

WiS Begierig



Mais Pflanze der Götter

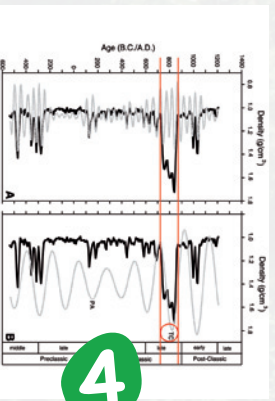


Mais

Pflanze der Götter





 1	 2	 3	 4	 5
Popol Vuh und die Folgen ☛ Seite 4	Mais-Domestikation ☛ Seite 6	Olmeken, Maya und Milpa ☛ Seite 10	Vom Anfang und Ende der Hochkultur ☛ Seite 16	Neues aus der „Maiswelt“ ☛ Seite 20



Popol Vuh und die Folgen



Hi, da bin ich wieder, Budo, der Erzähler, du kennst mich ja schon. Ich überlege mir, ob ich nach Mexico reisen soll oder ob ich mich lieber in die Uni-Bibliothek begeben, um möglichst viel über die Maya Amerindians und Mais zu lernen. Ich entscheide mich fürs Lesen. Also auf nach Lindenthal zur Uni-Bibliothek. Die Erschaffung des Menschen, die Domestikation des Mais, die Entstehung und der Niedergang einer Hochkultur und viel Mythologie stehen auf dem Programm.

Aber schon beim Lesen der ersten Veröffentlichung zum Thema Götterwelt scheine ich zu halluzinieren: Ich sehe mich am Eingang zu einer

Höhle stehen (1), die in die Unterwelt nach Xibalba führt, und ich erinnere mich an die Vielschichtigkeit des Maya Universums: Tamoanchan, der Weltenbaum verdeutlicht uns dies (2). Tamoanchan wird im Zusammenhang mit der Kultur der Olmeken, den Vorläufern der Maya am Golf von Mexiko erwähnt. Der Mythologie zufolge dient der Weltenbaum Tamoanchan als Stütze im Zentrum des Universums, um den Himmel von der Unterwelt zu trennen und zum anderen versenkt dieser Weltenbaum gleichzeitig seine Wurzeln in der Unterwelt und dehnt das Laub seiner Krone im Himmel aus. Tamoanchan war der Geburtsplatz der Götter und der Menschen, ein wahres Paradies. In Erinnerung an den Geburtstag des Maisgottes Cinteotl, der auch der

Geburtstag des Morgensterns ist, sangen die Azteken:

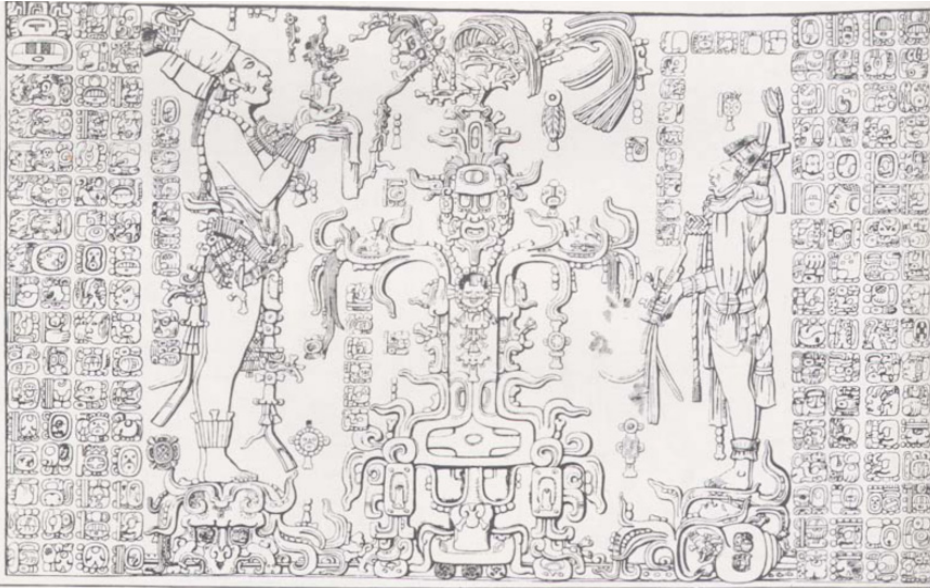
„Die Blume meines Herzens bricht auf, der Gott der Nacht, sie ist gekommen, sie ist gekommen, unsere Mutter Tlatzolteotl. Cinteotl ist geboren in Tamoanchan, dem Blumenplatz, am Tage Ce Xochitl (1 AHAU der Maya). Cinteotl ist geboren am Ort des Regens und des Nebels, wo die Kinder der Menschen gemacht, wo die juwelenglänzenden Embryos zu finden sind.“

Tlatzolteotl, wie die Erdgöttin und Göttin des Unrats, aber auch der verbotenen Liebe in Nahuatl, der Sprache der Azteken, genannt wird, gebiert Cinteotl (Nahuatl), der in der Sprache der Maya Yum Kaax gerufen wird. Cinteotl wandert aus dem 13. Himmel in den Kopf seiner Mutter ein bevor er geboren wird (3). In Nahuatl bedeutet centli »der Mais« und teotl »der Gott«.

Einen Maisgott (Cinteotl) will ich sehen. Kurz entschlossen fahre ich nach London und besuche das British Museum, um dort die Skulptur des Cinteotl mit einer Maispflanze als Kopfschmuck zu bewundern (4). Diese herrliche Skulptur stammt aus einem Tempel in Copan, Honduras. Dieser Besuch regt meine Phantasie an und ich will mehr über die amerindische Mythologie erfahren.



(1) Eingang zur Höhle von Lol Tun



(2) Tamoanchan der Weltenbaum

Vier weitere Götter werden im Folgenden noch eine wichtige Rolle spielen:

Chaac, der Regengott, Xipe Totec, der Frühlingsgott und Erneuerer sowie die Himmelsgötter Tzakol und Bitol, die an der Schöpfung des Menschen beteiligt waren.



(3) Geburt des Cinteotl aus Codex Borbonicus

Eine Vielzahl an Göttern benötigt natürlich auch die entsprechenden Verehrer, Wesen, die sie anbeten und ernähren. Zurück in der Kölner Bibliothek fällt mir das Buch des Rates der Götter, das Popol Vuh, in die Hände und begeistert vertiefe ich

mich in die Lektüre. Dieses Buch entspricht unserer Bibel und enthält die Aufzeichnung der Schöpfungsgeschichte der Quiché Maya (Ref.1).

Legende:

„Lasst uns ein Wesen schaffen, das gehorsam sei und ergeben und uns nährt und erhält, so sprachen Tzakol, der Schöpfer und Bitol, der Former. Aus Erde, aus Lehm machten sie des Menschen Fleisch. Aber sie sahen, dass es nicht gut war. Denn es schwand dahin, es war zu weich, es war ohne Bewegung und ohne Kraft. Wohl sprach es, aber es hatte keine Vernunft. Bald weichten es die Wasser auf und es sank dahin. Darauf zerstörten und zerschlugen Tzakol und Bitol das Werk ihrer Schöpfung.

Mit den anderen Göttern beratend schlugen sie daher vor:

Werfet das Los mit Maiskörnern und Tsité-Bohnen! Tut das, um zu sehen, ob wir Mund und Augen aus Holz schnitzen sollen. Da sprachen die Lose und wahrsagten: „Eure Gebilde aus Holz werden glücken. Sie werden reden und sich verstehen auf dem Antlitz der Erde.

Sogleich wurden die Wesen aus Holz geschaffen. Sie glichen dem Menschen und sie bevölkerten die Erde. Söhne und Töchter hatten die Wesen aus Holz. Aber sie hatten keine Seele, keinen Verstand. Sie erinnerten

sich nicht des Schöpfers und des Formers. Zielloos gingen sie herum und auf allen vieren liefen sie. Daraufhin wurden sie zerstört und vernichtet, diese Gebilde aus Holz und empfingen den Tod.

Und so überlegten Tzakol und Bitol mit den anderen Göttern weiterhin die Schöpfung des Menschen und sprachen:

Schon will es Morgen werden. Lasset uns das Werk der Schöpfung vollenden. Erscheinen sollen, die uns erhalten und ernähren, die leuchtenden Söhne des Lichts. Es erscheine der Mensch! Belebt sei der Erde Antlitz.

Aus gelbem und weißem Mais machten sie sein Fleisch.

Aus Maisbrei machten sie die Arme und Beine des Menschen. Einzig Maismasse trat in das Fleisch unserer Ahnen (5). Es waren gute und schöne Menschen.“

So ging der Mais in die Schöpfung des Menschen ein.



(4) Cinteotl



(5) Popol Vuh: Schöpfung des Menschen aus Mais

... und Wahrheit:

Ich frage mich jetzt, haben nicht die Menschen den Mais geschaffen?

Die Schöpfungsgeschichte erzählt das schiere Gegenteil:

der Mensch war aus Mais geschaffen worden.

Mehr hierzu im nächsten Kapitel. ■

2

Mais - Domestikation

Ich reise in das Land meiner Träume, nach Mexico, genauer an den Rio Balsas (6) in eine Zeit, die mehrere Jahrtausende zurückliegt. In dem Flusstal begegne ich nur wenigen, merkwürdig gekleideten Menschen, die an den Hängen riesige Gräser sammeln. In Bündeln tragen sie diese zu ihren Unterkünften. Vorsichtig nähere ich mich einer Gruppe, denn durch die lange Reise bin ich hungrig und

durstig. Die äußerst freundlichen Menschen laden mich, wie ich es erhoffte, zu einem Mahl ein. Allerdings besteht dieses Mahl lediglich aus dem Stück eines riesigen Gras-Stängels, auf dem man herumkaut und der ausgelutscht wird. Er schmeckt süß und richtig gut, aber wenn man hungrig ist schmeckt einem ohnehin einfach alles.

Am nächsten Tag begleite ich die Gruppe auf den täglichen Sammlungen, denn ich muss wissen, wie die Pflanze, die ich gestern Abend bekommen habe, wirklich aussieht.

Groß ist sie und stark verzweigt. Am Ende der Stängel befinden sich Büschel von Fahnen und aus den Blattachseln ragen zarte Fäden heraus. In manchen Pflanzen sind hier bereits Samen angelegt, die wie



(6) Am Rio Balsas in Mexico

Perlen auf einer Schnur aufgereiht sind. Ausgereift fallen die Körner aus und verteilen sich auf dem Boden.

Jahrtausende später wird diese Pflanze »Teosinte« genannt (7).

Den Maisgott Cinteotl kennen wir ja bereits. Teosinte, die andere Kombination der Worte, entspräche dann Gott des Mais.

Ich nehme eines der Körner in den Mund und versuche es zu zerbeißen.

Aua, das ist ja steinhart. Die Indianer, so nennen wir die Menschen später, lächeln und schütteln die Köpfe. Das ist offensichtlich nicht essbar.

Wir durchstreifen die Hänge des Rio Balsas und nach einiger Zeit finden wir einen Stängel, an dem, obwohl er ausgereift ist, immer noch Körner haften. Mir fällt auf, dass diese Körner auch verändert und keineswegs mehr so hart, so hölzern sind. Man kann sie kauen, sie scheinen essbar.

Die Amerindians ernten diese ungewöhnlichen Körner und säen sie an einem geeigneten Platz wieder aus.



(7) Teosinte



(8) Teosinte:
Spindel brüchig, Spelze hölzern

In der nächsten Zeit hegen und pflegen sie die aufkeimenden Pflanzen, die später ebenfalls veränderte Körner tragen. Das nackte Korn ist lediglich von zwei zarten Hüllblättchen umschlossen und alle Körner bleiben an der Spindel haften. Eine neue Nahrungsquelle ist erschlossen: Mais ist geboren, aus dem Gras Teosinte (8).

Mir wurde klar:
**die Amerindians (Indianer)
hatten den Mais geschaffen.**

Zwei Merkmale sind verändert: die Spindel ist bruchfest und die Spelzen sind weichschalig.

Ich träume weiter und mache kurze Zeit später den Umzug vom Rio Balsas an die Küste des Golfs noch mit und erlebe so die Hochkultur der Olmeken.

Doch zuvor lege ich einen Zwischenstopp in Köln und im 21. Jahrhundert ein. Ich frage mich nämlich, welche Merkmale während der Domestikation von Teosinte noch verändert wurden und was molekularbiologisch eigentlich passiert war. Antworten gibt die Literatur und du weißt ja bereits, dass die in der Bibliothek zu finden ist.



Mais:
Spindel bruchfest, Spelze weichschalig

Zwischenhalt Molekularbiologie:

Schnell finde ich heraus, dass **Teosinte** (*Zea mays ssp. parviglumis*) mehrere Veränderungen durchlaufen musste, bevor **Mais** (*Zea mays ssp. mays*) geboren war.

- Brüchigkeit der Spindel,
- Hartschaligkeit der Spelzen (Ref. 2),
- Verzweigungsmuster (Ref. 3),
- Mehrzeilige Samenanordnung (Ref. 4),
- Einzelne versus gepaarte Ährchen.

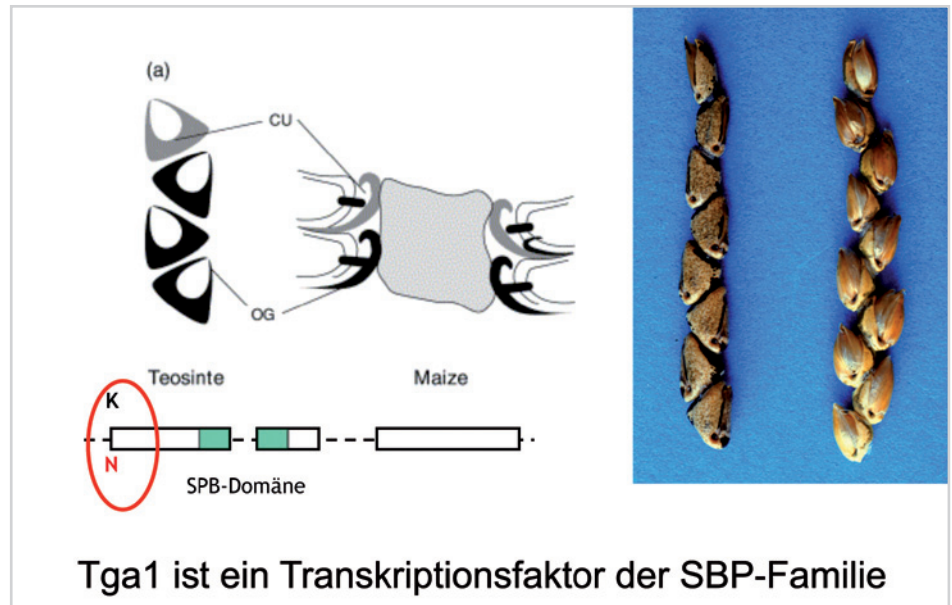
Molekularbiologisch gut erforscht sind die letzten drei Merkmale, da sie jeweils auf der Veränderung nur eines Gens zu beruhen scheinen.

- Obwohl die Brüchigkeit der Spindel von Gräsern in der Domestikation generell eine wichtige Rolle spielt, ist bei Mais hierüber wenig bekannt.

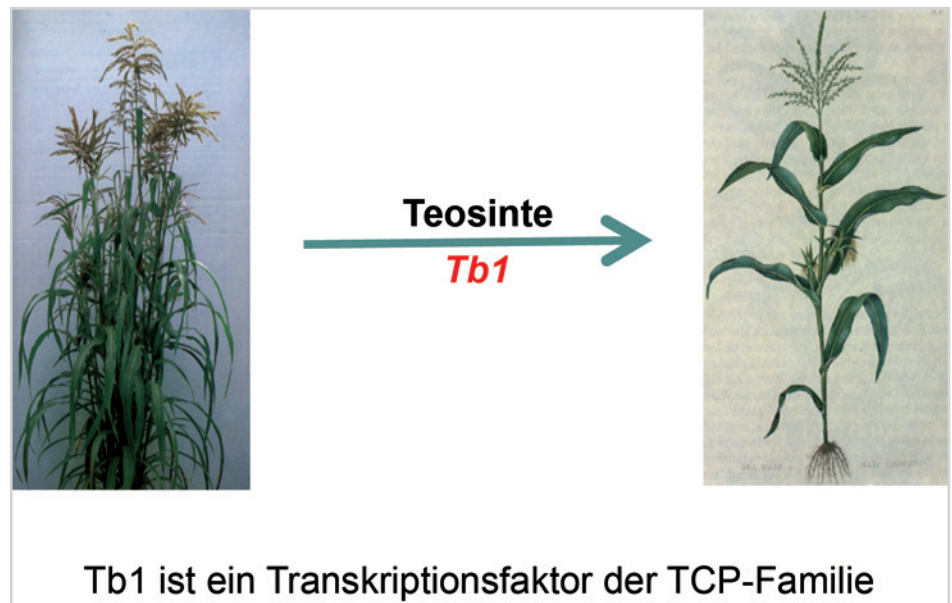
b. Für die Nutzung von Teosinte ist allerdings die Hartschaligkeit, die durch die Verholzung der äußeren Spelzen bedingt ist, von hervorragender Bedeutung (9, Ref. 2). Lediglich ein Basen-Austausch (rot umrandet) am N-Terminus des Gens Teosinte-glume-architecture (Tga1), das einen Transkriptionsfaktor kodiert, bewirkt diese fundamentale Veränderung. In der Mutante sind die Körner nun nackt und werden von „weichen“ Spelzen (glumes) umgeben.

c. So eine stark verbuschte, wie die verzweigte Teosinte-Pflanze ist natürlich für einen Anbau nicht vorteilhaft. Daher wird gegen die Ausbildung von Seitenzweigen selektioniert (ausgewählt) (10, Ref. 3). Teosinte-branched 1 (Tb1) heißt das Gen, das nunmehr verändert ist. Bereits die 2-fache Menge an Transkript (mRNA) macht den Unterschied im Erscheinungsbild (Phänotyp) der beiden Pflanzen aus.

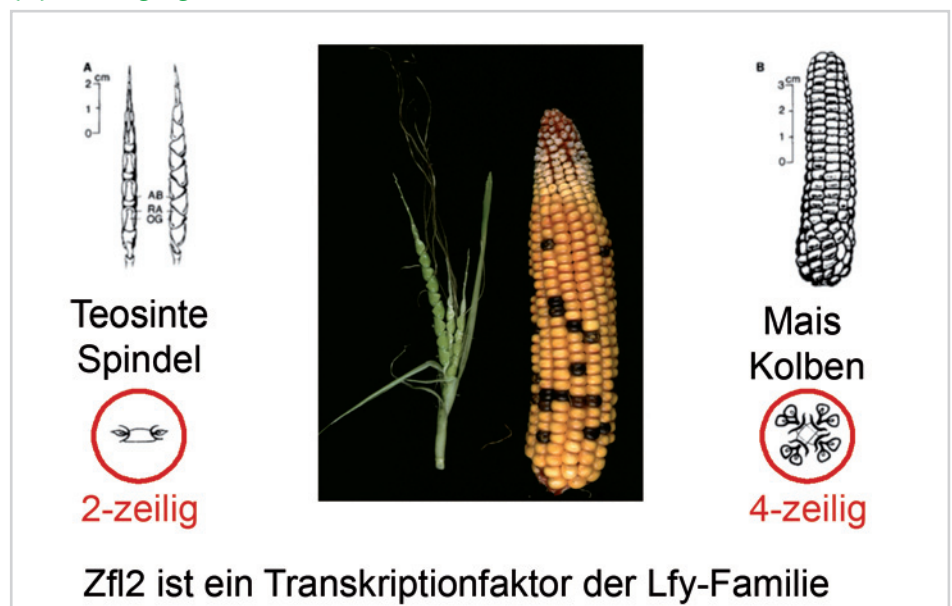
d. Mehrzeilige Samenanordnung ist sicherlich ein Merkmal, das die Erträge verbessert und damit natürlich von den Menschen ausgelesen wird (11, Ref. 4). Das Merkmal beruht



(9) Hartschaligkeit der Spelzen



(10) Verzweigungsmuster



(11) Vielzeiligkeit der Samenanordnung

wiederum auf einem Transkriptionsfaktor (Zfl2), der zur Floricaula/Leafy Familie gehört. Allerdings sind an diesem Merkmal noch weitere Gene beteiligt, u.a. auch ein Gen, das einzelne versus gepaarte Ährchen festlegt (e). Ständige Selektion auf Ertragserhöhung führt schlussendlich zu dem mächtigen Maiskolben, wie wir ihn heute kennen.

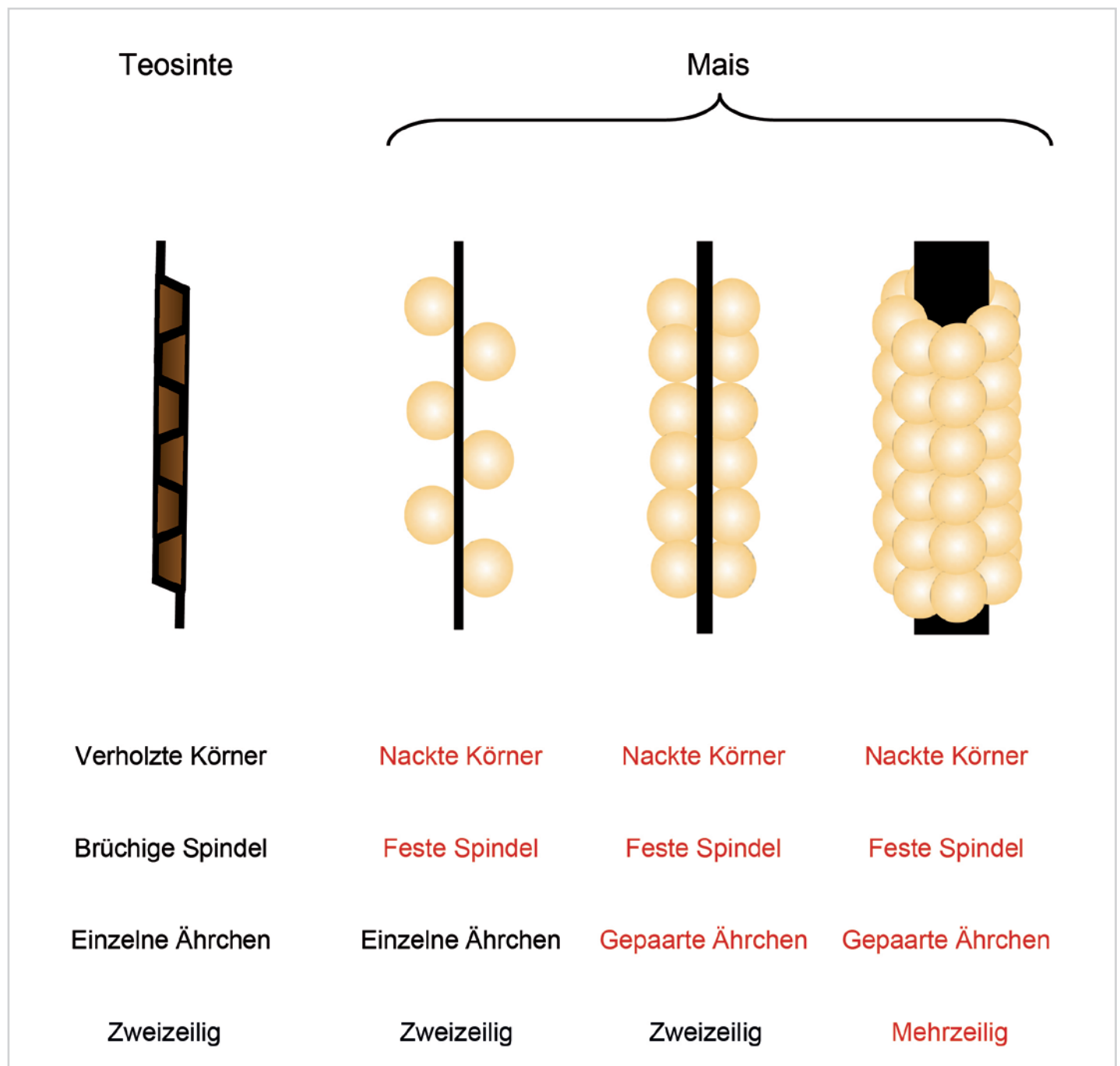
Der Prozess der Domestikation von Teosinte ist in der untenstehenden Abbildung (12) zusammengefasst.

Durch das von Menschenhand geschaffene „Monster“ Mais, bei dem die nackten Körner fest am Kolben haften, ist zwar für die Menschheit eine phantastische Nahrungsquelle erschlossen worden, die Pflanze selber hat allerdings jegliches Potenzial zur Ausbreitung verloren. Ein Schicksal, das sie mit vielen domestizierten Pflanzen teilt.

Ich frage mich, welche Konsequenzen der leichte Zugang zu Nahrungsmitteln auf die amerindische Bevölke-

rung gehabt haben muss. Hat das ihre Gesellschaft verändert?

Die Antwort ist: ja, wie wir im Folgenden sehen werden. ■



(12) Veränderungen des Maiskolbens

3

Olmeken, Maya und Milpa

Ein Flug nach Villahermosa, der Hauptstadt des Bundesstaates Tabasco am Golf von Mexico, ist schnell gebucht. Da die Reise über Mexico City verläuft, nutze ich die Gelegenheit für eine ausführliche Besichtigung der Stadt, einschließlich Tenochtitlans, der ehemaligen Hauptstadt der Azteken.

Am übernächsten Tag geht es dann weiter nach Villahermosa am Golf von Mexico.

Olmeken:

Ich habe diesen Ort mit Bedacht gewählt. Hier sind die Funde aus La Venta, einer Stadt der Olmeken (13), in einem Park ausgestellt. Dabei handelt es sich um riesige tonnen-schwere Köpfe (14). Die Olmeken (Nahuatl: Leute aus dem Kautschuk-land) siedelten bereits vor etlichen tausend Jahren hier am Golf. Sie waren, wie ich mich dunkel erinnere, wahrscheinlich vom Rio Balsas hierher umgezogen.

Vor sehr langer Zeit hatten die Olmeken damit begonnen ein Kalendersystem zu entwickeln, das von den Maya, ihren Nachfolgern, die Zentral-Amerika seit ca. 4000 Jahren besiedeln, perfektioniert wurde. Am Abend im Hotel beschäftige ich mich mit ihrem Zahlensystem. Das war kein Dezimalsystem, wie ich erkannte, sondern ein 20er-System (15), wobei unsere 1 durch einen Punkt dargestellt wird und fünf horizontale Punkte zu einem Balken



(13) Reich der Olmeken an der Golfküste von Mexico



(14) Kolossalkopf im Parque-museo La Venta Villahermosa

verbunden werden. Die 6 ist ein Balken mit einem darüber liegenden Punkt. Vier übereinander liegende Balken ($4 \times 5 = 20$) ergeben einen Punkt in der nächst höheren Rubrik. Bemerkenswerterweise kannten die Maya bereits die Null, die sie durch eine Muschel darstellten.

Ich verliebe mich sofort in das System und beginne große Zahlen aufzuschreiben und auch zu rechnen: Addition und Subtraktion sind sehr leicht, Multiplikation dagegen

ist schwierig und die Division habe ich noch nicht herausgefunden.

Maya:

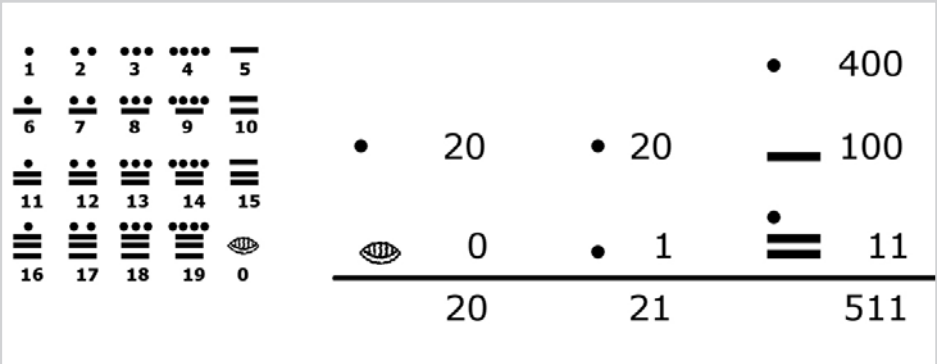
Für ein funktionierendes Kalendersystem brauchte man jedoch mehr. Schon die Olmeken nutzten den **Tzolkin** mit 260 Tagen (13 mal 20 Tage) für Zeremonialzwecke. und den **Haab-Kalender** mit seinen 18 Monaten zu je 20 Tagen plus einen extra Monat Uayeb zu 5

Tagen, also insgesamt 365 Tagen. Er wird zur Festlegung landwirtschaftlich relevanter Termine genutzt.

Die Mayas führten die „**Lange Zählung**“ ein, in der die Tage seit dem mythologischen Beginn am 13. August 3114 v. Chr. gezählt werden. Er dient der Festlegung von Kalenderdaten. Sie zeigt Anfang und Ende der jetzigen Zivilisation an.

Abends, in lauen tropischen Sommernächten beschäftigen mich viele Fragen: wie haben die Maya den Mais angebaut, gab es festgelegte Daten für Aussaat und Ernte, gab es den Beistand der Götter, wurden Feste gefeiert, was waren die Konsequenzen von Nahrung im Überfluss?

Das Gescheiteste ist wohl, ich schaue es mir einfach an.



(15) Zahlensystem der Olmeken



(16) Im Bergland von Chiapas: vor mir Indianerkinder...

Zunächst fahre ich daher mit dem Mietwagen von Villahermosa an Palenque vorbei in das Innere von Chiapas (16), wo es deutlich hügeliger ist und ich an den Berghängen meine erste Milpa bewundern kann (17).

Milpa:

Das Wort Milpa stammt aus dem Nahuatl, der Sprache der Azteken, und setzt sich aus den Worten mil-li (Feld) und pa (hin), also „hin zum Feld“ zusammen. In einer Milpa werden Mais, Bohnen, Lima-Bohnen und Kürbisse im Mischanbau angezo-gen, oft sind noch andere Pflanzen eingestreut. Eine Milpa wird in der Regel zwei Jahre genutzt, da nicht gedüngt wird, und liegt dann für acht Jahre brach. Zwischenzeitlich muss neues Land gerodet werden. Da keine Pestizide verwendet werden, ist die Biodiversität in diesen Feldern hoch und die Produktivität ist ausreichend für den Eigenbedarf und die Versorgung des Dorfes, reicht aber nicht für die Städte. Der Landverbrauch war enorm hoch und daher hat Mexico diese Anbauweise in den 1970er Jahren untersagt.

Seit „ewigen“ Zeiten wardas Anlegen und der Betrieb einer Milpa streng geregelt und in 9 Stufen unterteilt.

Und der Dorfschamane versichert mir, dass jede dieser Stufen mit einem Ritual bzw. einem Fest begleitet wurde. Doch davon später mehr.



(17) ... und hinter mir eine Milpa

Die erste Stufe:

Die **Wahl des Feldes** war dabei ein wichtiger Schritt, denn es gilt den richtigen Boden in der Nähe von Wasserstellen auszumachen.

Die zweite Stufe:

Anschließend wurde die Milpa von Busch und Wald durch **Rodung** mit Steinäxten befreit; diesem Prozess folgte dann ein paar Monate später im März/April

Die dritte Stufe:

das **Abbrennen** des Holzes (18). Dieser Tag musste von einem Priester genau bestimmt werden. Allerdings handelte es sich oft um den 12. April, und hier sieht man wie wichtig ein Kalender war. Für die Festlegung dieses Termins wurden astronomische Geräte gebaut.

Die vierte Stufe:

In klassischer Zeit war eine Umzäunung der Milpa nicht notwendig, da die Amerindians keine Haustiere kannten. Das Feld wurde jedoch mit einer **lebenden Hecke aus Teosinte** versehen. Bei guter Abstimmung der Pflanzzeit konnte hierdurch Hybrid-saat entwickelt werden.

Die fünfte Stufe:

Für die **Aussa**at wurden Pflanzstöcke verwendet (19). Hiermit wurden 5-10 cm tiefe Löcher gegraben, in die

dann 5-6 Maiskörner zusammen mit einer Bohne eingebracht wurden. Die Bohnen fixieren den Luftstickstoff und machen ihn somit auch nutzbar für die Maispflanze (natürliche Düngung). Da die Amerindians Tamales mit Bohnen aßen und die Mexikaner dies immer noch tun, wird so der Lysinmangel des Maiskorns kompensiert.

Der Beginn der Pflanzzeit sollte natürlich mit dem ersten Regen zusammenfallen, und gemäß der Mythologie der Maya sollte das am 3. Mai sein. Wiederum ist ein präziser Kalender unentbehrlich. Der langnasige Regengott Chaac oder Tlaloc, wie ihn die Azteken nannten, garantiert den Regen, falls man ihn nett darum bittet (20).

Die Aussaat dauerte etwa zwölf Tage. Der gesamte Prozess sollte bis Ende Mai beendet sein.

Die Lebensdauer einer Milpa hängt jedoch im Wesentlichen vom Jäten ab.

Die sechste Stufe:

In alter Zeit wurde natürlich von **Hand gejätet** und auf diese Weise konnte die Milpa - wie Rekonstruktionsexperimente gezeigt haben - bis zu acht Jahren genutzt werden, da die Wurzeln der „Unkräuter“ ebenfalls entfernt wurden.

Die siebte Stufe:

Nach der Reife des Mais wurden die Stängel der Pflanzen **herabgebogen** und in dieser Stellung angebunden. Der Regen konnte so nur schwer in die Kolben eindringen, was der Verpilzung des Kolbens vorbeugt.

Angebaut wurden unterschiedliche Maissorten, die entweder nach zweieinhalb Monaten, nach vier oder nach sechs Monaten ausgereift waren. In Yucatan konnten derartige Sorten vier bis fünf Meter hoch werden.

Die achte Stufe:

Die **Ernte** erfolgte in der Regel einen Monat später, etwa im November. Der Höhepunkt der Ernte war jedoch im Januar/Februar und je nach Sorte zog sich das bis in den März und April hin. Frischer Mais war so ein halbes Jahr lang erhältlich.

Die neunte Stufe:

Die **Aufbewahrung des Mais** war recht unterschiedlich. In jedem Fall werden zunächst die Hüllblätter entfernt.

Im nördlichen Yucatan wurden dann



(18) Brandrodung in Guatemala



(19) Aussaat Maya Klassik und heute



(20) Regengott Chaac in Labná, Yucatan



(21) Aufbewahrung von Mais

die Körner vom Kolben getrennt und in die Dörfer zur Aufbewahrung in zirkuläre Bunker gebracht, aber auch andere Behälter waren möglich (21).

In anderen Landesteilen wurden die Kolben neben der Milpa aufbewahrt. Daher waren hier das Abstreifen

der Körner und der Transport in die Dörfer getrennte Prozesse. Natürlich wurde der Milpa-Anbau in all seinen Stufen mit geeigneten Ritualen begleitet, die zum Teil heute noch zelebriert werden.



(22) Xipe Totec,
Frühlingsgott und Erneuerer

Feste:

Da ist z. B. die Verjüngung des Korns zur Aussaat der Samen: der zuständige Gott ist **Xipe Totec**, Frühlingsgott und Erneuerer (22).

Die Maya verstehen eine Geburt als Kampf im Uterus der Gebärenden, ein Teil ihrer selbst stirbt, sodass neues Leben beginnt.

Natürlich mussten alle Götter derartige Bedingungen durchlaufen. Xipe Totec, Gott der Aussaat, musste sich jedes Frühjahr vor der Neuanpflanzung verjüngen. Einem Gefangenen wurde buchstäblich das Fell über die Ohren gezogen und während zwanzig Tagen (ein Monat im Tzolkin-Kalender) trug ein Priester das Fell über der Schulter. Während der zur Opferung gehörenden Zeremonie tanzten die Frauen mit aufgelösten Haaren, auf dass der Mais so hoch wachse wie die Haare lang waren. Die Maya dachten, dass ohne Intervention und magischen Einfluss der Götter kein Maiskorn keimen und wachsen und die Pflanze keine Früchte tragen würde. Es genügt keineswegs ein Korn zu säen, die Pflanze muss auch gedüngt werden.

Ein anderes sehr wichtiges Fest ist **Ochpanitzli**, „Fegen der Straße“, das für eine gute, reiche Ernte sorgen soll und im 11. Monat des Jahres gefeiert wurde (23).

Die Schirmherrin dieses Festes ist Tlatzolteotl, die wir ja bereits als Mutter von Yum Kaax (Cinteotl) kennen gelernt haben.



(23) Ochpanitzli



(24) Palenque

Palenque im Wandel der Zeit:

Durch die gute Fürsorge der Götter fuhren die Maya reiche Ernte ein und konnten ihre Familien in relativ kurzer Zeit ernähren. Dies ließ viel Raum für Fronarbeit, oder sollte ich sagen für die Begehrlichkeiten der Mächtigen? Die Maya mussten in ihrer „Freizeit“ die Zeremonial-Zentren aufbauen, die zum Teil heute noch als touristische Attraktionen erhalten sind. Ich denke etwa an Copan in Honduras, Tikal in Guatemala oder **Palenque** (24) im Bundesstaat Chiapas, Mexico, in dessen Nähe ich mich ja gerade befinde. Am Rande des Berglands von Chiapas gelegen übersehe ich die Ebene zum Golf von Mexico hin.

Obwohl bereits ca. 1000 v. Chr. hier gesiedelt worden sein soll, begann mit der Inthronisation des wohl berühmtesten Herrschers von Palenque, **Pakal**, um 612 n. Chr. eine rege Bautätigkeit, welche die Hochblüte dieser Stadt einläutete (25).

Während ich mich noch so in die Zeit vor etwa anderthalb tausend Jahren zurück versetzt sehe, frage ich mich: hat die Domestikation einer einzelnen Pflanze dies alles bewirkt?

Na ja, wenn ich ehrlich bin, dann waren das schon mehrere Pflanzen. Die Maya hatten neben Mais noch Bohnen und Kürbisse und natürlich Kakao. Aber davon mehr an anderer Stelle.

Die Domestikation von Mais als Hauptnährer ermöglichte erst die Expansion der Bevölkerung und die Entwicklung der einmaligen Hochkultur der Maya. Fragen über Fragen türmen sich in meinem Kopf auf, unter anderen: wann hat diese Entwicklung begonnen und wie wurde sie beendet. Beides sind Fragen nach Datierungen vom Anfang und vom Ende. ■



(25) Kinich Janaab Pakal (603-683 n.Chr.)

Vom Anfang und Ende der Hochkultur

4

Wieder in der Uni-Bibliothek finde ich in der Literatur, dass drei recht unterschiedliche Methoden für die Klärung der Frage nach dem Beginn der Domestikation und damit der Hochkulturen eingesetzt wurden:

- a. C14-Datierung,
- b. Stärkekörner und Phytolith-Datierung,
- c. Microsatelliten Messungen.

a. Radiokarbon-Datierung (C14-Datierung):

Erste Funde eines Maiskolbens stammen aus der Höhle Guila Naquitz unweit von Monte Alban, einem Zeremonial-Zentrum der Zapoteken im Bundesstaat Oaxaca (26).



(26) Höhle Guila Naquitz



(27) verkohltes Maiskölbchen ca. 4 cm

Die kleinen Kölbchen konnten mittels der Radiokarbon-Methode auf ein Alter von **ca. 4200 v. Chr.** datiert werden (27).

Das bedeutet, dass die Domestizierung von Teosinte noch weiter zurückliegen muss (Ref.5).

b. Stärkekörner und Phytolith-Datierung:

Dies ist ein kompliziertes Verfahren. Es basiert einmal auf der Unterscheidung von Stärke- und Phytolithkörnern aus Mais und Teosinte. Phytolithe bestehen aus SiO_2 (Quarz) und sind sehr hart. Die harte Samenschale des Teosinte besteht u.a. daraus. Zum anderen werden die zu analysierenden Proben aus archäologischen Fundstellen, wie etwa Xihuatotla

(zentrales Tal des Rio Balsas, 28) isoliert. Reibschalen für die Mehlproduktion sind eine gute Quelle. Die Proben werden dann im Mikroskop identifiziert. Auf Grund der Stratigraphie (Abfolge der Schichten), aus der die Mais Proben stammten, wurde dieser Mais auf **etwa 6700 v. Chr.** datiert (Ref.6).

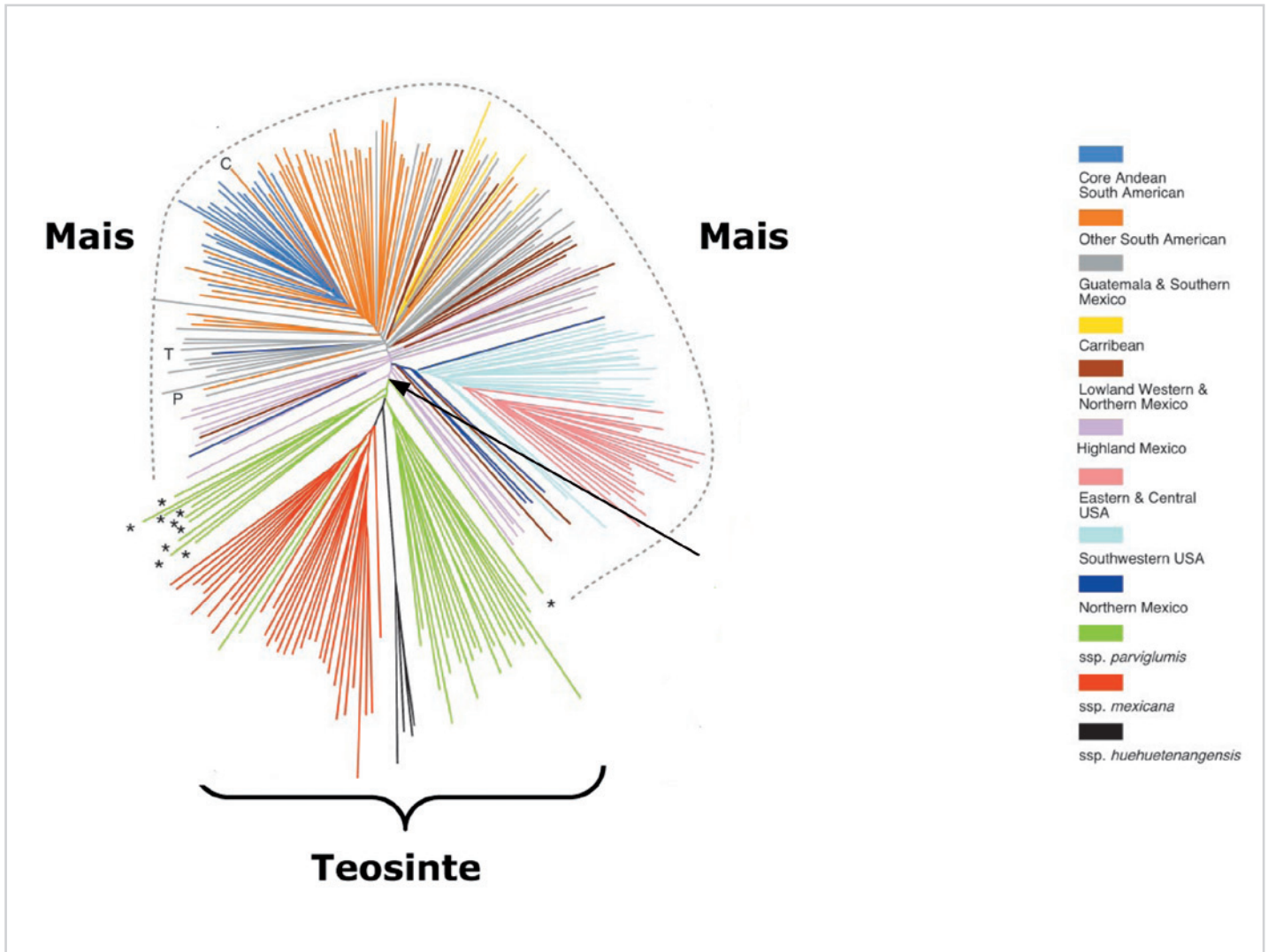
Das Ereignis der Domestizierung muss demnach noch früher erfolgt sein.

c. Datierung durch Microsatelliten:

Microsatelliten sind DNA-Sequenzwiederholungen z. B. des Typs $(\text{TA})_n$, $(\text{GTC})_n$ oder ähnliche, wobei n zwischen 10 und 100 liegen kann. Die angegebene Analyse zeigt klar, dass Mais aus Teosinte (*Z.m. ssp. parviglumis*) nur einmal domestiziert wurde



(28) Unterstand in Xihuatotla



(29) Phylogenie von Mais und Teosinte

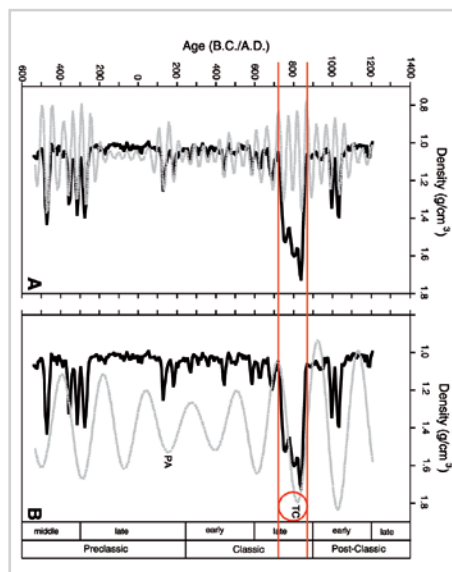
(s. Pfeil). Ferner konnten die Autoren aus der Mutationsrate den Zeitpunkt, an dem Mais und Teosinte begannen sich auseinander zu entwickeln, auf **ca. 7200 v. Chr.** abschätzen (29).

Endlich: Teosinte wurde demnach vor **ca. 9000 Jahren** domestiziert.

Das ist lange vor der Zeit der Maya, ja sogar vor den Olmeken, die zwar ursprünglich aus dem Hochland des Bundesstaates Guerrero, aus der Region des Rio Balsas kamen, aber deren Existenz bei weitem nicht so lange zurückverfolgt werden kann. Wir erinnern uns, ihre Hochkultur begann etwa 1500 v. Chr. in der Golf Region, sie mag aber durchaus noch weiter zurückreichen.

Soviel zum Anfang der amerikanischen Hochkulturen.

Kollaps:



(30) Sedimentbohrungen im Chichancanab

Für den **Kollaps der klassischen Maya Zivilisation** wurden einige Spekulationen bemüht, wie etwa kriegerische Auseinandersetzungen unter den Stadtstaaten und Übernutzung der Böden, aber auch Dürreperioden.

In den letzten Jahren wurden im See Chichancanab in Zentral Yucatan Sedimentbohrungen niedergebracht. Die Analyse der Bohrkerne in Bezug auf $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (Gips), ein Maß für den Austrocknungsgrad, ergab eine Dürreperiode in der Zeit zwischen 700 und 900 n. Chr. (30, rot markiert). Die graue Linie spiegelt den etwa 208-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität wider. TC (rot eingekreist) ist der Terminal Classic Collaps (Ref.8).



(31) Aufgabe der Maya Städte

Gill postulierte einen Kollaps in 3 Phasen (31):

Um 810 sollen die ersten Städte verlassen worden sein (Phase 1), 50 Jahre später in Phase 2 und um 910 (Phase 3) wurden dann weitere Städte aufgegeben.

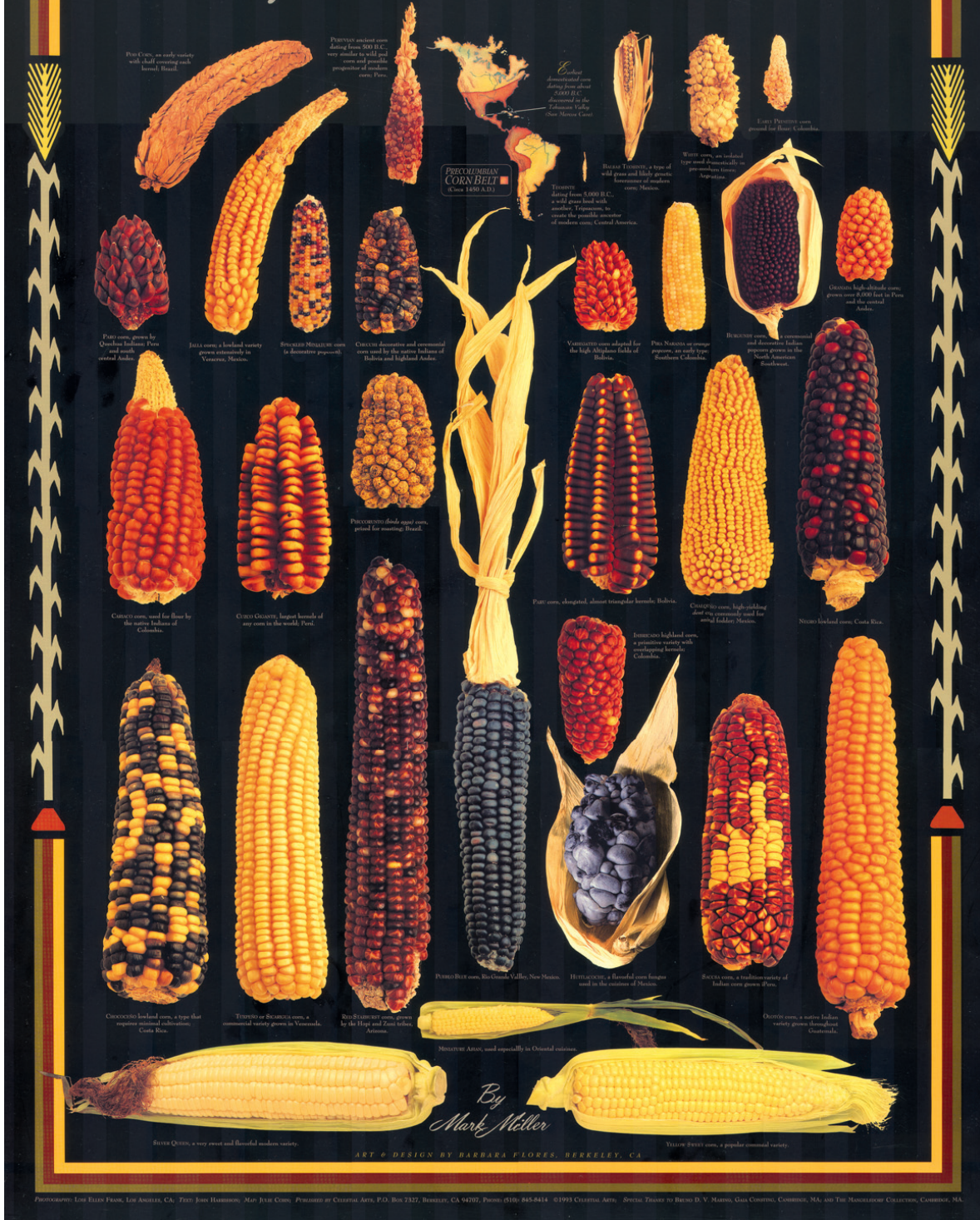
Von diesen Schlägen allerdings erholten sich einige Städte, sie gelangten aber in der Postklassik nicht mehr zu ihrer ursprünglichen überragenden Bedeutung.

Das Aus für die Hochkultur der Maya, aber auch der anderen amerin-

dischen Kulturen, war schlussendlich eine Folge der Entdeckung Amerikas.

Zum Zeitpunkt der Ankunft der Spanier waren 300 Maissorten auf den Märkten der Amerindians zu finden.

of the Americas



(32) Mais Vielfalt

Diese Vielfalt (32) beruhte auf der Dynamik des Maisgenoms (Gesamtheit der genetischen Information),

die durch die Aktivität von Transposons (springende Gene) bedingt ist.

Um das näher zu erläutern,
recherchiere ich molekularbiologi-
sche Literatur und erfahre:

Neues aus der „Maiswelt“



Das Maisgenom ist fast so groß wie das menschliche Genom. Transposons sind integrale Bestandteile von Genomen. In Mais machen sie etwa 85% des Erbmateri- als aus, wie die Entschlüsselung seiner Erbinformation ergibt.

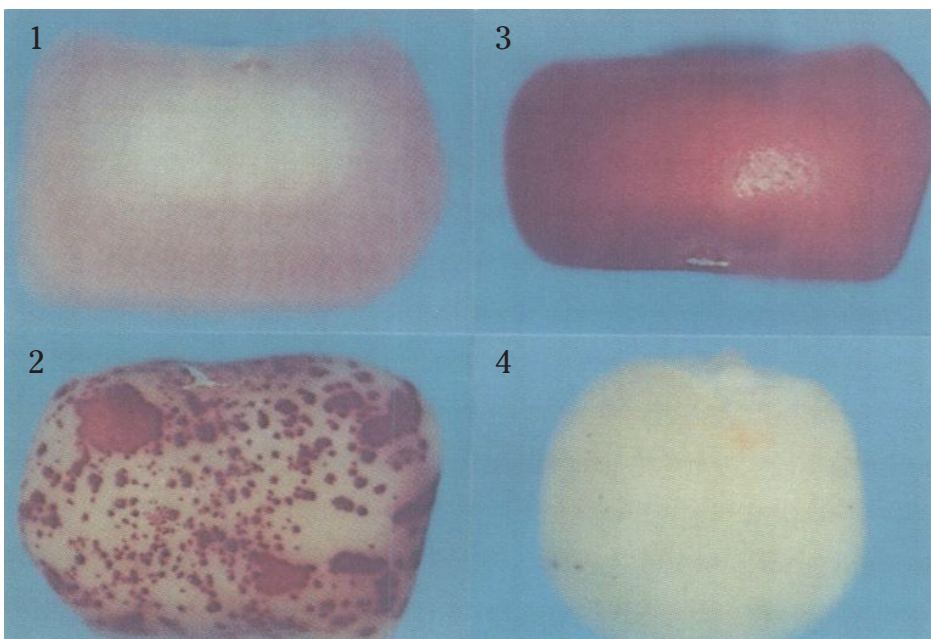
Eine wesentliche Eigenschaft von Transposons ist ihre Beweglichkeit. Sie können von einer Stelle im Chromosom in eine andere springen und falls ihr neuer Zielort ein Gen ist, können sie dieses z. B. zerstören, also eine Mutation (Veränderung) bewirken. Durch die „Wanderlust“ der Transposons bedingt, können derartige Mutationen während der Entwicklung des Organismus wieder restauriert werden.

Der Genetiker sagt: die Mutation revertiert, sie ist instabil. Für diese Entdeckung erhielt Barbara McClintock 1983 den Nobelpreis.

Ist ein Transposon in ein „Farb-Gen“ hineingesprungen (Integration) (33), dann ist das Maiskorn nicht mehr rot gefärbt, sondern ist nunmehr gelblich (33,1), wegen des ß-Carotins, das im Korn auch gebildet wird. Aber, wie gesagt, bedingt durch die weitere „Wanderlust“ der Transposons, ist die Samenschale des Korns jetzt rot gesprenkelt, da in diesen Zellen das Farb-Gen in seiner Funktion wiederhergestellt ist (33,2).

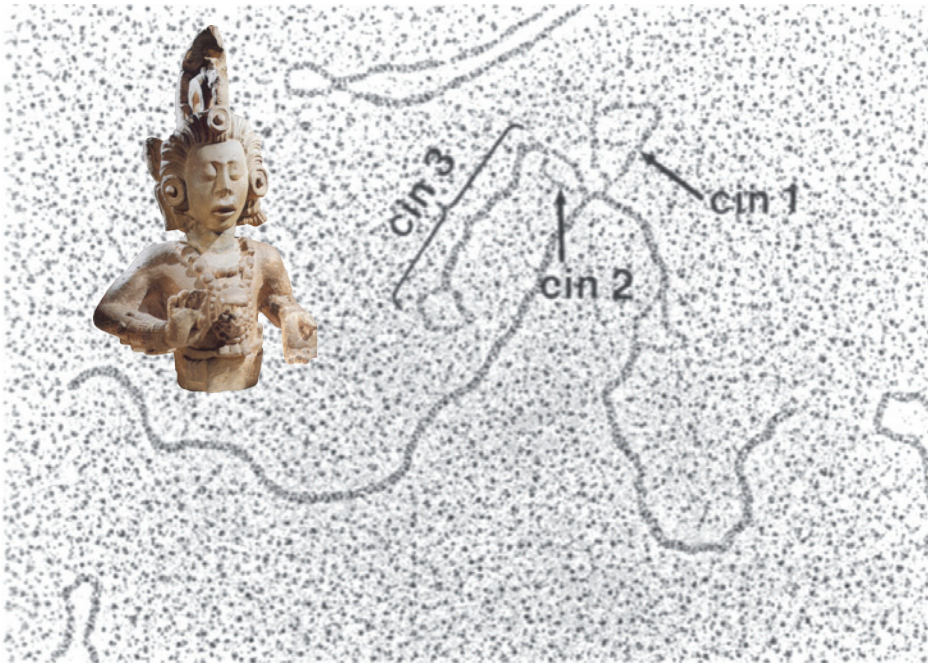
Die Veränderungen können noch bizarrer werden. Das in das Farb-Gen hineingesprungene Transposon kann selbst natürlich auch Veränderungen durchlaufen, sodass man seine Gegenwart zunächst gar nicht bemerkt, denn das Korn ist rot gefärbt (33,3), es sei denn, das Element ist aktiv, dann wird das Farb-Gen abgeschaltet (33,4).

Im Klartext: die Ausprägung des Farb-Gens steht nicht länger unter seiner natürlichen Kontrolle, sondern wird durch die Aktivität bzw. Inaktivität eines Transposons fremdsteuert. Hierdurch können auch morphologische Neuerungen entstehen.



(33) Spm Transposon am A2-Locus von *Zea mays*

Ich frage mich: Was zeichnet Transposon-DNA gegenüber der DNA von „normalen“ Genen aus? Die Antwort ist einfach: meist sind Anfang und Ende eines Transposons direkte oder inverse Sequenzwiederholungen voneinander. Wie soll ich das verstehen? Am besten bildlich. Eine DNA-Heteroduplex-Analyse im Elektronenmikroskop hilft hier. Wir wissen bereits, dass DNA aus zwei gegenläufigen Strängen besteht, die sich wie ein Positiv und ein Negativ zueinander verhalten. Wenn also ein DNA-Strang eines Gens (Positiv), sagen wir von Mais, mit seinem komplementären Strang (Negativ) von Teosinte gepaart wird, dann kann man dieses künstliche Molekül im Elektronenmikroskop



(34) Transposons in Mais und in Teosinte

anschauen und sehen, ob es Unterschiede zwischen diesen beiden Strängen gibt. Denn wenn es größere Unterschiede gibt, finden sich keine Paarungspartner und das erkennt man als herausragende Schleife. Im Bild (34) sehen wir neben dem dicken Doppelstrang, dünnere Einzelstrangbereiche. Wichtig sind die mit Cin1, Cin2 und Cin3 (Ref.11) gekennzeichneten Transposons, die zu Ehren des Mais-Gottes Cinteotl so benannt wurden (Ref.12). Klar zu erkennen ist

die kleine inverse Sequenzwiederholung am Anfang und Ende von Cin1 und die große inverse Sequenzwiederholung von Cin3, das in das Transposon Cin2 hineingesprungen ist. Anfang und Ende von Cin2 als lange direkte Sequenzwiederholungen sind nur aus der DNA-Sequenzanalyse zu erkennen.

Interessanterweise sind Transposons von kleinen Sequenzduplikationen flankiert, die bei der Integration

entstehen und deren Größe für ein Transposon charakteristisch ist. Verlässt das Transposon seinen Platz (Exzision), werden diese Duplikationen entweder rückgängig gemacht oder aber, und das geschieht relativ häufig, entstehen an dieser Stelle Veränderungen unterschiedlichster Art. Die Wanderung von Transposons durch das Genom hinterlässt Mutationen, so genannte „footprints“, die zur Dynamik des Genoms wesentlich beitragen. Doch davon später mehr.

Fazit:

Rund 80% aller spontan auftretenden Mutationen werden durch springende Gene (Transposons) ausgelöst und kreieren derart die Vielfalt der Maissorten.

Meine Recherche hat außerdem ergeben: Vieles, was wir heute molekular über Transposons von Bakterien und Pflanzen wissen, wurde in Köln am Institut für Genetik und am Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung herausgefunden.

*Bis bald,
Bodo*

Referenzen

Textnachweise:

Arbeiten aus dem MPIPZ:

- Ref.10: Menssen et al. (1990), EMBO J. 9, 3051-3057
 Ref.11: Blumberg vel Spalve et al. (1990), Maydica, 35, 151-156
 Ref.12: Shepherd et al. (1984), Nature, 307, 185-187

Andere:

- Ref.1: „Popol Vuh: das Buch des Rates, Mythos und Geschichte der Maya“, Dietrichs Verlag München 1995, Hrsg. Cordan Wolfgang.
 Ref.2: Wang et al. (2005), Nature 436, 714-719
 Ref.3: Doebley et al. (1995), Genetics 141, 333-346
 Ref.4: Bomblies, and Doebley (2006), Genetics 172, 519-531
 Ref.5: Piperno and Flannery (2001), PNAS 98, 2101-2103
 Ref.6: Ranere et al. (2009), PNAS 106 (13) 5014-5018
 Ref.7: Matsuoka et al. (2002), PNAS 99, 6080-6084
 Ref.8: Hodell et al. (2001), Science 292, 1367-1370
 Ref.9: Peterson und Haug (2007), Spektrum der Wissenschaften Dossier 4: Archäologie II

Bildnachweise:

Eigene Bilder:

- 1, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 33 (Ref.10), 34 (Ref.12)

Andere:

- (2): Zeichnung von Maudslay, 1889-1902, Palenque, Mexico
 (3): Codex Borbonicus
 (4): British Museum, London
 (5): <http://span3b-spring11.blogspot.com/2011/05/el-popol-vuh.html>
 (8): www.agron.missouri.edu/mnl/68/139dorweiler.html
 (18): Markussen, Dissertation 2003, Uni Göttingen
 (25): Nationalmuseum für Anthropologie, Mexico-Stadt
 (26): http://cdn.wn.com/pd/f8/46/afd552fb6acfd1a4304591bed23_grande.jpg
 (27): (Ref. 5)
 (28): (Ref. 6)
 (29): (Ref. 7)
 (30): (Ref. 8)
 (31): (Ref. 9)
 (32): www.gmushrooms.com/Posters/IndianCornBlk.jpg



Am Ein- und Ausgang der Maishöhle



Besuch in der WiS

Solltest du die Thematik an lebenden Pflanzen vertiefen wollen, dann empfehlen wir die Auswahl der Station auf unserer Homepage (www.wissenschaftsscheune.de) für die Zielgruppe und die entsprechende Anmeldung.

Kindergarten und Grundschule:	Station „Mais eine Pflanze der Götter“
Sekundarstufe I/II :	Station „Mais: Vom Wildgras zur Kulturpflanze“,
Erwachsene:	Station „Von der Wildform zur Kulturpflanze“,

Lass uns deine Meinung wissen, denn auch wir sind Lernende und wollen die WiS weiter verbessern.

Wie für alle Stationen sind ca. 45 Minuten einzuplanen.



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 WissenschaftsScheune 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, Maret Kalda

Redaktion:

Christiane Wojtera, Wolfgang Schuchert, Gerd Hombrecher, Hiltrud Kupczyk, Nicoletta Wojtera, Marika Michels, Marion Gremse

Layout:

Britta Grosardt, CGN Corporate