EINE PUBLIKATIONSREIHE DER WISSENSCHAFTSSCHEUNE (WiS) ::: HEFT 6, DEZEMBER 2012

WiS Begierig

Domestikation im Schnelldurchgang

Inhalt

Frühstück!
Auf die richtige Mischung kommt es an

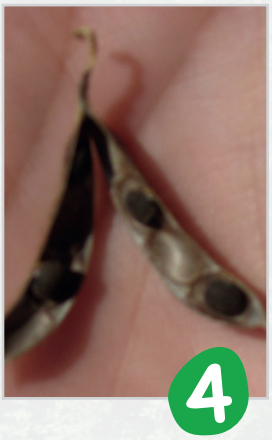
Seite 4

N_2-Fixierung
Über Knöllchen-Bakterien und ihre Bedeutungnen

Seite 6

Mahlzeit !
Wieviele essentielle Aminosäuren braucht der Mensch

Seite 7

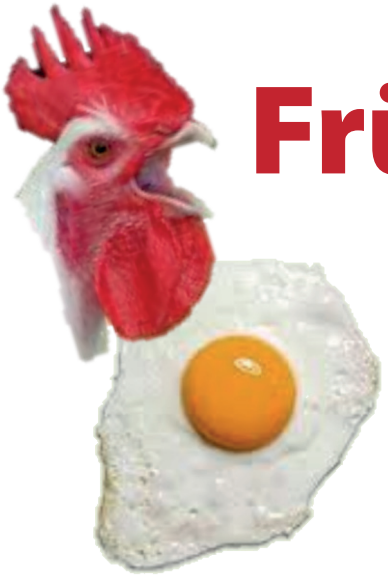


Von der „Zähmung“ der Soja

Seite 8

Lupinen - die neuen Sterne am Himmel

Seite 12



Frühstück!

1

Guten Morgen !
Heute gibt‘s unter anderem Ei, Spiegelei!
Sieht ja ganz lecker aus mit dem gelben Dotter inmitten des weißen Eiweißes. Eiweiß?

Ich, Budo, frage mich woraus das denn besteht. Ein wenig „googlen“ hilft und ich lerne: Eiweiß besteht aus vielen kleinen Bausteinen, den sogenannten Aminosäuren. Davon gibt‘s so‘ne und solche. Von den 20 Aminosäuren die ein Eiweiß, auch Protein genannt, ausmachen, kann unser Körper eine ganze Reihe selbst herstellen, aber 9 Aminosäuren, die sogenannten essentiellen Aminosäuren, müssen mit der Nahrung zugeführt werden.

Aus der Empfehlung der Weltgesundheitsbehörde (1) erkennst du, dass nicht alle essentiellen Aminosäuren täglich in denselben Mengen aufgenommen werden müssen. In Klammern stehen 2 Aminosäuren, die für Kinder zusätzlich wichtig sind.

Aminosäuren	mg/kg Körpergewicht	mg /70kg
Histidin	10	700
Isoleucin	20	1400
Leucin	39	2730
Lysin	30	2100
Methionin (Cystein)	15	1050
Phenylalanin (Tyrosin)	25	1750
Threonin	15	1050
Tryptophan	4	280
Valin	26	1820

(1) Benötigte essentielle Aminosäuren

Eier, aber auch Fleisch, Fisch, Milch und Käse, also tierische Produkte, enthalten alle diese Aminosäuren und sind daher hervorragende Quellen für essentielle Aminosäuren.

Dennoch, da keine dieser Nahrungsquellen die Aminosäuren im geeigneten Mengenverhältnis enthält, sollten recht unterschiedliche Nahrungsmittel genutzt werden.

Auf die richtige Mischung kommt es an.

Brauchen Tiere auch Aminosäuren? Ja, auch sie können nicht alle selber herstellen. Also, woher stammen sie dann? Natürlich aus ihrer Nahrung und das sind meistens Pflanzen. Und die haben recht unterschiedliche Aminosäurezusammensetzungen, d.h. für uns sind schon daher nicht alle Pflanzen gleich gut für eine ausgewogene Ernährung.

Eine Pflanzenfamilie, die Fabaceae (Leguminosae), zu deutsch Hülsenfrüchtler, sind jedoch eine Ausnahme. Mit dieser Familie wollen wir uns im Folgenden näher beschäftigen, denn sie spielt in der Welternährung eine entscheidende Rolle.

Ein paar Vertreter dieser Familie, die 730 Gattungen mit fast 20 000 Arten umfasst, sind dir sicherlich bestens bekannt, wenn du WiS Begierig „Auf dem Indianerpfad“ gelesen hast, denn darin sind einige wie Phaseolus Bohnen, Jicama, die Andenlupine und Erdnuss beschrieben. Aber die Alte Welt hat auch einiges an Essbarem aus dieser Familie zu bieten: Ackerbohnen, Erbsen, Linsen, Kichererbsen, Lupinen und Sojabohnen (2).

Hier eine kurze Vorstellung ihrer Samen:

Altweltliche Fabaceae (Leguminosae)

Soja
(*Glycine max*)

Erbse
(*Pisum sativum*)

Kichererbse
(*Cicer arietinum*)

Linse
(*Lens culinaris*)

Lupinen
(*Lupinus albus*)

Ackerbohne
(*Vicia faba*)

Neuweltliche Fabaceae (Leguminosae)

Andenlupine
(*Lupinus mutabilis*)

Gartenbohnen
(*Phaseolus vulgaris*)

Feuerbohne
(*Phaseolus coccineus*)

Erdnuss
(*Arachis hypogaea*)

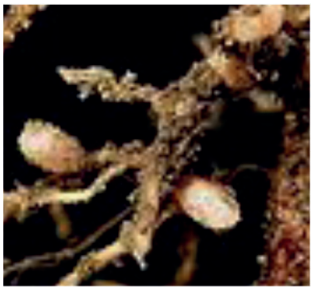
(2) Übersicht einiger essbarer Fabaceae

Was ist eigentlich an den Fabaceae so Besonderes?

Einmal haben die Hülsenfrüchtler eine äußerst ungewöhnliche Eigenschaft: mit mikrobieller Hilfe können sie den inerten (reaktionsträgen) Luftstickstoff in organisch-gebundenen Stickstoff überführen.

Zum anderen haben die Proteine vieler Hülsenfrüchtler eine vorzügliche Aminosäurezusammensetzung. Sie enthalten alle für uns wichtigen Aminosäuren. Dies macht sie unentbehrlich als Futter- und Nahrungsmittel. ■

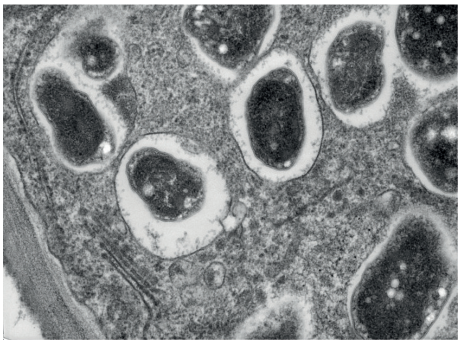
Luftstickstofffixierung



2

Stickstoff ist in vielen Molekülen enthalten, so auch in allen Aminosäuren und in der DNA natürlich. Meist gewinnen die Pflanzen ihn in Form von Nitrat, das von Bodenbakterien gebildet wurde, aus der Erde. Diese Beziehung hat sich bei den Fabaceae (Hülsenfrüchtler) vertieft. Bei ihnen leben Stickstoff-fixierende Bakterien der Gattung Rhizobium direkt in bestimmten Bereichen der Wurzel, den Wurzelknöllchen (3).

Beide Partner leben in einer Symbiose, die den pflanzlichen Wirt mit fixiertem Luftstickstoff versorgt. Die Bakterien erhalten dafür Kohlenhydrate und andere organische Verbindungen von den Pflanzenzellen.



(3) Mikroskopaufnahme eines Wurzelknöllchens der Sojabohne (*Glycine max*). Es enthält hunderte Millionen Bradyrhizobium-Bakterien.

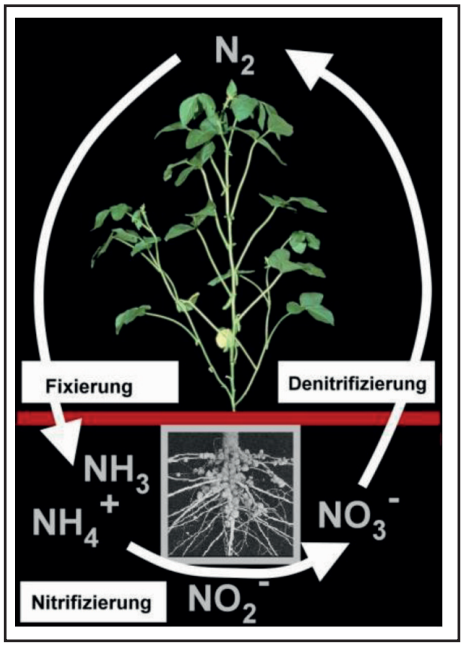
Im Luftstickstoff N_2 sind, wie du weißt, die beiden Stickstoffatome in einer Dreifachbindung miteinander verknüpft, die zu den stärksten kovalenten Bindungen biologisch bedeutsamer Moleküle zählt. Wie kann diese Bindung geknackt und in eine reaktivere Bindung überführt werden?

Das industrielle Haber-Bosch-Verfahren ist dir sicherlich noch geläufig. Unter hohem Druck (200 atm) werden Temperaturen zwischen 400 - 600°C benötigt, um den Luftstickstoff mit einer mageren Ausbeute von 12% umzusetzen.

Die Biologie muss da wesentlich effektiver sein und natürlich bei 1 atm und bei „Raumtemperatur" arbeiten. Die Nitrogenase der Rhizobien in den Wurzelknöllchen und einige freilebende Bakterien schaffen das.

Zwar wird viel Energie benötigt (16 ATP), aber das Ziel wird erreicht, und der Luftstickstoff wird in biologisch verwertbaren Ammoniak, z.B. in NH_4^+ umgewandelt, vorausgesetzt der Luftsauerstoff kann in den Knöllchen effektiv kontrolliert werden, denn der Nitrogenase-Komplex ist sehr empfindlich gegenüber Sauerstoff.

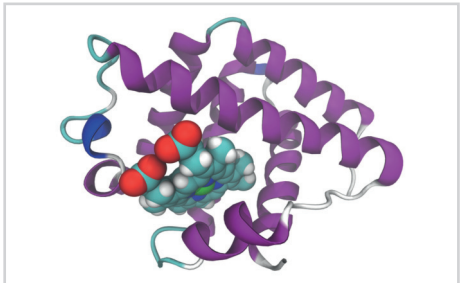
Der Kreislauf des Stickstoffs ist aus (4) ersichtlich.



(4) Kreislauf des Stickstoffs

Leghämoglobin (5) sorgt in den Wurzelknöllchen für eine sehr niedrige Konzentration an freiem Sauerstoff. Dies ist essentiell wichtig für die funktionierende N_2 – Fixierung in der Symbiose mit den Knöllchenbakterien.

Die Stickstofffixierung kann 100 kg/ha pro Monat erreichen und trägt damit erheblich zur Bodenfruchtbarkeit bei. ■



(5) Bändermodell von Leghämoglobin a der Sojabohne, mit Häm als Kalotte

$$N{\equiv}N + 8H^+ + 8e^- + 16ATP \longrightarrow 2NH_3 + H_2 + 16ADP + 16P_i$$

Mahlzeit 3

Guten Appetit!

Heute gibt es Rindersteak bzw. Schweineschnitzel.

Übrigens, wusstest du, dass mehr als 2/3 des Eiweißbedarfs der Europäer in Form von Soja eingeführt werden? Als Futtermittel versteht sich (6).

(6) Soja Fütterung

Wir essen dann die Steaks oder Schnitzel, um so unseren Bedarf an essentiellen Aminosäuren zu decken.

Warum essen wir Sojabohnen nicht direkt?

Das würde erstens eine Menge Energie sparen und zweitens eine unabhängige Proteinquelle schaffen. Im Falle von Katastrophen wie BSE („mad cow disease“) oder einer Vogel-Grippe gäbe es dann eine Alternative in der Proteinversorgung der Bevölkerung.

Also fangen wir an und tauschen unser Steak bzw. Schnitzel gegen ein vegetarisches Sojaschnitzel oder

(7) Soja Produkte für den Humankonsum

z.B. Tofu aus (7). Immer vielfältiger werden die angebotenen vegetarischen Sojaprodukte.

Hülsenfrüchtler sind für derartige Produkte ideal, da z.B. Soja- und Lupinenprotein alle essentiellen Aminosäuren enthalten (8).

Mengenmäßig im Anbau ist Soja die Nr. 1 unter allen Eiweißpflanzen.

2010 wurden 265 Millionen Tonnen Soja weltweit geerntet, deutlich mehr als von allen anderen Hülsenfrüchtlern zusammen.

Aber, alles fängt einmal klein an.

Wo und wie ging es mit der Soja Domestikation los? ■

Aminosäuren	Soja	Lupine	Milch
Met	1,17	0,36	2,39
Thr	3,98	4,05	4,30
Val	4,16	4,02	6,37
Ile	4,04	4,69	5,76
Leu	7,68	8,82	9,33
Phe	4,99	4,78	4,60
Lys	6,43	5,18	7,55
Trp	2,63	1,14	1,34
Arg	7,36	13,27	3,45
Cys	1,13	1,26	0,88
His	2,44	2,86	2,58
Tyr	3,73	4,49	4,60

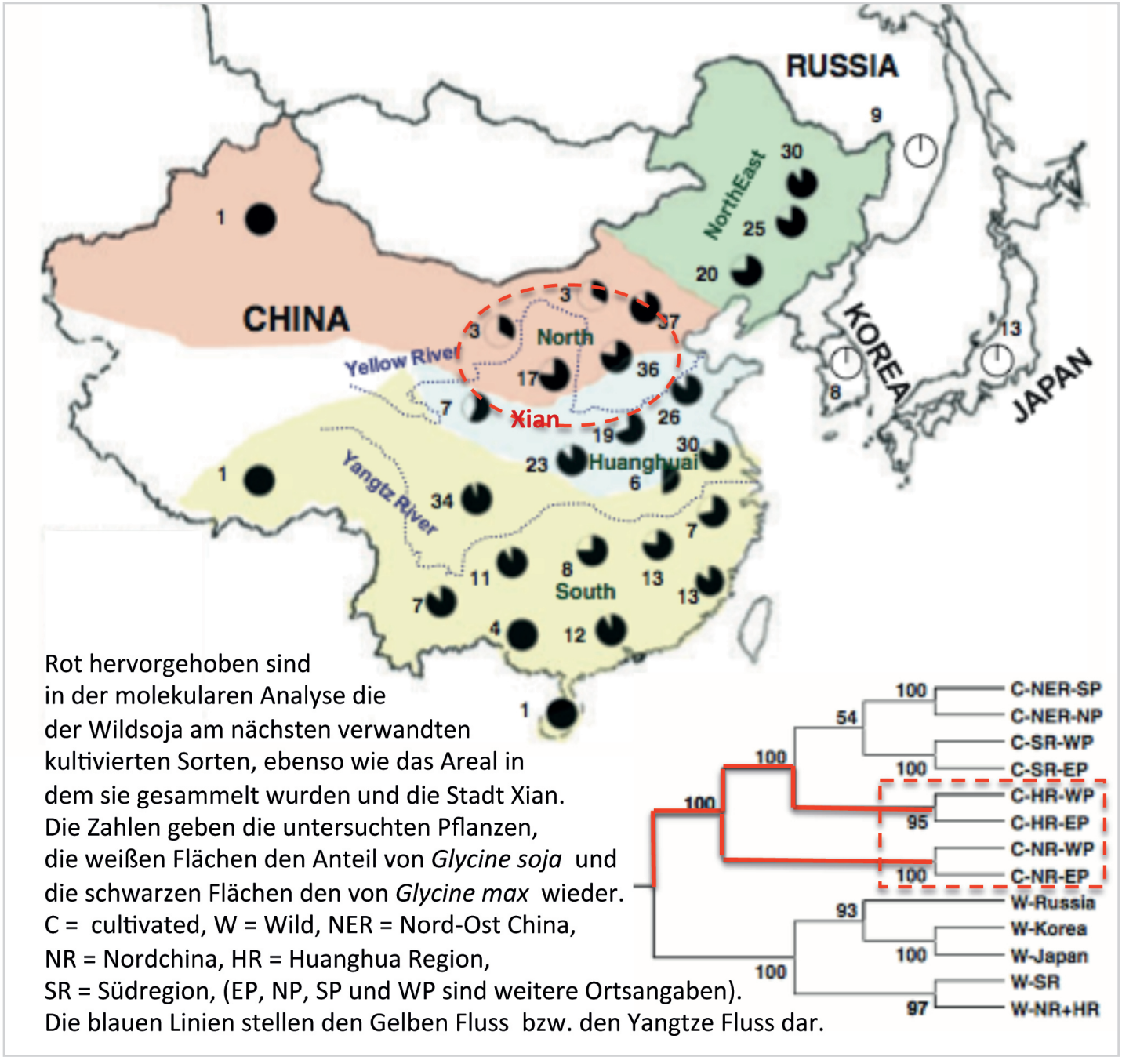
(8) Werte sind in g/100g Eiweiß

Von der „Zähmung“ der Soja

4

Na ja, du weißt ja was jetzt kommt. Ich, Budo, recherchiere in der Uni Bibliothek, beame mich in alte, längst vergangene Zeiten und in ein fremdes Land, das auch heute noch oder schon wieder wichtig für unser Überleben ist: China (9).

DNA-Untersuchungen ergaben einen Ursprung von Soja wahrscheinlich am Gelben Fluss (Huang Ho) im nördlichen Zentralchina.

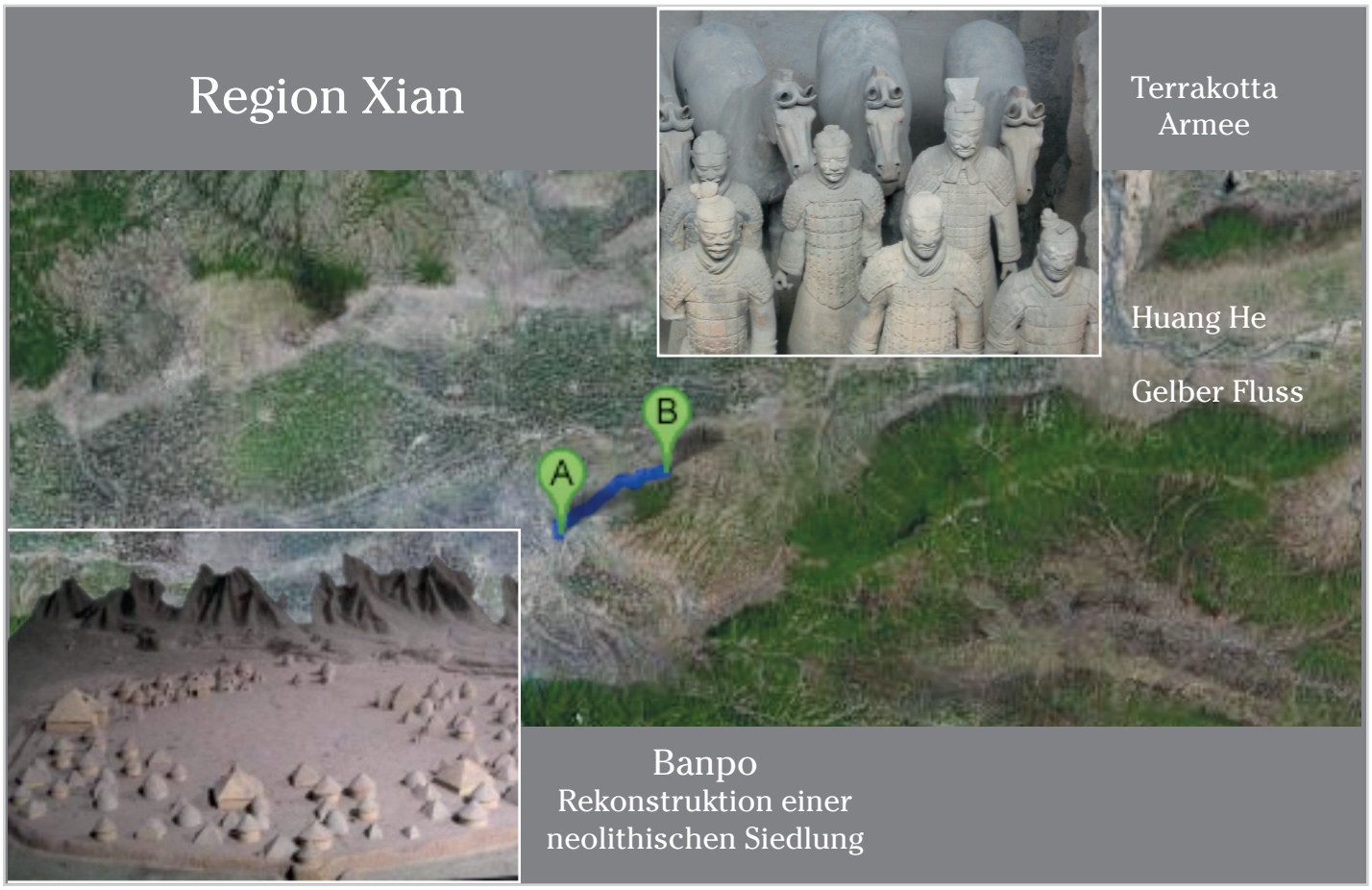


Rot hervorgehoben sind in der molekularen Analyse die der Wildsoja am nächsten verwandten kultivierten Sorten, ebenso wie das Areal in dem sie gesammelt wurden und die Stadt Xian. Die Zahlen geben die untersuchten Pflanzen, die weißen Flächen den Anteil von *Glycine soja* und die schwarzen Flächen den von *Glycine max* wieder. C = cultivated, W = Wild, NER = Nord-Ost China, NR = Nordchina, HR = Huanghua Region, SR = Südregion, (EP, NP, SP und WP sind weitere Ortsangaben). Die blauen Linien stellen den Gelben Fluss bzw. den Yangtze Fluss dar.

(9) Ursprungsregion der Soja

Ankunft am Xian Xianyang International Airport, eintauchen in eine andere Welt:

Stadtmauer, Glockenturm, Trommelturm, Wildganspagode und Terrakotta Armee (B) unweit von Xian. Mich zieht es natürlich direkt zum Grabmal des Qin Shihuangdi (259-210 v.Chr.), Begründer der Qin-Dynastie und des chinesischen Kaiserreiches. Mehrere tausend Terrakotta-Soldaten bewachen sein Grabmal, die Touristenattraktion schlechthin (10).

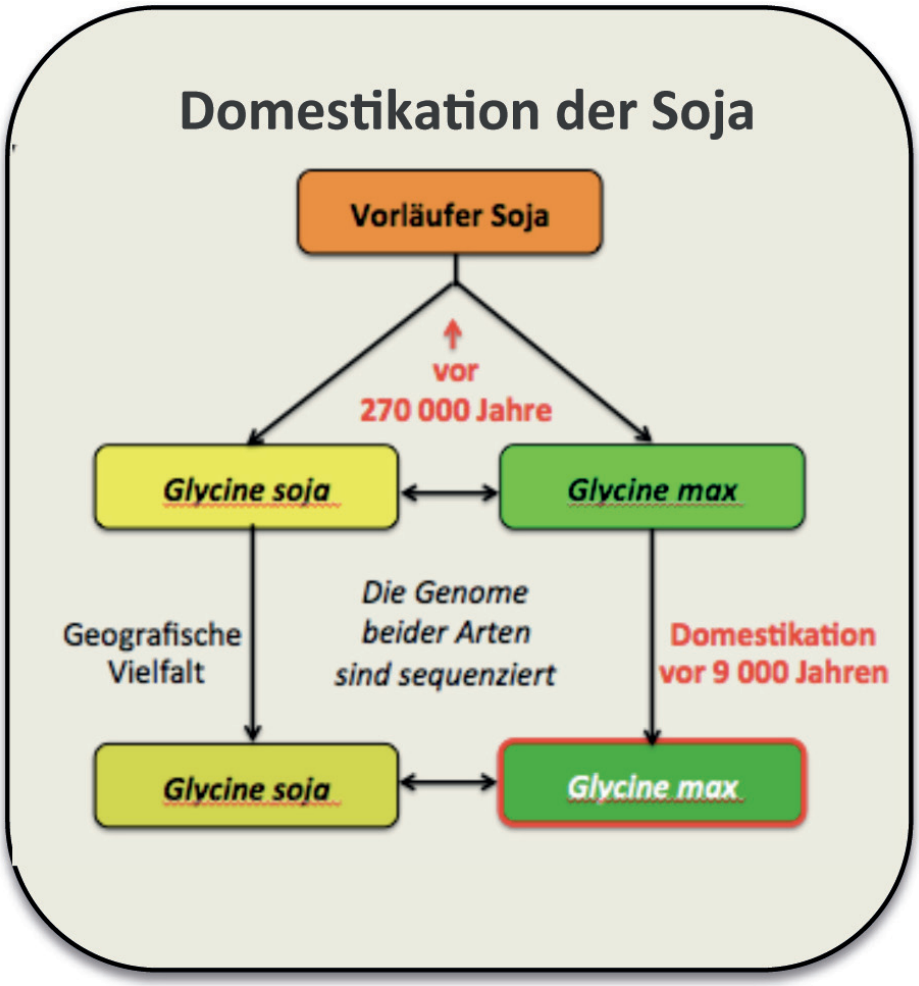


(10) Region Xian, westlich des Huang He

Auf der Rückfahrt nach Xian, taucht plötzlich Banpo (A), eine neolithische Siedlung aus der Zeit um 4.800 – 3.600 v. Chr. auf. Demnach waren die Menschen dieser Region vor mehr als 6.000 Jahren schon sesshaft. Ich frage mich, wovon haben die eigentlich gelebt. Je mehr ich mich in der damaligen Zeit in diesem fruchtbaren Tal umsehe, um so häufiger fällt mir eine kleine, rankende und stark verzweigte Pflanze ins Auge. 6.000 Jahre später wird sie *Glycine soja* oder Wildsoja genannt (11).

Ist das die Pflanze, die den Chinesen eine ausreichende Versorgung mit essentiellen Aminosäuren garantierte, der Vorläufer unserer heutigen Soja (*Glycine max*)?

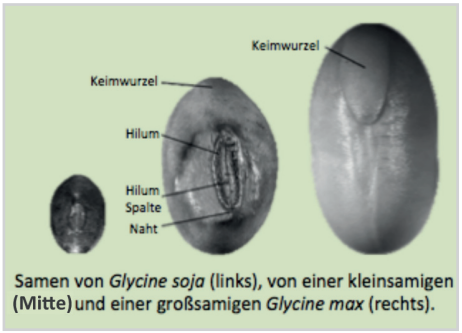
(11) Wildsoja (*Glycine soja*)
Die Blüten sind klein und so auch die dunklen Hülsen mit den fast schwarzen 1 bis 3 Samen. Allerdings öffnen sich die reifen 2 bis 3 cm langen Hülsen leicht und entlassen ihre Samen effektiv, wie es typisch für Wildpflanzen ist.



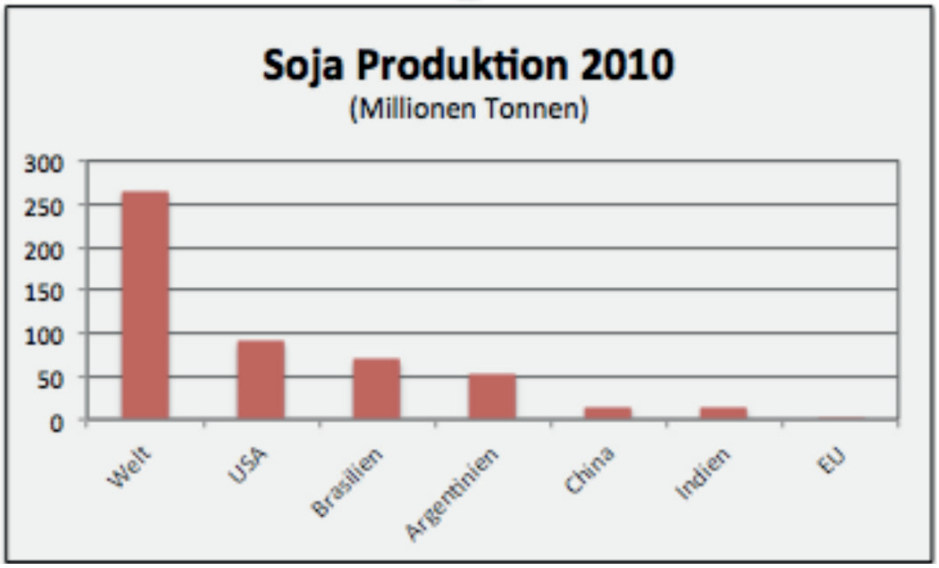
(12) Domestikation der Soja - Rot umrahmt ist die domestizierte Soja.

DNA-Sequenzierung der Genome von Glycine soja und der domestizierten Soja (*Glycine max*) weist auf einen gemeinsamen Vorläufer hin, der sich bereits vor 270.000 Jahren in die beiden Arten aufspaltete (12). Vermutlich hatte *Glycine max* auch nach der Trennung immer noch Eigenschaften einer Wildpflanze, d.h. optimale Samenverteilung. Die Domestizierung fand dann wohl zu einem späteren Zeitpunkt, so vor etwa 6.000 bis 9.000 Jahren innerhalb der Art *Glycine max* statt. Da Kreuzungen zwischen den beiden Arten bis heute vorkommen und lebensfähige Hybride liefert, ist der Zeitpunkt der Domestikation von *Glycine max* nur schwer festzulegen.

War dieses Ereignis der Domestizierung einmalig oder fand es wiederholt in unterschiedlichen Regionen Asiens statt?



(13) Unterschiedliche Samengrößen



(15) Die wichtigsten Sojaproduzenten

(14) *Glycine max*

Selbst die bislang vorgelegten DNA-Studien geben keine eindeutigen Antworten.

Die Ergebnisse der Analysen legen die wiederholte Domestikation in unterschiedlichen Regionen von Korea, Japan und China nahe (13). So scheinen die kleinsamigen Soja aus Nord-China ein Alter von 9.000 - 8.600 Jahren zu haben, wohingegen direkte Radiokarbon-Datierung großsamiger Soja aus Japan und Korea eher auf ein Alter von 5.000 bzw. 3.000 Jahren hinweist.

Die viel größeren Hülsen der domestizierten *G.max* umschließen

fest die ca. 5 Samen und verhindern so deren Verteilung anders als bei den Wildpflanzen.

Nach Jahrhunderten der Züchtung ist heute die Soja (*Glycine max*) der wichtigste Eiweißlieferant der Welt (14 und 15).

Einige Fragen bleiben:
Muss Domestikation notwendigerweise ein lang andauernder Prozess sein?
Braucht es immer Jahrhunderte oder mehr?
Ist Domestikation zufällig oder gezielt?

Vieles geht mir durch den Kopf. Wahrscheinlich wussten unsere Vorfahren nicht genau was sie taten, vielmehr behielten sie einfach etwas gesammeltes Saatgut (Samen) zurück und säten es in der Nähe ihrer Siedlungen wieder aus, jahraus jahrein. Sie wären demnach bereits sesshaft gewesen.

Irgendwo und irgendwann war dann vielleicht in dem einbehaltenen Saatgut eine Mutante enthalten. Die Hülse dieser Pflanze ist zwar nicht mehr spontan geplatzt, allerdings durch unvorsichtige und leicht brutale Behandlung ist sie dennoch aufgerissen und hat ihre Samen entlassen. Jedenfalls werden sie mit allen anderen Samen unwissentlich wieder mit ausgesät, wieder geerntet und ein Teil für das nächste Jahr aufbewahrt. Auf diese Art und Weise könnte sich im Laufe der Jahrhunderte etwas verändertes Saatgut anreichern, das schlussendlich ein paar Pflanzen liefert, die nach langer Zeit als anders erkannt werden. Sie öffnen im reifen Zustand nicht mehr ihre Hülsen, so dass ihr Samen nicht mehr verloren geht. Diese Pflanzen sind Gold wert. Sie können sich zwar nicht mehr selber verbreiten, aber sie liefern regelmäßig und zuverlässig Nahrung. Diese Pflanzen gelten als domestiziert, denn sie sind auf die Verbreitung durch den Menschen angewiesen. Aber das hat lange gedauert und war demnach schierer Zufall.

Könnte so etwas auch planbar sein? Wie müsste heute eine Domestikation ablaufen, damit ein brauchbares Produkt entsteht und wie lange würde das dauern?

Zweckmäßigerweise nehmen wir, wegen der Vergleichbarkeit, ebenfalls eine Hülsenfrucht. Am besten eine, die auch im Nährwert der Soja ähnlich ist, denn das könnte auch ein Konkurrent in der Nutzung der Pflanze werden.

Wie wäre es mit Lupinus? Warum gerade Lupinen?

Na ja, sie sind schön (16), sie haben eine der Soja vergleichbare Aminosäuren-Zusammensetzung mit allen essentiellen Aminosäuren und noch weitere gute Eigenschaften, falls ihre Samen oder Proteine verköstigt werden, z.B.:

Senkung des Blutdrucks,
Reduktion der Blutglucose,
Insulinfreisetzung,
Cholesterinsenkung,
Gewichtsabnahme und
anti-pilzliche Wirkung.

Allerdings enthalten Lupinen, wie viele Hülsenfrüchtler auch Allergene.

Es bestehen daher auch Kreuzallergien mit Soja und Erdnuss zum Beispiel.

(16) Ornamentale Lupinen

Da somit Lupinen attraktiv erscheinen, wollen wir uns mit ihrer Domestikation beschäftigen.

Bevor wir jedoch den großen Züchter, Reinhold von Sengbusch, besuchen und beobachten, was er in den Gründungsjahren des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Züchtungsforschung in den späten 1920-er Jahre an und mit der Lupine gemacht hat (17), jetten wir kurz zu den Indianern in die Anden von Südamerika. ■

(17) Lupinenzuchtgarten des KWI für Züchtungsforschung 1934 in Müncheberg östlich von Berlin

Lupinen - die neuen Sterne am Himmel

5

Hoch in den Anden bauen die südamerikanischen Indianer Tarwi (*Lupinus mutabilis*) an (18). Tarwi ist eine alte Kulturpflanze, die aber keineswegs domestiziert ist. Wie viele Leguminosen bildet auch Tarwi Lektine und Trypsin-Inhibitoren und Alkaloide, die für den Menschen unverträglich sind .

Sowohl die Lektine und die Trypsin-Inhibitoren als auch die Alkaloide sind für die Pflanze sehr nützlich, sie dienen der Abwehr von Krankheitserregern und Fraßfeinden.

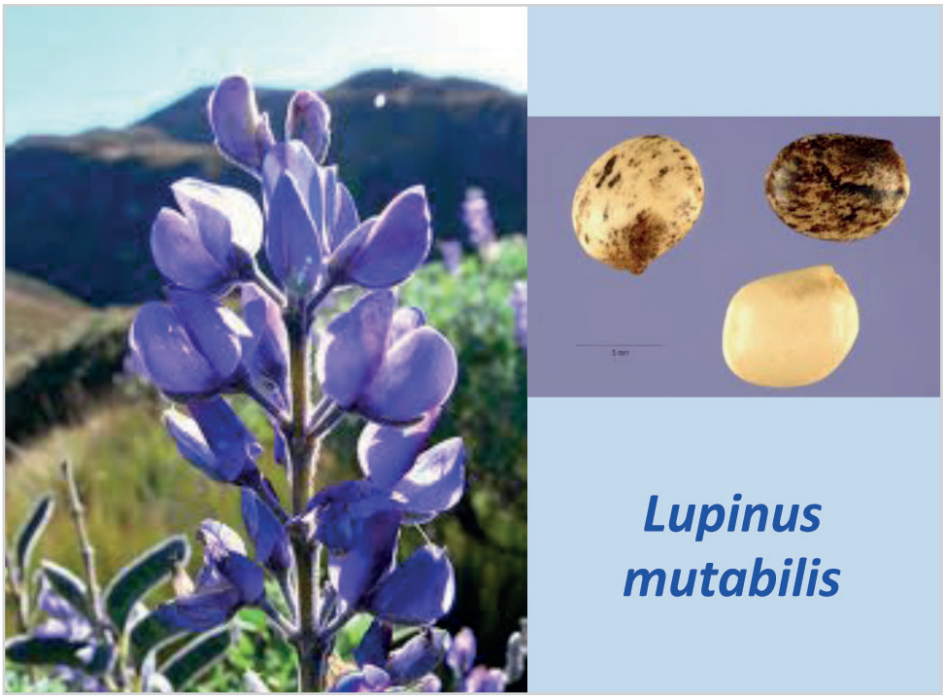
Wie schützen die Indianer sich dann selber vor diesen Substanzen, wenn sie Tarwi essen?

Durch Kochen werden beide Proteine inaktiviert und die bitteren Alkaloide werden mit dem Abgießen des Kochwassers mengenmäßig reduziert. Achtung! Auch wir kochen unsere Bohnen aus denselben Gründen.

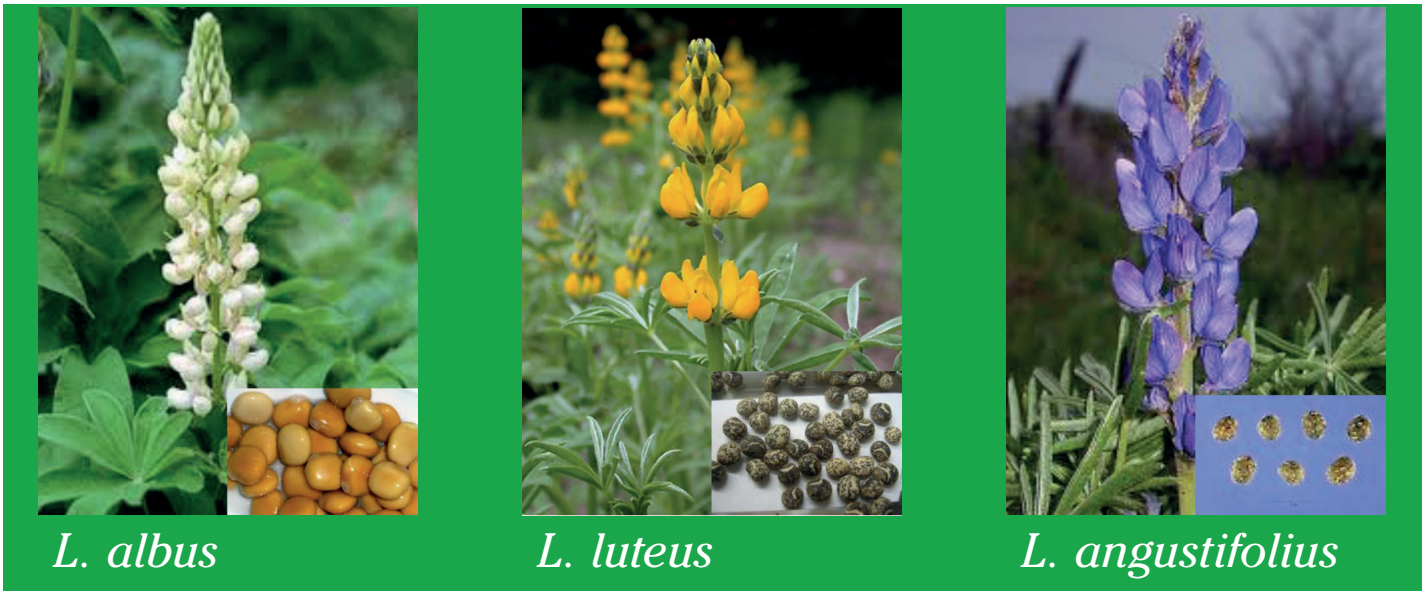
Viel ist also an Tarwi nicht domestiziert, vielleicht nur seine mangelnde Samenverbreitung. Bleibt also noch viel zu tun. Da steht es um die altweltlichen Lupinen inzwischen besser.

Lupinen wurden bereits von den Ägyptern und Griechen genutzt. Weiß, gelb, blau sind die Farben der altweltlichen Lupinen (19). Sie wurden erst im letzten Jahrhundert „gezähmt“ und davon handelt unsere weitere Geschichte.

(18) Mittagspause der Andenbewohner



Kurzvorstellung der Super-Stars:



(19) Lupinen der alten Welt

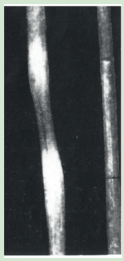
Zwei bedeutende Merkmale der **wilden Lupinen** sind:

1. die aufplatzenden Hülsen, die der Samenverteilung
2. die Alkaloide (Gifte), die der Schädlingsabwehr dienen.

platzend

Eine **domestizierte Lupine** sollte dann :

1. zur Reduzierung der Samenverteilung **platzfeste Hülsen** haben
2. zur besseren Bekömmlichkeit alkaloidfrei sein.



platzfest

Nun nach Berlin.

Ich, Budo dein Erzähler, führe ein Interview mit Reinhold von Sengbusch Mitte der 1920-er Jahre zunächst am Institut für Vererbungslehre bei Erwin Baur in Berlin, wo R. v. Sengbusch gerade dabei ist, sich mit Lupinen zu beschäftigen.
Die Arbeiten werden dann am KWI für Züchtungsforschung (Müncheberg), dem Vorläufer des Max-Planck-Instituts für Züchtungsforschung (Köln), dem heutigen MPI für Pflanzenzüchtungsforschung, weitergeführt.
Einige wenige Merkmale, die dem Schutz vor Fraß und Krankheiten sowie der Verbreitung der Lupinensamen dienen, sind oben aufgeführt. Es sind immer wieder derartige Merkmale, die Wildpflanzen auszeichnen und die entfernt werden müssen, um Kulturformen zu züchten. Oftmals wird hierfür ein hoher Preis bezahlt, denn durch die Entfernung der oft giftigen Sekundärmetaboliten, die vor Krankheiten schützen, werden die Kulturformen besonders anfällig für viele Krankheiterreger, so dass nunmehr neue Krankheits-Resistenzen eingekreuzt werden müssen.

Köln heute

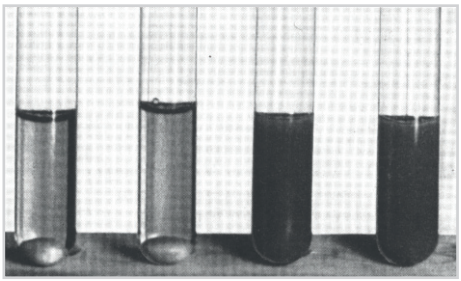
Mittwoch, 3. Oktober 1928

Der Weg zur Süßlupine

Interview mit
Reinhold von Sengbusch
(1898 – 1985)

Budo: *Herr von Sengbusch, gestatten Sie, mein Name ist Budo, ich bin von der Zeitung „Köln heute“ und möchte ein Interview mit Ihnen machen, um unsere Leser mit ihrem epochalen Züchtungserfolg bei Lupinen bekannt zu machen. Können wir anfangen?*

Herr von Sengbusch, wie schwierig war eigentlich die Selektion von Mutanten mit platzfesten Hülsen?
R.v.S.: Wir ließen etwa 1 ha Lupinen (L. luteus) bis in den Winter hinein auf dem Felde stehen, so dass nur Pflanzen mit platzfesten Hülsen noch Samen enthielten. Es war also denkbar einfach.
Budo: *Ist die Platzfestigkeit der Hülsen durch die sehr feste Verwachsung der Bauchnaht bedingt?*
R.V.S: Ja, und die Rückennaht ist dabei weniger fest verwachsen.
Budo: *Mit recht ähnlich einfachen Methoden haben Sie dann Mutanten der anderen Merkmale zunächst in Bitterlupinen selektioniert, bevor Sie diese dann später in Süßlupinen eingekreuzt haben.*
R.V.S: Ja, das ist richtig.
Budo: *Müssen für die Nutzung der Lupinen als Nahrungsquelle insbesondere für den Menschen nicht alle Bitterstoffe (Alkaloide) entfernt werden?*
R.V.S.: Genau, ein großer Teil kann ausgewaschen werden, bei weitem jedoch nicht alles. Daher wäre es sicher besser diese Stoffe dauerhaft zu entfernen, also Mutanten zu erhalten.
Budo: *Herr v. Sengbusch, viele Geschichten werden über ihre Entdeckung der Süßlupine kolportiert. Eine Geschichte sieht Erwin Baur am Lupinenfeld sitzen, die einfallenden Hasen beobachtend, an welchen Pflanzen sie sich gütlich tun, denn Hasen fressen auch gerne süße Sachen. Sportlicher Elan des Reinhold von Sengbusch, so geht die Story, nimmt den Hasen jedoch jede Chance des Fressens, denn er gewann gelegentlich das Rennen. So sollen Ihnen die Hasen bei der Selektion geholfen haben.*
Wahr oder nicht wahr?
Es wäre sehr schön, wenn Sie uns dieses außergewöhnliche Kapitel der Pflanzengenetik näher bringen könnten, da es seiner Zeit so weit voraus war.
R.v.S.: Also das war so: Ich begann nach einer Vorlesung, in der Baur dieses Problem diskutiert hatte, mich damit zu beschäftigen. Ich stand vor der Frage, eine Schnellmethode der Alkaloid Bestimmung zu entwickeln. Die Schwierigkeit bestand darin, dass keine alkaloidfreien Lupinen zur Verfügung standen, an denen man durch Vergleich mit bitteren und alkaloidhaltigen Pflanzen oder Körnern die Methode entwickeln und prüfen konnte.
Die Idee, die mir weiterhalf, war dass man mit Soja eine Pflanze zur Verfügung hat, deren Höhe des Eiweißgehalts etwa dem der Lupine gleicht, die aber keine Alkaloide enthält. Ich konnte also die Extraktionsart und die qualitativen Alkaloid-Reagenzien auf ihre Eignung für die Auslese alkaloidfreier Formen an der Soja prüfen. Im wässrigen Extrakt von Soja und Bitterlupinen zeigte sich bei Verwendung von Jodquecksilber-Jodkalium und anderen qualitativen Alkaloid-Reagenzien dieser Unterschied deutlich. Mit dieser Methode konnte ich Baur, dem damaligen Leiter des Instituts für Vererbungslehre (1926), demonstrieren, dass eine bestimmte Extraktionsart und verschiedene Alkaloid-Reagenzien geeignet sind, bei der Entwicklung entsprechender Techniken beliebig große Individuenzahlen auf ihren Alkaloidgehalt hin zu untersuchen.
Proben der einzelnen Pflanzen wurden in Reagenzgläschen von Hand extrahiert und die Alkaloide wie oben beschrieben bestimmt.
„Sehr umständlich gestaltete sich in der ersten Zeit das Waschen der Gläser. Die Gläschen wurden aus den Körben herausgenommen und einzeln ausgeschwenkt. Späterhin konnte dieses Reinigen durch entsprechende Apparaturen wesentlich vereinfacht werden: Ausschwenken der Gläschen - ohne sie aus dem Korb herauszunehmen - über ein weitmaschiges Sieb und Waschen der Gläser mit Hilfe des Waschkammes.“
Budo: *Herr von Sengbusch, dürfen wir mal einen Blick in ihr Laborbuch von 1928 werfen?*
R.V.S.: Ja, 1928 war es so weit, wir hatten die erste Mutante mit einem



Links alkaloidarm ohne Fällung,
rechts alkaloidhaltig mit Fällung.

Waschen der Glasröhrchen

Defekt in der Alkaloid-Synthese isoliert, die konnte fortan als Referenz dienen, wenn es darum ging, weitere Mutanten zu isolieren.

Budo: *Herr von Sengbusch, 10 Jahre später haben Sie dann eine einfachere Schnellmethode entwickelt, die einen wesentlich höheren Probendurchsatz erlaubte.*

Wie funktionierte die?

R.v.S.: Diese einfachere Schnellmethode verlangt lediglich, dass die Blättchen in schwacher Jodjodkaliumlösung zerdrückt werden und die Mittelrippe der bitteren Sorten sich dann braun anfärben (oben) und die alkaloidfreien Blätter ungefärbt (unten) bleiben.

R.v.S.: Mehr als 1 Millionen Einzelpflanzen konnten im Laufe der Jahre derart durchgemustert werden und alkaloidfreie Mutanten wurden in allen drei Lupinenarten isoliert.

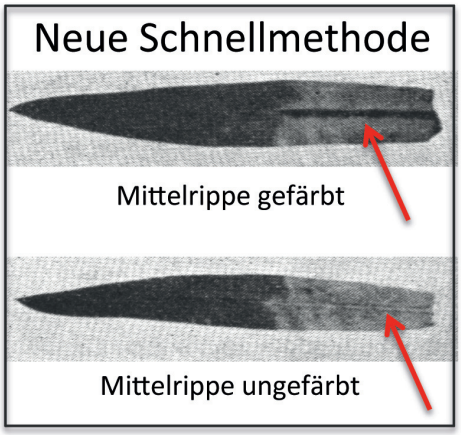


Abb. 31. Methode zur Untersuchung von Lupinenkörnern auf ihren Alkaloidgehalt. Die bitteren Körner geben einen starken weißen Niederschlag, während die Lösung der alkaloidfreien Lupinen (Süßlupinen) klar bleibt. Mit Hilfe dieser Methode wurden vom Verfasser die ersten Süßlupinen von Lupinus luteus und Lupinus angustifolius gefunden. Nach v. Sengbusch.

Abb. 32. Methode zur Untersuchung von grünen Pflanzen auf ihren Alkaloidgehalt. Mit Hilfe dieser Methode wurden vom Verfasser im Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung die Stammpflanzen der heutigen Süßlupinen, Stamm 8, 80 und 102, entdeckt. Nach v. Sengbusch.

Abb. 33. Originalprotokoll des Verfassers über die Auffindung der ersten praktisch alkaloidfreien gelben Lupinen im Institut für Vererbungsforschung, Berlin-Dahlem. Die Bezeichnung 0000 bedeutet, daß die Lösung in der gewählten Verdünnung nach Zugabe von Jodquecksilberjodkalium vollkommen klar blieb. Nach v. Sengbusch.

Der Durchbruch - 1928

Und fertig war die Süßlupine!

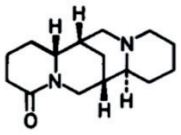
Budo: *Herr von Sengbusch, ich denke, was sie beschrieben haben, war das erste Hochdurchsatzverfahren der Geschichte.*

R.v.S.: Das, Herr Budo, kann ich nicht beurteilen, denn dieses Verfahren ist mir unbekannt, weil noch nicht erfunden.

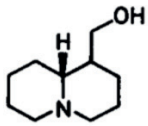
Budo: *Entschuldigen Sie bitte Herr von Sengbusch, da habe ich mich im Jahrhundert vertan.*

Herr von Sengbusch, wir danken Ihnen für das Gespräch.

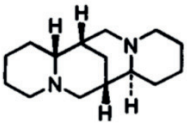
Art	Alkaloid	Mutationen
L. luteus	Lupinin, Spartein	2,9 x 10^{-6}
L. angustifolius	Lupanin	6,0 x 10^{-6}
L. albus	Lupanin	1,3 x 10^{-5}



Lupanin



Lupinin



Spartein

(20) Mutationshäufigkeiten und Struktur der Alkaloide

Durch die Isolierung alkaloidfreier Mutanten (20) war ein neues Feld der Kulturpflanzenzüchtung eröffnet, indem die Süßlupinen mit den anderen Merkmalen, wie platzfeste Hülsen, nicht abbrechende Hülsen und weiche Samenschalen rekombiniert werden konnten, um sie dann weiterhin auf höhere Erträge zu selektionieren.

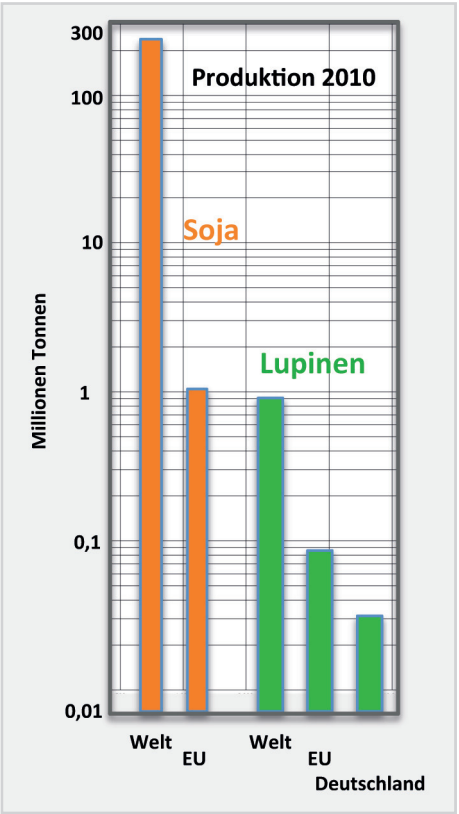
Die Lupinenzüchtung hat in Deutschland unter Reinhold von Sengbusch ihren Ausgang genommen und ihren Höhepunkt erreicht, aber zunehmend weniger neue Sorten wurden in den letzten Jahren bei uns entwickelt, obwohl die Eigenschaften der Lupinen denen der Soja sehr ähnlich sind.

Anmerkung der Redaktion:
Obwohl die Arbeiten in den Zwanziger Jahren begonnen wurden, sind sie noch nicht abgeschlossen. Heute sind 43 rezessive und 5 dominante Gene des Alkaloid-Stoffwechsels in *Lupinus luteus* identifiziert. In den anderen Arten sind bislang weniger Gene bekannt geworden und am schwierigsten erwies sich die Suche bei *L.mutabilis* dem südamerikanischen Tarwi.

Seit Neuestem jedoch feiern Lupinen ein Revival.

Obwohl in Deutschland die Produktion an Lupinen mit ca. 30 000 Tonnen relativ bescheiden ist, hat die Forschung an diesen Pflanzen wieder Fahrt aufgenommen. Am 18. Januar 2012 fand in Rostock eine Tagung „PlantsProFood – Lebensmittelzutaten aus Blauer Süßlupine“ statt.

Auch ein Vergleich der Produktionsmengen von Soja und Lupinen (21) sieht auf den 1. Blick durchaus



(21) Vergleich der Produktion von Soja und Lupinen

ermunternd aus. Realisiert man aber die logarithmische Auftragung der Tonnage, dann bemerkt man den fast 300-fachen Unterschied zwischen den beiden Kulturpflanzen Soja und Lupine.

Potential haben die Lupinen, aber es muss auch genutzt werden.

Was ist der Grund dafür, dass die Lupine, was ihre Anbaumenge anbelangt, gemessen an Soja, nicht so recht vorankommt?

Weiter oben hatten wir gehört, dass Alkaloide einen wichtigen Schutz vor Krankheiten bieten. Die Süßlupine ist, wie wir gesehen haben, mehr oder weniger frei von diesen Bitterstoffen.

Das hat seinen Preis. Insbesondere die gelbe und die weiße Süßlupine sind sehr anfällig gegenüber der pilzlichen Erkrankung Anthracnose (*Coletotrichum lupini*). Mit der heutigen Palette molekularer Methoden sollte es jedoch möglich sein, bald entsprechende Krankheitsresistenzen zu finden und dann auch zu nutzen.

Doch das ist ein anderes Kapitel der Züchtungsforschung an Pflanzen.

Ob mit Tufo
oder
Lopino (22)
jedenfalls wünsche ich

(22) Lupinenprodukte

Bis bald,

Budo

WissenschaftsScheune

ÜBER DIE WISSENSCHAFTSSCHEUNE

Die WissenschaftsScheune (WiS) ist eine Einrichtung des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung (MPIPZ), in der Besucher Wissenschaft hautnah erleben können.

Die Bandbreite der Forschung reicht vom DNA Molekül bis zum Anbau neuer Kultursorten. Themen der Grundlagenforschung und ihre Anwendung können Besucher in Erlebniswelten sowohl in der Scheune des Gutshofs als auch im Schaugarten spielerisch entdecken.

Weitere Details finden Sie in der Broschüre „Wissenschaft erleben“ und auf unserer Homepage:
www. wissenschaftsscheune.de

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung

Der „Verein der Freunde und Förderer des Max-Planck-Instituts für Pflanzenzüchtungsforschung e.V.“ betreut die WiS und ist Herausgeber der Broschüre „WiS Begierig“.

Alle Personen, die das Projekt Wissenschafts-Scheune unterstützen wollen, sind herzlich eingeladen, Mitglied im „Verein der Freunde und Förderer des MPIPZ e.V.“ zu werden.

Kontakt:
Christiane Wojtera
christiane.wojtera@wissenschaftsscheune.de
Tel. 0221 5062-101

Das WiS Team wünscht allen viel Spaß beim Stöbern in der WiS.

IMPRESSUM

Text:
Heinz Saedler

Bilder und Zeichnungen:
Heinz Saedler, Britta Grosardt

Redaktion:
Hiltrud Kupczyk

Layout:
Britta Grosardt, CGN Corporate

Referenzen

Textnachweise:

Ref.1: Jahreis, G., Fechner, A. und Bähr, M. (2012),PlantsProFood : „Lebensmittelzutaten aus Blauer Süßlupine“ (2012, S.25)
Ref.2: Li Y-H, et al., New Phytologist (2010), 188:242-253
Ref.3: Moon Young Kim et al. (28 weitere Autoren), Proc Natl Acad Sci USA (2010), 107: 22032–22037
Ref.4: Lee G-A, et al., PLOSone (2011), 6, e26720
Ref.5: Wink, M.,Planta medica (1987), 509

Interview basiert auf:

Ref.6: v. Sengbusch, R. Landwirtschaftliche Jahrbücher 91, 723-762 (1941/42)
Ref.7: v. Sengbusch, R. Landwirtschaftliche Jahrbücher 91, 793-880 (1941/42)
Ref.8: Schick, R. Reinhold von Sengbusch zum 70. Geburtstag am 16. 2. 1968

Bildnachweise:

WIS: 2, 10 11, 14, 15, 17, 18, 19, 21
(1): nach: http://en.wikipedia.org/wiki/
(3): de.wikipedia.org/wiki/Knöllchenbakterien
(4) hsgmuend1.ac.at/Chemie/Boden/bericht.htm
(5) de.wikipedia.org/wiki/Leghämoglobin
(6) zeit.de/2011/51/Soja
(7) biodeals.de/images/smilefood-gutschein-rabatt-raw.jpg
(8) Ref.1
(9) Ref. 2
(12) Ref. 3
(13) Ref.4
(16) http://www.bilder-hochladen.net/files/hjyc-1.jpg
(20) Ref.5