Pflanzliche Sekundärstoffe: ethnobotanische Überlegungen zu ihrer Bedeutung für die menschliche Ernährung und die Medizin

Rainer Nowack, Lindau

Abschlussarbeit des Zertifikatsstudiengangs (CAS) „Ethnobotanik und Ethnomedizin“ der Universität Zürich, 2014.

Betreuerin: Dr. Caroline Weckerle, Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich

Diese Arbeit widme ich **Inge Feld** und
Friedhelm Schulz, deren Biologie-Unterricht mich in den lange vergangenen 1970er Jahren begeistert hat.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Zusammenfassung	5
2.	Vorbemerkung	6
3.	Nahrung und/oder Medizin? Unterschiedliche Karrieren von Pflanzen im Dienste des Menschen	7
4.	Der Herbivor Mensch	8
5.	Co-Evolution von Pflanzen und Tieren	9
5.1.	Die sogenannten pflanzlichen Sekundärstoffe	10
5.1.1.	Sensorisches Erkennen der Sekundärstoffe	11
5.1.2.	Detoxifikation von Sekundärstoffen	14
5.1.3	Instrumentierung von Sekundärstoffen: Beispiele und Modelle für Krankheits-Induktion und -Protektion	16
6.	Pflanzendomestikation im Neolithikum	18
7.	Nüsse - die ideale pflanzliche Nahrung?	20
8.	Sekundärstoffe in Nahrungspflanzen	28
8.1.	Palmfarne (*Cycas*-Arten) und die Guam-Disease	28
8.2.	Adlerfarne	30
8.3.	Sekundärstoffe in domestizierten Nahrungspflanzen überregionaler Bedeutung	32
8.3.1.	Leguminosen – Eiweißlieferanten mit beherrschter, aber nicht eliminierter Toxizität	32
8.3.1.1.	Saubohne (*Vicia faba*) und Favismus	33
8.3.1.2.	Lathyrismus	35
8.3.1.3.	Lupinen und toxische Alkaloide	37
8.3.2.	Weitere Nahrungspflanzen mit problematischen Sekundärstoffen	38
8.3.3.	Getreide – die erfolgreichsten Nahrungspflanzen	40
8.3.3.1.	Domestikationsziele bei Getreiden	41
8.3.3.2.	Domestikation von Reis	44
8.3.3.3.	Die Rolle einzelner Inhaltsstoffe für den Erfolg der Gräser	46
8.3.3.4.	Durch Getreide verursachte Toxizität und Mangelerscheinungen	47
8.3.3.5.	Wildgetreide - was lehren sie uns über die Domestikation?	48
8.3.3.5.1.	Sogenannter Wildreis (*Zizania* spec.)	48
8.3.3.5.2.	Manna-Schwaden *(Glyceria fluitans)*	49
9.	Sekundärstoffe willkommen: Gemüse, Genussmittel, Gewürze, Arzneipflanzen	50
9.1.	Kompass-Lattich und Gift-Lattich	51
9.2.	Genussmittel und Gewürze aus Wildsammlungen oder aus naturnahem Anbau	53
10.	Von der Wildpflanze zur „heimatlosen“ Kulturpflanze: Grundmuster der Domestikation und der Pflanzen-Verwendung	56
10.1.	Domestikations-Stadien einiger Lauch-Arten	56

10.2.	Aus einer botanischen Spezies entsteht Sorten- und Produktvielfalt	59
10.3.	Genetische Basis der Domestikation	60
10.4.	Das „me too“ Prinzip: Substitution in der Pflanzennutzung	62
10.4.1.	Folgenschwere Verwechslungen und die Aristolochiasäure-Toxizität	67
11.	Auswirkungen der Domestikation auf die Ökologie und den Menschen	69
11.1.	Bedrohung und Ausrottung	69
11.2.	Genetische Isolation und Verlust der Vitalität	72
11.3.	Domestizierte Pflanzen behaupten sich in der naturnahen Landschaft	73
11.4.	Wie verändert sich der Mensch?	77
12.	Schlussbetrachtung	79
13.	Danksagung	85
14.	Literatur	86
15.	Links	9

1. Zusammenfassung

Die sogenannten Sekundärstoffe der Pflanzen haben spezifische Funktionen für den pflanzlichen Organismus und seine ökologische Position, beispielsweise zur Abwehr von Herbivoren oder zur Attraktion bestäubender Insekten. Herbivoren einschließlich des Menschen haben infolge von Co-Evolution mit den Pflanzen Transportproteine, Enzyme und weitere Instrumente erworben, um geeignete Sekundärstoffe zu resorbieren, zu metabolisieren oder für eigene Zwecke zu instrumentalisieren, und andererseits toxische Sekundärstoffe zu meiden, nach Resorption auszuscheiden oder zu detoxifizieren. Obwohl der Mensch damit zur Ernährung von einer breiten pflanzlichen Vielfalt befähigt ist, beschränkt er sich seit dem Neolithikum auf wenige domestizierte Pflanzen, deren Nähr- und Sekundärstoffe er in großer Menge aufnimmt. Am Beispiel bedeutender Nahrungspflanzen zeigt sich, dass die in den Wildarten vorliegenden Sekundärstoffe nicht zwingend für ihre Auswahl zur Domestikation ausschlaggebend waren. So wurde die Ernährung von nährstoffreichen und Toxin-freien Nüssen nach dem mesolithitischen „Nut age“ wieder verlassen, um statt dessen Leguminosen mit toxischen Sekundärstoffen zur Ernährung zu domestizieren. Den Kanon kultivierter Nahrungspflanzen können biogeographische Zufälle plausibler als die Annahme einer herausragenden Eignung ihrer wilden Vorläufer erklären. Grundmuster der Pflanzen-Verwendung wie die speziell in Notlagen praktizierte Substitution machen die prinzipielle Eignung vieler Pflanzen zur Domestikation wahrscheinlich. Diese unterbleibt, weil mit Spezies-spezifischen Anbau- und Erntetechniken und Lebensmitteln eine kulturelle Fixierung auf die früh kultivierten „founder crops“ entstanden ist, die einer durchgreifenden Domestikation zu variantenreichen Phänotypen wie im Falle von Kohl und Rübe unterzogen wurden.

Die einseitige Ernährung seit dem Neolithikum hat das Risiko für okkulte Toxizität durch Sekundärstoffe der Nahrungspflanzen ebenso wie für eine Mangel-Syndrome erhöht. Die sensorische Kompetenz des Menschen zur Erkennung von pflanzlichen Bitterstoffen hat sich vermindert, die Kapazität zur Verdauung von Stärke dagegen gesteigert. Nicht vollständig durch Selektion beseitigte Toxine, beispielsweise in *Cycas*, Maniok oder Bohnen müssen durch besondere Zubereitung der Lebensmittel zerstört werden, um sie in großer Menge verzehren zu können. Die Versorgung mit essentiellen und gegen Krankheit protektiven Sekundärstoffen ist nun abgekoppelt von den pflanzlichen Grundnahrungsmitteln und erfolgt durch Gemüse, Gewürze oder höher dosiert und gezielter durch pflanzliche Arzneimittel.

2. Vorbemerkung

Im vorliegenden Text setze ich mich mit Aspekten der menschlichen Nutzung von Pflanzen auseinander, die mich seit Jahren interessieren und über die ich häufig nachgedacht habe. Eine Fülle mir bereits lange kursorisch bekannter Fakten sollen systematisch zur Erhellung von Zusammenhängen aufgearbeitet werden. Die Auswahl der hierzu verwerteten Daten wird nicht mit methodischer Objektivität getroffen, weshalb ein Anspruch auf wissenschaftlich belastbaren Erkenntnisgewinn nicht erhoben wird.

Im besten Fall gilt für dieses persönliche Vorhaben das folgenden Zitat von Ernst Bloch (in „Avicenna und die Aristotelische Linke“): *„Alles Gescheite mag schon siebenmal gedacht worden sein. Aber wenn es wieder gedacht wurde, in anderer Zeit und Lage, war es nicht mehr dasselbe“.*

3. Nahrung und/oder Medizin? Unterschiedliche Karrieren von Pflanzen im Dienste des Menschen

„Nahrung sollte auch unsere Medizin sein.“ Diesem bekannten und bisweilen überstrapazierten Diktum des Hippokrates sei eine aktuelle Aussage des Botanikers Peter Bernhardt von der St. Louis University zur Seite gestellt, mit der er Arbeiten zur Bestäubungs-Biologie wichtiger Nahrungs- und Medizinalpflanzen in Yunnan zusammenfasst:

„The interesting thing about domesticated plants in China is the concept that all plants are food and all foods are medicine. Consequently, our study looks at a number of species that seem atypical to western ideas, but it opens the door to understanding how breeding systems change as farmers select for higher yield plants over many generations.....some of our species are only semi-domesticated, the Chinese allow wild species to colonize and invade their gardens because they have extra resale value as herbal medicines or as flavor additives for traditional dishes. What we learned is that a number of these herbs and veggies have very atypical pollinators like the golden wasp that appears to be the primary pollinator for the bellflower, Codonopsis subglobosa, a local substitute for true ginseng root." (Ren Z-X et al, 2014*)*

In unseren sehr nach Gesundheit und Langlebigkeit strebenden westlichen Zivilisation ist die Hippokratische Devise zum gesellschaftlichen Imperativ geworden, zumal eine kalorisch ausreichende Nahrung wie selbstverständlich vorhanden zu sein scheint. Gesundheitliche Aspekte der Ernährung werden für Nahrungsmitteln immer deutlicher deklariert, wenngleich im Aussageumfang gesetzlich gegenüber denjenigen bei Arzneimitteln eingeschränkt.

Nach den obigen inhaltlich gleichsinnigen Zitaten gibt es graduelle, aber nicht prinzipielle Unterschiede zwischen Anbau- und Wildpflanzen. Aber ist dies heute eine globale Realität auch außerhalb des erwähnten Chinas, oder hat sich in unserer westlichen Zivilisation nicht umgekehrt eine Trennung der zur Ernährung genutzten domestizierten Pflanzen ohne medizinische Wirksamkeit von den häufig noch als Wildtyp gesammelten Medizinalpflanzen vollzogen?

Es ist ein Ziel dieser Arbeit, hierüber Klarheit zu erhalten. Anhand von Beispielen soll untersucht werden, ob sich nicht bereits die wilden Vorläufer der Nahrungspflanzen so grundsätzlich von den übrigen, und speziell den späteren Arzneipflanzen unterschieden, dass sich ihre Entwicklungen quasi zwangsläufig frühzeitig und dauerhaft trennen mussten. Um diese Gegenposition zu den zitierten Aussagen von Hippokrates und Bernhardt zu stützen, werden Belege für die unterstellten trennenden Eigenschaften der beiden Pflanzengruppen gesucht, speziell im Bereich der pharmakologisch wirksamen Inhaltsstoffe.

Daher begleiten jede Einzelbetrachtung der gewählten Pflanzenbeispiele die folgenden Fragen:

1. **Sind die wilden Vorläufer von Nahrungs- und Medizinalpflanzen grundsätzlich so unterschiedlich, so dass ihre jeweiligen Entwicklungen vorausbestimmt waren?**
2. **Welcher Eigenschaften im Einzelnen prädestinieren eine Wildpflanze für eine Domestikation als Nahrungspflanze und welche zur Medizinalpflanze?**
3. **Welche Rolle spielen dabei die Pflanzeninhaltsstoffen der Wildtypen, speziell die Sekundärstoffe?**

Relevant werden konnten besagte trennende Eigenschaften erst, als die gelenkte Domestikation eines Teils der Flora und Fauna durch den Menschen einsetzte, also mit der künstlichen Zuchtwahl nach Darwin. Domestizierte Nahrungspflanzen entstanden ab der Jungsteinzeit oder dem Neolithikum (11.000 - 2200 v. Chr.), als der Mensch sesshaft zu werden begann. Angesichts eines angenommenen Erdalters von 4,2 Milliarden Jahren ist dies eine sehr kurze Epoche der jüngeren Vergangenheit. Dennoch fanden in dieser kurzen Zeitspanne die unsere Fragestellung betreffenden Vorgänge mit enormer Dynamik statt.

Wie die sichtbare Spitze eines Eisberges vom riesigen unter Wasser liegenden Massiv getragen wird, so fußt die Pflanzen-Domestikation auf dem Fundament einer innerhalb von Millionen von Jahren der Co-Evolution erworbenen metabolischen Grundkompetenz des Menschen zur Verwertung pflanzlicher Nahrung und Handhabung ihrer problematischen Inhaltsstoffe.
Daher ist es zum Verständnis der Vorgänge seit dem Neolithikum unerlässlich, zunächst die Resultate dieser Co-Evolution zu rekapitulieren.

4. Der Herbivor Mensch

Der Ur-Mensch war Jäger und Sammler und ein Omnivor, beinahe der einzige in der Ordnung der Primaten, deren Arten sich sonst ausschließlich von Pflanzen ernähren. Während der phylogenetischen Entwicklung zum Menschen haben mehrere einschneidende diätetische Umbrüche stattgefunden. Zum Zeitpunkt ihrer Abspaltung von den Schimpansen vor 4,6 bis 6,2 Millionen Jahren lebten die waldbewohnenden frühen Hominiden (*Ardipithecus ramidus*) von einer breiten Vielfalt pflanzlicher Kost (White TD et al, 2009). Vor 4 Millionen Jahren begann *Australopithecus* als Vorläufer von *Homo* offene Landschaften zu besiedeln. Nun dominierte eine harte, auf die Zähne abravis wirkende Pflanzennahrung, die

vorwiegend von Samen der Savannen-Gräser stammte. Ablesbar ist diese Umstellung u.a. an den sich vergrößernden Zähnen, der Verstärkung des Zahnschmelzes und an Veränderungen der Kiefernmuskulatur (Teaford MF & Ungar PS, 2000).
Die Gattung *Homo* erlernte vor 2,5 Millionen Jahren die Nutzung von Werkzeugen und des Feuers. Pflanzliche Rohstoffe wurden zu neuartigen Lebensmitteln verarbeitet (de Heinzelin J et al, 1999). Es entstand eine duale diätetische Strategie, bei der eine überwiegend pflanzliche Kost um Fleischmahlzeiten ergänzt wurde (Milton K, 2003).
Der vor 200 Tausend Jahren erscheinende moderne Mensch *(Homo sapiens)* verbreitete sich von seinem Entwicklungszentrum in Afrika aus weltweit. Mit der neolithischen Revolution kam es schließlich zu den grundlegenden Umstellungen der Ernährung, wie wir sie bis heute kennen (Ye K & Gu Z, 2011 und Diamond J, 2002).
Trotz aller Veränderungen der Ernährung seit dem Neolithikum definiert das evolutionäre Erbe einer Adaptation der Hominiden an eine vielfältige Pflanzenkost weiterhin auch für den modernen Menschen Umfang und Grenzen der metabolischen Verwertbarkeit von Pflanzen. Die Verdauung von Zellulose bleibt ausgeschlossen, was angesichts der massenhaften Verfügbarkeit dieses Polysaccharids als ein Nachteil erscheinen muss (Krebs JR, 2009) .

5. Co-Evolution von Pflanzen und Tieren

Pflanzen sind als autotrophe Organismen die Basis unserer Existenz, sie wandeln physikalische Sonnenenergie in organische Substanz um, die am Anfang der biologischen Stoffkreisläufe steht. Eine frühzeitige phylogenetische Trennung von Pflanzen und Tieren bedingt ihre grundlegenden Unterschieden in Physiologie und Anatomie, wie sie bereits auf molekularer und zellulärer Ebene erkennbar sind (Beispiel: Aufbau der Biomembranen).
Tierisches Leben steht in viel offenkundigerer Abhängigkeit von Pflanzen, als dass in umgekehrter Richtung der Fall zu sein scheint. Jedoch ist ein von den Tieren völlig autonomes Pflanzenreich ein Trugbild. Es bestehen wechselseitige Abhängigkeiten, die die Diversität der Pflanzen und ihre individuelle Komplexität erst erklären. Interaktionen von Pflanzen mit der Tierwelt sind in besonderer Weise für die Insekten aufgeklärt.
Fremdbestäubte Pflanzen bedienen sich herbivorer Arthropoden für ihre sexuelle Fortpflanzung. Duftstoffe, Nektar und/oder nahrhafte Pollen locken Insekten ins Zentrum ihrer Blüten, wo diese bei der Nahrungsaufnahme zwangsläufig die Befruchtung vollziehen. Die Symbiosen von Pflanzen mit bestäubenden Insekten haben sich über Generationen der Co-Evolution vervollkomnet und als Co-Speziation zur Artbildung geführt. Der Begriff der Co-Evolution wurde erstmals von Mode 1958 (Mode CJ, 1958) eingeführt und später von Ehrlich und Raven (Ehrlich PR & Raven PH, 1964) weiterentwickelt.
In minutiöser wechselseitiger Anpassung ließ die Co-Evolution aufeinander geprägte Arten-Paare entstehen. Die unfehlbare gegenseitige Abstimmung nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip ließ Charles Darwin für Madagaskar einen Schmetterling mit ca. 20 cm langem

Rüssel (Proboscis) prognostizieren, weil die madegassische Orchidee *(Angraecum eburneum)* mit entsprechend langem Blütensporn dessen Existenz zwangsläufig machte. Tatsächlich wurde dieser Nachtfalter Jahrzehnte später auf Madagaskar entdeckt. Der Falter *Xanthopan morgani f.* erhielt zur Erinnerung an Darwins Voraussage den Beinamen *„predicta“ .*

Derart spezifische Symbiosen sind äußerst vulnerabel bei Veränderungen ihres Umfelds. Als man 1820 die in Mittelamerika heimische Orchidee *Vanilla planiflora* auf Bourbon (so hieß das heutige La Réunion damals) zur Gewinnung des begehrten Gewürzes kultivieren wollte, so scheiterte dies, weil ihre bestäubenden hochspezialisierten Bienen der Gattung *Melipona* dort fehlten. Die begehrten Früchte blieben aus, bis der Mensch die Rolle der Insekten übernahm und den Blütenpollen manuell übertrug. Dies soll 1837 zunächst dem Belgischen Botaniker Morren gelungen sein. Auf Réunion schlug seine Technik aber offenbar fehl, und es dauerte angeblich bis 1841, als der damals zwölfjährige Sklave Edmond Albius die korrekte und reproduzierbare Technik der Handbestäubung wieder entdeckte (Lubinsky P et al, 2008).

Lange vor Beginn der Domestikation: 200 Millionen Jahre altes versteinertes Holz von *Araucarioxylon arizonicum,* aufgenommen vor dem Smithonian Institut in Washington 2011.

5.1. Die sogenannten pflanzlichen Sekundärstoffe

Pflanzen versichern sich der Anwesenheit ihrer Bestäuber, indem sie ihnen beispielsweise die Eiablage ermöglichen und sich als Futter der Raupen darbieten. Gleichzeitig wehren sie Insekten und andere Organismen ab, die ihnen Schäden zufügen könnten. Zum jeweiligen Zweck biosynthetisieren sie sogenannte pflanzliche Sekundärstoffe. In Symbiose lebenden Insekten erkennen spezifische Sekundärstoffe als Lockstoffe, die Imagines oder Larven von Schadinsekten werden dagegen durch andere Sekundärstoffe abgeschreckt oder vergiftet. Symbiontische Insekten schirmen ihre Vitalfunktionen ab, indem sie die Toxine in am Stoffwechsel unbeteiligten Geweben sequestrieren.
Mitunter müssen sich die Pflanzen selbst vor den eigenen biosynthetisierten Toxinen

schützen. Dies gelingt ihnen ebenfalls durch eine Kompartimentalisierung oder, indem sie die Substanzen als untoxische Vorstufen vorhalten. Erst bei Verletzung der Pflanzen werden in Vakuolen gespeicherte cyanogene Glykoside zu Blausäure und Senfölglykoside zu Thiocyanaten „scharf geschaltet“. (Sitte P et al, 2002). Die Sekundärstoffe sichern den Pflanzen das Überleben in einer feindlichen Umwelt, was den Aufwand ihrer Biosynthese erklärt.
Der Antagonismus der pflanzlichen Sekundärstoffe mit den korrespondierenden Schutzmechanismen auf Seiten der Tiere ist ein phylogenetisch altes Prinzip, das sich seit 200 Millionen Jahren der Co-Evolution beständig erneuert. Diejenigen Pflanzen überleben, die der entstehenden Toleranz der Insekten gegenüber ihren Toxinen mit immer stärkeren, neuartigen und höher konzentrierten Toxinen begegnen. Auf diese Weise entstand nach heutiger Überzeugung die hohe Diversität sekundärer Pflanzenstoffe in der rezenten Flora.

Nach ihrer strukturellen Entdeckung galten die Sekundärstoffe zunächst als funktionslos und als bloße Abfallprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels. Fraenkel entwickelte 1959 erstmals die Vorstellung, dass sie eine spezifische Funktion ausüben könnten (Fraenkel GS, 1959). Harborne klassifiziert die Sekundärstoffe nach ihrer chemischen Struktur grob in Phenole, N-haltige Verbindungen und die Terpenoide (Harborne JB, 1994). Die Wirkung der Sekundärstoffe korreliert grundsätzlich nicht mit ihrer Konzentration oder dem Gesamtgehalt in den Pflanzen, sondern sie ist das Resultat einer passgenauen Interaktion mit Target-Strukturen auf der Seite des Konsumenten. So können auch sehr geringe Mengen einzelner Sekundärstoffe für gravierende Wirkungen beim Menschen ausreichen. Im Verlaufe von unzähligen Generationen entstand die rezente Palette der Sekundärstoffe als biologisch wirksame Moleküle durch Interaktion mit korrespondierenden Targets der tierischen Organismen – man spricht vom evolutionären molekularen Modelling.
Angesichts der geradezu verschwenderischen strukturellen Diversität und Vielzahl der Sekundärstoffe stellt sich die Frage, wie sich Pflanzen den biosynthetischen Aufwand für Moleküle mit begrenzten Sonderaufgaben leisten können. Dieser Aufwand wird möglicherweise überschätzt. Inzwischen konnte man experimentell rekapitulieren, wie sich diese relativ kleinen Moleküle über nur wenige enzymatische Umwandlungen aus dem Primärstoffwechsel der Pflanzen abzweigen lassen (Storch V, Welsch U, Wink M, 2007).

5.1.1. Sensorisches Erkennen der Sekundärstoffe

Als Omnivor musste sich der frühe Mensch mit den Sekundärstoffen einer Vielzahl von Pflanzen auseinandersetzen, um sie als potentielle Nahrungsquellen zu bewerten.

Toxische Substanzen galt es zu meiden. Zu ihrer Erkennung verließ er sich wie die Tiere auf sein Sensorium. Dabei ist der Umstand, dass sich viele Toxine durch sensorisch deutlich wahrnehmbare Signale erkennen lassen, von lebenswichtiger Bedeutung. Geschmack und

Aussehen von Pflanzen zeigen häufig gleichsinnig eine Gefahr und Giftigkeit für Tiere an, die bittere oder scharf schmeckende Früchte bereits aufgrund ihrer Warnfarben (aposematische Färbung) instinktiv meiden. Der Begriff der aposematischen Färbung wurde zunächst für das Tierreich eingeführt. Die Färbung schützt die Tiere vor möglichen Prädatoren, indem sie auf eine vorhandene Wehrhaftigkeit oder Ungenießbarkeit hinweist.
Für Pflanzen wurde lange Zeit verkannt, dass das Prinzip der aposematischen Warnfarben hier ebenso gilt, obwohl bereits bekannt war, dass die Farbwirkung auch der Tiere auf eingelagerten pflanzlichen Pigmenten beruht. Verbreitet wird eine weiße, gelbe, orange oder braune aposematisch Färbung von bewehrten (Dornen, Stacheln etc.), toxischen oder ungenießbaren Pflanzen präsentiert. An Früchten, die lange vor ihrer Reife bereits ihre volle Größe erreicht haben, wird die Ungenießbarkeit mit genau diesen Farben signalisiert, bevor die reifen Früchte nochmals zu ihrer endgültigen Farbe umschlagen. In allen Klimazonen einschließlich der Tropen sind schwarz und rot die häufigsten Farben reifer Früchte. Ähnlich wie im Tierreich gibt es unter Pflanzen eine bloße Vortäuschung einer Wehrhaftigkeit durch die Präsentation einer aposematischen Färbung (Phänomen der Mimikry) (Lev-Yadun S, 2009; Lev-Yadun S, Ne`eman G & Izhaki I, 2009).

Blühender *Eucalyptus globosus* bei Melbourne in Australien, 2011.

Eine verbreitete Klassifizierung der Qualität der chemischen Abwehr (nach Harborne 1994) von Pflanzen teilt diese in Bitterstoffe, Toxine, Stoffe mit unangenehmem Geruch und solche mit anti-nutritiver Wirkung ein. Menschen bewerten süße und fettreiche Nahrungsquellen als wohl-schmeckend, während sie Bitterstoffe meiden. Mit diesen Geschmackspräferenzen greifen Menschen instinktiv auf Nahrungsmittel mit einem hohen Nährstoffgehalt für sie zurück.
Bitterstoffe in Pflanzen bewahren den Menschen vor der Aufnahme größerer Mengen und verhindern Vergiftungen bei Kindern, z.B. im Falle von Fingerhut oder Maiglöckchen. Der in allen Teilen giftige Attich *(Sambucus ebulus)* hat einen so abstoßenden Geruch, dass selbst die verführerisch glänzenden schwarzen Früchte kaum konsumiert werden dürften (Nowack R, 1998).
Das menschliche Sensorium ist allerdings unvollkommen und hat gegenüber anderen Primaten wie den Schimpansen oder den

ausgestorbenen Neandertalern oder Denisova-Menschen an Trennschärfe eingebüßt. Untersuchungen des Genoms dieser nahe verwandten Primaten zeigen, dass jene noch über Rezeptoren zur Erkennung von Bitterstoffen verfügten, die dem modernen Menschen fehlen (Choi CQ, 2015). Der moderne Mensch ist zum sensorischen Krüppel geworden und setzt bei der Bewertung von Nahrung auf eine zivilisatorische Informations-Weitergabe.
Zusätzlich bestehen interindividuelle und interkulturelle Unterschiede bezüglich der sensorischen Kompetenz des Menschen. Menschen bewerten Geschmäcker und Gerüche nicht einheitlich. So verströmen die Früchte des Durianbaums (*Durio zibethinus*) durch Dithiohalbacetale einen Geruch, der von vielen als widerwärtig empfunden wird. Andere finden die Aromen delikat und huldigen der Frucht als Delikatesse. Auch in der Bewertung des Geruchs des Rainfarns *(Tanacetum vulgare)* sind die Menschen sich uneins – erst in jüngster Zeit wurde entdeckt, dass die vor allem im Mittelalter genutzte Heilpflanze tödliche Vergiftungen verursachen kann, wovor der Geruch vielleicht warnen soll. Die Bitterkeit des 6-n-Propylthiouracils (PROP) wird nur von einem Teil der Menschen geschmeckt. Die PROP-Schmecker nehmen die bitteren Sekundärstoffe in vielen Gemüsen besonders intensiv wahr. Sie meiden Gemüse, ganz besonders während der Kindheit (Bell KI & Tepper BJ, 2006). In Kenntnis dieses Zusammenhangs sollte man Nachsicht mit Kleinkindern haben, die sich einem elterlich verordneten Zwang zum Gemüsekonsum widersetzen.

Heute setzt sich die moderne Menschheit nicht mehr mit einer unbekannten Pflanzenwelt auseinander, um sich von ihr zu ernähren. Vor wenigen Jahrhunderten noch erkundeten Europäer fremde Landstriche, und mussten mithilfe von Geschmacksproben abwägen, welche Pflanzen zur Ernährung geeignet waren. Die Routen der großen Entdeckungsreisen im 18. und 19. Jahrhundert führten auch zu unbewohnten subantarktischen Inseln im Indischen Ozean, u.a. zur Gruppe der Kerguelen. Dort trafen die Seeleute auf eine Pflanze, die sie nach Aussehen und Geschmack an heimischen Kohl erinnerte, und die sie als Speise erprobten. Die Kerguelenkohl (*Pringlea antiscorbutica*) genannte Pflanze war später in der Seefahrt wegen ihres Gehalts an Vitamin C zur Verhinderung des Skorbuts geschätzt.

Koala (*Phascolarctos cinereus*) ruht in einer Astgabel von *Eucalyptus spec.* in der Nähe von Melbourne, 2011.

Nicht alle problematischen Sekundärstoffe können sensorisch als Gefahr eingeordnet werden. So wird eine gestörte Verfügbarkeit wichtiger Nährstoffe durch antinutritive Substanzen erst verzögert als Folge einer

Langzeit-Exposition bemerkt. Das gilt für die so-genannten Goitrogene des Kohls, die die Jod-Aufnahme hemmen und zur Entwicklung einer Struma führen (Greer MA, 1957). Phytinsäure aus Getreide oder Oxalsäure im Spinat können die Eisenaufnahme des Organismus stören und so einen Eisenmangel verursachen. Der vergleichsweise noch geringe Oxalsäuregehalt im Spinat alarmiert das menschliche Sensorium nicht (Zhoe JR & Erdman Jr. JW, 1995).

5.1.2. Detoxifikation von Sekundärstoffen

Eine notwendige Meidung aller Pflanzen mit problematischen Sekundärstoffen würde das Nahrungsangebot für den Menschen ungünstig einschränken und einen Evolutionsnachteil darstellen. Tiere und der Mensch haben folgerichtig detoxifizierende Mechanismen (Transporter, Enzyme u.a.) erworben, die es ihnen erlauben, sich von einem breiteren Spektrum an Pflanzen mit primär problematischen Inhaltsstoffen zu ernähren.

Der australische Koala (*Phascolarctos cinereus*) frisst ausschließlich Blätter einiger *Eucalyptus*-Arten. Die in den Blättern hochkonzentrierten ätherischen Öle sind für Koalas giftig. Dennoch gelingt es dem Beuteltier durch einen speziell angepassten Verdauungsprozess, den Blättern Nährstoffe und Wasser zu entziehen, während die Toxine in seinem langen Blinddarm durch Mikroben zersetzt werden. Zusätzlich regulieren Koalas die Toxin-Zufuhr, indem sie bevorzugt die älteren Blätter mit einem geringeren Toxingehalt fressen.

Der tropische Käfer *Caryedes brasiliensis* ernährt sich von den Samen der Leguminose *Dioclea megacarpa* und reichert die enthaltene toxische nicht-proteinogene Aminosäure L-Canavanin an. Die zwingende Toxizität von L-Canavanin beruht darauf, dass sie bei der Proteinbiosynthese anstatt des L-Arginins in Proteinen inkorporiert wird und strukturell defekte Moleküle entstehen lässt. Die Larve von *Caryedes* vermeidet dies durch eine spezielle hoch-diskriminatorische Arginin-tRNA Ligase, die den ersten Schritt der Arginin-Inkorporation katalysiert und L-Canavanin zurückweist. Für alle anderen Organismen sind die Samen von *Dioclea* und sekundär auch der Käfer *Caryedes d*urch den Gehalt an L-Canavanin toxisch (Rosenthal GA, Hughes CG & Janzen DH, 1982).

Transportproteine wie das p-Glykoprotein (p-gp) und die zahlreichen Isoformen der Cytochrom P-450 (CYP-) Enzyme ermöglichen dem tierischen Organismus die kontrollierte Aufnahme pflanzlicher Allelochemikalien und deren Entgiftung. Dies erfolgt entweder durch unmittelbare Wiederausschleusung über Transporter oder durch Metabolisierung zu nichttoxischen Zwischenformen und deren sekundäre Elimination über die Galle oder den Urin. Erkenntnisse zur Substratspezifität und -kinetik dieser Mechanismen erhielt die Forschung durch Markersubstanzen wie chemisch definierte Arzneistoffe, die sich diese Abbauwege mit den Natursstoffen teilen. An den Bindungsstellen der Transporter und CYP-Enzyme konkurrieren Medikamente und Naturstoffen miteinander und regulieren dadurch

ihre Wirkspiegel in gegensinniger Weise (Nowack R, 2008).

Viele Naturstoffe sind zudem in der Lage, die Gewebe-Expression und die Aktivität der Detoxifikationsmechanismen zu modulieren. Beispiele sind die Hemmung der Aktivität des Isoenzyms CYP3A4 durch die Furanocumarine der Grapefruit (Nowack R et al, 2009) und seine Überexpression und Aktivitätssteigerung durch Wirkstoffe des Johanniskrauts (Breidenbach T et al, 2000; Dürr D et al, 2000). Durch Veränderungen der Aktivität solcher CYP-Isoenzyme, die an der Entstehung kanzerogener Naturstoffe beteiligt sind, versucht man eine epidemiologisch nachweisbare Kanzeroprotektion durch eine an Gemüsen wie Kohl und Knoblauch reiche Ernährung zu erklären.

Zitrusfrüchte, speziell die Grapefruit (*Citrus x aurantium*) beeinflussen den Medikamentenstoffwechsel durch Hemmung des Cytochrom P-450 Enzyms CYP3A4.

Die CYP-Enzyme gehören dem Phase I-Metabolismus an, mit dem aufgenommene Pflanzenstoffe wie die hydrophoben Alkaloide, Terpene, Terpenoide und Furanocumarine durch Oxidation wasserlöslich gemacht werden, um dann weiteren Prozessen wie der Konjugation etc. zugeführt zu werden (Herrera CM & Pellmyr O, 2002). Eine andere Möglichkeit für den tierischen Organismus, sich pflanzlicher Allelochemikalien zu entledigen, ist der Abbau durch mikrobielle Symbionten wie im Beispiel des Koala.

Die Leistungsfähigkeit der detoxifizierenden Enzyme beim Menschen weist ethnische und geographische Unterschiede auf. Beispiele sind die Verdauungskapazität für Leguminosen-Proteine oder die Aufnahme und der Abbau von Arzneimitteln wie dem Paracetamol, die bei Europäern und Asiaten unterschiedlich rasch ablaufen (Lamba JK et al, 2002).

Johanniskraut *(Hypericum perforatum)* enthält antidepressive Wirkstoffe. Es stimuliert außerdem die Aktivität des Enzyms CYP3A4, über das viele Arzneimittel abgebaut werden.

Die in einem hohen Maße auf ihre Substrate spezialisierten CYP-Isoenzyme sind in Bevölkerungsgruppen unterschiedlich repräsentiert, was auf einer historisch

vorherrschenden Exposition gegenüber bestimmten pflanzlichen Nahrungsmittel zu beruhen scheint. Indirekt erklärt dies die genetischen Polymorphismen für die Metabolisierung-Kapazität bestimmter Arzneimittel wie das in der Transplantationsmedizin bedeutsame Cyclosporin A (Wandel C et al, 2000). Unterschiede im Cyclosporin-Metabolismus, wie sie zwischen Amerikanern afrikanischer Herkunft und solchen mit europäischen Vorfahren bestehen, erklären einen voneinander abweichenden Dosisbedarf für das Erreichen der Zielblutspiegel (Crettol S et al 2008). Diese Befunde untermauern das Konzept einer geographisch und genetisch gebundenen Prägung des Detoxifikations-Arsenals innerhalb bestimmter Bevölkerungsgruppen als Resultat der Co-Evolution mit der lokalen Pflanzenwelt (Dirks NL et al, 2004).

5.1.3. Instrumentalisierung von Sekundärstoffen: Beispiele und Modelle für Krankheits-Induktion und -Protektion

Herbivoren vermeiden oder entschärfen toxische Sekundärstoffe nicht nur, sondern sie können sie auch für ihre eigenen Zwecke nutzen. Im einfachsten Fall geschieht dies, wenn Insekten die mit der Pflanzennahrung aufgenommene Moleküle unverändert als "borrowed molecules“ durch ihren Körper schleusen und zur Abwehr von Prädatoren wieder abgeben. Bekannt ist dies von Heuschrecken *(Poikilocerus bufonius)*, die sich auf ihren Futterpflanzen der Gattung *Asclepias* mit Terpenoiden (toxische Cardenolide) aufladen, um diese bei einer Attacke durch Vögel auszuscheiden (Rothschild M & Kellett DN, 1972).

Luzerne, Alfalfa (*Medicago x varia* - ein Hybrid der Schwesternarten *M. sativa* u. *falcata*) wird weltweit als Viehfutter und zur Gewinnung von Sprossen angebaut.

Raffinierter ist die Rolle der toxischen Alkaloide der Gattung *Parsonsia* aus der Familie der Hundsgift-gewächse *(Apocynaceae)* für den Schmetterling Weiße Baumnymphe *(Idea leuconoe)* auf den Philippinen. Die Raupen ernähren sich von den *Parsonsia*-Blättern. Die Weibchen erkennen die zur Eiablage geeigneten Pflanzen am Gehalt der für Wirbeltiere hochgiftigen Pyrrolizidinalkaloide Parsonsianin, Parsonsianidin und 17-Methylparsonsianidin. Die Raupen und die Imagines können diese toxischen Alkaloide in großer Menge speichern und sich damit vor Prädatoren schützen. Mehr noch: die Schmetterlinge bilden durch biochemische Umwandlung aus den Alkaloiden die Pheromone Viridifloric β-Lacton und Danaidon, mit denen die Männchen die Weibchen anlocken (Honda K et al, 1997). Die toxischen

Sekundärstoffe werden also in mehrfacher Hinsicht instrumentiert und erhalten eine Schlüsselrolle im Entwicklungszyklus der Insekten.

Dies ist nur eines von vielen weiteren Beispielen einer raffinierten Instrumentalisierung von Sekundärstoffen durch Insekten. Kommen wir noch einmal zum Käfer *Caryedes brasiliensis* und seiner Ausschaltung der obligat toxischen Aminosäure L-Canavanin zurück. Diese ist auch für den Menschen gefährlich. Über die akute Toxizität durch Ausfall lebenswichtiger, in ihrer tertiären und quartären Proteinstruktur gestörter Enzyme hinaus könnten diese Konformationsänderungen ein Modell für die Entwicklung von Autoimmunkrankheiten bei Primaten sein. Die in ihrer Struktur veränderten Proteine werden vom Immunsystem als „nicht-selbst“ verkannt und induzieren die Produktion von Auto-Antikörpern. Nachdem auch Samen und Sprossen von Alfalfa oder Luzerne (*Medicago sativa*) L-Canavanin enthalten und die Sprossen gerne im Salat verspeist werden, ist eine Exposition beim Menschen nicht ausgeschlossen. Experimentell löst die Aufnahme von Alfalfa Sprossen bei Primaten eine dem SLE (=systemischer Lupus erythematodes) ähnliche Autoimmunerkrankung und weitere Autoimmunphänomene aus. Die Autoimmunerkrankungen kommen zum Stillstand, sobald die Alfalfa-Aufnahme unterbleibt (Malinow MR et al, 1982). Die Bedeutung dieser interessanten Beobachtungen für die ungeklärte Ätiologie vieler Autoimmunerkrankungen und Kollagenosen ist wissenschaftlich nicht ausreichend aufgearbeitet. Gibt es einen Zusammenhang der Prävalenz von SLE mit einer regionalen Bevorzugung bestimmter Leguminosen in der Ernährung? Neben einer gut belegten genetischen Prädispostion für SLE werden externe Auslöser für die Erkrankungsschübe angenommen. Die genetische Prädisposition könnte Unterschiede in der Verarbeitung dieser externen Stimuli reflektieren.

Die Entschärfung primär toxischer Pflanzenprodukte und ihre nachfolgende Instrumentalisierung durch Insekten stehen modellhaft für eine pharmakologische Nutzung von Pflanzen durch den Menschen zur Prophylaxe und Therapie von Krankheiten.

Pflanzliche Sekundärstoffe in der Nahrung können die Aktivität von Transportern und CYP-Enzymen modulieren. Am Modell der Bioverfügbarkeit bestimmter Medikamente haben wir bereits den Einfluss von Furanocumarinen der Grapefruit oder den Wirkstoffen des Johanniskrauts auf CYP3A4 kennengelernt. Vergleichbare Folgen können für weitere Naturstoffe eintreten, die über dieses Isoenzym metabolisiert werden. Ihre Bioverfügbarkeit im Organismus kann sinken oder steigen, je nachdem, wie die Aktivität der CYP-Enzyme verstellt wird.

Einige CYP-Isoenzyme wie das CYP2E1 katalysieren für den Menschen ungünstige Reaktionen, durch die Kanzerogene erst aktiviert werden. Diallyl-Sulphide des Knoblauchs *(Allium sativum)* hemmen die Aktivität von CYP2E1, und dies könnte eine epidemiologisch und tierexperimentell vermutete kanzeroprotektive Wirkung des Knoblauchs erklären. Broccoli *(Brassica oleracea* var. *italica)* dagegen vermag, wie vermutlich andere Cruciferen

auch, bestimmte Phase II Detoxifikations-Enzyme, z.B. die Quinon-Reduktase oder die Glutathion S-Transferase zu induzieren und damit Schutz vor Kanzerogenen wie vor oxidativen Schäden zu vermitteln (Pantuck E et al, 1979; Zhang Y et al, 1992).

Im Modell einer genetischen Hypertonie bei Ratten führt Sulforaphan, das wichtigste aktive Isothiocyanat in Cruciferen-Gemüse zur Hemmung von CYP4A, das die Degradierung der vasodilatatorischen Prostanoide in der Niere steuert. Sulforaphan senkt in diesem Modell den Blutdruck (Elbarbry F et al, 2014).

Es gilt heute als gesichert, dass der Mensch die antibakteriell wirksamen Sekundärstoffe der Pflanzen frühzeitig zu nutzen begann, indem er verderbliches Fleisch mit Kräutern und Gewürzen konservierte. Die Inhaltsstoffe waren zusätzlich geschmacksverbessernd und konnten nach ihrer Aufnahme mit der Fleischmahlzeit intern weiterwirken, beispielsweise zur Bekämpfung vorliegender Infektionen. Wie antimikrobielle Wirkstoffe aus Pflanzen resorbiert werden und über die Blutzirkulation an ihre Wirkorte gelangen, das ist für das Arbutin aus Bärentraubenblätter *(Arctostaphylos uvae-ursi)* (Schindler G et al, 2002) und die Typ-A Proanthocyanide aus der Cranberry *(Vaccinium macrocarpon)* und ihre Wirksamkeit bei Harnwegsinfektionen sehr genau untersucht (Nowack R, 2003; Nowack R & Birck R, 2015).

Solange der Mensch omnivorer Jäger und Sammler war, hat er vermutlich hinreichende Mengen dieser Sekundärstoffe mit einer vielfältigen pflanzlichen Ernährung aufgenommen. Dieser Benefit der ursprünglichen Ernährungsweise musste mit dem einseitigen Verzehr weniger domestizierter Pflanzen verloren gehen. Mangelerscheinungen und Gesundheitsrisiken durch die fehlende Zufuhr von Sekundärstoffen traten in Erscheinung (s.u.).

6. Pflanzendomestikation seit dem Neolithikum

Mit der in der Evolution erworbenen metabolischen Kompetenz für Pflanzenstoffe, speziell für die Sekundärstoffe, ist der Menschen für eine Ernährung von vielen verschiedenen Pflanzen gerüstet. Tatsächlich sind in Mitteleuropa mehr als 2000 Pflanzenarten für uns Menschen essbar (Fleischhauer SG, Guthmann J, Spiegelberger R, 2013), weltweit sind es sogar 75.000. Nur 2500 Arten weltweit sind aber regelmäßige Nahrungslieferanten, 150 sind es in ökonomisch bedeutsamer Weise, und gerade einmal 20 Arten, darunter die domestizierten Getreide-Gräser sichern die Ernährung der Weltbevölkerung (Davis EW, 1995; Wilkes G, 1995).
Aus diesen Zahlen sprechen die Folgen eines gewaltigen Umbruchs in der Ernährung des Menschen seit dem Neolithikum. Der Mensch konzentriert sich auf wenige Pflanzen, die er für seine Ernährung domestiziert, und er verschmäht die Mehrzahl gleichfalls geeigneter Pflanzen. Dies geschieht frühzeitig im Neolithikum, als die sogenannten „founder crops" in

Kultur genommen werden. Seither sind erstaunlich wenige hinzugekommen, häufiger haben sich anderswo bereits erfolgreiche Arten in neuen Anbauregionen durchgesetzt. Heute nehmen nur 24 Kultur-Pflanzen 85% der weltweiten landwirtschaftlichen Anbaufläche in Anspruch. Gesammelte Wildpflanzen spielen für die Ernährung der Erdbevölkerung von ca. 7,3 Milliarden kaum mehr eine Rolle, man ist auf den großflächigen Anbau einer Handvoll zu Hochleistungen selektierter Pflanzen angewiesen.

Warum entstand diese eklatante Konzentration auf wenige Anbaupflanzen, und warum überhaupt wurden Jäger und Sammler zu sesshaften Landwirten? Die meist favorisierte Mangelhypothese geht von einem Rückgang großer Wildtiere in den Lebensräumen des Menschen aus, die ihn zu neuen Strategien für seine Subsistenz zwangen (Weindorf JL, 2005; Gordon Childe V, 1935). Die Diskussion um die Ursachen der Entwicklungen soll in dieser Arbeit aber nicht vertieft werden.
Umso mehr interessiert es hier, nach welchen Kriterien die Pflanzen zur Domestikation ausgesucht wurden. Welche Eigenschaften mussten Wildpflanzen für eine Domestikation als Nahrungspflanze haben, welche prädestinierten sie zur Arzneipflanze? Gibt es hierfür überhaupt beschreibbare und nachvollziehbare Kriterien oder - das ist die Gegenposition - spielten die Primäreigenschaften der Wildtypen eine untergeordnete Rolle, weil geschickte Domestikation aus noch so dürftigem Pflanzenmaterial eine Kulturpflanze formen konnte?
In Kenntnis der Bedeutung der pflanzlichen Sekundärstoffe sollte man für die wilden Vorläufer von Nahrungspflanzen einen hohen Gehalt an leicht verfügbaren Nährstoffen bei weitgehender Toxinfreiheit annehmen. Für arzneilich verwendete Pflanzen dagegen käme es auf den Gehalt von Sekundärstoffen mit der gewünschten Wirksamkeit an.
Unsere sensorische Konditionierung weist uns den Weg zu den idealen Nahrungslieferanten, die schmackhaft (frei von Bitterstoffen) und nahrhaft (hoher Gehalt an Fetten, Eiweißen und Kohlenhydraten) sein sollten. Unter den Wildpflanzen kommen reife Früchte, Nüsse und kräftige Wurzeln und Knollen in Betracht. Aber hat der Mensch im Neolithikum tatsächlich in quantitativ bedeutsamer Weise solche Pflanzen konsumiert und sie zur Domestikation ausgewählt?
Die Ernährung von reifen Früchten, die Frugivorie, ist bei Vertebraten in der Evolution tatsächlich frühzeitig entstanden, wie fossile Funde von geernteten Früchten einiger inzwischen ausgestorbener Gymnospermen belegen. Mit der Frugivorie der Primaten verbindet sich möglicherweise auch das problematische evolutionäre Erbe des menschlichen Alkoholismus mit seiner deutlich nachweisbaren Heredität. Äthylalkohol entsteht in reifen und überreifen Früchten und die flüchtigen Alkohole erleichtern Primaten die olfaktorische Lokalisation. Eine Instrumentierung des Alkohols als Appetit-Stimulanz und das gezielte Aufsuchen von Früchten mit hohem Alkoholgehalt ist ein Verhaltensmuster von frugivoren Primaten einschließlich vieler Hominiden. Dem klinischen Syndrom des Alkoholismus könnte

eine maladaptive Variante der evolutionär entstandenen Prägung auf Äthylalkohol zugrunde liegen (Dudley R, 2000) – ein Beispiel für die sogenannte Darwinian medicine, die die Ätiologie und Pathogenese von Krankheiten im Kontext der Evolution zu verstehen versucht.
Früchte könnten für die frühen Hominiden, deren Lebensraum tropische und subtropische Wälder waren, noch Grundnahrungsmittel gewesen sein (Herrera CM & Pellmyr O, 2002). Später verloren sie als Nahrung an Bedeutung.
Die weitere evolutionäre Entwicklung des Menschen vollzog sich in offeneren Landschaften der gemäßigten Klimazonen, in denen eine ergiebige Fruchternte schwieriger wurde. Der Anteil von Baumarten mit großen, nahrhaften Früchten ist in den heutigen Wäldern der gemäßigten Zone im Vergleich zu den tropischen Regenwäldern zu gering, als dass sie eine Nahrungsgrundlage für die Bevölkerung darstellen könnten.
Ein offenkundiges Problem vieler reifer Früchte ist ihre mangelnde Lagerungsfähigkeit. Sie müssen bald nach der Ernte verzehrt werden, und sie eignen sich nicht als Proviant für längere Reisen und zur Vorratshaltung. Diese Einschränkung besteht für Nüsse nicht, die damit eine beinahe ideale Nahrungsquelle auch außerhalb ihrer Erntezeiten sein sollten.

Haselnuss *(Corylus avellana)* mit noch unreifen Nüssen - Haselnüsse waren wichtige Nahrungslieferanten während des „nut age“ in Europa.

7. Nüsse – die ideale pflanzliche Nahrung ?

Nüsse sind nach den o.g. Kriterien ideale Nahrungspflanzen, sie fehlen aber unter den heutigen Top 10 der Pflanzen, die die Welt ernähren. Nüsse bezeichnen hier Früchte, die im allgemeinen Sprachgebrauch so genannt werden, der präzise botanische Terminus ist enger gefasst. Vor dem Aufstieg der domestizierten Pflanzen haben Nüsse als Sammelpflanzen eine bedeutendere Rolle gespielt. Viele Nüsse eignen sich aufgrund ihrer Zusammensetzung an Reservestoffen besonders für die menschliche Ernährung. Mit ihrem Gehalt an wertvollen Fetten und Proteinen können sie mit tierischen Lieferanten dieser Nährstoffe konkurrieren. Der menschliche Tagesbedarf an essentiellen Aminosäuren kann mit nur 150 g Nüssen gedeckt werden.
Das dem Neolithikum vorangehende Mesolithikum, die Mittelsteinzeit (9.600- 4.500 v. Chr.) wird auch als "Nut-age" bezeichnet (Regnell M, 2012). Mit der Wiederbewaldung zuvor vergletscherter Regionen der gemäßigten Zonen im Norden eroberte die Haselnuss *(Corylus avellana)* ein großes Areal, und siedlungsgebundene Schalenfunde belegen, wie reichlich sie konsumiert wurde (Simmons IG & Innes JB, 1987).

Die Früchte der hier noch vom Fruchtbecher umschlossenen nussartigen Bucheckern (*Fagus sylvatica*) wurden in Notzeiten gegessen. Sie enthalten hitzelabile Toxine.

Haselnüsse, Walnüsse, die von Indianern in Nordamerika geschätzten Pekannüsse enthalten keine für den Menschen problematischen Inhaltsstoffe und können ohne weitere Verarbeitung konsumiert werden.

Nüsse verloren dennoch wieder an Bedeutung und avancierten nicht zu den Staple-foods der sich entwickelnden Hochkulturen. Sie wurden offenbar keiner durchgreifenden Domestikation unterworfen. Dennoch ist eine Bevorzugung bequem zu erntender, großfrüchtiger Sorten bei Haselsträuchern in Siedlungsnähe dokumentiert, also ein frühes Stadium einer Domestikation.

Es lohnt sich, einzelne Beispiele wie die wechselvolle Geschichte der Edelkastanie *(Castanea sativa)* in Mitteleuropa genauer zu untersuchen.

Die im Vergleich zu Haselnüssen geringeren Fett- und höheren Kohlenhydratanteile der Kastanien beeinträchtigten ihre Haltbarkeit. Eine zaghafte Auslese ertragreicher Sorten von *Castanea* erfolgte, aber ein Anbau im größeren Stil blieb aus. Die Kastanien stammen auch heute noch überwiegend aus Wildsammlungen. Während des Mittelalters besann man sich auf die Kastanien regelmäßig bei Missernten der Getreide. Dem mittlerweile zum Grundnahrungsmittel gewordenen Brot wurde Mehl aus Kastanien zugemischt, ähnlich wie dies mit Mehl aus Eicheln oder Bucheckern in Notzeiten geschah.

Edelkastanie *(Castanea sativa)*

Eicheln und Bucheckern werden vor dem Verzehr grundsätzlich von toxischen Sekundärstoffen befreit. Bucheckern enthalten Oxalsäure und das hitzelabile Fagin, das durch Rösten zerstört wird. Die Eicheln vieler *Quercus*-Arten schmecken unbehandelt durch Gerbstoffe sehr bitter. Zum Entbittern werden sie geschält und gemahlen. Anschließend werden sie solange ins Wasserbad gegeben, bis das Wasser sich nicht mehr verfärbt. Die wasserlöslichen Gerbstoffe sind dann ausgewaschen (Bainbridge DA, 1987). Verfahren zur

Detoxifikation von Eicheln unter Verwendung von Tonerde wurden voneinander unabhängig in Kalifornien und in Sardinien entwickelt. Der Tannin-Gehalt der Eicheln lässt sich auf diese Weise durch Absorption um über 70% vermindern (Johns T & Duquette M, 1991). Ein weiteres Verfahren zur Entgiftung ist das Mälzen der Eicheln. Hierzu lässt man die Eicheln zunächst ankeimen, was die enthaltenen Zucker karamellisiert und die Bitterstoffe neutralisiert. Gemälzte Eicheln kann man z. B. zur Herstellung von Eichelnkaffee, den sogenannten Muckefuck, verwenden. In wärmeren Regionen wachsen auch Eichenarten, deren Früchte weniger bitter sind. Diese Eicheln kann man ähnlich wie Nüsse roh essen oder wie Maronen rösten. In Spanien werden z. B. Eicheln von *Quercus ilex var. ballota* als Fleischbeilage gereicht. Getrocknetes Eichelnmehl kommt als Mehlersatz zum Backen von Brot oder Kuchen zum Einsatz. Selbst für eine zeitweilige Ernährung von den sehr gerbstoffhaltigen Eicheln des Nordens gibt es aus Ausgrabungen in Belgien Hinweise (Deforce K, Bastiaens J,van Calster H, Vanhoutte S, 2009).

Eicheln enthalten bittere Gerbstoffe, die mit verschiedenen Verfahren soweit reduziert werden können, dass das Mehl zum Brotbacken geeignet wird. Hier die Stieleiche *(Quercus robur)*.

Bei Bucheckern und Eicheln hat der Gehalt an ungünstigen Sekundärstoffen ihre Rolle für die menschliche Ernährung eingeschränkt, und sie sind Ausweich-Produkte in Zeiten des Mangels geblieben. Andere Nüsse oder Nuss-artige Früchte wurden trotz ihres Gehalts an toxischen Inhaltsstoffen frühzeitig und in großem Umfang zur menschlichen Ernährung genutzt. Ihre Nutzbarkeit wurde durch die Handhabung des Feuers und weiterer Techniken zur Zerstörung der problematischen Inhaltsstoffe möglich.

Etwa seit dem Neolithikum ernährten sich die Anrainer mancher europäischer Seen und Flüsse von den Früchten der Wassernuss (*Trapa natans*). In Europa ist diese Speise anders als in Asien mit dem Rückgang ihrer Wildvorkommen in Vergessenheit geraten. Die Früchte sind roh giftig und müssen zum Abbau ihres hohen Cynanidgehalts vor dem Verzehr erhitzt werden. Die zeitweilige Bedeutung der wärmeliebenden Art muss mit einem Klimaoptimum in Europa zusammengefallen sein. Vielleicht war die Wassernuss sogar mehr als nur eine Sammelpflanze und wurde von den Menschen in "schwimmenden Gärten" ihrer

Heute ist die Wassernuss (*Trapa natans*) in Mitteleuropa extrem selten. Ihre Früchte müssen vor dem Verzehr erhitzt werden. Getrocknete Früchte aus dem botanischen Institut der Universität Zürich.

Pfahlbausiedlungen gehalten (Karg S, 2006)?

Auch die Aborigines Australiens ernähren sich von Nüssen, die sie vor dem Verzehr in ihrem von Toxingehalt reduzieren müssen. Die zu den Proteaceae gehörenden Gattung *Macadamia* ist in der seit 80 Millionen Jahren von den Nordkontinenten abgekoppelten Gondwana-Region entstanden. Auf Gondwana sind nur wenige heute bedeutsame Nutzpflanzen entstanden, darunter die weltweit gehandelte Macadamia-Nuss.

Nur zwei *Macadamia*-Arten, *M. tetraphylla* und *M. ternifolia,* bringen für den Menschen roh verzehrfähige Nüsse hervor. Die Nüsse der übrigen Arten sind für den Direktverzehr zu bitter. Die Aborigines nutzen sie dennoch, indem sie sie mahlen und durch längeres Auslaugen von den Bitterstoffen befreien (Dahler JM,

Nachgebaute Pfahlbausiedlungen in Unteruhldingen am Bodensee. Die Bewohner ernährten sich u.a. von den Früchten der Wassernuss.

Mcconchie C, Turnbull CGN, 1995).
Eine kalorisch bedeutsame Rolle spielen in der Natur gesammelte Nüsse und Früchte heute nur noch für kleine Populationen indianischer Volksstämme (Beispiel Chimane in Bolivien). Diese leben in einer innigen und respektvollen Beziehung zur Natur der tropischen Regenwälder. Sie finden ihre Nahrung in der Wildnis und in der halbkultivierten, gartenähnlichen Vegetation, die ihre Siedlungen umgibt. Durch Schonung der Nahrung liefernden Pflanzen bei der Holzernte und durch Ausstreuung ihrer Samen findet eine Lenkung der nachhaltigen Verfügbarkeit statt. Die Bewirtschaftung durch Beerntung der Wildbestände wird als Extraktivismus bezeichnet. Die natürliche Artenzusammensetzung am Standort wird nicht verändert. Diese Konstellation traf noch lange Zeit für die Kautschuk-Ernte in Südamerika zu, heute jedoch wird sie kaum angetroffen (Anderson AB, Ioris EM 1992).

Die Paranuss *(Bertholletia excelsa)* nimmt eine interessante Sonderposition ein, weil sie einerseits ein Beispiel für traditionellen Extraktivismus ist, andererseits aber weltweite kommerzielle Bedeutung hat. Die langlebigen Bäume sind so produktiv, dass erst über längere Zeiträume der intensiven Sammlung der Nüsse ein spürbarer Mangel an nachwachsenden Bäumen entsteht. Die Etablierung von Plantagen als Alternative oder Ergänzung der Wildsammlungen ist bei Baumhöhen von bis zu 50 Metern und den langen Keimzeiten von 18 Monaten ein schwieriges und langwieriges Unterfangen. Die Bäume tragen erst nach 30 Jahren Nüsse, und diese benötigen dann nochmals 1,5 Jahre bis zur Erntereife. Eine züchterische Selektion von zur Bewirtschaftung besser geeigneten Sorten ist aufgrund der langen Generationszeiten nicht erfolgt. Zudem sind Paranussbäume, die eine langjährige blütenlose juvenile Phase durchlaufen, selbststeril und die bestäubenden Insekten wie große Käfer und nicht- bzw. semi-soziale Bienen bilden nur kleine Populationen aus. Die natürliche Verbreitung der Samen geschieht ausschließlich durch den Nager Agouti, der allein die harten Fruchtpods aufbeißen kann und sie auf dem Boden des Dschungels verteilen kann. Diese komplexe Reproduktions-Ökologie bedingt, dass die Paranuss wohl auch zukünftig so genutzt werden wird, wie es von der Evolution vorgesehen wurde. Paranüsse beinhalten keine problematischen Inhaltstoffe für den Menschen, ihr hoher Gehalt an essentiellem Selen ist medizinisch interessant (Zuidema PA & Boot RGA 2002).
Als Gesundheitsrisiko haben sich jedoch toxische Aflatoxine in den Schalen der Nüsse erwiesen. Für die Einfuhr von beschalten Paranüssen in die EU wurden 2003 derart scharfe Kontrollen erlassen, dass sie nun nur noch als bereits geschälte Nüsse im Handel zu finden sind.
Die bis hierher besprochenen Nüsse haben heute als kalorisch relevante Ernährung des Menschen ausgedient, bestenfalls regional beschränkt werten sie die einseitige Ernährung auf. Sie alle verfügen über Wildpopulationen, mit denen die wenigen selektierten Sorten

noch in freiem genetischen Austausch stehen.

Aus den Tropen kennen wir Nüsse, denen ein größerer Beitrag für die Ernährung der Weltbevölkerung zufällt. Die Nutzung der Kokos-Nuss *(Cocos nucifera)* und der Brotfrucht *(Artocarpus altilis)* könnten rezente Erscheinungsformen einer während des Nut-age verbreiteteren Ernährung von Nüssen sein.
Der Brotfruchtbaum *(Artocarpus altilis)* macht in manchen Regionen der Tropen sogar dem Reis als Kohlenhydrat-Lieferant Konkurrenz. Die Brotfrucht ist bisweilen sogar die ursprünglichere Stärke liefernde Frucht, speziell in ihrer Heimat Polynesien. Durch Zuwanderung von Reisanbau betreibenden Volksstämmen verlor sie mancherorts an Bedeutung, es gibt aber auch Beispiele dafür, dass sie bereits etablierten Reisanbau abgelöst hat. Die europäischen Kolonisatoren erkannten die Bedeutung der Brotfrucht als eine tropische Alternative zum Getreide. Brotfruchtbäume wurden aus ihrer südostasiatischen Heimat in die karibischen Kolonien transportiert, um dort die Ernährung der Sklaven sicher zu stellen. Die berühmte Meuterei auf der „Bounty“ gegen Captain Bligh steht damit in Zusammenhang. Die „Bounty“ sollte über 1000 eingetopfte Sämlinge der Brotfrucht von Tahiti nach Jamaica transportieren. Die Besatzung wehrte sich mit der Meuterei nicht nur gegen die harsche Behandlung durch Bligh, sie warfen auch die Sämlinge über Bord, weil diese wertvolles mitgeführtes Süßwasser verbrauchten. Einige Jahre später gelang es Bligh mit einem anderen Schiff doch noch, Brotfrucht-Pflänzchen in die Karibik zu bringen. Die dort ansässige Bevölkerung brauchte fünf Generationen, um die fade, nur nach Stärke schmeckende Brotfrucht als Beilage zu akzeptieren. Von der Brotfrucht existieren zahllose Varietäten (Morton J, 1987), darunter die große Gruppe der samenlosen Hybriden und Kultivare, und diejenigen mit großen essbaren Samen, die Breadnut genannt werden. Die Verbreitung der samenlosen Kultivare innerhalb der pazifischen Inselwelt konnte nur mithilfe des prähistorischen Menschen erfolgen. Molekulare Datierung der Brotfrucht-Hybriden zeichnen in Zusammenhang mit anthropologischen Daten die Migrations-Routen der Stämme nach, die überwiegend von Westen nach Osten verliefen, beispielsweise beim Stamm der Lapita von

Brotfrucht *(Artocarpus altilis)* in Rio de Janeiro, 2007

Melanesien zu den Polynesischen Inseln. Die Erfolgsgeschichte der Brotfrucht ist noch nicht zu Ende. Die robusten Bäume und die vielfältige kulinarische Verwendbarkeit der Früchte in allen Reifestadien macht sie als Stärke-Lieferant auch dort attraktiv, wo bisher der Reis dominierte. In Regionen langsam versalzender Böden mit rückläufigen Reiserträgen wie in Teilen Myanmars erfolgen derzeit staatlich gelenkte Anpflanzungen der Brotfrucht.

Die Kokos-Nuss *(Cocos nucifera)* ist eine fetthaltige Frucht (auch keine Nuss im botanischen Sinne) von immenser Bedeutung als Nahrungsmittel und vielfältiger weiterer Verwendbarkeit, beispielsweise als Baumaterial, etc. Sie wächst heute an tropischen Küsten zwischen 26°N und 26°S rund um den Globus und wird vielfach in Plantagen angebaut. Die pantropische Verbreitung und Nutzung erschwert die Rekonstruktion ihrer Ursprünge und ihrer Domestikations-Geschichte. Eine Nutzung ist mindestens seit 3000 Jahren belegt. Die meisten Daten deuten einen Indo-pazifischen Ursprung der domestizierten Formen an, anders als u.a. von Thor Heyerdahl vermutet, der einen amerikanischen Ursprung favorisierte. Fossile Nüsse aus dem Eozän (vor 37 bis 55 Millionen Jahren) wurden in Australien und Indien gefunden. Allerdings sind die Wildtypen der Kokos-Nuss wohl an den Küsten des Südkontinents Gondwana entstanden, was das südliche Südamerika mit einschließt und die dortigen Funde fossiler Kokos sowie rezente Vorkommen nahe verwandter Arten (aus dem Tribus Cocoseae) erklärt.

Der Wildtyp der Kokos-Nuss soll im Ökosystem der Korallen-Atolle ohne eine Beteiligung des Menschen entstanden sein. Sie bringen kantige Früchte mit dicker Schale und spitz zulaufender Basis bei langer Keimruhe hervor. Diese Merkmale begünstigen eine Verbreitung über das Wasser von Insel zu Insel (polynesisch *niu kafa* Typus), d.h. ihre Früchte werden durch maritime Strömungen sehr weit transportiert. Innerhalb der Wildtypen der Kokos-Nuss bestehen regionale Unterschiede in der Fruchtgröße. In Archipelen mit kurzen Distanzen zwischen den Inseln wie den Laccadive Inseln oder Vanuatu bringen die Palmen kleinere, dafür aber zahlreichere Früchte hervor. Liegen die Inseln weiter auseinander, wie das auf den Seychellen, Palmyra oder den Weihnachts-Inseln der Fall ist, dann dominieren größere und für lange Schwimmstrecken geeignetere Früchte (Harries HC, 1990). Diese Variationen in der Fruchtgröße werden noch als eine vorkulturelle natürliche Selektion angesehen.

Durch die frühe Nutzung wurden Sorten selektiert, die aus reproduktionsbiologischer Sicht eher ungünstige Eigenschaften aufweisen, aber die Nutzung durch den Menschen erleichtern. So werden landeinwärts liegende Vorkommen der Kokos-Nüsse durch Tiere oder den Menschen verbreitet, und diese haben eine breitere Basis und sphärischen Umfang sowie eine dünnere und leichter zu öffnende Schale (polynesisch *niu vai* Typus). Eine weitere zwergwüchsige Variante (var. *nana*) ist vermutlich ebenfalls als Folge menschlicher Selektion entstanden. Sie wird gerne als Zierbaum gepflanzt.

Die Forschung kann bei der Kokos-Nuss die Merkmale des Wildtyps gut von den selektierten Domestikations-Merkmalen unterscheiden. Die Selektion durch den Menschen begünstigt nicht noch größere Früchte, sondern dünnwandigere und solche mit hohem Endosperm-Volumen (Fleisch und Wasser), die ihre Schwimmfähigkeit eher behindern. Ein Beispiel aus Ceylon ist die Selektion der King-Kokos als Trink-Kokos mit soviel Kokos-Wasser, dass ihr Gewicht die Schwimmfähigkeit beeinträchtigt.

Ähnlich wie beim Brotfruchtbaum lassen genomische Analysen kultivierter Kokos-Nüsse uns heute die Wanderungen der Austronesischen Völker nachvollziehen. Über die Analyse der Loci von 10 Microsatelliten konnten 2 genetisch getrennte Subpopulationen entdeckt werden, eine mit Ursprung im indischen Ozean, die andere im Pazifik. In einigen Regionen ist das genetische Material durch Transfer vermischt, und zwar auf Madagascar und den Küsten Ostafrikas, während die Seychellen ausgespart sind. Dieses Verbreitungsmuster der Durchmischungszonen korrespondiert mit den Handelsrouten der Austronesier, während eine Transgression der Populationen allein aufgrund einer marinen Verfrachtung dieses Muster nicht erklärt (Gunn BF, Baudouin L, Olsen KM 2011).

Die Kokosnuss liefert exzellentes pflanzliches Fett, das zu einer Vielzahl von Produkten wie Öl, Magarine u.a. verarbeitet werden kann. Dabei ist das Endosperm frei von problematischen Sekundärstoffen für die Nutzung durch den Menschen. Ihre vielseitige Nutzbarkeit begründet die heutige Bedeutung an tropischen Küsten und gab auch Anlass zu kuriosen Übertreibungen und falschen Erwartungen. So reifte im deutschen Aussteiger und Gründer einer sektiererischen Gruppe von Sonnenanbetern August Engelhardt (1875–1919) während seines Aufenthalts in der kurzlebigen Kolonie Deutsch-Neuguinea die Auffassung, der konsequente Verzehr von Kokosnüssen mache den Menschen unsterblich und führe zur Vereinigung mit Gott („Kokovorismus“). Diesen Stoff hat der Autor Christian Kracht in seinem lesenswerten Roman „Imperium“ verarbeitet (Kracht C, 2012).

In der Gegenwart fehlen weitere Beispiele für eine wichtige Rolle von Nüssen oder Nuss-artigen Früchten für die menschliche Ernährung (die Erdnuss als Leguminose ist kein typischer Repräsentant). Es kann nur spekuliert werden, warum sich Nüsse trotz ihrer guten Eignung für die menschliche Ernährung nicht stärker durchgesetzt haben. Die Historie von Brotfrucht und Kokos-Nuss lassen vermuten, dass große und damit besonders ergiebige Früchte der Tropen größere Chancen bieten, weil ihre Ernte rentabler, wenn auch nicht maschinell automatisiert durchführbar ist. Als Früchte von Bäumen und Sträuchern mit langen Generationszeiten ist für die meisten Nüsse eine Domestikation prinzipiell erschwert.

Die Brotfrucht zeigt, dass Nahrungsmittel eventuell mit Nachdruck etabliert werden müssen (ein weiteres Beispiel ist die Kartoffel in Mitteleuropa). Noch vorhandene toxische Sekundärstoffe dagegen sind bei Nüssen kein grundsätzliches, sondern ein überwindbares Problem, wie die Beispiele der Macadamia und der Wassernuss zeigen.

Diese Erkenntnis ist vor dem Hintergrund des Ernährungsmuster des Urmenschen von Wildpflanzen überraschend. Dessen grundsätzliche Fortsetzung hatten wir eingangs postuliert, also eine strikte Meidung von pflanzlicher Nahrung mit toxischen Komponenten.

Im Verlaufe der folgenden Abschnitte wird sich nun der Eindruck verfestigen, dass, anders als eingangs unterstellt, der Gehalt an toxischen Sekundärstoffen für die Auswahl der Kandidatenpflanzen für eine Domestikation kein wichtiges Kriterium war. Dies trifft besonders auf die Leguminosen zu, die viel mehr als die nur zaghaft und rudimentär domestizierten Nüsse, einer tiefgreifenden gestaltenden Domestikation unterworfen wurden. Dies geschah, obwohl ihre Wildtypen für den Menschen roh überwiegend giftig sind. Andere Eigenschaften müssen für ihre Auswahl zur Domestikation ausschlaggebend gewesen sein.

8. Sekundärstoffe in Nahrungspflanzen

Zahlreiche bedeutende Nahrungspflanzen enthalten – anders als die meisten Nüsse - relevante Mengen schwer verdaulicher oder toxischer Sekundärstoffe. Das gilt nicht nur für die als Wildpflanzen gesammelten Arten, sondern auch für bereits domestizierte Anbaupflanzen. Eine Selektion von toxinärmeren Sorten hat vielfach noch keine für den Rohverzehr ausreichende Toxinfreiheit erreicht. So ist der Gehalt an cyanogenen Glykosiden beim Maniok *(Manihot esculenta)* oder dem Yams (*Dioscorea*-Arten*)* gegenüber den Wildformen zwar geringer, erfordert vor dem Verzehr jedoch weitere aufwändige Behandlungen zu ihrem Abbau. Von 51 Pflanzenarten, die den australischen Aborigines als Nahrung dienen, sind nur 36 roh genießbar, die übrigen müssen zumindest hitzebehandelt werden (Hahn I, 1934).

8.1. Palmfarne (*Cycas*-Arten) und die Guam-Disease

Die traditionelle Ernährung auf den westpazifischen Inseln Guam und Rota basiert auf den toxischen Früchten der Palmfarne (*Cycas*-Arten, vorwiegend *C. micronesica*). Sie werden zu einem Fadang genannten Mehl verarbeitet, das als Grundnahrungsmittel dient. Fadang enthält Blausäure bildendes (cyanogenes) Cycasin. Ähnlich wie für Maniok oder Cassava oder Yams in anderen Regionen hat die Bevölkerung dieser Inselwelt Techniken zur Reduktion des Gehalts an Cycasin entwickelt. Durch wiederholtes Wässern und Auspressen des Mehls werden die Giftstoffe allmählich ausgelaugt.

Vor dem Hintergrund dieser funktionierenden Tradition kam es überraschend, als im 20. Jahrhundert eine bisher unbekannte neurologische Erkrankung auf den Inseln auftrat, die ebenfalls mit der Ernährung durch *Cycas*-Früchte in Zusammenhang gebracht wurde. Die von den eingeborenen Chamorro Lytico-bodig genannte Krankheit zeigte einerseits die Symptome einer Demenz und eines Parkinsonismus und andererseits die von der amyotrophen Lateralsklerose (ALS) bekannten Ausfälle der Motor-Neuronen. Im Einzelfall

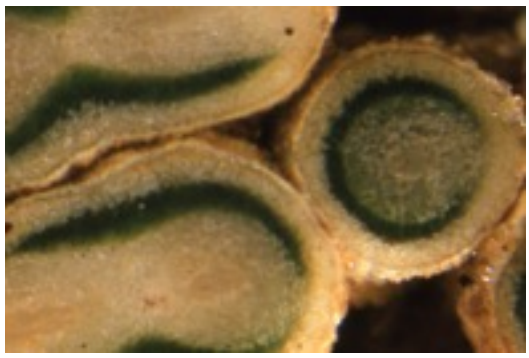
steht die eine oder die andere Symptomatik im Vordergrund; regelhaft verlief die Erkrankung bald zum Tode (Sacks O, 1997). Obwohl man einen Zusammenhang zu der in den *Cycas*-Samen vorliegenden neurotoxischen Aminosäure ß-Methylamino L-Arginin (BMAA) vermutete, konnte man sich eine kritische Exposition gegenüber diesem Toxin zunächst nicht erklären. Im Fadang-Mehl war die BMAA-Konzentration zu gering, um die Erkrankung bei einem üblichen Konsum auslösen zu können.

Schließlich entdeckte man, dass sich das Toxin massiv in Flughunden und anderen Tieren anreicherte, die sich vorwiegend von *Cycas*-Samen ernähren. Die Flughunde können BMAA offenbar ohne Probleme für ihre eigene Gesundheit in hohen Konzentrationen tolerieren (Cox P et al, 2003). Das Erscheinen der Erkrankung auf Guam könnte Folge eines gestiegenen Verzehrs der als Delikatesse geltenden Flughunde während des 20. Jahrhunderts sein. Eine hohe kumulative BMAA-Last ließ sich tatsächlich im Gehirn der verstorbenen Opfer von Lytico-bodig nachweisen.

Männliches Exemplar des Japanischen Sagopalmfarms *(Cycas revoluta)*. Alle Pflanzenteile sind giftig. Dennoch ist diese Art weltweit eine beliebte Zierpflanze.

Mittlerweile geht die Erkrankung auf Guam zurück, vermutlich aufgrund der rückläufigen und regional sogar bedrohten Cycadaceen-Bestände und veränderten Lebens- und Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung. Flughunde und traditionelles Fadang spielen heute eine geringere Rolle bei der Ernährung. Die krankheitsauslösende Aminosäure BMAA wird nicht als Sekundärstoff von den *Cycas*-Pflanzen selbst synthetisiert, sondern von Blaualgen, beispielsweise der Gattung *Nostoc*, die symbiontisch in ihrem Wurzelsystem leben.

Inzwischen weiß man von weiteren Pflanzen wie beispielsweise der *Gunnera*, dass sie BMAA aus symbiontischen Cyanobakterien anreichern; und ein hoher BMAA-Gehalt wurde in Nordamerika bei Menschen nachgewiesen, die infolge neurodegenerativer Erkrankungen unbekannter Ätiologie verstorben waren. Die Guam-disease könnte eine Index-Erkrankung für ein viel allgemeineres, eventuell sogar globales Risiko für Nerven-



Cyanobakterien in Anschnitten der Korallenwurzeln von *Cycas* (Foto: P. Döbbeler, München).

erkrankungen durch toxische Aminosäuren pflanzlichen Ursprungs sein (Bradley WG et al, 2009).

Auch das Mammutblatt *(Gunnera manicata)* reichert die toxische Aminosäure BMAA aus symbiontisch lebenden Cyanobakterien an. Cornwall, 2012.

Die Guam-disease ist nur eines unter vielen Beispielen für eine versteckte Toxizität pflanzlicher Nahrungsmittel, wie sie bei einer fehlenden Akut-Symptomatik lange Zeit unerkannt bleiben kann.

8.2. Adlerfarne

Der Adlerfarn (*Pteridium aquilinum)* bildet in seinem globalen Areal große zusammenhängende Bestände aus, die eine ergiebige Wildernte erlauben. Tatsächlich wird der Farn in so unterschiedlichen Kulturen und weit voneinander entfernten Regionen wie bei den Indianern Nordamerikas, den Maori auf Neuseeland, und im ländlichen Griechenland und Japan als Speise geschätzt. Die jungen, zarten Blätter werden roh als Salat gegessen oder wie Spinat gekocht, die Rhizome vor dem Verzehr gekocht. Auf den Kanarischen Inseln sind die Rhizome gemeinsam mit Hafer Bestandteil des traditionellen Gerichts Goflo. Die Toxizität von roh genossenem Adlerfarn ist durch Todesfälle beim Vieh offenkundig. Für diese akute Toxizität macht man verschiedenste in älteren Wedeln konzentrierte cyanogene Glykoside und eine Vitamin B 1 zerstörende Thiaminase verantwortlich. Diese Problematik vermeidet der Mensch, indem er ausschließlich junge Wedel roh verzehrt und ältere kocht (Vetter J, 2010).

Adlerfarn *(Pteridium aquilinum)* auf Jamaica, 1986. Der Farn wurde auf der Insel eingeführt und verhält sich invasiv.

Adlerfarn kann genetisch in zwei diploide Linien mit grob vikariierenden Verbreitungen gegliedert werden, *Pteridium aquilinum* auf der Nordhalbkugel und *Pteridium*

esculentum auf der Südhalbkugel.

Das Terpenoid Ptaquilosid ist ein okkultes Risiko für Menschen, die sich regelmäßig von Adlerfarn ernähren. Die kanzerogene Substanz wird beim Kochen nicht völlig inaktiviert. Sie steht im Verdacht, für eine epidemiologisch auffällig hohe Tumor-Prävalenz einiger Regionen verantwortlich sein, in der Adlerfarn eine traditionelles Wildgemüse ist. Die Kanzerogenität des Farns wurde an Versuchstieren zweifelsfrei nachgewiesen, über eine Tumorinduktion beim Menschen wird noch geforscht (Santos RC et al., 1987).

Wedel des Südlichen Adlerfarns *(Pteridium esculentum)* nahe Melbourne, Victoria, 2011.

Auch wenn das Art-Epitheton des südlichen Adlerfarns Essbarkeit suggeriert, ist dieser nicht frei von Toxinen. *Pteridium esculentum* enthält das kanzerogene Ptaquilosid ebenso wie *P. aquilinum*, allerdings weisen die Adlerfarn-Bestände in Neu-Seeland, wo der Farn ein Grundnahrungsmittel der Maori ist, stark variierende Konzentrationen des Giftstoffes auf. Die Maori trocknen die Rhizome des Adlerfarns zunächst, erhitzen sie dann, und zermörsern sie zu Brei. Von Regionen mit hohem Ptaquilosid-Gehalt im Adlerfarn ist eine Häufung der bovinen enzootischen Hämaturie und des akuten hämorrhagischen Syndroms unter dem Vieh bekannt (Rasmussen LH, Lauren DR, Smith BL, & Hansen HCB, 2008).

Neuerdings werden vom nördlichen Adlerfarn *Pteridium aquilinum* taxonomisch mehrere Unterarten unterschieden, von denen die ssp. *pinetorum* (von einigen Autoren auch im Artrang geführt) frei von kanzerogenen Terpenen sein soll (Page CN, 1997; Frank D, 2008). Das macht die Einschätzung des Risikos noch komplizierter.

Ein Känguru *(Macropus giganteus)* versteckt sich im Südlichen Adlerfarn. Halls Gap, Victoria, 2011.

Weitere Beispiele für erst mit wissenschaftlicher Epidemiologie erkannte okkulte Risiken von Pflanzen sind kanzerogene und nephrotoxische Inhaltsstoffe in zahlreichen Spezies der Gattungen *Asarum* und *Aristolochia*, die weltweit als Arzneimittel im Gebrauch sind (s.u.).

8.3. Sekundärstoffe in domestizierten Nahrungspflanzen überregionaler Bedeutung

Fadang und Adlerfarn haben allenfalls eine regionale Bedeutung für die Ernährung, doch wie steht es um toxische Sekundärstoffe in domestizierten Nahrungspflanzen in weltweitem Anbau? Sehen wir uns zwei bedeutende Gruppen domestizierter Nahrungspflanzen an: die Stärke liefernden Getreide und die Eiweiß liefernden Leguminosen. Warum diese zu globalen Staple-foods wurden, darüber ist viel nachgedacht und geforscht worden, auch unter dem Gesichtspunkt der pflanzlichen Sekundärstoffe.

In ökologischer Hinsicht handelt es sich beide Male um Granivorie, also die Nutzung der dem Pflanzen-Embryo im Samen mitgegebenen Nährstoffe, und zwar in einer Weise, die zumindest vordergründig dem Arterhaltung der betreffenden Pflanze zuwiderläuft. Anders als bei der Frugivorie, bei der auffällige und wohlschmeckende Früchte zum Verzehr und der unbewussten Verbreitung der intakt gebliebenen Samen animieren, ist der Mensch als Vektor für die Samen der Gräser und Leguminosen wohl nicht vorgesehen. Im Gegenteil, robuste anatomische Strukturen ohne sensorische Attraktion verbergen und schützen das nahrhafte Endosperm, im Falle der meisten Leguminosen zusätzlich flankiert von toxischen Inhaltsstoffen. Der Samen soll zu Boden fallen und nach Verrottung der Spelzen (Gräser) und Hülsen (Leguminosen) keimen.

Damit fehlen Anhalte dafür, dass der Mensch eine durch die Evolution vorgesehene Rolle von Tieren als Diasporen-Vektor kopierte und modifizierte, als er begann, diese Samen zu ernten und zu Speisen verarbeiten. Das scheinbare Abweichen von uns vertrauten Evolutions-Algorithmen macht es so schwer verständlich, warum Gräser und Leguminosen (neben wenigen anderen) in allen alten Zentren der Pflanzen-Domestikation das Rennen machten. Dabei ist der Gehalt an toxischen oder für den Menschen schwer verwertbaren Inhaltsstoffen bei Leguminosen bis heute nicht völlig überwunden.

8.3.1. Leguminosen – Eiweißlieferanten mit beherrschter, aber nicht eliminierter Toxizität

Leguminosen gehören zu den „founder crops“ in Europa, in Indien und in Mittelamerika. Sie sind als pflanzliche Eiweißlieferanten eine ideale Ergänzung des kohlenhydratreichen Getreides und erlauben eine fleischarme Ernährung bis hin zum religiös motivierten Vegetarismus, beispielsweise in Indien. Die Hülsenfrüchtler boten sich vermutlich zur Domestikation an, weil sie als Unkräuter zwischen den noch früher angebauten Getreiden wuchsen. Im Verlaufe der Domestikation erwarben sie gegenüber ihren Wildformen neue Eigenschaften, die einen ertragreichen landwirtschaftlichen Anbau erlaubten. Mit Verschwinden der Keimruhe ist ihre Aussaat jederzeit möglich, die Samen sind größer und sie verbleiben auch bei Erreichen der Reife in den geschlossenen Hülsen, mit denen sie in ihrer Gesamtheit geerntet werden. Die Samenschale wurde glatter und dünner und dadurch

für den Verzehr geeigneter (Jacomet S, 2011).

Die meisten Leguminosen führen roh genossen bereits in geringen Mengen zu Vergiftungserscheinungen. Alkaloide und nicht-proteinogene Aminosäuren sind dafür verantwortlich. Alle Leguminosen außer den Erbsen und Linsen müssen vor dem Kochen gewässert werden, um anti-nutritive Enzyme zu entfernen. Unverdauliche Zucker wie Raffinose und Stachyose werden ebenfalls durch das Wässern entfernt, anderenfalls werden sie durch Bakterien im Darm unter Gasbildung verdaut. Einige Leguminosen müssen zum Abbau weiterer Giftstoffe gekocht werden.

Auch die zu den founder-crops gerechnete Linsen-Wicke *(Vicia ervilia)* war durch ihren Gehalt an Bitterstoffen keine unproblematische Nahrung. Neben cyanogenen Glykosiden enthält sie das bereits besprochene toxische L-Canavanin und Proteine, die als Trypsin-Inhibitoren wirken. Heute ist die Linsen-Wicke für die menschliche Ernährung von untergeordneter Bedeutung.

Erbse *(Pisum sativum)*. Samen und Hülsen können roh gegessen werden.

Die erst im 16. Jahrhundert in Europa aufkommenden Gartenbohnen *(Phaseolus vulgaris)* südamerikanischen Ursprungs enthalten für den Menschen toxische hitzelabile Lektine wie das Phaseolin. Rohe Bohnen und Hülsen können bei Kindern schwere, sogar tödliche Erkrankungen auslösen. Ihre physiologische Rolle spielen die Lektine bei der Entwicklung und Ausreifung der Bohnen (Boisseau C, Moisand A, Pére D, Rougé P, 1985; Savelkoul FHMG, van der Poel AFB, Tamminga S, 1992).

Der Makel ihrer Giftigkeit hat den Siegeszug der Gartenbohnen in Europa nicht aufgehalten. Die Gartenbohne hat hier die vormals so bedeutende Saubohne verdrängt. Die europäische Saubohne *(Vicia faba)*, auch Puffbohne oder Fava-Bohne genannt, war besonders während des Mittelalters ein Grundpfeiler der Ernährung. Sie ist für die Bevölkerung in Mitteleuropa relativ unproblematisch, denn wie die Erbse *(Pisum sativum)* und die Linse *(Lens culinaris)* ist sie weitgehend frei von toxisch wirkenden Substanzen. Wenn sie jung sind, können die Saubohnen-Hülsen sogar als Ganzes genossen werden.

8.3.1.1. Saubohne (*Vicia faba*) und Favismus

Allerdings führt die Saubohne bei ca. 7 % der Weltbevölkerung, v.a. der im Mittelmeerraum, im mittleren Osten, Afrika und Südostasien lebenden zu einer Favismus genannten toxischen

Hämolyse, die bis zum Tod führen kann. Ihr liegt ein defektes Redox-System durch einen Mangel des Enzyms Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase-Mangel zugrunde. Das Defizit wird X-chromosomal vererbt und führt auch nur bei einem Teil der Genträger zur Symptomatik. Das klinische Problem entsteht, wenn sich bei der Verstoffwechslung von Sekundärstoffen oxidativ wirksame Peroxide bilden, die die SH-Gruppen in Proteinen der Erythrozytenmembranen angreifen. Das Enzym Glutathion, das vor diesem Oxidationsschaden schützt, wird bei Vorliegen des Enzym-Defizits nicht ausreichend regeneriert. Neben Saubohnen, die der Krankheit ihren Namen gaben, können auch Erbsen und Johannisbeeren die Problematik in geringerem Schweregrad auslösen (Zinkham WH, Lenhard RE Jr, Childs B 1958).

Strandplatterbse *(Lathyrus maritimus)* auf Rømø, Dänemark, 2014.

Die höhere Prävalenz des Favismus unter der afrikanischen Bevölkerung erklärt sich vermutlich, weil mit ihr ein gewisser Schutz vor der Malaria verbunden ist. Eine Akkumulation von Genen, die eine Resistenz gegenüber den in Afrika so häufigen parasitären Erkrankungen durch Plasmodien und Trypanosomen vermitteln, ist in ähnlicher Weise von der Sichelzellanämie und von den APOL-Genen bekannt. APOL-Gen Träger erkranken seltener an der Schlafkrankheit, sind aber offenbar für einige unter Negroiden häufigeren Nierenerkrankungen prädisponiert. Die «balancierende Evolution» ist ein zwischen den Vor- und Nachteilen einer genetischen Anlage vermittelndes Prinzip, dem die Menschen und alle anderen Lebewesen die Anpassung an Umweltbedingungen und die genetische Vielfalt ihrer Individuen verdanken (Genovese D et al, 2010).

Die Saubohne *(Vicia faba)* war v.a. im Mittelalter eine bedeutende Nahrungspflanze.

Die Krankheit Favismus kann bei prädisponierten Personen auch durch den Genuss von Johannisbeeren *(Ribes rubrum)* ausgelöst werden.

Die rückläufige kulinarische Bedeutung der Fava-Bohnen in Europa muss man bedauern, schließlich war ihr Anbau im hiesigen Klima besonders ertragreich und sogar auf den salzhaltigen Böden der Marschen möglich.

Die Fava-Bohne ist ein Beispiel für Kultur-Pflanzen, deren wilde Vorläufer bisher nicht identifiziert werden konnten, und die sich als „Heimatlose“ ohne den andauernden Einfluss des Menschen nicht mehr behaupten könnten. Als nicht gesicherte Stammformen werden *Vicia narbonensis* und *V. gallilaea* diskutiert. Die rezent vorkommenden Kultivare von *V. faba* tragen ausnahmslos Hülsen, die sich bei Fruchtreife nicht öffnen, und die eine Weiterverbreitung in der Wildnis nicht zuließen.

8.3.1.2. Lathyrismus

Wie wichtige Nahrungspflanzen Leguminosen bereits im Altertum waren, das ist in Randnotizen der römischen Geschichtsschreibung festgehalten. So erwähnen Plinius der Ältere und der Geograph Strabo (63 v Chr.- etwa 20 n Chr.) das Vorkommen von „Bohnen“ am Strand der von den Römern entdeckten Nordseeinsel „Byrchanis“ (=Borkum bzw. ein Teil der größeren Insel Bant – Borkum in seiner heutigen Gestalt ist erst Jahrhunderte später entstanden) und gaben ihr den alternativen Namen Burchana fabaria. Was die Römer offenbar für Bohnen hielten, war vermutlich die heute noch dort verbreitete Strandplatterbse *(Lathyrus maritimus)*.

Die Hülsen der Strandplatterbse sind tatsächlich essbar, und die zirkumpolar vorkommende Art wird von den nordamerikanischen Ureinwohnern als Gemüse und Arznei genutzt. (http://herb.umd.umich.edu/herb/search.pl?searchstring=Lathyrus%20japonicus&searchlimit=100). Es gilt als sicher, dass sie nur sparsam konsumiert werden konnte, denn sie ist durch die enthaltene lathyrogene Aminosäure β-oxalyl-*L*-α,β-Diaminopropionsäure recht giftig.

Eine nahe Verwandte der Strandplatterbse ist die Saatplatterbse *(Lathyrus sativus)*, von der sich trotz ihres Toxingehalts in manchen Regionen viele Menschen ernähren. Das gilt speziell für Zeiten des Mangels, in denen andere pflanzliche Eiweißlieferanten ausfallen. Bei einseitigem und übermäßigem Konsum von Mehl aus *Lathyrus sativus* Samen tritt regelmäßig das Syndrom des Lathyrismus auf. Außer von *Lathyrus sativus* führen die nur selten konsumierten Samen von *L. odoratus, L. cicer, L. hisentus, L. tuberosus, L. palustris, L. epheca* zum Lathyrismus (Lindner E, 1990). Des Weiteren kommen auch Wickenarten,

z.B. *Vicia sativa* und *Vicia angustifolia* als Auslöser der Erkrankung in Betracht, wenn sie zwischen den angebauten Platterbsen wachsen und ins Erntegut gelangen.

Die Radierung „*Gracias a la Almorta* „(dt.: Dank der Platterbse) von Fransisco de Goya zeigt an Lathyrismus Erkrankte in Spanien während der Zeit der napoleonischen Kriege, als sich große Teile der Bevölkerung bevorzugt von *Lathyrus*-Samen ernährten.

In Europa trat Lathyrismus zuletzt 1943 in Spanien auf. In Indien dagegen ist das Syndrom heute noch verbreitet. Saatplatterbsen gedeihen selbst unter ungünstigsten landwirtschaftlichen Bedingungen. Ein Anbauverbot in Teilen Indiens wird regelmäßig missachtet, und die Erkenntnisse zu den toxischen Wirkungen von den indischen Bauern unterschätzt. In einer Erhebung in einer indischen Region von 1958 kamen auf eine Bevölkerung von 634 000 Menschen 25 000 Fälle von Neurolathyrismus (Dwivedi M & Prasad BG, 1964).

Lathyrismus ist in zwei unterschiedlichen klinischen Syndromen bekannt: dem Neurolathyrismus und dem Osteolathyrismus, wobei letzterer bisher nur bei Versuchstieren beobachtet wurde.

Durch den Gehalt an Cytisin extrem giftig:
Goldregen *(Laburnum anagyroides)* am Bodensee.

Neurolathyrismus beim Menschen hat Krämpfe der Extremitätenmuskulatur und eine spastische Lähmung zur Folge. Typisch ist ein Gangbild, bei dem die Betroffenen faktisch von einem Bein aufs andere fallen. Störungen der Tiefensensibilität und der Blasen- und Darmfunktion treten hinzu, ein grobschlägiger Tremor kann auftreten. Insgesamt werden eine ganze Anzahl von Verbindungen in Leguminosen als neurotoxisch angesehen: ß-Cyanalanin,γ-Glutamyl-ß-cyanalanin (sie werden in *V. sativa* und 15 anderen *Vicia*-Arten gefunden), a,γ-Diaminobuttersäure (*V. aurantica*, *L. silvestris*, *L. latifolius* und 11 weitere *Lathyrus*-Arten), γ-N-Oxalyl-L-a, γ-Diaminobuttersäure (*L. silvestris*, *L. latifolius* und 18 weitere *Lathyrus*-Arten), ß-N-Oxalyl-L-a,ß-

diaminopropionsäure (*L. sativus*, *L. latifolius*, *L. clymenum* und 18 weitere *Lathyrus*-Arten) (Bell EA, 1965).
Experimentelle Daten zeigen, dass Pyridoxal (Vitamin B) bei Ratten das Auftreten der toxischen Symptome durch das ß-Cyanalanin verzögern kann (Ressler C, Nelson J, Pfeffer MI, 1964). Auch für eine Vitamin-B 6-antagonistische Wirkung der Lathyrogene gibt es Hinweise – grundlegend sind die Wirkmechanismen aber nicht aufgeklärt, so dass therapeutisch nicht gezielt interveniert werden kann. Die Expositionsvermeidung bleibt entscheidend.

Die artenreiche Familie der Leguminosen ist selbst für Laien durch ihre gleichförmig aufgebauten Hülsenfrüchten gut kenntlich. Neben den zum Verzehr geeigneten „founder crops“ sind einige Arten von legendärer Giftigkeit wie die Paternoster-Erbse *(Abrus precatorius)* und der Goldregen *(Laburnum anagyroides)* unbedingt zu meiden.

8.3.1.3. Lupinen und toxische Alkaloide

Zwischen diesen Extremen stehen Arten von zweifelhafter Qualität, die sich die Menschen zur Bereicherung ihrer Nahrung zu erschließen versuchen. Der Volksmund belegt für den Verzehr ungeeignete Pflanzen häufig mit dem Präfix „Wolf-“. So wird bei der Wolfsbohne ähnlich wie bei der Wolfsmilch eine Abgrenzung zum vertrauten und bewährten Lebensmittel vorgenommen. „Wolfsbohnen“ sind die Samen der Lupinen *(Lupinus* spec.*)*. Sie enthalten bittere Alkaloide wie das Lupinin und sind für Mensch und Tier ungenießbar. Zusätzlich sind starke Allergene (sog. Conglutine) vorhanden. Andererseits ist der Gehalt an wertvollem Eiweiß und an den essentiellen Aminosäuren Methionin und Tryptophan so bedeutsam, dass man zu Beginn des 20. Jahrhunderts alkaloidarme Formen, die so genannten Süßlupinen züchtete. Süßlupinen eignen sich als Futterpflanzen für Tiere und für den menschlichen Verzehr. Aus Lupinen-Eiweiß lassen sich ähnlich wie aus Sojaeiweiß Lebensmittel wie Eis, Würstchen und Schnitzel herstellen. Bereits 1918 hatte man durch die „Vereinigung für Angewandte Botanik“ in Deutschland eine Vielzahl von Produkten aus der damals neu gezüchteten Süßlupine präsentiert, darunter Lupinen-Steaks und Käse. Mit dieser Initiative wollte man einer sich verschärfenden

Die Samen der Lupine *(Lupinus polyphyllus)* sind durch den Gehalt an Chinolizidinalkaloiden giftig. Dennoch werden aus alkaloidarmen Sorten

Nahrungsknappheit während des 1. Weltkriegs begegnen. Neuerdings werden diese Ideen wieder aufgegriffen und weiterentwickelt. Die verhaltene Akzeptanz für Lupinenprodukte wird verbessert, indem man weitere unangenehme Geschmacksstoffe aus dem Lupinen-Eiweiß entfernt. Schon wird ein Gesundheits-Nutzen für die Lupine postuliert, etwa aufgrund günstiger Einflüsse auf Bluthochdruck und Hyperlipidämie durch den hohen Gehalt an der Aminosäure Arginin (Sengbusch von J, 2014).

8.3.2. Weitere Nahrungspflanzen mit problematischen Sekundärstoffen

Linamarin ist ein cyanogenes Glycosid im Maniok und dem daraus hergestellten Cassava *(Manihot esculenta)* und in der Lima-Bohne *(Phaseolus lunatus)*. Die ältesten archäologischen Funde von Maniok-Überresten stammen aus Mexiko, ihr Alter wird auf 2800 Jahre geschätzt. Es gilt als wahrscheinlich, dass Maniok als allotretraploide Art aus in Südamerika heute noch wild vorkommenden *Manihot*-Arten entstanden ist. Alle Volksstämme, die sich von Maniok ernähren, haben Techniken entwickelt, um den Gehalt an cyanogenen Glykosiden zu reduzieren (Ikediobi CO & Onyike E,1982).

Häufig gelang es im Verlaufe einer langen Domestikations-Historie, im Toxingehalt reduzierte Sippen aus hoch-toxischen Wildformen auszulesen, beispielsweise beim Solanin-Gehalt in der Kartoffel *(Solanum tuberosum)* und der Tomate *(Lycopersicum esculentum)*. Die Kultur-Sippen aus der Gattung *Dioscorea* enthalten deutlich geringere Konzentrationen des giftigen Alkaloids Dioscorin als ihre wilden Vorläufer (Barreau J, 1956). Kultur-Gemüse wie Salat (*Lactuca sativa)* oder Zichorien *(Cichorium intybus)* enthalten weniger Bitterstoffe als ihre Wildtypen.

Die Gefahr durch die bitteren und unbekömmlichen Cucurbitacine in Kürbissen, Gurken und ihren Verwandten ist trotz einer 10.000 Jahre andauernden Domestikation in Mittelamerika nicht gebannt. Chemisch handelt es sich bei den Cucurbitacinen um tetra-zyklische Triterpene. Durch Selektion sind die domestizierten Kürbisgewächse in der Regel von diesen Giftstoffen befreit, infolge von Kreuzungen mit Wildformen oder Rückmutationen treten jedoch regelmäßig erneut Cucurbitacin-haltige Pflanzen auf. Vor dem Verzehr bitter schmeckender Kürbisse wird gewarnt. Es muss mit Erbrechen, extremem Speichelfluss und Durchfall gerechnet werden. Sogar

Blühender Zucchino in einem Hochbeet.

Todesfälle durch Kreislaufversagen bei Kindern und älteren Menschen wurden beschrieben. Im heißen Sommer 2015 ging das Schicksal eines Rentners durch die Medien, der nach Genuss eines Gratins aus bitter schmeckenden Zucchini (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* convar. *Giromontiina*, Zucchetti in der Deutschschweiz) verstorben war (http://www.welt./article145483157/So-kam-es-zur-Vergiftung-durch-die-Zucchini.html). Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass bei der aus Indien stammenden Gurke *(Cucumis sativus)* traditionell die männlichen Blüten entfernt werden, um die Fertilisation zu verhindern. Diese Maßnahme unterbindet die Bildung der bitteren Geschmacksstoffe in der Frucht.

8.3.3. Getreide – die erfolgreichsten Nahrungspflanzen

Warum ausgerechnet Gräser zu den bedeutendsten Nahrungspflanzen weltweit wurden, kann nicht befriedigend beantwortet werden. Seit mehreren tausend Jahren basiert die Ernährung der Weltbevölkerung auf Getreiden als Kohlenhydrat-Lieferanten. Die Samen dieser Süßgräser einschließlich ihrer wilden Vorläufer bieten keinerlei geschmackliche Attraktion, bestenfalls schmecken sie neutral. Immerhin weisen sie keine unangenehmen Geschmacksstoffe auf, und sie sind für den Menschen ungiftig.

Es bedarf einer beträchtlichen Menge der kleinen Samen und einer aufwändigen Verarbeitung zu einem verzehrfertigen Produkt, um davon Menschen zu ernähren. Diese Herausforderungen wurden – vermutlich unabhängig voneinander – in weit voneinander entfernten Regionen der Welt für ganz verschiedene Gräser bewältigt. Gerste und Weizen, Reis und verschiedene Hirsen wurden zu den jeweiligen Grundnahrungsmitteln in ihren Domestikations-Zentren.

Gräser *(Poaceae)* sind als besonders artenreiche und über alle Klimazonen der Erde vertretene Pflanzenfamilie omnipräsent: ob im Wasser, in den Gezeitenzonen der Meere, in polarer oder hochalpiner Kälte oder auf extrem heißen und trockenen Standorten, sie besiedeln ein sehr weites Spektrum von Ökotypen. Damit wachsen *Poaceae* immer auch in enger Nachbarschaft zum Menschen, der ihren Gebrauch für verschiedenste Zwecke erproben konnte.

Gräser besitzen einen gleichförmigen Habitus, der eine intuitive Erfassung ihrer Zusammengehörigkeit erlaubt und die gleichsinnige Nutzbarkeit verschiedener Arten nahelegt.

Anders als reife Früchte und Nüsse sind die Grassamen bei ihrer Ernte für den Menschen keine „ready to use or eat“ Produkte. Die für die Ernährung interessanten Speicherstoffe in den Karyopsen sind dort von festen Spelzen umschlossen. Die Samen der Wildgräser fallen zu Boden, wenn sie reif und für die Ernährung geeignet zu werden beginnen. Eine bequeme Ernte der reifen Körner direkt von der Pflanze ist damit unmöglich.

Erkannte der frühe Mensch den Nährwert der Karyopsen durch Beobachtungen an Tieren wie den Sämereien aufpickenden Vögeln? Das wäre immerhin möglich, es rekonstruiert und erklärt aber noch nicht, wie aus den Grassamen Brot, Fladen, Suppen, Grütze und (vielleicht als erstes) Bier wurden. Bis zu diesen Endprodukten bedurfte es ohne Zweifel einer sehr langen Abfolge von „trial and error“.

Nach der zeitraubenden Etablierung von Kultur- und Verarbeitungs-Techniken für die ersten Getreide war es naheliegend, die gleichen Techniken zur Domestikation und Verarbeitung weiterer Getreide-Sorten anzuwenden, mit Modifikationen gegebenenfalls. Manche wuchsen bereits als Unkraut-Gräser im Acker und wurden bereits mit den angebauten Feldfrüchten geerntet. So wurde der Hafer *(Avena sativa)* mit seinem ganz eigenen Profil an Inhaltsstoffen durch einen hohen Fettgehalt zum Kultur-Getreide. Vorübergehend und vorwiegend in

Notzeiten wurde die Roggen-Trespe *(Bromus secalinus)* zum „Ersatz"-Getreide. Der Mensch lernte die Trespe als ein Unkraut der Roggenfelder, seltener auch der Weizenfelder kennen. Sie reift und keimt zeitgleich mit dem Roggen und wird mit ihm geerntet. In ihrer animistischen Vorstellungswelt nahmen die Menschen früher an, die Trespe könne sich in Roggen verwandeln und umgekehrt, später vermutete man, dass das Gras im Laufe der Zeit durch den Menschen entstanden war. Die Roggen-Trespe hat sich seit dem Neolithikum mit dem Roggen über die ganze Erde verbreitet. Mehl und Brot mit einem hohen Trespen-Anteil wird dunkel und bitter, wobei die hierfür verantwortlichen Sekundärstoffe unbekannt sind.

Roggentrespe *(Bromus secalinus)* in Lothringen, 2007.

Brot und „Mehlspeisen" im Allgemeinen begannen die Speisepläne zu beherrschen, und zur Sicherstellung der Ernährung entstand eine Abhängigkeit von den Getreide-Ernten, die das kulturelle und religiöse Leben der Völker prägte („gib uns unser täglich Brot").

Heute werden manche der ursprünglich auf Getreide-Mehl basierenden Produkte wie Brot und Fladen auch aus Samen von Buchweizen *(Fagopyron esculentum),* Quinoa (*Chenopodium quinoa)* oder Amaranth *(Amaranthus* spec.*)* hergestellt, also Pflanzen ohne nähere Verwandtschaft der Süßgräser**.**

8.3.3.1. Domestikationsziele bei Getreiden

Domestikationsmerkmale der Getreide gegenüber den Wildgräsern sind eine Rückbildung der robusten Spelzen und Grannen, eine Erhöhung der Anzahl fertiler Blüten je Ähre, eine gleichzeitige Reifung aller Körner der Ähre und der gesamten Population, eine Zunahme der Körner-Größe und eine die Ernte als Gesamtheit erlaubende Festigkeit der Ährenspindel (Jacomet S, 2011).

Die Region des Fruchtbaren Halbmonds in Mesopotamien gilt als Entstehungs-Areal der Getreide. Hier sind nach heutigem Erkenntnisstand die "founder crops" Weizen, Kolbenhirse, Rispenhirse etc. aus zunächst gesammelten Wildgräsern durch Auslese entstanden. Die Tatsache, dass die meisten dieser Gräser selbstbestäubend sind, hat die Auslese von Domestikations-Merkmalen begünstigt und eine genetische Isolation von den Wildpopulationen gefördert. Bei der Entwicklung des Kulturweizens *(Triticum* spec.*)* spielte

die Zunahme der Chromosomensätze (Polyploidie) eine wichtige Rolle. Einkorn (*T. monococcum)* ist diploid und aufgrund seiner Frostresistenz als Wintergetreide (Aussaat im Herbst) geeignet. Einkorn gilt als ältestes Kulturgetreide. In seiner Fortentwicklung entstand tetraploider Weizen *(Triticum turgidum)* mit den zwei bedeutenden Unter-Arten Emmer und Hartweizen. Emmer (*T. dicoccum*) ist bespelzt und mit seinem hohen Kleber- und Eiweißgehalt ein ideales Brotgetreide, allerdings ist er frostempfindlich und sollte im Frühjahr als Sommergetreide ausgesät werden. Der Hartweizen *(T. durum)* ist ein Nacktgetreide ohne anhaftende Spelzen. Er ist besonders eiweißreich und ein ideales Nudelgetreide (Maccaroni wheat).

Dinkel *(Triticum spelta)* im Bauernhofmuseum Illerbeuren, 2004. Die Verbreitung des Dinkelanbaus soll sich ungefähr mit dem alemannischen Sprachgebiet decken.

Hexaploider Weizen ist im Nahen Osten ca. 1000 Jahre später als das Einkorn nachweisbar. Dinkel *(T. spelta)* ist ein bespelzter hexaploider Weizen, ein hexaploider Nacktweizen ist der heute besonders gebräuchliche Saat- oder Sommerweizen *(T. aestivum).* Dinkel eignet sich von diesen beiden aufgrund des höheren Eiweißgehalts besser als Nudelgetreide. Von diploidem und tetraploidem Weizen existieren jeweils noch Wildformen, von denen sie sich ableiten. Solche fehlen für hexaploiden Weizen, der mutmaßlich durch Allo-Polyploidisierung mit Arten aus der Gattung *Aegilops* entstanden (tetraploider Weizen und diploide *Aegilops*) ist.

Aegilops spec. auf Kreta 2015. Arten dieser Gattung sind im heute besonders wichtigen Sommerweizen eingekreuzt.

Gerste (*Hordeum* spec.) wurde etwa zeitgleich mit Emmer und Einkorn domestiziert. Gerstenmehl ist wegen des geringeren Gehalts an Klebereiweiß weniger zum Brotbacken geeignet und wird höchstens dem Mehl für Mischbrot zugesetzt. Größere Bedeutung hat die Gerste für Grützen

(Graubündner Gerstensuppe), zum Bierbrauen und als Viehfutter. In agrarischer Hinsicht zeichnet sich die Gerste durch geringere Ansprüche an die Böden aus, selbst eine gewisse Versalzung toleriert sie. Roggen (*Secale* spec.*)* besitzt gegenüber den vorgenannten Getreiden die Besonderheit der Fremdbestäubung, was die Selektion von Kultursippen durch einen kontinuierlichen genetischen Austausch mit Wildgräsern behindert.

Mohrenhirse (*Sorghum bicolor)*
Anbau in der Emilia-Romagna bei Rimini, 2014.

Aus eurozentrischer Perspektive interessieren vorwiegend die Getreide, die in unseren gemäßigten bis rauen Klimata bestehen können. In heißeren und niederschlagsärmeren Regionen Afrikas sind trockenheitsresistete Gräser wie die Mohrenhirse *(Sorghum bicolor)* oder Teff *(Eragrostis tef)* die Grundnahrungsmittel. Ihre bisweilen archaisch anmutende Kultur erlaubt uns Einblicke in eine ursprünglichere Handhabung einer großen Sortenvielfalt bei besonders eklatanter Abhängigkeit vom jeweiligen Ernteerfolg.

Mit der Domestikation der Getreide haben die Menschen Techniken zur Bearbeitung des Ernteguts, zu seiner Lagerung und zum Transport entwickelt. Die Technik des Mahlens von Grassamen ist in einer pleistozänen Ausgrabungsstätte in Australien bereits vor 30.000 Jahren nachweisbar (Fullagar R & Field J, 1997).

Getreide und die zuvor besprochenen Hülsenfrüchte sind im getrockneten Zustand lagerfähig. Ihre Verarbeitung und der Verzehr müssen nicht zum Erntezeitpunkt erfolgen, und sie können mit Gefäßen aus Keramik von Ort und zu Ort transportiert werden. Diese Vorzüge haben das Zusammenleben der Menschen nachhaltig verändert.

Kommen wir noch einmal zu der Frage zurück, warum die Wildgetreide primär vom frühen Menschen ausgewählt wurden, um sie zu ihrer heutigen weltumspannenden Bedeutung weiterzuentwickeln.

Auch wenn es vielleicht ein Zufall gewesen sein mag, dass die frühen Landwirte die Samen der Wildgetreide anstatt derjenigen anderer Pflanzen zur Mehlgewinnung auswählten, verbreiteten sich die Ur-Getreide gewissermaßen als Erfolgsprodukte rasch in den Kulturräumen des Menschen. Ihr Erfolg unterdrückte die Domestikation weiterer vielleicht prinzipiell geeigneter Pflanzen. Die einmal entwickelte landwirtschaftliche Tradition ließ sich bequem zur Bewirtschaftung weiterer Gräser nutzen, während die Begründung neuer

Traditionen für anders zu bearbeitende Pflanzen einen unverhältnismäßigen Aufwand bedeutet hätte. Ökonomisch gesehen war es sinnvoll, in die züchterische Verbesserung von sich bereits bewährenden Arten und ihre Verarbeitung zu investieren.
Für diese hypothetische Historie muss man keine herausragende Eignung der Wildgetreide zur Domestikation annehmen. Ein biogeographischer Zufall, der kulturell nachhaltig gefestigt wurde, reicht zur Erklärung aus. Gestützt würde diese Hypothese durch eine jeweils nur einmalige Domestikation der Getreide in ihren Domestikationszentren.
Ob dies zutrifft, lässt sich allerdings nicht endgültig beurteilen. Im Gegenteil, viele Fakten sprechen dafür, dass Weizen und Gerste gleich mehrfach domestiziert wurden.

8.3.3.2. Domestikation von Reis

Für den Reis allerdings gibt es neue Erkenntnisse, die der bisherigen Annahme der mehrfachen Domestikation widersprechen. Genetische Untersuchungen zeigen, dass alle Formen des Asiatischen Reises (*Oryza indica* und *japonica*) auf eine einmalige

Reisfeld auf Java, 1993.

Domestikation des Wildreises *Oryza rufipogon* in China vor ca. 10.000 Jahren zurückgehen (Molina J et al, 2011). Durch Analyse der genomischen Variationen im rezenten Reis stellte sich in einer weiteren 2012 publizierten Studie heraus, dass die Domestikation in der Region des Pearl River Tals in China stattfand und nicht, wie bisher angenommen, entlang des

Yangtses (Huang X et al, 2012). In den heute Jahrtausende alten Reiskulturen haben sich inzwischen neue vom Kulturreis abstammende verwildernde Formen entwickelt, die wieder Merkmale des Wildtyps aufweisen. Das phylogenetisch alte Merkmal des vorzeitigen Ausfallens der Samen (shattering) tritt in Kombination mit den Domestikationsmerkmalen des Kulturreises auf (Vigueira, CC et al, 2013).
Auch in Afrika hat eine Reis-Domestikation stattgefunden, aber offenbar deutlich später als beim asiatischen Reis. Der Afrikanische Reis (*Oryza glaberrima)* wurde vor ca. 3500 Jahren im Inland-Delta des oberen Niger im heutigen Mali domestiziert (Li Z-M, Zheng X-M, 2011).
Sein wilder Vorläufer *Oryza barthii* ist heute noch in Afrika südlich der Sahara verbreitet. Reis-Kulturen haben in Afrika niemals den Stellenwert wie in Asien erlangt. Heute wird der afrikanische Reis auch in Afrika durch den Anbau asiatischen Reises verdrängt.

Neben einer mehrfachen Domestikation eines Getreides spricht es auch für eine besondere primäre Eignung der Gräser als Nahrungspflanzen, dass verschiedene Arten in mutmaßlich voneinander isolierten Regionen, also unabhängig voneinander domestiziert wurden.
Es fehlt jedenfalls jede paläontologische Evidenz für eine Domestikation des Maises in Mittelamerika nach dem Vorbild des Weizens oder des Reises oder umgekehrt.
Die Eigenschaften der Wildgräser, die sie mutmaßlich besonders zur Inkulturnahme durch den Menschen empfohlen haben, verdienen daher noch einmal eine genaue Betrachtung.
Für den raschen Erwerb von Domestikations-Merkmalen war neben der Selbstbestäubung zweifellos die Einjährigkeit der Gräser von Vorteil. Einmal selektierte günstige Merkmale konnten sich von Generation zu Generation rasch festigen und weiterentwickeln.

Hiobsträne *(Coix lacryma-jobi)*. Rispe mit einzelner basaler Blüte und mehreren männlichen Blüten darüber. Die verhärtete Karyopse wird häufig zu Schmuck verarbeitet.

Die außergewöhnliche züchterische Plastizität mancher Gräser wird beispielsweise am außerhalb der Tropen weniger bekannten Gras Hiobsträne *(Coix lacryma-jobi)* deutlich. Seine extrem hartspelzigen Wildformen dürften sich kaum zum Verzehr geeignet haben. Sie wurden bevorzugt zu haltbarem Schmuck verarbeitet und wurden hierzu gesammelt und wohl in Siedlungsnähe ausgesät. Trotz der außergewöhnlichen Hartspelzigkeit des Wildtyps gelang auch die Auslese dünnschaliger und zum Verzehr geeigneter Formen. *Coix lacryma-jobi* wurde vermutlich auf den Philippinen domestiziert. Es wird dort

heute noch lokal beschränkt angebaut und kann wie Reis verzehrt werden oder zu Brot gebacken werden.

8.3.3.3. Die Rolle einzelner Inhaltsstoffe für den Erfolg der Gräser

Zwei Hypothesen zum Siegeszug der Gräser stellen einen Zusammenhang zu den Inhaltsstoffen der Samenkörner her. Ein noch relativ neuer Forschungsansatz vermutet ein Suchtpotential für die auf Weizenmehl basierende Ernährung. Nicht der Stärkegehalt des Mehls stellt den Suchtfaktor dar, sondern das Klebereiweiß Gliadin, das bereits als Auslöser der allergischen Darmerkrankung Zöliakie angeschuldigt wird. Gliadin wird zu einer Reihe von Polypeptiden abgebaut, die wegen ihrer strukturellen Ähnlichkeit mit Morphin als Exorphine bezeichnet werden (Stuknytė M, Maggioni M, Cattaneo S, De Luca P, Fiorilli A, Ferraretto A, De Noni I, 2015).

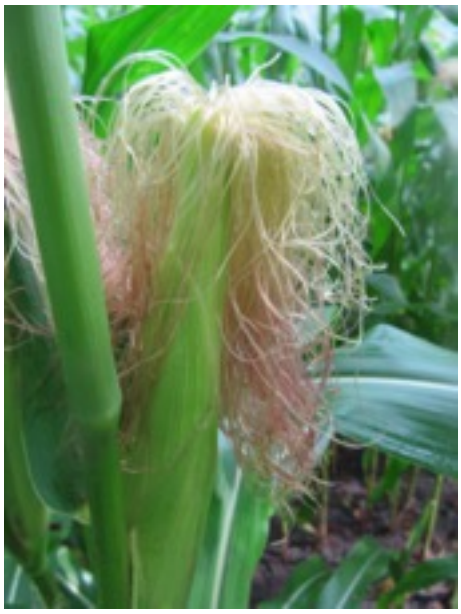
Lust auf Mehlspeisen: hier eine Kaffeetafel anlässlich eines 80. Geburtstages.

Die Exorphine wirken ähnlich wie das Opium betäubend, euphorisierend und addiktiv. Nach Passage der Blut-Hirn-Schranke binden sie an zerebrale Opioid-Rezeptoren. Man nimmt an, dass der Appetit auf Weizenprodukte in pathologischer Weise stimuliert wird. Die Lust auf Teig- und Backwaren wird von Sättigungsmechanismen entkoppelt und führt u.a. zur Gewichtszunahme. Einige Autoren gehen so weit, die heutige Adipositas-Pandemie damit zu erklären. Die Weizen-Exorphine sollen derart addiktiv wirken, dass Pharmaunternehmen bereits an der Entwicklung von Antagonisten arbeiten, die ihre Bindung an die zerebralen Opioid-Rezeptoren verhindern und damit eine Gewichtsabnahme einleiten. Erste Tests zeigten verblüffende Ergebnisse. Die Testpersonen verloren im Laufe von sechs Monaten 10 Kilogramm Gewicht, und zwar bei unveränderten Zusammensetzung und Angebot der Ernährung (Wadley G & Martin A, 2000).

Eine andere, vom Evolutionsbiologen Josef Reichholf vertretene Hypothese besagt, dass die Menschen den komplexen Umgang mit den bespelzten Getreidekörnern zunächst erprobten, als sie das berauschende Bier daraus herstellten. Diese These sieht er durch die Beobachtung gestützt, dass Kulturen mit Getreiden als Grundnahrungsmittel regelhaft auch eine Tradition für alkoholische Getränke wie Bier oder Wein (Reiswein) haben. Wo sich die Bevölkerung in Afrika von der Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) ernährt, braut sie zu kultischen Zwecken ein berauschendes *Sorghum*-Bier (Edwards DN, 1996).

Reichholf vertritt seine These als Gegenposition zur gängigen Mangelhypothese, nach der Anbau und Domestikation von Pflanzen zum Zeitpunkt eines Rückgangs an jagdbaren Großtieren einsetzten. Er führt an, dass ein derartiger durch Überjagung entstandener

Mangel an Fleisch archäologisch nicht nachweisbar sei. Vielmehr sei über mehrere Jahrtausende lang Getreide als Grundlage alkoholischer Getränke (vor allem von Bier) genutzt worden, bevor sich die heute vorherrschende Verwendung zum Brotbacken durchsetzte. Seinen Ursprung habe diese Tradition bei den uralaltaischen Völkern Zentralasiens. Reichholf macht sich auch die oben bereits angeführten Bedenken zu eigen, nachdem es sehr mühsam bis unmöglich gewesen sein müsste, sich von den winzigen Samen der Wildgräser kalorisch ausreichend zu ernähren. Reichholf interpretiert die archäologischen Fundstücke von Keramikgefäßen nicht wie üblich als Aufbewahrungs- und Transportgefäße, sondern als Behältnisse zur Erzeugung von Alkoholika durch Gärung. Er verweist darauf, dass dies bereits auf frühen sumerischen Darstellungen zu erkennen sei. Aus evolutionsbiologischer Sicht wird schon länger diskutiert, dass sich die Gene für die Alkohol abbauenden Enzyme beim Menschen zeitgleich mit der Domestikation des Reises durchsetzten (Reichholf JH, 2012).



Maiskolben *(Zea mays)* mit herausschauenden Stempeln. Sie sind in der Volksmedizin als Stigmata maydis zur Therapie von Ödemen gebräuchlich.

Beide Hypothesen nehmen eine spezifische Rolle von einzelnen für die Ernährung unbedeutenden Stoffwechselprodukten der Gräser für ihren Domestikations-Erfolg an. Anders als die problematische Inhaltsstoffe der Leguminosen, die der Mensch auszuschalten versucht, haben Gliadin und Äthylalkohol eine positive, den Konsum fördernde Wirkung.

Das Auftreten toxischer Sekundärstoffe stellt heute eine Ausnahme bei Gräsern und Getreiden dar. Die geläufigsten Beispiele treten als Komplikation bei der Getreideproduktion durch einen Pilzbefall auf. Epidemiologisch und kulturhistorisch am bedeutsamsten ist das Mutterkorn, auf das in der Schlussbetrachtung dieser Arbeit noch detaillierter eingegangen wird.

8.3.3.4. Durch Getreide verursachte Toxizität und Mangelerscheinungen

Die Toxizität des Taumel-Lolchs *(Lolium temulentum)* beruht auf neurotoxischen Indolalkaloiden, die von endophytisch wachsenden Pilzen synthetisiert werden. Der Taumel-Lolch wuchs vor der Ära der Unkrautbekämpfung mit Herbiziden häufig inmitten des Getreides. Seine giftigen Karyopsen gelangten ins Erntegut und Alkaloid-kontaminiertes Mehl führte beim Konsumenten zu neurologischen Symptomen wie einem taumelnden Gang und Sehstörungen (White Jr. JF, Cole GT 1985).

Eine ausschließliche Ernährung von einzelnen Getreide-Sorten erhöht das Risiko für Mangelerscheinungen. Basiert die Ernährung vorwiegend auf Produkten aus Mais- *(Zea mays)* oder *Sorghum*–Mehl, so führt dies zur Pellagra, einer lange Zeit rätselhaft gebliebenen Erkrankung mit charakteristischen Hauterscheinungen, Durchfällen und dementieller Störung.

Im 18. Jahrhundert hatte man erstmals einen Zusammenhang zur Ernährung von Mais vermutet und im Maismehl nach toxischen Inhaltsstoffen und externen Kontaminanten gesucht. Erst im 20. Jahrhundert erkannte man einen Mangel an Niacin als Ursache.

Das für den Menschen essentielle Niacin aus der Gruppe der B-Vitamine liegt zwar im Mais vor, wird aber nicht aufgeschlossen, solange der Mais nur konventionell gemahlen wird. Pellagra trat besonders in Regionen ohne traditionelle Mais-Nutzung auf, z.B. in Europa nach der Einführung des Getreides durch die Spanier im 15. Jahrhundert oder in Westafrika, wo Mais erst in der jüngeren Vergangenheit zum Grundnahrungsmittel wurde. Ethnien, die wie die Einwohner Mexikos über eine lange Erfahrung mit Mais als Grundnahrungsmittel verfügen, vermeiden die Pellagra durch eine besondere Verarbeitung des Mehls. Die Körner werden über Stunden mit alkalischen Stoffen wie gelöschtem Kalk oder Holzasche gekocht, enthülst, nass zu einem Teig vermahlen, und dann entweder zum Endprodukt weiterverarbeitet oder wiedergetrocknet als Mehl gehandelt. Während dieser Prozesse wird das Niacin freigesetzt und verfügbar, zudem verbessern sich Geschmack und Backeigenschaften des Mehls. Die Technik wird als Nixtamalisierung bezeichnet und ist in Oaxaca bereits um 1500 v. Chr. dokumentiert und möglicherweise noch erheblich älter. Durch Nixtamalisierung gewonnenes Mehl wird in den Südstaaten der USA *hominy grits* und in Mexiko *masa harina* genannt (Ram S, Mishra B, 2010).

8.3.3.5. Wildgetreide - was lehren sie uns über die Domestikation?

Geht man von der Wildsammlung als einem regelhaft durchlaufenen Stadium der Nahrungspflanzen vor Erreichen ihre Anbau-Eignung aus, so könnten heute noch praktizierte Wildsammlungen frühe Stufen einer Domestikation erhellen. In Sedimenten neolithischer Siedlungen werden regelmäßig neben den Samen von Weizen, Gerste und Hirsen die vieler weiterer Gräser gefunden, die bis heute Wildgräser geblieben sind. Seinerzeit wuchsen sie gemeinsam mit den späteren Getreiden und wurden wie sie geerntet.

8.3.3.5.1. Sogenannter Wildreis (*Zizania* spec.)

Lassen sich Erkenntnisse zu den Anfängen der „founder crops“ am rezenten Wildgetreide Wildreis *(Zizania* spec.*)* in Nordamerika gewinnen? Indianer ernten die großen dunklen Karyopsen von *Zizania palustris* vom Wasser aus ab. Aus den ins Kanu hängenden Rispen fallen sie auf den Kanuboden und werden dort eingesammelt. Bis heute ist es überwiegend bei der Wildernte geblieben, was den hohen Preis für Wildreis im europäischen Handel

erklärt. Erst mit dem gewachsenen Interesse am Wildreis als kulinarischer Besonderheit wurde auch mit Anbau der einjährigen Gräser begonnen, die botanisch eng mit dem asiatischen Reis verwandt sind. Sorten mit besonders hohem Ertrag und nicht herausfallenden (non-shattering) Karyopsen wurden ausgelesen. Eine weitere *Zizania*-Art, der Mandschurische Wasserreis *(Z. latifolia),* wird bereits seit Jahrhunderten in Ostasien zur Ernährung genutzt, jedoch in völlig anderer Weise. Nicht die Samen werden gegessen, sondern die durch den Befall mit einem Brandpilz *(Ustilago esculenta)* fleischig verdickten unteren Stängelglieder werden als Gemüse (Wasserbambus) verzehrt (Liu Y, Ke W, Huang X, Li F, Peng J, Zhu H, Huang L, Li M, 2009)

8.3.3.5.2. Manna-Schwaden *(Glyceria fluitans)*

Während die indianische Nutzung von *Zizania* frühe Domestikations-Stadien der Getreide zeitverzögert zu rekapitulieren scheint, lassen sich beim heute selten praktizierten Sammeln des Manna-Schwadens *(Glyceria fluitans)* selbst allererste Kultivierungs-Schritte nicht nachweisen. Dennoch handelt es sich um eine interessante Tradition. Der Manna-Schwaden wurde als Nahrungsmittel in einem zusammenhängenden Gebiet von Südschweden, Dänemark über das Baltikum bis St. Petersburg und südlich bis Schlesien genutzt. Außerdem hat es diese Tradition in der ungarischen Tiefebene gegeben. Erstmals soll der Manna-Schwaden in einer Bearbeitung des klassischen Dioskurides-Textes durch den deutschen Arzt und Botaniker Valerius Cordus im Jahre 1543 erwähnt worden sein. Die aus Wildbeständen erfolgende Ernte wurde dort ebenso wie die Herstellung der Manna-Grütze aus diesen Samen beschrieben. Der Manna-Schwaden ist das einzige in Mitteleuropa einheimische Wildgras, das über lange Zeit zur Ernährung genutzt wurde. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts verschwand diese Tradition. Hinweise auf eine Selektion von Sorten mit Domestikationsmerkmalen fehlen.

Hinsichtlich einer diskutierten primären Eignung von Gräsern als Nahrungsmittel wäre es von Interesse, wann und unter welchen Umständen der Manna-Schwaden als Wildgetreide entdeckt wurde. Handelt es sich um eine autochthone Tradition oder hat die Bevölkerung das Gras bedarfsweise als ein Ersatzprodukt für die mediterranen Getreide verwendet, deren Anbau sie bereits praktizierten (Conert HJ, 1998).

9. Sekundärstoffe willkommen: Gemüse, Genussmittel, Gewürze, Arzneipflanzen

Getreide und Leguminosen bieten dem Menschen eine kalorisch ausreichende Ernährung, die sogar den Verzicht auf tierisches Eiweiß erlaubt; die Zufuhr pflanzlicher Sekundärstoffe durch diese Grundnahrungsmittel ist aber minimal. Umgekehrt sind Sekundärstoffe, auch die nicht-toxischen, keine Energielieferanten für den Menschen und ihr Gehalt ist bei allen bedeutenden Nahrungspflanzen kein Domestikationsziel.

Nun sollte der Mensch, wie eingangs gezeigt, bestimmte pflanzliche Sekundärstoffe regelmäßig aufnehmen, um Krankheiten vorzubeugen oder sie zu heilen. Sekundärstoffe aromatisieren und konservieren Speisen zudem. Um wirksam zu sein, müssen Pflanzen mit den betreffenden Sekundärstoffen in erheblich geringerer Menge aufgenommen werden, als dies bei den täglich konsumierten Nahrungspflanzen der Fall ist.

Die Weinraute *(Ruta graveolens)* enthält intensiv riechende ätherische Öle. Sie wird als Heilmittel und in geringen Mengen als Gewürz eingesetzt.

Ein gesundheitlicher Benefit wird nicht nur für die Sekundärstoffe der Arzneipflanzen im engeren Sinne, sondern auch für die in Gemüsen und Gewürzen enthaltenen angenommen. Gewürze und Gemüse sind als Energielieferanten für den Menschen unbedeutend. Ihre kulinarische Qualität beruht auf den als authentisch und gesundheitsfördernd geschätzten kräftigen Geschmacksstoffen, die an den meisten Grundnahrungsmitteln vermisst werden. Beispiele sind die Verwendung von Kümmel *(Carum carvi)* im Brot oder als Karminativum bei fettem Fleisch oder die des Hopfens *(Humulus lupulus)* im Bier. Hopfen verleiht dem Gerstengetränk die würzigen Geschmacksnoten und macht es haltbar.

Stempelfäden von *Crocus sativus* auf einem Stand des Gewürzbasars in Istanbul, 2013. Das Gewürz Safran wurde wegen seines hohen Preises häufig mit Produkten anderer Pflanzen verfälscht.

Einige Gewürze haben einen so durchdringenden Geschmack, dass sie nur zurückhaltend bis sparsam eingesetzt werden. Weinraute, Muskatnuss, Safran, Salbei, Ysop, Wermut sind Kräuter, die

sowohl arzneilich, als auch zur Verfeinerung von Speisen genutzt werden. Ihre markant schmeckenden und riechenden Inhaltsstoffe haben im Übermaß genossen auch toxische Wirkungen. Der Asant *(Ferula assa-foetida)* mit seinem extrem bitteren und beißenden, entfernt auch an Knoblauch erinnernden Geschmack ist ein Gewürz, bei dem sich zunächst alle Sinne sträuben. In Spuren setzt er in Gerichten, wie sie die indische Küche schätzt, interessante Akzente und macht sie bekömmlicher. Geringe Mengen sind in der berühmten „Worcester Sauce“ enthalten. Die antibakteriellen Sekundärstoffe in Gewürzen dienten in der Antike und im Mittelalter zur Konservierung von Fleisch (auch von Leichen). Gewürze und Arznei waren damals weitgehend identisch und wurden gemeinsam als "pigmenta" bezeichnet. Wie erfolgreich diese Anwendungen waren, das zeigen uns die heute noch gut erhaltenen Mumien. (Niederer M, 2005).

9.1. Kompass-Lattich und Gift-Lattich

Am Artenpaar des Kompass-Lattichs *(Lactuca serriola)* und des Gift-Lattichs *(L. virosa)* wird deutlich, welch unterschiedliche Entwicklung Pflanzen nehmen können, je nachdem, ob sie der täglichen Ernährung dienen oder nur in spezifischen Situationen als Arznei. Die Lattiche sind sich morphologisch so ähnlich, dass ungeübte Botaniker mit ihrer Unterscheidung Probleme haben. Sie tragen mit Stacheln bewehrte Blätter mit einer festen, beinahe ledrigen Textur und sie enthalten einen bitteren weißen Milchsaft. Dieser Milchsaft enthält Triterpene und andere Sekundärstoffe mit opioider Wirksamkeit. Trotz ihrer äußerlichen Ähnlichkeit haben sich die beiden Arten in den Händen der menschlichen Nutzer völlig gegensätzlich entwickelt.

Eisbergsalat, eine relativ neue Sorte von *Lactuca sativa*, die dem Bataviasalat sehr nahe steht. Foto: Y. Schneider, Lindau.

Der Kompass-Lattich (*Lactuca serriola*) wurde zur Stammpflanze unseres Gartensalats (*Lactuca sativa*), mit dem er genetisch soweit übereinstimmt, dass man beide als eine Art auffassen kann. *Lactuca serriola* ist ursprünglich eine Steppenpflanze des Orients und Nordafrikas; sie wird seit der Antike sortenreich kultiviert. Salatpflanzen sind auf 4.500 Jahre alten Reliefs dargestellt. In Mitteleuropa breitete sich der krause Schnittsalat (*Lactuca sativa* var. c*rispa*) in der Zeit Karls des Großen aus. (Körber-Grohne U, 1987).

In romanischen Ländern dagegen dominierte der Bindesalat (*Lactuca sativa* var. *longifolia*), der mit seinen länglichen, einen lockeren Kopf formenden Blättern größere Ähnlichkeit mit

Giftlattich *(Lactuca virosa).*
Leutesdorf/Rhein, 1986.

der Wildform hat. Der heute so beliebte Kopfsalat (*Lactuca sativa* var. *capitata*) ist eine Züchtung der Neuzeit.

Wie die Wildform enthält der Kultursalat im Milchsaft bittere, den typischen Salat-Geschmack ausmachende Sekundärstoffe. Im Verlaufe der Kultivierung ist der Geschmack milder geworden und der Gehalt an Triterpenen mit ihrer Opium-artigen Wirkung ist im Verhältnis zur Wildpflanze gesunken. Dennoch gilt die alte Volksweisheit noch, nach der eine reichhaltige abendliche Salat-Mahlzeit wie ein Schlafmittel wirken kann. Der Autor dieser Zeilen hat es mehrfach an sich selbst bestätigt gefunden.

Beim so ähnlichen Gift-Lattich *(Lactuca virosa)* schätzte man genau diese beruhigende Wirkung, wenn man ihn seit dem Altertum in Ägypten und später im gesamten Mittelmeerraum als Heilpflanze verwendete. Der Arzt Hippokrates schrieb darüber 430 v. Chr. ebenso wie die römischen Chronisten Columella und Plinius, die bis zu neun verschiedene Lattich-/Salatsorten aufführten und ihre medizinischen Wirkungen rühmten. Vermutlich verbreiteten sich die Lattiche mit dem expandierenden römischen Reich nach Mitteleuropa (Körber-Gröhne U, 1987). Gegen Ende des 18. Jahrhunderts haben Ärzte den getrockneten Milchsaft des Gift-Lattichs als sogenanntes Lactucarium statt Opium zur Schmerztherapie eingesetzt. Um 1850 wurde die Pflanze im Moselgebiet großflächig angebaut, und das gewonnene Lactucarium von Zell a.d. Mosel über England nach Amerika verschifft. Auch in anderen europäischen Ländern florierte zu dieser Zeit der Anbau des Giftlattichs (Wagenitz G (Hrsg.), 1987). Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts waren Gift-Lattich-Zubereitungen in Deutschland offizinell, das heißt im Deutschen Arzneibuch (DAB) gelistet. Nach und nach gerieten sie außer Gebrauch, bevor sie in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts in Kreisen der Hippies wiederentdeckt wurden. Als eine deutsche pharmazeutische Firma ein Präparat auf der Basis von Lactucarium vertrieb, machte das Schlagzeilen wie „Dieser Salat macht high“. Auf Englisch wird Lactucarium als „lettuce-opium“ bezeichnet. Die Ähnlichkeit zum Opium betrifft die Wirkung ebenso wie die Verarbeitung und Eindickung des weißen Milchsafts zu einem rauchfähigen Produkt. Die Forschung ist sich allerdings gar nicht sicher, ob die hypnotisierende und euphorisierende Wirkung des Lactucariums nicht überwiegend auf einem Placebo-Effekt beruht. Alkaloide wie im Milchsaft des Schlafmohns lassen sich jedenfalls nicht nachweisen. Für das Lactucin, Lacucopicrin und 11β13-Dihydrolactucin im Lactucarium sind tierexperimentell immerhin analgetische und sedierende Effekte

nachvollziehbar (Wesołowska A, Nikiforuk A, Michalska A, Kisiel W, Chojnacka-Wójcik E, 2006).
Wie bedeutsam die Gewinnung von Lactucarium in Deutschland eine Zeitlang war und wie sehr sie an eine Opium-Ernte erinnerte, beschrieb der Freiherr von Bibra im Jahre 1855:
" Die Methode, das Lactucarium von Lactuca virosa zu gewinnen, welche zu diesem Zwecke an mehreren Orten in größerer Menge künstlich kultiviert wird, ist die, dass man während der Blüthezeit vor Sonnenaufgange mit einem silbernen Messer die Stengel ritzt, den ausfließenden Milchsaft sammelt, und bei gelinder Wärme trocknet" (Bibra E, 1855).
Das Beispiel der beiden Lattiche zeigt die verschiedenen Grundmuster im Umgang mit Sekundärstoffen, also einerseits die Unterdrückung unerwünschter Komponenten bei Nahrungspflanzen und andererseits eine auf hohe Ausbeute zielende Förderung ihres Gehalts bei Genussmittel- und Medizinalpflanzen. Das Beispiel der Diterpene weist auch auf die Doppelnatur hin, die ein und derselbe Inhaltstoff aus unterschiedlichen Perspektiven ihrer Nutzer haben kann.
Volkstümliche Pflanzennamen lassen uns diesen ausgesprochen utilitaristischen Blickwinkel auf die Flora erkennen. Gute Nahrungs- oder Arzneipflanzen erhielten Präfixe wie Edel-, Milde -, oder Echte-; geschmacklich oder hinsichtlich ihrer Wirkung enttäuschende wurden durch Präfixe wie Falscher-, Hund-, Wolf-, Kratz-, Holz-, Ross- herabgestuft. Praktisch alle Pflanzen wurden vom Menschen auf ihre Nutzbarkeit hin geprüft. Morphologisch ähnliche, aber in kulinarischer Hinsicht sehr unterschiedlich beurteilte Pflanzen finden sich in Artenpaaren wie Milder Knöterich *(Polygonum mite)* und Pfeffer-Knöterich (*Polygonum hydropiper)* oder Milder- und Scharfer Mauerpfeffer *(Sedum acre* und *S. mite)* wieder.
Wenn Pflanzen für ihren natürlich vorhandenen Sekundärstoffgehalt vom Menschen genutzt werden, so geschieht dies häufig mit deutlich geringerem Aufwand als bei den domestizierten Nahrungspflanzen. Ihr verhältnismäßig geringer Bedarf kann oft durch Wildsammlungen gedeckt werden, grundlegende züchterische Anpassungen sind selbst dann nicht erforderlich, wenn die Pflanzen zur Deckung einer höheren Nachfrage angebaut werden.

9.2. Genussmittel und Gewürze aus Wildsammlungen oder aus naturnahem Anbau

Für Gewürze und Arzneipflanze besteht gegenüber den domestizierten Nahrungspflanzen ein geringerer Bedarf, was andere Ernte- und Anwendungstraditionen für sie entstehen ließ. Neben einem kontrollierten Anbau ist die Sammlung von Arzneipflanzen für die industrielle Herstellung von Phytopharmaka nach wie vor probat. Hersteller beziehen Rohdrogen in großem Stil aus Wildsammlungen, z.B. vom Balkan (mündliche Auskunft von Dr. Rumyana V. Todorova von Dr. Todorova Consulting am 10. 10. 14).

Die rasanten biotechnologischen Fortschritte der industriellen Nahrungsmittelproduktion betreffen diese Pflanzen kaum. Investitionen zur Leistungssteigerung von Arzneipflanzen sind im Verhältnis bescheiden, ihr ökonomischer Impact ist insgesamt geringer. Zur Produktion und Verarbeitung von Arzneipflanzen haben sich von der Landwirtschaft getrennte Berufsfelder entwickelt. Sie werden von deutlich weniger Menschen ausgeübt, als dies für die Landwirtschaft der Fall ist, in der noch vor wenigen Jahrzehnten bis zu 95% der Bevölkerung arbeiteten. Die arzneiliche Anwendung von Pflanzen erforderte neben medizinischem Wissen bis heute eine intimere Kenntnis der Pflanzen. So blieben die Botanik und Medizin bis vor wenigen Jahrzehnten eng miteinander verbunden.

Da sich das Interesse des Menschen bei Gewürzen und Arzneipflanzen explizit auf die in den Wildtypen ausreichend verfügbaren Sekundärstoffe und deren Wirkungen richtete, blieb in der Regel eine umfassende, das Sekundärstoffprofil verändernde Domestikation aus. Eine über längere Zeiträume anhaltende hohe Nachfrage hat bei einzelnen Arten dennoch zur Auslese ergiebigerer, anbaufähigerer und noch attraktiverer Sorten geführt. Grundsätzlich jedoch behalten im Anbau befindliche Gewürze und Arzneipflanzen eine größere Nähe zu den Wildpflanzen als es bei den domestizierten Nahrungspflanzen der Fall ist.

Wasserminze *(Mentha aquatica)*, eine der Elternarten der Pfefferminze *(M. x piperata)*. Die Wasserminze war eines der heiligen Kräuter der keltischen Druiden.

Beim Hopfen hat eine seit Jahrhunderten steigende Nachfrage nach herausragender, variantenreicher Qualität eine unüberschaubar große Sortenvielfalt in einer hochspezialisierten Landwirtschaft entstehen lassen, die die Würzqualität des wilden Hopfens inzwischen weit übertrifft (http://www.barthhaasgroup.com/de/varieties-and-products/hop-varieties).

Für eine beginnende Domestikation von Arznei- und Gewürzpflanzen gibt es weitere Beispiele wie die Auslese einer unübersichtlich großen Vielfalt von Sorten der Minze, des Rosmarins, des Basilikums und des Thymians. Vom Thymian wurden geruch- und geschmacklich sehr voneinander abweichende Sorten selektiert, die trotz aller Verschiedenheit lediglich „Chemotypen“ sein dürften, die genetisch von den Wildtypen nicht isoliert sind.

Unter den bereits als Wildpflanzen genutzten Minzen *(Mentha spec.)* nimmt die Pfefferminze

(Mentha x piperata) eine Sonderstellung durch ein besonders attraktives Wirkstoffprofil mit einem hohem Mentholgehalt ein. Sie entstand vermutlich zufällig als Hybrid der Wasserminze (*M. aquatica*) und der Krausen Minze (*M. spicata)* in einem Garten zu Beginn des 17. Jahrhunderts. Da die Krause Minze bereits ein Bastard zweier anderer Minze-Arten ist, wurde die Pfefferminze zum sterilen Tripelbastard, der nur vegetativ vermehrt werden kann. Die Pfefferminze wird heute bei anhaltend hoher Nachfrage in vielen Sorten feldmäßig angebaut.

Eine Entwicklung, wie sie mit der Sterilität für die Pfefferminze erst in der Neuzeit stattfand, ist als genetische Isolation von ihren Wildpopulationen bei vielen Gewürzen und Arzneipflanzen in traditionellem Gebrauch ebenso wie bei vielen Nahrungspflanzen über Jahrtausende abgelaufen. Der Verlust der Reproduktionsfähigkeit ist eine genetische Sackgasse und eine Zuspitzung der noch verbreiteteren genetischen Isolierung, wie sie das Aussterben ihrer Wildpopulationen bei den sogenannten „heimatlosen“ Kultur-Pflanzen darstellt.

Der Safran-Krokus *(Crocus sativus)* ist vermutlich hybridogen unter menschlichem Einfluss aus Wildarten entstanden. Die langen Stempel liefern das Gewürz Safran. *Crocus sativus* ist eine triploide Variante des auf Kreta und einigen anderen griechischen Inseln beheimateten *Crocus cartwrighthianus*. *Crocus cartwrightianus* besitzt kürzere, aber ebenfalls aromatische Stempelfäden. Eine defekte Meiose verhindert bei *Crocus sativus* die geschlechtliche Vermehrung, die ausschließlich vegetativ durch Knollenteilung erfolgt. Für *C. sativus* besteht daher eine komplette Abhängigkeit von menschlicher Hege. Er ist nur als Kulturpflanze bekannt und wird in nach Ergiebigkeit selektierten Sorten kultiviert. Interessanterweise trifft dies auch für einige der Pflanzen zu, mit denen der Safran verfälscht und gestreckt wird, z.B. für den Saflor *(Carthamus tinctorius).* Saflor wird bereits seit dem 3. Jahrtausend vor unserer Zeit auch als Ölpflanze genutzt und diente vorrangig dem Färben von Textilien.

Der Meerrettich *(Armoracia rusticana)* blüht zwar regelmäßig, bildet aber keine keimfähigen Samen aus. Damit hat er seine sexuelle Fortpflanzungsfähigkeit eingebüßt und wird ausschließlich durch Teilung seiner Wurzel weitervermehrt. Vermutlich ist Meerrettich ein aus Wildformen in Ostrussland und der Ukraine durch Hybridisation entstandenes Cultigen (Sampliner D, Miller A, 2009).

Kava oder Rauschpfeffer *(Piper methysticum)* ist eine dem Schwarzen Pfeffer *(Piper nigrum)* in Habitus und Geschmack ähnelnde Pflanze der westpazifischen Inselwelt, die dort traditionell als Genussmittel und als berauschendes Zeremonien-Getränk genutzt wurde. Rezente Vorkommen von Kava sind steril, die Verbreitung erfolgt vegetativ. Die nur selten entwickelten weiblichen Blüten bilden selbst nach Handbestäubung keine Früchte aus. Es ist nicht bekannt, wo die lange kultivierte Art ursprünglich im pazifischen Raum entstanden ist. Die ersten Europäer, die von der Pflanze und ihrer Nutzung als Zeremonien-Getränk auf den

Horn-Inseln berichteten, waren der Niederländer Jacob Le Maier und Willem Cornelisz Schouten. Der Name "Kava(-kava)“ stammt aus dem Tongaischen und Marquesischen. Die anxiolytisch wirkenden Inhaltsstoffe Cavapyrone werden arzneilich auch in der westlichen Zivilisation genutzt, ihre Sicherheit ist jedoch Gegenstand von Kontroversen (Lebot V, Aradhya MK, Manshardt RM, 1991).

10. Von der Wildpflanze zur „heimatlosen“ Kulturpflanze: Grundmuster der Domestikation und der Pflanzen-Verwendung

10.1. Domestikations-Stadien einiger Lauch-Arten

An Gemüsen, Gewürzen und Arzneipflanzen lassen sich frühe, für die Getreide nur sehr unsicher rekonstruierbare Stadien ihrer kulturellen Aneignung aus der Wildnis beobachten. Dies verdanken wir einer historisch vergleichsweise späten, teilweise erst in der Gegenwart einsetzenden Nutzung dieser Pflanzen. Sie beginnt in der Regel mit einer Phase intensiver Ernte der Wildpflanzen. In der Gattung *Allium* finden sich Vertreter, die ganz am Anfang oder bereits am Ende dieser Entwicklung stehen.

Beginnen wir mit der Zwiebel *(Allium cepa)* und dem Knoblauch *(Allium sativum),* den für uns alltäglichen Lauch-Arten, die wir mal als Gewürz, mal als Gemüse und nicht zuletzt als Arznei verwenden. Beide sind als uralte Kulturpflanzen für ihre jeweiligen kulinarischen Verwendungen gewissermaßen ein „Goldstandard“. Flankiert werden sie von weiteren in Kultur genommenen, aber seltener genutzten „Mitbewerbern“ wie beispielsweise der Schalotte *(Allium ascalonicum)* im Falle der Zwiebel. Darüber hinaus kommen zahlreiche Wildpflanzen ihrem geschmacklichen Standard ebenfalls recht nahe und können gleichartig verwendet werden. Pflanzen wie die Knoblauchsrauke *(Alliaria petiolata)* lassen ihre Verwendung bereits im Namen erkennen, werden aber geringwertiger als das Original eingeschätzt. Die Knoblauchsrauke ist als Gewürz heute ungebräuchlich geworden, vermutlich weil ihre Geschmacksstoffe relativ flüchtig sind. Zwiebel und Knoblauch stammen aus Zentral-Asien und sind heute in vielen Sorten verfügbar. Ihre Vermehrung erfolgt überwiegend vegetativ. Die Wildformen sind jeweils ausgestorben oder unbekannt. Ihre Jahrtausende lange Nutzung ist belegt, auch der arzneiliche Gebrauch des Knoblauchs ist

Knoblauch *(Allium sativum).*

bereits bei Dioskurides (1. Jahrhundert v. Chr.) erwähnt.

Die Verwendung des Schnittlauchs *(Allium schoenoprasum)* ist dagegen erst im Mittelalter sicher dokumentiert. Anders als beim Knoblauch und der Zwiebel existieren rezente Wildpopulationen des Schnittlauchs in den Hochgebirgen Europas, Asiens und Nordamerikas. Dort wächst er auf feuchten Steinschuttfluren bis auf 2600 Meter Meereshöhe. In Deutschland kommt wilder Schnittlauch zudem entlang einiger Flüsse wie des Rheins, der Weser und der Elbe in Formen vor, die den kultivierten Sippen noch näher stehen und möglicherweise erst auf sie zurückgehen. Aus Kulturen stammender Schnittlauch ist in zahlreichen Sorten mit unterschiedlicher Wuchshöhe und Blattstärke auf dem Markt. Der englische Apotheker Nicholas Culpepper (17. Jahrhundert) hat angeblich gezögert, den Schnittlauch in sein Kräuterbuch aufzunehmen, weil er überzeugt war, dass der Lauch den Schlaf störe und das Sehvermögen beeinträchtige (Tobyn G, 2014).

Wilder Schnittlauch *(Allium schoenoprasum)* am Bodenseeufer bei Lindau, 2003.

Wer wilden Schnittlauch aus den Alpen geerntet hat, weiß um seine festeren und intensiver schmeckenden Blätter von geringerer Wuchshöhe, die sie vom Kulturschnittlauch unterscheiden. Geerntet wird wilder Schnittlauch höchstens von wenigen Eingeweihten, während die Kultur-Formen in jedem Supermarkt erhältlich sind.

Das Gegenteil ist beim Bärlauch *(Allium ursinum)* der Fall, den neuerdings eine besondere Aura als Wildgemüse umgibt. Ein Bärlauch-Boom hat in manchen Regionen bereits zum Rückgang der zunächst unerschöpflich erscheinenden Bestände geführt. Inzwischen ist Bärlauch aus sogenanntem kontrolliertem Anbau erhältlich, was die Wildbestände schont. Angebaut wird ein züchterisch nicht modifizierter Wildtyp, zukünftig könnte man sich die Selektion wohlschmeckenderer Sorten vorstellen. Einige seiner schwefelhaltigen Inhaltsstoffe verleihen dem Bärlauch einen etwas vulgären Geschmack. Bereits die Namen "Bär"lauch und Zigeuner(knob)lauch qualifizieren die Pflanze aufgrund robuster Geschmacksnoten gegenüber dem feineren Knoblauch ab. Im Mittelalter war Bärlauch vorzugsweise als

Bärlauch *(Allium ursinum)*. Bornholm, 1982.

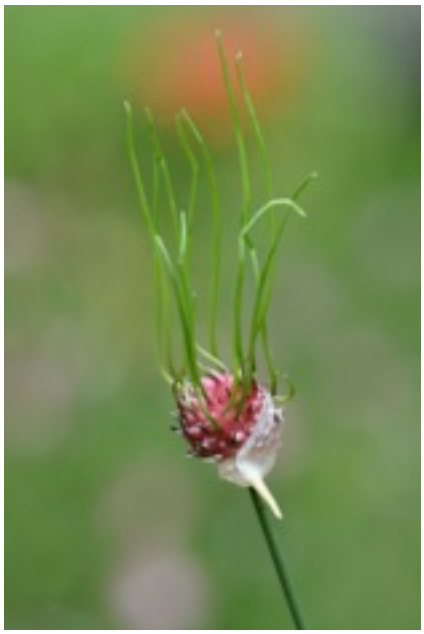
Heilpflanze gebräuchlich und diente als „Herba Salutaris“ der Abwendung von Unglück. Aus dem Anbau stammender Bärlauch wird jedenfalls nicht mehr zu Verwechslungen mit den giftigen Maiglöckchen und den Herbstzeitlosen durch naturunkundige Sammler führen.

Schier unerschöpflich erscheinen die Bärlauch-Populationen mancher Region. Ith-Gebirge, 1980.

Während der Bärlauch an der Schwelle zur Kultur-Pflanze und einer Domestikation stehen könnte, wird der im Siedlungsbereich verbreitete Weinbergslauch *(Allium vineale)* zur Bereicherung im Lauch-Sortiment außer Acht gelassen. Seine Volksnamen Hundsknoblauch oder Hundslauch deuten eine Geringschätzung im deutschen Sprachraum an. Auf dem Balkan dagegen wird der Weinbergslauch wie Schnittlauch genutzt, dem er kulinarisch ebenbürtig ist, wenn auch mit diskret abweichenden Geschmacksnoten.

Die so unterschiedliche Popularität der Lauch-Arten liegt vermutlich in der Historie ihrer Nutzung begründet und beruht nicht auf einem bewertenden Vergleich unter gleichen Startbedingungen.

Die kleine Sequenz von *Allium*-Arten rekapituliert charakteristische Stadien der Aneignung durch den Menschen, beginnend mit der nur sporadisch genutzten Wildpflanze (Weinbergslauch) über die intensive Ernte von Wildvorkommen und dem Beginn des Anbaus (Bärlauch und Schnittlauch) bis zu den ausschließlichen Kulturpflanzen, deren Wildpopulationen verschollen sind. Beim Schnittlauch co-existieren Wild- und Anbau-Populationen in unserer Zeit noch, ihre räumliche (aber wohl noch nicht genetische?) Trennung ist aber bereits vollzogen.



Weinbergslauch (Allium vineale) mit auskeimenden Brutzwiebeln im Blütenstand. Lindau, 2012.

10.2. Aus einer botanischen Spezies entsteht Sorten- und Produktvielfalt

Manche domestizierte Kulturpflanzen erinnern optisch und geschmacklich nur noch entfernt an die Wildpflanzen, von denen sie abstammen. Beim Kohl, bei der Zichorie oder der Rübe haben sich jeweils aus einer Wildart sehr viele Kultur-Sorten entwickelt, die sich vom Wildtyp und auch untereinander so sehr unterscheiden, dass ihre gemeinsame Artzugehörigkeit kaum mehr erkennbar ist. Vom durch Anthocyane dunkelrot gefärbten Rotkohl (*Brassica oleracea* convar. *capitata* var. *rubra*), dem Brokkoli (*B. oleracea var. gemmifera*) und dem Kohlrabi (*B. oleracea* var. *gongylodes*) werden für ihre jeweilige sortengebundene kulinarische Verwendung ganz unterschiedliche Organe der Pflanze (Blätter, Blüten, Sprossachse) verarbeitet. Ähnlich verhält es sich mit Pak choi (*Brassica rapa* var. *chinensis*), dessen Blätter chinesische Garküchen bereichern und dem Wurzelgemüse Speiserübe (*B. rapa* var. *rapa*) mit ihrer als Delikatesse besonders geschätzten Form Teltower Rübchen.

Kohlvielfalt im Gemüsebeet. Vorn Kohlrabi, dahinter Wirsing. Lindau, 2013.

Eindrucksvoll illustriert die Rübe *(Beta vulgaris),* zu welcher Vielfalt und Üppigkeit züchterische Geduld und Kreativität eine unscheinbare Wildpflanze entwickeln können. Wer die zweijährige wilde Rübe an europäischen Meeresküsten wachsen sieht, stellt gedanklich keine Verbindung zur Roten Bete oder zum Mangold her. Die ältesten archäologischen Funde der Rübe stammen aus einer neolithischen Küstensiedlung im nördlichen Holland. Hinweise für einen Anbau fehlen noch, vermutlich hat man Blätter und Stängel der Wildform gegessen. Mit Beginn historischer Aufzeichnungen ist die Rübe in Europa, Nordafrika und im Mittleren Osten als Nahrungspflanze belegt. Ein assyrischer Text, etwa aus dem Jahre 800 vor Christus, erwähnt *silga* (eine frühe Form von Mangold) als eine der Pflanzen der hängenden Gärten der Semiramis in Babylon. Im antiken Griechenland hieß die Pflanze *teutlon* oder *teutlion*. Aristoteles beschrieb eine rote Sorte, wie sie noch heute verbreitet ist. Theophrast unterschied eine schwarze bis dunkelgrüne Sorte, sowie eine weiße bis hellgrüne Sorte, die er nach ihrer Herkunft von der Insel Sizilien *sicula* nannte. Im Mittleren Osten wurde die Pflanze auch *selg*, *silq*, *silig*, *seig* oder *salk* genannt. Dieser Wortstamm findet sich heute noch im wissenschaftlichen Namen von Mangold (=*Cicla*-Gruppe) wieder. Die Römer der Antike nannten die Pflanze *beta*, auch sie kannten

eine weiße und eine schwarze Sorte. Die Römer waren die ersten, die auch die Wurzeln medizinisch und als Nahrungsmittel nutzten. Die schwarze *Beta*-Sorte der Römer ist ein Vorläufer unserer heutigen Roten Bete. Bis zum 16. Jahrhundert hat man vorwiegend die Blätter gegessen. Erst nach dem 16. Jahrhundert wurden fleischige Rüben in vielen Sorten und Varietäten gezüchtet und die Rote Bete als Nahrungspflanze gebräuchlich (Ford-Lloyd BV, Williams JT, 1975).

Im Unterschied zur Roten Bete sind Schnitt-Mangold und Stiel-Mangold züchterisch weniger verändert worden. Die farbigen Sorten waren bereits in der Antike bekannt. Im 18. Jahrhundert wurden kompaktere Sorten gezüchtet, es wurde nicht zwischen zwischen Nahrungs- und Futterrüben unterschieden. Erst ab etwa 1750 wurden aus dem Rheinland spezielle gelbfleischige Sorten, die sich gut über den Winter lagern ließen, als Futterrübe oder Runkelrübe bekannt. Im 16. Jahrhundert erkannte man, dass aus den fleischigen Rüben von *Beta vulgaris* ein süßer Sirup gewonnen werden konnte. Der Chemiker Andreas Sigismund Markgraf wies 1747 nach, dass die Zuckerkristalle aus den Rüben identisch mit Rohrzucker sind. Nachdem ertragreichere Sorten gezüchtet worden waren, konnte 1801 die Zuckerproduktion aus Rüben beginnen. Heute ist die Zuckerrübe die ökonomisch bedeutsamste Variante der Rübe. Die relativ zügige Erhöhung des Zuckergehalts in den Rüben durch gezielte Selektion ist ein weiteres Bespiel für die mögliche Rasanz beim Erwerb von Domestikations-Merkmalen. Vermutlich hat die Kontinentalsperre während der napoleonischen Kriege, die die Einfuhr von tropischem Rohrzucker (aus Zuckerrohr (*Saccharum officinarum)*) unterband, die züchterische Weiterentwicklung der Rübe beschleunigt (Hobhouse H, 1986).

Rübe *(Beta vulgaris)* am Sandstrand in der Normandie, 2013.

10.3. Genetische Basis der Domestikation

Den oben dargestellten erheblichen Abweichungen des Phänotyps von Kulturpflanzen von ihren wilden Vorläufern liegen oft nur geringe genetische Unterschiede zugrunde. Bei Untersuchungen der genetischen Grundlagen der Kultivierung von Reis und Maniok mit Hilfe der Quantitative Trait Locus (QTL) Mapping Methode fanden Forscher, dass es nur geringer genetischer Modifikationen es bedarf, um aus einer Wildpflanze eine Kulturpflanze entstehen zu lassen (Jin J, Huang W et al, 2008). Einige Domestikationsmerkmale des Phänotyps lassen sich bereits durch eine einzige genetische Veränderung herbeiführen. So gelang es

experimentell, aus Wildpflanzen in weniger als 20 Generationen Kulturpflanzen-ähnliche Gewächse zu züchten. Domestikation von Wildpflanzen könnte somit deutlich geringe Zeitspannen beanspruchen, als man es bisher in der botanischen Archäologie annahm (Hillman GC, Davies MS, 1990).

So schnell kommt man natürlich nur bei Pflanzen mit kurzen Generationszeiten zum Ziel, was vermutlich erklärt, warum sich unter unseren domestizierten Pflanzen so viele ein- bis zweijährige Arten befinden. Schmackhafte Gemüse wie der Giersch *(Aegopodium podagraria)* oder die Brennnessel *(Urtica dioica)* wurden vielleicht deshalb nicht domestiziert, weil ihre Lebensform als ausdauernde Stauden einer raschen Domestikation entgegenstand.

Mangold *(Beta vulgaris ssp. vulgaris)*. Lindau, 2014.

Ein neuer Phänotyp einer Pflanze kann umso zielführender selektiert werden, je weniger Gene die relevanten Merkmale kontrollieren. Deutlich erschwert ist die Kultivierung neuer Eigenschaften, wenn diese durch ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Gene gesteuert wird. Das ist beim Kornausfall (shattering) der zwei kultivierten Abstammungslinien der Gerste der Fall, der von einem Komplex unterschiedlicher Gene kontrolliert wird.

Am Beispiel von Kleb- und Duftreis haben Forscher die Selektion einzelner Inhaltsstoffe genauer untersucht. Klebreis unterscheidet sich von anderen Reissorten durch einen geringeren Anteil der Stärkekomponente Amylose von nur 20% bei einem Überwiegen der Stärkekomponente Amylopektin. Amylose ist ein unverzweigtes Molekül. Amylopektin dagegen ist verzweigt, wodurch sich die Moleküle der Reisstärke beim Kochen verbinden. Das Ergebnis: der Reis klebt zusammen. Entstanden sein könnte diese Sorte durch die gezielte Selektion von Reiskörnern mit einer spezifischen Mutation in einem Gen, das „Waxy“ genannt wird. Die Genmutation verhindert, dass die Pflanze ein wichtiges Enzym zur Amyloseproduktion exprimiert. Fehlt der Reispflanze dieses Enzym und damit die Amylose, enthalten die Körner die klebrige Stärke Amylopektin (Kovach MJ, Calingacion MN, Fitzgerald MA, McCouch SR, 2009).

Ein weiteres Beispiel betrifft den Duft, den Basmati- oder Jasmin-Reis beim Kochen verströmt. Er beruht auf einem Aromastoff namens 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP), der außer von

den beiden Reissorten auch von gekochtem Mais, Brotkruste und Krabbenfleisch abgegeben wird. Das Enzym Betain-Aldehyd-Dehydrogenase (BADH2) im Reis kontrolliert die Produktion des 2AP, und eine bestimmte Variante des Gens für BADH2 ist für den leckeren Duft von Basmati- und Jasminreis verantwortlich (Gross BL and Olsen KM, 2010).

10.4. Das „me too“ Prinzip: Substitution in der Pflanzennutzung

Die kulinarischen und medizinischen Qualitäten der oben diskutierten Lauch-Arten lassen sich mit geringen Abweichungen bei weiteren Arten der Gattung *Allium* wiederfinden, die zu diesem Zweck vom Menschen gar nicht oder nur ausnahmsweise genutzt werden. Selbst Pflanzen anderer Gattungen oder Familien verfügen über geschmacks- und wirkungsverwandte Inhaltsstoffe (Beispiel Knoblauchsrauke). So wird neuerdings die aus Südafrika stammenden Tulbaghie *(Tulbaghia violacea)* als Zimmerknoblauch vermarktet und soll in gleicher Weise wie *Allium sativum* verwendbar sein.

Schmalblättriger Doppelsame *(Diplotaxis tenuifolia)*, eine häufig ruderal vorkommende Art - hier in der Normandie 2013. Die Blätter werden als „Rukola“ gegessen.

Eine bestimmte kulinarische oder therapeutische Eigenschaft von Pflanzen lernt der Mensch zunächst an wenigen, ihm besonders vertrauten Arten kennen und schätzen. Deren Qualität wird zum Standard und zur Referenz für die Beurteilung von Ersatzprodukten. Spätestens die mangelnde Verfügbarkeit des Originals lässt ihn auf bislang für diese Verwendung unerprobte Pflanzen zurückgreifen. In der Phytotherapie ist eine Substitution mutmaßlich ähnlich wirkender Pflanzen eine viel geübte Praxis. In Lehrbüchern der Chinesischen Medizin wird explizit ein Kanon von Pflanzen zur Substitution der Leit-Kräuter für den Fall empfohlen, dass letztere nicht zur Verfügung stehen. Für den Anwender muss das Ersatzprodukt einen vergleichbaren Therapieerfolg bei vertretbarem Beschaffungs- und Anwendungsaufwand und ausreichender Sicherheit bieten.

Positive Erfahrungen mit einem Ersatzprodukt können dazu führen, dass dieses am Ende höher als das Original bewertet wird. Das klassische Ersatzprodukt Persipan, das nicht wie das Marzipan aus Mandeln, sondern aus Aprikosen, Zwetschgen- und Pfirsichkernen hergestellt wird, hat längst einen eigenen Markt und wird von Kennern geschätzt.

Zur Substitution geeignete Pflanzen werden häufig entdeckt, wenn sie in direkter Nachbarschaft des Originals wachsen und versehentlich ins Erntegut gelangen. Auf diese

Weise erkannte man die Eignung des Hafers und der Roggentrespe als Getreide.

Der Ackersalat *(Valerianella spec.)* wuchs Jahrhunderte lang unbeachtet als Unkraut im Gemüsebeet, bevor man seine Nutzbarkeit erkannte. Erst seit dem 17. Jahrhundert sind sein Anbau und die Auslese von großblättrigen Sorten dokumentiert (Schwanitz F, 1967).

Rukola kann von vornherein nicht auf eine botanische Art festgelegt werden, sondern ist ein Sammelbegriff für verschiedene Kreuzblütler, denen ein spezieller nussig-scharfer Geschmack zu eigen ist. In den 1970er Jahren lernte ich diesen beim Kauen der Blätter des Schmalblättrigen Doppelsamens *(Diplotaxis tenuifolia)* kennen – die Charakterisierung „nach Schweinebraten schmeckend" fand ich treffend. Kein Mensch kam damals auf die Idee, aus dem verbreiteten Unkraut einen Salat zuzubereiten. Inzwischen ist Rukola ein Trendprodukt, meist stammt er tatsächlich aus Anbau des Doppelsamens – das Unkraut wurde zur Kultur-Pflanze – oder der etwas schärfer schmeckenden Rauke *(Eruca sativa),* die bereits in klassischer Zeit als Salat und als Ölpflanze genutzt wurde (Morales M, Janick J, 2002).

Schmalblättriger Doppelsame *(Diplotaxis tenuifolia).*

Unter den Gewürzen gibt es zahllose Beispiele für ähnliche Geschmacks-qualitäten bei phylogenetisch nicht näher verwandten Pflanzen. Unter „Pfeffer" stehen im Gewürz-Regal die Arten der Gattung *Piper (Piper nigrum* und *P. cubeba)* aus den Piperaceae, der Szechuan-Pfeffer *(Zanthoxylum piperitum)* aus der Familie Rutaceae, der Peruanische Pfeffer *(Schinus molle)* aus den Anacardiaceae; unter „Anis" der heimische Doldenblütler *Pimpinella anisum* und der asiatische Sternanis *(Illicium verum)* aus der Familie Schisandraceae, usw. Ein dem Anis ähnlicher Geschmack ist zudem im Estragon (*Artemisia dracunculus*) aus der Familie der Asteraceae wiederzufinden.

Vergeblich sucht man im Gewürzregal die kommerziell unbedeutende einheimische Nelkenwurz *(Geum urbanum* und *G. rivale)* aus den Rosaceae, die aufgrund ihres Eugenol-Gehalts in der Wurzel als volksmedizinischer Ersatz für die tropische Gewürznelke *(Syzygium aromaticum)* aus der Familie Myrtaceae gilt. Als lästiges Unkraut der Gärten wäre sie bei Bedarf jederzeit verfügbar.

Allen Beispielen ist gemeinsam, dass neben einer Übereinstimmung in der

Rauke (*Eruca sativa)*, der etwas edlere „Rukola“. Lindau, 2004.

Hauptgeschmacksqualität auch relevante Unterschiede in den Sekundärstoffzusammensetzungen bestehen, die den Gewürzen ihr individuelles Profil geben. Echter Ingwer *(Zingiber officinale)* ist eine tropische Pflanze, deren Wurzel als Gewürz und als Heilpflanze verwendet wird. Ingwer hat keine nennenswerte Toxizität, beeinflusst allerdings die Detoxifikations-Mechanismen des Menschen. Ingwer ist speziell in der Chinesischen Küche und Medizin so unverzichtbar, dass bei fehlender Verfügbarkeit des Originals auf lokal vorkommenden Ersatz zurückgegriffen wird, bespielsweise auf *Codonopsis subglobosa* (siehe Eingangszitat von P. Bernhardt).

Zwei aufgrund ihrer Ähnlichkeit in Aussehen und Geschmack als Ingwer-Ersatz verwendete Pflanzen enthalten toxisches ß-Asaron. In Nordamerika haben die Indianer *Asarum canadense* als „wild ginger“ genutzt. Wie alle Pflanzen der Familie *Aristolochiaceae* enthält er toxisches und vor allem kanzerogenes ß-Asaron und Aristolochiasäure. Mit dem Kalmus *(Acorus calamus)* kommt ein Ingwer-Ersatz aus einer weiteren Pflanzenfamilie ins Spiel. Kandiert wird die Wurzel als „Deutscher Ingwer“ gegessen, nichtsdestoweniger enthält sie Asaron. Asaron hat eine dem Meskalin verwandte Struktur und kann halluzinogen wirken. Problematischer ist allerdings die Mutagenität, und heute muss sichergestellt sein, dass nur ß-Asaron-freier Kalmus in den Handel kommt. Kalmus ist eine uralte aus Asien stammende Kultur-Pflanze, die sich mindestens seit dem 16. Jahrhundert in Mitteleuropa eingebürgert hat. Morphologisch sind diploide, triploide und tetraploide Formen nicht unterscheidbar. Nur die diploiden Formen sind frei von ß-Asaron. Sie sind allerdings in Europa unter den eingebürgerten Vorkommen nicht verbreitet, weshalb von einer Wildernte Abstand genommen werden sollte (Koul O, Smirle MJ, & Isman MB, 1990).

Bach-Nelkenwurz *(Geum rivale)* - ihre Wurzel dient als Ersatz für Gewürznelken.

Beim Ceylon-Zimt waren ökonomische Motive für die Suche nach Ersatz-Produkten ausschlaggebend. Der feinere und seltenere Ceylon-Zimt *(Cinnamomum verum)* wurde so teuer, dass der Preis automatisch einen Markt für den zunächst als minderwertig

geltenden, aber günstigeren Cassia-Zimt *(Cinnamonum cassia)* entstehen ließ. Heute ist Cassia-Zimt, speziell in Nordamerika die bevorzugte Zimt-Sorte geworden. Als Zimt zur alternativmedizinischen Therapie des Diabetes eingesetzt wurde, analysierten die Gesundheitsbehörden die Inhaltsstoffe von Ceylon-Zimt und Cassia-Zimt genauer. Während der echte Zimt als unproblematisch eingestuft wurde, hat man für den Cassia-Zimt eine Verzehrbeschränkung ausgesprochen, da sein hoher Gehalt an Cumarin als relevantes kanzerogenes Risiko bewertet wurde (Nowack R, 2007).

Ein typisches Entstehungsmuster von Substitutionen lässt sich am Beispiel der in montanen Regionen Europas verbreiteten Arnika *(Arnica montana)* erkennen. Arnika wird in den klassischen Kräuterbüchern nicht als Heilpflanze erwähnt, dagegen aber die Ringelblume

Ringelblume *(Calendula arvensis)* auf Zypern 2009.

Arnika *(Arnica montana)*, Lindenberg, 2004.

(Calendula arvensis u. *C. officinalis). Calendula* war neben der Kamille die wichtigste Wundheilpflanze der Araber, Griechen und Römer. Ihre Herkunft ist unsicher, während der Antike war sie bereits im Mittelmeerraum verbreitet und mittlerweile kommt sie verwildert überall in Europa vor. Die (für Botaniker allerdings nur entfernte) Ähnlichkeit ihrer Blüten hat die Heilkundigen wohl dazu bewogen, Arnika ähnlich wie die Ringelblume zur Wundheilung einzusetzen, und das überraschenderweise mit guten Resultaten. Seit dem Mittelalter werden beide Pflanzen als gleichwertige Wundheilmittel empfohlen (Klaas CA, Wagner G, Laufer S, Sosa S, et al, 2002).

Zwei weitere Medizinalpflanzen sollen hier angeführt werden. Die Echte Kamille *(Matricaria chamomilla)* ist eine aus dem östlichen Mittelmeergebiet stammende Heilpflanze, u.a. zur Linderung gastrointestinaler Beschwerden. Heute kommt die sehr nachgefragte Droge meist aus Kulturen. Die zahlreichen Sorten gehen auf eine züchterische Bearbeitung im späten 20. Jahrhundert zurück, wobei ein hoher Gehalt an ätherischen Ölen, v.a. von Bisabolol und

Chamazulen angestrebt wird. Etliche Sorten sind tetraploid, was ein Einkreuzen der Wildformen verhindert und einen ersten Schritt zur genetischen Isolation der Kulturformen darstellt (Wagner C, Friedt W, Marquard RA, Ordon F, 2005).

Echte Kamille *(Matricaria chamomilla)*, Lüneburg, 2006.

Der echten Kamille zum Verwechseln ähnliche Arten wurden vom Menschen auf ihre arzneiliche Eignung hin geprüft, zuvorderst die Geruchlose Kamille *(Tripleurospermum inodorum)* und Arten der Gattung *Anthemis.* Erstere enthält so wenige ätherische Öle, dass sie, wie ihr Name besagt, den typischen und die Heilwirkung anzeigenden Kamillengeruch vermissen lässt. Die meisten *Anthemis*-Arten haben sich als ebenso wenig heilkräftig erwiesen, was der abqualifizierende deutsche Name „Hundskamille“ attestiert. Eine Ausnahme allerdings ist die sogenannte Römische Kamille *(Chamaemelum nobile)*, die lange Zeit *Anthemis* zugerechnet wurde und erst neuerdings zu einer eigenen Gattung ausgegliedert wurde. Ihre Heimat ist Westeuropa (und nicht Rom!), und sie wird besonders in Frankreich, Belgien und Großbritannien arzneilich wie die Echte Kamille verwendet. Die Droge sind die an ätherischen Ölen reichen, nach Äpfeln duftenden Blütenköpfchen (Chamomillae romanae flos), die - wiederum vor allem in Westeuropa - bei Menstruationsbeschwerden und als Karminativum bei Verdauungsproblemen, Nervosität, Hysterie und allgemeiner Schwäche eingesetzt werden. Äußerliche Anwendungen (Aufgüsse) erfolgen zur Wundreinigung und Mundspülung, etwa bei Entzündungen der Schleimhäute. Damit ersetzt sie die Echte Kamille in den betreffenden Regionen, bzw. übertrifft sie nach Einschätzung vieler Anwender, was in ihrem altertümlichen Namen “*alleredelst Chamill*„ zum Ausdruck kommt (Pritzel GA, Jessen KFW, 1882).

In der Volksmedizin ist es eine selbstverständliche Erkenntnis, dass ein phytotherapeutisches Wirkprinzip meist nicht nur vor einer einzigen Pflanzenart verfügbar ist,

Römische Kamille *(Chamaemelum nobile).*

sondern von weiteren, mitunter botanisch nur weitläufig verwandten Pflanzen. Auf der verzweifelten Suche nach wirksamer Medizin gegen die Malaria, die früher auch in Europa grassierte, wurde so manche Pflanze in Betracht gezogen. Das Prinzip der hochwirksamen Chinarinde *(Cinchona spec.*) aus Südamerika wurde erst spät entdeckt und war durch eine monopolistische Protektion des Handels lange Zeit auf dem Weltmarkt knapp und teuer. Es lag nahe, die Rinde anderer Bäume auf ihre Wirksamkeit bei Malaria zu testen. In Mitteleuropa hat man besonders die Rinde der Esche *(Fraxinus excelsior)* hierzu verwendet, einigen Quellen zufolge mit Erfolg. Der berühmte Carl von Linné favorisierte 1735 zwar die Chinarinde zur Behandlung der Malaria, hielt aber die Eschenrinde ebenso für wirksam und darüber hinaus den Wermut *(Artemisia absinthium).* Erst vor wenigen Jahren haben Wissenschaftler nachgewiesen, dass lipophile und hydrophile Extrakte aus der Eschenrinde das Wachstum von Malaria-Plasmodien hemmen, und der einjährige Wermut *Artemisia annua* liefert mit Artemisinin seit den 1980er Jahren das neben Chloroquin wirksamste Mittel gegen die Malaria tropica (Aydin-Schmidt B et al, 2010).

Die Auseinandersetzungen der europäischen Kriegsgegner während des Ersten Weltkriegs erstreckten sich bis zu ihren jeweiligen in den Tropen gelegenen Kolonien. Ein gemeinsamer Feind waren die parasitären Erkrankungen der Malaria und der Schlafkrankheit. Im Krieg gegen die Briten um das damalige Deutsch Ost-Afrika zogen deutsche Truppen unter Führung des Offiziers Paul Emil von Lettow-Vorbeck in die Wildnis und kämpften dort mit einer Guerilla-Taktik. Schon bald gingen ihnen die Chinin-Tabletten aus, und von Lettow-Vorbeck bereitete ein von den Soldaten „Lettow-Schnaps“ genanntes bitteres Gebräu zu, indem er die Rinde einiger nicht näher benannter Bäume auskochte. *Cinchona*-Arten fehlten im Dschungel Ostafrikas. Im Chaos der Dschungel-Gefechte war dies natürlich nur eine Episode am Rande, dessen Erfolg spärlich dokumentiert ist (Erminger S, 2008).

Das Substitutionsprinzip wird ausführlich in Lehrbüchern der chinesischen Medizin (Bensky D & Gamble A, 1993) thematisiert. Im riesigen, sich über mehrere Klimazonen erstreckenden chinesischen Reich müssen Phytotherapeuten auf ein jeweils sehr unterschiedliches Sortiment lokaler Heilpflanzen zurückgreifen. Im Vergleich zur europäischen Phytotherapie werden häufiger mehrjährige und verholzende Pflanzen genutzt. Anders als bei Heilkräutern

wäre ein kontrollierter Anbau, der von Wildsammlungen unabhängig machen könnte, sehr aufwändig. Die erforderliche korrekte Identifizierung der gesammelten Pflanzen ist die Aufgabe der Pharmakognosie.

Haselwurz *(Asarum europaeum)*, Lindau, 2002.
Die Haselwurz war seit der Antike eine bedeutende Heilpflanze, u.a. zur Behandlung von Gicht. Ihre Giftigkeit durch den Gehalt an Asaron wurde erst nach und nach erkannt.

10.4.1. Folgenschwere Verwechslungen und die Aristolochiasäure-Toxizität

Eine fatale Verwechslung geschah Anfang der 1990er Jahre in einer belgischen Klinik. Dort setzten Therapeuten unter anderem chinesische Phytotherapie ein, um die Fastenkur ihrer Patientinnen zu unterstützen (Vanherweghem JL et al, 1993). Verabreicht werden sollte Han fang ji = *Stephania tretranda (Menispermaceae),* die u.a. auch diuretisch wirkt und auf diese Weise zumindest einen Gewichtsverlust vorspiegeln kann. Tatsächlich hatten die Patientinnen Guang fang ji = *Aristolochia fanghi* erhalten. Vermutlich handelte es sich um eine pharmakognostische Fehl-Identifikation, andererseits lässt die chinesische Pharmakopoe eine Substitution beider Arten gegeneinander zu. Jedenfalls muss eine unzulässig hohe Dosis der *Aristolochia* verabreicht worden sein, denn die bedauernswerten Patientinnen erkrankten an Nierenversagen und an malignen Tumoren der Harnwege. Das mutagene Risiko der in *Aristolochia* enthaltenen Aristolochiasäure war bereits bestens bekannt und hatte zur Verbannung dieser Präparate aus Europäischen Phamakopoen geführt. Zusätzlich wurde nun auf diese drastische Weise die nephrotoxische Wirkung der Aristolochia entdeckt. Wiederum ein Jahrzehnt später wiesen an diese Erkenntnisse anknüpfende Forschungen nach, dass eine rätselhafte Häufung von Nierenversagen auf dem Balkan, die sogenannte Balkan-Nephropathie, auch auf eine Kontamination des Getreides durch dort verbreitete Arten der Gattung *Aristolochia* zurückgeht (De Broe ME, 2012).

Osterluzei *(Aristolochia clematitis)*, Zürich, 2014.

11. Auswirkungen der Domestikation für die Ökologie und den Menschen

11.1. Bedrohung und Ausrottung

Ausschließliche Wildsammlung von Nutzpflanzen bedroht das Fortbestehen ihrer natürlichen Bestände. Eine sich abzeichnende Gefährdung kann unabhängig von Domestikations-Zielen ein eigenständiges Motiv zur Kultivierung von Pflanzen sein, das ihre nachhaltige Verfügbarkeit sichert. Das Risiko der Ausrottung ist umso größer, je geographisch beschränkter und ökologisch spezialisierter die Wildpopulationen sind und je dynamischer die Nachfrage nach ihnen wächst.

Der Bedarf an Mate *(Ilex paraguariensis)* konnte lange Zeit aus Wildsammlungen gedeckt werden. Erst seine Popularisierung in den bevölkerungsreichen Staaten Argentinien, Brasilien, Paraguay und Uruguay ließ die Nachfrage derartig ansteigen, dass sie ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts den ergänzenden Anbau in Plantagen notwendig machte. Die wilden Bestände wären sonst in Kürze erschöpft gewesen. Heute stammt immer noch die Hälfte der Mate-Ernte von wild wachsenden Bäumen, und diese Ware unterscheidet sich qualitativ nicht von der Plantagen-Ernte. Mate wird für seinen natürlichen Gehalt an Sekundärstoffen genutzt, eine Domestikation hat nicht stattgefunden. Mit dem Anbau wird lediglich das Ernte-Volumen erhöht. Mate schützt sich mit den biosynthetisierten Methylxanthinen vor Insektenfraß, und die Menschen schätzen die stimulierende Wirkung dieser Sekundärstoffe. Allerdings kann der bittere Genuss die Gesundheit schädigen, weil bei der Rauchtrocknung der Mate-Blätter polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Benzo(a)pyrene entstehen, die experimentell maligne Tumoren der Blase, der Speiseröhre und der Lungen auslösen können (De Stefani E et al., 2014).

Die Substitution des Originals durch besser verfügbare Pflanzen mit vergleichbaren Qualitäten kann eine Strategie zur Schonung bedrohter Arten sein. Der Ginseng *(Panax ginseng)* war als sogenanntes Adaptogen während des 20. Jahrhunderts in zunehmendem Maße auch außerhalb seiner asiatischen Heimat gefragt, so dass die Ernte aus Wildsammlungen nicht mehr ausreichte. Die Gefährdung des koreanischen Ginsengs hat die Etablierung seines aufwändigen Anbaus gefördert, ebenso wie die Erforschung wirkungsverwandter Pflanzen anderer Regionen. Dazu zählen der Amerikanische Ginseng *(Panax quinquefolius)* und der Sibirische Ginseng *(Eleutherococcus senticosus),* zu dem im Imperium Stalins intensiv geforscht wurde. Der Wurzeldroge aus Sibirischem Ginseng sagt man eine phänomenale leistungssteigernde Wirkung nach. Nicht nur sowjetische Olympiateams wurden damit fit gemacht, auch die Opfer der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl erhielten sie zur Vorbeugung vor Strahlenschäden. Mit diesen Entwicklungen

konnten sich die Bestände des koreanischen Ginsengs stabilisieren (Zhuravlev Y, Koren O, Reunova G, et al, 2008).

Ferula communis in Famagusta, Zypern, 2009.
Zur gleichen Gattung hat vermutlich das legendäre „Silphium“ gehört, das bereits in der Antike ausgerottet wurde.

Orchideen gelten in unseren Breiten bereits sehr lange als bedroht und schützenswert. Daher will man es zunächst kaum glauben, dass das aus den Wurzeln wild gesammelter Erdorchideen gewonnene Produkt Salep zu offizinellen und zu Nahrungszwecken in vielen Regionen verwandt wird (Hansen E, 2002). Die Doppelknolle von Orchideen wie dem Salep-Knabenkraut (*Orchis morio)* hat gemäß der Signaturenlehre eine die männliche Potenz steigernde Wirkung. Besonders in der arabischen Welt führte dies zu einem schwunghaften Handel mit den ausgegrabenen Knollen, der die Bestände beträchtlich dezimierte. In Kleinasien wird das Mehl der gemahlenen Knollen auch zur Herstellung von Speiseeis und Getränken verwendet. Erst der Schutz der Orchideen durch CITES-Bestimmung hat die Wildsammlungen eingeschränkt. Die Kultur dieser Orchideen ist aufgrund ihre Symbiose mit Mykorrhiza-Pilzen so kompliziert, dass man für die Herstellung von Lebensmitteln bevorzugt auf Alternativen wie Tapioka-Mehl (aus *Manihot esculenta*) zurückgreift. Gleichzeitig bemüht man sich, die wissenschaftlich nicht belegte medizinische Verwendung von Salep auszutrocknen.

Man kann nur spekulieren, wie viele aktuelle und/oder potentielle Nahrungs- und Medizinalpflanzen sich unter den zahlreichen jährlich durch Raubbau aus der Natur getilgten Pflanzen befinden.

Ein viel zitiertes Beispiel einer Ausrottung durch Übersammlung ist das legendäre Silphium, ein wohl in der Antike vorwiegend medizinisch genutzter Doldenblütler aus der Gattung *Ferula.* Die Bestände fielen einer unkontrollierten Wildernte zum Opfer, bevor man noch daran dachte, den Arterhalt durch Kulturen zu sichern. Heute würde man von „Erhaltungskultur“ sprechen, und sie ist für bedrohte Arten und gefährdete Kultursorten gängige Praxis. Antike Autoren wie Plinius der Ältere und Theophrast geben

übereinstimmend an, dass Silphium nur in einem kleinen Areal der Cyrenaika, dem heutigen Libyen wuchs. Sie berichten auch davon, wie die Nachfrage sprunghaft anwuchs, bevor die Bestände erschöpft waren.

Die Muskatnuss *(Myristica fragrans)* wäre beinahe einem Nachfrage-Boom sowie einer künstlichen Verknappung aus Profitgier zum Opfer gefallen. Sie wuchs nur auf wenigen Inseln der Molukken und den Banda-Inseln in Indonesien. Zur Zeit der niederländischen Vormachtstellung wurden die Muskatnussbäume auf vielen Inseln abgeholzt, um das Angebot des Gewürzes für die Märkte regulieren zu können. Tatsächlich hatte die Niederländische Ostindien-Kompanie (VOC) mehrere Jahrhunderte lang eine Monopolstellung im Gewürzhandel inne und begründete den Reichtum im Mutterland während des „goldenen Zeitalters“. Als der Muskatnuss in England während der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts eine Wirksamkeit gegen die Pest zugeschrieben wurde, explodierten die Preise zum Nutzen der Monopolhalter. Das Monopol weichte erst auf, als es einem Franzosen gelang, Muskatnussbäume nach Mauritius zu schmuggeln. Von besonderer Bedeutung war die sehr kleine, aber dicht mit Muskatnussbäumen bewachsene Insel Run im Archipel der Banda-Inseln. Die Niederländer erhielten sie von den Briten im Austausch gegen eine ihnen seinerzeit im Verhältnis wertlos erscheinenden Insel vor der amerikanischen Ostküste mit dem Namen Manhattan (Giles M (1999).

Für Mitteleuropa fehlen vergleichbare Beispiele. Man könnte höchstens das Edelweiss anführen, dessen Bestände im 19. Jahrhundert mit einer einsetzenden Begeisterung für seine ornamentalen Reize in Bedrängnis gerieten.

Häufiger sind in Europa besondere Kultur-Sorten mit kleinräumiger regionaler Verbreitung bedroht. Die speziell für das raue Klima der schwäbischen Alb ausgelesene Linsen-Sorte der Alblinse *(Lens culinaris)* galt bereits als verschollen, als ihre Samen im Vavilov-Institut in St. Petersburg wiederentdeckt wurden. Dort hatte der bedeutende Biologe Nikolai Vavilov eine umfangreiche Samen- und damit Gendatenbank von Kultur-Pflanzen angelegt. Vavilov konnte seine Archivierung der genetischen Kulturpflanzen-Vielfalt nicht zu Ende führen; er wurde ein Opfer des Stalin`schen Polizei-Apparates infolge einer Kontroverse mit dem Widersacher und später als Fälscher entlarvten Lysenko (Pringle P, 2008).

Inzwischen gibt es allenthalben einen begrüßenswerten Trend, alte Sorten zu erhalten und zu pflegen, beispielsweise die Getreidesorte Champagner-Roggen. Sie wurde ursprünglich im frühen 19. Jahrhundert aus der Champagne Frankreichs eingeführt und war eine der verbreitetsten Winterroggen-Sorten Deutschlands. Von dem Züchter Adolf Jäger aus Könkendorf/Mark schon vor 1900 gezüchtet, war er bis Anfang der 1960er Jahre noch im Anbau. Anschließend war die Sorte einige Jahrzehnte in einer Gendatenbank verschwunden. Ab und zu säten Mitarbeiter der Gendatenbank ihn auf kleinen Flächen aus, um die Keimfähigkeit zu kontrollieren. Anfang der 1990er wurde der Champagner-Roggen dann vom

Greiffenberger „Verein zur Erhaltung und Rekultivierung von Nutzpflanzen“ (VERN) wiederentdeckt und aus Gendatenbankbeständen rekultiviert. Heute gibt es wieder Landwirte in Brandenburg und darüber hinaus, die diese Sorte anbauen. Auch im Wallis, im Museumsdorf Erschmatt, wird der Anbau alter Roggensorten wieder gepflegt

(http://www.isip.de/isip/servlet/contentblob/57230/Dokument/3782,property=Dokument.pdf) .

Ein Kuriosum ist das Aussterben des als Heilpflanze genutzten Deutschen Bertrams *(Anacyclus officinarum)*, der nur aus Kulturen aus Deutschland bekannt war und schließlich mit Einstellung des Anbaus Anfang des 20. Jahrhunderts ausstarb. Ein Sprung in die Wildnis ist diesem Korbblütler nicht gelungen, vermutlich, weil in Thüringen und um Magdeburg, dem Zentrum seiner Kultur, kein zum Überleben geeigneter Lebensraum existierte. Es wird heute vermutet, dass der Deutsche Bertram lediglich ein einjähriger Abkömmling des im Mittelmeergebiet verbreiteten mehrjährigen Römischen Bertrams *(Anacyclus pyrethrum)* gewesen sein könnte**.**

11.2. Genetische Isolation und Verlust der Vitalität

Die Selektion der für den Menschen nützlichen Eigenschaften von Kulturpflanzen geschieht umso zielführender, je konsequenter ein Austausch mit dem Genpool der Wildpflanzen unterbrochen wird. Am Beispiel der Getreide wurde bereits auf die Bedeutung der Selbstbestäubung für den gelenkten Erwerb der Domestikations-Merkmale hingewiesen.

Schlafmohn *(Papaver somniferum).* Lange vermutete man fälschlicherweise seine Domestikation vom heute noch westmediterran vorkommenden *Papaver setigerum*. Vom Schlafmohn wurde der Schließmohn als eine Sorte ausgelesen, die ihre Samen nicht mehr verbreiten kann.

Wenn vom Menschen unerwünschte, der Pflanze aber zum Schutz dienende Inhaltsstoffe eliminiert werden, kann die Konkurrenzfähigkeit soweit herabgesetzt werden, dass die betreffenden Arten nur noch unter Kulturbedingungen überleben können. Selbst in dieser geschützten Sphäre kann eine völlige Beseitigung der betreffenden Sekundärstoffe die Vitalität der Pflanze soweit schwächen, dass sie kümmert und für Krankheiten anfällig wird. So verliert der Kaffeestrauch (*Coffea arabica)* seine Resistenz gegen Phytopathogene, wenn sein Gehalt an Methylxanthinen wie dem Koffein durch

züchterische Manipulation unter eine bestimmte Schwelle abfällt. Das Vorhaben, auf diese Weise entkoffeinierten Kaffee zu produzieren, ist vorerst gescheitert (Schramm S, 2012). In Ansaaten von Lupinen-Sorten mit unterschiedlichem Alkaloid-Gehalt überdauern die alkaloidreichsten, für den Menschen ungenießbaren Wildformen am längsten, während die konkurrenzschwachen Süß-Lupinen bald wieder verschwinden (Wink M (ed.), 1992).

So stehen Domestikations-Merkmale bisweilen in diametralen Gegensatz zu Eigenschaften, die einen Behauptung der Art in der Wildnis sicherstellen. Durch züchterische Förderung ihrer nährstoffreichen Speichergewebe werden viele Früchte so groß (Megacarpie), dass sie die Samen nicht mehr freisetzen können. Das trifft auf viele Obstgehölze zu, die bei pflegerischer Vernachlässigung bald zur Wildform mit den zur Diasporen-Verbreitung günstigeren kleinen Früchten zurückkehren. Die Kapseln des Schließmohns *(Papaver somniferum)* lassen keine Samenausschüttung zu. Sie sind eine Mangelvariante im Dienste des menschlichen Nutzers, der die eingeschlossenen Mohnsamen mit der Kapsel verlustfrei ernten kann.

Bei den wilden Gräsern sichert ein lockerer Kornsitz mit spontanem Ausfall der reifen Früchte (Shattering) die effiziente Verbreitung. Für die Ernte angebauten Kultur-Getreides ist diese Eigenschaft ungünstig. Archäologische Daten belegen, dass kultivierte Getreidearten mit festem Kornsitz zunächst die Ausnahme blieben und eine Selektion von Pflanzen mit größeren Körnern vorausging. Ein fester Kornsitz erhöht zwar den Ernteertrag, da die Körner zusammen mit der Ähre geerntet werden können, erschwert jedoch das Dreschen, also das Herauslösen der Körner aus den Ähren. Die Züchtung von Getreide mit festem Kornsitz (Non-Shattering) könnte aus diesem Grund zunächst gegenüber anderen Eigenschaften vernachlässigt worden sein. Erst die Züchtung von Pflanzen mit einer optimierten Kombination verschiedener genetischer Mutationen führte zu einer geeigneten Balance von einer hohen, aber überwindlichen Kornfestigkeit, die das Dreschen noch erlaubt (Fuller DQ, 2007).

11.3. Domestizierte Pflanzen behaupten sich in der naturnahen Landschaft

Gibt es umgekehrt Beispiele domestizierter Pflanzen, darunter solchen mit veränderten Sekundärstoff-Profilen, die sich außerhalb von Kulturen etablieren und das ökologische Gefüge der naturnahen Landschaft verändern? Es sei vorausgeschickt, dass die Pflanzenwelt der mitteleuropäischen Kulturlandschaft ohnehin tiefgreifend vom Menschen geprägt ist. Urwälder fehlen, selbst noch so urwüchsig anmutende Wälder gehen ausnahmslos auf vom Menschen vor Generationen gepflanzte Forste zurück. Rodungen der ursprünglichen nach den Eiszeiten entstanden Wälder fanden bis in die subalpine Stufe statt (Küster H, 1999). Auch die bunten artenreichen Bergwiesen der Steillagen sind als Kultur-Landschaft aufzufassen (Bätzing W, 2003). Kurzum, Pflanzen-Leben steht vom

Pferdeeppich *(Smyrnium olusatrum)* auf Helgoland, 2014. Foto: K. Adolphi.

Küchengarten über den Acker, den Straßenrand bis zur Heide und zum Hochwald mehr oder weniger im Dienste des Menschen.

Im Artenspektrum von extensiv bewirtschafteten oder gepflegten Landschaften finden sich häufig Pflanzen, die als Kultur-Relikte eine aufgegebene Nutzung und Domestikation anzeigen. Viele der heute vergessenen Heilpflanzen des Mittelalters treten unbeständig bis eingebürgert in unserer naturnahen Vegetation auf (Fischer H, 1929**).**

Eine besonders altes, den Archäophyten zuzurechnendes Kultur-Relikt ist der aus Asien stammende Färberwaid *(Isatis tinctoria)*, der bereits im Altertum zur Farbgewinnung (Indigo) kultiviert wurde. Der ausgedehnte Anbau, beispielsweise in Thüringen („Erfurter Blau") ist längst aufgegeben, aber der Färberwaid hat sich vielfach als Florenelement in Steinbrüchen und entlang von Bahnlinien erhalten.

Früchte des Färberwaids *(Isatis tinctoria)*, Lindau, 2014.

Der Pferdeeppich oder Alisander *(Smyrnium olusatrum)* war im römischen Reich vom Mittelmeer bis nach Schottland eine bedeutende Nahrungspflanze, die mit der wachsenden Beliebtheit und der Domestikation des vielseitigeren Selleries *(Apium graveolens)* im Mittelalter von den Speisekarten verschwand. Auf den britischen Inseln und in Westeuropa haben sich verwilderte Populationen des Pferdeeppichs erhalten, die auf die alten Kulturen zurückgehen. Neuerdings wird die Art als Speisepflanze wiederentdeckt.

Viele Vorkommen des Schild-Ampfers *(Rumex scutatus)* außerhalb der Hochgebirge rühren offenbar von seinem früheren Anbau als offizinelle Pflanze („Herba romana") her. Kultursorten wie „französischer oder römischer Spinat" (*Rumex scutatus* var. *hortensis*) haben sich nach dem aufgegebenen Anbau in tieferen Lagen an Mauern eingebürgert.

Schildampfer fand ebenso als Suppengewürz und Salat Verwendung. Zu den vergessenen Gemüsen gehört auch die Rapunzel-Glockenblume *(Campanula rapunculus).* Von ihr wurden die wohlschmeckende fleischig verdickte Wurzel und die Blätter gegessen. Die meisten heutigen Vorkommen der Rapunzel-Glockenblume in Mitteleuropa sind wohl Relikte

Weicher Hohlzahn *(Galeopsis pubescens),* Recke/Westfalen, 2014.

Bunter Hohlzahn *(Galeopsis speciosa)*, Saas-Fee, 1975.

eines früheren Anbaus, der sich in der Schweiz und im Elsass noch bis in das 20. Jahrhundert hinein erhielt.

Die genannten Kultur-Relikte stellen eine meist unproblematische Bereicherung der einheimischen Flora dar. Unter den als ökologische Gefahr eingestuften sogenannten invasiven Arten befinden sich auch einige, die erst als Folge einer Domestikation entstanden sind. Durch züchterische Selektion oder eine gezielt herbeigeführte Hybridisierung können Pflanzen von besonderer Vitalität entstehen, die mit ihrer Konkurrenzfähigkeit ökologische Nischen aggressiv besetzen. Natürlich entstandene Hybriden machen dies anschaulich. Das weit verbreitete Acker-Unkraut Gemeiner Hohlzahn *(Galeopsis tetrahit)* ist als Hybride der selteneren und auf andere Standorte spezialisierten Arten Weicher Hohlzahn *(Galeopsis pubescens)* und Bunter Hohlzahn *(Galeopsis speciosum)* entstanden. Der als ergiebige Futterpflanze angebaute Bastard-Beinwell *(Symphytum x uplandicum)* ist nach Aufgabe seines Anbaus so konkurrenzstark, dass er sich an vielen Standorten erfolgreicher als seine Eltern-Arten (*S. asperum* und *S. officinale*) in der Natur behauptet. Der massive Einsatz von Handelssaatgut könnte ebenso eine Gefahr für die heimische Flora darstellen, u.a. durch eine Hybridisierung mit urwüchsigen (Regional)sippen. Erfahrungen mit Kultivaren der Gras-Gattung Schwingel *(Festuca spec.)* als Ansaat auf Böschungen zeigen, dass eine Hybridisierung mit fast allen Regionalsippen

erfolgt und damit eine rege genetische Neukombination mit letztlich unklaren Folgen. Speziell im Kontext gentechnologisch veränderter Kultur-Pflanzen werden heute Schreckens-Szenarien für die einheimische Natur und den Menschen entwickelt. Das folgende Beispiel des Rapses lässt solche Vorbehalte durchaus realistisch erscheinen.

Raps *(Brassica napus)* ist eine uralte Nutzpflanze des östlichen Mittelmeergebiets, die vor allem wegen des hohen Ölgehaltes ihrer Samenkörner kultiviert wird. Raps ist vermutlich als Hybride der Kohl-Arten *Brassica rapa* und *Brassica oleracea* entstanden, und er ist nur als Kulturpflanze bekannt. Inzwischen ist Raps allerdings in der Natur Mitteleuropas eingebürgert, seine Ausbreitung entlang von Verkehrswegen nahm ab den 1970er Jahren sprunghaft zu. Raps-Öl wurde vor allem als Lampenöl verwendet. Ab dem 17. Jahrhundert war Raps im nordwestlichen Deutschland und in den Niederlanden die wichtigste Ölfrucht. Als Speiseöl setzte sich Rapsöl wegen des durch die Erucasäure verursachten bitteren Geschmacks nicht durch. Lediglich in Notzeiten wie in Deutschland während der beiden Weltkriege griff man auf Raps-Öl zurück, um sich aus der Abhängigkeit von Fett- und Öleinfuhren zu lösen. Damals gewöhnte man sich an bittere Margarine aus deutschem Rapsöl.

Raps *(Brassica napus)* breitet sich entlang von Verkehrswegen aus. Foto: K. Adolphi.

Mit den Neuzüchtungen des 0-, später des 00-Rapses ("Doppel-Null") in den 1970er Jahren mit ihren reduziertem Gehalt an Erucasäure und an Senfölglykosiden stieg die Akzeptanz für eine Verwendung als Lebensmittel bzw. als Tierfutter. „Livio“ war das erste kommerziell vertriebene Raps-Speiseöl in (West-)Deutschland. Die Zusammensetzung der Fettsäuren von 00-Rapsöl ist der des Olivenöls sehr ähnlich. Der Anteil essentieller Fettsäuren, insbesondere der α-Linolensäure ist um ein Mehrfaches höher als beim Olivenöl. Aber es traten auch unerwartete Probleme auf. Da beim 00-Raps Äshemmer wie der Gehalt an Senfglykosiden reduziert sind, kommt es insbesondere in Wintermonaten zu einer erhöhten und teilweise ausschließlichen Aufnahme dieses Rapses durch Rehe. Der damit verbundene hohe Eiweißgehalt und der geringe Rohfaseranteil der Nahrung führt bei Rehen zu schweren Verdauungsstörungen wie einer schaumigen Gährung des Panseninhalts. Die empfindliche Pansenmikroflora und -fauna wird zerstört. Dies allein führt bei vielen Rehen bereits rasch zum Tode, andere Tiere sterben später an hämolytischer Anämie, die wahrscheinlich auf das S-Methylcysteinsulfoxid im Raps zurückzuführen ist. Dennoch wird in Deutschland heute

beinahe die gesamte Anbaufläche mit 00-Raps bestellt (Onderscheka K, Tataruch F et al, 1987).

Daneben wurden für die Produktion von Erucasäure als industriellen Rohstoff an Erucasäure reiche, aber glucosinolatarme Sorten gezüchtet, der *Plusnull-Raps* (+0-Raps) oder HEAR (engl.: *high eruic acid rapeseed*). Der Pressrückstand dieser Sorten wird auch verfüttert. Auf Flächen, die einmal mit +0-Raps bepflanzt waren, kann allerdings kein 00-Raps für die menschliche Ernährung mehr angebaut werden, da dieser mit ausgesamtem +0-Raps (Ausfallraps) verunreinigt sein kann. Untersuchungen an verwildertem Raps entlang der transalpinen Eisenbahnrouten der Schweiz haben nachgewiesen, dass dort vor allem züchterisch und gentechnologisch veränderte Raps-Sorten wachsen. Damit haben die menschlichen Manipulationen am Erbgut des Rapses und am Profil seiner Sekundärstoffe einen Weg in die freie Natur gefunden (Adolphi K, 1995).

11.4. Wie verändert sich der Mensch?

Auch der Mensch veränderte sich infolge der gleichförmigen Ernährung von Getreideprodukten. Die kulturelle und religiöse Entwicklung der Menschheit ist beziehungsreich mit dem Getreideanbau und der Sesshaftigkeit seit dem Neolithikum verbunden.

Die Fähigkeit des Menschen zur Auseinandersetzung mit der natürlichen Vielfalt von Pflanzeninhaltsstoffen ist rückläufig. Ein bedeutendes evolutionäres Erbe könnte verspielt werden (Choi CQ, 2015). Eine unterforderte Sensorik des modernen Menschen verkümmert, so dass er nicht mehr sicher zwischen toxischen und harmlosen Pflanzen unterscheiden kann. Bereits im Genom der ausgestorbenen Neandertaler und Denisovan-Menschen sind Gene für die Bitterstoffrezeptoren TAS2R62 und TAS2R64 deaktiviert, die bei Schimpansen und anderen großen Affen aktiv sind. Dagegen besitzt der moderne Mensch dreimal so viele Kopien des Gens AMY1 für die Amylase im Speichel als der Neandertaler. Dies ist vermutlich eine Adaptation an die Stärke-Lastigkeit der menschlichen Ernährung seit dem Aufkommen der Getreide (Perry GH et al, 2015). Ein viel geläufigeres Beispiel ist die Anpassung des humanen Stoffwechsels an die Milchviehzucht. Die ursprüngliche auf Laktase-Mangel nach dem Abstillen beruhende Laktose-Intoleranz des Menschen ist heute in Regionen mit hohem Milchkonsum rückläufig. Strittig ist dagegen, inwieweit die weltweit unter den Menschen sehr unterschiedlich stark exprimierten Enzyme zum Alkohol-Abbau auf regionale Gewohnheiten des Konsums alkoholischer Getränke zurückgehen (Ye K , Gu Z, 2011).

Angesichts der Verfügbarkeit von Gräsern und Blättern wäre der Welternährung wohl nachhaltig gedient, wenn der Mensch Zellulose verdauen könnte. Doch hierzu ist unser Verdauungstrakt anders als bei den Wiederkäuern mit ihrem gekammerten Darm nicht

eingerichtet. Immerhin kann mit Hilfe anaerober Bakterien im Blinddarm und dem aufsteigenden Colon ein Teil der Zellulose aus der Nahrung zu kurzkettigen Fettsäuren abgebaut werden. Diese werden über die Colon-Schleimhaut resorbiert und verwertet. Zellulose ist neben Hemizellulosen, Pektin und Lignin ein wichtiger pflanzlicher Ballaststoff der menschlichen Nahrung, aber er liefert keine Energie. Der kalorische Nährwert von Salaten und Gemüsen bleibt gering, sie bereichern unseren Speiseplan als Beilage hochkalorischer Kost.

12. Schlussbetrachtung

Am Beispiel einiger Nutzpflanzen habe ich die Bedeutung der pflanzlichen Sekundärstoffe für die Auswahl dieser Pflanzen zur Domestikation und für ihr weiteres Domestikations-Schicksal untersucht.

Eine gängige Hypothese zur Erklärung der auffällig geringen Anzahl domestizierter Pflanzen nimmt an, dass sich nur diese wenigen zur Domestikation geeignet hätten. Damit stellt sich die Frage nach den besonderen Eigenschaften ihrer Wildtypen, die sie innerhalb der pflanzlichen Vielfalt für eine Domestikation auszeichneten.

Für Nahrungspflanzen wäre es naheliegend anzunehmen, dass bereits die Vorläufer über einen hohen Nährwert bei geringem Gehalt an unerwünschten Sekundärstoffen verfügten. Diese Pflanzen müssen für den Menschen in seinen Lebensräumen erreichbar gewesen sein; der Anbau, die Ernte und die Verarbeitung zu Lebensmitteln sollte mit einem ökonomisch sinnvollen Aufwand möglich gewesen sein.

Ich kann nicht erkennen, dass eine dergestalte hypothetische Eignung der Wildformen für die Auswahl der Pflanzen zur Domestikation tatsächlich maßgeblich war. So erreichen Nüsse mit einer für den Menschen idealen Nährstoffzusammensetzung bei überwiegender Toxinfreiheit keinen hohen Stellenwert für die Ernährung der Weltbevölkerung. Stammformen vieler bedeutender Nahrungspflanzen (Maniok, Leguminosen, *Cycas*) enthalten toxische Sekundärstoffe und wurden dennoch domestiziert. Trotz einer Jahrtausende langen züchterischen Selektion sind in rezenten Cultivaren signifikante Konzentrationen toxischer Sekundärstoffe verblieben, die mit aufwändigen Verfahren eliminiert werden müssen.

Auch für eine bevorzugte Domestikation von Pflanzen aufgrund einer leichten Verfügbarkeit ihrer Nährstoffe gibt es keine sicheren Anhaltspunkte. Anders als verzehrfertig am Baum greifbare Früchte und Nüsse erfordern die Getreide einen komplexen und arbeitsintensiven Anbau. Nach ihrer Ernte werden Verarbeitungsschritte wie das Dreschen, die Trocknung und das Mahlen des Korns erforderlich. Das entstehende Mehl ist wiederum ein Produkt, das nicht direkt, sondern erst nach Weiterverarbeitung zu Brei, Fladen oder Brot verzehrt werden kann. Ähnliches gilt für die Leguminosen, die vor dem Verzehr zumindest einer Hitzebehandlung unterzogen werden müssen.

Offensichtlich wurden gerade die Pflanzen nicht kultiviert, die auf besonders unkomplizierte Weise Nahrung geboten hätten. Es mutet wie eine Missachtung der Geschenke der Natur an und wird als „Vertreibung aus dem Paradies“ in den Entstehungs-Mythen der Religionen verklärt (Müller KE, 1974).

Andere Motive müssen die Menschen bewogen haben, sich den Getreiden und den Leguminosen zuzuwenden. Diese Sämereien sind nach Trocknung lagerungsfähig, sie

können exzellent in Gefäßen transportiert werden und zu jedem gewünschten Zeitpunkt zu Lebensmitteln verarbeitet werden. Die Samen und die aus ihnen zubereiteten Lebensmittel sind haltbarere Tausch- und Handelsgüter, als es reife Früchte sind. Mit ihnen können Vorräte für karge Zeiten angelegt werden, die Abhängigkeit vom Tagesgeschehen in der Natur wird geringer.

Wenn es keine (für uns erkennbaren) besonderen Qualitäten waren, die die später domestizierten Pflanzen von den übrigen unterschieden, hätten dann nicht viel mehr Pflanzen domestiziert werden müssen?

Vielleicht verdanken wir es vor allem biogeograhischen Zufällen, wenn Pflanzen mit hinreichender, aber nicht herausragender Eignung zur Nahrungspflanze domestiziert wurden und eine Kultur- und Verarbeitungstradition entstehen ließen. Ein solcher biogeographischer Zufall könnte das Vorkommen der Ur-Getreide innerhalb von Siedlungen der frühen Sumerer gewesen sein. Indem der Mensch sich ihnen zuwandte und sie durch Selektion zu verändern begann, schloss er andere, entfernter wachsende Pflanzen von der Domestikation aus. Die aufwändigen und spezialisierten Verarbeitungstechniken für die „founder crops“ förderten die Domestikation weiterer Getreide genauso wie sie Pflanzen davon ausschloss, für die es neuartiger Techniken bedurft hätte. Das im Anbau von Weizen und Gerste erworbene „know-how“ mit Gerätschaften wie Sense, Dreschflegel etc. ließ sich am leichtesten zur Bewirtschaftung weiterer Getreide verwenden.

Der Erfolg der aus den „founder crops“ zubereiteten Lebensmittel wie Fladen, Mus, Brei und Brot schränkte den Kreis weiterer Kandidaten-Pflanzen auf solche ein, die sich zu ähnlichen Produkten verarbeiten ließen. So verhalf seine Eignung zur Zubereitung von Mehlspeisen dem spät domestizierten Buchweizen *(Fagopyrum esculentum)* sicher zur Akzeptanz, obwohl er mit den Getreiden nicht näher verwandt ist.

Wegwarte, Zichorie *(Cichorium intybus)*. Lindau, 2014.

Um die wenigen die Tradition begründenden Pflanzen herum gruppierten sich mit der Zeit weitere, die aus den verschiedensten Gründen als Ersatz für das Original entdeckt wurden und später sogar als Bereicherung geschätzt wurden. Die botanische Identität der „founder crops“ tritt damit in den Hintergrund, das Lebensmittel wird zum Maßstab. Mit Kaffee wurde ursprünglich ein Aufguss des Originals *Coffea arabica* bezeichnet, im Sprachgebrauch löste sich der Name des Getränks von der

Pflanzen-Spezies und wurde beibehalten, auch wenn andere Pflanzen wie die Zichorien-Wurzel (Blümchen-Kaffee) oder Lupinen-Samen (Altreier-Kaffee) zu seiner Herstellung verwendet wurden.

Ein weiterer Hinweis für eine konservative Ökonomie oder Parsimonie bei der Pflanzen-Domestikation ist die Ausformung einer Vielfalt von Sorten aus wenigen botanischen Arten. Es lag näher, die bereits domestizierte Zichorie zur Endivie, zum Chicoree und zum Radicchio zu züchten, als mit Pflanzen neu zu beginnen, die sich noch nicht in der Kultur bewährt hatten.

Die heutige Ernährung von wenigen domestizierten Pflanzen hat weitreichende Konsequenzen. Der Mensch hat auf die Getreide-Lastigkeit der Nahrung mit einer erhöhten Stoffwechselleistung für Stärke reagiert. Gleichzeitig ist er weniger als seine Vorfahren zur sensorischen Erkennung von Bitterstoffen in Pflanzen befähigt. Wäre er auf sich allein gestellt mit einer unbekannten Vegetation konfrontiert, so könnte er essbare von giftigen Pflanzen nicht mehr sicher unterscheiden.

Die hohe kumulative Aufnahme einer eintönigen Pflanzenkost offenbart Risiken, die bei einer Mischkost verborgen geblieben wären. Anders als die offenkundige akute Symptomatik hochtoxischer Pflanzen wird die okkulte chronische Problematik mancher Sekundärstoffe erst mit wissenschaftlicher Methodik erkannt. Beispiele sind die neurotoxische Aminosäure BMAA im Fadang-Mehl auf Guam und kanzerogene Substanzen im Adlerfarn oder im Mate-Tee. Wenn die Ernährung ausnahmslos auf einer Pflanze basiert, treten vermehrt Mangelerscheinungen durch darin fehlende oder schlecht verfügbare essentielle Komponenten auf. Die unzureichende Freisetzung von Niacin aus Maismehl wurde durch das raffinierte Verfahren der Nixtamalisation in Mexiko bereits vor Jahrtausenden überwunden. Klinisch trat die Pellagra erneut in Gesellschaften in Erscheinung, die sich erst neuerdings und ohne traditionelle Kenntnisse der Verarbeitung von Mais ernähren.

Geradezu paradigmatisch lässt die mittelalterliche Epidemie des Ergotismus die Gefahren einer auf wenige Anbaupflanzen konzentrierten Landwirtschaft erkennen und beleuchtet den gesellschaftlichen und religiösen Umgang damit. Die Infektion des Getreidefruchtkörpers mit dem Schlauchpilz *Claviceps purpurea* führt zu seiner hornartigen Umbildung und der Synthese hochtoxischer Mutterkornalkaloide. Gelangen infizierte Ähren ins Mehl, so erkranken Menschen an Ergotismus. Krampfartige Verengungen der Blutgefäße führen zum gangränösen Absterben der Akren und der Infarzierung innerer Organe. *Claviceps* befällt vorwiegend Roggen, der dann *Secale cornutum* genannt wird, und wurde erst zum Problem, als Roggen den Weizen in Mitteleuropa als wichtigstes Getreide ablöste. Roggen *(Secale cereale)* wurde spät kultiviert, er ist robuster als Weizen und für das kühle, feuchte Klima nördlich der Alpen besonders geeignet. Dass die Erkrankung epidemische Ausmaße mit über 40.000 Todesopfern im Jahre 922 erreichte, lag an der damaligen Dominanz des Roggen-

Mehls für die tägliche Nahrung. Die erkennbar befallenen Ähren wurden bald als Ursache erkannt, aber weil sie nicht konsequent aussortiert wurden, kam es zu weiteren Epidemien.

Die Abhängigkeit vom Getreide hat in verschiedensten Kulturen zu einer religiösen Verehrung geführt und in der griechischen und römischen Antike zu den personifizierten Korngottheiten Demeter und Ceres (Zerries O, 1952). Die sich in Naturphänomen wie Regen und Wind ausdrückenden Launen der Götter versuchte der Mensch der Antike, sich für den Ernteerfolg durch Pflanzen-, Tier- und auch Menschenopfer gewogen zu machen. Besonders eindringlich sind solche Beschwörungen noch heute in Ethnien, die ihr Schicksal an den Ernteerfolg einer einzigen Pflanzenart knüpfen, wie es Feldbauern in Nordkamerun an *Sorghum* tun.

Secale cornutum auf einem Roggenacker bei Recke/Westfalen, 1974.

Der Ergotismus trat während des zutiefst christlich geprägten Mittelalters in Erscheinung. Getreide wurde als göttliche Gabe unter anderem im Erntedankfest verehrt. Auf die Antoniusfeuer oder Heiliges Feuer (Ignis sacer) bezeichnete Erkrankung reagierte man sowohl pragmatisch, als auch spirituell und künstlerisch. Eigens zur Behandlung der Erkrankten wurde der Orden der Antoniter gegründet, der zahlreiche Hospitäler unterhielt (Schipperges H, 1985). In Antonius-Kapellen versprach man sich Wunderheilungen durch den Heiligen Antonius, und in Isenheim bei Colmar wurden Erkrankte vor den von Matthias Grünewald gestalteten Altar geführt, der die Erkrankung explizit zeigte. Wann und wie die medizinische Verwendung des Mutterkorns begann, das liegt noch im Dunkel der Geschichte. Vermutlich geht die Verwendung als blutstillendes Prinzip, u.a. bei Gebärmutterblutungen auf Beobachtungen an Ergotismus-Patienten zurück. Die halluzinogenen Wirkstoffe aus dem Mutterkorn sollen bereits bei den Initiationsfeiern der Mysterien von Eleusis eine Rolle gespielt haben (Wasson RG, Hofmann A, Ruck CAP, 1984). Die Anwendung oblag den Priestern, die diese Rituale inszenierten.

Damit komme ich zur eingangs dieses Textes gestellten Frage zurück, ob Nahrung auch (noch) unsere Medizin ist. Für die vorherrschenden Ernährungsweisen in der westlichen Zivilisation der Gegenwart muss man sie verneinen.

Die Produktion von Nahrung und ihre Verarbeitung liegt in den Händen von Berufen und Gewerben, die mit der Sesshaftigkeit und der Domestikation von Pflanzen und Tieren entstanden sind. Dabei haben sich die Landwirte, Müller und Bäcker fortlaufend weiter professionalisiert und im vergangenen Jahrhundert sogar industrialisiert. Ideale

Nahrungspflanzen liefern einen hohen Ertrag an Kohlenhydraten und Eiweiß, sind maschinell zu säen, pflegen und ernten, resistent gegen verbreitete Erkrankungen etc. Die im Neolithikum einsetzende Vernachlässigung der Vielfalt zugunsten weniger ausgesuchter Pflanzen setzt sich heute in der industriellen Agrarwirtschaft durch Konzentration auf die ertragreichsten Sorten bei fehlender Pflege einer Sortenvielfalt fort. Beim Reis ist bereits das Gros der noch vor hundert Jahren vorhandenen Sorten verloren gegangen und damit auch genetische Ressourcen, die zukünftig noch wichtig werden könnten. Pflanzliche Grundnahrung ist noch einheitlicher, noch standardisierter und damit charakterloser geworden. Die Aufnahme von kulinarisch oder gar medizinisch wertvollen pflanzlichen Sekundärstoffen mit diesen industrielle Normen erfüllenden Lebensmitteln ist unwahrscheinlich und eigentlich auch gar nicht vorgesehen.

Bildliche Darstellung des „Antoniusfeuers“. Detail aus dem Isenheimer Altar von Matthias Grünewald.

Die Versorgung mit Sekundärstoffen wird von der Kalorienzufuhr abgekoppelt und in die Welt der kulinarischen Beilagen, der Gewürze, Nahrungsergänzungsmittel und der Arznei ausgegliedert. So haben vielleicht auch Gemüse ihre Berechtigung erhalten, ihr Gehalt an Vitaminen, Sekundärstoffen und Ballaststoffen wertet unseren Speiseplan geschmacklich und ernährungsphysiologisch auf. Dies liegt auch daran, dass Gemüse weniger als Getreide im landwirtschaftlichen Hochertragsanbau produziert werden. Viele Kultur-Gemüse verfügen noch über ein Reservoir an Wildformen, die bei Bedarf gesammelt werden und mit denen sie genetisch im Austausch stehen.

Hier deutet sich bereits an, dass mit der Produktion und Anwendung von Pflanzen, die wir wegen ihres Gehalts an Sekundärstoffen konsumieren, andere Berufe als im Nahrungsmittel-Sektor befasst sind. Der Winzer ist zwar ähnlich wie der Landwirt organisiert, muss sich aber im Interesse seiner Kundschaft dezidiert mit der Pflege der Eigenheiten seiner Reben ohne vordergründig ertragssteigernde Ambitionen befassen. Beim Wein und weiteren pflanzlichen Genussmitteln huldigt der Verbraucher den durch die Sekundärstoffe mitbestimmten Nuancen in einer Weise, die nicht recht zum Konsumverhalten bei der alltäglichen Ernährung passt.

Noch deutlicher ist die Eigenständigkeit der Berufe, die mit der medizinischen Anwendung von Pflanzen befasst sind. Arznei-Pflanzen werden noch immer gesammelt und nur in kleinem Maßstab kultiviert. Die erforderliche intime Kenntnis der wilden Pflanzenwelt und

ihrer Wuchsorte (Heilige Haine u.ä.) war und ist weniger als das landwirtschaftliche „know-how“ verbreitet. Die Gründe liegen auf der Hand. Essen muss man täglich, krank ist man nur von Zeit zu Zeit. Während viele Jahrhunderte lang bis zu 90% der Menschen in der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion arbeiteten, waren mit der Heilkunde immer nur wenige Spezialisten befasst. So erklärt sich vielleicht die geringe Dynamik bei Erkenntnissen zur Pflanzen-Heilkunde im Verhältnis zum explodierenden Wissenszuwachs in der Nahrungsmittelherstellung. Pflanzen(heil)kundige haben in vielen Gesellschaften einen herausgehobenen, den Mitmenschen Respekt abnötigenden Status innegehabt. Eine positive Aura hatten eleusinische Priester im antiken Griechenland, die für ihre Rituale ausdrücklich nur Wildpflanzen benutzten (Ruck CAP, 1995), ebenso wie keltischen Druiden und Schamanen. Begriffe wie Wurzelsepp, Kräuterhexe oder Quacksalber beschreiben dagegen eher schrullige Randfiguren der Gesellschaft. Nach einer Bedeutungskrise der Phytotherapie Mitteleuropas durch die aufkommende wissenschaftliche Medizin und Pharmazie im 19. Jahrhundert gibt es längst ein wiedererwachtes Interesse an der Kräutermedizin. Dabei ist die notwendige Vertrautheit mit der Pflanzenwelt heute mehr denn je auf einen kleinen Personenkreis beschränkt. Breiten, überwiegend in den Städten lebenden Bevölkerungsschichten fehlen selbst rudimentäre Kenntnisse der Pflanzen. Wenn sie dennoch, aktuellen Trends folgend, Pflanzen zur Ernährung oder arzneilichen Nutzung sammeln, bleiben Fehler wie Verwechslungen der Modepflanze Bärlauch mit Maiglöckchen und Herbstzeitlose nicht aus.

Kein Bärlauch, sondern giftiges Maiglöckchen *(Convallaria majalis).*

13. Danksagung

Ich danke Dr. Caroline Weckerle als Betreuerin dieser Arbeit für ihre Geduld und ihre wertvollen inhaltlichen Anregungen.

14. Literatur

1. Adolphi K (1995). Neophytische Kultur- und Anbaupflanzen als Kulturflüchtlinge des Rheinlandes. Martina Galunder Verlag, Wiehl.
2. Anderson AB, Ioris EM (1992). Valuing the rain forest: Economic strategies by small-scale forest extractivists in the Amazon estuary: Human Ecology 20 (3): 337-369.
3. Aydin-Schmidt B, Thorsell W, Wahlgren M (2010). Carolus Linnaeus, the ash, worm-wood and other anti-malarial plants. Scand J Infect Dis. 42(11-12): 941-2.
4. Bätzing W (2003). Die Alpen. Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft, CH Beck.
5. Bainbridge DA (1987). Use of Acorns for Food in California: Past, Present, Future. Proceedings of the Symposium on Multiple-use Management of California's Hardwoods, *San Luis O*bispo, California: 453-458.
6. Barreau J (1956). Les ignames alimentaires des Iles Pacific sud. J Agric Trop et Bot Appl 3: 385.
7. Bell EA (1965). Association of amino acids and related compounds in the seeds of 47 species of Vicia. Biochem J 97: 104-111
8. Bell KI, Tepper BJ (2006). Short-term vegetable intake by young children classified by 6-n-propylthoiuracil bitter-taste phenotype. Am J Clin Nutr 84(1): 245-51.
9. Bensky D and A Gamble (1993). Chinese Herbal medicine. Materia Medica. Revised edition. Eastland Press, Seattle, Washington.
10. Bibra E, Freiherr von (1855). Die narkotischen Genussmittel und der Mensch. Nürnberg.
11. Boisseau C, Moisand A, Pére D, Rougre P (1985). Immunocytochemical localization of the *Lathyrus ochrus* (L.) DC seed lectin in seeds and seedlings. Plant Science 42 (1):25-34.
12. Breidenbach T, Kliem V, Burg M, Radermacher J, Hoffmann MW, Klempnauer J (2000). Profound drop of cyclosporin A whole blood trough levels caused by St. John´s wort (Hypericum perforatum). Transplantation 69(10): 2229-30.
13. Bradley, WG, Mash DC (2009). Beyond Guam: the cyanobacteria/BMAA hypothesis of the cause of ALS and other neurodegenerative diseases. Amyotroph Lateral Scler 10 Suppl 2:7-20.
14. Choi CQ (2015). Different tastes: How our human ancestor´s diets evolved. Live science, January 16, 2015.
15. Conert HJ (1998) In: Gustav Hegi. Illustrierte Flora von Mitteleuropa, Bd. I, Teil 3 Poaceae, 3. Auflage , Parey Buchverlag Berlin.
16. Cox PA, Banack SA, Murch SJ (2003). Biomagnification of cyanobacterial neurotoxins and neurodegenerative disease among the Chamorro people of Guam. Proc Natl Acad Sci U S A. 100(23):13380-3.
17. Crettol S, Venetz JP, Fontana M, Aubert JD, Pascual M, Eap CB (2008). CYP3A7, CYP3A5, CYP3A4, and ABCB1 genetic polymorphisms, cyclosporine concentration, and dose requirement in transplant recipients. Ther Drug Monit 30(6): 689-99.
18. Dahler JM, Mcconchie C, Turnbull CGN (1995). Quantification of Cyanogenic Glycosides in Seedlings of Three Macadamia (Proteaceae) Species. Australian Journal of Botany 43(6): 619 – 628.
19. Davis EW (1995). Ethnobotany: An old practice, a new discipline. In: Schultes RE & von Reis S. Ethnobotany. Evolution of a discipline. Dioscurides Press, Portland, Oregon.

20. De Broe ME (2012). Chinese herbs nephropathy and Balkan endemic nephropathy: toward a single entity, aristolochic acid nephropathy. Kidney Int. 81(6):513-5.

21. Deforce K, Bastiaens J, van Calster H, Vanhoutte S (2009). Iron age acorns from Boezinge (Belgium): the role of acorn consumption in prehistory. Archäologisches Korrespondenzblatt 01/2009; 39: 381-392.

22. de Heinzelin J, Clark JD, White T, Hart W, Renne P, WoldeGabriel G, Beyene Y, Vrba E (1999). Environment and behaviour of 2.5-million-year-old Bouri hominids. Science 284:625–9.

23. De Stefani E, Deneo-Pellegrini H, Ronco AL, Boffetta P, Correa P, Mendilaharsu M, Acosta G, Quarneti A, Silva C (2014). Diet patterns and risk of squamous cell oesophageal carcinoma: a case-control study in Uruguay. Asian Pac J Cancer Prev 15(6):2765-9.

24. Diamond J. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. Nature. 2002;418:700–7.

25. Dirks NL, Huth B, Yates CR, Meibohm B (2004). Pharmacokinetics of immunosuppressants: a perspective on ethnic differences. Int J Clin Pharmacol Ther 42(12):701-18.

26. Dudley R (2000) Evolutionary Origins of Human Alcoholism in Primate Frugivory. The Quarterly Review of Biology 75 (1):3-15.)

27. Dürr D, Stieger B, Kullak-Ublick GA, et al (2000). St. Johns´s wort extract induces intestinal P-glycoprotein/MDR1 and intestinal and hepatic cytochrome CYP3A4 in man. Clin Pharmacol Ther 68: 598-604.

28. Dwivedi MP and Prasad BG (1964). An epidemiological study of lathyrism in the district of Rewa, Madhya Pradesh. J med Res 52: 81.

29. Edwards DN (1996). Sorghum, Beer and Kushite society. Norwegian Archaeological Review 29(2):65-77.

30. Ehrlich PR & Raven PH (1964). Butterflies and plants: a study in coevolution. Evolution 18: 586-608.

31. Elbarbry F, Vermehren-Schmaedick A, Balkowiec A (2014). Modulation of arachidonic acid metabolism in the rat kidney by sulforaphane: implications for regulation of blood pressure.ISRN Pharmacol 9;683508.

32. Erminger S (2008). Die Schutztruppe von Deutsch-Ostafrika im Ersten Weltkrieg. GRIN Verlag GmbH, Norderstedt.

33. Fischer, H (1929). Mittelalterliche Pflanzenkunde. Nachdruck 2001. Georg Olms Verlag. Hildesheim, Zürich, New York.

34. Fleischhauer SG, Guthmann J, Spiegelberger R (2013). Enzyklopädie essbarer Wildpflanzen. 2000 Pflanzen Mitteleuropas. Bestimmung, Sammeltipps, Inhaltsstoffe, Heilwirkung, Verwendung in der Küche. AT-Verlag.

35. Ford-Lloyd BV, Williams JT (1975). A revision of *Beta* section *Vulgares* (Chenopodiaceae), with new light on the origin of cultivated beets. Botanical Journal of the Linnean Society 71 (2): 89–102.

36. Fraenkel GS (1959).The raison d`etre of secondary plant substances. Science 129: 14´66-70.

37. Frank D (2008). Man sieht nur, was man kennt. Nicht beachtete indigene Taxa der Gattungen *Pteridium* und *Urtica.* Mitt. Florist. Kart. Sachsen-Anhalt 13: 29-40.

38. Fullagar R & and Field J (1997). Pleistocene seed-grinding implements from the Australian arid zone. Antiquity 71: 300-307.

39. Fuller DQ (2007). Contrasting patterns in crop domestication and domestication rates: recent archaeobotanical insights from the Old World. Annals of Botany, 100(5), 903-924.

40. Genovese G, Friedman DJ, Ross MD, Lecordier L, Uzureau P, Freedman BI, Bowden DW, Langefeld CD, Oleksyk TK, Uscinski Knob AL, Bernhardy AJ, Hicks PJ, Nelson GW, Vanhollebeke B, Winkler CA, Kopp JB, Pays E, Pollak MR (2010). Association of Trypanolytic ApoL1 Variants with Kidney disease in African-Americans. Science 329 (5993): 841–5.

41. Giles M (1999). Nathaniel´s Nutmeg (reissue, illustrated ed.). Penguin Books.

42. Gill B (1992). Pflanzen und Ethik - zur Kulturgeschichte der Pflanzenseele und den ökologischen Folgen ihres Verschwindens http://bgill.userweb.mwn.de/publika/PFLANZS2.pdf.

43. Gordon Childe V (1935). Changing Methods and Aims in Prehistory: Presidential Address for 1935 Proceedings of the Prehistoric Society (New Series) 1:1-15.

44. Greer MA (1957). Goitrogenic Substances in Food. Am J Clin Nutr. 5 (4): 440-444.

45. Gross BL and Olsen KM (2010). Genetic perspectives on crop domestication.Trends in Plant Science. Science direct, DOI: 10.1016/j.tplants.2010.05.008.

46. Gunn BF, Baudouin L, Olsen KM (2011) Independent Origins of Cultivated Coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Old World Tropics. PLoS ONE 6(6): e21143. doi:10.1371/journal.pone.0021143

47. Hahn I (1934). Die Auswahl der zur Dauernahrung genutzten Pflanzen. Sitzgsber. Ges. naturforsch. Freunde Berl., 258 (zitiert in Schwanitz S. 84)

48. Hansen Eric (2002). Orchideenfieber. Die Geschichte einer Leidenschaft. Klett-Cotta.

49. Harborne JB (1994). Introduction to ecological biochemistry. Academic press.

50. Harries HC (1990). Malesian origin for a domestic Cocos nucifera. In: Baas, Kalkman, Geesink (eds). The plant diversity of Malesia. Kluwer Academic Publishers.

51. Herrera CM and Pellmyr (eds) (2002): Plant-Animal interactions. An evolutionary approach. Blackwell Publishing.

52. Hillman GC, Davies MS (1986). Measured domestication rates in wild wheats and barley under primitive cultivation, and their archaeological implications. Journal of World Prehistory 4:157–222.

53. Hobhouse H (1986). Seeds of change: five plants that transformed mankind. Harper & Row, New York.

54. Honda K, Hayashi N, Abe F, Yamauchi T (1997). Pyrrolizidine Alkaloids Mediate Host-Plant Recognition by Ovipositing Females of an Old World Danaid Butterfly, *Idea leuconoe.* Journal of Chemical Ecology 23 (7): 1703-1713

55. Huang X, Kurata N, Wei X, Wang Z-X, Wang A, Zhao Q et al. (2012). A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice. Nature 490 (7421): 49701

56. Ikediobi CO, Onyike E (1982). Linamarase Activity and Detoxification of Cassava (Manihot esculenta) during Fermentation for Gari Production, Agricultural and Biological Chemistry, 46:6: 1667-1669

57. Jacomet S (2011). Pflanzen-Domestifikation. https://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/2011_PflanzenDomestikationSkript_komplettinklLit_kompr.pdf

58. Jin J, Huang W, Gao JP, Yang J, Shi M, Zhu MZ, Luo D, Lin HX (2008). Genetic control of rice plant architecture under domestication. Nat Genet 40:1365–1369

59. Johns T, Duquette M (1991). Traditional detoxification of acorn bread with clay. Ecology of Food and Nutrition 25(3): 221-228.

60. Karg S (2006). The water chestnut (*Trapa natans* L.) as a food resource during the 4th to 1st millennia BC at Lake Federsee, Bad Buchau (southern Germany). Environmental Archaeology

11 (1): 125-130.

61. Klaas, CA, Wagner G, Laufer S, Sosa S, Loggia RD, Bomme U, Merfort I (2002). Studies on the anti-inflammatory activity of phytopharmaceuticals prepared from arnica flowers1. Planta medica, 68(5), 385-391.

62. Körber-Grohne U (1987). Nutzpflanzen in Deutschland: Kulturgeschichte und Biologie. Theiss-Verlag Stuttgart.

63. Koul O, Smirle MJ, Isman MB (1990). Asarones from *Acorus calamus* L. Oil. Journal of Chemical Ecology 16(6): 1911-1920.

64. Kovach MJ, Calingacion MN, Fitzgerald MA, McCouch SR (2009). The origin and evolution of fragrance in rice (Oryza sativa L.). Proc Natl Acad Sci U S A. 106(34):14444-9.

65. Kracht, Ch (2012). Imperium. Fischer-Verlag.

66. Krebs JR (2009). The gourmet ape: evolution and human food preferences. Am J Clin Nutr 90(suppl.): 707S-11S.

67. Küster H (1999). Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. CH Beck.

68. Lamba JK, Lin YS, Schuetz EG, Thummel KE (2002). Genetic contribution to variable human CYP3A-mediated metabolism. Adv Drug Deliv Rev. 54(10):1271-94.

69. Lebot V, Aradhya MK, Manshardt RM (1991). Geographic Survey of Genetic Variation in Kava (*Piper methysticum* Forst. f. and *P. wichmannii* C. DC.). Pac Sci 45(2): 169-185.

70. Lev-Yadun S.(2009).Plant-Environment Interactions, Springer: Apsematic (warning) coloration in plants. p. 167-202. In series: Signaling and Communication in Plants, Baluska F (ed), Springer.

71. Lev-Yadun S, Ne`eman G and Izhaki I (2009). Unripe red fruits may be aposematic. Plant Signaling & Behavior; 4(9): 836-841.

72. Li Z-M, Zheng X-M (2011). Genetic diversity and domestication history of African rice (*Oryza glaberrima*) as inferred from multiple gene sequences. Theoretical and Applied Genetics 123(1): 21-31.

73. Liu Y, Ke W, Huang X, Li F, Peng J, Zhu H, Huang L, Li M (2009). Genetic Diversity and Breeding Techniques of Water Bamboo (*Zizania latifolia* Turcz.). Journal of Changjiang Vegetables 16.

74. Lindner E (1990). Toxikologie der Nahrungsmittel. 4. Auflage. Georg Thieme, Stuttgart.

75. Lubinsky P, Bory S, Hernández, J, Kim S-C, Gómez-Pompa A (2008). Origins and Dispersal of Cultivated Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. [Orchidaceae]). Economic Botany 62 (2): 127–38.

76. Malinow MR, Bardana EJ Jr, Pirofsky B, Craig S, McLaughlin P (1982). Systemic lupus erythematosus-like syndrome in monkeys fed alfalfa sprouts: role of a nonprotein amino acid. Science 216(4544):415-7.

77. Milton K (2003). The critical role played by animal source foods in human (Homo) evolution. J Nutr.133:S3886.

78. Mode CJ (1958). A mathematical model for the co-evolution of obligate parasites and their hosts. Evolution 12: 158-165.

79. Molina J, Sikora M, Garud N, Flowers JM, Rubinstein S, et al. (2011). Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. Proceedings of the National Academy of Sciences 108 (20): 8351.

80. Morales M, Janick J (2002). Arugula: A promising specialty leaf vegetable. *Reprinted from:* Trends in new crops and new uses.

81. Morton, J (1987). Breadfruit. p. 50-58. In: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL. https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/breadfruit.html.

82. Müller, KE (1974). Grundzüge der agrarischen Lebens- und Weltanschauung, in: Paideuma, Bd. 19/20 (1973/74), S. 54-124.

83. Niederer M (2005). Der St. Galler Botanicus: ein frühmittelalterliches Herbar. Peter Lang AG. Europäischer Verlag der Wissenschaften. Bern.

84. Nowack (1998). Notfallhandbuch Giftpflanzen. Ein Bestimmungsbuch für Ärzte und Apotheker. Springer Berlin, Heidelberg.

85. Nowack R (2003). Die amerikanische Cranberry – Portrait einer Arzneipflanze. Zeitschrift für Phytotherapie 24: 40- 46.

86. Nowack R (2004).Nierenversagen durch aristolochiasäurehaltige Heilmittel. Zeitschrift für Phytotherapie 25: 67-74.

87. Nowack R, Nowak B (2005). Herbal teas interfere with cyclosporin levels in renal transplant patients. Nephrol Dial Transplant 20(11): 2554-2556.

88. Nowack R (2007). Zimt und Sternanis: Medizin aus Gewürzen. DIATRA Journal 4/2007.

89. Nowack R (2008). Review article: cytochrome P450 enzyme, and transport protein mediated herb-drug interactions in renal transplant patients: grapefruit juice, St John's Wort - and beyond! Nephrology (Carlton)13(4):337-47.

90. Nowack R, Andrassy J, Fischereder M, Unger M (2009). Effects of dietary factors on drug transport and metabolism: the impact on dosage guideline in transplant patients. Clin Pharmacol Ther 85(4):439-43.

91. Nowack R & Birck R (2015).Cranberry products in the prevention of urinary tract infections: examining the evidence. Botanics:Targets and Therapy 5: 45-54.

92. Onderscheka K, Tataruch F, Steineck T, Klansek E, Vodnansky M, Wagner J, Echsel H (1987). Geh航fte Rehwildverluste nach Aufnahme von 00-Raps. Zeitschrift f・ Jagdwissenschaft 33 (3): 191-205.

93. Page CN (1997). The ferns of Britain and Ireland, 2nd edition, Cambridge University Press.

94. Pantuck E, Pantuck C, Garland W, Min BH, Wattenberg LW, Anderson KE, et al.(1979). Stimulatory effect of brussels sprouts and cabbage on human drug metabolism, Clin Pharmacol Ther 25: 88-95.

95. Perry GH, Kistler L, Keleita MA, & Sams AJ (2015). Insight into hominid phenotypic and dietary evolution from ancient DNA sequence data. Journal of Human Evolution 79:55-63.

96. Pringel P (2008). The murder of Nikolai Vavilov. Simon and Schuster. New York, London, Toronto, Sidney.

97. Pritzel GA, Jessen KFW (1882). Die deutschen Volksnamen der Pflanzen: neuer Beitrag zum deutschen Sprachschatze. P. Cohen.

98. Ram S, Mishra B (2010). Cereals: Processing and Nutritional Quality. New India Publishing Agency, New Dehli.

99. Rasmussen LH, Lauren DR, Smith BL, & Hansen HCB (2008). Variation in ptaquiloside content in bracken (*Pteridium esculentum* (Forst. f) Cockayne) in New Zealand. New Zealand Veterinary Journal 56(6): 304-309.

100. Regnell M (2012). Plant subsistence and environment at the Mesolithic site Tàgerup, southern Sweden: new insights on the “Nut Age” vegetation History and Archaeobotany 21(1):1-16.

101.Reichholf JH (2012). Warum die Menschen sesshaft wurden: das größte Rätsel der Geschichte. Fischer-Verlag.

102.Ren Z-X, Wang H, Bernhardt P, Li D-Z (2014). Insect pollination and self-incompatibility in edible and/or medicinal crops in southwestern China, a global hotspot of biodiversity. Am J Bot 101:1700-1710.

103.Ressler C, Nelson J. Pfeffer M (1964). A pyridoxal-ß-cyanoalnine relation in the rat. Nature 203:1286.

104.Rosenthal GA, Hughes CG, Janzen DH (1982). L-Canavanine, a dietary nitrogen source for the seed predator *Caryedes brasiliensis* (Bruchidae). Science 217 (4557): 353-355.

105.Rothschild M & Kellett DN (1972). Reactions of various predators to insects storing heart poisons (cardiac glycosides) in their tissues. Journal of Entomology Series A, General Entomology 46 (2): 103–110.

106.Ruck CAP (1995). Gods and Plants in the classical world. In: Schultes RE & von Reis S. Ethnobotany. Evolution of a discipline. Dioscurides Press, Portland, Oregon.

107.Sacks, O (1997). The islands of the Colorblind. Vintage Books.

108.Sampliner D, Miller A (2009). Ethnobotany of Horseradish (*Armoracia rusticana*, Brassicaceae) and Its Wild Relatives (*Armoracia* spp.): Reproductive Biology and Local Uses in Their Native Ranges. Economic Botany 63(3): 303-313.

109.Santos RC et al (1987). Induction of tumors in rats by bracken fern (*Pteridium aquilinum*) from Ouro Preto (Minas Gerais, Brazil). Brazilian Journal of Medical and Biological Research 20(1): 73-77.

110.Savelkoul FHMG, van der Poel AFB, Tamminga S (1992).The presence and inactivation of trypsin inhibitors, tannins, lectins and amylase inhibitors in legume seeds during germination. A review. Plant Foods for Human Nutrition 42(1): 71-85.

111.Schindler G, Patzak U, Brinkhaus B, von Nieciecki A, Wittig J, Kraemer N, Gluekl I, Veit M (2002). Urinary Excretion and Metabolism of Arbutin after Oral Administration of *Arctostaphylos uvae ursi* Extract as Film-Coated Tablets and Aqueous Solution in Healthy Humans. The Journal of Clinical Pharmacology 42 (8): 920–927.

112.Schipperger H (1985). Der Garten der Gesundheit. Medizin im Mittelalter. Artemis, München und Zürich.

113.Schramm, S (2012). Strauch ohne Stimulanz. Die Zeit Nr. 22 (“Wissen”), 24 .5. 2012

114.Schultes RE & von Reis S. Ethnobotany (1995). Evolution of a discipline. Dioscurides Press, Portland, Oregon.

115.Schwanitz F(1967). Die Evolution der Kulturpflanzen. Bayerischer Landwirtschaftverlag München - Basel- Wien.

116.Sengbusch von J (2014). Lecker Lupine. Die Zeit nr. 49 vom 27. 11. 2014.

117.Simmons IG & Innes JB (1987). Mid-holocene adaptations and later Mesolithic forest disturbance in Northern England Journal of Archaeological Science 14(4):385-395.

118.Sitte, P et al (2002). Straßburger – Lehrbuch der Botanik, 35. Auflage, Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin.

119.Storch, V, Welsch U, Wink M (2007). Evolutionsbiologie 2. Auflage, Springer.

120.Stuknytė M, Maggioni M, Cattaneo S, De Luca P, Fiorilli A, Ferraretto A, De Noni I (2015). Release of wheat gluten exorphins A5 and C5 during *in vitro* gastrointestinal digestion of bread and pasta and their absorption through an *in vitro* model of intestinal epithelium.Food Research International 72: 208-214.

121. Teaford MF & Ungar PS (2000). Diet and the evolution of the ealiest human ancestors. Proc Natl Acad Sci USA; 97(25):13506-11.

122. Tobyn G (2014). An Anatomy of the *English Physitian*. In Francia S,Stoart A (eds). Critical Approaches to the History of Western Herbal Medicine: From Antiquity the early modern period. Bloomsbury, London: 87-103.

123. Vanherweghem JL, Depierreux M, Tielemans C, Abramowicz D, Dratwa M, Jadoul M, Richard C, Vandervelde D, Verbeelen D, Vanhaelen-Fastre R, et al. (1993). Rapidly progressive interstitial renal fibrosis in young women: association with slimming regimen including Chinese herbs. Lancet 13;341(8842):387-91.

124. Vetter J (2010). Toxicological and Medicinal Aspects of the Most Frequent Fern Species, *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. Working with Ferns. Issues and Applications (eds: Kumar A, Fernández H, Angeles M. Springer 361-375.

125. Vigueira, CC, Olsen KM (2013): The Role of BH4 in parallel evolution of hull color in domesticated and weedy rice. In: Journal of Evolutionary Biology 26: 1738-49.

126. Wadley G, Martin A (2000). The origins of agriculture – a biological perspective and a new hypothesis. Journal of the Australasian College of Nutritional and Environmental Medicine 19. 3-12.

127. Wagenitz G (Hrsg.) (1987): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Pteridophyta, Spermatophyta. Begründet von Gustav Hegi. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Band VI. Teil 4: Angiospermae, Dicotyledones *4 (Compositae 2, Matricaria – Hieracium)*, Paul Parey, Berlin/ Hamburg: 1122–1124 (revidierter Nachdruck der 1. Auflage (Band VI/2 von 1929) mit Nachtrag

128. Wagner C, Friedt W., Marquard RA, & Ordon F (2005). Molecular analyses on the genetic diversity and inheritance of (−)-α-bisabolol and chamazulene content in tetraploid chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rausch.). Plant science, 169(5):917-927.

129. Wandel C, Witte JS, Hall JM, Stein CM, Wood AJ, Wilkinson GR (2000). CYP3A activity in African American and European American men: population differences and functional effect of the CYP3A4*1B5'-promoter region polymorphism. Clin Pharmacol Ther 68(1):82-91.

130. Wasson RG, Hofmann A, Ruck CAP (1984). Der Weg nach Eleusis. Das Geheimnis der Mysterien. Insel-Verlag, Frankfurt am Main.

131. Weisdorf JL (2005). From Foraging To Farming: Explaining The Neolithic Revolution. Journal of Economic Surveys 19(4):561-586.

132. Wesołowska A, Nikiforuk A, Michalska A, Kisiel W, Chojnacka-Wójcik E (2006). Analgesic and sedative activities of lactucin and some lactucin-like guaianolides in mice. Journal of Ethnopharmacology 107 (2):254–258.

133. White TD, Asfaw B, Beyene Y, Haile-Selassie Y, Lovejoy CO, Suwa G, Wolde GG (2009). *Ardipithecus ramidus* and the paleobiology of early hominids. Science 326:75–86.

134. White Jr. JF, Cole GT (1985). Endophyte-Host Associations in Forage Grasses. I. Distribution of Fungal Endophytes in Some Species of *Lolium* and *Festuca.* Mycologia 77 (2): 323-327.

135. Wilkes, G (1995). The Ethnobotany of artificial selection in seed plant domestication. 203-208: in Schultes RE & von Reis S. Ethnobotany. Evolution of a discipline. Dioscurides Press, Portland, Oregon.

136. Wink M (ed.) (1992). Lupinen -1991. Anbau, Forschung und Verwertung. Heidelberg.

137. Ye K and Gu, Z (2011). Recent advances in understanding the role of nutrition in human genome evolution. Adv Nutr 2: 486-496.

138. Zerries Otto (1952). Die kulturgeschichtliche Bedeutung einiger Mythen aus Südamerika über den Ursprung der Pflanzen, in : Zeitschrift für Ethnologie Jg. 1952, S- 62-82

139. Zhang Y, Talalay P, Cho CG, Posner GH (1992). A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. Proc Natl Acad Sci USA 89(6):2399-403.

140. Zhoe JR & Erdman Jr. JW (1995). Phytic acid in health and disease. Critical reviews in food science and nutrition. 35: 495-508.

141. Zhuravlev Y, Koren O, Reunova G, Muzarok T, Gorpenchenko T, Kats I, & Khrolenko Y (2008). *Panax ginseng* natural populations: their past, current state and perspectives. Acta Pharmacologica Sinica, 29(9), 1127-1136.

142. Zinkham WH, Lenhard RE Jr, Childs B (1958). A deficiency of glucose-6-phosphate dehydrogenase activity in erythrocytes from patients with favism. Bull Johns Hopkins Hosp. 102(4):169-75.

143. Zuidema PA & Boot RGA (2002). Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. Journal of Tropical Ecology 18(1): 1-3

15. Links

Pflanzen-Domestifikation. https://ipna.unibas.ch/archbot/pdf/2011_PflanzenDomestikationSkript_komplettinklLit_kompr.pdf

Lathyrus maritimus: http://herb.umd.umich.edu/herb/search.pl?searchstring=Lathyrus%20japonicus&searchlimit=100).

Phylogenetische Änderungen des Geschmacks:

http://www.livescience.com/49477-human-ancestors-diet-taste-evolution.html

Hopfen: http://www.barthhaasgroup.com/de/varieties-and-products/hop-varieties. Aufgerufen am 6.10.2015.

Pflanzenseele: http://bgill.userweb.mwn.de/publika/PFLANZS2.pdf

Alte Roggensorten:

http://www.isip.de/isip/servlet/contentblob/57230/Dokument/3782,property=Dokument.pdf

Brotfrucht:

https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/breadfruit.html

Zucchino (pl. Zucchini, in der Deutschschweiz Zucchetti, *Cucurbita pepo* subsp. *pepo* convar. *giromontiina*):

„Die Welt“ vom 21.8.15

(http://www.welt. /article145483157/So-kam-es-zur-Vergiftung-durch-die-Zucchini.html)