiele zeigen, dass es in Wirklichkeit also mindestens vier (fünf) Wissenschaftler waren, die an den Ereignissen der Wiederentdeckung in den Jahren 1900/01 unmittelbar beteiligt gewesen sind.

32 Albert WIGAND (1821–1886) und Theodor EIMER (1843–1898).

5. Resümee

Innerhalb der letzten Jahre gab es die Gelegenheit, bisher völlig unbekannte Quellen zu den eigentlichen Anfängen der modernen Vererbungsforschung zu erschließen (SIMUNEK et al. 2008, 2011a, b, c, 2012). Dieses zufolge ist der *spiritus movens* der „Wiederentdeckung“ der Physiologe Armin VON TSCHERMAK-SEYSENEGG, der seinen Bruder, ausgehend von seiner physiologischen Ausbildung, hinsichtlich der Darstellung des Anlage- bzw. Genkonzeptes sowie der Präsentation von Erichs eigener Rolle im Prozess der sogenannten Wiederentdeckung massiv beeinflusste. Die erhalten gebliebene und früher ausschließlich privat geführte Korrespondenz des Brüderpaares Armin und Erich VON TSCHERMAK-SEYSENEGG (Abb. 7) zeigt deutlich, inwieweit die hieraus erwachsenen Konturen den dadurch bestimmten (Neo)-„Mendelismus“ prägten.

Zugleich erschließt sie völlig neue Aspekte des historischen Verlaufs der „Wiederentdeckung“ von 1900. So muss aufgrund dieser Einsichten die Geschichte der frühen Vererbungsforschung bzw. klassischen Genetik revidiert werden. Zudem aber zeigt sich auch die frühe ideologische Einbindung des Mendelismus, sowohl im Kontext der Forschung in der Habsburger Monarchie als auch in Böhmen und Mähren nach 1900. In diesem letzten Punkt

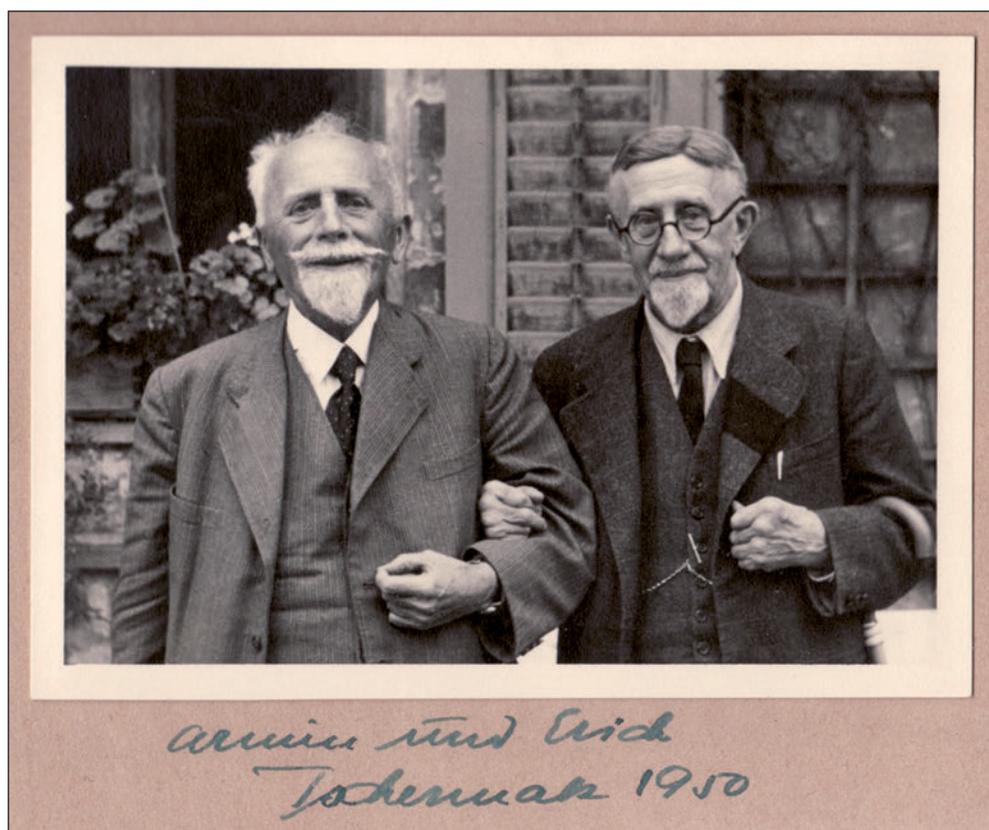


Abb. 7 Armin und Erich TSCHERMAK 1950 (Familienarchiv A. von Tschermak Jun., Stuttgart)

wurde zunächst eine Kontinuität der „österreichischen“ naturwissenschaftlichen Forschung deklariert, die aber zugleich wichtige lokale Impulse hatte.

Dank

Die Autoren bedanken sich bei Prof. Dr. Peter RUCKENBAUER, Hochschule für Bodenkultur Wien, für wertvolle Hinweise zum Manuskript.

Literatur

- BATESON, W.: Hybridisation and cross-breeding as a method of scientific investigation. (From the First International Conference on Plant Breeding and Hybridization, London, 1899.) *J. Royal Horticultural Society* 24, 59–66 (1900)
- BOWLER, P.: *The Mendelian Revolution. The Emergency of Hereditarian Concepts in Modern Science and Society.* Baltimore: John Hopkins University Press 1989
- BRÖMER, R., HOSSFELD, U., und RUPKE, N. A. (Hrsg.): *Evolutionsbiologie von Darwin bis heute.* Berlin: VWB-Verlag 2000
- CORRENS, C.: G. Mendels Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 18, 158–168 (1900)
- DARWIN, C.: *On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life.* London: John Murray 1859
- DARWIN, C.: *Das Variieren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication.* Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagshandlung 1868
- DARWIN, C., und BRONN, H. G.: *Die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzen-Reich durch natürliche Züchtung, oder Erhaltung der vervollkommeneten Rassen im Kampfe um's Daseyn.* Zweite verbesserte Auflage. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagshandlung 1863
- DRÖSCHER, A.: Gregor Mendel, Franz Unger, Carl Nägeli and the magic of numbers. *History of Science* 53/4, 492–508 (2015)
- DUNN, L. C.: Mendel, his work and place in history. *Proceedings of the American Philosophical Society* 109/4, 189–198 (1965)
- GLIBOFF, S.: Gregor Mendel and the laws of evolution. *History of Science* 37, 217–235 (1999)
- Google Ngrams:* The google Books NGRAM viewer. <https://books.google.com/ngrams> (Zugriff 7. 6. 2016)
- RAW, J.: *Genetik.* 5. vollst. überarb. Aufl. Heidelberg: Springer 2010
- HARDY, G. H.: Mendelian proportions in a mixed population. *Science* 28, 49–50 (1908)
- HOSSFELD, U.: Die Entstehung der Modernen Synthese im deutschen Sprachraum. *Stapfia* 56 (NF 131), 185–226 (1998a)
- HOSSFELD, U.: Dobzhanskys Buch „Genetics and the Origin of Species“ (1937) und sein Einfluß auf die deutschsprachige Evolutionsbiologie. *Jahrbuch für Geschichte und Theorie der Biologie* 5, 105–144 (1998b)
- HOSSFELD, U.: Ernst Haeckel. *Biographienreihe absolute.* Freiburg i. Br.: orange press 2010
- HOSSFELD, U., und OLSSON, L. (Hrsg.): *Charles Darwin. Zur Evolution der Arten und zur Entwicklung der Erde.* Heidelberg: Springer 2014
- HOSSFELD, U., und SIMUNEK, M.: Frühe Geschichte der Genetik revidiert. *Biospektrum* 17/6, 712–713 (2011)
- HOSSFELD, U., und SIMUNEK, M.: 150 Jahre Mendels Schrift „Versuche über Pflanzen-Hybriden“. *Biospektrum* 21/2, 238–239 (2015)
- HOSSFELD, U., SIMUNEK, M., und LEVIT, G. S.: Der Mönch und sein Werk: 150 Jahre Mendel. *Biologie in unserer Zeit* 45/6, 396–400 (2015)
- ILTIS, H.: *Gregor Johann Mendel – Leben, Werk und Wirkung.* Berlin: J. Springer 1924
- JAHN, I.: Zur Geschichte der Wiederentdeckung der Mendelschen Gesetze. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Friedrich-Schiller-Universität Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe* 7, 215–227 (1957)
- JAHN, I. (Hrsg.): *Geschichte der Biologie.* Jena: Gustav Fischer 1982, ³1998
- JUNKER, T.: Darwinismus oder Synthetische Evolutionstheorie? *Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie* 9, 209–230 (2002)
- JUNKER, T.: *Die zweite Darwinsche Revolution: Geschichte des Synthetischen Darwinismus in Deutschland 1924 bis 1950.* Marburg: Basiliken-Press 2004
- JUNKER, T.: *Der Darwinismus als internationales Netzwerk: Die 1930er und 1940er Jahre.* Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie 12, 19–33 (2006)

- JUNKER, T.: What is the synthetic theory of evolution? In: LEVIT, G. S., KOLCHINSKY, E. I., KUTSCHERA, U., HOSSFELD, U., et OLSSON, L. (Eds.): *Evolutionnyj Sintez: granizy, perspektivy, alternativy* (The Evolutionary Synthesis: Limits, Perspectives, Alternatives); pp. 9–18. St. Petersburg: Windrose Press 2013 [russ.]
- JUNKER, T., und HOSSFELD, U.: The architects of the evolutionary synthesis in National Socialist Germany: Science and politics. *Biology and Philosophy* 17, 223–249 (2002)
- JUNKER, T., und HOSSFELD, U.: Die Entdeckung der Evolution. Darmstadt: WBG 2009
- JUNKER, T., und HOSSFELD, U.: Ernst Mayr (1904–2005) und das Primat der Biologie. *Biologie in unserer Zeit* 45, 80–84 (2015)
- KLEIN, J., and KLEIN, N.: *Solitude of a Humble Genius – Gregor Johann MENDEL. Vol. 1: Formative Years*. Berlin-Heidelberg: Springer 2013
- LAUDAN, L.: *Progress and its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*. Berkeley, Los Angeles: University of California Press 1977
- LEVIT, G., and HOSSFELD, U.: Darwin without borders? Looking at ‘generalised Darwinism’ through the prism of the ‘hourglass model’. *Theory in Biosciences* 130/4, 299–312 (2011)
- LEVIT, G. S., HOSSFELD, U., et ROBIN, N.: Le darwinisme en cause. *Essai de synthèse des théories alternatives*. *Jahrbuch für Europäische Wissenskulturr* 4, 243–266 (2009)
- LEVIT, G., MEISTER, K., und HOSSFELD, U.: Alternative Evolutionstheorien. In: KROHS, U., und TOEPPER, G. (Hrsg.): *Philosophie der Biologie: Eine Einführung*. S. 267–286. Frankfurt (Main): Suhrkamp 2005
- LEVIT, G., MEISTER, K., and HOSSFELD, U.: Alternative evolutionary theories: A historical survey. *J. Bioeconomics* 10/1, 71–96 (2008)
- LÖTHER, R.: *Wegbereiter der Genetik*. Leipzig: Urania 1989
- MANZANARES, C., YATES, S., RUCKLE, M., NAY, M., and STUDER, B.: TILLING in forage grasses for gene discovery and breeding improvement. *New Biotechnology* (Online in Advance)
doi:10.1016/j.nbt.2016.02.009
- MAYR, E.: *The Growth of Biological Thought*. Cambridge: Belknap Press 1982 [dt. Fassung: *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt*. Berlin: Springer 1984]
- MAYR, E.: ... und Darwin hat doch recht. *Charles Darwin, seine Lehre und die moderne Evolutionstheorie*. München: Piper 1994
- MAYR, E., und PROVINE, W. B.: *The Evolutionary Synthesis. Perspectives on the Unification of Biology*. Cambridge, London: Harvard University Press 1982
- MENDEL, J. G.: *Versuche über Pflanzen-Hybriden*. *Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn* 4, 3–47 (1866)
- MICHEL, J. B., SHEN, Y. K., AIDEN, A. P., VERES, A., GRAY, M. K., *The Google Books Team*, PICKETT, J. P., HOIBERG, D., CLANCY, D., NORVIG, J., ORWANT, J., PINKER S., NOWAK, M. A., and LIEBERMANN AIDEN, E.: Quantitative analysis of culture using millions of digitized books. *Science* 331, 176–182 (2011)
- MIELEWCZIK, M., FRANCIS, D. P., STUDER, B., SIMUNEK, M., und HOSSFELD, U.: Die Rezeption von Gregor Mendels Hybridisierungsversuchen im 19. Jahrhundert – Eine bio-bibliografische Studie. *Nova Acta Leopoldina* 413, 83–134 (2017)
- NOZUE, K., and MALOOF, J. N.: Diurnal regulation in plant growth. *Plant, Cell and Environment* 29/3, 296–408 (2006)
- OREL, V.: Mendel and the evolution idea. *Folia Mendeliana* 6, 161–172 (1971a)
- OREL, V.: A reconstruction of Mendel’s *Pisum* experiments and attempt at an explanation of Mendel’s way of presentation. *Folia Mendeliana* 6, 41–60 (1971b)
- OREL, V., and KUPTSOV, I. V.: Preconditions of Mendel’s discovery in the body of knowledge in the middle of the 19th century. In: OREL V., and MATALOVÁ, A. (Eds.): *Gregor Mendel and the Foundation of Genetics: Proceedings of the Symposium “The Past, Present and Future of Genetics”*; pp. 189–227. Brno: The Mendelianum of the Moravian Museum 1983
- POIRÉ, R., WIESE-KLINKENBERG, A., PARENT, B., MIELEWCZIK, M., SCHURR, U., TARDIEU, F., and WALTER, A.: Diel time-courses of leaf growth in monocot and dicot species: endogenous rhythms and temperature effects. *J. Experimental Botany* 61/6, 1751–1759 (2010)
- POORTER, H., NIJEMETS, U., WALTER, A., FIORANI, F., and SCHURR, U.: A method to construct dose–response curves for a wide range of environmental factors and plant traits by means of a meta-analysis of phenotypic data. *J. Experimental Botany* 61/8, 2043–2055 (2010)
- REIF, W.-E., JUNKER T., and HOSSFELD, U.: The synthetic theory of evolution: general problems and the German contribution to the synthesis. *Theory in Biosciences* 119/1, 41–91 (2000)
- ROSAR, C., KANONENBERG, K., NANDA, A. M., MIELEWCZIK, M., BRÄUTIGAM, A., NOVAK, O., STRNAD, M., WALTER, A., and WEBER, A. P. M.: The leaf reticulate mutant *dov1* is impaired in the first step of purine metabolism. *Molecular Plant* 5/6, 1227–1241 (2012)

- SAJNER, J.: Johann Gregor Mendel. Leben und Werk des Abtes und Forschers. Leipzig: St. Benno-Verlag 1983
- Schulbuch Biologie Vorbereitungsklassen*: Schulbuch Biologie Vorbereitungsklassen DDR, Klasse 10. Berlin: Volk & Wissen 1968
- Schulbuch Biologie Klasse 10*: Schulbuch Biologie Klasse 10. Berlin: Volk und Wissen 1984
- SEIDLITZ, G.: Die Darwin'sche Theorie. Elf Vorlesungen über die Entstehung der Thiere und Pflanzen durch Naturzucht. 1. Aufl. Dorpat: Verlag von C. Matthiesen 1871
- SENF, G., und SKIEBE, K.: Der Einfluss des Mendelismus auf die Pflanzenzüchtung. *Folia Mendeliana* 6, 319–323 (1971)
- SENGLAUB, K.: Die Vorgeschichte und Entwicklung der „synthetischen Theorie der Evolution“ – Verzweigungen und Verflechtungen biologischer Disziplinen. In: JAHN, I. (Hrsg.): *Geschichte der Biologie*. S. 555–580. Jena: Gustav Fischer 1982, ³1998
- SIMUNEK, M., MAYER, T., HOSSFELD, U., und BREIDBACH, O.: Mendelianismus in Böhmen und Mähren. *Jahrbuch für Europäische Wissenskulturr* 4, 183–204 (2008)
- SIMUNEK, M., and HOSSFELD, U.: Mendel's Manuscript of 'Versuche über Pflanzenhybriden': The (never-)ending story? *Annals of the History and Philosophy of Biology* 15/2010, 323–338 (2012)
- SIMUNEK, M., HOSSFELD, U., THÜMLER, F., and BREIDBACH, O. (Eds.): *The Mendelian Dioskuri. Correspondence of Armin with Erich von Tschermak-Seysenegg, 1898–1951*. Praha: Verlag von Pavel Mervart 2011a
- SIMUNEK, M., HOSSFELD, U., and WISSEMANN, V.: 'Rediscovery' revised – the co-operation of Erich and Armin von Tschermak-Seysenegg in the context of the 'rediscovery' of Mendel's laws in 1899–1901. *Plant Biology* 13/6, 835–841 (2011b)
- SIMUNEK, M., HOSSFELD, U., THÜMLER, F., and SEKERÁK, J.: The Letters of J. G. Mendel, William Bateson, Hugo Iltis, and Erich von Tschermak-Seysenegg with Alois and Ferdinand Schindler, 1902–1932. Praha: Verlag von Pavel Mervart 2011c
- SMOCOVITIS, V. B.: Unifying biology: The evolutionary synthesis and evolutionary biology. *J. Hist. Biol.* 25, 1–65 (1992)
- SMOCOVITIS, V. B.: *Unifying Biology: The Evolutionary Synthesis and Evolutionary Biology*. Princeton. Princeton University Press 1996
- STAMP, P.: Warum nur eine intensivierete Pflanzenzüchtung die globale Ernährungssicherung ermöglicht. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 157/1–2, 1–8 (2012)
- STAMP, P., and VISSER, R.: The twenty-first century, the century of plant breeding. *Euphytica* 186/3, 585–591 (2012)
- STERN, C.: The Hardy-Weinberg-law. *Science* 97, 137–138 (1943)
- STITT, M., and ZEEMAN, S. C.: Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. *Current Opinion in Plant Biology* 15/3, 282–292 (2012)
- STUBBE, H.: Kurze Geschichte der Genetik bis zur Wiederentdeckung der Vererbungsregeln Gregor Mendels. Jena: G. Fischer 1963
- TIMM, S., MIELEWCZIK, M., FLORIAN, A., FRANKENBACH, S., DREISSEN, A., HOCKEN, N., FENIE, A. R., WALTER, A., and BAUWE, H.: High-to-low CO₂ acclimation reveals plasticity of the photorespiratory pathway and indicates regulatory links to cellular metabolism of Arabidopsis. *PLOS ONE* 7/8: e42809 (2012)
- TSCHERMAK-SEYSENEG, A.: Zu Ewald Herings 100. Geburtstag. Gedenkrede. *Münch. Med. Wschr.* 81, 1230–1233 (1934)
- TSCHERMAK-SEYSENEG, A.: Zum 50. Todestage Gregor Mendels – Manuskript, 1934. *Familienarchiv Dr. Armin von Tschermak-Seysenegg Jun.*, 1934
- TSCHERMAK, E.: Über künstliche Kreuzung bei *Pisum sativum*. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 18, 232–239 (1900)
- VÖLLMANN, J., und RUCKENBAUER, P.: Von Gregor Mendel zur Molekulargenetik in der Pflanzenzüchtung – ein Überblick. *Die Bodenkultur* 48/1, 53–65 (1997)
- VRIES, H. DE: Sur la loi de disjonction des hybrides. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 130, 845 (1900a)
- VRIES, H. DE: Das Spaltungsgesetz der Bastarde. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 18, 83–90 (1900b)
- WALTER, A., LIEBISCH, F., and HUND, A.: Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. *Plant Methods* 11, 14 (2015)
- WALTER, A., STUDER, B., and KÖLLIKER, R.: Advanced phenotyping offers opportunities for improved breeding of forage and turf species. *Annals of Botany* 110, 1271–1279 (2012)
- WEILING, F.: J. G. Mendels „Versuche über Pflanzen-Hybriden“ und ihre Würdigung in der Zeit bis zur Wiederentdeckung. *Der Züchter* 36/6, 273–282 (1966)

Die „Wiederentdeckung“ der Mendelschen Gesetze im Kontext neuer Forschungen

- WEILING, F.: J. G. Mendels Wiener Studienaufenthalt 1851–1853. *Sudhoffs Archiv* 51/3, 260–266 (1967)
WEINBERG, W.: Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* 64, 369–382 (1908)
ZIMMERMANN, W.: *Vererbung erworbener Eigenschaften und Auslese*. Jena: Gustav Fischer 1938

Prof. Dr. Uwe HOSSFELD
Arbeitsgruppe Biologiedidaktik
Biologisch-Pharmazeutische Fakultät
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Am Steiger 3, Bienenhaus
07743 Jena
Bundesrepublik Deutschland
Tel.: +49 3641 949491
Fax: +49 3641 949492
E-Mail: uwe.hossfeld@uni-jena.de

Michal V. SIMUNEK Ph.D.
Institut für Zeitgeschichte der AdW Prag/
Abteilung für Wissenschaftsgeschichte
Puškinovo nám. 9
CZ-16000 Praha 6
E-Mail: simunekm@centrum.cz

Dr. Michael MIELEWCZIK
Imperial College London, National Heart & Lung Institute
Hammersmith Hospital
ICTEM Building, 3rd floor
Du Cane Road 2
London W12 0HS
United Kingdom
E-Mail: michaelmielewczik77@gmail.com