

Hybriden – das Beste aus zwei Welten?



Prof. Michael HOHLA

Therese-Riggle-Straße 16
A-4982 Obernberg am Inn
m.hohla@eduhi.at



Abb. 1: Tulpen in Istanbul – *Tulipa gesneriana* – eine Sammelart mit tausenden sterilen Hybridsorten

Wir schreiben Dystopien über Cyborgs oder sogar Alien-Mensch-Mischwesen, entwickeln hybride Arbeitsmodelle, fahren Autos mit Hybridantrieb, lesen mit zunehmender Verunsicherung über hybride Kriegsführung, pflanzen Hybridsorten in unsere Gärten und verwenden Hybridsaatgut in der Landwirtschaft mit allen seinen Vor- und Nachteilen. Weniger bekannt ist die Tatsache, dass Hybridisierung ein wichtiger Baustein der Evolution ist. Die Entstehung von neuen Pflanzen- und Tierarten beruht in vielen Fällen auf diesem Prinzip. Und der Mensch hat sich diese Methode zunutze gemacht und greift dem „lieben Gott“ kräftig unter die Arme.

„Einem hybriden Thema gebührt ein hybrider Stil, der sich an ein zwangsläufig ebenfalls hybrides Publikum wendet.“ (LATOURE 2022)

„Das Beste aus zwei Welten!“ Das verspricht man feierlich, wenn etwa zwei sehr unterschiedliche Partner in Zukunft miteinander kooperieren bzw. unter einen Hut gebracht werden sollen. Derlei Experimente können gut gehen oder auch nicht. Grundsätzlich wünscht man sich dabei, dass beide

dabei ihr Bestes geben und das Ergebnis besser sei als die Summe ihrer Teile. „1 + 1 = 3“ heißt die Zauberformel für Synergien. Das ist in der Politik so, nicht anders in der Wirtschaft und auch im Zwischenmenschlichen. Mit etwas Fantasie kann man in solchen Arbeits- oder Lebensgemeinschaften hybride Modelle erkennen.

Das Hauptwort Hybride und das Eigenschaftswort hybrid bezeichnen etwas Gebündeltes, Kombiniertes, Gekreuztes oder Vermischtes. In der Biologie sind Hybriden Nachkommen aus geschlechtlicher Fortpflanzung

zwischen Lebewesen aus verschiedenen Gattungen, Arten, Unterarten, Varietäten, Formen, Sorten, Ökotypen oder Populationen. Diese können auf natürliche Art und Weise entstehen oder künstlich hervorgerufen werden (Abb. 1). Der Begriff „Hybride“ wurde bereits vor über 150 Jahren von Gregor Mendel, dem „Vater der Genetik“, benutzt (MENDEL 1866), ist eine Entlehnung aus dem lateinischen *hybrida* (bzw. *hibrida*) und ging wiederum aus dem altgriechischen *hýbris*, für „Frevel, Schändung“ hervor (KLUGE 1989). In der Wissenschaft spricht man bei Pflanzen und Tieren meist von Hybriden oder Kreuzungen. Die Begriffe Mischlinge oder Bastarde werden dort zwar ebenfalls benutzt, haben jedoch eher einen negativen Beigeschmack und werden leider noch immer als rassistische Schimpfwörter verwendet. In PETRI (1863), einem alten Wörterbuch für Fremdwörter, wird der Bastard noch

Auf Grund der vielen wissenschaftlichen Abkürzungen, findet sich am Ende des Artikels (Seite 25) ein Glossar.

sehr derb beschrieben: „*ein Bankert, Beikind, Kebskind; von Pflanzen ein Mischgeschlecht, Blending*“.

Hybride Gesellschaft

Hybridisierung bedeutet generell eine Vermischung von zwei vorher getrennten Systemen. Wendet man den Blick wieder zur Biologie, kann man im Grunde darunter sogar jedes Verschmelzen von zuvor unterschiedlichem Erbgut verstehen, also auch jede geschlechtliche Fortpflanzung, jede Neukombination genetischer Anlagen, auch wenn dies nur zwei Individuen derselben Art und deren Nachkommen betrifft. Wie im Kleinsten, so auch im Größten: Ununterbrochen kommt es zu einer Durchmischung innerhalb unserer gesamten Biosphäre, dem Superorganismus „Gaia“ (LOVELOCK 1991), und so gesehen auch innerhalb der gesamten Menschheit und dies geschieht nicht nur auf der biologischen Ebene: Der Philosoph Friedrich Nietzsche prognostizierte im 19. Jahrhundert etwa, dass in Europa „*in Folge fortwährender Kreuzungen eine Mischrasse*“ entstehen werde. „*Der Handel und die Industrie, der Bücher- und Briefverkehr, die Gemeinsamkeiten aller höheren Kultur, das schnelle Wechseln von Ort und Landschaft, das jetzige Nomadenleben aller Nicht-Landbesitzer*“ werden unweigerlich zur „*langsamen Heraufkunft einer wesentlich übernationalen und nomadischen Art Mensch*“ führen. Er meint, dass der künftige Wert und Sinn der Kultur „*in einem gegenseitigen Sich-Verschmelzen und -Be-fruchten*“ liege (NIETZSCHE 1878 u. 1887–1889). Dieser Prozess hat sich inzwischen durch die fortgeschrittene Globalisierung noch deutlich beschleunigt.

Hybridismus

Bruno Latour, ein weiterer großer Denker, sieht in der heutigen Welt, wohin er seinen Blick auch wendet, Hybriden und zwar zwischen Natürlichem und Menschgemachtem bzw. -beeinflusstem: Ozonloch, Klimaerwärmung, Biodiversitätskrise, atomare Bedrohung, Mikroplastik, Neurotransmitter, Genome Editing, BSE-Epidemie und Covid-19-Pandemie sind einige Beispiele derartiger „Quasiobjekte“. Seiner Meinung nach gäbe es keine Möglichkeit mehr festzustellen, wo die Gesellschaft aufhöre bzw. die Natur beginne und umgekehrt. Man kann die Dinge nicht mehr auseinander-

halten (LATOUR 2008). Aus diesem Grund entwarf Latour mit der Idee des „Parlaments der Dinge“ einen gemeinsamen Raum für „Natur“, „Politik“ und „Wissenschaft“, in dem diese in einer neu geregelten Weise zusammenkommen können (LATOUR 2001). Latours hybridistisches Konzept setzt allerdings eine Sonderstellung des Menschen in der Welt bzw. dessen grundsätzliche Position außerhalb von Natur voraus. Natur sei, so gesehen, lediglich die Wirklichkeit außerhalb des Menschen oder nach SCHIEMANN (2004) das, was bleibt und sich nicht selbst vernichtet. Nach der biologischen Systematik ist der Mensch jedoch eine Art der Gattung *Homo* aus der Familie der Menschenaffen, die zur Ordnung der Primaten und damit zu den höheren Säugetieren gehört. Und deswegen treibt der Mensch, genauso wie auch alle anderen Lebewesen, im Strom der evolutiven Kräfte und ist bei Gott kein Fixpunkt in der Welt.

Hybride Natur des Menschen

Durchmischung ist ein elementares Prinzip in der Natur, so auch bei *Homo sapiens*. Die moderne genetische Forschung zeigt eindrucksvoll die Vermischungsprozesse im Laufe der Menschheitsgeschichte auf (KRAUSE u. TRAPPE 2021). Noch heute haben wir die Gene unserer afrikanischen Vorfahren und auch von Neandertalern oder Denisova-Menschen in uns und diese genetischen Reste spielen in unserem Leben noch immer eine Rolle. Auch wenn es manche nicht wahrhaben wollen: Es gibt beim Menschen keine Rasse und schon gar keine „Reinrassigkeit“! In der „Jenaer Erklärung“ aus dem Jahr 2019 heißt es über die Idee der Menschenrassen: „*Es gibt hierfür keine biologische Begründung und tatsächlich hat es diese auch nie gegeben*.“ (FISCHER u. a. 2019).

Hybrides Individuum

Wenden wir uns noch einmal uns Menschen zu, genauer gesagt unserem Innersten: Jede*r von uns kennt die verschiedenen inneren Stimmen, die ständig unsere Gedanken und unser Tun beeinflussen. In uns vereinen sich mehrere Ich-Zustände zu dem, was wir sind (BERNE 1961). Im Grunde sind wir Produkte unserer Gene, Hormone, Instinkte, Erziehung, Lebensweise, sozialen Umgebung, Erfahrungen und unseres Mikrobioms, der Gesamtheit unserer inneren Mikroorganismen

(CRYAN u. DINAN 2012). Blicken wir evolutionsgeschichtlich weit zurück, können wir anhand der faszinierenden „Endosymbionten-Theorie“ von Lynn Margulis sogar erkennen, dass wir vielzelligen Wesen ursprünglich aus einer Verschmelzung und Vermischung von einzelligen Organismen entstanden sind (MARGULIS 1981). Wir sind also wie ein Fluss, der aus unzähligen Quellen und Bächen gespeist wurde.

Jede*r von uns ist also Viele, ... aber nicht Alle! Unsere Mängel, Konflikte, Ängste und Wünsche waren immer schon Stoff von Mythen. Wir träumen auch noch heute von Schönheit, Stärke, Schnelligkeit, Unverwundbarkeit, Liebe und Anerkennung. Was der Mensch nicht vermag, das schuf er in seiner Fantasie. Als Vorbilder erfanden wir übernatürliche Wesen, etwa mit Eigenschaften von besonders gefürchteten, geachteten oder verehrten Tieren. Diese Mischwesen wurden gleichzeitig zu Bestandteilen unserer Erklärungsmodelle für Welt, Überwelt und Unterwelt.

Chimären & Superhelden

Mythische Mischgestalten gibt es in der Geschichte der Menschheit seit vielen Jahrtausenden. Die ältesten Nachweise, jagende Mensch-Tier-Wesen, sind mehr als 40.000 Jahre alt (AUBERT u. a. 2019). Oft handelt es sich um teils göttliche, teils tierische oder teils menschliche Wesen. Religionen, Aberglaube und antike Mythen sind reich durchsetzt mit solchen Fantasiegestalten wie Sphinxen (Abb. 2), Pegasi, Sirenen, Zentauren, Minotauern, Faunen, Nixen und vielen mehr (WERTHEIMER 2022). Manche davon wurden als Sternbilder namentlich verewigt.

Mischwesen bevölkern auch unsere heimische Sagenwelt. Man findet dort etwa geflügelte Drachen (Abb. 3), Basilisken, Perchten (Abb. 4), Krampusse, Habergeißen und andere Ungeheuer ... nicht selten ist es der Teufel in vielen Gestalten. Beim Bösen sind wir scheinbar noch etwas kreativer als beim Guten.

Derartige Fabelwesen sind absolut nicht verschwunden, sondern geistern auch heute noch als moderne Hybridwesen in unzähligen Fantasy-Romanen und -Filmen herum, allen voran Comic-Superhelden wie Superman, Batman, Spiderman oder Graf Dracula, der berühmteste Blutsauger unter den Vampiren. Auch die Werwölfe gibt es noch und Einhörner



Abb. 2: Eine der beiden Sphinxen in der Albertina in Wien – eigentlich völlig unägyptisch!



Abb. 3: Der Lindwurm in Klagenfurt – ein geflügelter Drache

haben längst unsere Kinderzimmer, die Herzen der Mädchen und die Tattoo-Studios erobert. Sogar eine Pflanzen-Mensch-Hybride kämpfte sich in den 1970er Jahren durch die Kinos: „Swamp Thing“, ein Superheld mit menschlicher Superheldenstatur aus grünen Sumpfpflanzen, fähig der Fotosynthese und nachwachsender Äste und natürlich baumstark, ein kräftiger Vermittler zwischen Natur und Mensch sozusagen. Moderne Mischwesen zeigen ihre Hybridnatur nicht offen, sondern fristen meist ein unauffälliges Dasein, verwandeln sich jedoch bei Bedarf augenblicklich in einen Helden oder ein Monster.

Die Fabelwesen der Antike und unserer Sagenwelt müssen aber nicht unbedingt Hirngespinnste, Traumbilder oder Auswüchse schamanistischer Trancezustände sein, sondern können durchaus ein biologisches Vorbild haben. Möglicherweise sind sie durch Beobachtungen in der Natur oder durch Funde von sonderbar anmutenden Fossilien wie Saurierknochen, Mammutoßzähnen oder anderen Artefakten entstanden. *„Einhorn, Phönix und Drache existierten. Sie waren nicht frei erfunden worden. ... Mündliche Überlieferung, Übersetzungsfehler und absichtliche Veränderungen entstellten die realen Vorbilder*

jedoch mit der Zeit so sehr, dass aus wirklichen Lebewesen Fabelwesen wurden“, heißt es im Vorwort von REICHHOLF (2015).

Die vielgestaltigen „Wolpertinger“ in den Innviertler Gaststuben (Abb. 5) sind jedenfalls keine übernatürlichen Wesen, sondern einfach nur ein Spaß aus unserer bayerischen Vergangenheit, ein Stück bayerische Kulturgeschichte sozusagen. Der Schriftsteller Ludwig Ganghofer bezeichnete den „Wolpertinger“ als „Hirschbockbirkfuchsauergams“ (SCHWEIGGERT 1994).

Aber es gibt sie auch tatsächlich, die Mischwesen. Und diese sind in der Natur gar nicht so selten zu finden und meist völlig unspektakulär. Für viele Lebewesen bedeutet Hybridisierung einen ersten Schritt in eine erfolgreiche Zukunft; für andere, wiederum, ist sie eine Sackgasse, ein kurzes Aufflackern am Himmel der Evolutionsgeschichte.

Triebfeder der Evolution

Im Werkzeugkasten von „Mutter Natur“ befinden sich einige sehr wirkmächtige Werkzeuge. Eines davon ist die Hybridisierung, die eine wichtige Rolle bei der Evolution spielt, wie moderne molekularbiologische Untersuchungsmethoden heute deutlich zeigen (PAUN u. a. 2006, NOLTE u. TAUTZ 2010). Sie ist, wie auch Mutationen oder epigenetische Effekte (Zusammenspiel von Genen und Umwelt), eine effiziente Möglichkeit für Organismen, sich an wandelnde Umweltbedingungen anzupassen (STACE 1975). Es wurde geschätzt, dass etwa ein Viertel aller Pflanzenarten und vielleicht jede Zehnte aller Tierarten in der Natur hybridisieren (MALLETT 2007). Diese Möglichkeit nutzen jedoch nicht nur höhere Pflanzen und Tiere, sondern auch Farne (Abb. 6), Schachtelhalme, Bärlappe, Moose und Algen (STACE u. a. 2015, SAWANGPROH u. CRONBERG 2021, STEENSELS u. a. 2021, KEULER u. a. 2020, McCracken u. a. 1966, GRANT u. PROCTOR 1971, REDDY u. a. 1994). Bei den Pilzen ist Polyploidisierung (Vervielfachung von Chromosomen) nachgewiesen (WITTMANN-MEIXNER 1989). Nach Julia Kruse existieren bei den phytoparasitischen Kleinpilzen der Gattung *Entyloma* Formen, bei denen der Verdacht auf Hybridisierung besteht (KRUSE u. a. 2016); einen konkreten Nachweis gibt es jedoch noch nicht. Auch wenn vieles noch nicht erforscht ist, dürfte sich das Prinzip der Hybridisierung, zumindest im erweiterten Sinn, durch alle Lebensformen ziehen.



Abb. 4: Der Perchtentod geht im Zug als Letzter; er steht für die Vergänglichkeit allen Lebens – geschnitzt von Harald Zaubmair von den Viechtauer Schiarchperchten. Foto: Irene und Christian Keller



Abb. 5: Ein Wolpertinger – 2023 in einem Gasthaus in Pattigam im Innviertel – ein Stück bayerische Kulturgeschichte

Und es war Hybridisierung, die vor ca. 10.000 Jahren in Mesopotamien die Entstehung des heutigen Weizens (*Triticum aestivum*) einleitete, nachdem sich der „Ur-Weizen“, das Einkorn (*Triticum monococcum*), mit Wildgräsern der Gattung *Aegilops* kreuzte. Dies war zugleich der Beginn der Sesshaftwerdung und der großen Wanderbewegungen von Menschen, die diese Kulturpflanze aus Vorderasien nach Europa brachten (STACE u. a. 2015). Bereits Charles Darwin widmete in seinem Buch „On the Origin of Species“ ein Kapitel den Hybriden. Er diskutiert darin über die unterschiedlichen Grade von Sterilität bzw. Fertilität bei Hybriden und die bis dahin veröffentlichten Erfahrungen mit Kreuzungsversuchen von Pflanzen und Tieren (DARWIN 1859).

Hybridogene Arten

Viele unserer heutigen Arten verdanken ihre Existenz einer früheren Hybridisierung. Man bezeichnet sie als hybridogene Arten. Bei den Pflanzen gibt es Gattungen, in denen dies etwas häufiger auftritt. Stellvertretend seien hier etwa Sippen aus der Orchideengattung Kohlröschen (*Nigritella* spp.), aus dem Dichtschuppen-



Abb. 6: Die Hybride *Dryopteris affinis* s. lat. × *Dryopteris filix-mas* 2014 in Waldzell im Kobernaußerwald – Pflanze mit größtenteils abortierten Sporen (det. Günther Zenner u. Jens Freigang)



Abb. 7: Der Pinselblättrige Wasserhahnenfuß (*Ranunculus penicillatus*) – eine hybridogene, hexaploide Art (sechsfacher Chromosomensatz) – 2006 im Dorfbach in Bogenhofen in St. Peter am Hart (conf. Peter Englmaier, vgl. auch KOUTECKÝ 2021)



Abb. 8: Die hybridogene Ruderaler Vogel-Sternmiere (*Stellaria ruderalis*) – 2007 in einem Garten in Obernberg am Inn (conf. Martin Lepší)



Abb. 9: Das Stumpfe Johanniskraut (*Hypericum dubium*) – mit zugespitzten, an der Spitze leicht gezähnelten Kelchblättern – hier 2021 am Waldrand bei Wöllöster in Mauerkirchen

Wurmfarn-Komplex (*Dryopteris affinis* agg., vgl. BÄR u. a. 2020) und aus der Sektion Wasserhahnenfuß (*Ranunculus* sect. *Batrachium* – Abb. 7) genannt. Auch die erst kürzlich neu für die Wissenschaft beschriebene Ruderaler Vogel-Sternmiere (*Stellaria ruderalis* – Abb. 8) ist eine hybridogene Art, die nach LEPSÍ u. LEPSÍ (2019) aus der Großblütigen Vogel-Sternmiere (*Stellaria neglecta*) und der Bleichen Vogel-Sternmiere (*S. pallida*) hervorging. Erfolgreich ist die Bildung einer neuen Art erst, wenn sie sich nach erfolgter Kreuzung bzw. Bildung in ihrer Umwelt behaupten und gegenüber den Elternarten abgrenzen kann.

Sogar so häufige Pflanzen wie unsere Johanniskräuter sind von Hybridisierung betroffen. Dort gibt es zum Teil Schwierigkeiten, zwischen dem Flecken-Johanniskraut (*Hypericum maculatum* s. str.), dem Stumpfen Johanniskraut (*Hypericum dubium*) und dem Echten Johanniskraut (*Hypericum perforatum*) zu unterscheiden, weil es bei uns Pflanzen gibt, die morphologisch dazwischenstehen. Ob es sich dabei um unbeständige Primär-Hybriden oder stabilisierte Zwischenarten handelt, ist oft nicht zu erkennen. In Oberösterreich findet man das reine *Hypericum maculatum* s. str. (mit den abgerundeten, an der Spitze ganzrandigen Kelchblättern) eigentlich nur in etwas höheren, montanen Lagen. In den Tallagen gibt es aus dieser Gruppe fast nur das Stumpfe Johanniskraut (mit zugespitzten, an der Spitze leicht gezähnelten Kelchblättern – Abb. 9) oder die oben beschriebenen Zwischenstufen. Auffallend ist auch, dass die Menge und Verteilung der dunklen Drüsenpunkte oder -striche auf Stängel-, Kelch- und Kronblättern zwischen den Pflanzen bzw. Populationen beträchtlich schwankt. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Kreuzungsbarrieren

Für eine Hybridisierung auf natürlichem Weg müssen bestimmte Kreuzungsbarrieren überwunden werden. Wenn Arten etwa in unterschiedlichen Gebieten oder Lebensräumen vorkommen, dann können sie sich nicht kreuzen, weil sie nicht zusammentreffen. Dies kann sich aber durch eine Ausbreitung im Laufe der Zeit ändern oder wenn der Mensch sie unabsichtlich verschleppt oder als Kulturpflanzen bzw. Haustiere in andere Gebiete bringt. Letzteres war etwa bei den Nachtkerzen (*Oenothera*

spp.) der Fall, die der Mensch schon im 17. Jahrhundert aus der Neuen Welt nach Europa brachte (KRAUSCH 2007), wo sich nach dem Aufeinandertreffen rasch Hybriden bildeten und neue Arten entstanden (HASSLER u. MUER 2022).

Pflanzenarten, die (tageszeitlich oder jahreszeitlich) zu unterschiedlichen Zeiten blühen, können sich normalerweise nicht kreuzen, es sei denn, wenn sie Vor- oder Nachblüten entwickeln. Erschwert wird die Kreuzung auch, wenn die Art sich bei der Partnersuche oder Paarung anders verhält als der potentielle Kreuzungspartner. So senden Leuchtkäfermännchen ihren weiblichen Artgenossinnen Signale, indem sie einen bestimmten Rhythmus blinken. Die Weibchen reagieren jedoch nur auf einen ganz bestimmten, für diese Art charakteristischen Rhythmus. Zwischen Tierarten können auch Probleme auftreten, wenn die Geschlechtsorgane anatomisch nicht zueinander passen und die Kopulation nicht vollzogen werden kann oder wenn etwa die Oberflächen der Geschlechtszellen für eine Verschmelzung ungeeignet sind. Gleiches ist auch bei Pflanzen der Fall, wenn Blütenstaub nicht auf die Narbe kommt, entweder durch bauliche Unterschiede oder wenn etwa nur eine bestimmte Insektenart diese Pflanzenart bestäubt, eine andere jedoch nicht. Eine weitere Barriere entsteht, wenn Pflanzenhybriden keinen funktionstüchtigen Pollen oder abortierte Sporen ausbilden (Abb. 6, 20, 21 und 22).

Eine wesentliche Kreuzungsbarriere betrifft die Lebensfähigkeit der Mischlinge. Bei Froschbastarden etwa können sich viele Tiere nicht fertig entwickeln (Abb. 10). Aber selbst wenn sich zwei Arten paaren und widerstandsfähige Bastardnachkommen hervorbringen, ist die weitere Fortpflanzung oft nicht möglich, weil diese entweder völlig steril oder nahezu steril sind. Dies ist vor allem bei unterschiedlichen Chromosomenzahlen oder bei unpassenden Eigenschaften der Chromosomen der Fall (CAMPELL u. REECE 2006). Ein berühmtes Beispiel von sterilen Bastarden sind Maultiere bzw. Maulesel, die Kreuzungsprodukte zwischen Pferden (*Equus caballus*) und Eseln (*Equus asinus*). Auch die Kreuzung zwischen der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) und dem Bachsaibling (*Salvelinus fontinalis*), die sogenannte „Tigerforelle“, ist steril. Dieser Fisch wird vor allem zu Speisezwecken gezüch-



Abb. 10: Vermutlich ein Teichfrosch (*Pelophylax esculentus*) – eine hybridogenetische Hybride aus dem Seefrosch (*Pelophylax ridibundus*) und dem Kleinen Wasserfrosch (*Pelophylax lessonae*) – 2020 in einem Teich in Obernberg am Inn (det. Werner Weißmair)



Abb. 11: Die vermutlich sterile Hybride zwischen Gluckente bzw. Baikalente (*Sibirionetta formosa*) und Spießente (*Anas acuta*) – 2017 an der Innlande in Schärding.

Foto: Christa und Thomas Pumberger

tet, scheint aber in freier Wildbahn nicht fortpflanzungsfähig zu sein.

Sterilität betrifft insgesamt Hybriden aus systematisch weiter voneinander entfernten, nicht zu nahe verwandten Arten. Dies ist zum Beispiel bei Arten aus verschiedenen Gattungen der Fall. Bastarde zwischen nahverwandten Individuen sind jedoch fertil, können also lebensfähige Nachkommen zeugen. Dazu gehören etwa Enten- und Gänse-Bastarde (Abb. 11), wie man sie gelegentlich an unseren Gewässern antrifft. Derlei Erkenntnisse wurden auch bereits von DARWIN (1859) veröffentlicht. Dieser meinte jedoch auch: „... it is most difficult to say where perfect fertility ends and sterility begins.“

Ebenfalls lebensfähig, sogar etwas zu lebendig, sind die „afrikanisierten“ amerikanischen Honigbienen in den tropischen und subtropischen Zonen Amerikas. Dabei handelt es sich um Hybriden, die immer wieder durch Kreuzung von Bienenvölkern mit gelegentlich zugesetzten Königinnen aus europäischer Abstammung und Drohnen dominanter, wildlebender Bienenvölker afrikanischer Abstammung entstehen. (Alle sind übrigens Unterarten der Honigbiene *Apis mellifera* und daher leicht kreuzbar.) Dadurch sollte die Leistungsfähigkeit der südamerikanischen Bienen erhöht werden. Diese Hybride verhält sich jedoch sehr aggressiv und wird wegen ihrer Angriffslust oft auch als „Killerbiene“ bezeichnet (O'MALLEY u.

Abb. 12:

In gewisser Weise auch ein Mischwesen – ein Fasan-Gynander (*Phasianus colchicus*) – er trägt zugleich männliche und weibliche Merkmale – Brust und Kopf sind hahnenfarbig, Rücken und Stoßfedern sind hennenfarbig.

Foto:
Hermann
Laichmair



a. 2009), ein gefundenes Fressen für die Sommerlöcher von Printmedien.

In gewisser Weise um Mischwesen handelt es sich auch bei gynandromorphen Pflanzen oder Tieren, auch Gynander (oder engl. sexual mosaics) genannt (Abb. 12). Diese zeigen sowohl weibliche als auch männliche Merkmale an einem Individuum. In der Frühentwicklung dieser Tiere kommt es zu einem Fehler bei der Zellteilung, sodass Zellen beiderlei Geschlechts entwickelt werden. Im Gegensatz zu Zwittern sind Gynander in der Regel unfruchtbar und haben

missgebildete Geschlechtsorgane (WEHNER U. GEHRING 2013).

Was ist eine Art?

Eng mit den Themen Hybridisierung und Kreuzungsbarrieren verbunden sind die Fragen, was denn generell eine Art sei und wie scharf (oder unscharf) die Grenzen zu anderen Arten gezogen seien. Solche Fragen kann man nur blauäugig stellen, denn die Antwort ist alles andere als einfach. Früher hieß es einmal: „Alles, was sich scharf und paart, gehört zu einer Art“. Mit diesem Sprüchlein brachten

einst Biologieprofessor*innen ihren Student*innen ein Grundprinzip der Natur näher. Seither gibt es eine ganze Reihe von unterschiedlichen Artkonzepten und entsprechende Diskussionen (MAYR 1942, WILEY 1978, KUNZ 2001, WILLMANN 2004, HÖRANDL 2022).

Evolutionsbiologen haben inzwischen mehrere Artbegriffe entwickelt. CAMPBELL U. REECE (2006) geben einen Überblick über verschiedene Modelle: Eine ökologische Art werde aufgrund ihrer ökologischen Nische definiert. Der klassische morphologische Artbegriff charakterisiere jede Art nach ihrer einzigartigen Kombination baulicher Merkmale („Morphospezies“). Der genealogische Artbegriff definiere eine Art als Gruppe von Organismen mit einzigartiger genetischer Geschichte. Durch Sequenzieren von Nukleinsäuren und Proteinen erhalten die Wissenschaftler*innen die dafür notwendigen Daten. Der pluralistische Artbegriff umfasse unterschiedliche Faktoren, die für den Zusammenhalt von Individuen als Art am bedeutendsten sind. Dabei werde auch der Faktor einer reproduktiven Isolation herangezogen. Nach FISCHER (2015) müssen Arten folgenden drei Kriterien genügen: deutliche genetische Unterschiede, deutliche merkmalsmäßige Unterschiede und deutliche Unterschiede in Ökologie und Areal. Laut HÖRANDL (2022) seien Abstammungsbildung und Selbsterhaltung die Voraussetzung für Artbildung und lassen sich auch auf Hybride und Polyploide (dreifacher oder höherer Chromosomensatz) übertragen. Die Artabgrenzung werde durch die verbesserte Erkennung von Abstammungslinien durch verschiedene neuartige Methoden, durch das Verständnis von Funktionsweisen der Meiose (Art der Zellteilung, bei der sich eine Körperzelle in vier Keimzellen aufteilt) und durch die Erkennung funktioneller Phänotypen (Erscheinungsbilder) durch Berücksichtigung morphologisch-physiologisch-ökologischer Anpassungen (also Anpassungen hinsichtlich der Gestalt bzw. des Körperbaus, der Körperfunktionen und der Wechselbeziehungen zu anderen Organismen) unterstützt.

Nach KUNZ (2001) habe der Artbegriff keine autonome Existenz; er sei ein Begriff, ein Konzept, ein Konstrukt des denkenden Menschen, auf das die Kategorie der Veränderlichkeit nicht angewendet werden könnte.



Abb. 13: Trauer-Amarant (*Amaranthus hypochondriacus* – det. Johannes Walter) – 2018 in einer Schottergrube in Lambrecht – diese Art zeigt oft schwer bestimmbare Introgressionsformen (enthalten Erbgutanteile anderer Arten) mit dem Rispen-Amarant (*A. cruentus* s. str.).

Und es gelte noch immer der Satz Darwins aus dem Jahr 1859: „*Keine Definition der Art hat bisher alle befriedigt, obwohl jeder Naturwissenschaftler zu wissen glaubt, was er meint, wenn er von einer Art spricht.*“ (DARWIN 1859).

Hybridschwärmerei

Bei Pflanzen gibt es viele Möglichkeiten sich fortzupflanzen bzw. zu vermehren. Sie können sich selbst klonen (mittels Brutknollen, Brutzwiebeln oder abgebrochenen Pflanzenteilen), selbst bestäuben oder sogar Früchte ohne Befruchtung hervorbringen. Aber auch bei der Kreuzung von Pflanzenarten untereinander sind Pflanzen sehr flexibel. Bei manchen Arten kommt es laufend zu Kreuzungen mit weiteren Arten oder zu Rückkreuzungen mit den Elternarten. Man spricht von Tripelbastarden, Introgressionen (Abb. 13), Hybridschwärmen usw. Solche Hybridschwärme gibt es etwa bei unseren Orchideen (z. B. bei den Fingerkräutern, *Dactylorhiza* spp. – Abb. 14), bei den Eichen (Übergänge zwischen *Quercus pubescens* und *Qu. robur*), bei den Rosen (etwa die Hybridschwärme, die man unter den Namen *Rosa subcanina* und *R. subcollina* zusammenfasst – Abb. 15) oder bei den Brombeeren (z. B. die unzähligen sexuellen Sippen der Drüsenreichen Brombeeren, *Rubus ser. Glandulosi* – Abb. 16, vgl. ŠARHANOVÁ 2017). Vor allem bei entwicklungs-geschichtlich jungen Gattungen existieren noch viele „unausgegorene“ Sippen.



Abb. 14: Eine Fingerwurz-Hybride 2011 im Grabensee-Nordmoor – vermutlich entstanden aus der Traunsteiner-Fingerwurz (*Dactylorhiza traunteineri*) und der Breitblättrigen Fingerwurz (*D. majalis*) (det. Bohumil Trávníček)



Abb. 15: *Rosa subcollina* 2016 in Waldzell im Innviertel – eine Vertreterin aus dem Hybridschwarm Gebüsch-Rose (*Rosa corymbifera*) × Lederblättriger Rose (*R. caesia*)



Abb. 16: Eine der unzähligen nichtstabilisierten Sippen der Drüsenreichen Brombeeren (*Rubus ser. Glandulosi*) – hier 2014 im Kobernaußerwald in Waldzell im Innviertel



Abb. 17: Die Quirl-Minze (*Mentha x verticillata*) – die Hybride der Acker-Minze (*M. arvensis*) mit der Wasser-Minze (*M. aquatica*) – 2011 in Gräben in der Nähe des Holzöstersees in Franking



Abb. 18: Die Unfruchtbare Brunnenkresse (*Nasturtium x sterile*) – entstanden aus der Kreuzung *Nasturtium officinale* x *N. microphyllum* – bildet nur wenige intakte Samen – hier 2008 in einem Sickergraben der Innauen bei Braunau.



Abb. 19: Der Bastard-Flügelknöterich (*Fallopia x bohémica*) – die Hybride aus dem Japanischen Flügelknöterich (*F. japonica*) und dem Sachalin-Flügelknöterich (*F. sachalinensis*) – hier 2012 in den Innauen bei Höft in Braunau

Gekommen, um zu bleiben

Wenn Pflanzenhybriden steril sind (Abb. 17 u. 23) oder nur sehr schwach fruchten (Abb. 18), bedeutet dies aber noch lange nicht, dass sie rasch wieder verschwinden. Durch vegetatives Wachstum, also über kriechende Rhizome oder über abgebrochene Stücke der Pflanzen, können sie sich durchaus auch erfolgreich ausbreiten (wie z. B. die Laichkraut-Hybriden – Abb. 37). Wenn solche Pflanzen keine Früchte bilden, dann sparen sie sich Energie, die sie dann vermehrt ins Wachstum investieren können. Diese Vitalität kann man etwa beim Bastard-Flügelknöterich (*Fallopia x bohémica* – Abb. 19) gut erkennen. Es handelt sich dabei um eine Hybride, die auf natürlichem Weg aus dem Japanischen Flügelknöterich (*F. japonica*) und dem Sachalin-Flügelknöterich (*F. sachalinensis*) hervorgegangen ist und als Zierpflanze eingeführt wurde. Vorkommen verschleppter bzw. verwilderter Pflanzen dieser Hybride nahmen in den letzten Jahrzehnten deutlich zu. Einmal an Waldrändern, auf Schuttplätzen oder an Uferböschungen „gelandet“, bildet sie rasch dichte Bestände. Die Eigenschaft des üppigen Wachstums von Hybriden wird bei den Zierpflanzen für die Züchtung von wüchsigen Hybridsorten genutzt.

Dass sich Hybriden durchaus erfolgreich ansiedeln können, zeigen die Hybridschwärme der blaugrau gefärbten Quecken an den Hochwasserschutzdämmen von Salzach, Inn und Donau. Diese aus mehreren Arten (*Elytrigia repens*, *E. aenaeana*, *E. laxula* und andere) hervorgegangenen Populationen sind von weitem an ihrer Färbung zu erkennen; auffällig sind dabei die unterschiedlichen Farbnuancen der verschiedenen Bestände zwischen intensivem Graublau und Graugrün. Bei genauerer Betrachtung der Blütenstände kann man zur Blütezeit die tauben Staubbeutel erkennen (Abb. 20). Diese hängen zwar aus den Blüten heraus, enthalten aber keinen funktionsfähigen Pollen und öffnen sich auch nicht, um den Pollen in den Wind zu entlassen. Die reinen, stäubenden Arten (z. B. *Elytrigia aenaeana* – die Inn-Quecke – und *E. laxula* – die Verlängerte Quecke) an den Dämmen zu finden, ist nicht einfach, denn die Hybrid-Pflanzen sind dort vorherrschend (HOHLA u. SCHOLZ 2011).

Eine noch unbekannte Wasserstern-Hybride besiedelt einige Entwässer-



Abb. 20: Eine Quecken-Hybride (vermutlich *Elytrigia laxula* × *E. repens*) – 2020 am Hochwasserschutzdamm in Ering/Bayern – erkennbar sind die tauben Staubbeutel.



Abb. 21: Beschädigter Pollen einer noch nicht näher bestimmten Wasserstern-Hybride (*Callitriche* sp.) – 2021 in Entwässerungsgräben der Ettenau nahe St. Radegund

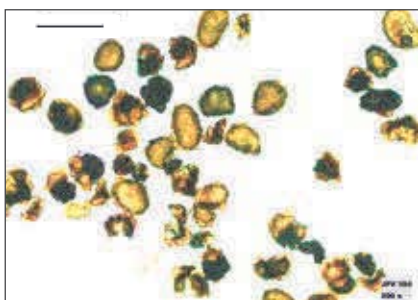


Abb. 22: Abortierte Sporen des Farnhybriden *Dryopteris affinis* s.str. × *D. filix-mas*. Foto: Anton Bär, 200-fach vergrößert, vgl. BENNERT u. a. (2022)



Abb. 23: Das Mittlere Hexenkraut (*Circaea* × *intermedia*) – eine sich vegetativ fortpflanzende und fast immer zumindest als Halbweise vorkommende Hybride zwischen dem Wald-Hexenkraut (*C. lutetiana*) und dem Alpen-Hexenkraut (*C. alpina*) – hier 2008 in Quellfluren am Großen Kösslbach in Esternberg



Abb. 24: Die Hybride zwischen dem Roten Leimkraut (*Silene dioica*) und dem Weißen Leimkraut (*S. latifolia* subsp. *alba*) – im Gebüschsaum der Salzachleite in Hochburg-Ach im Innviertel – Kronblätter hellrosa und Kelch etwas rötlich – diese Pflanze sieht dem Weißen Leimkraut etwas ähnlicher.

rungsgräben in der Ettenau nahe St. Radegund (HOHLA 2022) unweit der Salzach. Die Staubgefäße dieser Pflanzen enthalten nur defekten Pollen; durchs Mikroskop betrachtet sieht dieser aus wie unförmige Brösel (Abb. 21). Um welche Hybride es sich dabei handelt, müsste noch mit molekularbiologischen Methoden erforscht werden. In der unmittelbaren Umgebung gibt es als mögliche Eltern vor allem den Flachfrüchtigen Wasserstern (*Callitriche platycarpa*) und den Nussfrüchtigen Wasserstern

(*C. obtusangula*); im nahen Weilhartforst zusätzlich noch den Sumpfwasserstern (*C. palustris* s. str.) und den Teich-Wasserstern (*C. stagnalis*).

Hybriden sind normalerweise von ihren Merkmalen her betrachtet intermediär zwischen den Eltern (z. B. beim Mittleren Hexenkraut, *Circaea* × *intermedia* – Abb. 23) stehend, können aber auch mehr der Mutter oder dem Vater ähneln (Abb. 24–32). So gibt es bei der Hybride zwischen der Himbeere (*Rubus idaeus*) und



Abb. 25: Blätter von Bärenklau-Pflanzen 2017 bei Hübing in Reichersberg – links Riesens-Bärenklau (*Heracleum mantegazzianum*) – rechts Wiesen-Bärenklau (*H. sphondylium*) – in der Mitte die Hybride



Abb. 26: Die Hybride zwischen der Himbeere (*Rubus idaeus*) und der Auen-Brombeere (*R. caesius*) – 2007 bei Hausmanning in Altschwendt im Innviertel – gut erkennbar ist die schlechte Fruchtbildung.



Abb. 27: Eine Erlen-Hybride 2021 in Waldkirchen am Wesen im Innviertel – mit zugespitzten Blättern wie die Grau-Erle (*Alnus incana*) und oben ausgerandeten („eingedellten“) Blättern wie die Schwarz-Erle (*A. glutinosa*) (det. Gergely Király)

der Auen-Brombeere (*R. caesius*) Pflanzen, die der Himbeere ähnlicher sehen und andere, die mehr der Auen-Brombeere ähneln (Abb. 26). Rückkreuzungen mit den Eltern führen bei Hybriden zu fast kontinuierlichen Reihen von Übergangsformen zwischen zwei oder mehreren Arten (WAGENITZ 2003).

Eine weitere Ursache der pflanzlichen Vielfalt ist durch die Mendelschen Regeln beschrieben. So sind die Nachkommen der ersten Folgegeneration nach einer Bastardierung optisch einheitlich; jene der zweiten Generation spalten sich jedoch nach einem bestimmten Verhältnis auf und bilden andere Merkmalsformen. Sie sehen sich also nicht mehr alle gleich (MENDEL 1866, CAMPBELL u. REECE 2006). Diese Vielzahl an Übergangsformen und deren Vielgestaltigkeit hat zu folgender launigen Botanikerweisheit geführt: „Was man nicht bestimmen kann, sieht man als Hybride an!“

Scheinhybriden

Aber nicht alles, was etwas anders aussieht, ist gleich eine Hybride. Bei Interpretationen von Pflanzen als Hybriden passieren deswegen auch Fehler. Das ist vor allem bei sehr veränderlichen Pflanzen der Fall. Manche Arten sehen in verschiedenen Lebensräumen unterschiedlich aus. Man denke etwa nur an die Unterschiede zwischen Pflanzen im Schatten und jenen in praller Sonne; oder an manche Wasserpflanzen, die auf Schlammflächen Landformen ausbilden, die für ungeübte Botaniker*innen oft nur schwer zu erkennen sind. Besonders tückisch verhalten sich Pflanzen, wenn sie gemäht, verletzt oder mit Gift behandelt wurden. Die neuen Triebe bzw. Blätter sehen oft völlig anders aus.

Auch in der Vergangenheit haben Botaniker bei manchen Arten falsche Schlüsse gezogen, berühmte Botaniker sogar, wie etwa Carl von Linné, der den Sautod-Gänsefuß (*Chenopodium hybridum*) aufgrund der Blattform für eine Hybride eines Gänsefußes mit dem Stechapfel (*Datura stramonium*) hielt. Ähnlich ist es ihm auch beim rosablühenden Schweden-Klee passiert. Dessen wissenschaftlicher Name *Trifolium hybridum* (Abb. 33) entstand durch die Deutung als Bastard zwischen dem purpurbühenden Wiesen-Klee (*Trifolium pratense*) und dem weißblühenden Kriech-Klee (*Trifolium repens*).



Abb. 28: Die Hybride der Sumpf-Kratzdistel (*Cirsium palustre*) mit der Bach-Kratzdistel (*Cirsium rivulare*) – 2012 in einer Feuchtwiese in Geierseck in St. Johann am Walde (conf. Oliver Stöhr)



Abb. 29: Eine häufige Erscheinung an den Innklämmen – die Hybride der Heide-Königskerze (*Verbascum lychnites*) mit der Dunklen Königskerze (*V. nigrum*) – hier 2015 bei Mühlheim am Inn – Pflanzen sind stark verzweigt, haben aber violette Staubfadenbärte.



Abb. 30: Die Hybride des gelbblühenden Echten Labkrauts (*Galium verum*) und des weißblühenden Wiesen-Labkrauts (*Galium album*) – 2020 an einer Böschung in Treubach – schön zu sehen sind die farblichen Übergänge zwischen Gelb und Weiß.



Abb. 31: Die Hybride zwischen der Gewöhnlichen Sumpfkresse (*Rorippa palustris*) und der Wilden Sumpfkresse (*R. sylvestris*) – 2022 in einer Wiese in Polling im Innviertel



Abb. 32: Die Hybride zwischen der Bach-Nelkenwurz (*Geum rivale*) und der Echten Nelkenwurz (*Geum urbanum*) – hier 2015 im Ufergebüsch eines Bächleins in St. Veit im Innkreis



Abb. 33: Der Schweden-Klee (*Trifolium hybridum*) ist keine Hybride, wie Carl von Linné wegen der rosafarbenen Blüten einst vermutete – hier 2012 in einer Wiese in Mattighofen im Innviertel



Abb. 34: Die Dasycladien-Weide (*Salix x dasyclados*) – eine Tripelhybride – vermutlich entstanden aus der Sal-Weide (*S. caprea*), der Asch-Weide (*S. cinerea*) und der Korb-Weide (*S. viminalis*) – hier 2021 in Lavant in Osttirol

Foto: Oliver Stöhr



Abb. 35: Eine bis dato noch nicht bestimmbare Weiden-Hybride 2021 an einer Ruderalstelle in Franking im oberen Innviertel – Radim J. Vašut sieht darin eine Hybride der Korb-Weide (*Salix viminalis*) – der andere Kreuzungspartner konnte noch nicht ermittelt werden.



Abb. 36: Die formenreiche Echte Luzerne (*Medicago sativa* agg.) – 2022 an einer Straßenböschung in Hub in St. Georgen bei Obernberg – nach FISCHER u. a. (2008) ein Bastard

Schwierig, schwierig, schwierig!

Es gibt Gattungen, in denen sich die Bestimmung von Pflanzen manchmal als besonders schwierig erweist. Dazu gehören die Weiden (*Salix* spp. – Abb. 34 u. 35). Diese sind in Botaniker*innenkreisen geradezu „gefürchtet“, obwohl Weidenhybriden im Grunde seltener sind, als die ersten Verdachtsmomente einer Hybridisierung. Weiden zeigen zum Teil eine beachtliche Plastizität, was etwa die Form, Behaarung und Färbung der Blätter und Rinden betrifft und gelegentlich findet man in dieser Gattung auch Hybriden, selten sogar Tripelhybriden (HÖRANDL u. a. 2002). Eine solche Tripelhybride wird gerne in Gärten, in Parkanlagen, an Ufer- und Straßenböschungen usw. gepflanzt. Es ist *Salix x dasyclados*, die mutmaßliche Hybride aus *S. caprea* $\times$ *S. cinerea* $\times$ *S. viminalis*, also entstanden aus der Sal-Weide, der Asch-Weide und der Korb-Weide (Abb. 34). Ebenfalls verwirrend ist die Situation bei den Veilchen. In den Laubwäldern findet man relativ häufig Pflanzen, deren Merkmale zwischen dem Wald-Veilchen (*Viola reichenbachiana*) und dem Hain-Veilchen (*Viola riviniana*) liegen. Diese intermediären Pflanzen wurden und werden oft als Hybride der beiden Arten gedeutet. Aktuelle Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die beiden scheinbaren Elternarten hinsichtlich der Blütenfarbe und der Form des Blütenstands sehr variabel sind und weit nicht alle der intermediären Pflanzen wirklich Hybriden darstellen (GREGOR u. a. 2021).



Abb. 37: Das Schimmernde Laichkraut (*Potamogeton x nitens*) – hier 2011 im Langbathsee – in den Salzkammergutseen zum Teil häufig – hervorgegangen aus der Kreuzung des Gras-Laichkrauts (*P. gramineus*) mit dem Durchwachsenen Laichkraut (*P. perfoliatus*)

Da wir schon beim Thema Schwierigkeiten sind: Schwer fass- und benennbar sind die verschiedenen Formen der Luzerne (*Medicago sativa* agg. – Abb. 36), wie sie an Straßenböschungen, in Wiesen, in Zwischenfruchtkulturen und als Bienenweide angesät werden. Deren Blüten variieren von dunkelviolett über hellviolett bis ins Hellgelbe. Es handelt sich dabei um Kreuzungs- bzw. Rückkreuzungsprodukte. Nach FISCHER u. a. (2008) sei dieser Bastard wahrscheinlich im Iran aus *Medicago microcarpa* und *M. falcata* entstanden. Letztere, die Sichel-Luzerne, ist eine Kalk liebende Art, die auch bei uns heimisch ist und vor allem in trockenen Wiesen, an sonnigen Böschungen und an mageren Waldrändern wächst.

Auffallend viele Hybriden gibt es in der Gattung der Laichkräuter. Diese können als Wasserpflanzen erfolgreich große Seen besiedeln. Das Schimmernde Laichkraut (*Potamogeton x nitens* – Abb. 37) ist ein interessantes Beispiel. Diese Hybride ist in den Salzkammergutseen regelmäßig zu finden. Während die Elternart *Potamogeton perfoliatus*, das Durchwachsene Laichkraut, noch immer zerstreut häufig in Oberösterreich vorkommt, ist die andere Elternart *Potamogeton gramineus*, das Gras-Laichkraut, heute in unserem Bundesland verschollen (HOHLA u. a. 2009). Laichkraut-Hybriden sind langlebig und können nach deren Entstehung durch vegetative Vermehrung große Populationen aufbauen, weswegen sie auch in den meisten Florenwerken geführt und

gemeinsam mit den Arten in Bestimmungsschlüsseln enthalten sind (PRESTON 1995, FISCHER u. a. 2008).

Nahe- und Fernbeziehungen

Vergleichbar wenige Hybriden gibt es grundsätzlich dort, wo die Arten nicht nahe miteinander verwandt sind, also bei Pflanzen und Tieren aus verschiedenen Gattungen oder Familien. Besonders leicht kreuzen sich nahverwandte Arten oder intra-spezifische Sippen wie Unterarten, Varietäten, Formen, Sorten usw. Bei sehr kleinen, individuenarmen Populationen können die Nachkommen von eng verwandten Pflanzen und Tieren auf Dauer von Problemen der Inzucht, wie etwa geringere Vitalität und Widerstandsfähigkeit gegen

Krankheiten, betroffen sein. Bei den meisten Tierarten wird Inzest vermieden, weil die Nachkommen sich zerstreuen bzw. von den Eltern nicht mehr um sich geduldet werden. Inzuchtpflanzen haben mehr Probleme gegen Fressfeinde und entwickeln weniger körpereigene Abwehrstoffe (CAMPBELL u. a. 2014).

Unterarten unterscheiden sich untereinander vor allem durch deren unterschiedliche geografische Verbreitung. In den Kontaktzonen gibt es jedoch meist durch Kreuzung ausgelöste Übergangsformen zwischen den aufeinandertreffenden Unterarten. So ist dies etwa bei der eher westeuropäisch verbreiteten Unterart *occidentalis* der Grünen Nieswurz (*Helleborus viridis* – Abb. 38) und der eher mitteleuro-



Abb. 38: Die Grüne Nieswurz (*Helleborus viridis*) – 2013 nahe Einburg in Raab im Innviertel – bildet in Oberösterreich Übergangsformen zwischen der westeuropäischen Unterart *occidentalis* und der mitteleuropäisch-östlichen Unterart *viridis*.



Abb. 39: Gattungshybride ($\times$ *Gymnigritella suaveolens*) zwischen der Mücken-Händelwurz (*Gymnadenia conopsea* var. *alpina*) und dem Gewöhnlichen Kohlröschen (*Nigritella rhellicani*) – 2021 auf der Wurzeralm, am Halssattel in Spital am Pyhrn

Foto: Hermann Laichmair, vgl. auch LACHMAIR 2020

päisch-östlichen Unterart *viridis* der Fall. Die Pflanzen in Oberösterreich liegen genau in einem solchen Übergangsbereich und sind oft nicht eindeutig einer der beiden Unterarten zuzuordnen (HOHLA 2006).

Gattungsbastarde

In seltenen Fällen kommt es sogar zu Kreuzungen von Arten aus verschiedenen Gattungen. Man spricht dann von intergenerischen Hybriden.

Sie deuten oft darauf hin, dass diese Gattungen gar keine „guten“ Gattungen sind, das heißt, dass die Grenze zwischen den Gattungen der biologischen Situation vielleicht nicht wirklich gerecht wird (FISCHER 2015). Solche Gattungsbastarde können sich bei den heimischen Pflanzen etwa bei Gräsern oder bei Orchideen bilden. So berichtet LACHMAIR (2021) über verschiedene Hybriden zwischen Händelwurz- (*Gymnadenia* spp.) und Kohlröschen-Arten (*Nigritella* spp.) aus dem oberösterreichischen Alpenraum (Abb. 39).

Bei den Gräsern taucht gelegentlich der Gattungsbastard $\times$ *Festulolium loliaceum* (Abb. 40) auf (HOHLA 2006). Dabei handelt es sich um die Hybride zwischen dem Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*) und dem Ausdauernden Lolch (*Lolium perenne*). Zur Erklärung: Beim wissenschaftlichen Namen einer Gattungshybride wird das Kreuz ($\times$) nicht wie bei Arthybriden zwischen Gattungs- und Artnamen, sondern vor dem Gattungsnamen geschrieben.

Die Hybriden zwischen Arten, auch interspezifische Hybriden genannt, sollten am besten nur mit ihrer Hybridformel (z. B. *Cirsium palustre* $\times$ *C. rivulare*) bezeichnet werden, da die binären Hybridnamen – die erwähnte Hybride heißt etwa *Cirsium* $\times$ *subalpinum* (Abb. 28) – nichtsagend und deshalb überflüssiger Gedächtnisballast sind. Dafür hatte sich bereits MELZER (2008) ausgesprochen. Ausnahmen bilden Sippen, die als Kulturhybriden eine wichtige Rolle spielen oder wenn Hybriden sich ähnlich wie Arten verhalten,

sich selbstständig fortpflanzen bzw. vermehren, wenig schwankende Merkmale aufweisen und auch ohne Eltern auftreten (FISCHER u. a. 2008). Ein solche Ausnahme ist etwa die Quirl-Minze (*Mentha* $\times$ *verticillata* s. str. – Abb. 17), die Hybride zwischen der Acker-Minze (*M. arvensis*) und der Wasser-Minze (*M. aquatica*).

Naturschutzproblem Hybridisierung

Hybridisierung ist allerdings nicht nur eine Triebfeder für die Evolution, die die Entstehung neuer Arten antreibt, sondern kann auch zu einem naturschutzfachlichen Problem werden. Dies tritt dann ein, wenn eine Art vom Einkreuzen einer anderen Art betroffen ist und im Laufe der Zeit praktisch „wegbastardiert“ wird (BLEEKER u. a. 2008). Dies kann etwa bei Neophyten passieren, wenn sich diese mit nahverwandten heimischen Arten kreuzen. So steht etwa die Hybrid-Pappel (*Populus* $\times$ *canadensis* s. lat.) unter Verdacht, die Bestände der stark gefährdeten Schwarz-Pappel (*Populus nigra*) genetisch zu „verunreinigen“. Allerdings haben molekularbiologische Untersuchungen an Bäumen in den Innauen gezeigt, dass diese bisher nur wenig von der Einkreuzung mit Hybrid-Pappeln betroffen sind (BRUNNINGER u. REICHOLF-RIEHM 2011, HEINZE u. SLUNSKY 2014). Besonders leicht kreuzt sich das Amerika-Weidenröschen (*Epilobium ciliatum*) mit den heimischen Arten (FISCHER u. a. 2008), was aber naturschutzfachlich kaum eine Rolle spielt, denn die meisten dieser Hybriden sind nahezu steril (STACE u. a. 2015) und die heimischen Elternarten bei uns nicht selten.

Ein anderes Problem haben wir bei den Moor-Birken (*Betula pubescens* s. lat. – Abb. 41). Vor allem im Ibmermoor trifft man auf Birken, die in ihren Merkmalen weder der Hänge-Birke (*Betula pendula*), noch der Moor-Birke (*B. pubescens* s. str.) entsprechen. Diese Zwischensippen sind sehr vielgestaltig, weil sie mehrfach entstandene „Vermischungsprodukte“ darstellen (HOHLA u. a. 2009). Wilfried Franz (E-Mail) bezweifelt inzwischen sogar, dass es noch „reine Formen“ der Moor-Birke bei uns im Innviertel gibt. Ebenfalls ein Hybridisierungsproblem haben im Ibmermoor die Leg-Föhren, auch Latschen genannt (*Pinus mugo* s. str.). Zusätzlich zu den deutlichen Rückgängen dieser Art, bilden sich dort Kreuzungsprodukte (Abb. 42)



Abb. 40: Die seltene Gattungshybride zwischen dem Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*) und dem Ausdauernden Lolch (*Lolium perenne*) – 2010 in einer Wiese bei Bad Füssing in Bayern (det. Hildemar Scholz)

mit der Rot-Föhre (*Pinus sylvestris*). Das sind mehr oder weniger aufrecht wachsende Exemplare im Nahbereich von *Pinus mugo* s. str. (HOHLA 2022).

Ich möchte aber an dieser Stelle betonen, dass solche Einkreuzungsphänomene jedoch vergleichsweise unbedeutend sind angesichts der ungeheuren Lebensraumzerstörungen durch den Menschen (HOHLA u. a. 2009, HOHLA 2022).

Pflanzenzüchtung & Heterosis

Bereits in der Jungsteinzeit betrieb man Pflanzenzucht. Die Züchtung beschränkte sich jahrtausendlang vorwiegend auf eine einfache Auslese aus dem Pflanzenbestand (Abb. 43). Ende des 19. Jahrhunderts begann die Kreuzungszucht, die auf den Mendelschen Regeln basierte (MENDEL 1866). Das Kreuzen von Pflanzensorten war im Zeitraum von 1920 bis 1960 die gebräuchlichste Methode in der Pflanzenzüchtung, um neue Variationen zu erhalten. Dies geschah ausschließlich durch bewusste Kombination von selektierten Pflanzen. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts kam ein bedeutender, neuer Impuls aus Amerika: die Hybrid-Züchtung. Der amerikanische Genetiker G. H. Shull suchte zwei über mehrere Generationen nur mit sich selbst befruchtete Inzuchtlinien (Abb. 44) aus, die dann miteinander gekreuzt wurden. Das Kreuzungsprodukt der ersten Generation ist einheitlich und sehr leistungsfähig, sprich ertragreich, der sogenannte „Heterosis-Effekt“. Bei den Folgegenerationen kommt es jedoch zu einem starken Ertragseinbruch, weswegen nach der Umstellung von „samenfestem“ Saatgut auf Hybrid-Saatgut jedes Jahr neues Hybrid-Saatgut angebaut werden muss (BECKMANN 2009). Einerseits erzielt man als Bauer* Bäuerin dadurch höhere Erträge, andererseits begibt man sich durch diese Umstellung in die Abhängigkeit der Saatgut-Konzerne.

Immer wieder „passiert“ in der Natur die sogenannte „Polyploidisierung“, das heißt, eine Vervielfachung des Chromosomensatzes. Dies kann innerhalb einer Art der Fall sein, wenn die Reduktionsteilung durch gewisse Störungen (Gift, Stress, Kälte usw.) nicht funktioniert (Autopolyploidie). Oder es kreuzen sich verschiedenen Arten und kombinieren ihre Chromosomen (Allopolyploidie). Dabei entstehen Sippen mit einer doppelten oder mehrfachen Anzahl an Chro-



Abb. 41: Die unterschiedlichen Blätter von Moor-Birken (*Betula pubescens* s. lat.) – 2021 im Ibmermoor – verursacht durch Hybridisierungsprozesse



Abb. 42: Übergangsformen zwischen der Leg-Föhre bzw. Latsche (*Pinus mugo* s. str.) und der Rot-Föhre (*P. sylvestris*) – 2012 im Grafmoos im Ibmermoor



Abb. 43: Die in Asien natürliche entstandene Hybride *Miscanthus x giganteus* – entstanden aus *M. sacchariflorus* x *M. sinensis* – wird bei uns heute verbreitet als Energiepflanze („Elefantengras“) angebaut – hier 2012 in Mining im Innviertel.



Abb. 44: Erhaltungszüchtung von „Linienraps“ (*Brassica napus*) – die Säckchen („IsoBags“) schützen vor Fremdbestäubung und die Pflanzen bleiben aufgrund der Selbstbestäubung in ihrem Phänotyp – Fremdbestäubung würde Hybridisierung bedeuten und ist in diesem Fall unerwünscht.
Foto: Heinrich Schrems



Abb. 45: Triticale – die gezüchtete Gattungshybride zwischen weiblichem Saat-Weizen (*Triticum aestivum*) und männlichem Roggen (*Secale cereale*) – heute ein verbreitetes Futtergetreide für Rinder und Schweine



Abb. 46: Die beliebten Forsythien unserer Gärten sind meist künstliche Hybriden (*Forsythia* × *intermedia*) von aus China stammenden Elternarten (FISCHER u. a. 2008, BÖHLMANN 2009).

mosomensätzen, was zur Entstehung neuer Arten führen kann. Polyploide Pflanzen sind normalerweise kräftiger als ihre Ausgangsarten und bekommen in der Regel auch größere Blüten und Früchte. Viele Nutzpflanzen sind Polyploide, wie etwa Kartoffeln, Hafer, Baumwolle, Tabak und Weizen. Um neue polyploide Formen mit speziellen Eigenschaften hervorzu- bringen, kreuzen Pflanzengenetiker heute Pflanzen unter Einsatz von chemischen Substanzen, die Fehler bei der Meiose (Reduktionsteilung) und Mitose (Kernteilung) auslösen (CAMPELL U. REECE 2006). Bei Tieren ist Polyploidie dagegen selten und bewirkt meist eine tödliche Veränderung des Erbguts.

Genome Editing

Heute wird in der Pflanzenzüchtung neben den klassischen Methoden mit biotechnologischen, chemischen und physikalischen Verfahren gearbeitet. Mit „Genschere“ und „Genkanonen“ werden Pflanzen- und Tiereteile in das Erbgut eingeschleust bzw. eingeschossen. Zusätzlich werden die Pflanzen bestrahlt, mit Bakterien infiziert und anderen Extrembedingungen ausgesetzt (BECKMANN 2009). Mit den alten, klassischen Methoden dauerte die Züchtung einer neuen Sorte etwa 15 bis 20 Jahre; mit den neuen Methoden kommt man wesentlich schneller ans Ziel. Schnell, einfach und preiswert ist dabei die Genschere „Crispr/Cas9“, die von der Französin Emmanuelle Charpentier und der US-Amerikanerin Jennifer Doudna entwickelt wurde (JINEK u. a. 2012), wofür die beiden Wissenschaftlerinnen 2020 mit dem Chemie-Nobelpreis geehrt wurden. Mit diesem Instrument betreibt man heute „Genome Editing“.

Züchtungsziele bei Kulturpflanzen sind Eigenschaften wie Herbizid- und Trockentoleranz, Insekten-, Pilz- und Krankheitsresistenz, Winterfestigkeit, eine gewisse Pflanzenlänge, Standfestigkeit, eine verlängerte Haltbarkeit oder bestimmte Inhaltsstoffe wie Vitamine, Mineralstoffe, verbesserte Aminosäuren, Aromen usw. (MIEDANER 2010). Ein klassisches Produkt der Pflanzenzüchtung ist etwa Triticale (Abb. 45), die Gattungshybride zwischen Weizen (*Triticum aestivum*) und Roggen (*Secale cereale*) oder der Bastard-Lolch, ein Futtergras im Feldfutterbau, die Hybride aus dem Vielblütigen Lolch (*Lolium multiflorum*) und dem Ausdauernden Lolch

(*L. perenne*). Heute wird bei vielen wichtigen Kulturpflanzen Pflanzenzüchtung mit gentechnischen Methoden betrieben, so etwa bei Mais, Weizen, Raps, Sojabohnen, Baumwolle, Wein, Reis, Zuckerrüben und viele mehr.

Grüne Gentechnik

Neben dem vertikalen Gentransfer, also der Weitergabe der Gene von Generation zu Generation, gibt es auch den horizontalen Gentransfer. Darunter versteht man die Weitergabe genetischen Materials außerhalb der sexuellen Fortpflanzungswege und unabhängig von bestehenden Artgrenzen. Schon länger war bekannt, dass Gene zwischen verschiedenen Bakterienarten ausgetauscht werden. Neuere Untersuchungen zeigen, dass auch der Austausch von Genen zwischen höheren Pflanzenarten nicht selten ist. DUNNING u. a. (2019) wiesen dies zum Beispiel bei Gräsern nach. Häufig findet man Gene oder Genfragmente aus Agrobakterien in Kulturpflanzen (BECKMANN 2009). Die Fähigkeit von Agrobakterien zum natürlichen Gentransfer wird in der „Grünen Gentechnik“ genutzt, um Fremdgene in Pflanzen einzuschleusen. Horizontaler Gentransfer ist heute ein Hotspot der biologischen Forschung. Man ist erst am Beginn, den Mechanismus hinter dem horizontalen Gentransfer zwischen Lebewesen zu verstehen.

Ein weiteres Instrument der „Grünen Gentechnik“ ist die somatische Hybridisierung, bei der nicht zwei Pflanzen in natura gekreuzt, sondern Protoplasten (lebensfähige Zellinhalte) im Labor fusioniert werden. Als Paradebeispiel für diese Technologie ist der herbizidresistente transgene Raps (*Brassica napus*) zu nennen, der vor allem in Amerika, Kanada und Australien angebaut wird. In Österreich ist der Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen („GV-Pflanzen“) grundsätzlich verboten. Deren Einsatz kann zu Resistenzbildung und zum Aufkommen von „Superunkräutern“ führen, die in Folge eine enorme Steigerung des Pestizideinsatzes mit sich bringen. Eine große britische Studie über ökologische Auswirkungen des Anbaus von transgenen Nutzpflanzen (Raps und Zuckerrüben) im Jahre 2003 wies massive negative Auswirkungen auf die Vielfalt von Ackerwildkräutern, Vögeln und Insekten nach (COGHLAN 2003, BECKMANN 2009).



Abb. 47: Eine *Primula*-Hybride aus der „*Elatior*-Gruppe“ 2010 in einem Rasen des Friedhofs Peterskirchen – solche Hybriden bilden nach dem Auspflanzen meist viele unterschiedliche Farbvarianten und kreuzen sich auch leicht mit der heimischen Wald-Primel (*Primula elatior*).



Abb. 48: Das beliebte Stiefmütterchen (*Viola × wittrockiana*) – verwildert oft auf Friedhöfen, in Gärten und Parkanlagen – hier 2020 an einem Straßenrand im Ortszentrum von St. Martin im Innkreis.



Abb. 49: Die Hybride *Hylotelephium 'Matrona'* – eine verwilderte Pflanze 2015 an einer Böschung nahe der Antiesenmündung in St. Marienkirchen bei Schärding (det. Christian Kreß)



Abb. 50: Garten-Petunien (*Petunia × hybrida*) sind Hybriden, die Samen bilden und leicht verwildern können – wie hier 2012 im Ortszentrum von Mining im Innviertel.

Eltern unbekannt

Eine weitere Sparte der Pflanzenzüchtung betrifft die Zierpflanzen. Auch dort wird gesammelt, selektiert, geforscht, gezüchtet und vermehrt. Der weltweite Markt für Zierpflanzen ist riesig. Unter den Gartenpflanzen, egal ob krautige Pflanzen oder Gehölze, gibt es besonders viele Hybriden (JÄGER u. a. 2008, BÖHLMANN 2009). Die gewünschten Eigenschaften werden entweder durch Züchtung erzielt oder zufällig an lebenden Individuen festgestellt, die in der Folge entsprechend vermehrt werden (Abb. 46 bis 50). Eine allseits bekannte Kulturhybride ist die Ananas-Erdbeere (*Fragaria × ananassia*), die vor allem aus Kreuzungen der beiden amerikanischen Arten Chiloë-Erdbeere (*F. chiloënsis*) und Virginische Erdbeere (*F. virginiana*) hervorging (FISCHER u. a. 2008).

Oft ist die Hybridnatur nicht mehr im Namen erkennbar, weil im Gartenhandel hauptsächlich Sortennamen verwendet werden. So verbirgt sich etwa hinter *Hylotelephium 'Matrona'* (Abb. 49) eine Hybride aus dem Kreuzungskomplex der Purpur-Waldfett henne (*H. telephium*) mit der aus Asien stammenden Schönen Wald-

fettheine (*H. spectabile*) und weiteren Arten (KÖHLEIN 2002). Bei manchen Zierpflanzen weiß man sogar die Eltern heute nicht mehr, wie etwa bei den Funkien (*Hosta* spp.), den Taglilien (*Emmerocallis* spp.), den Seerosen (*Nymphaea* spp.), den Petunien (*Petunia × hybrida* – Abb. 50) und vielen anderen. Auch die Garten-Tulpe (*Tulipa gesneriana* – Abb. 1) ist eine Sammel-„Art“, die ca. 5000 meist sterile Hybrid-Sorten umfasst (JÄGER u. a. 2008).

Schiege, Tigon & Liger

Aber nun wieder zurück zum Tierreich, wo die Züchtung von Nutztieren nicht minder effektiv abläuft, wie man an den heutigen fettarmen Mastschweinen und an den Hochleistungsmilchkühen („Turbokühen“) unschwer erkennen kann. Züchtung wird jedoch nicht nur bei den klassischen Nutztieren betrieben, sondern auch zu kuriosen Zwecken, etwa bei künstlichen Kreuzungen zwischen Ziegen und Schafen, sogenannte „Schiegen“, oder zwischen Löwen und Tigern (WITSTRUK u. ZERNAHLE 1982). Der etwa bis zu einer halben Tonne schwer werdende Liger ist eine Kreuzung zwischen einem männlichen Löwen

und einem weiblichen Tiger. Die umgekehrte Kreuzungsform ergibt den zwergwüchsig bleibenden Tigon. Solche Mischwesen werden scheinbar aus Jux und Tollerei gezüchtet. „Lustige Tierhybriden“ werden nicht nur als Fotomontagen in Büchern, auf Kalendern und auf Internetseiten angeboten, sondern leider auch tatsächlich „gezeugt“ und in die Welt gesetzt.

Aber nicht genug: Vor einigen Jahren wurde in Amerika ein Mischwesen gezüchtet, das Zellen von Menschen und Schweinen enthält. Vier Wochen lang entwickelten sie sich im Körper einer Sau. In derartigen Chimären sollen in Zukunft gezielt Organe für Transplantationen herangezüchtet werden. Weiters können mithilfe der heutigen Genschere die Organe von Schweinen bereits sehr weit an den Menschen angepasst werden (IZPISÚA BELMONTE 2016). In China hat man inzwischen auch Embryonalzellen von Menschen und Affen gekreuzt, um zu sehen, wie sich solche Chimären entwickeln (TAN u. a. 2021, SUBBARAMAN 2021).

Nachdem in China 2018 das erste „Designerbaby“ zur Welt gebracht wurde (CYRANOSKI 2019, LOVELL-BADGE 2019), kam es zu einer weltweiten

Welle der Empörung und zu heftigen bioethischen Debatten über Human Genome Editing. Diese Technik könnte zwar Krankheiten besiegen und menschliches Leid verhindern, aber auch hochgezüchtete Designer-Menschen produzieren mit einem Bündel an Folgeproblemen. Erwecken wir nun die Chimären der Antike und die Zombies unserer Fantasiewelt zum Leben? Wie sollen wir diese großen Fragen beantworten und die enormen Risiken in den Griff bekommen, wenn die Gesellschaft jetzt schon mit anderen Problemen kaum zurecht kommt? Willkommen, du schöne, neue, grausame Welt!?

Dank

Für Fotos, Informationen oder Literaturhinweise danke ich Dr. Anton Bär, Dr. Manfred Fischer, Dr. Thomas Gregor, Dr.ⁱⁿ Irmgard Greilhuber, Dipl.-Päd. Reinald Katzinger, Mag.^a Irene und Christian Keller, Dr.ⁱⁿ Julia Kruse, Hermann Lachmair, Mag. Peter Pilsl, Christa und Thomas Pumberger, Dr. Josef Reichholf, Dr.ⁱⁿ Luise Schratt-Ehrendorfer, Heinrich Schrems, Dr. Hendrik Schubert und Mag. Dr. Oliver Stöhr.

Glossar

agg. = aggregatum = Artengruppe (schwer unterscheidbare Kleinarten)

conf. = confer = vergleiche

det. = determinare = bestimmen

ser. = series = Serie (wird zur Einordnung von Arten innerhalb einer Gattung verwendet)

s. lat. = sensu lato = im weiteren Sinn (kennzeichnet formenreiche Arten, inklusive Kleinarten)

sp. = species indeterminata = Art unsicher (bezeichnet nur bis zur Gattung bestimmte Arten)

ssp. = schließt mehrere Arten einer Gattung ein

s. str. = sensu stricto = im engeren Sinn (kennzeichnet formenreiche Arten, exklusive Kleinarten)

subsp. = subspecies = Unterart

var. = varietas = Varietät

x = Kreuzung (Hybride) zwischen zwei oder auch mehr Arten

Literatur

AUBERT M., LEBER R., OKTAVIANA A. A. u. a. (2019): Earliest hunting scene in pre-historic art. *Nature* 576: 442–445. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1806-y> (Abfrage: 28. 1. 2023).

BÄR A., BENNERT H. W., CZICHOWSKI H.-J., FUCHS J., GAUSMANN P., IVANOVA D., JÄGER W., NEUROTH R., THIEL H., THIEMANN R., ZENNER G. (2020): Der *Dryopteris affinis*-Komplex (Dryopteridaceae) im Harz – Identifizierung, Verbreitung, Ökologie. *Tuexenia* 40: 345–371.

BENNERT H. W., BÄR A., FREIGANG J., FUCHS J., SCHNITTLER M. (2022): Taxonomic uncertainty and a conundrum: Reassessing the tetraploid taxa of the *Dryopteris affinis* complex (Dryopteridaceae). *Nova Hedwigia* 114: 487–518.

BERNE E. (1961): Transactional Analysis in Psychotherapy: A Systematic Individual and Social Psychiatry. 2006 übersetzt ins Deutsche von Ulrike Müller. Paderborn, Junfermann.

BLEEKER W., SCHMITZ U., RISTOW M. (2008): Ist Hybridisierung mit Neophyten eine Bedrohung für indigene Pflanzenarten? *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 60: 11–16.

BÖHLMANN D. (2009): Hybriden bei Bäumen und Sträuchern. Weinheim, Wiley-Vch.

BRUNNINGER B., REICHOLF-RIEHM H. (2011): Die Schwarz-Pappel (*Populus nigra* str.) am unteren Inn. *Stapfia* 95: 92–98.

CAMPBELL N. A., REECE J. B. (2006): Biologie. 6. Auflage. Deutsche Übersetzung herausgegeben von J. Markl. München, Boston u. a., Pearson Studium.

CAMPBELL S. A., HALITSCHKE R., THALER J. S., KESSLER A. (2014): Plant mating systems affect adaptive plasticity in response to herbivory. *The Plant Journal* 78(3): 481–490. DOI: <https://doi.org/10.1111/tpl.12492> (Abfrage: 29. 1. 2023).

COGHLAN A. (2003): GM crops can be worse for environment. Internet: <http://www.newscientist.com/article/dn4283.html> (Abfrage: 24. 1. 2023).

CRYAN J. F., DINAN T. G. (2012): Mindaltering microorganisms: the impact of the gut microbiota on brain and behaviour. *Nature Reviews Neuroscience* 13: 701–712. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn3346> (Abfrage: 29. 1. 2023).

CYRANOSKI D. (2019): The CRISPR-baby scandal: what's next for human gene-editing. *News Nature*. *Nature* 566: 440–442. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00673-1> (Abfrage: 24. 1. 2023).

DARWIN C. R. (1859): On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. London, John Murray.

DUNNING L. T., OLOFSSON J. K., PARISOD C., ROY CHAUDHURY R., MORENO-VILLENA J. J., YANG Y., DIONDORA J., QUICK W. P., PARK M., BENNETZEN J. L., BESNARD G., NOSIL P., OSBORNE C. P., CHRISTIN P.-A. (2019): Lateral transfers of large DNA fragments spread functional genes among grasses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI: 10.1073/pnas.1810031116 (Abfrage: 24. 1. 2023).

FISCHER M. A. (2015): Einführung in die Taxonomie. In: FISCHER M. A. u. a.: Burgenlandflora – Die Pflanzenwelt des Burgenlands. Naturschutzbund Burgenland. Internet: <http://burgenlandflora.at/einfuehrung-in-die-taxonomie/> (Abfrage: 23. 1. 2023).

FISCHER M. A., OSWALD K., ADLER W. (2008): Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. 3. Auflage. Linz, Oö. Landesmuseen.

FISCHER M. S., HOSSFELD U., KRAUSE J., RICHTER S. (2019): Jenaer Erklärung – Das Konzept der Rasse ist das Ergebnis von Rassismus und nicht dessen Voraussetzung. *Biologie in unserer Zeit* 49: 399–402.

GRANT M. C., PROCTOR V. W. (1971): *Chara vulgaris* and *C. contraria*: Patterns of reproductive isolation for two cosmopolitan species complexes. *Evolution* 26: 267–281.

GREGOR T., BERGHOFER M., BREITFELD M., CHRISTENSEN E., CIONGWA P., EHMKE W., GÖTTE R., HÖCKER R., LAUTERBACH D., MAUSE R., MEIEROTT L., NIEDERBICHLER C., RISTOW M., SCHRÖDER C. N., ZAHLHEIMER W. A., MUTZ S. (2021): Ergebnisse der Arbeitsgruppe Durchflusszytometrie „FC2020“: *Viola*, *Sanguisorba*, *Koeleria* und *Scrophularia*. *Kochia* 14: 75–93.

HASSLER M., MUER T. (2022): Flora Germanica. Alle Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands in Text und Bild. Band 1. Ubstadt-Weiher, Verlag Regionalkultur.

HEINZE B., SLUNSKY R. (2014): Gutachten betreffend Probenmaterial von Schwarz-Pappel-Sämlingen am Unteren Inn in Oberösterreich für Dr. Josef Eisner, Technisches Büro für Biologie, Grünmarkt 1, 4400 Steyr sowie Ing. Mag. Dr. Johann Reschenhofer, BH Braunau. Molekulargenetische Prüfung der biologischen Arten, der Identität und der Verwandtschaft. Wien, BFW.

HÖRANDL E. (2022): Novel Approaches for Species Concepts and Delimitation in Polyploides and Hybrids. *Plants* 11(2), 204. Internet: <https://doi.org/10.3390/plants11020204> (Abfrage: 7. 2. 2023).

HÖRANDL E., FLORINETH F., HADACEK F. (2002): Weiden in Österreich und angrenzenden Gebieten. Wien, Eigenverlag des Arbeitsbereiches Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie, Universität für Bodenkultur Wien.

HOHLA M. (2006): *Bromus diandrus* und *Eragrostis multicaulis* neu für Oberösterreich sowie weitere Beiträge zur Kenntnis der Flora des Innviertels. *Beitr. Naturk. Oberösterreichs* 16: 11–83.

HOHLA M. (2022): Flora des Innviertels. *Stapfia* 115: 1–720.

HOHLA M., SCHOLZ H. (2011): Zwei neue indigene *Elytrigia*-Arten (Poaceae) der Flora Mitteleuropas. *Stapfia* 95: 46–54.

HOHLA M., STÖHR O., BRANDSTÄTTER G., DANNER J., DIEWALD W., ESSL F., FIEREDER H., GRIMS F., HÖGLINGER F., KLEESADL G., KRAML A., LENGELACHNER F., LUGMAIR A., NADLER K., NIKLFELD H., SCHMALZER A., SCHRATT-EHRENDORFER L., SCHRÖCK C., STRAUCH M., WITTMANN H. (2009): Katalog und Rote Liste der Gefäßpflanzen Oberösterreichs. *Stapfia* 91: 1–324.

IZPISÚA BELMONTE J. C. (2016): Human Organs from Animal Bodies. *Sci Am*. 315(5): 32–37. DOI: 10.1038/scientificamerican1116-32 (Abfrage: 24. 1. 2023).

- JÄGER E. J., EBEL F., HANELT P., MÜLLER G. K. (2008): Exkursionsflora von Deutschland. Band 5: Krautige Zier- und Nutzpflanzen. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.
- JINEK M., CHYLINSKI K., FONFARA I., HAUER M., DOUDNA J. A., CHARPENTIER E. (2012): A Programmable Dual-RNA–Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity. *Science* 337, Nr. 6096: 816–821. Internet: DOI:10.1126/science.1225829 (Abfrage: 5. 2. 2023).
- KEULER R., GARRETSON A., SAUNDERS T., ERICKSON F. J., ST ANDRE N., GREWE F., SMITH H., LUMBSCH H. T., HUANG J.-P., ST CLAIR L. L., LEAVITT S. D. (2020): Genome-scale data reveal the role of hybridization in lichen-forming fungi. *Sci Rep.* 10(1): 1497.
- KLUGE F. (1989): Etymologisches Wörterbuch der deutschen Sprache, 22. Auflage, völlig neu bearbeitet von E. Seebold. Berlin, New York, Walter de Gruyter.
- KÖHLEIN F. (2002): *Sedum* L. in: SIMON H.: Die Freiland-Schmuckstauden. Handbuch und Lexikon der Gartenstauden (Begr. von JELITTO L. u. SCHACHT W.), Band 2: I bis Z. Stuttgart, Ulmer: 842–848.
- KOUTECKÝ P., PRANČL J., KOŠNAR J., KOUTECKÁ E., HANZLÍČKOVÁ J., LUČANOVÁ M., NEJEDLÁ M., KAPLAN Z. (2021): Waking up from a taxonomist's nightmare: emerging structure of *Ranunculus* section *Batrachium* (Ranunculaceae) in central Europe based on molecular data and genome sizes. *Botanical Journal of the Linnean Society* XX: 1–21.
- KRAUSCH H.-D. (2007): „Kaiserkrone und Päonien rot ...“. Von der Entdeckung und Einführung unserer Gartenblumen. München, Deutscher Taschenbuchverlag.
- KRAUSE J., TRAPPE, T. (2021): Hybris. Die Reise der Menschheit zwischen Aufbruch und Scheitern. Berlin, Propyläen.
- KRUSE J., THIEL H., KLENKE F., THINES M., KUMMER V. (2016): Bemerkenswerte Funde phytoparasitischer Kleinpilze (6). *Zeitschrift für Mykologie* 82(2): 459–479.
- KUNZ W. (2001): Was ist eine Art?: In der Praxis bewährt, aber unscharf definiert. *Biologie in unserer Zeit* 32(1): 10–19.
- LACHMAIR H. (2021): Neufund der Hybride zwischen Wohlriechender Händelwurz und Zweifarbigem Kohlröschen im oberösterreichischen Alpenraum. *Stapfia* 112: 97–103.
- LATOUR B. (2001): Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie. Frankfurt am Main, Suhrkamp Verlag.
- LATOUR B. (2008): Wir sind nie modern gewesen – Versuch einer symmetrischen Anthropologie. Berlin, Suhrkamp Verlag.
- LATOUR B. (2022): Kampf um Gaia. Acht Vorträge über das neue Klimaregime. 2. Auflage. Berlin, Suhrkamp Verlag.
- LEPŠÍ M., LEPŠÍ P. (2019): *Stellaria ruderalis*, a new species in the *Stellaria media* group from central Europe. *Preslia* 91(4): 391–420.
- LOVELL-BADGE R. (2019): CRISPR babies: a view from the centre of the storm. *Development* 146(3). <https://doi.org/10.1242/dev.175778> (Abfrage: 24. 1. 2023).
- LOVELOCK J. (1991): Das Gaia-Prinzip. Die Biographie unseres Planeten. Zürich, München, Artemis und Winkler.
- MALLET J. (2007): Hybrid speciation. *Nature* 446: 279–283.
- MARGULIS L. (1981): Symbiosis in Cell Evolution: Life and its environment on the Early Earth. San Francisco, W. H. Freeman and Company.
- MAYR E. (1942): Systematics and the Origin of Species. Cambridge, Columbia University Press.
- MCCRACKEN M. D., PROCTOR V. W., HOTCHKISS A. T. (1966): Attempted Hybridization between Monoecious and Dioecious Clones of *Chara*. *American Journal of Botany* 53(9): 937–940.
- MELZER H. (2008): *Poa compressa* × *P. nemoralis* = *P. × figertii* – neu für Niederösterreich und die Frage nach der Sinnhaftigkeit der Benennung von Hybriden mit Binomen. *Neireichia* 5: 111–113.
- MENDEL G. (1866): Versuche über Pflanzen-Hybriden. Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn 4: 3–47.
- MIEDANER T. (2010): Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Frankfurt am Main, DLG-Verlag.
- NIETZSCHE F. (1878): Menschliches, Allzumenschliches. Sämtliche Werke. Kritische Studienausgabe in 15 Bänden, Band 2, hrsg. von G. Colli u. M. Montinari. München, Deutscher Taschenbuchverlag.
- NIETZSCHE F. (1887–1889): Nachgelassene Fragmente. Herbst 1885 bis Anfang Januar 1889, 2. Teil: November 1887 bis Anfang Januar 1889. Sämtliche Werke. Kritische Studienausgabe in 15 Bänden, Band 13, hrsg. von G. Colli u. M. Montinari. München, Deutscher Taschenbuchverlag.
- NOLTE A. W., TAUTZ D. (2020): Understanding the onset of hybrid speciation. *Trends in Genetics* 26: 54–58.
- O'MALLEY M. K., ELLIS J. D., ZETTEL C. M. (2009): Differences between European and African Honey Bees. *Entomology and Nematology Department, UF/IFAS. ENY-147*. Internet: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/in784> (Abfrage: 25. 1. 2023).
- PAUN O., STUESSY T.F., HÖRANDL E. (2006): The role of hybridization, polyploidization and glaciation in the origin and evolution of the apomictic *Ranunculus cassubicus* complex. *New Phytol.* 171: 223–236.
- PETRI F. E. (1863): Handbuch der Fremdwörter. Zwölfte Auflage. Leipzig, Arnoldsche Buchhandlung.
- PRESTON C. D. (1995): Pondweeds of Great Britain and Ireland. BSBI Handbook No. 8. London, Botanical Society of the British Isles.
- REDDY C. R. K., FUJITA Y., BAJAJ Y. P. S. (1994): VII.1 Somatic Hybridization in Algae. In: BAJAJ Y. P. S. (Hrsg.): Somatic Hybridization in Crop Improvement I Biotechnology in Agriculture and Forestry, vol. 27. Berlin, Heidelberg, Springer: 483–502.
- REICHHOLF J. (2015): Einhorn, Phönix, Drache. Woher unsere Fabeltiere kommen. 2. Auflage. Frankfurt am Main, Fischer Taschenbuch.
- ŠARHANOVÁ P., SHARBEL T. F., SOCHOR M., VAŠUT R. J., DANČÁK M., TRÁVNÍČEK B. (2017): Hybridization drives evolution of apomicts in *Rubus* subgenus *Rubus*: evidence from microsatellite markers. *Ann. Bot. (Oxford)* 120: 317–328.
- SAWANGPROH W., CRONBERG N. (2021): Evidence for interspecific hybridization in bryophytes during pre-molecular and molecular eras. *Bry. Div. Evo.* 43(1): 180–205.
- SCHIEHMANN G. (2004): 1.5 Natur – Kultur und ihr Anderes. In: JAEGER F. u. LIEBSCH B. (Hrsg.): Handbuch der Kulturwissenschaften, Band 1: Grundlagen und Schlüsselbegriffe. Stuttgart, Weimar: J. B. Metzler: 60.
- SCHWEIGERT A. (1994): Der Wolpertinger oder der gehörnte Hase. Eine ernsthafte Untersuchung eines bayerischen Phänomens. München, Ludwig.
- STACE C. A. (1975): Hybridization and the Flora of the British Isles. London, New York, San Francisco, Academic Press.
- STACE C. A., PRESTON C. D., PEARMAN D. A. (2015): Hybrid Flora of the British Isles. Bristol, Botanical Society of Britain & Ireland.
- STEENSELS J., GALLONE E. B., VERSTREPEN K. J. (2021): Interspecific hybridization as a driver of fungal evolution and adaption. *Nature Reviews Microbiology* 19: 485–500.
- SUBBARAMAN N. (2021): First monkey-human embryos reignite debate over hybrid animals. *Nature* 592: 497. DOI: <https://doi.org/10.1038/d41586-021-01001-2> (Abfrage: 24. 1. 2023).
- TAN T., WU J., CHENYANG S., SHAOXING D., u. a. (2021): Chimeric contribution of human extended pluripotent stem cells to monkey embryos ex vivo. *Cell* 184(8): 2020–2032. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2021.03.020> (Abfrage: 24. 1. 2023).
- WEHNER R., GEHRING W. (2013): Zoologie. 25. Auflage. Stuttgart, Georg Thieme Verlag.
- WERTHEIMER J. (2022): Mischwesen. Tiere, Menschen, Emotionen. Fröhliche Wissenschaft, Bd. 211. Berlin, Matthes & Seitz.
- WILEY E. O. (1978): Evolutionary species concept reconsidered. *Syst. Zool.* 1978(27): 17–26.
- WILLMANN R. (2004): Artbegriffe und die Struktur der Biologischen Art. *Denisia* 13: 619–633.
- WITTMANN-MEIXNER B. (1989): Polyploidie bei Pilzen, unter besonderer Berücksichtigung der Boletales: Möglichkeiten eines cytofluorometrischen Nachweises. *Bibliotheca mycologica* 131. Berlin, Stuttgart, J. Cramer.
- WITSTRUK K.-G., ZERNAHLE K. (1982): Nachweis eines Ziegen-Schaf-Bastards. *Biologische Rundschau* 20: 32–34.