

Domestikationsgeschichte: Domestikation der wichtigsten altweltlichen Kulturpflanzen und Haustiere

S. Jacomet, J. Schibler

TEIL KULTURPFLANZEN

©IPNA 2012



Wilder Weizen (Emmer)



Kulturemmer



Wildziege



Hausziege

Inhalt Teil 1:

- was ist Domestikation? Kernfragen der Domestikationsforschung
- mit der Domestikation verbundene kulturelle Prozesse
- Methoden zur Erforschung der Entstehung und Ausbreitung von Kulturpflanzen und Haustieren, Quellen
- Voraussetzungen für eine Domestikation
- Domestikation: wo? wann? (Kurzübersicht)

was ist Domestikation? Kernfragen der Domestikationsforschung / mit der Domestikation verbundene kulturelle Prozesse

Domestikation ist ein Vorgang, bei dem die wechselseitige Abhängigkeit von menschlichen Gesellschaften und bestimmten (gezielt gesuchten...) Pflanzen- sowie Tierpopulationen immer grösser wird. So werden mit der Zeit aus Wildpflanzen Kulturpflanzen und aus Wildtieren Haustiere (nach: Zeder et al 2006).

Domestikation ist also

- ein Prozess!
- Domestikation lief weder rasch noch unilinear ab!
- Domestikation kann als evolutionärer Prozess gesehen werden, ABER:
- D. ist abhängig vom menschlichem Verhalten, welches z.B. den Selektionsdruck beeinflusst: deshalb bevorzugen einige ForscherInnen den Begriff „Co-Development“

(nach Fuller 2007, 1-2; Purugganan & Fuller 2009; Zeder 2009; Vigne 2011; Fuller et al. 2012)

Kernfragen der Domestikationsforschung

(nach div. Literatur, u.a. Doebley et al 2006, Fuller 2007; Fuller et al. 2012; Allaby 2010)

- Identifizierung der **wilden Vorfahren** von Kulturpflanzen und Haustieren
- Dokumentieren der **Anzahl**, der **Lokalität** und des **Datums** der frühesten Domestikations“ereignisse“
- Erfassung des **zeitlichen Ablaufes** der Domestikation
- Erfassung der phänotypischen **Veränderungen**, welche Pflanzen/Tiere während des Domestikationsprozesses durchmachten
- Erfassung des **Tempos** der Veränderungen
- Erforschung der **“breeding processes“** (Einwirkungen wie Selektion, Boden-bearbeitung etc. = Modifikationen), durch welche Wildorganismen in domestizierte Organismen umgewandelt wurden
- Erforschung der **genetischen Veränderungen** (involvierte Genloci)
- Analyse der **kulturellen Kontexte**, in welche Domestikationsprozesse eingebettet waren
- Analyse der **Ausbreitung** von domestizierten Pflanzen und Tieren

mit der Domestikation verbundene kulturelle Prozesse

Die **kulturelle Prozesse**, die während des Zeitraumes stattfanden, in welchem Domestikationsprozesse eintraten, fasst man im eurasiatischen Raum unter dem Begriff **NEOLITHISIERUNG** zusammen. Es ist der archäologisch der Übergang vom **Paläolithikum/Mesolithikum (Alt-/Mittelsteinzeit)** zum **Neolithikum (Jungsteinzeit)**.

Während der Neolithisierung erfolgte der **Übergang von einer aneignenden zu einer überwiegend produzierenden Wirtschaftsweise**! Die meisten früh domestizierte Tiere und Pflanzen dienen der **Subsistenz**, also der Ernährung: Durch ihre Domestikation erschuf sich der Mensch quasi einen Puffer gegen die Unregelmässigkeit von Wilderträgen, und damit eine sicherere und voraussagbarere Subsistenzbasis (es gibt davon nur **2 Ausnahmen** (soweit wir heute wissen) : den **Hund** und den **Flaschenkürbis**). Die Neolithisierung beschreibt also den Prozess des Übergangs von der Daseinsform (meist herumziehender) **JägerInnen und SammlerInnen (mobile Lebensweise)** zu der Daseinsform **sesshafter Ackerbauern/innen und Viehzüchter/innen**.

Erst durch die sesshafte Lebensweise ist Anbau und Haltung von Tieren möglich; sesshafte Lebensweise handkehrum bedingt z.B. Vorratshaltung.

Siehe hierzu file “Neolithisierung Grundlagen”, auf EVA-Server!!!!!!

Früheste Neolithisierung: WANN?? (Bsp. Westasien), kulturelle Prozesse

Chronologie und Stratigraphien: Epipaläolithikum - Frühes Neolithikum Naher Osten, inkl. Zypern und Griechenland. Compiled by Stefanie Jacomet, IPNA, Basel University ©

Geologie Epoche Quartär	Biozonen CH nach Litt et al. 2003 (Spägl.) / CHZ	alts. Ost BP Warven nach Litt et al. 2001	alts. Ost BP Korrekturen nach Rasmussen et al. 2006	Mittelwert v. Chr. (B.S.)	unkalibriert C14 ca.	Kulturstufen traditionelle Terminologie Levante	Kulturstufen vereinfacht Hou et al. 1994 / Benz 2009	Südliche Levante, inkl. Arde Zonen	Zentrale Levante: Jordanien, Damaskus Becken	Syrische Steppe	Nord-Levante inkl. Mittlerer Euphrat	Südostanatolien (Häules Vales)	Nördliches Dizreah	Zypern	Phönizische Küste	Zentralanatolien: Konya Ebene	Zentralanatolien: Kappadokien und Kiliken	Westanatolien	Griechenland (Thessalien)	Sinjar Gebiet und Zagros
HOLOZÄN	Altsteinzeit				6000			Wadi Raba			Chalcolithium									
								Lodien			Keramisches Neolithikum nomadisch									
					6000			Yamoukien			Prä-Halaf II DFBW = abdruckverzert									
					6500			PPNC II PPNB final			spätes PPNB									
					7000			Jung. PPNB II Beitza			Jüngeres PPNB									
	Bronzezeit				7500			Mittleres PPNB von Palästina			Mittleres PPNB									
					8000			Late Aowadian			älteres PPNB									
					8200			Jericho PPNB			Jüngeres Mureybeten									
					8700			Subanien II Aowadian			PPNA, Trakiten									
								PPNA			PPNA, Trakiten									
PLEISTÖZÄN	Jüngere Dryas							Khiamien			Khiamien									
								Jüngeres Natufien des Neger / Haritan			Khiamien									
								jüngeres = spätes Natufien			jüngeres = spätes Natufien									
								älteres Natufien			älteres Natufien									
								geometrisches Kibarian			geometrisches Kibarian									
	Altsteinzeit							älteres Natufien			älteres Natufien									
								geometrisches Kibarian			geometrisches Kibarian									
								geometrisches Kibarian			geometrisches Kibarian									
								geometrisches Kibarian			geometrisches Kibarian									
								geometrisches Kibarian			geometrisches Kibarian									

Ca. 12'000 – 8000 v. Chr.

Nach: Gouren 2007 (in Göbekli-Katalog); Böhrer/Schyle 2002 (in Köh, Unpubl. Vorlesungserfolge); Casini 1994; Aurenche & Kozłowski 1999; Kozłowski & Aurenche 2005; Miksov (et al.) 2005, 2008, 2009 und mit Miksov; Savard et al. 2006; www.carnew.org.

Hinweis: es gibt eine separate Dokumentation über die kulturellen Entwicklung in Vorderasien, plus die obigen und 2 weitere (detaillierte) Chronologietabellen bei den Vorlesungsunterlagen auf dem EVA-Server. Da diese Stoff anderer Lehrveranstaltungen in PNA sind, werden sie hier nicht ausführlich dargelegt.

Das Neolithikum = Jungsteinzeit wurde in Europa im vorletzten Jahrhundert (John Lubbock) folgendermassen definiert: Es sind Kulturen, die **Keramik**, geschliffene **Steinbeile**, **Kulturpflanzen** und **Haustiere** sowie **ganzjährig** besiedelte Plätze aufweisen.

Wie wir heute wissen, traten diese Dinge jedoch nicht überall gleichzeitig und mit demselben Stellenwert auf! Heute ist klar, dass Sesshaftigkeit (also eine Veränderung der sozialen Strukturen) sowie - parallel dazu sich entwickelnd - Ackerbau und Viehzucht an den Beginn der Neolithisierung zu stellen sind. Danach erst folgen geschliffene Steinbeile, und erst viel später tritt Keramik in Erscheinung. **Neolithikum ist also unter anderem von der Wirtschaftsform her definiert.** Mit Clark 1980 (Zitat aus Hoika 1993) kann man festhalten: "*The real turning points in human affairs were primarily biological and social*," (siehe auch S. 4 oben). Verschiedene Dinge, die es bereits im Paläolithikum gab – wie Silex – hören nicht auf zu existieren, man jagt und sammelt auch weiterhin!

Das Neolithikum stand immer besonders **im Interesse der Forschung**, da es jene Epoche ist, in der durch **Sesshaftigkeit, Ackerbau und Viehwirtschaft** die unmittelbaren **Grundlagen** für **dörfliche** und **städtische Gemeinwesen** – und damit für spätere **Hochkulturen** gelegt wurden (in den Bereich der Hochkulturen gehört etwa auch die Erfindung der Schrift).

Sesshaftigkeit ermöglichte eine Produktion von Nahrungsmitteln auf permanenten Feldern und Weidegründen. Dass dies ein Erfolgsrezept war, sieht man daran, dass die Produktion von Nahrungsmitteln von einer Bevölkerungsexplosion begleitet war, die bis heute anhält. Dies ist durch 2 Faktoren bedingt:

- die sesshafte Lebensweise erlaubt **kürzere Geburtsintervalle** (bei Wildbeutern normalerweise 4-5 Jahren, bei Sesshaftigkeit jährlich) (Bocquet & Appel 2008)
- Essbare Pflanzen und Tiere können **in viel höherer Dichte** kultiviert/gehalten werden als sie in der Natur vorhanden wären, wodurch Überschussproduktion möglich wurde.

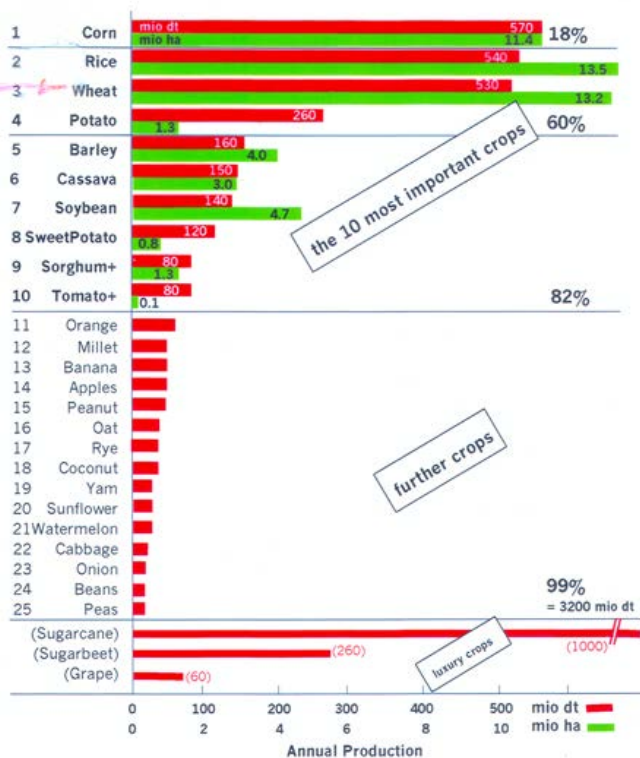
Dadurch kam es zu einer **Explosion auf dem Technologiesektor**, denn Überproduktion führte dazu, dass sich nicht mehr alle Personen(kreise) mit der Beschaffung von Nahrung beschäftigen mussten: spezialisiertes Handwerk kommt auf, und viele Forscher meinen, dass hier auch der **Ursprung stratifizierter Gesellschaften** zu suchen ist.

Früheste Neolithisierung, kulturelle Prozesse, grundsätzliche Überlegungen (Forts.)

Die Landwirtschaft stellte sich als die erfolgreichste Wirtschaftsform heraus, um grosse Massen von Menschen zu ernähren (Shennan 2002). Die aneignende Wirtschaftsform führte letztlich zu der heute bei uns in den industrialisierten Ländern fast undenkbaren Masse an Güter- und Erkenntnisanhäufung, und sie beeinflusst bis heute unsere Entscheidungs- und Handlungsweisen.

„The transition from foraging and hunting to farming and herding is a significant threshold in human history. Domesticates and the agricultural economies based on them are associated with radical restructuring of human societies, worldwide alterations in biodiversity, and significant changes in earth's landforms and its atmosphere“ (M. Zeder, 2008, PNAS 105 / 33).

Food Crops Worldwide 1998



Landwirtschaftliche Produkte = heute noch unsere Lebensbasis!
Viele der ältesten in Kultur genommenen Pflanzen zählen heute noch zu den wichtigsten Weltwirtschaftspflanzen!
Man beachte, dass **sehr wenige** Taxa heute einen enorm hohen Anteil an unserer Ernährung ausmachen: **alle** diese wurden sehr früh domestiziert.

Obwohl schon früh gewisse Arbeitsteilungen aufgekommen sein müssen, zählte trotzdem die Produktion von Nahrung, also Ackerbau (Produktion von Pflanzen) und Viehzucht, zu den **wichtigsten Aktivitäten in vorindustriellen Gesellschaften**. Deshalb ist die Erforschung ihrer Entstehung von **grundlegender Bedeutung** in der ur- und frühgeschichtlichen Forschung, denn **gesellschaftliche** Strukturen (die soziale Organisation) und deren kulturelle Äusserungen stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Art der Subsistenz.

Mit die wichtigsten Ziele archäologischer Forschung sind es, herauszufinden, **wo** und **wann** Ackerbau und Viehzucht begannen. Ausserdem haben archäologische Forschungen auch das Ziel, das **Warum?** besser abschätzen zu können. Eines der wesentlichen Ziele dieser Vorlesung ist es, den Beitrag der **Archäobiologie** zu diesen Fragen näher zu beleuchten.

Früheste Neolithisierung, kulturelle Prozesse, grundsätzliche Überlegungen (Forts.), Methoden zur Erforschung der Domestikation

Was bedeutet Neolithisierung auf der kognitiven Ebene? Von einer „horizontalen“ Auffassung der Weltordnung (Mensch und Tiere stehen auf der gleichen Ebene) kommt es zu einer „Vertikalisierung“: höhere Mächte bestimmen, was der Mensch zu tun hat - Mensch als Abbild „Gottes“ steht über den anderen Lebewesen – es kommt zu einer Hierarchisierung der Weltordnung (siehe u.a. Cauvin 1994 („naissance des divinités“); Gopher et al. 2001; Zeder 2008; Benz 2010; nach Vigne 2011, und dort zitierte Literatur). Dies alles sieht man an der Entwicklung der kulturellen Äusserungen, siehe file „Neolithisierung Grundlagen“, EVA-Server.

Man kann also von einem **fundamentalen sozialen und spirituellen Wandel** im Lauf der Neolithisierung ausgehen. Denn Domestikation bedingt grundlegende Änderungen des menschlichen Verhaltens - die Beziehung zur Natur ändert sich: „Passives“ Sammeln verändert sich in „aktiven“ Umgang mit der Natur! Für Jäger/Sammler war eher Zeit ein wichtiger Faktor, für sesshafte Ackerbauern dagegen eher der Raum (z.B. Vorhandensein geeigneter Ackerböden). Das Prinzip der Reziprozität wird aufgehoben Dies sind alles vieldiskutierte Probleme, es gibt dazu viele Theorien – aber leider nur wenige harte Fakten. Fest steht: Während der Neolithisierung = Domestikation müssen vielschichtige **soziale Prozesse** abgelaufen sein! Auf das „**WARUM?**“ gibt es bis heute keine befriedigende Antwort! (Gopher et al. 2001; Fuller 2007; Foster McCarter 2007, Barker 2006, Benz (Ed.) 2010).

Methoden zur Erforschung der Entstehung und Ausbreitung von Kulturpflanzen und Haustieren, Quellen

Man geht die Erforschung mit **verschiedenartigen** Methoden an, und nur ihre **Kombination** ergibt verlässliche Ergebnisse. Man spricht von einem sog. „**multi-proxy-approach**“

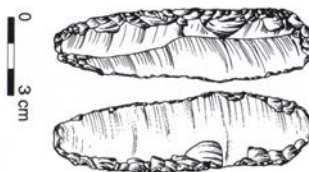
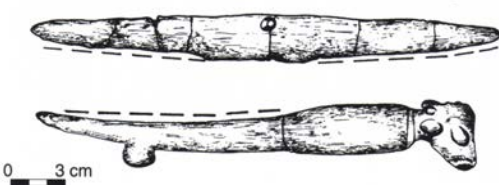
(Liste siehe etwa in Zohary & Hopf 2000, zur Genetik siehe Zeder et al. 2006; Gute und einfach gehaltene Übersicht auch in Science 316, 2007 (Balter, 1830 ff.)).

1. Archäologische Funde („on-site“)

1.1. Funde von Pflanzenresten und Tierknochen (archäobotanische und archäozoologische Nachweise) = sind die wichtigsten, da **direktesten** Nachweise: Die **morphologische Bestimmung** von **Pflanzenresten** (normalerweise Samen, Früchte, Teile von Fruchtständen; seltener auch andere Reste (Mikroreste) wie Phytolithen und Stärkekörner; Bsp. in Balter 2007, S. 1834) und **Tierknochen**, die auf Ausgrabungen gefunden werden, datiert durch C14 oder Artefakte. Feststellung ihrer morphologischen Veränderungen in Zeit und Raum.

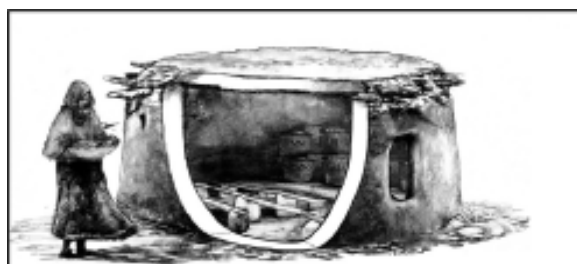
Aus diesen Resten kann man dann auch **Alte DNA** extrahieren (siehe Palmer et al 2012) und man kann auch chemische Untersuchungen machen.

1. 2. Archäologische Artefakte: z. Bsp. Erntemesser (indirekter Nachweis für Abernten von Pflanzen, wobei neuerdings Deutung umstritten), Gerät im Zusammenhang mit der Zubereitung der Nahrung (wie Mühlsteine, Mörser...)



„Erntemesser“ aus dem Natufien (12 ‘000-10 ‘000 v. Chr.), links Griff aus Knochen, rechts Silex-Klinge

1.3. Archäologische Befunde: Spezielle Baustrukturen: es gibt schon aus dem Natufien (ca. 12 ‘000-10 ‘000 v. Chr.) Hinweise auf ausgeklügelte Speicherbauten (Bsp. Fundstelle Dhra ‘ in der Nähe des Toten Meeres, Jordanien) (Kuit & Finlayson in PNAS 2009).



Methoden zur Erforschung der Entstehung und Ausbreitung von Kulturpflanzen und Haustieren, Quellen (Forts.), Voraussetzungen für eine Domestikation, Domestikationszentren

1.3. Archäologische Befunde (Forts.): Zusätzliche (indirekte) Hinweise: Bewässerungskanäle, Terrassierungen, Pflugspuren, Feldbegrenzungen u.ä.m.

2. Off-site-Hinweise: z. Bsp. durch Pollenanalyse: Erscheinen z. Bsp. Getreidepollen in grösserer Zahl in See-Ablagerungen in der Nähe von Siedlungsplätzen, so kann auf Ackerbau geschlossen werden.

3. Hinweise aus heutigen Lebewesen:

3.1. Morphologische Vergleiche („klassische“ Methode) erlauben es, wilde Vorfahren zu identifizieren.

3.2. Analyse der Verbreitung der Wildformen

3.3. Bestimmung der genetischen Verwandtschaft durch DNA-Analysen (Luo et al 2007, Brown et al 2009, Allaby 2010, Fuller et al. 2012)

3.4. Weiteres: Haustier-Zoologie, Kulturpflanzen-Botanik, Kreuzungsexperimente, Ethologie, Physiologie

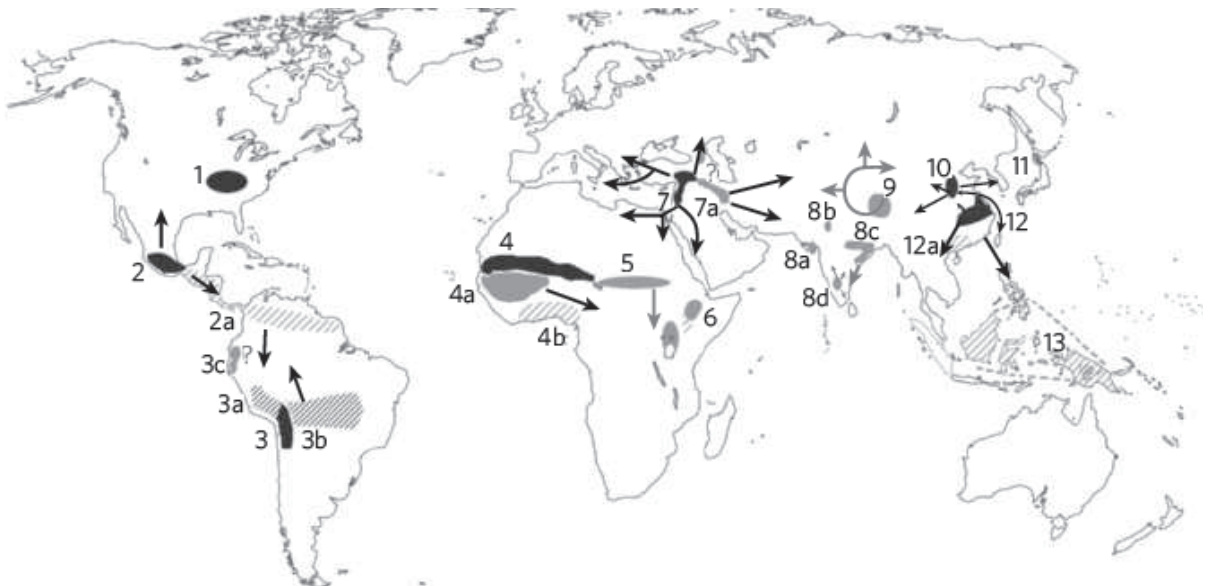
Voraussetzungen für eine Domestikation

Wichtigste Voraussetzung für Domestikation: Vorhandensein geeigneter **Wildformen**

Von über 200 '000 existierenden Taxa höherer Pflanzen (Samenpflanzen, Spermatophyta) gab es Tausende von Wildpflanzen, die man sammelte. Aber **nur wenige 100 wurden effektiv domestiziert!** Ähnliches gilt für Tiere: von den 148 geeigneten grösseren Säugetierarten erwiesen sich nur **14** als geeignet, um domestiziert zu werden!

Wieso wurden **nur so wenige Taxa** domestiziert???? Dies liegt daran, dass nur sehr wenige Arten **leicht domestizierbar** sind. Bei den Pflanzen sind dies unter den am frühesten domestizierten Arten solche, bei denen **geringfügige genetische Veränderungen** wie z.B. eine Mutation an einem Genlocus ausreicht, um sie in eine Kulturpflanze zu „verwandeln“; solche gibt es nicht viele!

Domestikation: Wo? Wann? Übersicht: Domestikationszentren



Übersicht: Domestikationszentren (2)

Domestikationserscheinungen sind nur von **wenigen** – im wesentlichen **13** – Orten (Nummern auf der Karte auf der vorherigen Seite) auf der Welt bekannt.

Wieso so wenig Orte? Bevorteilt waren Gebiete, in denen **domestizierbare Wildformen** vorhanden waren (Diamond 2002 bezeichnet das als „biogeographical luck“). Von solchen Gebieten aus breiteten sich Personen und Know-How **sehr rasch aus**: das führte dazu, die Gebiete, wo **heute am meisten produziert** wird, nicht immer mit jenen Gebieten übereinstimmen, wo die Ursprünge des Ackerbaus (bzw. der Landwirtschaft generell) liegen: Im Lauf der Jahrtausende haben sich andere Gebiete als geeigneter für die produzierende Wirtschaftsweise erwiesen, da das Klima und v.a. die Böden geeigneter waren.

Man unterscheidet:

primäre Domestikationszentren: Domestikation von Wildpflanzen/Wildtieren ohne vorherige Kenntnis des Ackerbaus (schwarz auf der Karte).

Sekundäre Domestikationszentren : Kenntnisse über den Ackerbau und Viehzucht (oder zumindest gewisse Kulturpflanzen und Haustiere) waren dorthin gelangt, bevor einheimische Pflanzen/Tiere domestiziert wurden (grau auf der Karte).

Im einzelnen ist sind primäre und sekundäre Domestikationszentren oft schwer zu unterscheiden! Denn man muss sicher nachweisen können, dass indigene Lebewesen domestiziert wurden, **bevor** fremde, bereits domestizierte Taxa aus einem anderen Gebiet eingeführt wurden. Dafür ist der Forschungsstand in vielen Weltgegenden (v.a. Afrika, Südamerika, Indien ...) zu schlecht, auch wenn er in den letzten Jahren deutlich besser geworden ist!

Primäre Domestikationszentren

1. Vorderasien (Fertile Crescent = fruchtbarer Halbmond): Kulturpflanzen und Haustiere **ab ca. 8500 v. Chr.** nachgewiesen, mit Kultivierung und Herdenhaltung ist aber bereits früher – ab mind 11 '000 v. Chr. - zu rechnen.

Pflanzen: Weizen (*Triticum*, div. spec.), Gerste (*Hordeum*), Roggen (*Secale cereale*) (?), div. Hülsenfrüchte (Erbse (*Pisum sativum*), Linse (*Lens culinaris*), Ackerbohne (*Vicia faba*), Kichererbse (*Cicer arietinum*)), Lein (*Linum usitatissimum*) ab 8500 v. Chr..

Tiere: Schafe, Ziegen, Rinder und Schweine.

Der Nahe Osten galt lange Zeit als **ältestes Domestikationszentrum**; es ist auch weitaus am besten erforscht.

2. Ostasien:

2.1. nördliches China, Lössgebiete am Oberlauf des gelben Flusses: Hirsen gemässigter Klimate (u.a. die für Europa in den urgeschichtlichen Epochen wichtigen Taxa *Panicum miliceum* und *Setaria italica*, ab 6000 v. Chr. Vermutlich auch hier: *Cannabis sativa* (Hunt et al 2008: 6500-6000 v. Chr.). Soja (*Glycine max*: erst ab ca. 2500 v. Chr.);

2.2. südliches China, Gebiet des Yangtze: Reis (Unterart japonica) ab ca. 8500 v. Chr. (gemäss Fuller et al. 2012, J. Exp. Bot., p. 624) ; laut Lu et al. 2002 schon im Spätglazial Phytolithen von domestiziertem Reis: damit gäbe es ab etwa 11'000 v.Chr. domestizierten Reis, dies wäre der älteste Hinweis auf Domestikation! Er ist allerdings umstritten, weitere Funde sind abzuwarten. Ebenfalls im Bereich SE-Asien wurden Hühner erstmals domestiziert, und auch von hier kennt man die Domestikation von Schweinen.

3. Amerika: hier gibt es verschiedene primäre Domestikationszentren:

3.1. Mittelamerika: besonders wichtig und früh; dort wurden ab 8000 v. Chr. Kürbis (amerikan. Kürbisse = Gattung *Cucurbita*) und ab 7000 v. Chr. Mais (*Zea mays*) in Kultur genommen. Truthahn: 14. J. AD

3.2. Südamerika: ab 7000 – 6000 v. Chr., u.a. *Solanum tuberosum* (Kartoffel), *Manihot exculenta* (Maniok), *Arachis hypogaea* (Erdnuss), *Phaseolus* (Bohnen = jene, die wir heute bei uns vor allem essen), dazu Quinoa (*Chenopodium quinoa*), *Amarantus* *caudatus*, Chilis, Tomaten, Baumwolle: ab 3000 v. Chr. // Alpaca, Lama: ab ca. 3500 v. Chr.

3.3. östliche USA: dort wurde die Sonnenblume (*Helianthus*) ab rund 3000-2600 BC cal. (Hayes, Tennessee) in Kultur genommen, dazu weitere Arten wie *Chenopodium berlandieri* und *Iva annua* (siehe Smith & Yarnell 2009).

4. Afrika: ist – zumindest für Pflanzen – das **jüngste** Domestikationszentrum, wobei der Forschungsstand nach wie vor sehr lückenhaft ist. Mittlerweile ist aber klar, dass es in Afrika primäre Domestikationszentren gibt (siehe Marshall and Hildebrand 2002). Vor allem jene südlich der Sahara müssen als primär betrachtet werden. Ob dies auch für Äthiopien gilt, ist schwierig zu sagen (siehe Diamond 2002). Auf alle Fälle sind Kulturpflanzen afrikanischen Ursprungs zahlreich:

Hirsen (4: *Pennisetum glaucum* 2500 v. Chr.), 4a: *Digitaria* 1700 v. Chr., 5: *Sorghum* vor 2000 v. Chr.), 6: *Eragrostis* (Tef) und *Eleusine*, um 2000 v. Chr. // afrikan. Reis *Oryza glaberrima* (4) um 1700 v. Chr. // Hülsenfrüchte: *Vigna* (4, um 1700 vor Chr.) // Yams (*Dioscorea rotundata*) (4b, 6), Kaffee (*Coffea*) Datierung?

Afrika ist zudem das einzige Gebiet, wo fast überall **Viehzucht VOR dem Auftreten von Kulturpflanzen** auftritt (Marshall & Hildebrand 2002, 109).

Sekundäre (?) Domestikationszentren

1. Ozeanien, insbes. das Hochland von Neuguinea ist ein wichtiges frühes Domestikationszentrum (ob sekundär?):

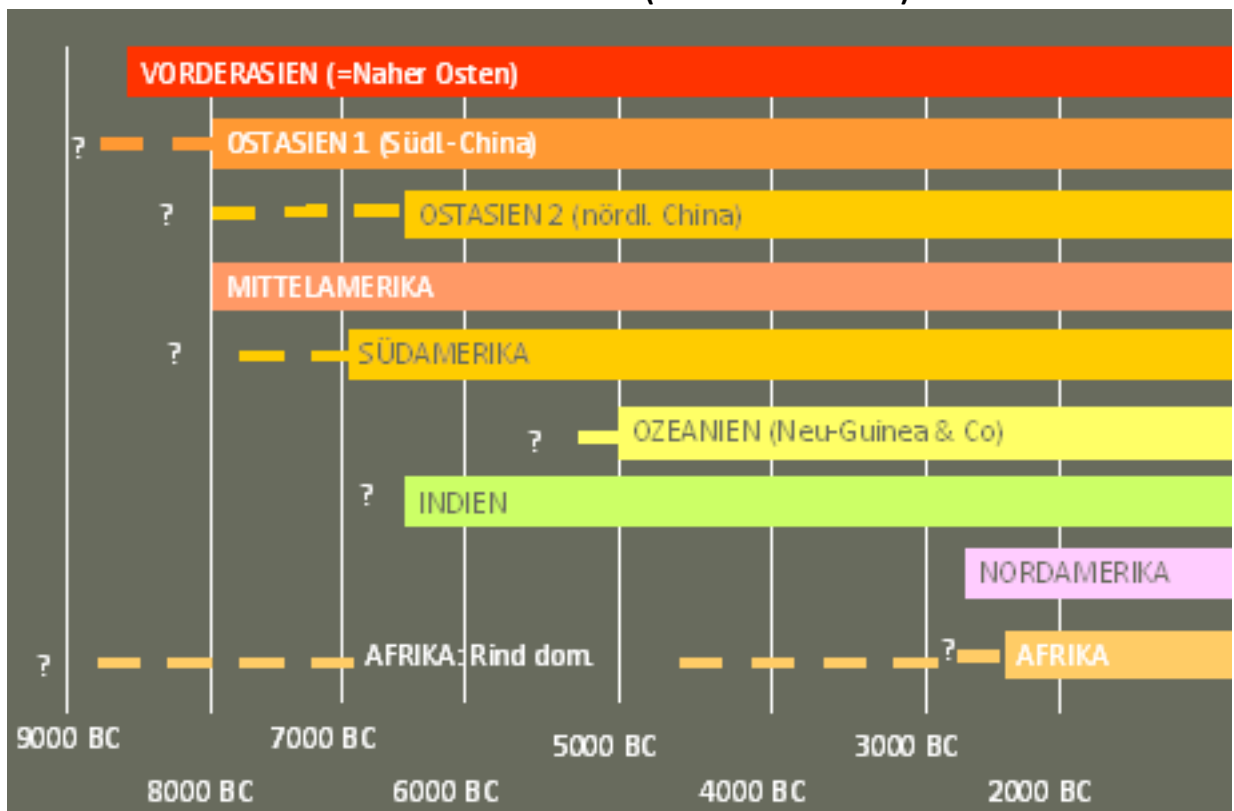
ab etwa 5000 v. Chr. in Kultur genommen wurden: Sagopalme, Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*); Yams (*Dioscorea esculenta*: andere als die afrikanischen Arten), Bananen (*Musa acuminata*); Taro. (*Colocasia esculenta*) (siehe Beiträge in Harris 1996; Denham et al. und Neumann 2003)

Dazu wurden auch hier Schweine domestiziert.

2. Indischer Subkontinent: kann **neu** ev. auch als primäres Domestikationszentrum für einige Arten angesehen werden (siehe Fuller et al. 2004 in VHA 13/2; siehe auch Fuller 2007), dies wird diskutiert. Die älteste in Indien in Kultur genommene Kulturpflanze ist der Reis (*Oryza sativa* ssp. *indica*, 8c: ab 6500 v. Chr.) ; andere Arten kommen erst viel später, meist ab etwa 3000 v. Chr. hinzu, so diverse hirsenartige Gräser (z. Bsp. *Panicum sumatrense*; 8a, 8b, ab 3000 v. Chr.) // verschiedene Hülsenfrüchte (z.B. *Vigna mungo* (Mungo-Bohne), *V. radiata*, *aconitifolia*, 8a, 8b, 8d, ab 3000 v. Chr.; auch *Macrotyloma uniflorum* 8d) // Sesam (*Sesamum indicum*, um 3000 v. Chr.), Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*: Himalaya, 9, ab 3000 v. Chr.)

Baumwolle (*Gossypium*) ist auch nachweisbar, ob dort domestiziert muss noch weiter erforscht werden. Irgendwo im Bereich des indischen Subkontinents ist auch der Flaschenkürbis (*Lagenaria*) schon sehr früh domestiziert worden Tiere: Buckelinder ab 6500 v. Chr. (Vigne 2011)

Domestikation WANN?? (zusammenfassend)



Zusammenstellung S. Jacomet, nach der auf den vorherigen Seiten zitierten Literatur

Einmalige versus mehrfache Domestikation??

d.h. wurde eine Pflanze / 1 Tier nur an einem Ort einmal domestiziert? Oder an verschiedenen Orten mehrfach?

- Vor allem genetische Ergebnisse der 90er Jahre deuteten auf einmalige (monophyletisch/-zentrisch...), rasch ablaufende Domestikationsereignisse, und daraus folgende rasche Ausbreitung hin.
- Seit ca. 10 Jahren wird dies in Frage gestellt durch neue archäologische und genetische Daten.
- Neue archäologische Nachweise deuten eher in Richtung polyphyletische/-zentrische Entstehung von vielen domestizierten Arten, d.h. Domestikation der gleichen Art an mehreren Orten
- Dies wird von einigen Genetikern aber in Frage gestellt..., von anderen aber als durchaus möglich angesehen!
- Forschung im Fluss!

(nach Willcox 2005, sowie D. Fuller 2007, 6; Luo et al. 2007; Brown et al. 2009; Allaby et al 2010; Fuller et al 2012)

Das Auftreten von Sesshaftigkeit und Domestikation hatte nicht nur positive Effekte! Mit der Domestikation und deren Ausbreitung einher geht auch das Auftreten und die **Ausbreitung von Seuchen**. Die Herkunft vieler Erreger konnte molekularbiologisch in der Zwischenzeit aufgeklärt werden:

sie stammen von den Haustieren und gelangten so zu den Menschen (siehe heute: Vogelgrippe!). Erreger von Masern und Tuberkulose stammen ursprünglich vom Rind, Grippe vom Schwein und von Enten.

Pocken: unklar (Rind oder Kamel?).

Durch produzierende Wirtschaftsweise kam es auch zur **Veränderung der Urlandschaft**: sie wurde in eine Kulturlandschaft verwandelt. „The beginning of agriculture around 10'000 years ago has repeatedly been seen as THE major transition in the human past, a **changeover from the natural environment in control of humans, to humans control of the natural environment**“ (Brown et al. 2009).

Domestikation: Biologische Voraussetzungen – Begriffe // 14. 3.2012

Systematik (biologisch): Wissenschaftsgebiet, das die **Verwandtschaft** zwischen den Organismen untersucht. Die Systematik stützt sich dabei auf die Ergebnisse vieler anderer Disziplinen wie Morphologie, Anatomie, Cytologie usw. bis hin zur Genetik (neuerdings: vor allem Genetik). Zur Erforschung der Verwandtschaftsbeziehungen gehört auch eine Aufklärung der Stammesgeschichte (**Phylogenie**). Hierbei spielen die Paläobotanik und Paläontologie eine wichtige Rolle. Wichtig sind ausserdem **archäologische Funde**, wenn es um die **domestizierten Arten** geht.

Taxonomie: ist ein Teilgebiet der Systematik: **Ordnungslehre**. Sie hat die Aufgabe, die **Formenfülle** von rezenten und fossilen Organismen zu beschreiben und zu **gruppieren**, und die Gruppen nach einem bestimmten System zu **ordnen**. Sie folgt bestimmten, international festgelegten Regeln. Die Taxonomie befasst sich mit den **formalen Aspekten** systematischer Forschung!

(dies wird in der Literatur sehr uneinheitlich gehandhabt (Strassburger 2002, 580); die Begriffe Systematik und Taxonomie werden häufig als gleichbedeutend betrachtet).

Systematische Kategorien und Nomenklatur (Einordnung der Lebewesen in ein hierarchisches System)

Wichtigste Taxonomische Rangstufen (Bsp. Wolf)

Reich (regnum) (Bsp. Eukarya od. Eukaryota)

Abteilung bzw. Stamm (divisio) (Bsp. Chordata)

Klasse (classis) (Bsp. Mammalia)

Ordnung (ordo) (Bsp. Carnivora)

Familie (familia) (Bsp. Canidae)

Gattung (genus) (Bsp. Canis)

Art (species) (Bsp. C. lupus)

Zielsetzung ist es heute, ein auf Verwandtschaftsverhältnissen basierendes, insofern also **natürliches System** zu schaffen. Man berücksichtigt dabei jeweils eine grosse Zahl von Merkmalen zur Unterscheidung (zu natürlichen Systemen siehe beispielsweise genaueres in Hess 2005, 12 ff.). **Einheit des Systems** der taxonomischen Rangstufen ist das --> **Taxon (Mz. Taxa)** (kann übersetzt werden mit: Sippe, Gruppe, Systemeinheit / systematische Kategorie verschiedener Rangstufe).

Bei den Taxa handelt es sich um eine --> Gruppe von Organismen, die sich durch das konstante Auftreten bestimmter Merkmale von anderen Formen differenzieren lassen.

Die wichtigste systematische Kategorie (das wichtigste Taxon also) ist die **Art** (species, Abk. spec.):

Sie bildet die **Grundeinheit des Systems**, von der Art werden alle anderen Rangstufen abgeleitet

Der Artbegriff (resp.: das Artkonzept, nach Herre/Röhrs 1990; Benecke 1995; Strasburger 2002; Mayr 1984; Schuber/Wagner 1988; Hess 2005)

Vorausgeschickt sei, dass die Art nur schwer zufrieden stellend zu definieren ist. Im Lauf der Jahrhunderte sind verschiedene Artkonzepte unter Betonung unterschiedlicher theoretischer Blickwinkel formuliert worden! Es gibt **kein allgemein akzeptiertes Kriterium für die Verwendung des Artranges** – das Konzept der Art wird daher manchmal als unwissenschaftlich betrachtet!

Arten werden (und wurden v.a.) auf der Grundlage der beobachteten morphologischen Variation beschrieben: → **morphologisches Artkonzept**.

Beim morphologischen Artkonzept sucht der Systematiker nach korrelierter Diskontinuität verschiedener Merkmale in der phänotypischen, hauptsächlich in der morphologischen Variation (auf gut Deutsch: nach klaren Unterschieden). Diese Diskontinuität (also der Bereich, wo sich keine Merkmale überschneiden) wird als Artgrenze betrachtet. De facto gibt es so klare Grenzen in der Biologie aber nicht. Die morphologische Definition der Art hat demzufolge eine **starke subjektive Komponente**, weil es nicht möglich ist, objektive Kriterien für das erforderliche Ausmass an phänotypischer Diskontinuität festzulegen. Trotzdem sind auch heute in der Praxis die meisten Arten morphologisch definiert. Das morphologische Artkonzept macht im Prinzip **keine Annahme über den evolutionären Prozess**, es ist **statisch**!

Forschungsgeschichte zum Artbegriff

Auf einem morphologischen Artkonzept baute der Begründer der biologischen Systematik, der Schwede **Carl von Linné** (1707-1778), auf. Er gab den Haustieren und Kulturpflanzen einen eigenen, besonderen Namen, weil er der Überzeugung war, dass sie eigenständige Arten darstellten ("**Systema naturae**„1737):

→ Auf diese Nomenklatur gehen die z.T. **noch heute** verwendeten lateinischen Namen für die Haustiere und Kulturpflanzen zurück, wie etwa *Canis familiaris* L., *Bos taurus* L. oder *Triticum monococcum* L. (zu Problemen der Nomenklatur siehe S. 7). Die Beschreibung der Arten durch Linné ist in seinen Grundzügen heute noch gültig.

Schon bald erkannte man aber, dass ein statischer Artbegriff problematisch ist, weil man begann, zu sehen, dass es zwischen Arten **fließende Übergänge** gibt. Das Zustandekommen dieser Unterschiede wurde unterschiedlich erklärt: so sagten gegen Ende des 18. Jh. die Forscher Pallas und Cuvier beispielsweise, dass Haustiere abgewandelte Wildtiere seien. **Cuvier definierte 1798 den Artbegriff neu**: Aufgrund seiner Beobachtungen sagte er: Arten sind natürliche Fortpflanzungsgemeinschaften bei freier Gattenwahl. Bereits im 18. Jh. geriet also der statische Artbegriff ins Wanken. Auch schon im 18. Jh. äusserte auch der Franzose Jean Baptiste **Lamarck (1744-1829)** Zweifel am statischen Artbegriff. Er war der Meinung, dass sich Lebewesen während der Abfolge ihrer Generationen allmählich veränderten. Als Beweis benützte er die sich unter menschlichem Einfluss allmählich wandelnden Haustiere und Kulturpflanzen. Lamarck war also ein **wichtiger Vorreiter der Evolutionstheorie** (Darwin schrieb über ihn: „great zoologist ... forerunner of evolution“).

Generell begannen ab der zweiten Hälfte des 18. Jh. beginnen dann **evolutionistische Strömungen** das Artkonzept zu beeinflussen!

Forschungsgeschichte zum Artbegriff (Forts.)

Mit **Charles Darwin (1809-1882)** beginnen Erkenntnisse über **evolutionäre Prozesse** den Artbegriff zu prägen. Es kommt das evolutionäre Artenkonzept auf: Die Art wird aus einer historischen Dimension heraus erklärt. Nach Hess 2005, 16 ist eine Art eine einzelne Linie von Vorfahren-Nachkommen-Populationen, die ihre Identität gegenüber anderen solchen Linien wahrt und ihre eigenen evolutionären Tendenzen und ihr eigenes historisches Schicksal hat.

Darwin befasste sich nicht nur mit Wildtieren und Wildpflanzen, sondern ausgiebig auch mit Haustieren und Kulturpflanzen. Er publizierte 1868 sein zweibändiges Werk "**The variation of animals and plants under domestication**",. Darin widersprach er mit seinen Arbeiten der damals verbreiteten Ansicht, dass unterschiedliche Rassemerkmale bei einem Haustier durch die Kombination von verschiedenen Wildformen zustande gekommen waren. Darwin erkannte, dass für das **variable Erscheinungsbild von Haustierrassen** zwei Faktoren bedeutend sind:

1. Die Variabilität der Tiere und

2. Die Selektion des Züchters = künstliche Auslese.

Er sprach sich am Beispiel des Kaninchens (Wildkaninchen), der Taube (Felsentaube) und der Ente (Stockente) dafür aus, dass diese Haustiere jeweils nur auf **eine Wildform** zurückgehen, was die moderne Forschung auch bestätigt hat.

Darwin stellte auch fest, dass für **Kulturpflanzen** dasselbe wie für Haustiere gilt: Ihre Variabilität ist vor allem durch **Züchtung** bzw. **Auslese** bedingt. So sind die Felderbse und Gartenerbse kreuzbar und produzieren fertile Nachkommen. Es gibt sehr viele Varietäten der Gartenerbse, die z.B. an ihren Hülsen und Samen zu unterschieden sind. Die Hülsen und Samen, welche bei Wildformen sehr konstante Charaktere aufweisen, variieren also bei der Gartenerbse erheblich

Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts:

Knochen als Quellengattung für haustierkundliche Untersuchungen werden zunehmend bedeutend. Bei den ersten "Archäozoologen", welche noch beinahe ausschliesslich paläontologisch arbeiteten, war der **statische Artbegriff** noch sehr verbreitet. Morphologische Unterschiede an den Knochen wurden als Ausdruck **verschiedener Arten** gewertet. Bei den **Haustieren** wurden sie als Beleg für den Ausgangspunkt verschiedener Rassen gewertet: Bsp. Hund: "Pfahlbauhunde" = *Canis palustris* ("**Torfspitz**") war Urform aller Spitzerrassen etc.

Bereits etwas stärker unter Darwinschem Einfluss standen zumindest einige der **frühen "Archäobotaniker"**, (z. Bsp. O. Heer, Zürich: 1865: Pflanzen der Pfahlbauten). Morphologische Unterschiede an den Pflanzen wurden von Heer z.B. als Ausdruck verschiedener Unterarten, Varietäten oder Formen einer heute existierenden Kulturpflanzenart gewertet.

19./20. Jahrhundert: Kreuzungsexperimente von **Gregor Mendel (1822-1884)** führten dazu, dass wieder die Kombination verschiedener Wildformen (Artbastardisierung) als Ausgangspunkt für Haustiere betrachtet wurde. Bsp.: Der Hund entstand aus der Kreuzung von Wolf und Schakal. **Julius Kühn (1825-1910)** zeigte dann aber durch seine praktischen Kreuzungsexperimente im Haustiergarten in Halle (D), dass Kreuzungen zwischen verwandten Wildarten (Artbastardisierung) meist zu unfruchtbaren Nachkommen führen.

Diese und ähnliche Beobachtungen führten **ca. Ende des 19. Jh.** zu einer **neuen Definition** des Artbegriffs, nämlich der **biologischen Art**. Es werden die Ideen von Cuvier 1798 wieder aufgenommen.

Der moderne, biologische Artbegriff (nach Herre/Röhrs 1990 und Mayr 1984)

Eine **Art** (lat. **species**, Abk. **spec.** oder **sp.**) ist eine natürliche **Fortpflanzungsgemeinschaft (Population)**, deren Individuen voneinander abstammen, **fruchtbare Nachkommen** erzeugen und in **wesentlichen Merkmalen übereinstimmen**. Sie sind durch **Kreuzungsbarrieren** von anderen Fortpflanzungsgemeinschaften getrennt (also reproduktiv isoliert). Die Individuen einer **Art in einer Population** sind in ihrer erblichen Konstitution nicht völlig gleich, aber **kreuzbar**.

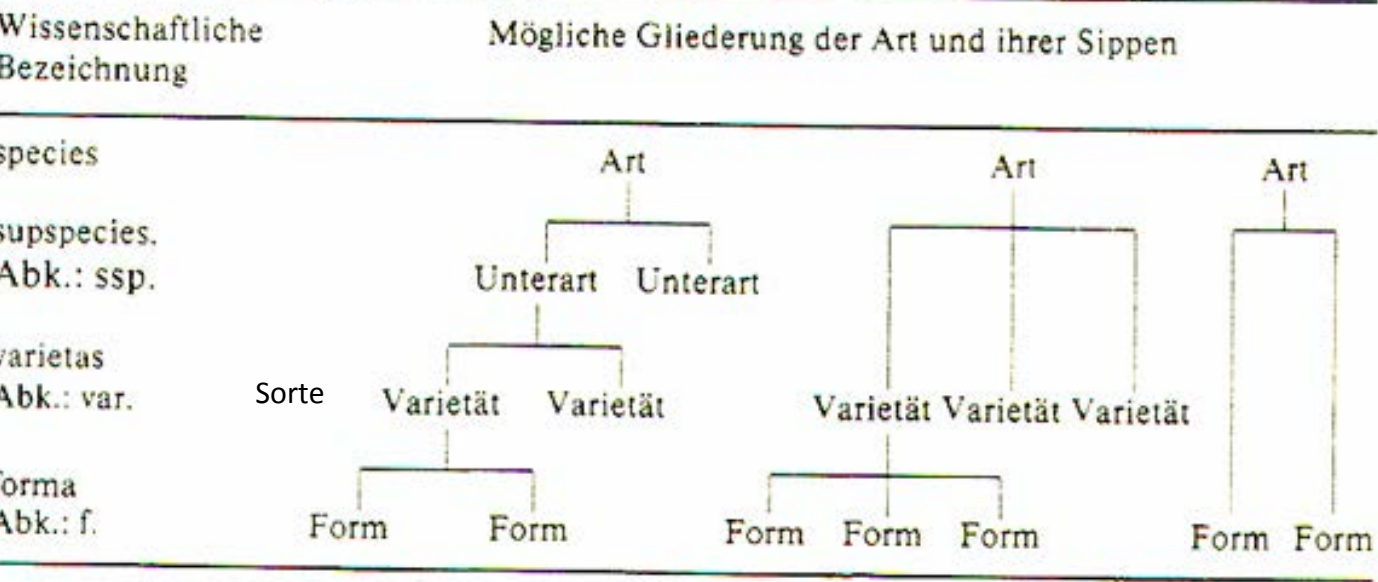
Beim biologischen (wie auch beim evolutionären) Artbegriff spielen letztlich **Kreuzungsbarrieren** eine ausschlaggebende Rolle; die Arten sind sexuell abgegrenzt: sie sind **reproduktiv isoliert**. Diese Definition impliziert, dass Arten deswegen erkennbar sind, weil sie **nicht** mit anderen Arten hybridisieren. Dies gilt allerdings nicht 100%ig (wie wir beispielsweise bei der Entstehung der Weizenformen sehen werden!).

→ Tendenziell ist aber eine Art eine "**Gendurchmischungseinheit**" bei der alle Individuen ihre Erbeinheiten aus dem gleichen "Genpool" beziehen, ohne jedoch alle Gene dieses Genpools besitzen zu müssen. Daraus lässt sich auch eine **innerartliche Variabilität** ableiten und erklären: d.h. eine Art ist weiter **in tiefere Rangstufen** untergliederbar. Dies ist für die systematische Einordnung der Haustiere und Kulturpflanzen von Bedeutung.

Gliederung einer Art: Gundsätzliches, Pflanzen

Gliederung der Art

Schubert & Wagner, Botanisches Wörterbuch, UTB, 9. Aufl. Stuttgart 1988



Bei **Pflanzen** (Wild- und Kulturpflanzen) werden Arten weiter untergliedert in **Unterarten (subspecies, Abk. ssp. oder subsp.)**:

- Die Unterart ist die wichtigste systematische Kategorie unterhalb der Art
- ssp. sind durch einige Merkmale gut voneinander zu **unterscheiden**
- ssp. sind stets **räumlich** (als geographisch begrenzte Gruppe lokaler Populationen) oder **zeitlich** voneinander **isoliert (vikariierend)**, d.h. der Genaustausch unter ihnen ist vermindert
- Individuen bilden aber bei Kreuzung **fertile Bastarde**

Gliederung einer Art: Grundsätzliches, Pflanzen (Forts.)

Kulturpflanzen lassen sich nur **innerhalb** ihrer „Art“ sowie mit ihrer **Stammform**= Wildform erfolgreich fortpflanzen. Sie bilden also **keine eigene botanische Art**, sondern sie bilden zusammen mit ihrer wilden Stammform gemeinsam eine Art und sollten deshalb auch eine gemeinsame Artbezeichnung tragen (z.B. für Weizen: MacKey 1966). Kultur- und wilde Formen sollten als **Unterarten** derselben Art - idealerweise der Stamm- oder Wildform - bezeichnet werden (Form ist hier nicht im Sinne einer systematischen Kategorie gemeint, diese siehe unten).

Bsp.: Korrekte systematische Art-Bezeichnung für tetraploide Weizen: *Triticum turgidum* L.

Die Wildform ist ssp. *dicoccoides* Aschers., Kulturformen sind z. Bsp. ssp. *dicoccum* (Schränk) Thell.

(Emmer), oder ssp. *durum* Desf. (Hartweizen); alle bekannten tetraploiden Formen sind Unterarten, da sie kreuzbar sind.

Aber **ACHTUNG:** Die Bezeichnung der Arten bei Kulturpflanzen ist **NICHT** immer der Name der Wildform. Grund dafür ist meist, dass die Kulturform VOR der Wildform benannt wurde. Oder aber, dass diese nicht sicher identifiziert ist (siehe auch S. 17, wissenschaftl. Benennung...).

Geht man bei Kulturpflanzen eine Stufe tiefer, kommt man zu den **Varietäten** resp. bei Kulturpflanzen: den **Sorten** (lat. **Cultivar**, Abk. cv., auch: Kulturvarietät): dies sind durch **Züchtung** entstandene, angebaute Varietäten. Eine Varietät ist entweder eine Linie, die auf einen Standardtyp hin streng ausgelesen ist, oder um einen in Kultur entstandenen Klon. Sorten werden nach internationalen Regeln mit einem Namen aus einer lebenden Sprache bezeichnet. Bsp. Lötschentaler Bohne. Sorten sind **meist** die niedrigste gebräuchliche taxonomische Einheit bei Kulturpflanzen.

Manchmal bezeichnet man Sorten auch als Rassen: **Landrassen** von z.B. Weizen: haben sich durch genetische Isolation und Umwelteinflüsse ausgebildet, **Hochzuchtrassen** durch starke Selektion durch den Menschen.

Die niedrigste systematische Kategorie unterhalb der Art ist die **Form** (lat. **forma**, Abk. f.). In ihr werden Pflanzen zusammengefasst, die meist nur in **einem** Merkmal von den übrigen Individuen einer Population abweichen (bei Pflanzen z.B. Blütenfarbe). Meist nur für Wildpflanzen gebraucht.

Wildpflanzen, Kulturpflanzen, Nutzpflanzen: Definitionen, Grundsätzliches

Charakteristika von Wildpflanzen:

(hier sind v. a. Merkmale aufgezählt, die Wildpflanzen im archäologischen Fundmaterial von Kulturpflanzen unterscheiden!).

Wildpflanzen zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich **selbsttätig** verbreiten, beispielsweise durch das **Ausstreuen** ihrer Samen oder bei Getreide durch das **spontane Zerfallen** der Ähre in Ährchen (siehe genaueres dann bei den einzelnen Taxa).

Charakteristika von Kulturpflanzen: Kulturpflanzenmerkmale

Kulturpflanzen haben typische Wildpflanzenmerkmale wie das selbsttätige Ausstreuen von Samen/Früchten **verloren**, ihr Überleben ist **vom Menschen abhängig!**

Charakteristika von Kulturpflanzen: Kulturpflanzenmerkmale (forts.)

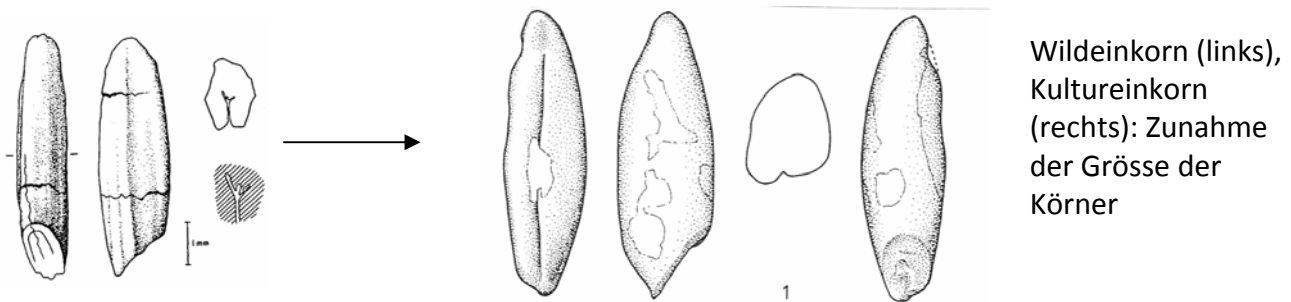
Morphologische Merkmale (*= Sichtbarkeit im archäologischen Material)

- Reduktion der Möglichkeit, die Samen zu verbreiten: Geschlossen bleibende Früchte und ganz bleibende Ähren*
 - Reduktion von Hilfsmitteln für die Verbreitung der Samen ($\pm$ *)
 - Grössere Samen und Früchte *
 - Mehr Samen und Früchte (z.T. aber auch weniger, dafür sehr grosse!)
 - Dünnere Samenschalen, glatte Oberflächen (meist) ($\pm$ *)
 - Wuchsform: Zunehmende apikale Dominanz (Hauptspross sehr robust im Verhältnis zu Seitenachsen)
- (Details zu den einzelnen Pflanzen siehe später bei deren Besprechung)

Physiologische Merkmale:

- Verlust der Keimruhe
- Gleichzeitig keimend, gleichzeitig blühend und reifend
- Veränderungen der „photoperiod sensitivity“
- Abnahme von Bittersubstanzen in essbaren Pflanzenteilen

(nach Zohary & Hopf 2000; Doebley et al. 2006; Fuller 2007)



Definitionen wichtiger Begriffe im Zusammenhang mit der Pflanzendomestikation

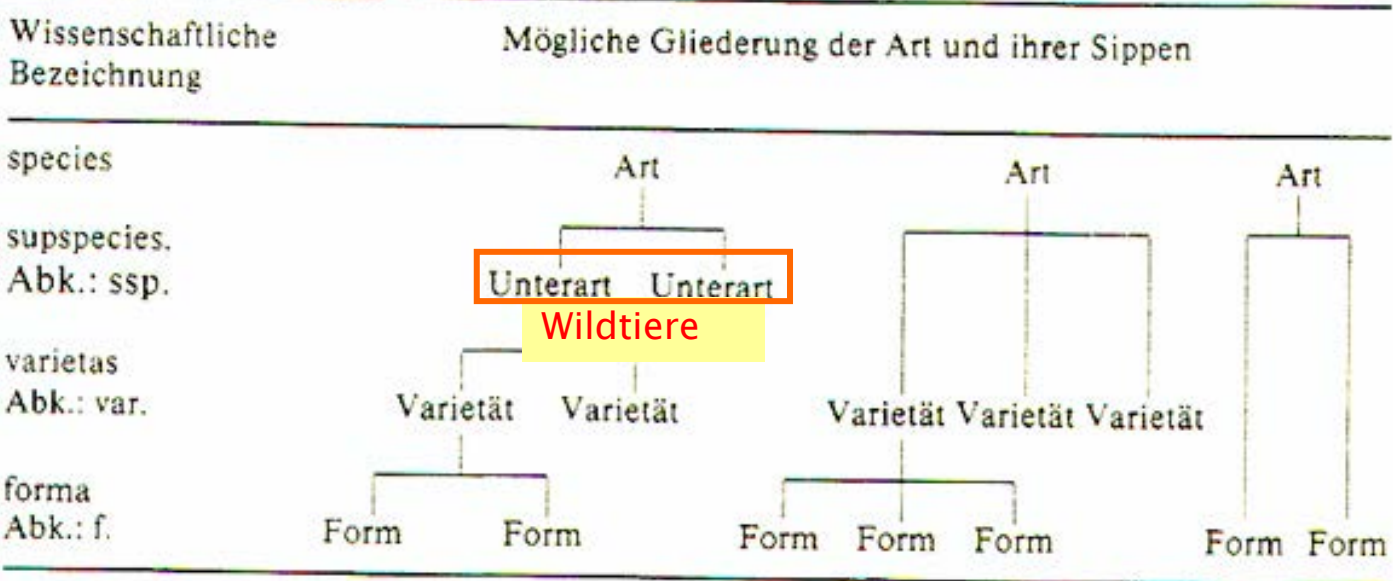
Nutzpflanzen: Wilde oder domestizierte Pflanzen, die zu irgendeinem Zweck genutzt werden

Kultivierung: Kultivierung ist ein **neutraler** Begriff, den man am besten mit „**Anpflanzen**“ umschreiben kann. Man kann sowohl genetisch und morphologisch wilde, als auch genetisch und morphologisch veränderte Pflanzen (= Kulturpflanzen) kultivieren. Kultivierung muss nicht eine **genetische und morphologische Veränderung** der Wildart durch Selektion zur Folge haben, sie kann aber. **Kultivierung ist etwas, was Menschen aktiv tun** (Boden bearbeiten, Jäten, Anpflanzen....).

Domestikation: Erst, wenn bei der Kultivierung eine Selektion in Richtung **genetischer und morphologischer Veränderung** eintritt, spricht man von **Domestikation**. **Der Begriff umschreibt bestimmte Eigenschaften von Pflanzen** (d.h. morphologische und genetische Veränderungen), welche durch Kultivierung und Auslese entstanden sind

Gliederung einer Art: Tiere

Gliederung der Art

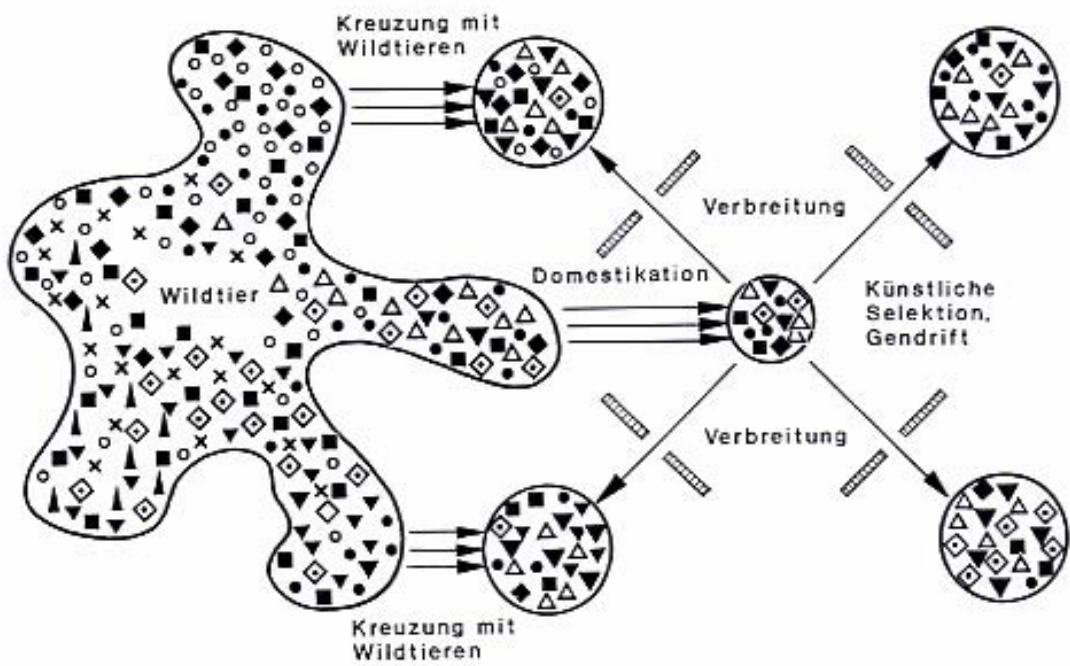


Unterart (subspecies, Abk. ssp. oder subsp.): NUR für Wildtiere verwendet!!

- wichtigste systematische Kategorie unterhalb der Art
- ssp. sind durch einige Merkmale gut voneinander zu **unterscheiden**
- ssp. sind stets **räumlich** (als geographisch begrenzte Gruppe lokaler Populationen) oder **zeitlich** voneinander **isoliert (vikariierend)**, d.h. der Genaustausch unter ihnen ist vermindert
- Individuen bilden aber bei Kreuzung **fertile Bastarde**

Gliederung einer Art: Tiere: (Forts.)

Genetische Mechanismen der Domestikation, Bsp. Tiere:

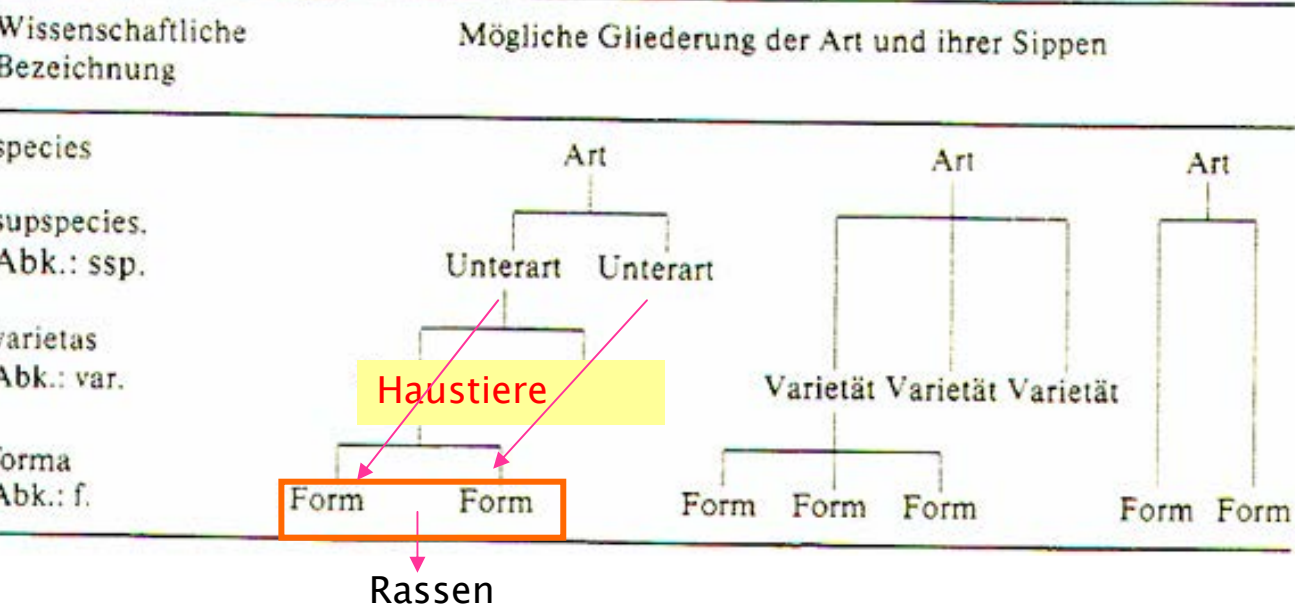


5 Mechanismen der Domestikation und ihre genetischen Wirkungen, insbesondere auf Veränderungen in der Häufigkeit von Genen (dargestellt durch unterschiedliche Symbole) (nach H. Hemmer 1979, Abb. 1).

Benecke 1994

Gliederung der Art

Tiere: die Unterarten wurden domestiziert → man kommt deshalb direkt zu den **FORMEN** resp. **Rassen**



Gliederung einer Art: Tiere: (Forts.)

Form (lat. **forma**, Abk. f.): **überwiegend für Haustiere gebräuchlich!**

Niedrigste systematische Kategorie unterhalb der Art. In ihr werden Tiere zusammengefasst, die meist nur in **einem** Merkmal von den übrigen Individuen einer Population abweichen.

Haustiere lassen sich nur **innerhalb der gleichen Art** (inkl. ihre **wilde Stammform**) erfolgreich fortpflanzen (dies gilt auch für Extremformen einer Art, z.B. Pekinese - Wolf !). Sie bilden also **keine eigene zoologische Art**, sondern sie bilden zusammen mit ihrer wilden Stammform gemeinsam eine Art und sollten deshalb auch nur eine **gemeinsame Artbezeichnung** tragen (Bohlken 1961). Daher ist z.B. die korrekte systematische Bezeichnung für den Hund nicht, wie meistens verwendet, ***Canis familiaris*** sondern ***Canis lupus f.(orma) familiaris*** (siehe aber unten, Probleme bei der Benennung). Da beim Hund unbekannt ist, welche Unterart domestiziert wurde, springt man direkt von Art auf Form; bei Ur, Schwein usw. ist dies bekannt, hier geht es von der Unterart zur Form.

Rassen: Nach Herre (1961) ist dies ein Begriff, der **nur** in Zusammenhang mit der inneren Gliederung von **Haustieren** verwendet werden sollte. Die Abgrenzung von Rassen erfolgt nach subjektiven Kriterien.

Landrassen haben sich hauptsächlich durch die Auswirkung von Umwelteinflüssen herausgebildet.

Kulturrassen oder **Hochzuchtrassen** sind hingegen das Ergebnis von starker Selektion durch den Menschen.

Innerhalb einer Haustierrasse können weitere Unterteilungen durch die Bezeichnung von **Schlägen** erfolgen.

Wissenschaftliche Benennung von Lebewesen: Probleme....

Prioritätsregel der biologischen Systematik: definiert den **zuerst** in der Literatur beschriebenen Namen als **gültigen** Artnamen. Dies kann zu **Problemen** führen, weil:

- bei einigen Arten z.B. zuerst das Haustier oder die Kulturpflanze zuerst beschrieben und bezeichnet wurde (vgl. Hausrind: *Bos taurus* L., oder Dinkel, *Triticum spelta* L.).
- da andere als zuerst veröffentlichte Namen als zu benutzende Namen festgelegt („konserviert“) wurden Wegen späterer Veröffentlichung nicht benutzbare Namen sind sog. **Synonyme** des gültigen Namens.

Beispiele

Dinkel: *Triticum spelta* L., Synonym: *Triticum aestivum* L. ssp. *spelta* (L.) Thell.

Emmer: *Triticum dicoccum* Schrank., Synonym: *Triticum turgidum* L. ssp. *dicoccum* Schübl.

Saatweizen: *Triticum aestivum* L., Synonym: *Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum* (weiteres Synonym: *Triticum vulgare* Vill.)

Canis familiaris L. Synonym: *Canis lupus* L. ssp. *familiaris*

WICHTIG deshalb: immer **Autor-Namen** angeben bei Publikationen, so weiss man, wovon die Rede ist!

(Haus)tiere: Definitionen, Grundsätzliches

Definition nach Herre/Röhrs 1990

Zucht und Vermehrung müssen seit Generationen unter Aufsicht des Menschen stehen.

- 1) Ernährung wird durch den Menschen gesteuert.
- 2) Tiere sind Eigentum der Menschen.
- 3) Haustiere erbringen einen wirtschaftlichen oder "psychischen" Nutzen für den Mensch.
- 4) Die herausgezüchteten morphologischen und physiologischen Veränderungen sind genetisch festgelegt.
- 5) Immer wiederkehrende Zählungen einzelner Wildtiere und ihre Nutzbarmachung (Elefant, Kormoran) ist keine Domestikation (höchstens Frühstadium).

(Haus)tiere: Definitionen, Grundsätzliches (Forts.)

Definition nach H. Hemmer 1983:

- 1) "Haustiere - das sind Tiere, die der Mensch im Umfeld seiner Behausung hält und züchtet, um in ständigem Gebrauch Nutzen aus ihnen zu ziehen."
- 2) "Nicht als Haustiere können solche Tiere bezeichnet werden, die der Mensch zwar ebenfalls im Haus hält, die er aber nicht generationenlang zu einem bestimmten Nutzzweck züchtet und dabei einer wie auch immer gearteten Auslese unterwirft. In solchen Fällen kann lediglich von gefangen gehaltenen und eventuell gezähmten Wildtieren gesprochen werden..... (Affen, europäische Stubenvögel, Schildkröten, Zootiere etc.)."

Definition nach Reed in Mason 1984:

- 1) Aufzucht und Vermehrung unter menschlicher Kontrolle
 - 2) Das Haustier liefert Produkte oder einen Nutzen für den Menschen
 - 3) Das Haustier ist gezähmt
 - 4) Das Haustier wurde bewusst von seiner Wildform weg selektioniert
- Das letztlich kennzeichnende Merkmal eines domestizierten Tieres ist eine bestimmte Zahl von Genotypen, welche ein Produkt der Selektion sind. Die ersten genetischen Veränderungen können durch natürliche Selektion zustande kommen wie z. Bsp. Anpassung an die Gefangenschaft / Anpassung an wenig Nahrung / gesteigerte Zahmheit / Bereitschaft sich in Gefangenschaft zu vermehren.
- Künstliche Selektion hat immer das Ziel die Kontrolle über die Vermehrung zu gewinnen. Die menschliche Selektion führt zur Bevorzugung von produktiveren Tieren, aber auch zur Bevorzugung rein äusserlicher, ornamentaler, modischer Kriterien.

Uerpmann 1979:

"Tiere, die in ihren Lebensäusserungen und ihrer Populationsdynamik vom Menschen unbeeinflusst sind, sind **Wildtiere par excellence**." Auch selektiver Einfluss des Menschen durch die Jagd ändert nichts am Wildtierstatus.

"**Haustiere par excellence** sind dagegen jene Tiere, die des materiellen oder ideellen Nutzens wegen kontrolliert gehalten und fortgepflanzt werden, und die sich infolge der menschlichen Einwirkung auch äusserlich von ihren Wildverwandten unterscheiden."

Nicht zu verwechseln ist der Begriff **Zahmheit** mit dem der **Domestikation**. Zahmheit ist ein wesentlicher Wesenszug von Haustieren, ist aber nicht auf die Haustiere beschränkt. Wildtiere, welche den Menschen nicht als natürlichen Feind betrachten, reagieren ebenfalls ohne Zutun des Menschen zahm.

Andererseits kann bei den Haustieren auch eine gesteigerte Wildheit als Zuchtziel vorliegen (spanische Kampfrinder). Daher ist also Zahmheit alleine kein Definitionskriterium für die Haustiere.

Kontrollierte Ernährung ist ebenfalls kein Definitionskriterium; wir finden sie auch bei gefangen gehaltenen Wildtieren, oder sie fällt bei extensiv gehaltenen Haustieren weg.

Domestikationsbedingte Veränderungen bei den Haustieren:

Betreffen: Grösse, Proportionen, Hornformen, Färbung, Haar- / Felltyp, Biorhythmus, Organe, Nervensystem, Weichteile, Verhalten („Charaktereigenschaften“)

Grössenveränderungen:

Veränderung gegenüber der Grösse von Wildtieren sind zu beobachten → „**Riesen- oder Zwergformen**“.

Aufgrund der osteometrischen Daten ist während den prähistorischen Epochen vorwiegend eine Grössenminderung der Haustiere zu beobachten.

Domestikationsbedingte Veränderungen bei den Haustieren (Forts.)

Gründe für die Größenminderung: Ernährung: hat einen wichtigen Einfluss auf die Größenentwicklung von Tieren → Bsp. Hunger – Mast – Versuch (Halle).

Genetischer Effekt: Bei Wildtieren können sich überwiegend nur die stärkeren und kräftigeren Exemplare fortpflanzen, bei Haustieren auch die schwächeren und kleineren. Während der Anfangsphase der Domestikation war es von Vorteil kleinere, weniger gefährliche Tiere zu halten. Bewusste Selektion von weniger gefährlichen, kleineren Tieren → Größenminderung.

Proportionswandel: *Größenabhängiger* Proportionswandel: **Allometrie**, am Beispiel der Schnauzenlänge bei Hunden.

Größenunabhängiger Proportionswandel: Breitwüchsigkeit: Kaltblutrassen bei den Pferden / Schlankwüchsigkeit / Feingliederigkeit: Warmblutrassen bei den Pferden.

Hornformen bei Schafen, Rindern: z. Bsp. Langhorn- und Kurzhornrassen bei Rindern.

Färbung: Wildfärbung hat den Sinn, dass die Tiere getarnt sind und nicht oder nur schwer zu sehen sind. Auffällig gefärbte Wildtiere haben keine grossen Chancen lange zu überleben und sich fortzupflanzen. Tiere mit auffälliger Felfärbung haben nur unter der Obhut des Menschen eine Chance zu überleben. Auffällige Färbungen oder Schäckungen treten auch sehr schnell bei noch primitiver Haustierzucht auf!

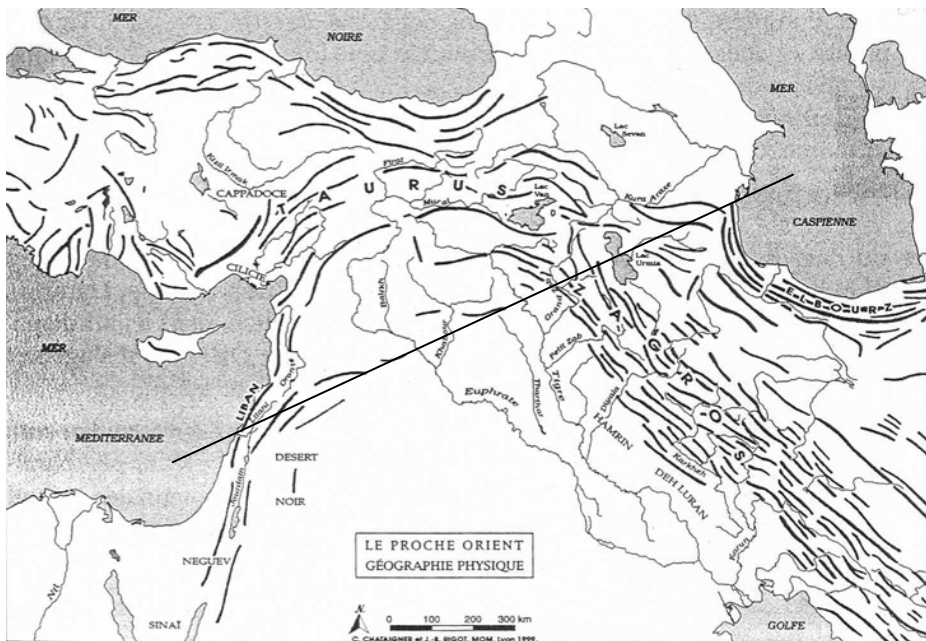
Haar- und Felltypen: Haarschafe: Soayschafe z. Bsp. müssen nicht, wie andere Schafrassen, geschoren werden. Sie werfen ihr Winterfell ab. Das Abwerfen erfolgt i. d. R. ab Anfang April und kann sich bis in den Juli hineinziehen.

(= Übergang Pleistozän (Würm-Spätglazial) / Holozän
sowie **Veränderungen der Subsistenz** in diesem Zeitraum

Den Übergang von der aneignenden zur produzierenden Wirtschaftsweise bezeichnet man – wie bereits erwähnt – als **Neolithisierung**. Sie vollzog sich im **Zeitraum** des ausgehenden **Pleistozäns** (also geologisch der älteren Abteilung der Formation QUARTÄR) und des beginnenden **Holozäns** (also geologisch der jüngeren Abteilung der Formation QUARTÄR), in Sonnenjahren vor heute ist dies der Zeitraum zwischen etwa 12'000 und 8000 v. Chr. ([detaillierte Chronologietabelle siehe https://eva.unibas.ch/download/87962-Chronologie_NearEast_overview_short_2009.pdf](https://eva.unibas.ch/download/87962-Chronologie_NearEast_overview_short_2009.pdf)).

Die letzte Phase des Pleistozäns ist gleichzeitig letzte Phase der letzten Eiszeit, und wird auch als **Würm-resp. Weichsel-Spätglazial** bezeichnet. Diese sowie der Übergang zum Holozän ist eine Zeit mit sehr **wechselvollem Klimageschehen**.

Ausgangslage: Heutige Klima- und Vegetations-Verhältnisse im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes



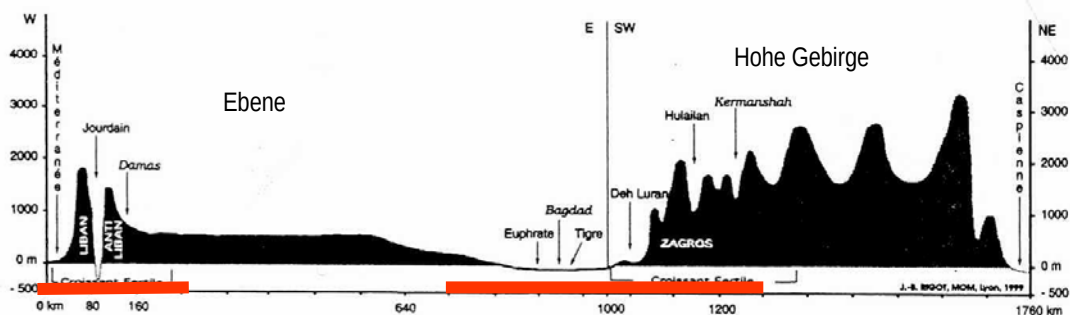
ca. Lage des SW-NE-Schnittes (unten)

Aurenche & Kozlowski 1999

Küste, Gebirge, Flusstal
(Jordan)

Schnitt SW-NE:

Grosse Flusstäler
(Euphrat, Tigris)

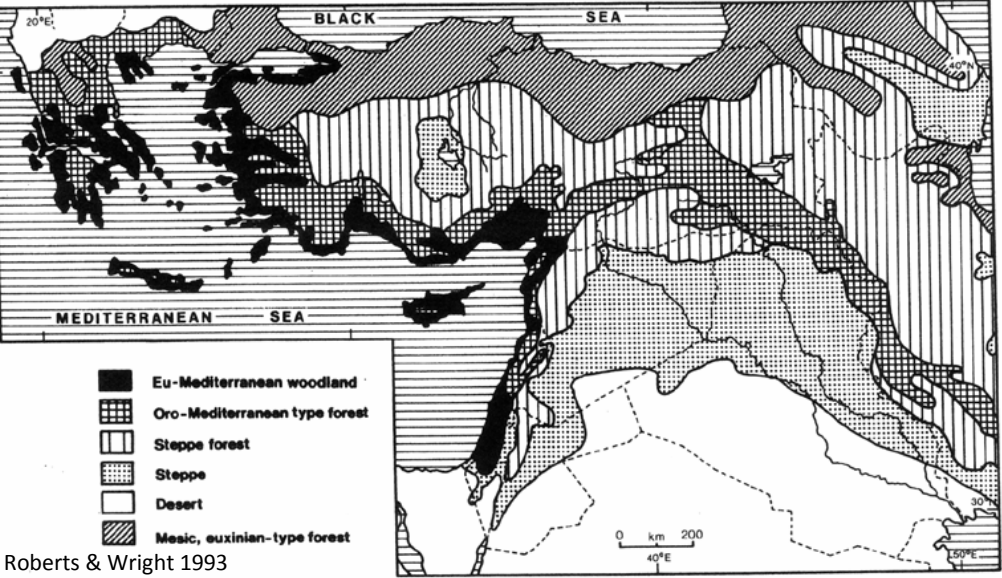
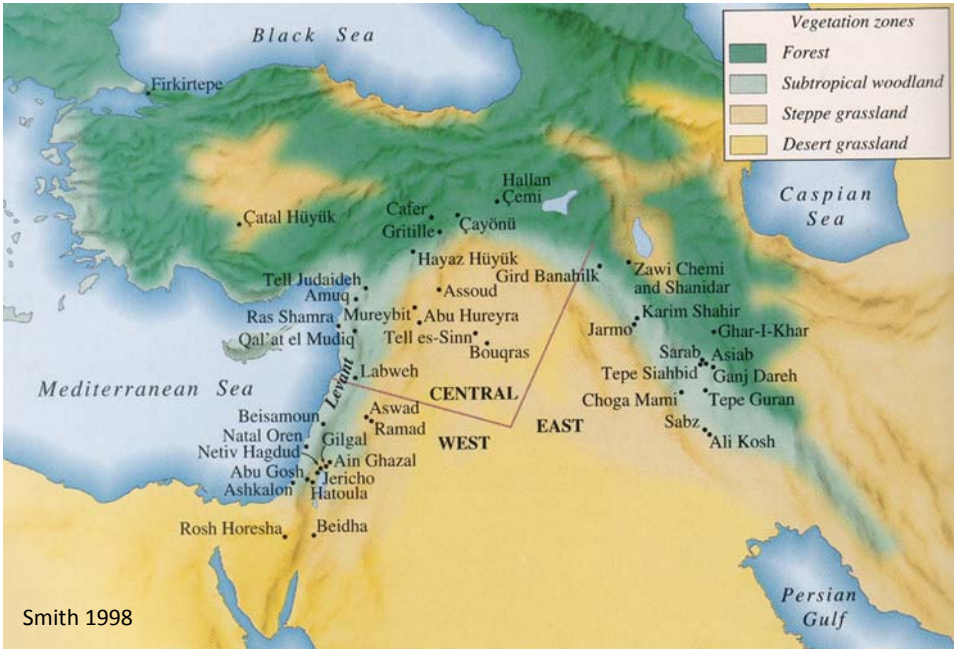


Ca. Zone „fruchtbarer Halbmond“

→ Sehr bewegtes Relief mit vielen verschiedenen Habitaten

Potentielle natürliche Vegetation: Übersicht

Potentielle natürliche Vegetation: Vegetation die sich einstellen würde, wenn der Einfluss des Menschen (inkl. seiner Haustiere) aufhören würde



Küste: mediterranes Klima. Natürliche Vegetation: immergrüner **Wald** (eu-mediterranean woodland) mit z.B. Steineiche, Aleppo-Kiefer, Pistazien usw.. Jahres-Niederschlag 400-1200 mm, heiße, trockene Sommer – kühle, feuchte Winter

Gebirge: sog. oro-mediterraner Wald: 400->2000 m. Heutige Vegetation: Zagros: immergrüne Eichen, in der SW-Türkei und im Libanon Kiefern, Zedern. Jahres-Niederschlag: um 600mm, mit Wintermaximum

Wichtige Vegetationseinheiten (im Zusammenhang mit der Domestikation) sind:

Waldsteppe (Steppe forest): Übergangszone zwischen Trockenwäldern und Steppe, Jahres-Niederschlag 300-600 mm, Wintermaximum (Wintergetreidebau ohne künstliche Bewässerung beträgt **250 mm/Jahr!**). Offener Wald (parkartig), mit zerstreut stehenden Bäumen und Sträuchern: immergrüne Eichen (z. Bsp. *Quercus ithabourensis*), dazu Pistazien, Wacholder, Mandel, Kiefern... **Dies sind die wichtigsten Standorte für Wildgetreide, wilde Hülsenfrüchte!**

Weiter landeinwärts: Klima wird noch trockener und kontinentaler:

Steppe (Steppe), baumlos: Gehölze nur entlang von Wasserläufen. Wichtigste Elemente sind Zwergsträucher und Kräuter wie *Artemisia* (Wermut). Kontinentales Klima (heiße Sommer, kalte Winter), Jahresniederschlag 100-200 mm, Wintermaximum
eine wichtige Rolle spielen in der Steppenzone die **Flussauen** (z.B. Waldbestände in → Holzversorgung / Standorte für Sammelpflanzen)

Wüste (Desert): Mit nur noch vereinzelt xerophytischen Sträuchern; annuelle Kräuter

FAZIT: Das Gebiet des fruchtbaren Halbmondes liegt in einer **ökologischen Grenzzone!** **Klimaänderungen hatten eine Verschiebung der Vegetationszonen zur Folge, was Auswirkungen auf die Verfügbarkeit wildwachsender/-lebender Ressourcen hatte!**

Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung: Übersicht über die paläoklimatologischen Daten aus dem östlichen Mittelmeerraum

22

S.A. Robinson et al. / Quaternary Science Reviews 25 (2006) 1517–1541

H=Heinrich event, LGM=Last Glacial Maximum, B-A=Bölling/Allerød Interstadial, YD=Younger Dryas

EHWP=Early Holocene Wet Phase

Sauerstoffisotopen Grönlandeis (als Vergleich)

Schematic Lake Lisan/ Dead Sea Levels²

Speleothem (Soreq Cave)³

SST = Sea Surface Temperature

Red Sea (GeoB5844-2)⁴

SSS = Sea Surface Salinity

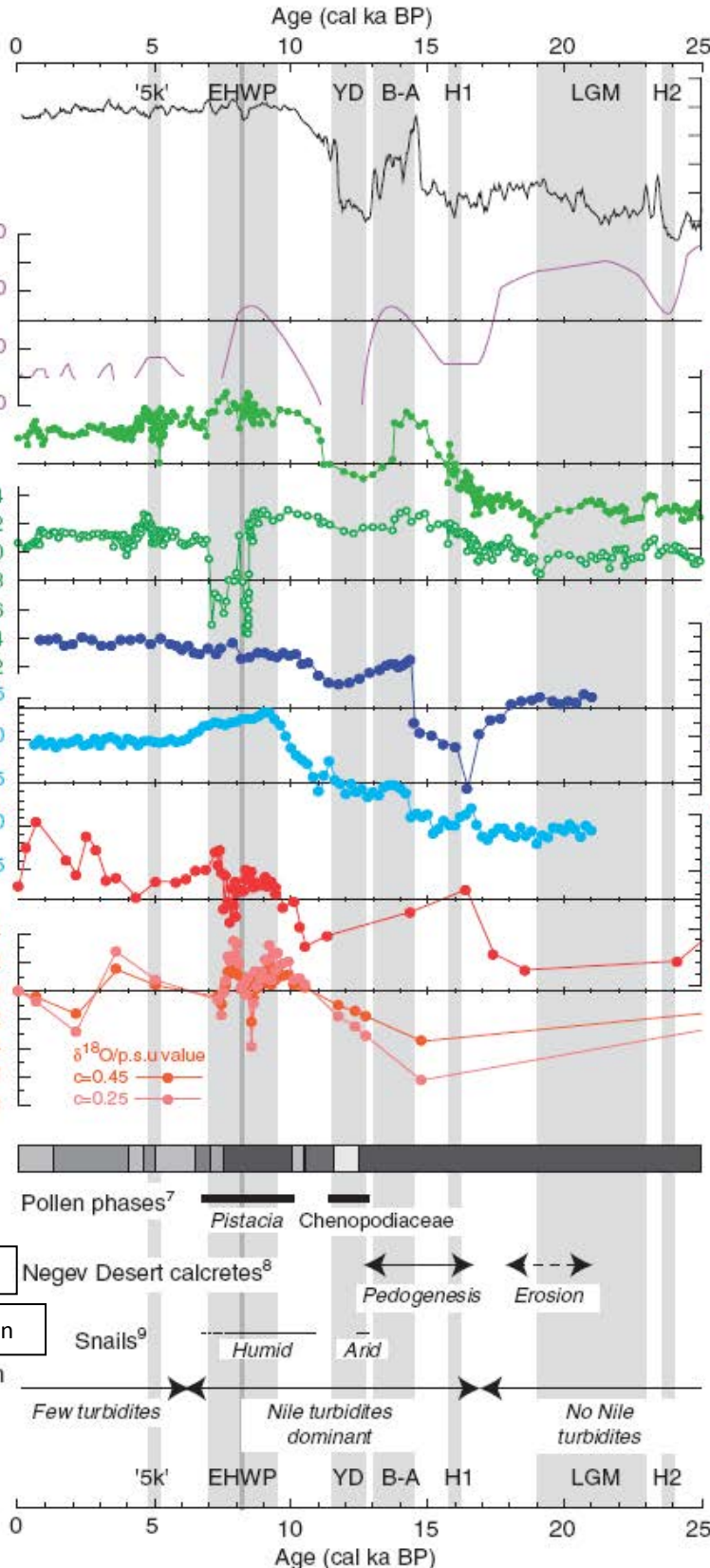
Eastern Mediterranean (ODP Site 967)⁵

Vegetation

Bodenbildung Negev- Wüste

Mollusken

Herodotus Basin turbidites¹⁰



Seesedimente

Sauerstoffisotopen Tropfsteine

Sedimente (Rotes Meer)

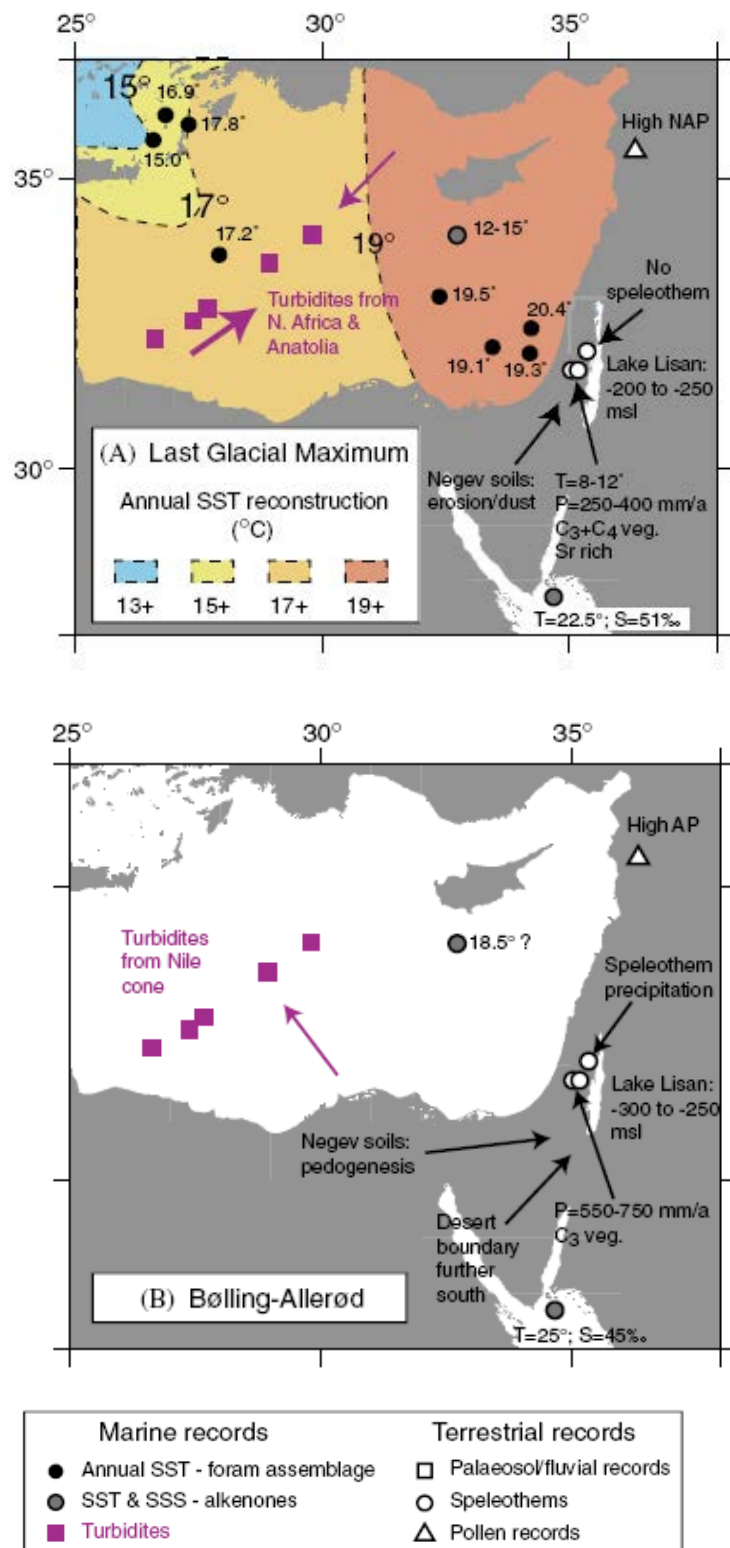
Sedimente (Östliches Mittelmeer)

Palaeosols (Israeli coastal plain)⁶

1 2 3 4 5 6 7 8
Dry Wet

Siehe zur Klimageschichte auch Weninger et al. 2009. Für E- / SE-Anatolien inkl. Zagros siehe die Zusammenstellung von Haldorsen et al. 2011 (hier ergänzt)

Fig. 14. Compilation of terrestrial and marine palaeoclimatic proxy data for the Levant and Eastern Mediterranean. Also shown is the ice core record from GISP 2 (Greenland). References: 1: Alley (2000); 2: see Fig. 6; 3: Bar-Matthews et al. (2003); 4: Arz et al. (2003a); 5: Emeis et al. (2000, 2003); 6: Gvirtzman and Wieder (2001); 7: Rossignol-Strick (1995); 8: Magaritz (1986), Goodfriend and Magaritz (1988); 9: Magaritz and Heller (1980); Goodfriend (1991, 1990, 1999); 10: Reeder et al. (2002).



Würm-Hochglazial: vor 12'600 v. Chr. (vor 14'600 BP = before present cal) (frühes Epipaläolithikum / Paläolithikum)

Meeresoberflächentemp. (SST) deutlich tiefer als heute (Rek. schwanken zw. 12 und 19 Grad C). Salzgehalt (SSS) höher als heute.

Sauerstoffisotopen deuten auf kältere und trockenere Verhältnisse als heute. Jahres-N: 250-400 mm

Seespiegel: Totes Meer, andere Seespiegel währ. LGM trotzdem hoch (Schneeschnmelze?), deutliches Absinken während H1

Vegetation: östl. Mittelmeerraum: Hohe NAP (=Non Arboreal Pollen = Nichtbaumpollen) – Anteile von *Artemisia*, *Ephedra*, *Chenopodiaceae*, Gräser (*Poaceae*) in Pollendiagrammen: Steppe – Halbwüste mit lückiger Vegetation (E-Anatolien/Zagros ähnlich).

Fazit: trockeneres und kälteres Klima als heute, in E-Anatolien wüstenhaft, *Artemisia*-*Chenopodiaceae*-Dominanz)

Bølling/Allerød-(Spätglazial-) Interstadial: ca. 12'600-10'700 v. Chr. (= ca. 15'000 – 13'000 BP cal), Epipaläolithikum / Paläolithikum und frühes Protoneolithikum

Meeresoberflächentemp. (SST) Daten z.T. unklar, Anstieg wahrscheinl. (v.a. Rotes Meer!)

Sauerstoffisotopen: Anstieg der N auf mind. 500 mm/Jahr

Seespiegel: Totes Meer, andere Seespiegel deutlich höher als während H1

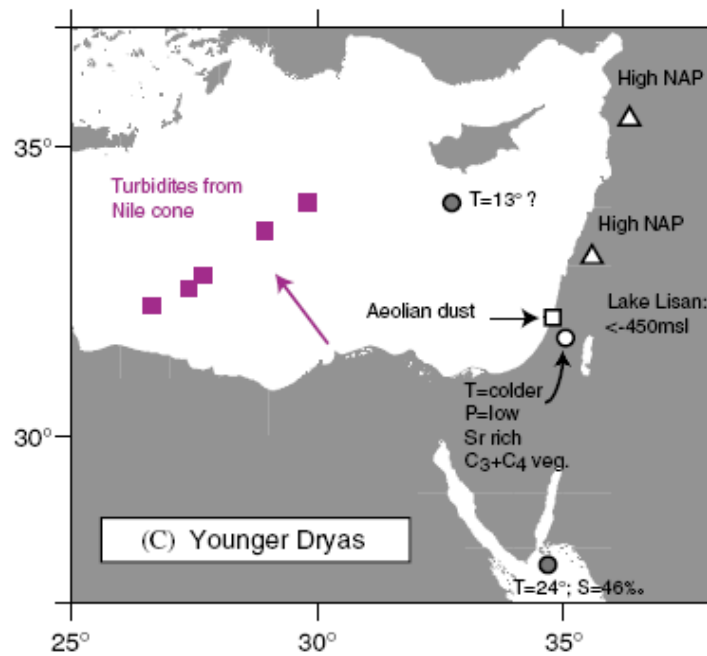
Vegetation: östl. Mittelmeerraum: Anstieg der Baumpollen%, Auftreten sommergrüner Eichen (Achtung: Datierung der wenigen vorhanden Pollendiagramme umstritten) (E-Anatolien/Zagros: viele Gräser, wenige Bäume)

Fazit Klima: höhere Niederschläge, wärmere Temperaturen als während des Hochglazials!

Kulturstufen: traditionell / vereinfacht nach Benz 2000 / siehe Chronologietabelle „Neolithisierung“ auf EVA-Server

Abbildung 15 aus Robinson et al 2006:

Fig. 15. Summary of climatic conditions at the LGM (A), peak of the Bølling-Allerød warm phase (B), the Younger Dryas (C) and during the early Holocene/SI (D). Turbidite data from Reeder et al. (2002); Alkenone SSTs and SSS data from Emeis et al. (2000, 2003) and Arz et al. (2003a, b); speleothem data from Bar-Matthews et al. (1997, 1999, 2000, 2003), Frumkin et al. (1999, 2000), Vaks et al. (2003) and McGarry et al. (2004); pollen data from Niklewski and Van Zeist (1970), Baruch and Bottema (1991) and Rossignol-Strick (1995); lake levels from Fig. 6 (this study); LGM annual SSTs calculated from foraminiferal assemblages taken from Hayes et al. (2005); Early Holocene sea-surface salinity values are from Kallel et al. (1997a); Israeli coastal plain palaeosol data from Gvirtsman and Wieder (2001); Negev data from Magaritz (1986), Goodfriend and Magaritz (1988); Goodfriend (1999); Southern Jordan fluvial data from McLaren et al. (2004). T = temperature (all in °C), S = salinity, P = precipitation, NAP = non-arboreal pollen, AP = arboreal pollen, maps drawn with GMT (<http://gmt.soest.hawaii.edu/>). Coastlines do not account for any changes in sea-level or sedimentation.



Jüngere Dryas : 10'700 – 9'700 v. Chr. ca. (12'700 – 11'500 BP cal ca.) (ausgeh. Epipaläolithikum / erste Phase entwickeltes Protoneolithikum)

Meeresoberflächentemp. (SST): Daten schwer zu deuten. Hinweise auf Abkühlung

Salinität (SSS) erscheint wenig verändert

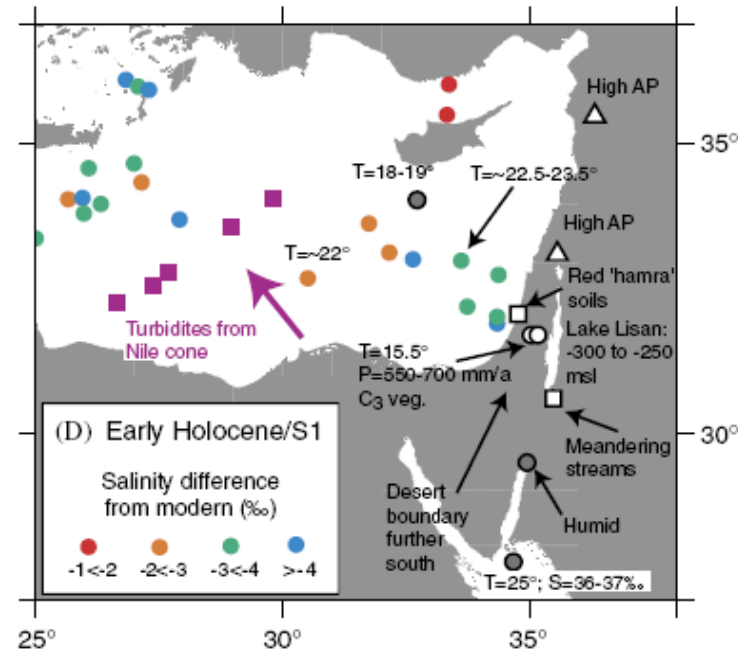
Sauerstoffisotopen: deuten auf Abkühlung und Trockenheit

Seespiegel: Totes Meer, andere Seespiegel: sinken extrem ab. Salzausblühungen!

Vegetation: östl. Mittelmeerraum: Baumpollen-Rückgang, Anstieg NAP (v.a. Gräser, Ephedra, Chenopodiaceae, Artemisia), Deutet auf Jahres-N von < 150mm. (E-Anatolien/Zagros: wüstenhaft, keine Bäume, Artemisia –dom. Steppe)

Auf lückige Vegetation deutet auch die Ablagerung äolischer Sedimente in Meerbohrkernen.

Fazit: Wieder kältere und v.a. extrem trockene Klimabedingungen (wohl trockenste Phase der letzten 25'000 Jahre überhaupt!). Abruptes Einsetzen!



Frühes Holozän : nach 9'700 v. Chr. ca. (in Robinson et al 2006 beschrieben ist der Zeitraum 9500 – 7000 BP cal ca. (EHWP)) (PPNA, PPNB bis Keram. Neolithikum / zweite Phase entwickeltes Protoneolithikum, frühes Neolithikum)

Meeresoberflächentemp. (SST): steigt deutl. an auf >20 Grad C.

Salinität (SSS) währ.EHWP 2-4 ‰ tiefer als heute: Ablagerung von **Sapropel** (S1) (=Faulschlamm) im östl. Mittelmeer, zurückführbar auf wesentlich mehr Süßwasser, das ins Meer gelangte (höchstwahrsch. durch stark erhöhte Niederschläge).

Sauerstoffisotopen: deutlicher Anstieg nach YD, deutet auf wärmere, feuchtere Verhältnisse hin! währ. EHWP Jahres N. auf 550-700 mm!

Seespiegel: Totes Meer, andere Seespiegel wieder deutlich ansteigend gegenüber YD.

Vegetation: östl. Mittelmeerraum: Deutlicher Anstieg der Baumpollenwerte (v.a. *Pistacia*, *Quercus*, *Olea* usw. (siehe Diagramm Hula, insbes. ab 8500 v. Chr.). (E-Anatolien/Zagros: Gräser-Ausbreitung, Bäume vorhanden (*Pistacia*, *Quercus*))

Weiteres: Grenze der Negev-Wüste wandert gegen S. Bodenbildungen!

Fazit: Es wird feuchter und wärmer! EHWP (Zeit ab 7500 v. Chr.) ist die feuchteste Periode der letzten 25'000 Jahre im östlichen Mittelmeerraum.

Marine records	Terrestrial records
● Annual SST - foram assemblage	□ Palaeosol/fluvial records
● SST & SSS - alkenones	○ Speleotherms
■ Turbidites	△ Pollen records

Abbildung 15 aus Robinson et al 2006

Kulturstufen: traditionell / vereinfacht nach Benz 2000 / siehe Chronologietabelle „Neolithisierung“ auf EVA-Server

Fig. 15. Summary of climatic conditions at the LGM (A), peak of the Bölling-Allerød warm phase (B), the Younger Dryas (C) and during the early Holocene/S1 (D). Turbidite data from Reeder et al. (2002); Alkenone SSTs and SSS data from Emeis et al. (2000, 2003) and Arz et al. (2003a, b); speleothem data from Bar-Matthews et al. (1997, 1999, 2000, 2003), Frumkin et al. (1999, 2000), Vaks et al. (2003) and McGarry et al. (2004); pollen data from Niklewski and Van Zeist (1970), Baruch and Bottema (1991) and Rossignol-Strick (1995); lake levels from Fig. 6 (this study); LGM annual SSTs calculated from foraminiferal assemblages taken from Hayes et al. (2005); Early Holocene sea-surface salinity values are from Kallel et al. (1997a); Israeli coastal plain palaeosol data from Gvirtsman and Wieder (2001); Negev data from Magaritz (1986), Goodfriend and Magaritz (1988); Goodfriend (1999); Southern Jordan fluvial data from McLaren et al. (2004). T = temperature (all in °C), S = salinity, P = precipitation, NAP = non-arboreal pollen, AP = arboreal pollen, maps drawn with GMT (<http://gmt.soest.hawaii.edu/>). Coastlines do not account for any changes in sea-level or sedimentation.

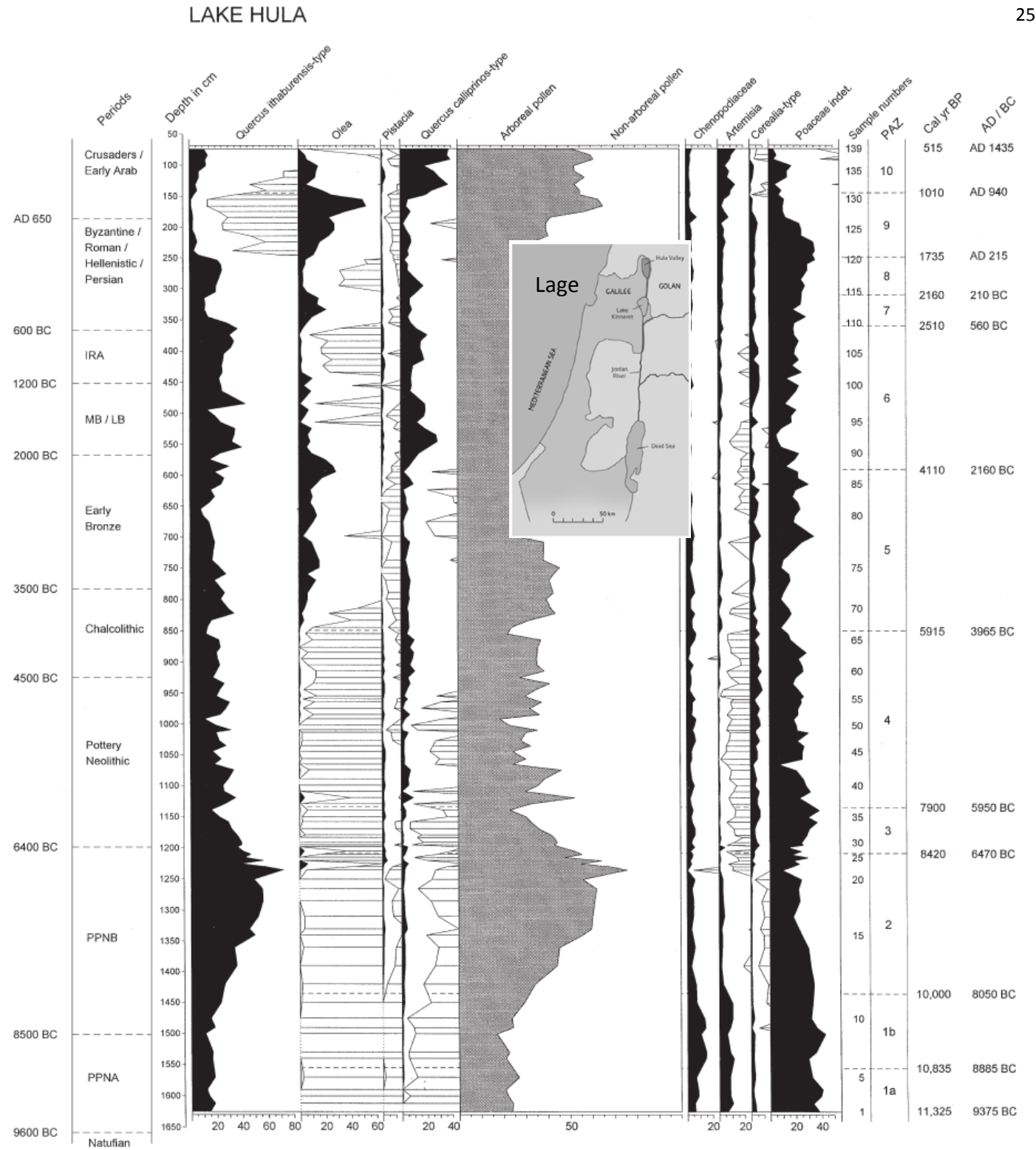


Fig. 5. Summary Hula diagram with alternative dating of the pollen profile. For explanation and discussion, see sections 5 and 8. The dating of the Pre-Pottery and Pottery Neolithic periods (in calibrated years BC) is according to Goring-Morris *et al.* (2009); the dates of the younger archaeological periods are those generally accepted for the Levant

Aus van Zeist et al. 2009; das Diagramm beginnt im frühesten Holozän!

Fazit Klimageschichte:

Wechselvolles Klimageschehen in der ausgehenden letzten Eiszeit und dem Beginn des Holozäns; zum Teil abrupte, massive Änderungen der Umweltverhältnisse, welche grossen Einfluss auf die Zusammensetzung der Vegetation in dieser ökologisch sensiblen Zone hatten. Die Ressourcen in der Umgebung von Siedlungsplätzen müssen massiven Schwankungen unterworfen gewesen sein! Genauere Angaben dazu, wie von Hillman (2000) modellhaft postuliert, sind aufgrund neuerer Datierungsansätze allerdings nicht mehr haltbar. Inwiefern das Klimageschehen die Subsistenz beeinflusst hat, ist umstritten (siehe etwa die Diskussion in Haldorsen et al 2011; diese Autoren sehen Klima als wichtigen Faktor an; andere wie Fuller und KollegInnen plädieren eher für eine grosse Anpassungsfähigkeit der spätpaläolithischen Jäger/Sammlergruppen).

Veränderungen der Ökonomie (Sammeln und Kultivierung von Pflanzen) im Verlauf der Neolithisierung anhand von Pflanzen (und Tier-)spektren verschiedener Fundstellen

Forschungsstand Archäobotanik: Karte archäobotanisch untersuchter Fundstellen ab dem Jungpaläolithikum, dazu Verbreitungsgebiete von Wildgetreide (Fuller 2007, ergänzt nach neuerer Literatur)

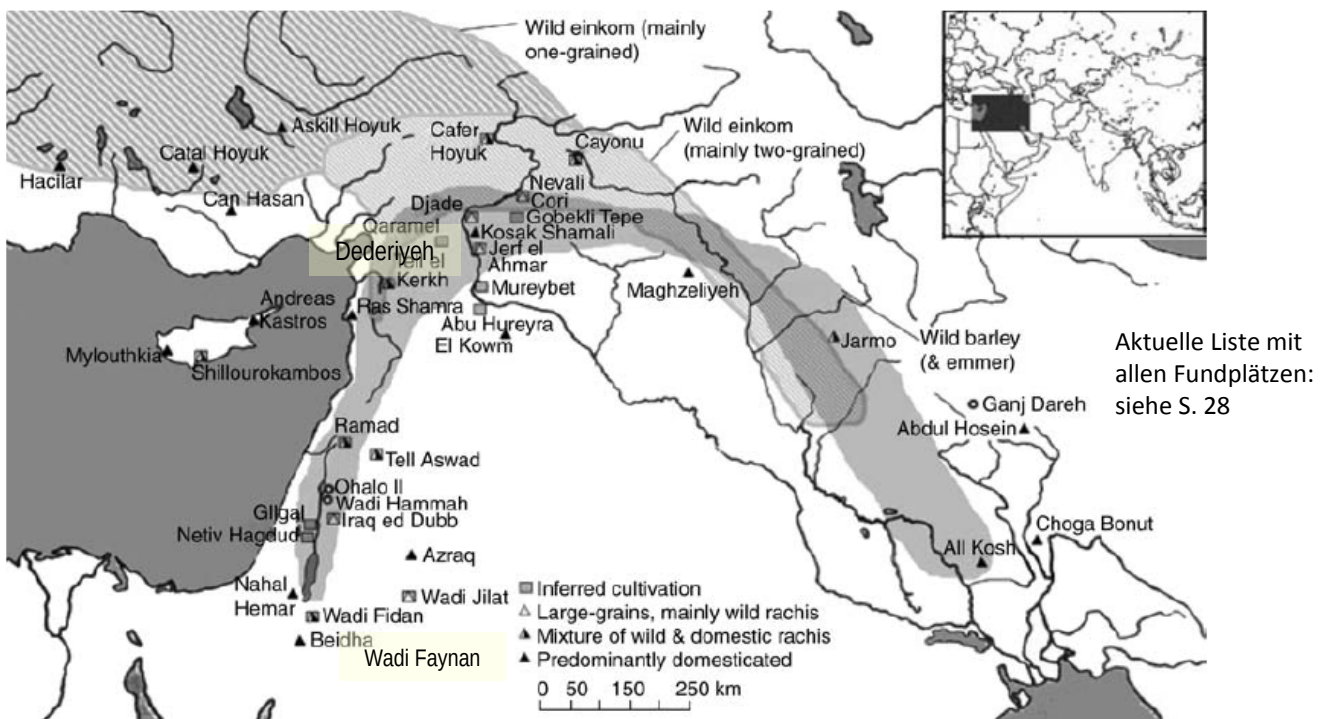


FIG. 2. Map of south-west Asia, showing the locations of sites with archaeobotanical evidence that contributes to understanding the origins and spread of agriculture. Sites are differentiated on the basis of whether they provide evidence for pre-domestication cultivation, enlarged grains, mixed or predominantly domestic-type rachis data. Note that these sites represent a range of periods, and many sites have multiple phases of use, in which case the earliest phase with significant archaeobotanical data is represented. Shaded areas indicate the general distribution of wild progenitors (based on Zohary and Hopf, 2000, with some refinements from Willcox, 2005). It should be noted that wild emmer (*Triticum dicoccoides*) occurs over a sub-set of the wild barley zone, and mainly in the western part of the crescent.

Liste von archäobotanisch untersuchten Fundstellen (v.a. nach Fuller 2007, Willcox (et al.) div., Colledge & Conolly 2010, VHA Sonderband 2012 (Willcox et al., Eds.)

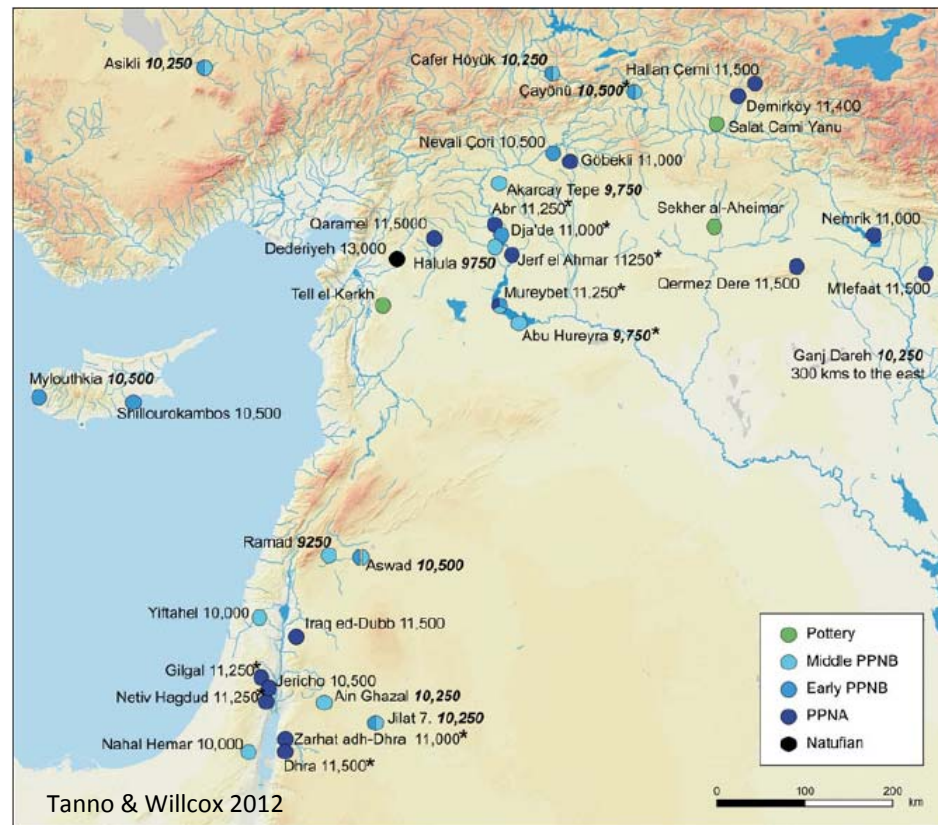
1) **des Jung- und frühen Epipaläolithikums und des späteren Epipaläolithikums** / gemäss Benz 2000 auch frühes Protoneolithikum und erste Phasen des entwickelten Protoneolithikums (**vor ca. 9'700 v. Chr.**):

In neuesten Publikationen genannt:

Südliche Levante: Ohalo II (Jungpaläolithikum, 21'000 BC); Wadi Hamme 27; Wadi Faynan 16;

Nord-Levante/SE-Anatolien: Tell Abu Hureyra I; Dederiyeh; (Tell Quaramel: v.a. PPNA, siehe dort)

In früheren Publikationen erwähnt, in neuesten nicht mehr: Wadi Jilat 6; Iraq ed Dubb (I; Natufien); Hayonim Cave; Drah' (Natufien); siehe Colledge 2001



Lage der wichtigsten Siedlungsplätze mit archäobotanischen Daten.
 *=Orte, an denen „pre-domestication-cultivation“ (siehe S. 35 ff.) nachgewiesen ist.

Kursiv Fett: frühestes Datum für domestiziert erscheinenden Drusch.

Aktuelle Liste mit allen Fundplätzen siehe S. 28

Liste von archäobotanisch untersuchten Fundstellen (Forts.) (v.a. nach Fuller 2007, Willcox (et al.) div., Colledge & Conolly 2010, VHA Sonderband 2012 (Willcox et al., Eds.):

2) des PPNA / gemäss Benz 2000 des späteren entwickelten Protoneolithikums, **ca. 9'700-8'700 v. Chr.** :

In aktuellen Publikationen aufgeführt:

Nord-Levante/SE-Anatolien: Körtlik Tepe; Tell Quaramel; Mureybet I-III (Tell); Hallan Cemi; Tell Abr'3; Demirköy; Jerf el Ahmar; Göbekli Tepe.

Südliche Levante: Iraq-ed-Dubb; Gilgal I; Netiv Hagdud; Wadi Hemmeh (auch nur Hemmeh oder el-Hemmeh); Zahrat adh-Dhra'2 (auch Drah); Jericho 1 ("PPNA")

Östl. Fruchtbare Halbmond (Zagros...): M'lefaat; Quermez Dere (unterste Schichten cf Epipaläol.)

3) des PPNB / gemäss Benz 2000 ausgehenden entwick. Protoneolithikums sowie des frühen Neolithikums, **ca. 8'700 – 7000 v. Chr.:**

In aktuellen Publikationen aufgeführt:

Frühes bis mittleres PPNB (ca. ca. 8700 – 7500 BC cal):

Nord-Levante/SE-Z-Anatolien: Dja'de; Mureybet IV; Tell el Kerkh; Cayönü; Nevali Cori; Hacilar; Cafer Höyük III-VIII (z.T. später); Asikli Hüyük; Can Hasan III (z.T. später)

Südliche Levante: Jericho II; Tell Aswad I; Beidha; Yiftah'el; Wadi Jilat 7; Nahal Hemar;

Zypern: Kissonerga-Mylouthkia; Silloukambos; Cafer Höyük IX-XIII; Kalavassos Tenta (zum Teil jünger); Ais Yorkis;

Östl. Fruchtbare Halbmond (Zagros...): Chogah Golan; Chia Sabz; Nemrik (beginnt schon früher); Ganj Dareh; Tepe Abdul Hossein; Jarmo;

PPNB final / PPNC (7500-6000 BC cal):

Nord-Levante/SE-Z-Anatolien: Sabi Abyad (z.T. etwas früher); Tell Halula (z.T. etwas früher); Abu Hureyra 2A-C; Ras Shamra; Tell Bouqras; Catal Höyük East; El Kowm II

Südliche Levante: Azraq 31; Ghoraife; Basta; Ain Ghazal (z.T. früher); Wadi Fidan A; Tell Ramad; Wadi Jilat 13

Östl. Fruchtbare Halbmond (Zagros...): Ali Kosh (B M Ph.); Chogha Bonut; Tell Magzaliyeh;

Liste von archäobotanisch untersuchten Fundstellen (v.a. nach Fuller 2007, Willcox (et al.) div., Colledge & Conolly 2010)

Fazit:

Total: 63 untersuchte Fundstellen – Forschungsstand nach wie vor lückenhaft!
Vor allem in älteren Grabungen oft nur wenige Proben (oder ungenaue Angaben) mit nur wenigen Pflanzenresten untersucht.
Oft weiteres Problem: Pflanzenrestdichte pro Volumeneinheit oft **sehr gering**, d.h. maximal 1-2 Stk. pro Liter ausgegrabenes Sediment!
Aus der „entscheidenden“ Zeit am Ende des Pleistozäns gibt es eigentlich nur 4 (-6, je nachdem, ob man die in den neueren Publikationen nicht mehr erwähnten mitzählt...) einigermaßen gut untersuchte Fundstellen (siehe S. 26 und Tabelle S. 28)

Übersicht (meist) kürzlich archäobotanisch untersuchter Fundstellen aus dem Gebiet des sog. “Goldenen Dreiecks” (Syrien, SE-Anatolien), aus dem Zeitraum ausgehendes Pleistozän bis (v.a.) Frühes Holozän

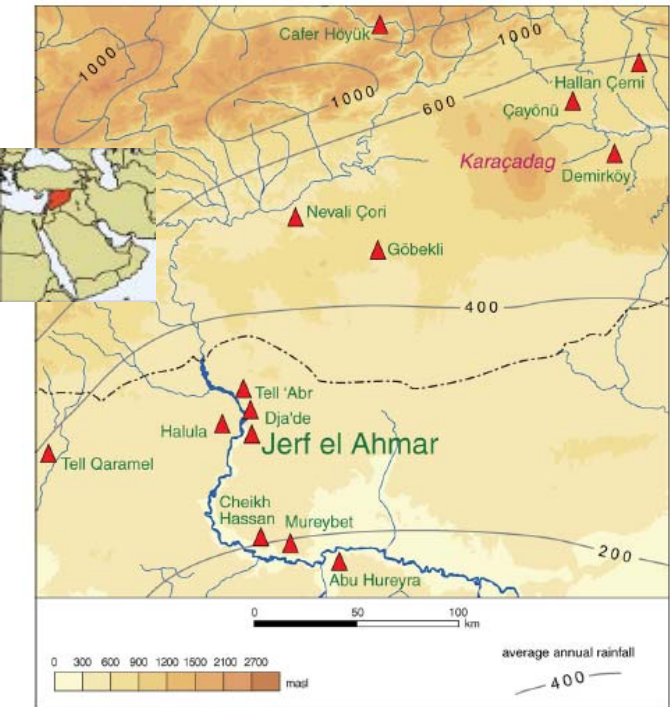


Figure 1. The location of the principal sites mentioned in the text, average annual rainfall and relief.

Willcox & Stordeur 2012

Erst aus den letzten 10-15 Jahren gibt es repräsentativ untersuchte Fundplätze mit >100 Proben und >10'000 Samen und etwas höherer Funddichte: Funddichten 2,8-6,9 Stk/Liter (siehe Tabelle 1 in Willcox & Stordeur 2012)

Gemäss einer neuen Tabelle aus Willcox et al. 2009, 153 gibt es eigentlich **NUR 12 gut untersuchte Fundplätze**, die ins Paläolithikum bis zum Mittl. PPNB datieren – gegenüber dem Stand der Dinge im Jahr ca. 2000 immerhin 7 mehr!!

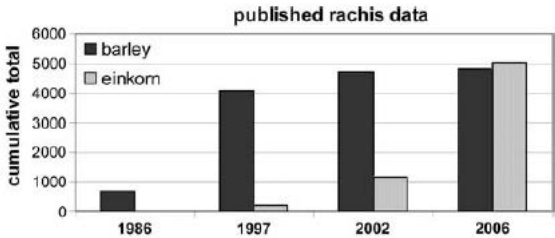


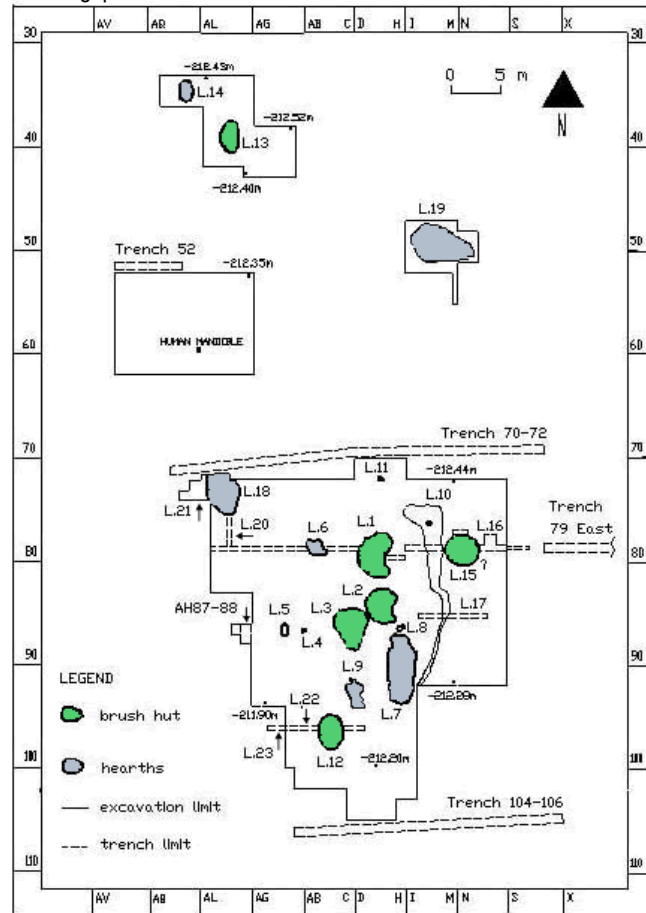
Fig. 1 Chart of the growth of published, quantified archaeological remains of barley rachis/einkorn spikelet forks from pre-pottery sites in the Near East. Note that in the late 1980s/early 1990s data were not available to test the rapid domestication model proposed by Hillman and Davies (1990, 1992), or implied by Zohary and Hopf (1993), nor were such data available in early 1997 when Heun et al. (1997) made their first phylogenetic inference of a single centre of origin (Derived from the primary data sources reviewed in Fuller 2007.)

Allaby et al. 2010

Weitere Probleme: es gibt kaum durchgehende Stratigraphien vom Paläolithikum bis ins frühe Neolithikum..... dadurch sind Entwicklungen nicht direkt rekonstruierbar, Tendenzen müssen als “Stückwerk” aus verschiedenen Teilstratigraphien und Gegenden “zusammengeflickt” werden. Fundplätze mit langen Stratigraphien wurden zum Teil schon früh ausgegraben (z.B. Jericho, auch Abu Hureyra I und „Intermediate“, zu AH siehe Colledge & Conolly 2010), deshalb gibt es dort fragliche Schichtzuweisungen, und die C14-Chronologie ist umstritten). Viele Ergebnisse sind daher diskutabel!

Ohalo II, am See Genzareth, heute Israel, 22'500-23'500 cal BP (Kislev et al. 1992, Weiss et al. 2008, Piperno et al 2004): Zeit der kältesten Periode der letzten (Würm-) Eiszeit, Kebara-Kultur (Jungpaläolithikum). Sehr gute Erhaltung der Befunde, da sie durch Seesedimente rasch zugedeckt wurden! > 2000 m2 ausgegraben, 1989-1991 und 1999-2001

Grabungsplan 2001



Schnitt durch „Hütte“1 (=L1 auf Plan)

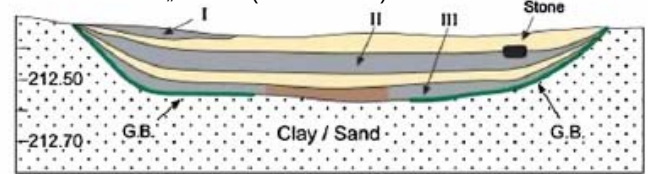
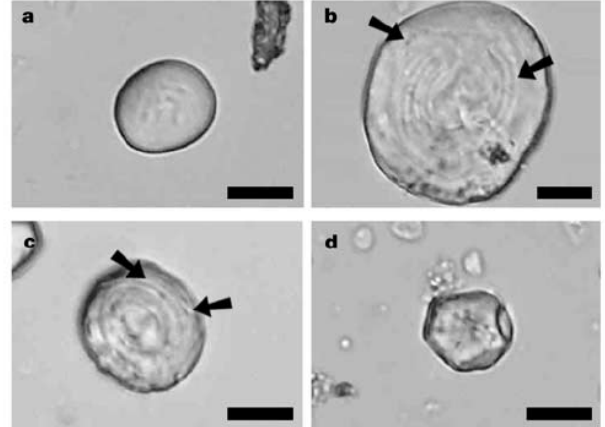


Fig. 3. An east-west cross-section through the floors of brush hut 1. Note the exaggerated vertical scale. I, II, III, the three floors, stone on right—the grinding stone discussed in text; GB, grass bedding.

Man geht von 1-phasigen Besiedlungsevents aus. Mahlstein im Inneren der „Hütte“ (stone): er stammt aus Belegungsschicht 2. Ergebnisse der Analysen von Stärkekörnern (Mikroreste; Piperno et al. 2004) gaben Hinweise auf die Funktion des Mahlsteins:



Ergebnis: v.a. AHT=Hordeum-Triticum-Aegilops = grossamige Wildgräser, Wildgetreide gefunden

Archäobotanik, Makroreste: Methoden, Erhaltung der Pflanzenreste:

0,92 m³ Sediment geschlämmt (2mm-Sieb), zusätzlich 17 l aus einer Herdstelle in einer „Hütte“ bis 0,5mm. Dazu: ganzer Boden der Behausung („Hütte“) 1: ¼-QM weise als Proben entnommen und geschlämmt (siehe Abbildung S. 31). Es sind fast nur verkohlte Reste erhalten, diese aber in z.T. hoher Funddichte und in ausgezeichnetem Zustand (Hütten abgebrannt?), da die Schicht rasch einsedimentiert worden sein muss.

Charred edible plant remains from Ohalo II

Spektrum essbarer Pflanzen (Kislev et al. 1992):

SEHR breites Spektrum!!!!

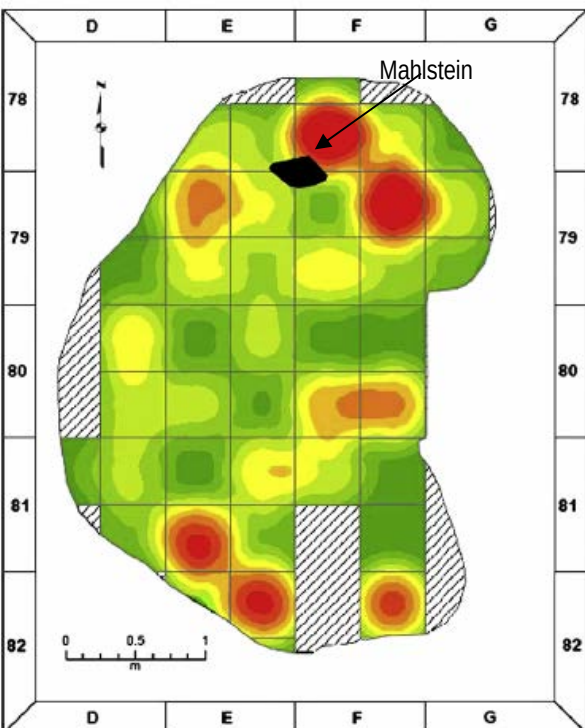
Plant name	Plant organ	Quantity ¹	
		a	b
Grasses with edible grains			
<i>Aegilops geniculatoperegrina</i>	grain	110	12
<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	grain		4
<i>Avena sterilis</i> L.	grain	8	
<i>Bromus</i> sp.	grain	1	4
<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) Beauvois	grain	1	65
<i>Hordeum bulbosum</i> L.	grain	10	12
<i>Hordeum glaucum</i> Steudel	grain	6	20
<i>Hordeum spontaneum</i> C. Koch	grain	588	41
<i>Hordeum spontaneum</i>	rachis node		30
<i>Triticum dicoccoides</i> (Koernicke) Aaronsohn	grain	20	1
<i>Triticum dicoccoides</i>	spikelet base	1	8
Unidentified grasses	grain	15	91

Edible wild fruits

<i>Amygdalus</i> sp.	nutshell fragment	2	
<i>Crataegus</i> sp.	stone	12	
<i>Nitraria schoberi</i> L.	stone	153	12
<i>Olea europaea</i> L.	stone fragment	1	
<i>Pistacia atlantica</i> Desfontaines	nutshell fragment	1	1
cf. <i>Pyrus syriaca</i> Boissier	seed	1	
<i>Quercus</i> sp.	nut fragment	14	29
<i>Vitis vinifera</i> L.	pip	2	
<i>Ziziphus spina-christi</i> (L.) Desfontaines	stone fragment	2	

Saison der Belegung: Gräser: Frühling-Frühsummer, Baumfrüchte: Herbst. Mind. 2maliger Aufenthalt anzunehmen. Ev. sogar ganzjährig??

Flächenverteilung der Pflanzenreste in „Hütte“ 1, Kulturschicht („floor“) 2:



Weiss et al. 2008

Grösse 3 x 4 m; 12 m²; 0,5 x 0,5 m² Einheiten

Ergebnisse:

60'000 Pflanzenreste; fast 100 Taxa

13 Taxa (=>80% aller Reste) weisen deutliche Unterschiede in der Funddichte pro Flächeneinheit auf:

Table 1

Representative plant assemblage from floor II

Taxon (organ)	Quantity
<i>Adonis dentata/microcarpa</i> (mericarp)	71
Apiaceae (=Umbelliferae) (umbel and umbellule)	253
<i>Atriplex rosea/leucoclada</i> (fruit and seed)	1228
<i>Bromus pseudobrachystachys/tigridis</i> (grain)	9904
<i>Hordeum marinum/hystrix</i> (grain)	505
<i>Hordeum spontaneum</i> (grain)	606
<i>Malva parviflora</i> (mericarp)	594
<i>Melilotus indicus</i> (seed)	134
<i>Piptatherum holciforme</i> (grain)	819
<i>Puccinellia cf. convoluta</i> (grain)	673
<i>Rubus sanguineus/canescens</i> (nutlet)	175
<i>Silybum marianum</i> (achene)	115
<i>Suaeda palaestina/fruticosa</i> (seed)	28373

Wildgräser konzentrieren sich um den Mahlstein herum. Dies bestätigt die Ergebnisse der Stärke-Untersuchung (siehe S. 44).

Potentielle Medizinalpflanzen wie Mariendistel zeigen ähnliche Verteilung wie Gräserfrüchte: d.h. der Mahlstein wurde nicht nur für das Mahlen von Gräsern genutzt, sondern diente auch der Zubereitung anderer Pflanzen, ev. zu medizinischen Zwecken.

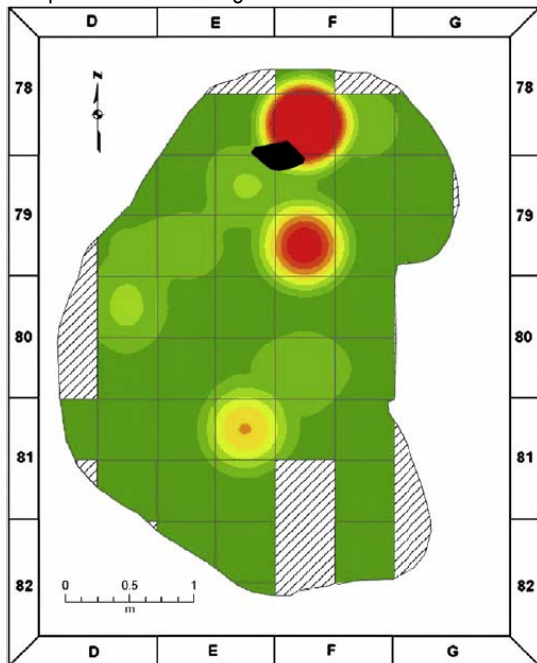
Sehr hohe Konzentration von Blüten (Doldenresten) eines Doldenblütlers, in Eingangsnähe. Dort wurden ausserdem auch Blütenköpfe von *Senecio glaucus* gefunden. Beide Pflanzen blühen im Frühjahr-Frühsummer und ergeben damit Hinweise auf die Belegungszeit; ob Reste von Blumenstrauß?

Wahrscheinlich als Baumaterialien verwendete Pflanzen (z. Bsp. *Suaeda* und *Atriplex*-Arten) clustern an versch. Stellen, v.a. entlang der Wände. Dies wird als Bestandteile der Wand resp. des Hüttendaches gedeutet.

Eine hohe Konzentration von kleinen Früchten des Grases *Puccinellia* im S der Hütte: wird als Streu / Unterlage gedeutet.

Auf der Basis der Pflanzenreste (hohe Konzentrationen vor allem im nördlichen und südlichen Teil der Hütte) können 2 Aktivitätszentren rekonstruiert werden: im N Aktivitäten um den Mahlstein herum: Vor- und Zubereitung von Nahrung, im S: Silexdebitage plus ev. Schlafplatz.

Bsp. Flächenverteilung: Wilde Gerste



Weiss et al. 2008

Rekonstruktion einer jungpaläolithischen Hütte von Ohalo II: Verteilungen der Pflanzenreste und der Silices deuten auf eine getrennte Nutzung der Bereiche in der Hütte. Es könnte sich aufgrund von ethnographischen Vergleichen möglicherweise auf eine nach Geschlechtern getrennte Nutzung der Bereiche handeln: Frauen für Vor- und Zubereitung der Pflanzennahrung im N, Männer: Silex-Schlagen im S.

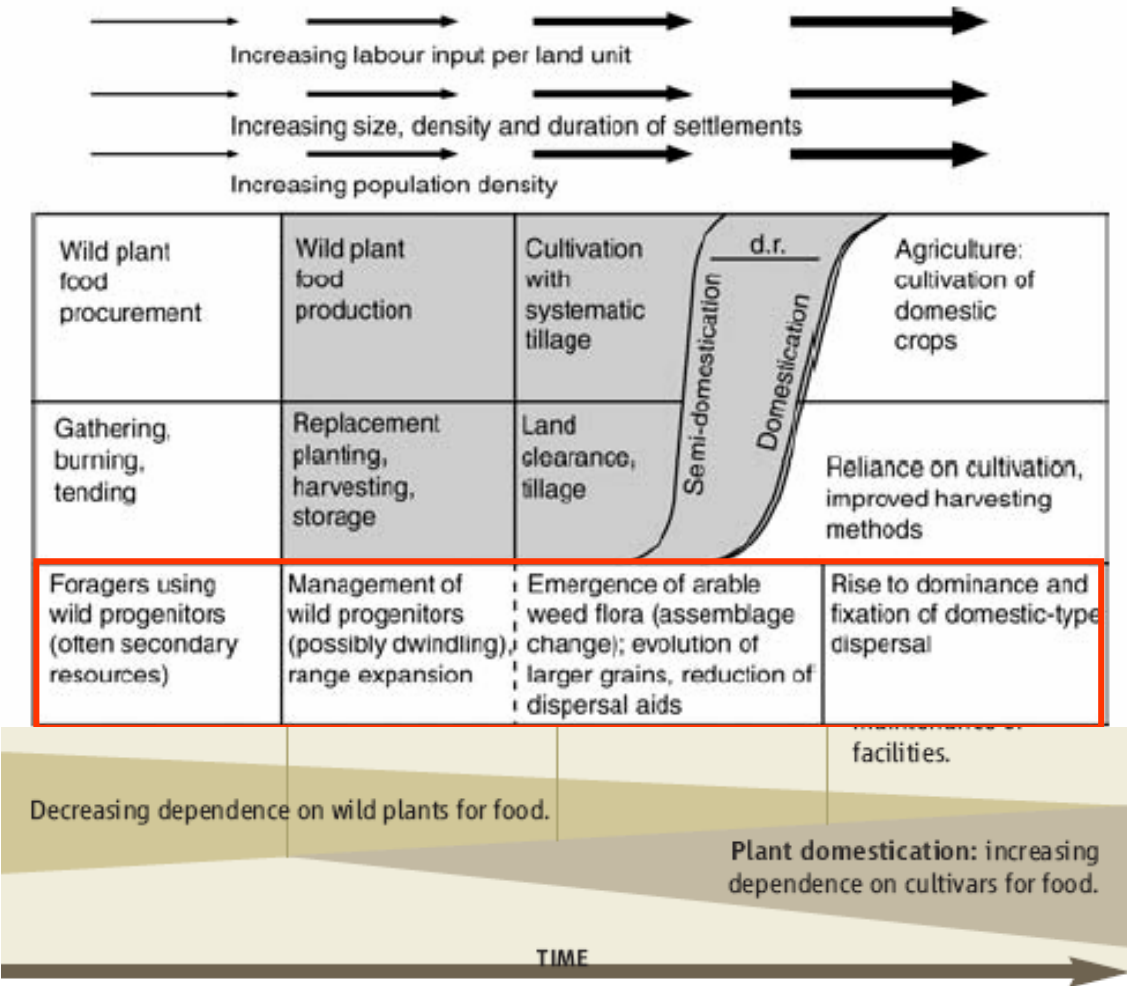


Fig. 25. A reconstruction of brush hut 1 showing the location of two activity areas on the floor: flint knapping on the left and seed processing on the right. Drawing by Rachel Brown-Goodman (Nadel et al., 2006).

Ausgangspunkt der Domestikation machen:

Die Wildbeuter in der ausgehenden letzten Eiszeit (um 25'000 – 12'000 vor Chr.) nutzten eine grosse Zahl und eine breite Palette von Wildpflanzen und -tieren. Sie kannten ihre Umwelt und die Nahrungs-ressourcen, die daraus gewonnen werden konnten, sehr genau, und passten sich so optimal wie möglich den herrschenden Bedingungen an („optimal foraging“). Es gibt ethnografische Bsp. von Wildbeutern, welche Pflanzen hegten. Weil die Domestikation in allen Kontinenten unabhängig voneinander einsetzte, erscheint es plausibel, die Hypothese aufzustellen, dass ein solcher „hegender“ Umgang mit Pflanzen schon im Paläolithikum allgemein verbreitet war und zum kollektiven Gedächtnis von *Homo sapiens* gehörte. Unter den gesammelten Pflanzen waren auch die Vorfahren späterer Kulturpflanzen wie Wildgerste, Wilde Weizen usw., auch wenn diese oft nicht den Hauptanteil an den Sammelpflanzen darstellten (siehe z.B. Weiss et al. 2004 a und b, 2006, Savard et al 2006, Willcox 2008 und 2012).

In einer **modellhaften Darstellung der Domestikationsprozesse** befinden wir uns also am Anfang (siehe Grafik unten, links) :

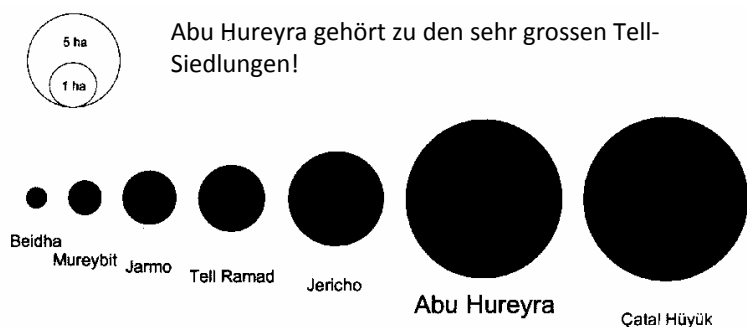


>12'000 v. Chr. ca.

7000 v. Chr. ca

Rot umrahmt: Sichtbarkeit im archäobiologischen Material

Besiedlungszeit: gemäss einer kritischen Revision aller (38) C¹⁴-Datierungen nach Colledge & Conolly 2010 beginnt AH1A kurz VOR Einsetzen der Jüngeren Dryaszeit (= Phase 1; um 13'100 BP cal), AH1B und C datieren in die YD, und enden VOR Beginn des Holozäns. Danach vermutlich Hiatus, bevor die frühneolithische Siedlung AH 2 entsteht.



Abu Hureyra gehört zu den sehr grossen Tell-Siedlungen!

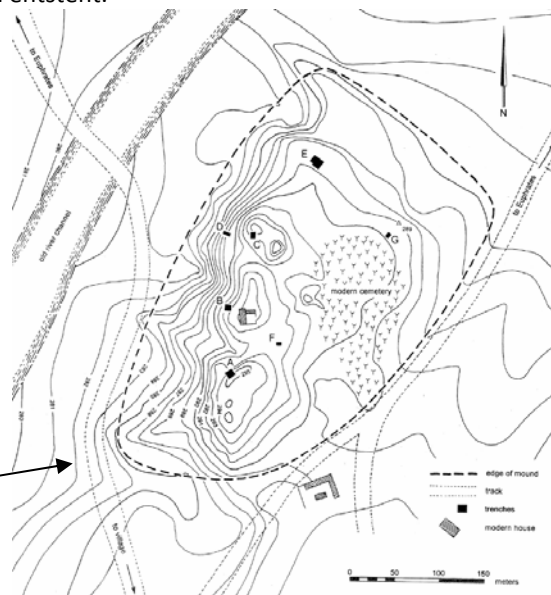
Abu Hureyra

Çatal Hüyük

Moore et al. 2000

Kulturelle Zuordnung: Natufien, also Epipaläolithikum, gemäss Benz 2000: frühes, bis frühes entwickeltes Protoneolithikum

Grabungsschnitte 1971-1973: nur verschwindend kleine Teile ausgegraben = weiteres Problem!



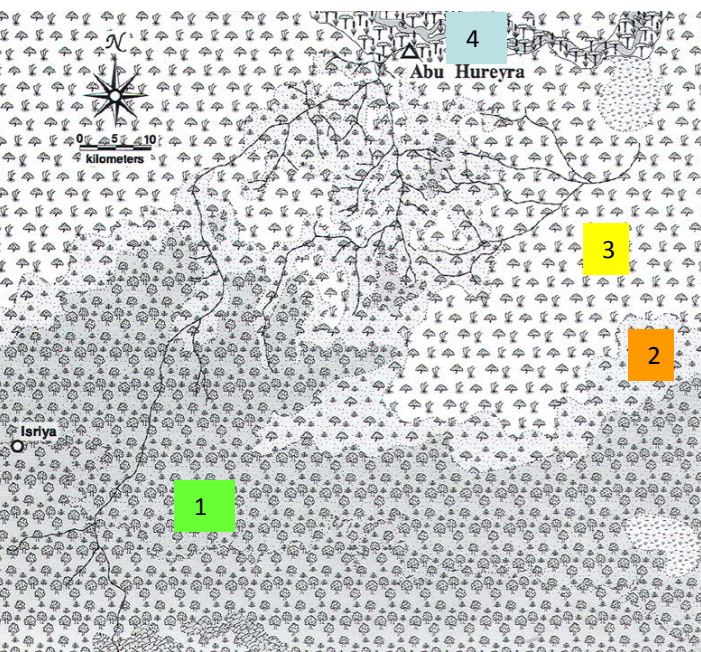
Archäobotanik (basierend auf Hillman 2000, in Moore et al. 2000, kritisch revidiert von Colledge & Conolly 2010)

Für die frühen 70er Jahre sehr gute Beprobungs- und on-site-floating-Strategie! Aus den meisten Befunden um die 200 Liter Sediment geschlämmt (bis hin zu 1300 Litern pro Befund; Total 7925 Liter). Die frühen Schichten wurden in Schnitt E auf 49 m² ausgegraben, (davon 45% geschlämmt). Das untersuchte Sediment bestand aus den verkohlten Überresten von „plant processing activities“ (im Bereich von Feuerstellen). Total 21 Proben = Befunde untersucht.

Gegenüber anderen Fundstellen aus diesem Zeitraum lieferte Abu Hureyra 1 mit rund 31'000 Pflanzenresten den mit Abstand höchsten Wert, was u.a. auf die guten Methoden zurückzuführen sein dürfte (für Vergleiche siehe Tabelle 2 in Colledge und Conolly 2010, p. 129 sowie die Tabelle 1 in Willcox et al. 2009, p.153).

Ergebnisse:

Es wurden fast 100 Pflanzentaxa gefunden, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit gesammelt wurden, da sie sonst nicht in hoher Zahl im Bereich von Feuerstellen vorkommen wurden. Es wurde also ein sehr breites Spektrum genutzt! Die unterschiedlichen Reifezeiten / besten Sammelzeiten der Pflanzenreste (sowie die Jagdtätigkeiten) deuten darauf hin, dass der Platz **ganzjährig** belegt gewesen sein muss: ein sehr früher Nachweis von Sesshaftigkeit.



Das Artenspektrum kann in sog. Ökogruppen eingeteilt werden und erlaubt damit Rückschlüsse auf die in der Umgebung der Siedlung vorhandenen Habitate. In der Nähe vorhandene Habitate und Sammelzeiten von dort sammelbaren Pflanzen (für die früheste Phase, AH 1A):

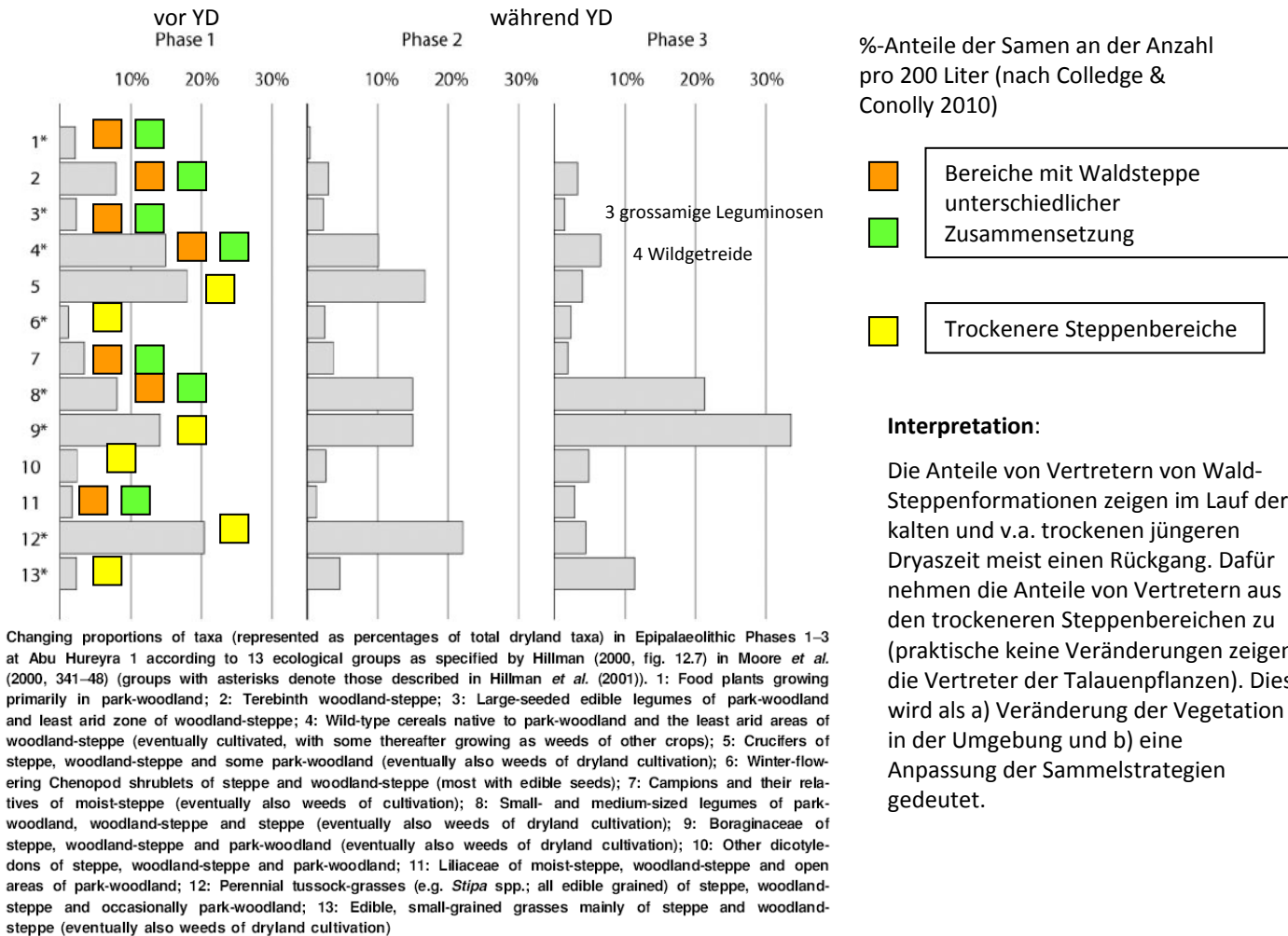
1: Wald, parkartig (Wildgetreide (April-Juni), aber auch Baumfrüchte wie Pistacia terebinthus (Juni bis Oktober)

2: Waldsteppe mit (v.a.) Standorten von Wildgetreide (wilde Weizen, wilder Roggen: April-Juni); auch hier Baumfrüchte (Juni-Oktober), unterirdische Pflanzenorgane (Sept.-Jan.)

3: Trockenere Waldsteppenformation: hier beste Sammelgründe für kleinsamige Gräser und Leguminosen (April-Mai), Federgräser (Juni-Oktober), perennier. Chenopodiaceae (Sept.-Januar), unterirdische Pflanzenorgane (Sept.-Januar)

4: Euphrat, mit Galeriewald: Samen von Polygonum und Schoenoplectus und verwandte Cyperaceen (Juli-Dez), vor allem auch deren Rhizome (ganzjährig)

Entwicklung der Sammeltätigkeit in Abu Hureyra 1 während der jüngeren Dryaszeit, erste Kultivierung?



Die Tatsache, dass grossamige Leguminosen (wie Wilderbse) und Wildgetreide im Lauf der YD nicht verschwinden, obwohl die Standorte in der Umgebung stark geschrumpft oder gar verschwunden sein müssen, wurde vom Bearbeiter G. Hillman als **Beginn einer absichtlichen Kultivierung** gedeutet. Eine neue Analyse der Spektren sowie eine kritische Betrachtung der Datierungen führte neu Colledge & Conolly (2010) dazu, diese Deutung Hillmans in Frage zu stellen. Ihrer Meinung nach schrumpften zwar die Standorte verschiedener sog. „high ranked“-Sammelpflanzen wie Wildgetreide tatsächlich, aber dafür stellte man sich wieder vermehrt auf das Sammeln von sog. „low-ranked-taxa“ (z.Bsp. kleinsamige Gräser) um – d.h. man passte sich den veränderten Verhältnissen an. Colledge & Conolly, aber auch Willcox (2012) sagen auch, dass Kultivierung nicht ganz ausgeschlossen werden kann, aber auch nicht zwingend der Fall gewesen sein muss.

Hier muss sich deshalb die Frage anschliessen: **wie weist man Kultivierung nach???**

Zuerst aber ein Fazit zum Epipaläolithikum:

Fazit: Pflanzennutzung im Epipaläolithikum:

Der Forschungsstand (insbes. archäobotanisch) ist nach wie vor mangelhaft; eigentlich sind nur 6 Fundstellen untersucht: In der Nordlevante inkl. SE-Anatolien: Abu Hureyra I, Tell Quaramel (in Bearb.), in der südlichen Levante Wadi Hammeh 27, Wadi Jilat 6 und Hayonim Cave (Colledge 2001; die beiden letzteren tauchen auf kürzlich erstellten Zusammenfassungen nicht mehr auf:?) und im östl. Fruchtbaren Halbmond Quermes Dere. Wie die Tabelle auf S. 28 zeigt, zeigen zwar alle die Nutzung von Wilden Vorfahren von späteren Kulturpflanzen, allerdings wird generell ein **breites Spektrum** an Pflanzen und Tieren genutzt (letztere sind auf Tabelle S. 28 NICHT aufgeführt)! Während der klimatisch ungünstigen Phase der Jüngeren Dryas wird eher die Palette an Sammelpflanzen diversifiziert, als dass man sich auf einzelne Taxa wie Getreide zu konzentrieren beginnt. Letztere weisen sogar eine erstaunlich geringe „Bedeutung“ auf! Die **Subsistenz-Strategien** waren so **divers** wie die unterschiedlichen lokalen Umwelten. Die **Jäger/Sammlergruppen nutzten „opportunistisch“ alle verfügbaren Ressourcen**. Das Vorhandensein von **verlässlichen Ressourcen** (wie z.B. jene von Talbodenpflanzen wie *Bolboschoenus*, Cyperaceae; siehe z. Bsp. Wollstonecroft et al. 2012) hatte wahrscheinlich eine höhere Bedeutung für eine sesshafte Lebensweise als jene von Wildgetreide.

Die archäobiologischen Ergebnisse zeigen aber auch, dass **Sesshaftigkeit** ab dem Epipaläolithikum **möglich** war und auch **belegbar** ist. Allerdings konnte man nur an solchen Orten länger siedeln, in deren Umgebung eine **hohe Diversität an nutzbaren Ressourcen** vorhanden war (lokal und saisonal). Sesshaftigkeit war möglich, **ohne** dass man sich auf die Ausbeutung einer „high-ranked“-Ressource (wie z.B. grossamige Gräser = Wildgetreide) konzentrierte.

Auch andere archäologische Fakten (z.B. schweres Gerät wie Steinmörser, Mühlsteine, Mahlplatten usw.) sprechen für Sesshaftigkeit. Neu gibt es Hinweise auf ausgeklügelte Speicherbauten (Bsp. Fundstelle Dhra' in der Nähe des Toten Meeres, Jordanien) (Kujt & Finlayson in PNAS 2009), was ebenfalls auf Sesshaftigkeit hinweist.

Wie dem auch sei: eine der Voraussetzungen für den Beginn von Kultivierung und damit auch Domestikation, nämlich eine ganzjährige Besiedlung (Sesshaftigkeit) war bereits während des ausgehenden Pleistozäns, also im Epipaläolithikum, erfüllt. Ev. hatte man sogar schon begonnen, zu kultivieren!

Ab wann und mit welchen Mitteln lässt sich Kultivierung nachweisen?

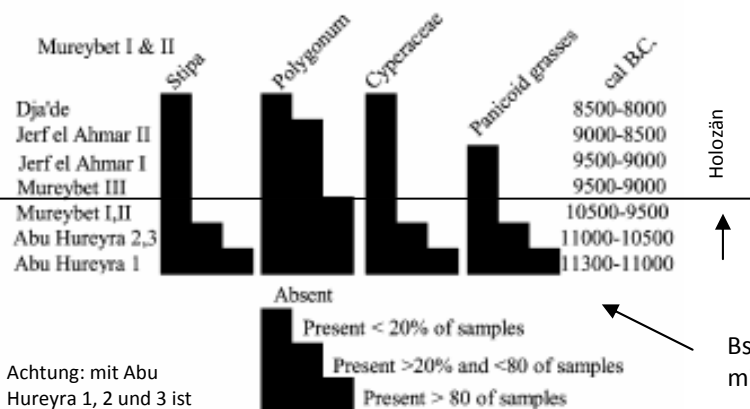
Archäobotanische Fakten (v.a. nach Willcox et al. 2008, 2009)

1) Nachweis von Wild-Getreide ausserhalb seines natürlichen Verbreitungsareals, graduelle Übernahme des Anbaus von „founder crops“ (= erste domestizierte Pflanzen, „Gründerpflanzen“)

Versch. Fundplätze des ausgehenden Pleistozäns (Epipaläolithikum) resp. frühesten Holozäns (PPNA) im Bereich des mittl. Euphrat (Jerf el Ahmar, Cheikh Hassan, Tell Mureybet und Abu Hureyra) liegen **heute fast 200 km südlich der natürlichen Vorkommen** von Wildeinkorn und Wildroggen. Verschiedene Fakten deuten darauf hin, dass dies auch während der jüngeren Dryaszeit und am Beginn des Holozäns ähnlich gewesen sein muss. Die Präsenz dieser Pflanzengruppe = **grossamige Gräser** nimmt im Lauf der jüngeren Dryas-Zeit zwar ab, sie verschwinden aber nicht (siehe Grafik, Bsp., Tell Abu Hureyra). **Ende PPNA taucht auch (Wild)Emmer** auf, das noch trockenheits-sensitiver ist, und deshalb von anderswoher stammen muss (siehe dann bei *Triticum*).

SCHLUSS: Getreide konnten nur dann ihre Bedeutung beibehalten resp. ausbauen, wenn sie **an günstigen Standorten kultiviert** wurden, wo ihre Konkurrenten entfernt worden waren. Im Gebiet des mittleren Euphrat muss „Saatgut“ sogar von anderswoher bezogen worden sein. Dies gilt insbes. für die Zeit ab Beginn des Holozäns.

2. Rückgang der kleinsamigen Sammelpflanzen (Taxa, die nicht domestiziert wurden, sog. „low ranked foods“) im Lauf des ausgehenden Pleistozäns und (v.a.!) frühen Holozäns:



Im Verlauf des 10. Jt. v. Chr. geht das Sammeln von kleinsamigen Gräsern, Polygonaceen usw. sukzessive zurück

Dies wird als Hinweis auf die Tatsache gewertet, dass man sich ab Beginn des Holozäns / PPNA auf den Anbau der „founder crops“ zu konzentrieren begann.

Bsp. anhand der Siedlungen am mittleren Euphrat, Willcox et al. 2008

3. Auftreten / häufiger werden von „Unkräutern“

Die Unkrautvegetation hat sich in Agro-Ökosystemen parallel mit den Kulturpflanzen entwickelt, seit der Ackerbau begann. Unkräuter sind ursprünglich Bestandteile verschiedenartiger Habitate und haben sich mit dem Ackerbau zusammen rund um die Welt verbreitet. Die meisten (vor allem die kurzlebigen=annuellen) Unkräuter waren (und sind es zum Teil bis heute) natürliche Bestandteile von Habitaten offener Standorte wie Steppen. Deshalb wachsen sie gut an „gestörten“ Standorten, zu denen auch Äcker gehören (die „Störung“ erfolgt auf einem Acker durch die Bodenbearbeitung). Unkräuter haben sich in vielfältiger Weise an die Kulturpflanzen angepasst, indem sie z. Bsp. Kulturpflanzen „nachahmten“ (Mimikry; v.a. was Frucht- und Samengrößen anbetrifft), sowie ihre Lebensform oder ihre physiologischen Eigenschaften jenen der Kulturpflanzen anpassten. Es gibt heute sogar sog. „obligatorische“ Unkräuter, deren natürlich Habitate man nicht kennt.

Wohl der beste Nachweis für den Beginn einer Kultivierung ist deshalb die stetige Zunahme von potentiellen Unkräutern im Lauf der Zeit. Man geht davon aus, dass die als potentielle Unkräuter angesehenen Pflanzen mit der Ernte von kultivierten Pflanzen zusammen in die Siedlungen gelangt sind, und zusammen mit dem Saatgut wieder ausgesät wurden. Mit einer Zunahme der kultivierten Arten nehmen also auch die Unkräuter an Häufigkeit zu.

Es besteht allerdings ein grosses Problem: wie stellt man fest, ob eine in einer Siedlung gefundene Pflanze wirklich ein Unkraut war, und nicht eine zu einem anderen Zweck (z.Bsp. für die Ernährung) absichtlich gesammelte Pflanze? Oder eine, die im Siedlungsbereich wuchs?

In PPNA-Siedlungsschichten (datierend ab 9700 v. Chr.) wurden 97 potentielle Unkrauttaxa identifiziert (Willcox 2012). Von diesen haben 19 keinen offensichtlichen Nutzen und kommen auch in späteren agrarischen Siedlungen (auch in Mitteleuropa!) als Unkräuter vor:

Table 2 The criteria for the selected taxa were (1) they had no known use for their seeds, (2) they were interpreted as arable weeds on later agricultural sites

Potential weed taxa	JA 1	JA 2	DJ	Extant weed species
<i>Adonis</i>	17	38	48	<i>A. microcapa</i> ^a , <i>A. dentata</i>
<i>Bellevia</i>	107	72	27	<i>B. warburgii</i> ^a , <i>B. egii</i> , <i>B. macrobotrys</i> ^a , <i>B. longipes</i> ^a , <i>B. trifoliata</i> , <i>B. kurdistanica</i>
<i>Centaurea</i>	2	17	338	<i>C. procurrens</i> , <i>C. verutum</i> ^a , <i>C. verutum</i>
<i>Coronilla</i>	2	1	4	<i>C. scorpioides</i> , <i>C. repanda</i>
<i>Crucianella</i>	1	1		<i>C. herbacea</i>
<i>Erodium</i>	20	13	66	<i>E. moschatum</i> , <i>E. cicutarium</i>
<i>Fumaria</i>	6	2	24	<i>F. densifolia</i> , <i>F. micrantha</i> , <i>F. tenuiflora</i> , <i>F. parviflorum</i> ^a
<i>Galium</i>	68	118	67	<i>G. uropetalum</i> ^a , <i>G. tricornis</i> ^a , <i>G. tricornutum</i>
<i>Glaucium</i>	1	12	288	<i>G. corniculatum</i> ^a , <i>G. leiocarpum</i>
<i>Heliotropium</i>	14	4	19	<i>H. europaeum</i> ^a , <i>H. villosum</i> , <i>H. rotundifolium</i> , <i>H. bovei</i>
<i>Onobrychis</i>	5	1	107	<i>O. squarrosa</i>
<i>Ornithogalum</i>	13	1	2	<i>O. narbonense</i> ^a , <i>O. brachystachys</i> , <i>O. neurostegium</i>
<i>Papaver</i>	1	1		<i>P. rhoeas</i> ^a
<i>Silene/Gypsophila</i>	126	372	148	<i>S. muscipula</i> ^a , <i>S. colorata</i> , <i>S. damascena</i> ^a , <i>S. longipetala</i>
<i>Teucrium</i>			4	<i>T. spinosum</i> ^a , <i>T. parviflorum</i>
<i>Thymelaea</i>	9	9	5	<i>T. hirsuta</i>
<i>Trigonella astroites</i>	15	15	10	<i>Trigonella</i>
<i>Vaccaria</i>			1	<i>V. segetalis</i> ^a
<i>Valerianella</i>			2	<i>V. coronata</i> ^a , <i>V. vesicaria</i> ^a
Totals	407	677	1,160	

Willcox 2012

Absolute totals from the lower levels at Jerf el Ahmar (JA1), from the upper levels at Jerf el Ahmar (JA2) and from Dja'de (DJ). Note the increase in totals between early and late levels at Jerf el Ahmar. Extant weed species corresponding to the genera, after Zohary (1950)

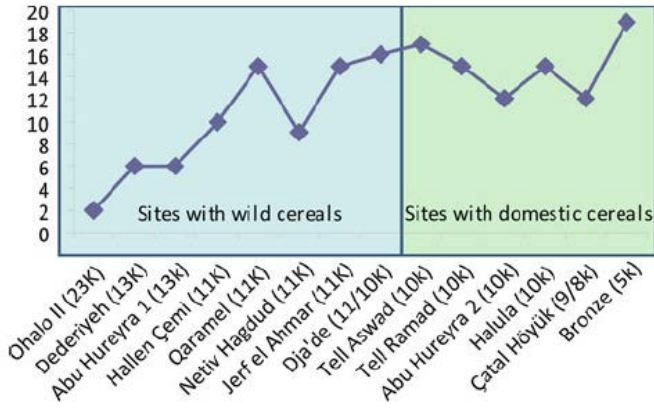
^a Indicates obligatory weed, that is arable weeds not known outside cultivation

Die meisten Funde sind nur bis auf Gattungsniveau bestimmbar! Rechts die Arten, die in Frage kommen.

Table 3 Presence of potential weed taxa on selected sites and total items identified for each site

	Ohalo II (23K)	Abu Hureyra 1 (13k)	Dederiyeh (13K)	Netiv Hagdud (11K)	Hallen Çemi (11K)	Qaramel (11K)	Jerf el Ahmar (11K)	Dja'de (11/10K)	Tell Aswad (10k)	Tell Ramad (10k)	Abu Hureyra 2 (10k)	Halula (10k)	Çatal Höyük (9/8k)	Bronze (5k)
Potential weed taxa														
<i>Adonis</i>		p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	64
<i>Bellevia</i>		p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	32
<i>Centaurea</i>			p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	72
<i>Coronilla</i>						p	p	p	p	p	p	p	p	63
<i>Crucianella</i>			p			p	p			p	p	p	p	18
<i>Erodium</i>	p	p		p		p	p	p	p	p	p	p	p	4
<i>Fumaria</i>				p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	63
<i>Galium</i>	p	p		p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	180
<i>Glaucium</i>						p	p	p	p	p	p	p	p	40
<i>Heliotropium</i>		p		p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	68
<i>Onobrychis</i>		p		p		p	p	p	p	p	p	p	p	28
<i>Ornithogalum</i>						p	p	p	p	p	p	p	p	33
<i>Papaver</i>			p			p	p	p	p	p	p	p	p	30
<i>Silene/Gypsophila</i>		p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	106
<i>Teucrium</i>					p		p		p	p	p	p	p	41
<i>Thymelaea</i>					p	p	p	p	p	p	p	p	p	43
<i>Trigonella astroites</i>			p			p	p	p	p	p	p	p	p	43
<i>Vaccaria</i>					p	p	p	p	p	p	p	p	p	64
<i>Valerianella</i>						p	p	p		p	p	p	p	83
Total items identified per site	60,000	19,753	12383	10,000	13,750	12,247	34,067	32,964	10,000	10,000	14,996	10,000	10,000	

Total Pflanzenreste pro Fundstelle



Präsenz (Anzahl Taxa) von Unkrauttaxa in Fundstellen des Jungpaläolithikums bis frühen Neolithikums (ganz rechts jeweils als Vergleich Anzahl Unkrauttaxa in bronzzeitlichen Fundstellen des östl. Mittelmeerraumes). Datierungsangaben: ky (Tausend Jahre) vor heute, kalibriert.

Willcox 2012

Die Unkrautnachweise zeigen, dass sich bereits ab dem PPNA (ab ca. 9700 -8700 v. Chr. (= ca. 12-11K auf den Darstellungen) eine „Unkrautvegetation“ ausgebildet hatte: Die Unkraut-Taxazahlen entsprechen denen späterer Fundstellen, obwohl es noch keine morphologisch klar nachweisbaren Kulturpflanzen gibt (erste Anklänge gibt es allerdings, siehe unten, Körner-Grössen). Dies ist ein klares Argument für Kultivierung während PPNA. In den früheren, zum Natufien (Epipaläolithikum) zu rechnenden Fundstellen (auf den Darstellungen Abu Hureyra 1 und Dederiyeh) sind Unkräuter zwar deutlich seltener, aber sie fehlen nicht, weshalb Kultivierung nicht ausgeschlossen werden kann.

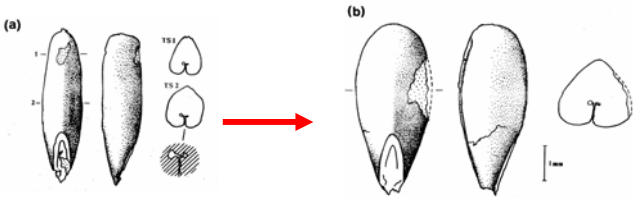
(Ausreisser in der Kurve oben können taphonomisch bedingt sein (Willcox 2012)).

4. Zunahme der Körner-Grössen von Getreide

Sehr bald nach Beginn einer vermuteten Kultivierung, deutlich aber erst ab Beginn des Holozäns, lässt sich eine Zunahme des Kornvolumens feststellen.

Dies hängt (nach Fuller 2007) am ehesten mit der nun vorhandenen Bodenbearbeitung zusammen (grössere Samen keimen eher, wenn sie angesät und zugedeckt werden, und nehmen so rasch im Saagut zu).

Früheste Hinweise auf eine Zunahme der Körnergrössen finden sich allerdings bereits in epipaläolithischen Fundstellen, so in Abu Hureyra 1 (rechts), was ein weiteres Argument für einen Beginn der Kultivierung schon im Epipaläolithikum ist!

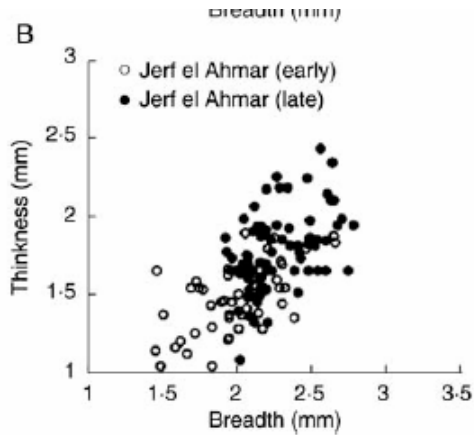


Wildroggen nach Hillman 2000 (Achtung: Verwechslungsgefahr mit Wildeinkorn, deshalb neuerdings nur noch als Wildeinkorn/Wildroggen bestimmt!)

Grössere Roggenkröner, erscheinen (in sehr geringer Zahl) in AH1B. Wurde von Hillman 2000 als domestiziert interpretiert (?) – diese Deutung ist ev. nicht mehr haltbar, wie Willcox et al. 2009 und Colledge & Conolly 2010 darlegen.

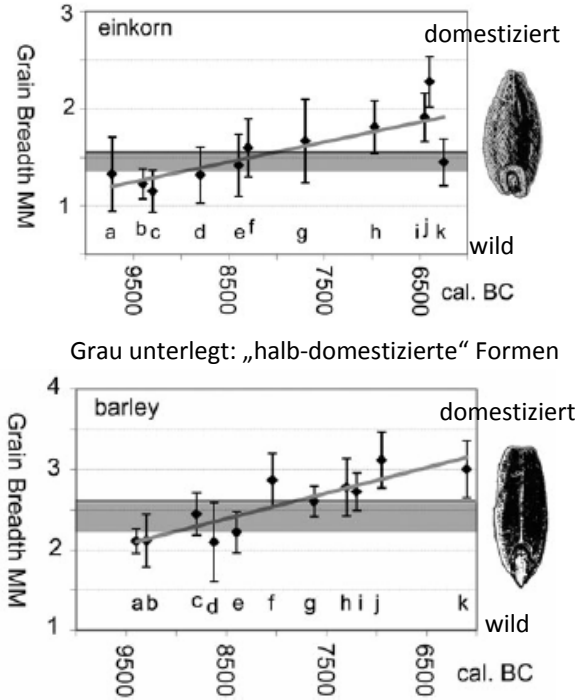
4. Zunahme der Körner-Grössen von Getreide (Forts.)

Zunahme des Kornvolumens im Verlauf der Belegungszeit von Jerf el Ahmar (PPNA), Fuller 2007, nach Willcox



Ein Anstieg der Körner-Volumina zeigt sich bereits vor dem Auftreten eindeutig domestizierter Formen mit fester Ährenspindel um etwa 8500 v. Chr. – solche Formen mit zwar grösseren Körnern, aber noch einer Wildmorphologie kann man auch als „halb-domestiziert“ bezeichnen.

Zunahme der Kornvolumina in verschiedenen Fundstellen des Nahen Ostens (Fig. 2, S. 624, Fuller et al. 2012)



Fuller et al. 2012

5. Auftreten von grossen Mengen von Getreidedrusch ab PPNA (Willcox et al. 2009, 155; Willcox & Stordeur 2012)

Drusch von Wildgetreide wurde ab PPNA (also ab 9700 v. Chr.) in grossen Mengen als Magerungsmittel für Lehmziegel genutzt. Solches ist aus spätleistozänen (epipaläolithischen) Fundstellen nicht bekannt.



Willcox & Stordeur 2012

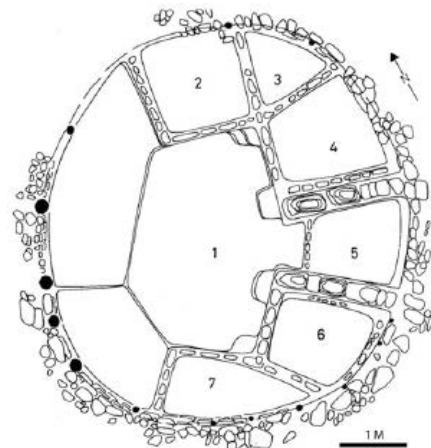
Magerung aus Getreidedrusch (meist Wildgerste) in Hüttenlehmbröcken aus Jerf-el-Ahmar (Willcox & Stordeur 2012)

Es kann auch Lagerhaltung von Stroh nachgewiesen werden (siehe unter 6.)

6. Lagerhaltung

Lagerhaltung von grösseren Getreidemengen in kommunalen Bauten, z. Bsp. in Jerf-el-Ahmar, PPNA (Willcox & Stordeur 2012) ist ein starker Hinweis auf Kultivierung – sogar Produktion grösserer Mengen (memento: Lagerhaltung gibt es bereits seit dem Epipaläolithikum!).

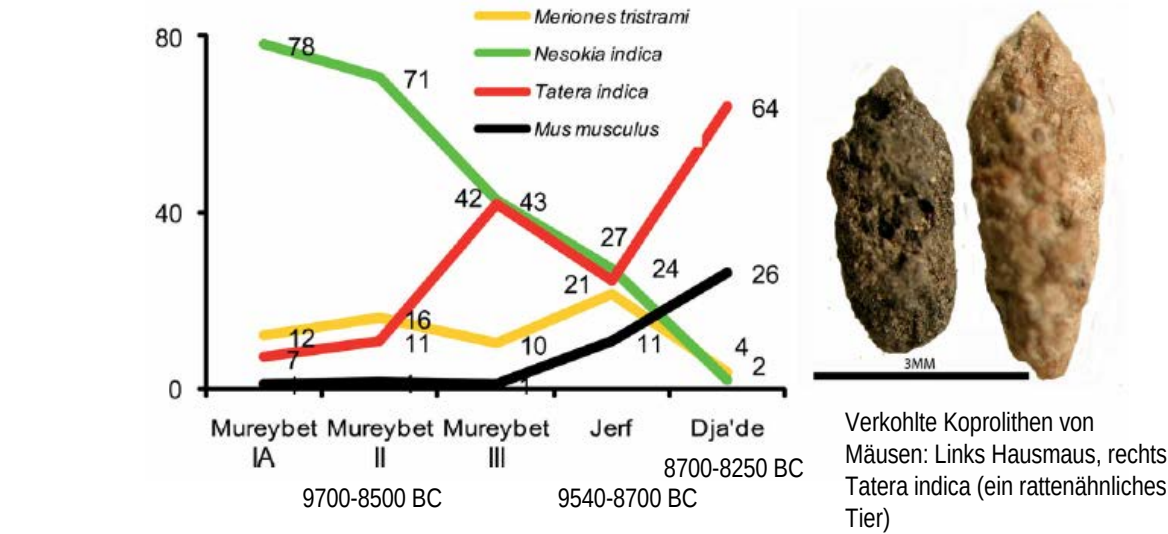
Rechts das als Kommunalgebäude gedeutete Gebäude 30 von Jerf-el-Ahmar. In Kompartiment 4 wurden grössere Funddichten von Drusch gefunden, was auf Lagerhaltung von Drusch hinweisen könne. Zelle 2 hingegen enthielt Getreidekörner (in den Zellen 4, 5 und 6 konnte man 3m³ Körner lagern = minimal 2000 kg)



Willcox & Stordeur 2012

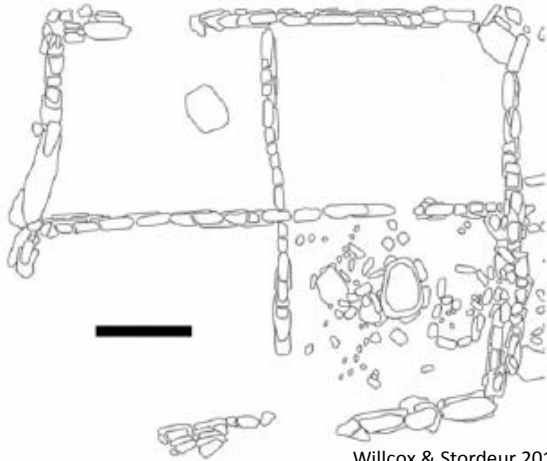
Archäozoologisch:

Ab PPNA werden erstmals Knochen von Hausmäusen gefunden (*Mus musculus domesticus*) (Cucchi et al. 2005). Ausserdem gibt es erstmals Nachweise von verkohltem Mauskot in frühen Fundstellen des mittleren Euphrat (Willcox et al. 2008, Willcox & Stordeur 2012).



Mäuse wurden bereits im 9. Jt. v. Chr. auch nach Zypern „exportiert“ (Vigne & Cucchi 2005)

Archäologisch: Grössere Mengen an Mahlsteinen und Läufern, Bsp. Jerf el Ahmar, PPNA: bis zu 3 in einem Raum!



Willcox & Stordeur 2012

Figure 6. House 54 consisted of four rooms, one of which contained a processing installation of three aligned querns in a confined space.

Solche „Installationen“ dienten der Reinigung von grösseren Mengen von Getreide und der Vorbereitung von Nahrung, ev. für kommunale Anlässe.

Es gibt auch Hinweise aufgrund von Funden von **Sichelklingen** (aus Silex), dass in der späteren PPNA-Phase von Jerf-el-Ahmar die Sichelklingen feiner ausgearbeitet sind, sie werden grösser, sind gerader usw. Sie weisen an ihrer Arbeitskante Sichelglanz auf und Spuren von Bitumen an der gegenüberliegenden Kante, was heisst, dass sie längs geschäftet waren (nach Willcox & Stordeur 2012, dort weiterführende Zitate)

Alles in allem belegen alle diese Hinweise, dass im Lauf von PPNA sich Kultivierung durchsetzte und dass vor allem Getreide als Grundnahrungsmittel (sowie dessen Beiprodukte als Baumaterial!) stark an Bedeutung gewannen.

Fazit Nachweis Kultivierung:

Nachweise von Kultivierung im ausgehenden Pleistozän (Epipaläolithikum resp. frühes / beginnendes entwickeltes Protoneol.) sind allesamt **zweifelhaft** – die Datenlage ist zu schlecht! Allerdings sind Sesshaftigkeit und auch Lagerhaltung ab dem Epipaläolithikum resp. dem frühen Protoneolithikum klar zu belegen, so dass auch der Beginn einer Kultivierung schon hier liegen könnte.

Mit Beginn von PPNA resp. des 2. Drittels des entwickelten Protoneolithikums = **ab Beginn des Holozäns** – ab etwa 9700 v. Chr. v. Chr. – ist **Kultivierung dann eindeutig** nachweisbar. Gleichzeitig begann eine Konzentration auf wenige, grossamige Taxa (sog. „high ranked foods“), darunter die späteren Kulturpflanzen („founder crops“).

In der Phase der frühen Kultivierung, also spätestens ab ca. 9700 bis ca. 8700 v. Chr. gibt es noch keine deutlichen Anzeichen für Domestikation (wie vor allem den Verlust der Fähigkeit, die Samen selbsttätig zu verbreiten, wohl aber eine Vergrösserung der Körner). Man spricht deshalb von einer „Pre-domestication-cultivation“.

Wieso wurden am Schluss „nur“ so wenige Taxa aus einer sehr grossen Zahl von ursprünglich (und zum Teil auch weiterhin!) genutzten Pflanzen domestiziert? Nach

Savard et al 2006, 191, ergänzt

Es ist schwer, hierfür befriedigende Erklärungen zu finden. Für eine Kultivierung könnte zunächst die morphologische Eignung den Ausschlag gegeben haben (grosse Samen, leicht zu ernten, kurzlebig...). Inwiefern z. Bsp. „Schmackhaftigkeit“, Lagerfähigkeit. Kalorienreichtum oder die Eignung zur Herstellung alkoholischer Getränke wie Bier eine Rolle spielten, darüber lässt sich nur spekulieren (derartige Spekulationen werden etwa über einen Befund in Haus 10 von Jerf-el-Ahmar angestellt, wo in den Bodenproben reichlich Gerste vorhanden war, und wo 3 Wannen aus Kalkstein in situ ausgegraben wurden, siehe Willcox & Stordeur 2012, Fig. 7). Später spielte sicher auch die genetische Konstitution eine Rolle (Stabilität von günstigen Mutanten, da Selbstbestäuber). Auch die Rolle von Sekundärprodukten wie Stroh und Drusch ist nicht zu unterschätzen. Wohl eher eine geringe Rolle spielte die Rolle einer Pflanze in der „pre-agrarian diet“, da diese extrem divers war.



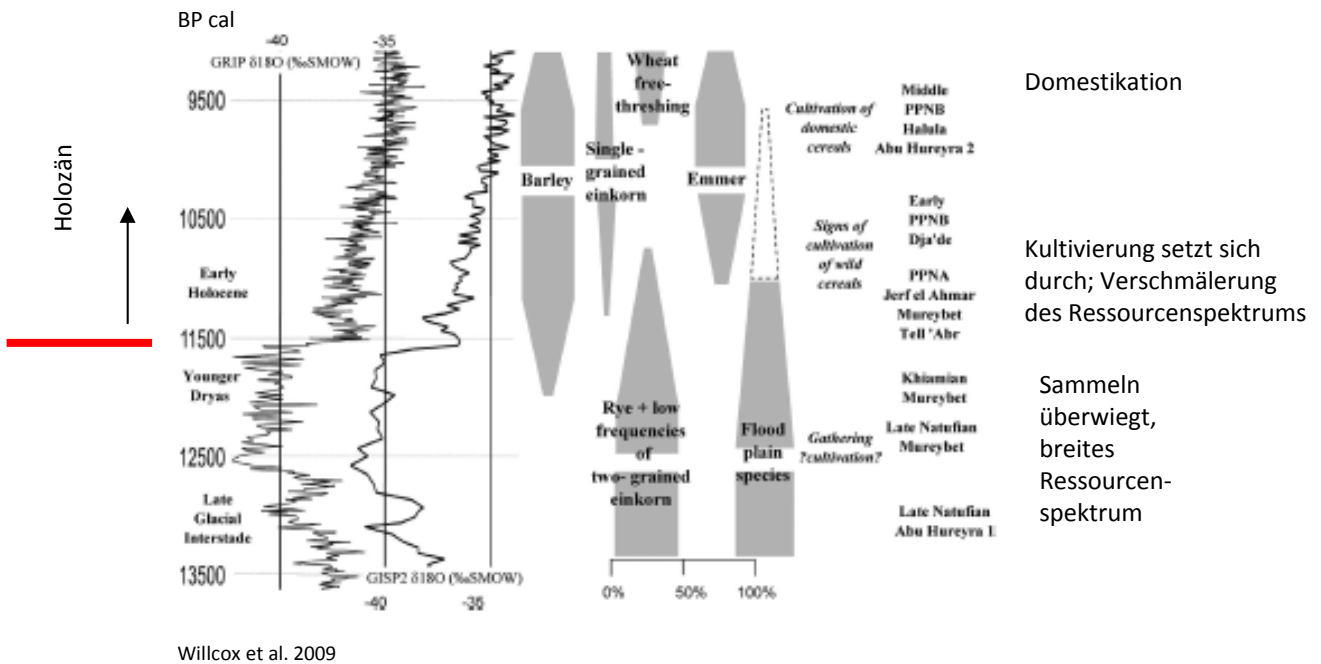
Haus 10 von Jerf-el-Ahmar, mit Kalksteinwannen (rechts unten): zum Bier brauen genutzt?

Ist der Beginn der Kultivierung klimatisch bedingt?

Dem Klimaverlauf am Ende des Pleistozäns wird seit längerem eine sehr wichtige Rolle als Auslöser von Kultivierung und Domestikation zugeschrieben. Dabei spielte vor allem eine Rolle, dass man bis vor kurzem den klaren Beginn der Kultivierung – aufgrund der Ergebnisse von Abu Hureyra – in die ungünstige Jüngere Dryaszeit legte. Prozessualistisch denkende (also naturwissenschaftlich orientierte) ArchäologInnen favorisieren deshalb bis heute die Klimahypothese als Auslöser von Kultivierung und damit Domestikation stark. Da allerdings die Abu Hureyra-Ergebnisse weit vorsichtiger interpretiert werden müssen, als bisher angenommen (siehe Colledge & Conolly 2010; Willcox et al. 2009), ist es nicht mehr sicher, dass der Beginn der Kultivierung tatsächlich durch die trocken-kalte Klimaphase der YD ausgelöst wurde. Wir müssen abwarten, bis es weitere Ergebnisse aus epipaläolithischen Fundstellen zu diesem Thema gibt – einige neue Grabungen und Auswertungen sind im Gang. Bisher ist die Datenlage viel zu schlecht.

Neue Ergebnisse, v.a. aus N-Syrien und SE-Anatolien zeigen, dass heute klare Hinweise auf Kultivierung erst ab Beginn des Holozäns vorliegen, also ab der Stufe PPNA, als wieder sehr günstige Klimabedingungen herrschten. Dies war eine Zeit, als sich auch die anderen archäologischen Hinterlassenschaften explosionsartig entwickeln. Deshalb sehen heute viele Forscher eher kulturelle Aspekte (etwa den Besitz von Prestigegütern, Abhalten von Ritualen usw.) als Auslöser für Kultivierung und Domestikation im Vordergrund.

“ ... it is clear that it was the responses of “actual” groups to specific changes in the environment, using the social and material tools and technologies at hand, that brought about most of the major cultural changes observed in the Late Quaternary Levantine record “ (Goring-Morris & Belfer-Cohen 1997, p. 88)



Auf dieser Grafik hier sind Sauerstoffisotopenkurven aus dem Grönlandeis – als Proxies für den Klimaverlauf (links) – und die Veränderungen auf dem Nahrungsmittelsektor (was Pflanzen anbetrifft) einander gegenübergestellt. Man sieht bei den Klimakurven, dass während des Spätglazial-Interstadials die Umweltbedingungen günstig waren, es gab sehr reiche Nahrungsressourcen, die intensiv genutzt wurden und die dazu führten dass um etwa 13'000 Jahren vor heute die ersten ganzjährig besiedelten Siedlungen entstanden (im Verlauf des Epipaläolithikums).

Die Jüngere Dryaszeit beendete diesen "Überfluss der Natur". Es wurde aber weiterhin ein sehr breites Nahrungsangebot genutzt, vermehrt auch wieder sog. „low-ranked“ foods. Viele Siedlungen wurden verlassen, nur einzelne günstige Plätze blieben besiedelt wie etwa die Siedlungen im grossen Flusstal des Euphrat (Bsp. Tell Abu Hureyra, Tell Mureybet). Es gibt möglicherweise erste (aber noch nicht klar zu interpretierende) Anzeichen einer Kultivierung von Pflanzen (hier Getreide dargestellt).

Ab PPNA, ca. 9700 v. Chr., also mit etwa mit dem Beginn des Holozäns und damit einem wieder günstigeren und vor allem stabileren Klima, gibt es wieder mehr dörfliche Siedlungen, und Kultivierung wird nun regelmässig betrieben – es kommt allmählich zu Domestikation.

FAZIT:

Es ist schwer, die Rolle der Umweltveränderungen, ausgelöst durch Klimaschwankungen, bei der Erforschung der Domestikation ganz ausser Acht zu lassen: Sie spielten höchstwahrscheinlich eine wichtige Rolle beim Übergang zur Sesshaftigkeit in einer Phase günstigen Klimas im Spätglazial-Interstadial. Und Sesshaftigkeit war letztlich der Auslöser für den Beginn der Kultivierung – aber sicher nicht der Einzige, denn:

Sowohl wilde Vorfahren der Kulturpflanzen als auch traditionelle Landrassen zeigen eine grosse (genetische und davon ausgehend auch phänotypische) Variabilität, d.h. es gibt innerhalb der gleichen Population Pflanzen, die früh blühen und fruchten und solche, die spät blühen und fruchten – je nach Zeitpunkt und Dauer der Niederschläge bringen dann eher die einen oder anderen einen guten Ertrag! D.h.: Wildpopulationen liefern über lange Zeit gesehen stabile Erträge (wenn auch niedrige!) und sind gut an das variable Niederschlagsregime im Vorderen Orient angepasst (ganz im Gegensatz zu modernen, sog. „reinen“ Hochzuchttrassen, welche nur unter bestimmten Bedingungen gut gedeihen). D.h. das Klima kann nicht allein für den Übergang zur Kultivierung verantwortlich gemacht werden - es müssen verschiedenartigste Umstände gewesen sein, die wie auch immer zusammenspielten!

Domestikation und weitere Differenzierung von Kulturpflanzen im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes, aufgrund archäobotanischer und genetischer Ergebnisse

Domestikation von Getreide (1): Grundlagen allg. / Weizen, Gerste, Roggen

Die Erforschung der Domestikationsgeschichte von Getreide ist grundlegend, insbesondere auch für die Zukunft des Ackerbaus: „Wheat is the most widely grown crop in the world Domestication and crop improvement events have taken advantage of the genetic diversity of crops and their relativeshence, understanding the genetic bases of these events may help us imagine new ways to exploit untapped genetic resources ...“ (Charmet 2011)

Getreide sind **einjährige = annuelle** (= kurzlebige) Pflanzen

Systematik:

Klasse: Monocotyledoneae

Ordnung: Poales

Familie: Poaceae (= Gramineae) (Süßgräser)

Unterfamilie: Pooideae

Tribus: Triticeae

Subtribus: Triticinae

Gattungen: **Triticum** (Weizen); **Aegilops**; **Hordeum** (Gerste); Elymus; Hordelymus; Agropyron; **Secale** (Roggen)

Blütenstand: Ähre (Bsp. Dinkel, Triticum spelta), bestehend aus Teilblütenständen = Ährchen

Ährchen: 1- mehrblütig; sitzend, mit der Breitseite der Ährenspindel zugewandt (Bsp. Dinkel, Triticum spelta)



mehr Ährchen / Blüten → mehr Körner → höherer Ertrag!

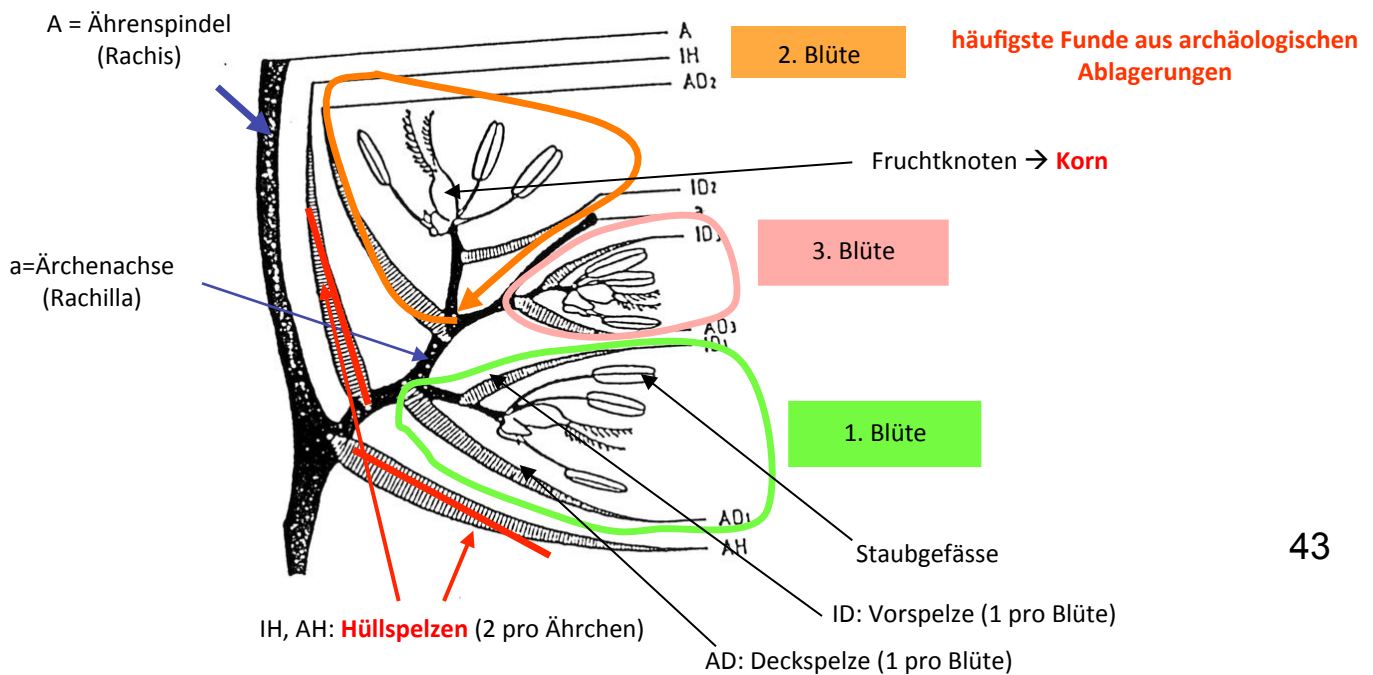
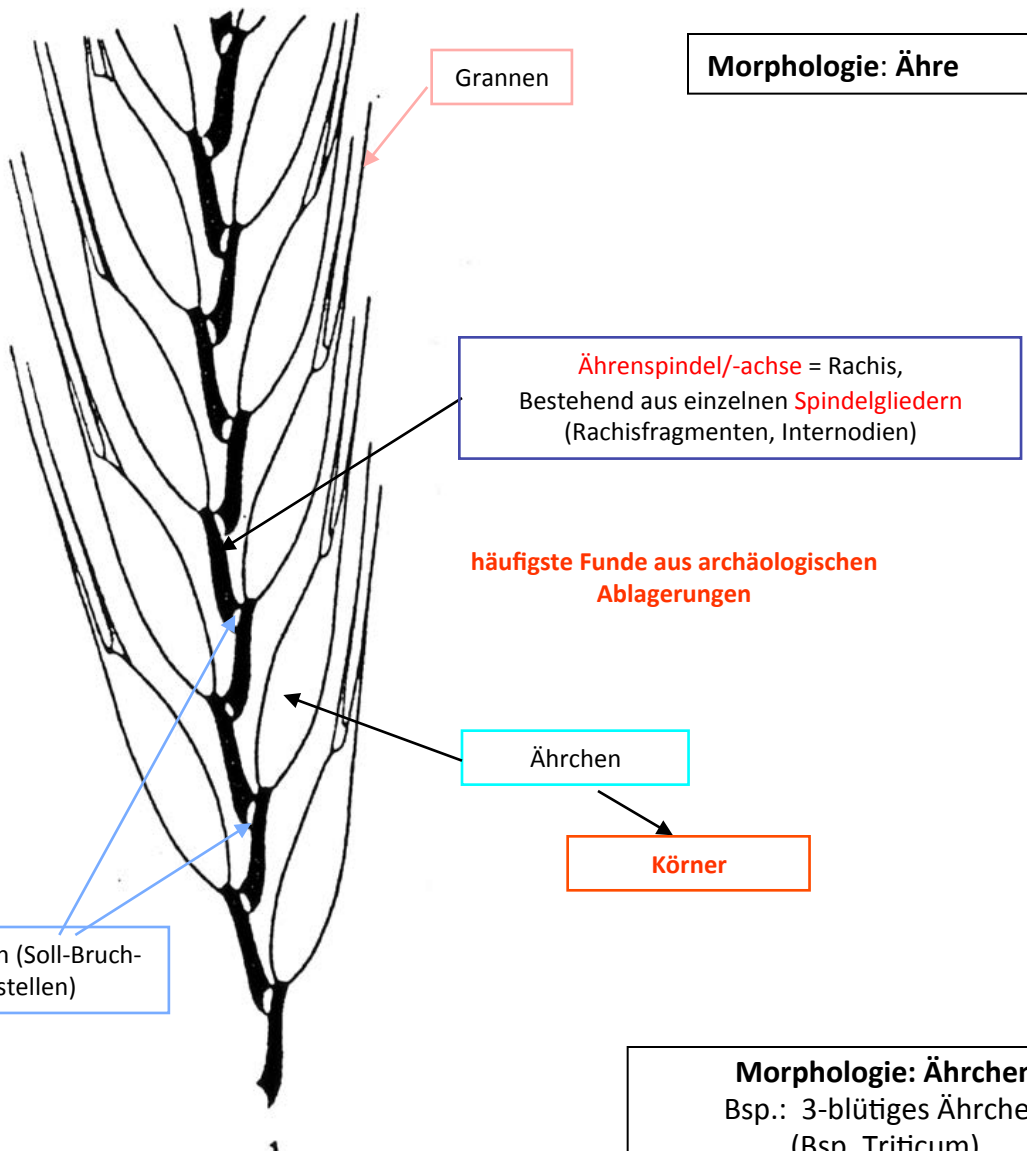
wichtige Begriffe:

Spelzgetreide (Spelzweizen, Spelzgerste...):

Die Spelzen umschliessen das/die Körner **fest**: letztere lassen sich erst nach zusätzlichen Arbeitsschritten (z. B. Mörsern) gewinnen. **URSPRÜNGLICH**

Nacktgetreide (Nacktwoizen, Nacktgerste...)

Die Spelzen umschliessen das/die Körner nur **locker**: letztere lassen sich durch einfaches Dreschen gewinnen. Auch als “freidreschend” bezeichnet. **ABGELEITET** (nur unter Kulturbedingungen vorkommend!)



Morphologische Unterschiede zwischen Wild- und Kulturformen: Domestikationsmerkmale von Getreide

- Robustheit der Grannen und Spelzen nimmt ab (+/-)
- **Grössere Körner +**
- Anzahl fertiler Blüten pro Ährchen steigt (+/-)
- Körner reifen gleichzeitig
- Bestockungsfähigkeit nimmt zu
- Häufigkeit von Haaren an der Rachis geht zurück (+/-)
- **Brüchigkeit der Ährenspindel verschwindet +**

+ = feststellbar an archäologischen Pflanzenresten

+/- bedeutet: nur selten feststellbar, meist ist das Fundmaterial dafür zu schlecht erhalten

domestiziert

Ähre bleibt ganz



wild

Ähre zerfällt von selbst, von oben nach unten

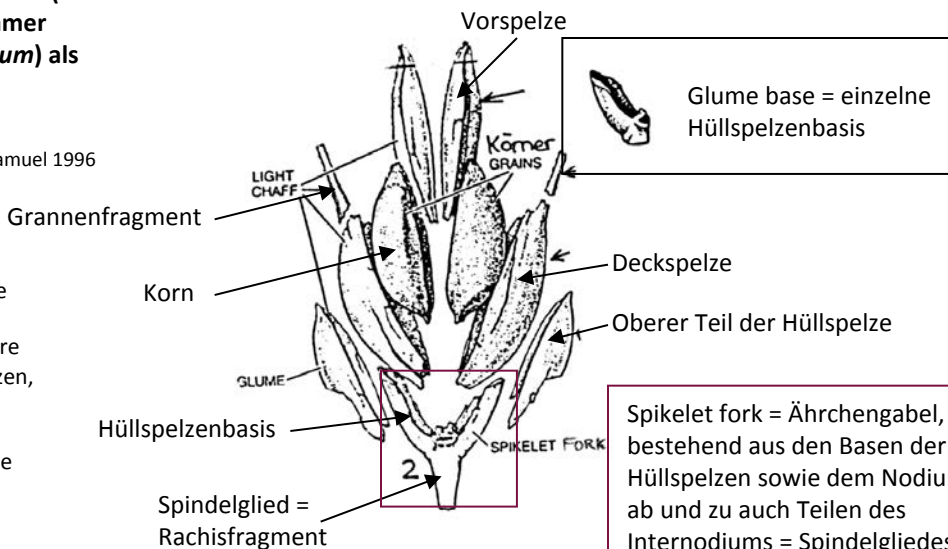
Morphologische Unterscheidung von Wild- und Kulturpflanzen bei Getreide, speziell in proto-/frühneolithischen Fundstellen im Nahen Osten / Wie vertrauenswürdig sind frühe Nachweise von Kulturformen??

Wichtig ist vor allem die Tatsache, dass die Ähre nicht mehr bei den Nodien (= vorgegebene Sollbruchstellen) zerbricht, sondern erst **durch äussere Einwirkung** (z.B. Dreschen, Mörsern), und zwar im Bereich des **Internodiums**. Es können im Fundmaterial mehrgliedrige Rachisteile und (häufiger) **apikale Ährchen** vorhanden sein!

Das Weizenährchen (hier Spelzweizen Emmer (*Triticum dicoccum*) als Bsp.) und seine Bestandteile

Bild aus Nesbitt & Samuel 1996

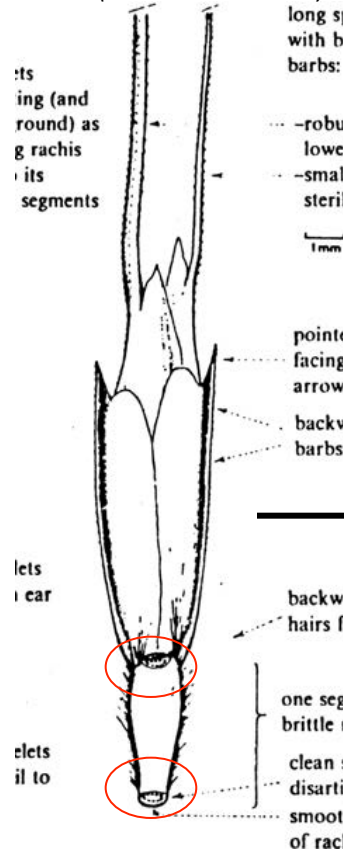
Light chaff = leichte Spreu (leichte Druschreste): obere Teile der Hüllspelzen, Vorspelzen und Grannenfragmente



Ährchengabeln, Hüllspelzenbasen = schwere Spreu (schwere Druschreste)

Ährchen mit Spindelglied vom **Wildeinkorn**

(*Triticum boeoticum*)



lets
ear

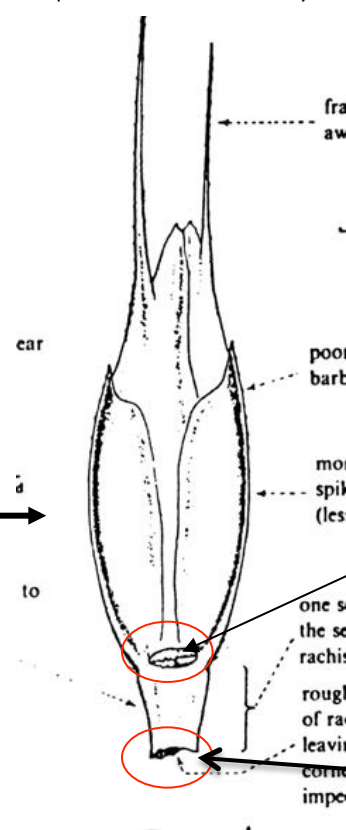
lets
il to

glatte Abbruchstellen

Grössenzunahme

Ährchen mit Spindelglied vom **Kultureinkorn**

(*Triticum monococcum*)



Unregelmässige Abbruchstellen

Teil des nächsthöheren SG bleibt oft an der Abbruchnarbe hängen

Unterster Teil des Spindelgliedes meist abgebrochen

Sichtbarkeit im archäologischen Fundgut

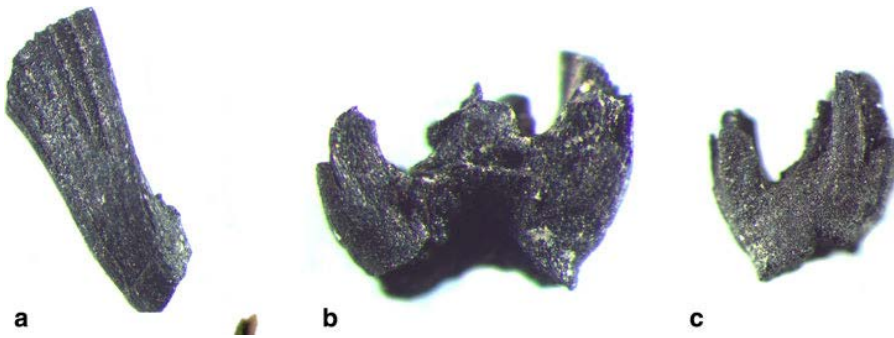
Bis vor kurzem war man sich über die Kriterien, um Wild- und Kulturformen zu unterscheiden, nicht einig. Erst Tanno & Willcox haben seit wenigen Jahren solche Kriterien, zunächst auf dem Internet, herausgearbeitet (publiziert 2012). Sie haben ihre Kriterien auf über 20'000 verkohlte Drusch-Resten (17'16 *Triticum*, 3695 *Hordeum*) aus 11 früh-holozänen Fundstellen (11'000-6200 BC cal) des Nahen Ostens, welche sie in den letzten Jahren untersucht haben, angewendet. Zum Teil haben sie auch kritische Altfunde wie jene aus Nevali Cori und Tell Aswad aufgrund ihrer Kriterien neu beurteilt (weitere Altfunde wie z. Bsp. jene von Cayönü und Cafer Höyük müssten ihrer Meinung nach unbedingt nochmals einer kritischen Wertung unterzogen werden).

Man kann nach diesen Kriterien die Drusch-Funde in 9 Gruppen einteilen (Gerste nur in 7, da nicht alle Resttypen dort auftreten). Grundsätzlich ist es so, dass eine Beschädigung und Fragmentierung der Spindelglieder-Funde, vermutlich als Folge des Entspelzens, die Zuweisung problematisch macht. Ausserdem spielen bei der Erhaltung und damit die Verkohlungsbedingungen, die Einbettung der Funde in Schichten, eventuelle Umlagerungen etc. eine Rolle. Nur gut erhaltene Funde können sicher zugewiesen werden! Interessanterweise scheint Gerste i. allg. weniger beschädigt und ist deshalb einfacher bestimmbar. >90% der Reste von Weizen sind nicht näher zuweisbar, bei Gerste nur ca. 5%.

Wichtig ist ausserdem, dass man Bestimmungen mit Hilfe von AMS-C14-Daten direkt am Fundmaterial absichert, denn Intrusionen aus jüngeren Schichten sind nie auszuschliessen (z. Bsp. durch Tiergänge, Wurzeln usw.).

Sichtbarkeit im archäologischen Fundgut (Forts.)

Fund-Objekte, an denen man Wild- und Kulturformen **NICHT** unterscheiden kann

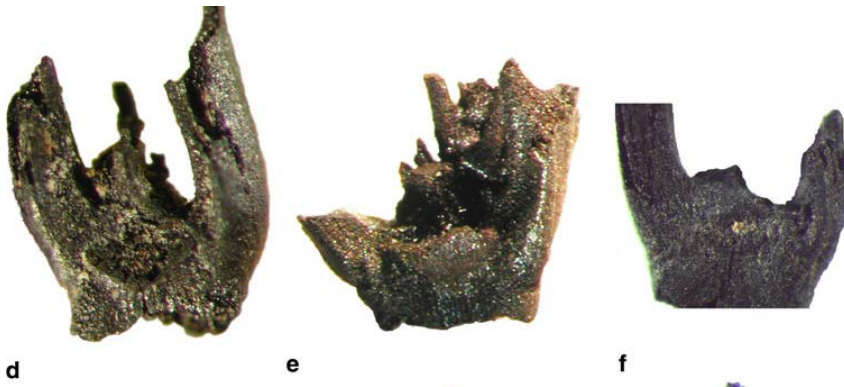


a: Hüllspelzenbasen von Spelzgetreide (nur Weizen!): fast häufigste Funde (rund 50%); an ihnen können Wild- und Kulturformen nicht unterschieden werden.

b: beschädigter Teil einer Ährchengabel (die Abbruchnarbe des nächsthöheren Spindelgliedes erscheint wie „ausgerissen“). Solche Stücke sind oft als „domestiziert“ beschrieben worden, als Ergebnis eines absichtlichen Auseinanderbrechens von 2 verwachsenen Spindelgliedern. Solche Objekte sind aber an Orten mit nur Wildgetreide häufig anzutreffen, aber auch an Orten, an denen es eindeutig domestiziertes Getreide gibt. Solche Funde sind deshalb nicht geeignet, um eindeutig domestizierte und wilde Formen zu unterscheiden (machen 35-40% der Reste aus!). Solche „ausgerissenen“ oberen Abbruchnarben sind bei Weizen und Gerste (dazu siehe White & Makarewicz 2012) anzutreffen.

c: Basis des terminalen (obersten) Ährchens. Im dargestellten Beispiel ist die Abbruchnarbe nicht erhalten, es ist also unklar, ob es von einer wilden oder domestizierten Form stammt. Allerdings fallen bei Wildformen die apikalen Ährchen als erste ab – wenn also nur Wildformen im Fundmaterial vertreten sind, sollten apikale Ährchen nicht vorhanden sein oder nur sehr selten. Tatsächlich zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass terminale Ährchenbasen zunehmen, sobald domestizierte Formen vorkommen, allerdings nur bei Weizen (von Gerste wurden nie terminale Spindelglieder gefunden).

Fund-Objekte, an denen man Wild- und Kulturformen **unterscheiden** kann



d: obere Abbruchnarbe bei der Wildform (hier am Bsp. Spelz-Weizen): die Abbruchnarbe der nächst-höheren Spindelgliedes zeichnet sich deutlich ab, ihre Oberfläche ist glatt und man sieht die Leitbündel. Die Narbe ist konkav, weil sie vor der Reife mit dem darüber liegenden Spindelglied verbunden war, welches eine konvexe Abbruchnarbe hat (siehe g). Für eine sichere Bestimmung muss man sicher sein, dass die originale Oberfläche erhalten ist.

e: obere Abbruchnarbe einer domestizierten Form (hier Spelzweizen, gleiches wurde auch bei Gerste beobachtet): bei den domestizierten Formen bleibt der basale Teil des nächsthöheren Spindelgliedes am Nodium haften (bei e ist dies deutlich, manchmal bleibt aber nur eine leichte Erhebung am unteren Rand der Abbruchnarbe zurück).

f: hier sind die Leitbündel nicht klar zu sehen und die Abbruchnarbe ist nicht konkav, ihre Oberfläche ist nicht glatt, ihr Umriss zeichnet sich nur wenig klar ab. Es könnte sich hier um eine Ährchengabel von einer domestizierten Form handeln, aber es könnte auch von einer Wildform stammen. Solche Formen sind recht häufig im Fundmaterial anzutreffen.

In dieser „Gruppe“ (d-f) können anhand von d und e wilde und domestizierte Formen recht gut unterschieden werden, wenn das Fundmaterial gut erhalten ist; leider ist es oft beschädigt!

Sichtbarkeit im archäologischen Fundgut (Forts.)

Fund-Objekte, an denen man Wild- und Kulturformen unterscheiden kann



g: basaler Teil eines Internodiums mit einer für Wildformen typischen Abbruchnarbe (hier Spelzweizen; von Gerste gibt es ganz ähnliche Funde) Die konvexe Oberfläche passt in die konkave Abbruchnarbe des nächst-unteren Spindelgliedes (siehe d). Die Oberfläche erscheint abgerundet und glatt, und die Leitbündel und der Umriss der Abbruchnarbe sind klar zu sehen.

h: basaler Teil eines Internodiums mit einer für domestizierte Formen typischer Abbruchart: Die Abbruchstelle ist nicht abgerundet, ausgebrochen und ein Teil fehlt, nämlich genau jener Teil, der am nächstunteren Spindelglied haften geblieben ist (siehe e). Statt einer Abbruchnarbe sieht man eine gezackte Abbruchstelle.

i: möglicherweise von einer domestizierten Form stammender unterer Teil eines Internodiums: der Abbruchstelle ist beschädigt, die Leitbündel nicht sichtbar und die abgerundete Form des „Wildtyps“ ist nicht zu sehen. Hier könnte es sich um einen domestizierten Typ handeln, welcher durch spätere Prozesse (Umlagerungen im Boden; Probenaufbereitung usw.) beschädigt wurde.

Modern: wild

Modern: domestiziert



Weiteres Problem:

An der Ährenbasis ist die Ährenspindel auch bei Wildformen fest!!! Man muss sich also fragen: Wie häufig müssen « domestizierte » Formen im Fundmaterial auftauchen, damit ein Ensemble als « domestiziert » beurteilt werden kann? Experimentelle Untersuchungen von Kislev (anlässlich der Untersuchung des Materials von Netiv, 1992) an *Hordeum spontaneum* (Wildgerste) zeigten, dass **10% der Wildformen « domestizierte » Abbruchart zeigten**: dies waren die Druschreste von der Ährenbasis.

Daraus folgt: der domestizierte Typ muss (gegenüber dem Wildtyp) deutlich **höhere Anteile als 10% im Fundmaterial** haben, will man den Nachweis erbringen, dass domestiziertes Getreide vorhanden ist. Dies ist nur dann zu beurteilen, wenn die Fundzahlen hoch sind (z. B. > 1000), was nur ganz selten (und erst bei Grabungen aus jüngerer Zeit) der Fall ist (siehe S. 48).

(siehe auch Nesbitt 2002, Willcox 2005, White & Makarewicz 2012, Tanno & Willcox 2012)

Untersuchte Druschreste (Bsp. *Triticum*): Forschungsstand 2012 (Tanno & Willcox 2012):

Funde gemäss den in Tanno & Willcox 2012 aufgeführten 9 Gruppen aufgeführt (siehe S. 46 und 47)

Table 1 List of identifications of charred einkorn and emmer spikelets, including new data from Aswad and Asikli. * Samples from level 4 Asikli, 2010 excavations. ** Samples from Stordeur's excavation. *** emmer present in small quantities

Emmer and Einkorn		Dederiyeh (einkorn***)	Qaramel (einkorn)	Jarf el Ahmar (einkorn)	Dja'de (einkorn)	Nevali Cori (einkorn***)	Aswad ** (emmer)	Asikli * (emmer)	Seker Acheimar (emmer)	Salat Cami (emmer)	el-Kerkh (emmer)	Total
Date (ka cal B.P.)		13	12	11.3	11	10.5	10.5	10.2	9.3	8.3	8.2	
Not identifiable	glume fragment	1	186			5,312	568	200	179	1,848	621	9,317
	damaged, indet.	4	88			2,285	1,262	193	70	1,268	860	6,464
	terminal spikelet					6	27	4	2	18	27	105
Upper part	wild		14	5	16	64	170	11	1	1	19	322
	possible domestic		4			38	50			12	23	250
	domestic					3	7	9	2	42	11	292
Lower part	wild					179	51	10	1		1	242
	possible domestic					35	16		1	8	5	66
	domestic					36	3		7	43	4	139
Total		5	292	5	16	7,958	2,154	426	263	3,240	1,571	17,196

Datierungen der Fundstellen siehe S. 28

➔ Es gibt nur **extrem wenige** Fundstellen mit einer genügend grossen Anzahl Resten, um beurteilen zu können, ob ein Ensemble als domestiziert gelten kann! Erhaltungsprobleme! Daraus folgt:

Der Nachweis der frühesten Domestikation ist SEHR schwierig!

Mit „Sensationsmeldungen“ über früheste Domestikationsnachweise ist KRITISCH umzugehen!!!!

Einfluss der Ernteweise:

Bei der Entstehung von domestizierten Formen spielt die Art, wie und wann Getreide geerntet wurde, eine Rolle. Wird beispielsweise Wildgetreide in unreifem Zustand geerntet, um einen Ernte-Verlust zu vermeiden, so können bei der Aufbereitung der Ernte „ausgerissen“ erscheinende Internodienbasen entstehen.

Eine positive Selektion in Richtung fester Ährenspindel findet erst statt, wenn konsequent mit Sicheln abgeerntet wird (siehe die Experimente von Hillmann & Davies 1990). Werden hingegen beispielsweise abgefallene Ährchen von Wildgetreide vom Boden aufgelesen, das Wildgetreide in praktisch reifem Zustand in Körbe „abgeschlagen, so entsteht keine solche positive Selektion. Allerdings ist es weitgehend unklar, wie das Getreide am Übergang zur Domestikation wirklich geerntet wurde. Zwar findet man sog. Erntemesser, ihre Funktion ist aber durchaus umstritten....

Zum Gebrauch des Wortes „Weizen“:

Weizen **wissenschaftlich**: deutsche Bezeichnung für die Gattung *Triticum* (hier in diesem Sinne gebraucht)

Weizen **umgangssprachlich**: deutsche Bezeichnung für den Saatweizen (z.T. auch: „Korn“), *Triticum aestivum*

Verbreitungsbiologie:

Weizen hat eine für eine einfache Domestikation ausgesprochen **günstige Verbreitungsbiologie**: **Selbstbefruchter (autogam)**: Mutanten stabil. Outbreeding-Rate sehr NIEDRIG 1,6 – 4,2%. Entstehung neuer Formen selten, aber möglich! (siehe dazu etwa Allaby et al. 2010).

Übersicht Weizenarten

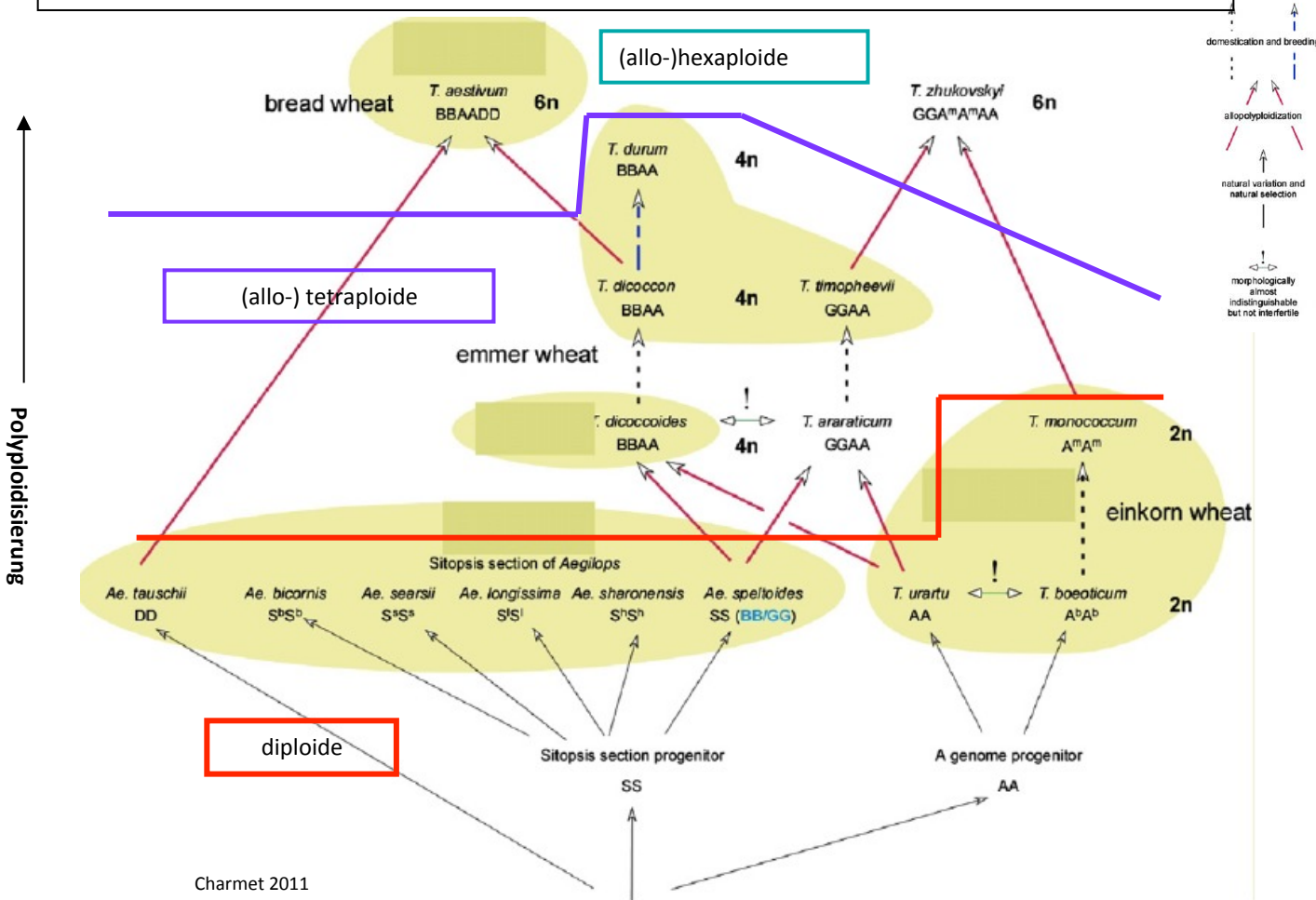
Table 1 | **Species and their derived forms**

Species names in this review (common name)	Biological species	Genome and ploidy	Ear and seed traits	No. of loci that support B vs NB rachis*	Alleles of loci that affect either glume or glume and ear rachis (chromosome) [‡]	References
<i>T. boeoticum</i> (wild einkorn)	<i>T. monococcum</i> L. ssp. <i>boeoticum</i> Boiss.	AA (A ^b A ^b) oder (A ^m A ^m)	H, B	2	<i>Sog</i> _A (2S)	27
<i>T. monococcum</i> (cultivated einkorn)	<i>T. monococcum</i> L. ssp. <i>monococcum</i>	AA	H, NB	2	<i>Sog</i> _A (2S)	27,29
<i>T. urartu</i> (wild <i>T. urartu</i>)	<i>T. urartu</i> Tuman.	AA (A ^u A ^u)	H, B	2	–	–
<i>Ae. tauschii</i> (wild <i>Ae. Tauschii</i>)	<i>Ae. tauschii</i> Coss.	DD	H, B	1	<i>Tg</i> _D (2S)	51,52
<i>T. dicoccoides</i> (wild emmer)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>dicoccoides</i> Aschers.	AABB	H, B	2; polygenic	<i>Tg</i> _{2B} (2S), <i>q</i> _A [§] (5L), <i>Qft</i> _{5A} (5S), <i>Qft</i> _{6A} (6)	44,50,56,114,115, 116,117
<i>T. dicoccum</i> (cultivated emmer)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>dicoccum</i> Schübl.	AABB	H, NB	2	<i>Tg</i> _{2B} (2S), <i>q</i> _A (5L)	50,116
<i>T. durum</i> (hard wheat)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>durum</i> Desf.	AABB	FT, NB	polygenic	<i>tg</i> _{2B} (2S), <i>Q</i> _A (5L), <i>qft</i> _{5A} (5S), <i>qft</i> _{6A} (6)	50,51,56,114,116,118
<i>T. parvicoccum</i> (<i>T. parvicoccum</i> , archaeobotanical)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>parvicoccum</i> Kislev	(AABB)	FT, NB	–	–	–
<i>T. araraticum</i> (wild Timopheev's wheat)	<i>T. timopheevii</i> Zhuk. ssp. <i>araraticum</i> Jakubz.	AAGG	H, B	–	–	–
<i>T. timopheevii</i> (cultivated Timopheev's wheat)	<i>T. timopheevii</i> Zhuk. ssp. <i>timopheevii</i>	AAGG	H, NB	–	–	–
<i>T. spelta</i> (spelt)	<i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>spelta</i>	AABBDD	H, NB	2	<i>Tg</i> _{2B} <i>Tg</i> _D (2S), <i>q</i> _A (5L), <i>Qft</i> _{5A} (5S), <i>Qft</i> _{6A} (6)	53,55,108,114,119
<i>T. vulgare</i> <i>T. aestivum</i> (bread wheat)	<i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>vulgare</i> Host.	AABBDD	FT, NB	2	<i>tg</i> _{2B} <i>tg</i> _D , <i>Q</i> _A , <i>qft</i> _{5A} , <i>qft</i> _{6A}	44,48,51,116
<i>S. vavilovii</i> (wild rye)	<i>S. cereale</i> L. ssp. <i>vavilovii</i> Grossh.	RR (SS)	B	1	–	72
<i>S. cereale</i> (rye)	<i>S. cereale</i> L. ssp. <i>cereale</i>	RR (SS)	NB	1	–	72
<i>H. spontaneum</i> (wild barley)	<i>H. vulgare</i> L. ssp. <i>spontaneum</i> Thell.	HH	H, B	2	–	80,120
<i>H. vulgare</i> (barley)	<i>H. vulgare</i> L. ssp. <i>vulgare</i>	HH	H*, NB	2	–	78,80,120

Nomenclature is taken from REF. 5, with modifications. *Genes that affect rachis but not glume traits. †Subscripts indicate genomes. §Designated as *q2* in REF. 56. ||Allele inferred from genotype of wild emmer. ¶Allele inferred from genotype of hard wheat. *The trait is under the control of the single gene *N* (recessive *n*, naked seeds)⁸⁰. *Ae.*, *Aegilops*; B, brittle rachis, ears disarticulating at maturity into spikelets; FT, free-threshing, soft glumes, shorter rachis internode, tougher rachis; H, hulled wheat, in the spikelet, the kernels of H wheats are covered by tenacious glumes, not easily separated from grains during threshing; *H.*, *Hordeum*; NB, non-brittle, non-brittle (tough) rachis that does not disarticulate at maturity; Q, Q factor; S., *Secale*; *Sog*, tenacious glumes; *T.*, *Triticum*; *Tg*, tenacious glumes.

Aus Salamini et al. 2002, ergänzt nach Özkan et al 2011 und Haldorsen et al 2011

Übersicht Weizen“arten“ mit Darstellung ihrer Phylogenie



Diploide Weizen: Einkornreihe (AA) 2n=14

Die diploiden Weizen der Einkornreihe umfassen 2 Wildformen und eine Kulturform. Die Bezeichnung „Einkorn“ impliziert, dass im Ährchen nur 1 Korn reift. De facto ist dies zwar oft so, aber oft auch nicht. Alle Weizenformen haben die Anlage mehrerer Blüten im Ährchen, oft sind deshalb die Ährchen des Einkorns 2-körnig.

Wildeinkorn 1 (*Triticum boeoticum*) ist genetisch in 3 Varietäten gliederbar: α , β , γ (siehe Kilian et al. 2007), wobei β die für die Domestikation wichtige var. **thaoudar** ist (Genomformel neu: AbAb)

Wildeinkorn 2 (*Triticum urartu*) ist genetisch gut von *T. monococcum* abgrenzbar (Heun et al. 2008) (Genomformel neu: AuAu). Eine morphologische Unterscheidung von *T. urartu* und *T. monococcum* kaum/nicht möglich.

(eine in der Literatur erwähnte weitere Unterart des Wildeinkorns (*T. ssp. aegilopoides*) ist laut neuen genetischen Studien eine verwilderte Form von *T. monococcum* (Kilian et al. 2007; Haldorsen et al. 2011))

Kultureinkorn (*Triticum monococcum*)

Die Einkorn 's' zeichnen sich durch die folgenden Ähren- und Kornmerkmale aus:

- alle sind **H = hulled = bespelzt** (sog. Spelzweizen)

- Wideinkorn hat eine **B = brittle** = brüchige Ährenspindel, Kultureinkorn hat eine **NB = not brittle** = nicht brüchige Ährenspindel

Eigenschaften von Einkorn:

•eignet sich als Brotgetreide (heute noch: Provence! „petit épautre“)

•Traditionell in Nahost zur Herstellung von Grütze (Bulgur) gebraucht, neu aus Biolandbau auch Einkornflocken

•Dünnes, aber festes Stroh: eignet sich bestens zur Herstellung von Geflechten, oder zum Aufbinden von Reben usw.

•Sehr robust: unempfindlich gegen Klimaextreme, Schädlinge.... Wächst noch auf armen Böden gut!

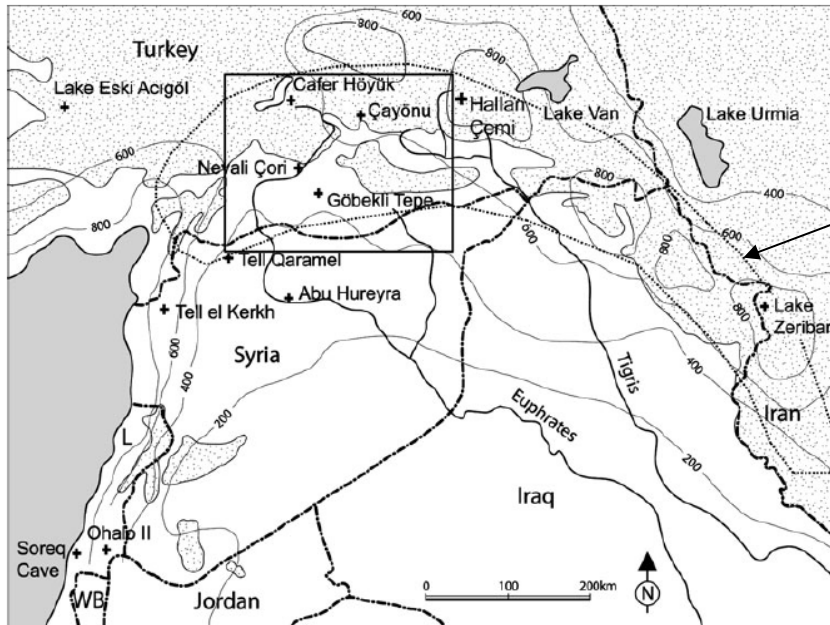
Wie kommt es zur Entstehung von Kultureinkorn?

Das Kultureinkorn entstand aus dem Wildeinkorn mit der Genomformel AbAb (also (*T. boeoticum* var. *thaoudar*)). Wie man schon längere Zeit weiss, sind in die Entstehung der Kulturform **Mutationen an mindestens 2 Genen** involviert, wodurch Kultivare mit fester Ährenspindel und grösseren Körnern entstanden. V.a. das **Q-Allel** auf dem Chromosom 5 ist wichtig: es mutiert von q (rezessiv) → zu Q (dominant) und ist in erster Linie verantwortlich für die feste Ährenspindel, Q ist allerdings ein pleiotropes Gen (siehe dazu Doebley et al. 2006; Peleg et al. 2011).

WO kam es zur DOMESTIKATION von EINKORN ??

Verbreitung des Wildeinkorns 1 (*Triticum boeoticum*)

Sekundär auf segetalen und ruderalen Habitaten, auch weit ausserhalb seines natürlichen (primären) Areal



Ursprüngliche verbreitung

Fig. 1 Key map showing Neolithic sites and important palaeoclimate locations. Lines: present annual precipitation in mm (after Evans et al. 2004). Dotted: areas of altitude >1,000 m a.s.l. Framed: the area of Figs. 2 and 4. Dotted curve shows the primary distribution of wild Einkorn (after Nesbitt 2002 and Harlan and Zohary 1966). Provided by S. Haldorsen using a Google map

Haldorsen et al 2011

Zur Interpretation von Verbreitungskarten (nach Willcox 2005):

Bisher wurden kaum Unterschiede zwischen einer grossräumigen Verbreitung und lokalen Habitatpräferenzen gemacht. Was wir kennen, sind Verbreitungskarten, welche einfach die geographischen Grenzen angeben. Diese können irreführend sein, da sie die Einschränkungen, die der Verbreitung durch kleinräumig wechselnde, edaphische Gegebenheiten (v.a. Geologie!) oder die sehr extremen Klimagradierten, die im Gebiet z.T. über sehr kurze Distanzen vorhanden sind, nicht berücksichtigen. Die Verbreitung ist de facto also lückenhaft!

Edaphische Ansprüche von Wildeinkorn (Böden, geologischer Untergrund) (nach Willcox 2005, Haldorsen et al. 2011):

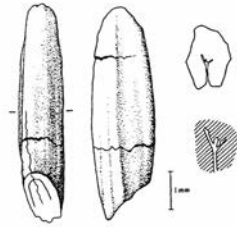
Wildeinkorn ist eine **kalkfliehende** Pflanze. Es kommt vorwiegend über **Basalt** vor (also in Gegenden mit Gesteinen vulkanischen Ursprungs). Wenn Basalt verwittert, ergeben sich Smectit-reiche, rel. nährstoffreiche Böden (z. Bsp. Gebiet der SE-Anatolischen Vulkane wie Karacadag, Kartal....). Allenfalls günstig sind auch **entkalkte alluviale Böden** (dort allerdings Überschwemmungsgefahr). In vielen Teilen des fruchtbaren Halbmondes steht aber **Kalkstein** an, und der Untergrund ist deshalb ungeeignet (oder sehr wenig geeignet) als Habitat für Wildweizen. Ihre Verbreitung ist deshalb « **patchy** » (lückenhaft). Wildeinkorn 1 (*Triticum boeoticum* var. *thaoudar*) ist deshalb v. a. im **Norden** des westl. Teils des fruchtbaren Halbmondes verbreitet, da es Basalt als Untergrund braucht.

Klimaansprüche von Wildeinkorn: (Willcox 2005 sowie Heun et al. 2008, Haldorsen et al. 2011)

Wildeinkorn 1 (*T. boeoticum* var. *thaoudar*): ist empfindlicher gegen Aridität und kommt in Gebieten mit meist >400 mm JahresN vor (und in Höhenlagen von 1000-1400 m), also weiter nördlich.

Wildeinkorn 2: (*T. urartu*): ist besser an etwas trockenere Verhältnisse angepasst (bei 250-300 mm JahresN). Reift früher als *T. m. boeoticum*. Kommt deshalb auch weiter südlich vor (über edaphische Ansprüche ist wenig bekannt!)

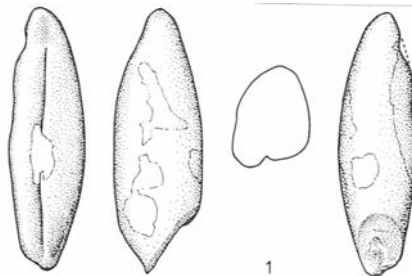
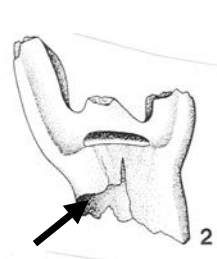
Frühe Funde von Einkorn in archäologischen Fundstellen des Nahen Ostens



Wildeinkorn:

Links: Drusch: SG mit HSB: links modern, rechts PPNA (9500-8500 v. Chr.), Jerf el Ahmar; wurde als wild bestimmt, da Abbruchstelle des nächsthöheren SG sehr sauber ist / **Rechts: Korn:** Abu Hureyra, vor 10 '000 BC cal

Links: (Willcox, <http://pagesperso-orange.fr/g.willcox/archaeobotanical%20images/index1.htm>); rechts: Moore et al. 2000



Kultureinkorn:

Links: Drusch: Im Bereich des Internodiums zerbrochenes Spindelglied mit HSB, von Pflanze mit fester Ährenspindel / **rechts: Korn:** grösser!

van Zeist & de Roller, 1991/92, Cayönü, (8500-7500 BC cal., PPNB)

Zusammenstellung der Funde: Tab. S. 28 und 53

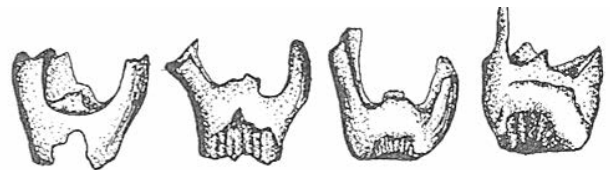
Frühe Funde von domestiziertem Einkorn – und Probleme damit.....

Table 2 Nevali Çori Einkorn classification over the past years

Source	Einkorn status
Pasternak (1998)	Mostly domesticated
Nesbitt (2002)	Mostly domesticated
Willcox (2005)	Mostly domesticated
Tanno and Willcox (2006)	Mostly wild
Pasternak (pers. comm. 2009)	Mostly domesticated
Özkan et al. (2010)	Domestication status not specified

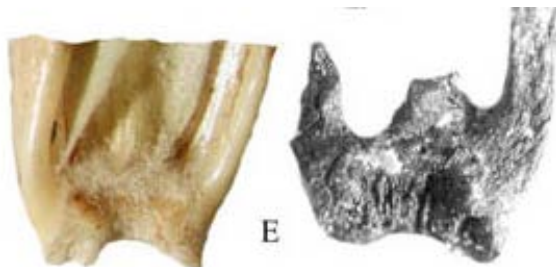
Haldorsen et al. 2011

The material originates from Pasternak (1998)



Einkorn ÄG von Nevali Çori: vom Bearbeiter (R. Pasternak) als domestizierter Typ beschrieben, um 8500 BC cal, (Pasternak 1998)

Reichliche Funde aus dem fraglichen Zeitraum gibt es nur von **Nevali Çori** (SE-Anatolien): Die Problematik ihrer Zuweisung zu wild resp. domestiziert und die sich laufend ändernden Meinungen dazu zeigt die obige Tabelle, die Bestimmungsproblematik die Bilder und der engl. Text dazu!



E) Most ancient charred spikelets from early agriculture sites in the Near East are not identifiable having been damaged either during dehushing like this one or for reasons associated with charring. Initially we mistakenly took these damaged spikelets for domestic types. But in fact the crucial part is missing, and its rough appearance is misleading. The fresh damaged specimen was produced when we dehushed wild einkorn in the lab, domestic einkorn produced the same result. The charred spikelet in E is from Tell Qaramel.

Was sagen die archäobotanischen Daten?

Taxa➡				Triticum monococcum 2-gr	Secale sp.	Triticum monococcum 1-gr
				Einkorn 1-k	Roggen	Einkorn 2-k
	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code			
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. Core area						
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	x	x ^{wd}	
Körtlik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	Poaceae gross, Triticum type		Trit boeot/ Secale
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An			x
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	X		
Mureybet I-III	9400 (9700-8500))	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x	x	
Tell ‘Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	x	x	
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A			
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	x ^{wd}	x	x
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	x	?	
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x ^{wd}	x	x
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D	x	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	?		x ^{wd} ?
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x ^{wd}		x ^{wd}
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x ^{wd}		x ^{wd}
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x	x ^D	x ^D
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An			x ^D
Süd-Levante / Southern Levant						
Ohalo II	21000	Paläol	S-L			
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L			
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L			
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	?		?
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L			
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L			
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L			
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L			
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L			x ^{wd}
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L			
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x		
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}		x ^{wd}
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L			
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L			x ^D

Ausschnitt aus der Tab. S. 28: Frühe (Paläolithikum bis frühes PPNB) Funde von Wildeinkorn und wildem Roggen (oft nicht von Wildeinkorn zu unterscheiden), sowie früheste domestizierte Funde, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (aus dem östlichen Teil keine Funde); nach Fuller et al. 2012, ergänzt.

Was sagen die archäobotanischen Daten? (Forts.)

Es zeigt sich, dass **Einkorn tatsächlich nur im Norden des Gebietes** vorhanden ist: Das belegt, dass die damalige Verbreitung nicht grundsätzlich von der heutigen natürlichen Verbreitung verschieden gewesen sein kann.

Die **frühesten Hinweise** auf **domestizierte Formen** treten in **SE-Anatolien und W-Syrien** auf. Hier aufgeführt sind nur SICHERE Funde (gemäss „vorsichtiger“ und kritischer Interpretation von Tanno & Willcox 2012).

Fazit: Irgendwo im Bereich SE-Anatolien (bis N-Syrien) muss die früheste Domestikation von Einkorn **gegen Ende PPNA/Beginn PPNB** erfolgt sein. Dies stimmt gut mit den natürlichen Gegebenheiten überein, indem v.a. in SE-Anatolien grösserflächige Wildvorkommen zu erwarten sind. Es stimmt ausserdem sehr gut mit den archäologischen Fakten (Kulturentwicklung...) überein.

Was sagt die Genetik zur Domestikation von Einkorn?

Zuerst einige grundsätzliche Überlegungen (nach Brown et al. 2009; Allaby et al. 2010; Allaby 2010; Özkan et al. 2011):

Eine heutige Kulturpflanze ein junger Nachkomme derjenigen Wildform, von der die abstammt. Sie weist viele mit der Wildform gemeinsame genetische Merkmale auf. Ein Vergleich der Genotypen von modernen Kulturpflanzen-Varietäten und Wildpopulationen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet erlaubt es festzustellen, welche Wildpopulation (= die genetisch ähnlichste!) der Vorfahr der betreffenden Kulturpflanze war. Damit liesse sich – theoretisch - der Ort der Domestikation lokalisieren.

ABER: es gibt ein **grundsätzliches Problem** bei der Interpretation der genetischen Ergebnisse: Es ist unbekannt, wie viele der ehemals vorhandenen Wildpopulationen sowie der ursprünglichen Kultivare noch vorhanden sind. Welchen Fehler enthält also eine solche Analyse???

Derzeit existieren **2 einander gegenüber stehende Meinungen** betreffend die Interpretation der genetischen Ergebnisse:

1) Schule 1, Heun: vertritt die Meinung, dass Kulturpflanzen einen monophyletischen Ursprung haben und dass die Domestikation rasch erfolgt sein muss. Dabei wird den spätpaläolithischen Menschen ein zielgerichtetes Vorgehen unterstellt: erste in Kultur genommene Pflanzen sollen rasch einem starken und zielgerichteten Selektionsdruck (v.a. durch die Art des Aberntens) ausgesetzt worden sein, vor allem wurden sie daran gehindert worden sein, sich mit Wildformen zu kreuzen (neu: Haldorsen et al. 2011).

2) Schule 2, Brown (hierher auch Allaby), **Özkan, Kilian, Willcox....:** gehen eher von einem polyphyletischen Ursprung aus, und sagen, dass die Domestikationsbemühungen im späten Pleistozän und frühen Holozän nicht sehr zielgerichtet waren, und dass es immer wieder zu Vermischungen mit Wildformen kam. U.a. deshalb hätten sich die Kulturformen so langsam im Fundmaterial durchgesetzt (siehe z. Bsp. Allaby et al. 2010; Özkan et al. 2011).

Die Schule 2 legt auch (m. E. überzeugend) dar, dass es notwendig ist, möglichst **grosse Teile des Genoms** zu untersuchen, dadurch ergeben sich wesentlich differenziertere Ergebnisse:

a) Die Genomstruktur ändert sich im Lauf der Zeit. Es kommt zu **Genfluss**, d.h. es gab Introgressionen, z.Bsp. von wilden Populationen in kultivierte. Modellberechnungen von Allaby et al. (2010) ergaben, dass mit der Zeit alle Populationen monophyletisch erscheinen (nach etwas mehr als 100 Generationen), auch wenn ihr Ausgangspunkt polyphyletisch war und eine hohe Autogamie-Rate vorliegt!

D.h., dass man „den Ursprungsort“ oder „das Ursprungsereignis“ (= den Beginn der Kultivierung) genetisch NICHT feststellen kann!

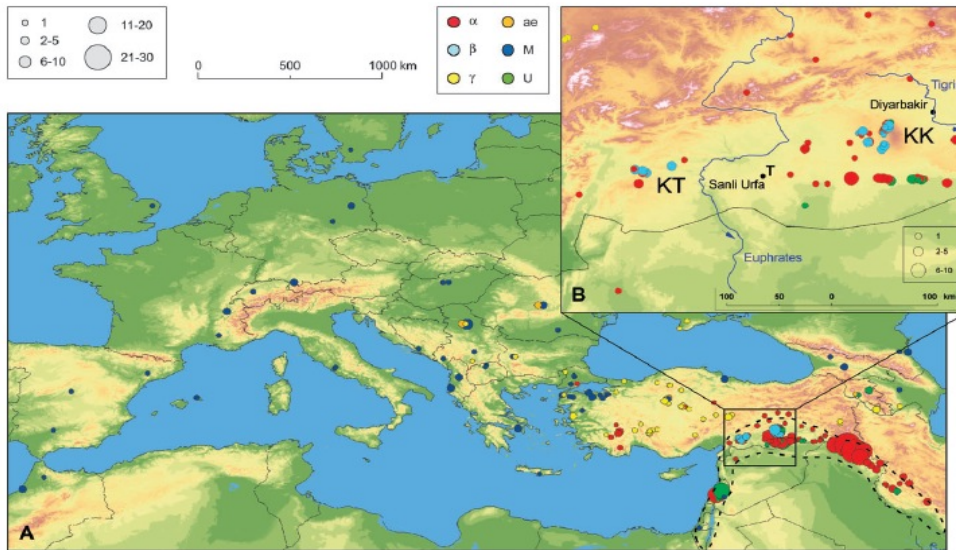
b) Was frühere genetische Studien (sowie heute noch die Vertreter der Monophylie-These) als „Ursprungsort“ der Domestikation bezeichnen ist jener Ort, wo kultivierte Pflanzen in dichten Populationen (Beständen) wuchsen, ohne (grosse) Möglichkeit, sich mit Wildformen zu kreuzen – also quasi der „**Schlusspunkt**“, der Vollzug der Domestikation.

c) Vor diesem „Ereignis“ können **Hunderte – Tausende von Jahren von Kultivierung, Einsammeln von Wildformen, deren genetische Vermischung** z. B. durch Saatguthandel usw. liegen.... (siehe hierzu das „dispersed specific domestication model“ von Kilian et al. 2007). Solche „human manipulations“ fanden höchstwahrscheinlich **gleichzeitig an verschiedenen Orten** im fruchtbaren Halbmond statt – ev. auch weit weg von dort, wo ein „crop“ dann schlussendlich domestiziert wurde! Dies würde **sehr gut zu den neuesten archäologischen Daten passen** (man spricht von „protracted domestication“).

d) Die Studie von Kilian et al 2007 ergab eine erstaunlich **hohe genetische Diversität des Kultureinkorns**, die schwer zu erklären ist, wenn man von einem monophyletischen Ursprung aus geht. Denn wenn nur eine einzige Population domestiziert worden wäre, hätte man mit einem starken bottle-neck Effekt (=Verarmung der genetischen Diversität) zu rechnen (siehe Anhang S. 66 und 67).

→ Deshalb geht Schule 2 genetisch von „**multiple origins**“ (=polyphyletischer Ursprung) aus!

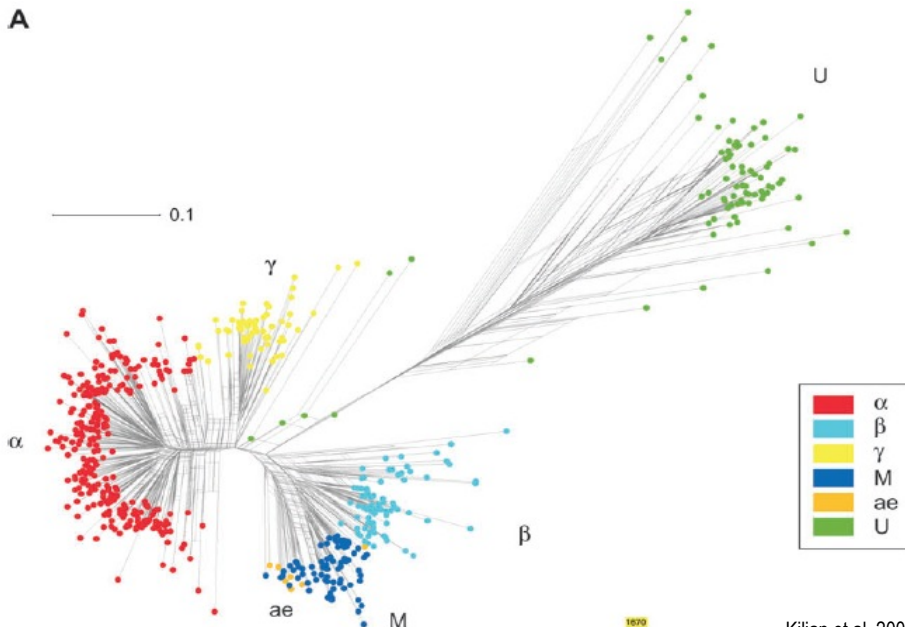
Ergebnisse genetischer Untersuchungen an modernen Einkorn-Pflanzen unterschiedlicher geographischer Herkunft



Kilian et al. 2007

Untersuchung von **>350 Wildeinkorn's** (321 *T. boeoticum*, 8 *T. aegilpoides*, 39 *T. urartu*), plus **84 domestizierten monococcum-Sorten**.

Es wurden genetische Distanzen zwischen Wildeinkorn-poulationen und Kultureinkorn berechnet (m. H. verschiedener statistischer Methoden)



Kilian et al. 2007

- Es gibt **3 Rassen** des Wildeinkorns *T. boeoticum*: α , β , γ (mit je 23, 10 resp. 18 Haplotypen)
- **nur Rasse β** wurde offensichtlich domestiziert, da sie als einzige sehr nahe beim domestizierten Einkorn (M) gruppiert wird (dies ist var. *thaoudar*)
- *Triticum urartu* (U) ist genetisch klar abgrenzbar, und trug nicht zum Genom des domestizierten Einkorns bei (bezogen auf heute noch vorhandene Kultivare)

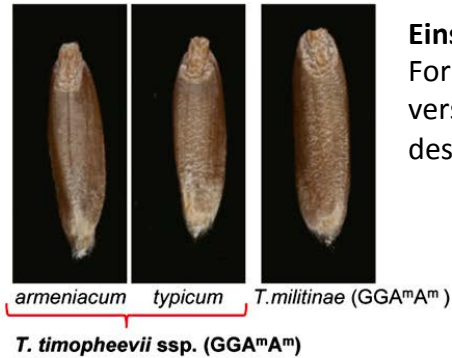
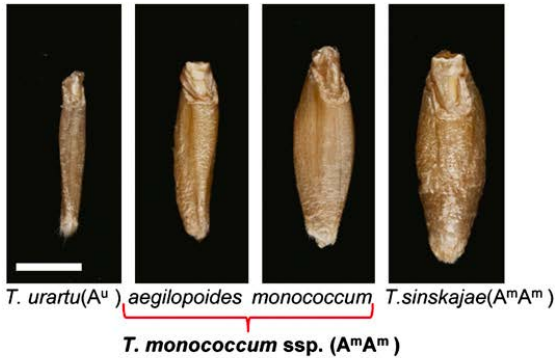
Das Wildeinkorn der Var. β = hellblau wurde bisher **nur** in der **KK (Karacadağ) und KT (Kartal-Karadag)** Gebirgsketten in SE Anatolien gefunden, trotz intensiver Sammeltätigkeit an anderen Orten. Dieses Gebiet liegt im Bereich einiger der Orte (wie Nevali Cori, Cayönü), an denen Einkorn früh gesammelt und möglicherweise erstmals kultiviert wurde. Die frühesten Funde von Kultureinkorn kommen allerdings von etwas weiter südlich (Tell Mureybet im mittl. Euphrattal, siehe Tabelle S. 53). Damit passen **archäologische und genetische Daten einigermaßen gut zusammen**

(Allo-)Tetraploide Weizen 1: Emmerreihe, Genom AABB (1)

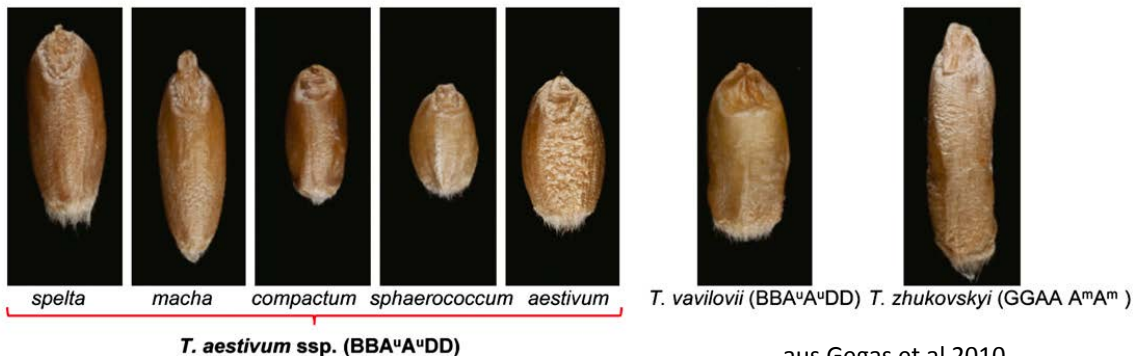
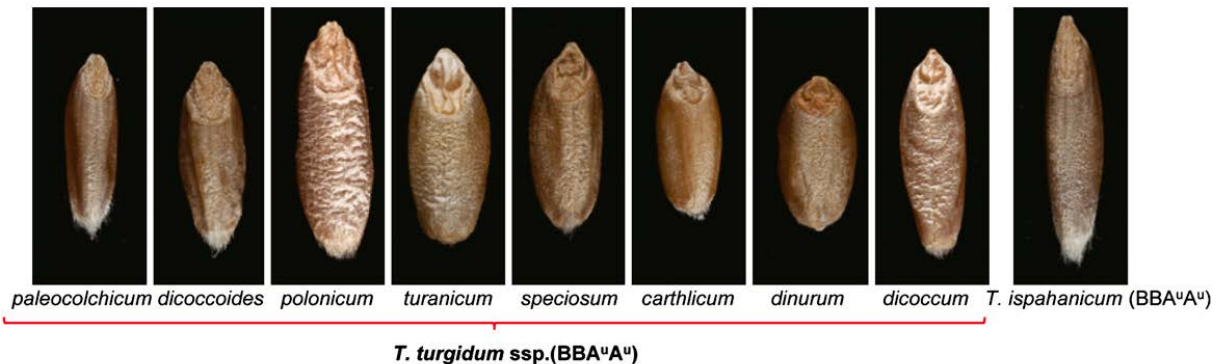
Ausschnitt aus Tab. S. 8, Salamini et al. 2002

<i>T. dicoccoides</i> (wild emmer)	 <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>dicoccoides</i> Aschers.	AABB wild	H, B	2; polygenic	$Tg2_B$ (2S), q_A^5 (5L), Qft_{6A} (5S), Qft_{6A} (6)
<i>T. dicoccum</i> (cultivated emmer)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>dicoccum</i> Schübl.	AABB Domestiziert, bespelzt, Emmer	H, NB	2	$Tg2_B^{II}$ (2S), q_A (5L)
<i>T. durum</i> (hard wheat)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>durum</i> Desf.	AABB Domestiziert, nackt: Hartweizen	FT, NB	polygenic	$tg2_B$ (2S), Q_A (5L), qft_{6A} (5S), qft_{6A} (6)
<i>T. parvicoccum</i> (<i>T. parvicoccum</i> , archaeobotanical)	<i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>parvicoccum</i> Kislev	(AABB) Domestiziert, nackt, Status?	FT, NB	–	–

Heute – aufgrund umfangreicher genetischer Untersuchungen – weiss man, dass das A-Genom von der Vaterpflanze stammt (Kern-DNA), das B-Genom (Cytoplasma) hingegen von der Mutterpflanze (siehe Zitate in Özkan et al. 2011). Neuerdings werden deshalb die Genomformeln in umgekehrter Reihenfolge dargestellt (also BBAA.....: immer zuerst Mutterpflanze genannt).

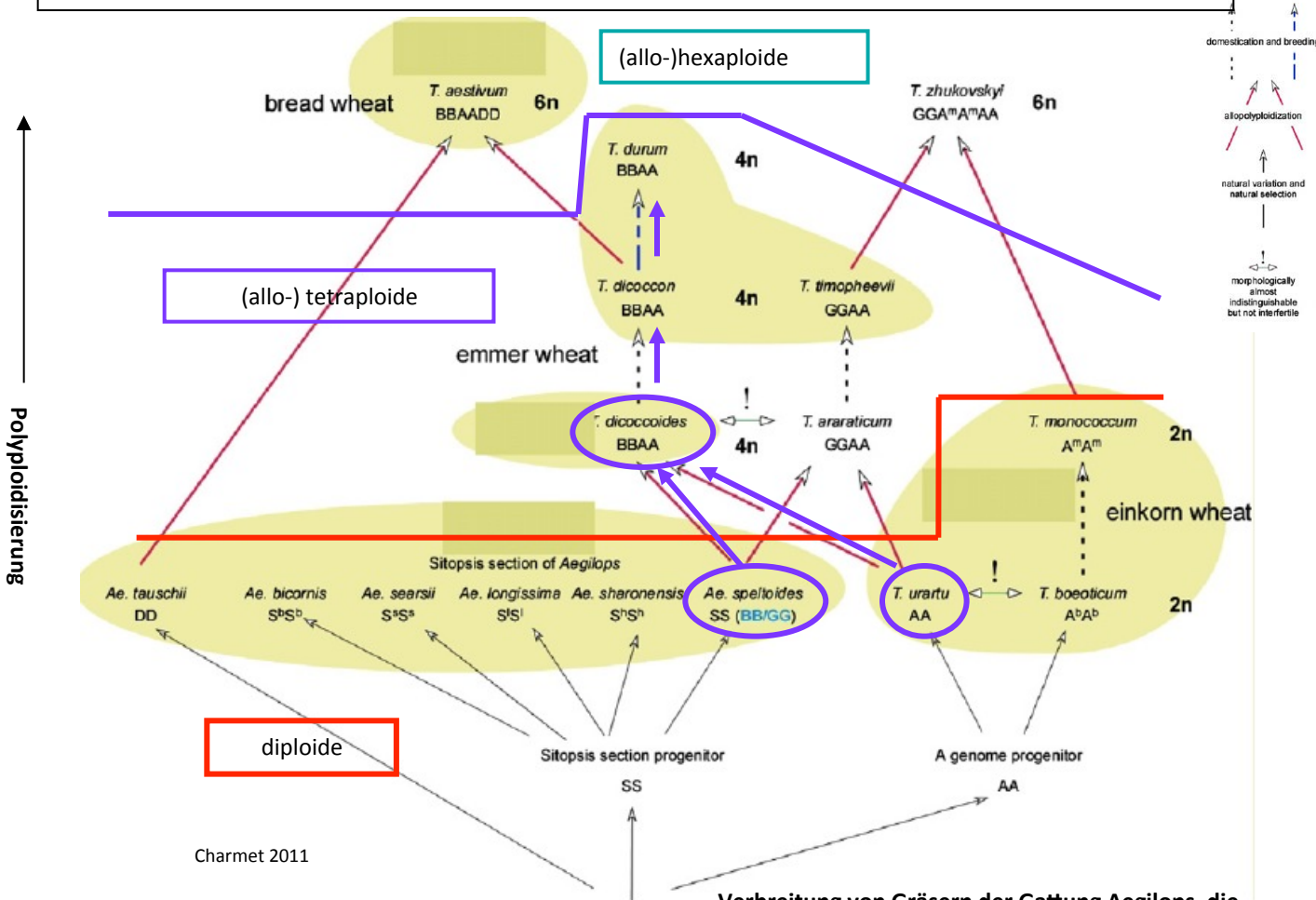
**Einschub:**

Formen der Körner der verschiedenen Formen des Weizens (Triticum)

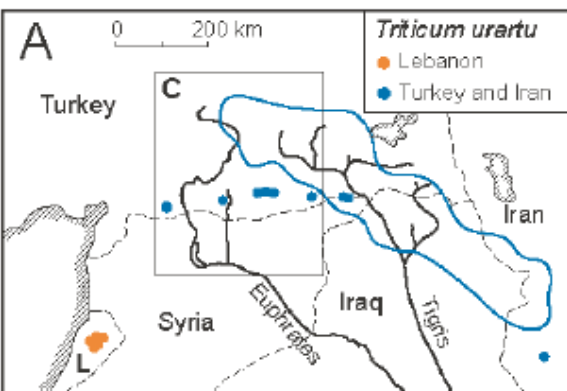


aus Gegas et al 2010

Übersicht Weizen "arten" mit Darstellung ihrer Phylogenie: Entstehung der tetraploiden Weizen

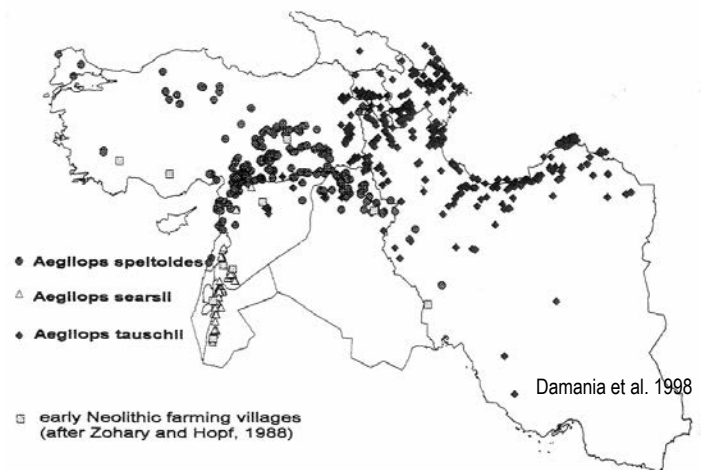


Verbreitung von Weizen *Triticum urartu* (AuAu)



Heun et al. 2008

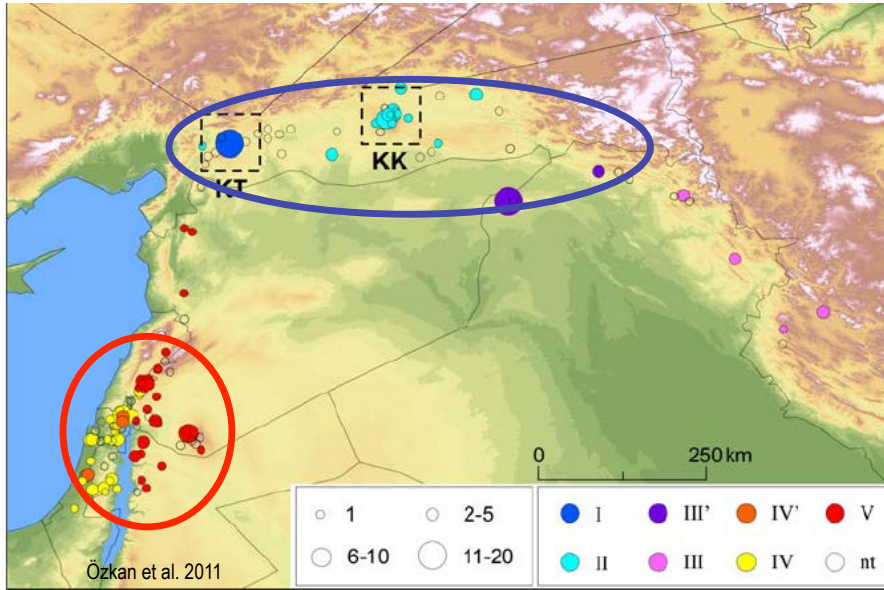
Verbreitung von Gräsern der Gattung Aegilops, die möglicherweise Genome zu den polyploiden Weizen beisteuerten



Damania et al. 1998



Verbreitung des tetraploiden Wildemmers (*Triticum dicoccoides*)



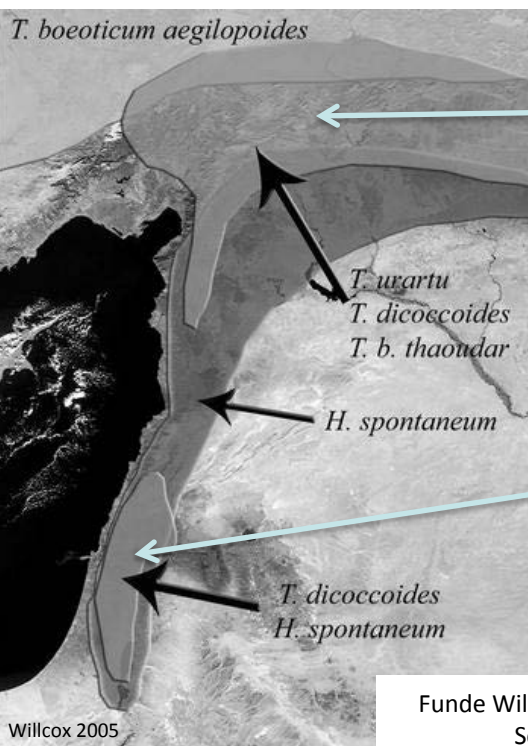
Wildemmer – wie diese neue Karte aus Özkan et al 2011 zeigt – ist in einem **grossen Teil** des fruchtbaren Halbmondes verbreitet, im Gegensatz zum Wildeinkorn aber nicht nur im N bis E, sondern auch im auch im Süden (SW).

Man kann deshalb **2 Varietäten** unterscheiden, welche morphologisch (und auch genetisch, siehe unten) verschieden sind: eine südwestliche, palästinensische Varietät und eine nördliche („central eastern“) türkisch-irakische Varietät.

Die Verbreitung ist lückenhaft.

Wildemmer (*T. dicoccoides*): Habitate, edaphische Ansprüche, Klimaansprüche:

Bevorzugt silikatischen, oft felsigen Untergrund (v.a. Basalt) (im N). Im S auch auf Hartkalk (selten!) und über Terra Rossa-Böden. Höhenlagen: im S (Jordan-Tal) 150 m unter Meeresspiegel bis (im N) in Höhenlagen von 1600-1800 m (SE-anatolische Vulkane)



Wildemmer kommt in SE-Anatolien in grösserer Höhenlage in eher kühlem-humidem Klima vor

Unter 400mm Jahres-Niederschlag kein *T. dicoccoides* mehr!

in Palästina kommt es in geringer Höhenlage in im Sommer heissen, trockenen Habitaten vor

Funde Wildemmer-Körner (oder Kulturemmer?) aus PPNB-Schichten von Dja 'de (mittl. Euphrat-Tal)

Triticum dicoccoides /
dicoccum
Dja'de 115.



Triticum dicoccoides /
dicoccum
Dja'de 47.

WO und WIE kam es zur DOMESTIKATION von EMMER ?? Archäologische Fakten

Taxa→	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	Triticum dicoccum/ dicoccoides
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. Core area				
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	
Körtlik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	x
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	
Mureybet I-III	9400 (9700-8500))	PPNA-E-PPNB	N-L-An	
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	x
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	x
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x ^{wd}
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x ^D
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D
Süd-Levante / Southern Levant				
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	x
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L	
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L	
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	x?
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L	x?
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	x
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	x ^{wd}
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	x
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x ^{wd}
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^{wd}
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L	
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^D

Ausschnitt aus der Tab. S. 28: Frühe (Paläolithikum bis frühes PPNB) Funde von Wildemmer und frühestem domestiziertem Emmer im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (aus dem östlichen Teil keine Funde); nach Fuller et al. 2012, ergänzt.

wild (oder vorh., ohne Angabe)

kultiviert

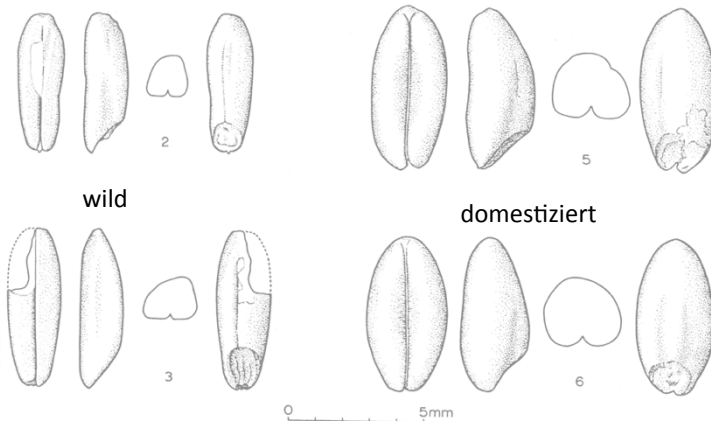
domestiziert

Entstehung des Kultur-Emmers (*Triticum dicoccum*) (siehe Schema S.57)

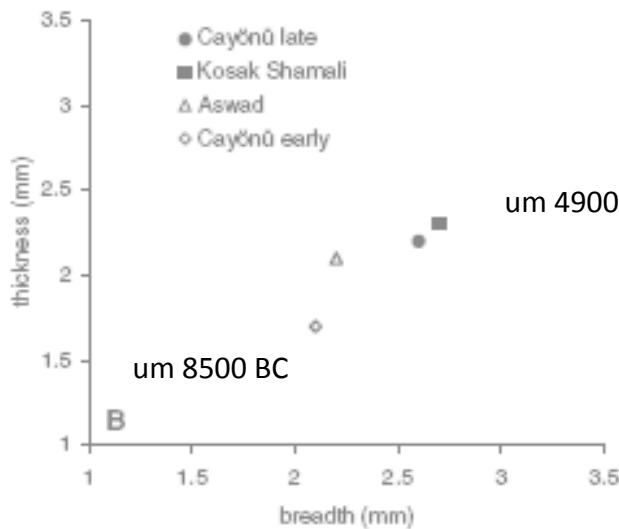
Der Kulturemmer entstand durch die Mutation an (mind.) zwei Genloci (Tg, Q) aus dem Wildemmer (siehe neu Peleg et al. 2011: genetisch ist die Entwicklung viel komplizierter, es sind in alle Mutationen mehrere Genloci involviert).

Auch der Kulturemmer ist ein Spelzweizen = **tetraploider Spelzweizen**.

Entwicklung der Körnergrößen von Emmer



Emmer von Cayönü (van Zeist & de Roller 1992)



Entwicklung des Dicke/Breite-Verhältnisses von Emmerkörnern im Lauf des Neolithikums

Willcox 2004

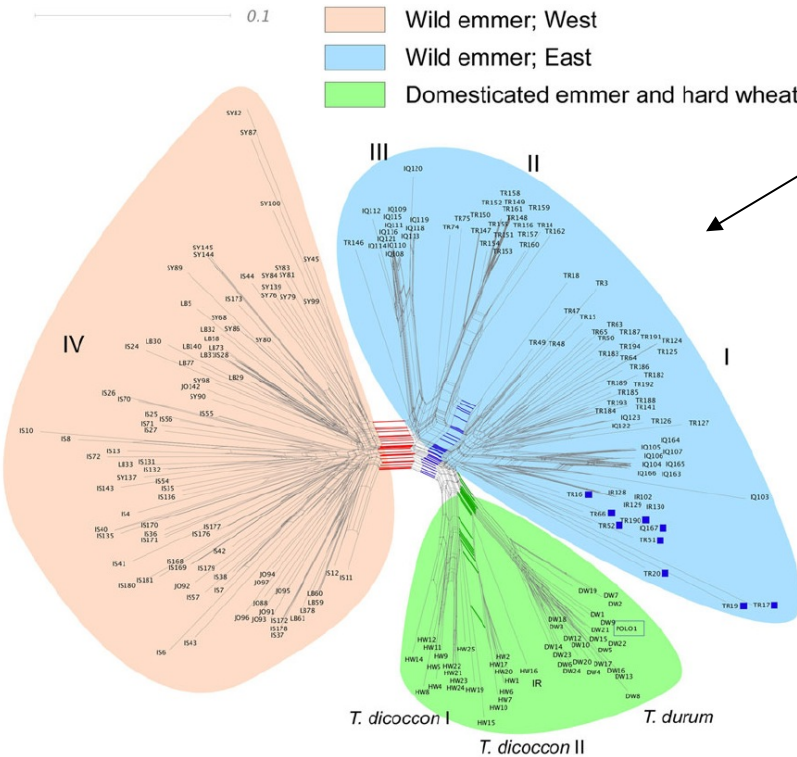
Nur Fundkomplexe mit vielen Körnern sind schlüssig zu interpretieren!

Die archäologischen Daten (siehe S. 28, 59) deuten darauf hin, dass **Emmer** an **2 verschiedenen Orten** in Kultur genommen wurde, und zwar einmal in der **südlichen Levante**, und ein weiteres Mal in **SE-Anatolien** (also am gleichen / ähnlichen Ort wie Einkorn).

Eigenschaften von Emmer: gute Backfähigkeit (Brotgetreide). Eignet sich auch vorzüglich zum Brauen von Bier (und wurde schon sehr früh nachweislich auch dafür verwendet, aus dem Frühneolithikum in Nahost gibt es aber keine archäobotanischen Belege). Heute in Europa wieder Renaissance dieses recht robusten Getreides im Biolandbau!

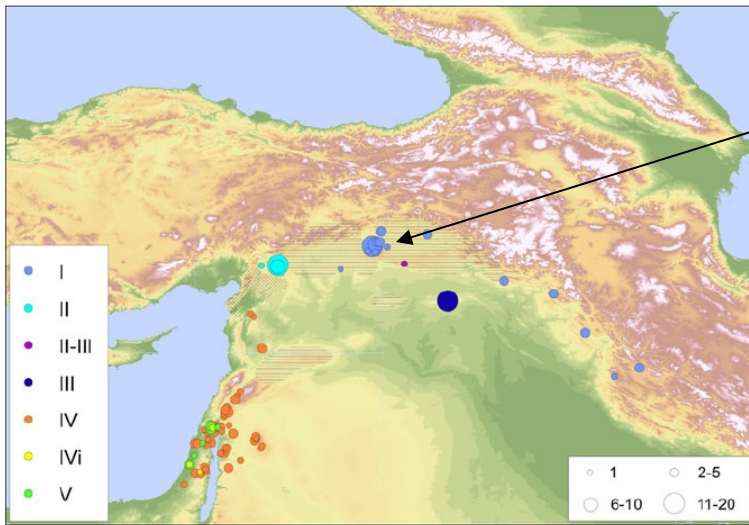
Was sagt die Genetik zur Domestikation von Emmer?

(nach Özkan, Willcox, Graner, Salamini & Kilian 2011)



Auf der Untersuchung von 175 AFLP Markern an 219 Individuen von Wildemmer, Kulturemmer (sowie durum 's) beruhende Verwandtschaftsbeziehungen zwischen tetraploiden Weizen

Die Populationen der (nord-)östlichen Rasse sind voneinander mehr isoliert als die (süd-)westlichen, und lassen sich auch genetisch klarer trennen.



Die (nord-)östliche Wildemmergruppe erscheint **näher** mit den domestizierten tetraploiden Weizen (in grün) verwandt. Die **Gruppe Id** aus der Karacadag Region ist die **am nächsten mit dem Kulturemmer verwandte** Population.

Bei den Kulturemmern (*T. dicoccum*) lassen sich 2 Hauptgruppen unterscheiden:

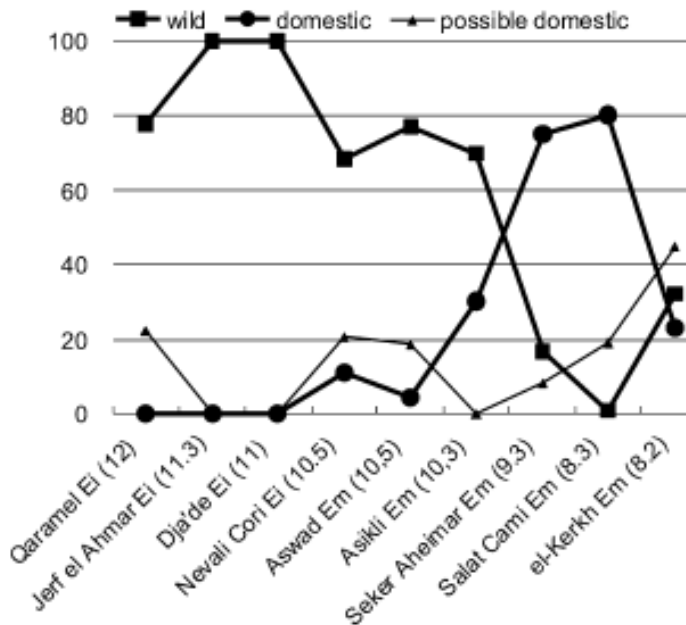
Gruppe I: scheint vermutlich *T. dicoccum* ssp. *asiaticum*

Gruppe II: enthält wahrscheinlich *T. dicoccum* ssp. *europaeum* und die tetraploiden Nacktweizen (*T. durum*). Dies bestätigt die Idee, dass die durum's aus dem europäischen Emmer hervorgingen.

FAZIT: es gibt einen **Widerspruch zwischen den archäologischen und den genetischen Fakten**: Wieso gibt es keine Spuren der süd(west-)lichen Wild-Emmerrassen in den heute überlebenden domestizierten Populationen?

„The genetic and cultural mechanisms underlying the emergence of (domestic) phenotypes are remaining questions“ (Özkan et al. 2011) (Mögliche Erklärungen werden z. Bsp. von Allaby 2010 diskutiert, siehe auch Text S.

Wie rasch setzen sich Kulturformen mit fester Ährenspindel im Fundmaterial durch???



Tanno & Willcox 2012, Ei=Einkorn, Em=Emmer; Datierungen = Jahrtausende v.Chr.

Früheste Funde fester Ährenspindeln datieren etwa in die Mitte des 9. Jt. v. Chr., also etwa an den Beginn des PPNB.

Domestizierte Formen mit fester Ährenspindel sich aber nur **allmählich** im Fundmaterial durch: es dauert **viele Jahrhunderte** (rund 2000 Jahre).

Wieso so langsam??? Mögl. Gründe:

- - Ernte i. allg. VOR der Ährenreife, damit Verluste (durch von-selbst-zerfallende Ähren) vermieden werden konnten: Formen mit fester Ährenspindel konnten sich deshalb lange nicht durchsetzen (Kislev et al. 2004, White & Makarewicz 2012)
- - Immer wieder Vermischung von kultivierten/domestizierten mit Wildformen (z.B. wenn Missernte: Einsammeln/Einhandeln von Wildgetreide; Willcox 2005, Willcox et al 2008, Tanno & Willcox 2012). Dies ist das **beste Argument**, da z. Bsp. Auf Zypern (Lucas et al 2012) festgestellt wurde, dass die Evolutionsraten viel höher sind, sobald kultivierte Formen von Beständen ihrer wild wachsenden Vorfahren getrennt werden (siehe auch Allaby 2010)!
- - Ernte v.a. durch Auflesen von heruntergefallenen Ährchen vom Boden (Kislev et al. 2004)

Entstehung weiterer Weizenformen: tetraploide Nacktweizen, hexaploide Spelz- und Nacktweizen



Triticum durum
(tetraploid,
Nacktweizen)



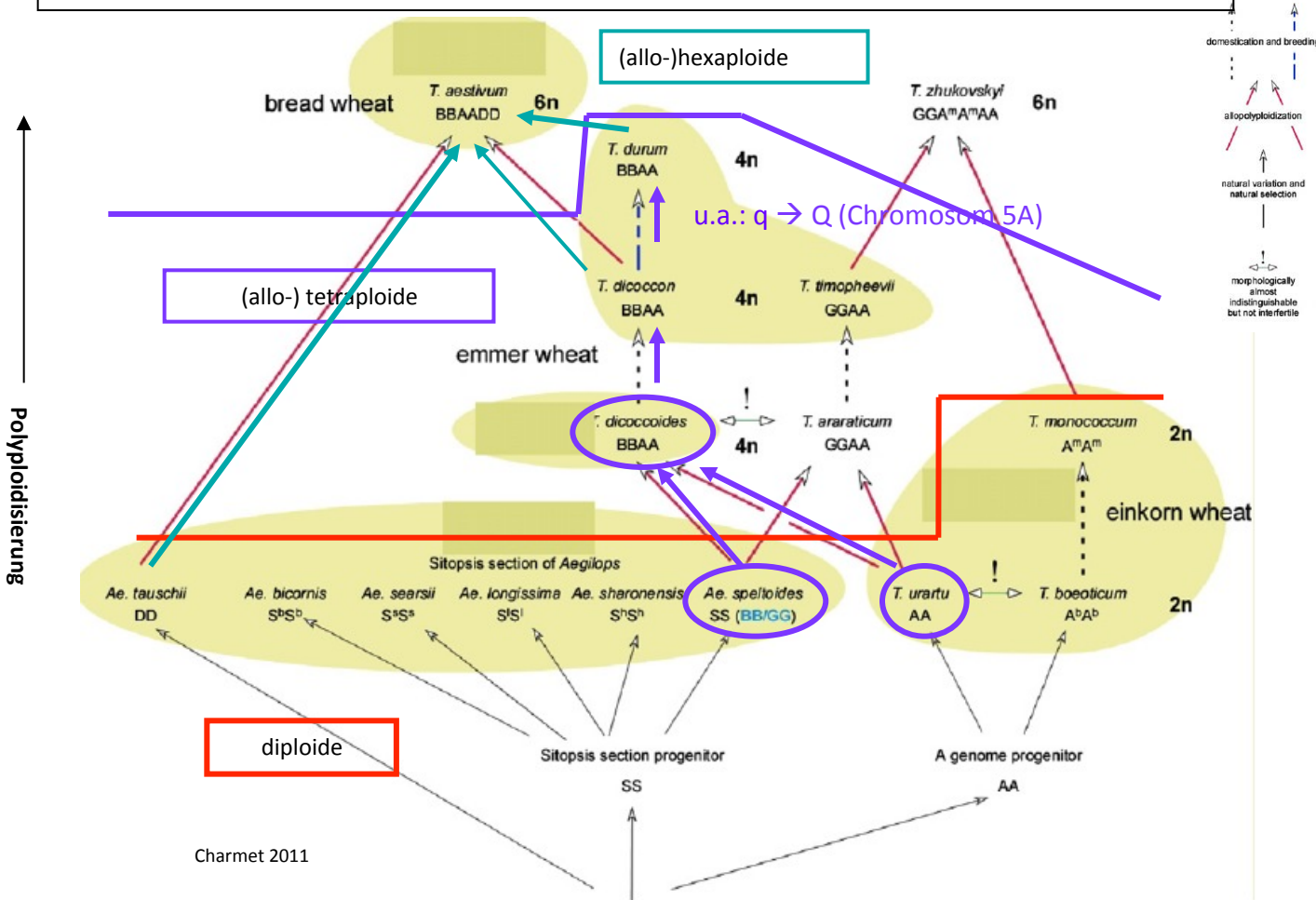
Triticum spelta
(hexaploid, Spelzweizen)



Triticum aestivum (hexaploid, Nacktweizen)

- B: compactum Form
C: mit Grannen
D: ohne Grannen

Übersicht Weizen“arten“ mit Darstellung ihrer Phylogenie: Entstehung der weiteren Weizenformen



Charmet 2011

Entstehung der tetraploiden Nacktweizen (wichtigster Vertreter: *Triticum durum* (Hartweizen, biolog. korrekt *T. turgidum* ssp. *durum*) : durch eine weitere Mutation auf dem Chromosom 5, Q-Allel!!) – unter **Kulturbedingungen**!

Der nächste Schritt war die **Entwicklung hexaploider Formen**, der mehr oder weniger gleichzeitig mit dem Entstehen tetraploider Nacktweizen stattgefunden haben muss. Auch diese weiteren Entwicklungen fanden unter **Kulturbedingungen** statt. Denn es gibt **keine hexaploiden Wildformen**.

Die **Entstehung der hexaploiden Weizen** erfolgt durch eine Hybridisierung von einerseits **Emmer (tetraploider Spelzweizen)** mit wiederum einem Wildgras der Gattung **Aegilops** = *Aegilops squarrosa* (syn. *Ae. Tauschii*) mit dem Genom **DD**, andererseits durch eine Hybridisierung **tetraploider Nacktweizen** mit *Aegilops squarrosa*.

Jenachdem, ob man tetraploide Spelzweizen oder tetraploide Nacktweizen mit *Ae. squarrosa* kreuzt, entstehen unterschiedliche Formen hexaploider Weizen:

Aeg. squarrosa x *T. dicoccon* (=tetraploider Spelzweizen) ergibt hexaploiden Spelzweizen = **Dinkel, T. spelta** (oder biolog. korrekt *T. aestivum* ssp. *spelta* (hexaploider Spelzweizen).

Aeg. squarrosa x *T. durum* u. Verw. (=tetraploider NW) **ergibt einen Dinkel, aus dem leicht (durch Mutation) Saatweizen (hexaploider Nacktweizen)** (biol. korrekt: *T. aestivum* ssp. *vulgare*) entstehen kann.

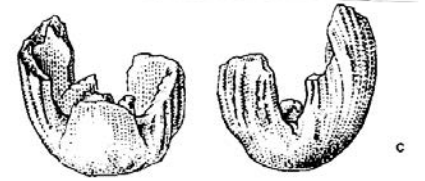
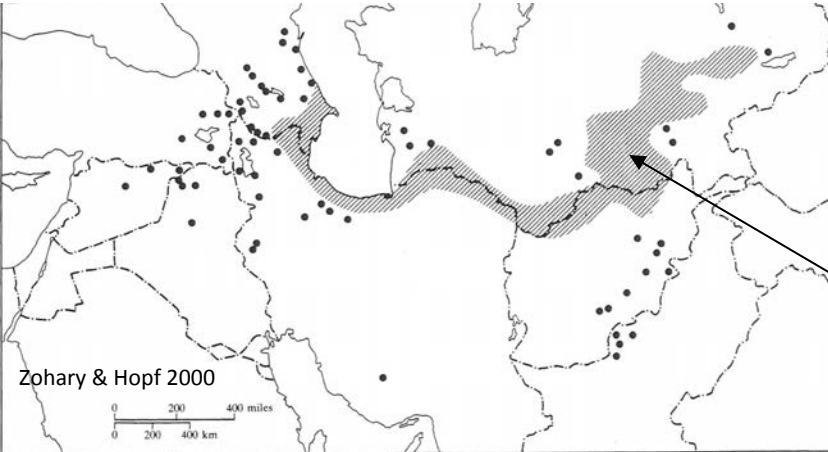
Beide haben die gleiche Genomformel: AABBDD.

Die hexaploiden Nacktweizen müssen aus einem speziellen Dinkel durch eine Mutation hin zur Nacktkörnigkeit hervorgegangen sein (Dvorak et al. 2012, Diskussion S. 13 und Fig. 5). Dies kann aber nur dann der Fall gewesen sein, wenn die Vorfahren dieses Dinkels eine entsprechende genetische Konstitution haben, welche dazu befähigt, dass „einfach“ nacktkörnige Formen entstehen können. Es muss also zuerst aus einer Kreuzung von *Aeg. squarrosa* x *T. durum* eine primitive *spelta*-Form entstanden sein (Reste davon sind vermutlich heutige iranische *spelta*-Rassen). Solche sind zwar archäologisch bisher nicht nachzuweisen, doch könnte es sich hier um eine Forschungslücke handeln. Zumindest lässt sich sagen, dass sich daraus rasch hexaploide Nacktweizen entwickelt haben müssen.

Domestikation von Getreide (23): Weizen (*Triticum*) (16) weitere Weizenformen (3)

Wo kam es zur Hybridisierung, die zur Entstehung der hexaploiden Weizen führte?

Verbreitung von *Aegilops squarrosa* (= *Ae. Tauschii*) (DD):



Ährchengabeln von *Aegilops Tauschii* von Can Hasan III, (Nesbitt & Samuel 1996)

Primäres Areal (grau) Irano-turanische Steppenpflanze; sehr grosse klimatische Amplitude! wächst sowohl in Steppen und Randbereichen von Wüsten bis hin zu Gebieten mit eher temperatem, ozeanischem Klima. **Sekundär** greift es auf alle möglichen Typen von Ruderal- und Segetalstandorten über = Punkte ausserhalb des primären Areals

Ein paar weiter westlich, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes gelegene Standorte von *Ae. squarrosa* wurden bis vor kurzem als sekundäre Vorkommen gedeutet. Man ging davon aus, dass sich der Ackerbau zuerst weiter nach Osten ausgebreitet haben müsse, damit es zu einer Kreuzung von *Triticum* mit *Ae. squarrosa* gekommen sein könnte. Dem widersprach aber die Fundsituation. Es stellte sich die Frage: sind diese westlichen Vorkommen wirklich sekundär?

Ergebnisse neuer genetischer Untersuchungen zu *Aegilops squarrosa* (= *Ae. Tauschii*) (nach Giles & Brown 2006)

Genetisch untersucht wurden: 100 Herkünfte von *Aegilops squarrosa* und 169 Herkünfte von *Triticum aestivum* s.l. Daraus ging hervor, dass mind. 2 Varietäten von *Ae. squarrosa* zum Genom der hexaploiden Weizen beigetragen haben müssen:

- a) die **westlichen** *Ae. squarrosa* Populationen aus Syrien und der Türkei weisen eine hohe Nukleotid-Diversität auf: dies deutet darauf hin, dass sie **urwüchsig** sind (also das ehemalige primäre Areal repräsentieren!), und nicht das Resultat einer sekundären Ausbreitung als Unkraut
- b) das ehemalige Areal von *Ae. squarrosa* reichte also am Ende des Pleistozäns tatsächlich weiter nach Westen als heute, und die wenigen heutigen Vorkommen sind Reste davon!

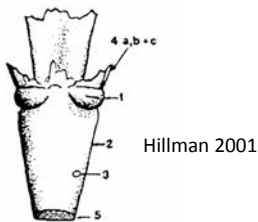
D.h. Hexaploide Weizen können durchaus im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes entstanden sein, am ehesten in SE-Anatolien!

Früheste archäologische Funde von Nacktweizen (siehe Tabelle S. 28)

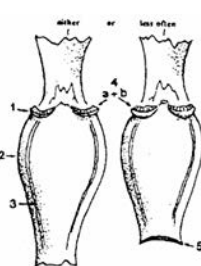
Ab **PPNB** (ca. 8500 BC cal) werden **Nacktweizen regelmässig gefunden**, allerdings seltener als Spelzweizen (Emmer v.a.). Oft werden v.a. Körner gefunden, an diesen lassen sich 4n- und 6n-Formen **nicht** unterscheiden! Seltener finden sich **Spindelglieder** (4n- und 6n-Formen sind nur anhand dieser Funde unterscheidbar). Man beobachtet **praktisch zeitgleiches** Auftreten von tetra- und hexaploiden Nacktweizen.

Modern: Unterscheidungskriterien an Drusch (Spindelglieder) von Nacktweizen:

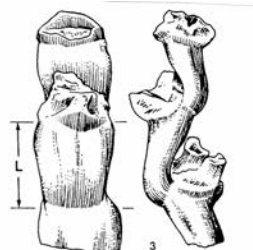
Frühe Funde von Nacktweizen: Bsp. Tell Ramad, spätes PPNB (Van Zeist & Bakker-Heeres 1985)



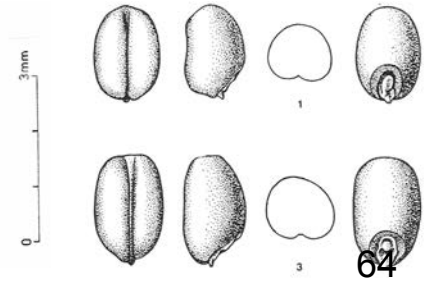
Hillman 2001



Hexaploid: keine Höcker, geschwungener Rand



mehrgliedriges Spindelglied-Frg.: mit Merkmalen hexaploider Nacktweizen



Körner: 4n oder 6n!

Tetraploid: Höcker unterhalb des Ansatzpunktes der Hüllspelze, Rand gerade.

Früheste archäologische Funde von Nacktweizen (Forts.)

Älteste Funde **tetraploider** Nacktweizen ab **mittl. PPNB**: Im Damaskus-Becken (Tell Aswad, um 8000 BC cal.)

Früheste **hexaploide Nacktweizen** auch schon **ab mittl. PPNB**: 7700-6600 BC cal in Can Hasan III, Cafer Höyük in Südostanatolien und in Tell Ramad (Damaskus Becken; siehe Abbildung S. 21)

Fazit beim momentanen Stand der Forschung: rasche Entwicklung freidreschender tetraploider Weizen. Praktisch gleichzeitig entstehen auch hexaploide Nacktweizen.

Entstehung des Dinkels (*Triticum spelta*)?

Die **Entstehung des Dinkels** ist NICHT ganz geklärt. Vom europäischen Dinkel, der seit dem Ende des Neolithikums in Mitteleuropa vorkommt (Glockenbecher, Akeret 2005) und in der Bronzezeit zur dominierenden Weizen“art“ wird, müssen wir aufgrund neuer genetischer Fakten annehmen (siehe Blatter et al. 2004, Giles & Brown 2006), dass er durch eine **Rückkreuzung von Saatweizen mit Emmer, wohl in Mitteleuropa**, entstanden sein muss. Die europäischen Dinkelrassen müssen auf ein solches Ereignis zurückgehen, denn sie unterscheiden sich genetisch klar von asiatischen Dinkelrassen. [Dem stimmen auch Dvorak et al. 2012 zu.](#)

Es gibt **keine** eindeutigen archäobotanischen Nachweise des Dinkels im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes in den frühen Fundstellen. [Dies dürften Forschungslücken sein.](#) Frühe archäobotanische Nachweise des Dinkels in Transkaukasien sind **fragwürdig müssten durch Neufunde bestätigt werden!!** Dafür gibt es sehr **frühe** Funde **hexaploider Nacktweizen** (Saatweizen) im fruchtbaren Halbmond.

Fazit: Eine **unabhängige Entstehung von europ. Dinkel und Saatweizen erscheint aufgrund der Fundlage SEHR wahrscheinlich!**
[Der Saatweizen = hexaploide Nacktweizen entstand anders \(siehe S. 63 unten\).](#)

Fazit: Ort der frühesten Domestikation der Weizen“arten“

Die archäobotanischen Daten zeigen ein ähnliches Alter für das Auftreten früher domestizierter Funde in verschiedenen Teilen des fruchtbaren Halbmondes. Ein „Kerngebiet“ („Core Area“, „Goldenes Dreieck“; siehe Lev-Yadun et al. 2000) lässt sich aufgrund der neuesten Fundlage nicht mehr postulieren. Wir haben es viel eher mit einem Mosaik von Parallelentwicklungen in der nördlichen und südlichen Levante (und vielleicht auch im östlichen Teil des fruchtbaren Halbmondes) zu tun, in kultureller und in botanischer Hinsicht.

Vielleicht war das „Kerngebiet“ in SE-Anatolien einfach dasjenige Gebiet, wo alle kultivierten Pflanzen zum ersten Mal kombiniert wurden. Jedenfalls muss diese Region in verschiedener Hinsicht bedeutend gewesen sein, denn dort gibt es bereits in PPNA monumentale Bauten wie das „Heiligtum“ von Göbekli Tepe. (Text basiert auf der Publikation von Fuller et al. 2012)

Weshalb verschiedene Weizenformen??? Vorteile/Nachteile

Spelzweizen (Bsp. Dinkel)

Weniger anspruchsvoll betreffend
Bodenqualität

Nässe-unempfindlich

weniger anfällig auf Rost und v.a. nicht auf
Vogelfrass

Weniger Ertrag, Entspelzen nötig

Nacktweizen (Bsp. Saatweizen)

Benötigt fruchtbare Böden

Nässe-empfindlich

Anfällig auf Rost und Vogelfrass

Höherer Ertrag, freidreschend

Ähnliches liesse sich auch für tetraploide Spelz- und Nacktweizen aufzählen. Man wundert sich angesichts der Nachteile freidreschender Sorten nicht, dass bis in die Neuzeit (und zum Teil im Biolandbau heute wieder!) **bespelzte „Arten“ trotz geringeren Erträgen grosse VORTEILE** hatten und haben, denn sie erbrachten gesicherte Erträge. Für zukünftige Züchtungsbemühungen liefern sie wertvolle Allele (siehe dazu z. B. Charmet 2011).

Spelzweizen treten in archäologischen Zusammenhängen i.allg. wesentlich häufiger auf als **Nacktweizen**. Es gibt allerdings Perioden und/oder Gegenden, wo es davon Ausnahmen geben kann. Die Gründe dafür sind dann jeweils einzeln zu hinterfragen.

Anhang: Vorstellungen über genetische Prozesse während des Domestikationsprozesses

Zuerst sammelt man Saatgut ausschliesslich aus Wildpopulationen. Dann beginnt eine Kultivierung. Innerhalb der kultivierten Population kommt es weiter zu einer Auslese von Pflanzen mit besonders vorteilhaften Eigenschaften (zum Teil waren dies Mutanten, die in der Natur nicht überlebensfähig gewesen wären). Wie man mittlerweile weiss, spielt dieser Prozess allerdings nur dann, wenn die kultivierten Formen geographisch von ihren Wildformen getrennt werden!

Die selektierten Pflanzen mit vorteilhaften Eigenschaften bilden dann die Basis für die folgenden Generationen (sie wurden also wieder ausgesät, wieder abgeerntet usw.). Eine solche **Selektion** hinterliess Spuren im Genom: „much of the genetic diversity is left behind“! (nach Doebley et al. 2006, 1309-1310; Hillman div.; Fuller 2007, Smith 2001, Smith 2009). Es kommt zu einem sog. **bottle-neck Effekt**, was heisst, dass es zu einer Reduktion der genetischen Diversität kommt (ähnlich wie bei den Tieren schon gesehen).

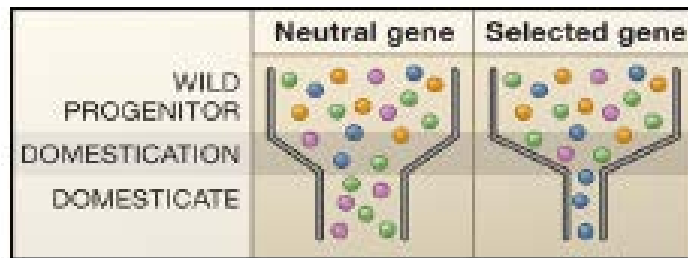


Figure 2. The Effects of the Domestication Bottleneck on Genetic Diversity

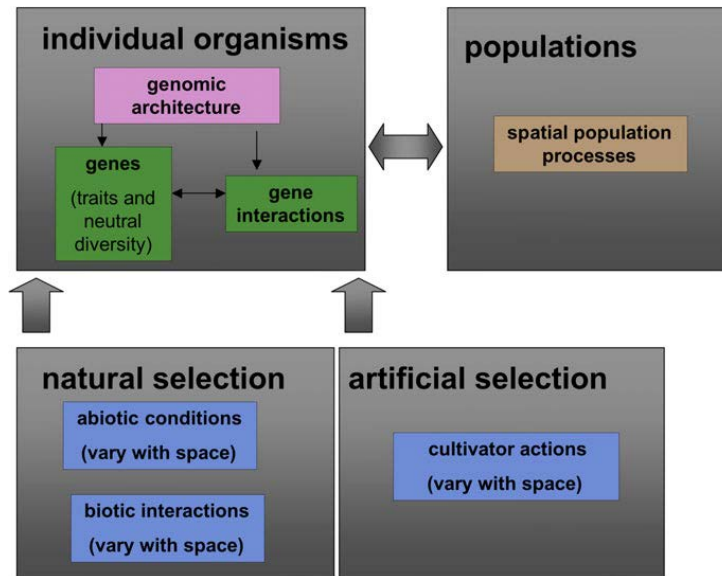
Doebley et al. 2006, 1310-1311

Das Ausmass der Reduktion ist abhängig von der Populationsgrösse während der Domestikation und der Länge des Domestikationsperiode. Wichtig: der Verlust an Diversität war nicht gleich für alle Gene. Bei jenen Genen, die den favorisierten Phänotyp nicht beeinflussen (sog. neutrale Gene, Grafik oben: links), ist der Verlust nicht so gross. Er betrifft vor allem jene Gene, welche den bevorzugte Phänotyp ausmachen / bestimmen: Pflanzen, welche Träger der favorisierten Allele waren, trugen am meisten zur genetischen Ausstattung der nächsten Generation bei, andere Allele wurden im Lauf der Zeit eliminiert (Bsp. Bild oben: rechts: Selektion im Hinblick auf das [blaue Allel](#)). Dies ist nachweisbar, wenn man Wildformen mit heutigen Kulturformen genetisch vergleicht.

Neue genetische Studien sowie vor allem Modellierungen belegen, dass alles viel komplizierter war (dazu siehe vor allem das Paper von R. Allaby 2010). Demnach gibt es bei der Domestikation verschiedene interagierende Faktoren. Diese beeinflussen die Art der genetischen Diversität in den Kulturpflanzen (diese wurde früher als nicht wichtig angesehen). Diese Faktoren sind erst noch über verschiedene Organisationsebenen verteilt, zu berücksichtigen sind (siehe Grafik auf der folgenden Seite):

- die **genetische Kontrolle** der Domestikationsmerkmale (diese ist erst für einzelne bekannt)
- wie **Gene untereinander interagieren** (also die Genom-Architektur)
- die **räumliche Verteilung** der Mutanten in einer Region
- **biotische und abiotische Selektions-Faktoren** in der natürlichen und künstlichen Umwelt

Verschiedene Arten von Informationen sind mit diesen Organisationslevels verknüpft: genetische, archäologische, ökologische, geografische. Die Herausforderung ist nun, all diese Informationen zu integrieren.



Allaby 2010

Die Entwicklung der Domestikation erfolgt im Rahmen eines sehr komplexen Systems!

Für die Zukunft wird durch R. Allaby empfohlen, Modellszenarien mit virtuellen Pflanzen in virtuellen Landschaften mit virtuellen Menschen durchzuspielen. Das der archäologischen Realität am nächsten kommende Modell könnte dann die wahrscheinlichste Möglichkeit, wie es zu Domestikation kam, widerspiegeln. So könnten ev. auch mit genetischen Modellierungen Voraussagen für die Archäologie getroffen werden.

Domestikation der Gerste (*Hordeum*)

Systematik, Morphologie, Genetik:

Gerste (*Hordeum*) gehört zum gleichen Tribus (Triticeae) innerhalb der **Süssgräser (Poaceae)** wie Weizen (*Triticum*). Der Blütenstand ist wie dort eine **Ähre**. Die Ährchen sind 1-blütig (=Differenz zu Weizen!), an jeden Nodium der Ähre sitzen **3** einblütige Ährchen. Alle Formen sind diploid ($2n = 14$). Auch Gerste ist Selbstbestäuber (outbreeding rate 1-2%, z.B. Morrell et al. 2005, zitiert in Fuller 2007). Gerste gehört gemäss moderner Klassifizierung zu EINER biologischen Art:

	Traditional classification	Modern grouping	Zohary & Hopf 2000
	A section (sect. <i>Cerealia</i> Åberg) within the genus <i>Hordeum</i> L. containing the following species:	A single species containing both wild and cultivated forms. Collective name: <i>H. vulgare</i> L.	
zweizeilige Gersten	1. Wild two-rowed barley <i>H. spontaneum</i> C. Koch Brittle, hulled. 2. Cultivated two-rowed barley <i>H. distichum</i> L. Non-brittle, mostly hulled.	1. <i>H. vulgare</i> subsp. <i>spontaneum</i> 1 = Wildform: zweizeilig 2. <i>H. vulgare</i> subsp. <i>distichum</i> [= <i>H. vulgare</i> convar. <i>distichon</i>] 2 = Kulturform, zweizeilig	
mehrzeilige Gersten	3. Cultivated six-rowed barley <i>H. vulgare</i> L. [= <i>H. hexastichum</i> L.] Non brittle, both hulled and naked forms 4. Brittle six-rowed barley <i>H. agriocrithon</i> Åberg.	3. <i>H. vulgare</i> subsp. <i>vulgare</i> [= <i>H. vulgare</i> convar. <i>vulgare</i>] 3 = Kulturform, mehrzeilig 4. <i>Agriocrithon</i> forms are now known to be secondary hybrid derivatives between 1 and 3. 4 = sek. entstandene Wildform, Himalaya	

Weitere Unterteilung der mehrzeiligen Gersten:

Die mehrzeiligen Gersten werden oft weiter unterteilt in:

- 4-zeilige: lockerährrig, mit langer, schlanker (am Schluss nickender) Ähre (d.h. also langen Internodien)

- 6-zeilige: dichtährrig, mit kurzer gedrungener Ähre, d.h. also kurzen Internodien

Allerdings ist es so, dass die Übergänge fließend sind, und insbesondere im archäologischen Fundmaterial fällt es oft sehr schwer, zwischen 4- und 6-zeiligen Formen zu unterscheiden.

Zweizeilige Gerste (*H. distichum*)



Mehrzeilige Gerste (*H. vulgare*)



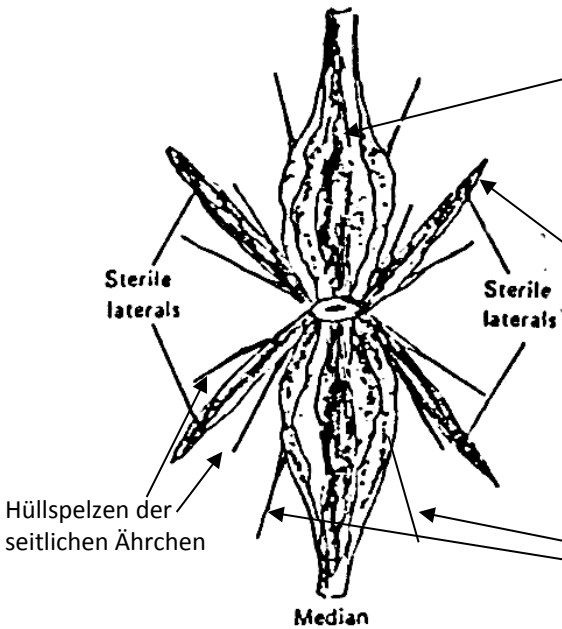
Fotos SJ

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (2)

Morphologische Unterschiede zwischen zwei- und mehrzeiligen Gersten

Zweizeilige Gerste

In Aufsicht (Ähre quer)

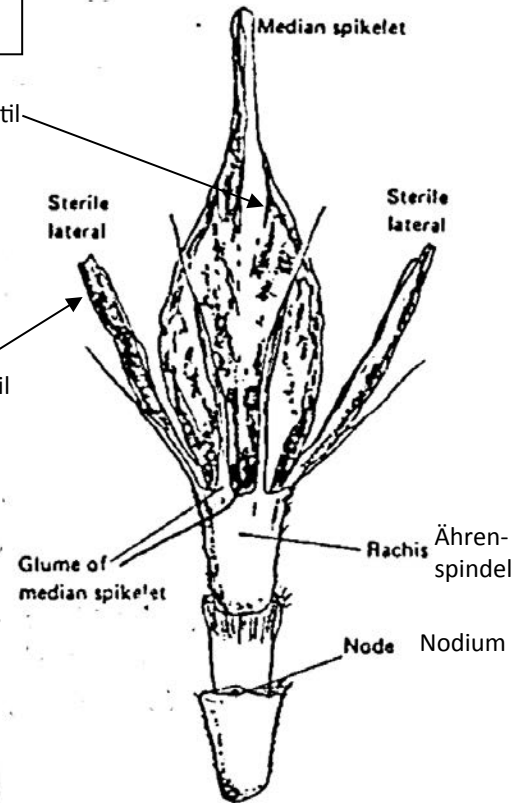


Mittleres Ährchen fertil
(median spikelet)

Seitenährchen steril
(sterile laterals)

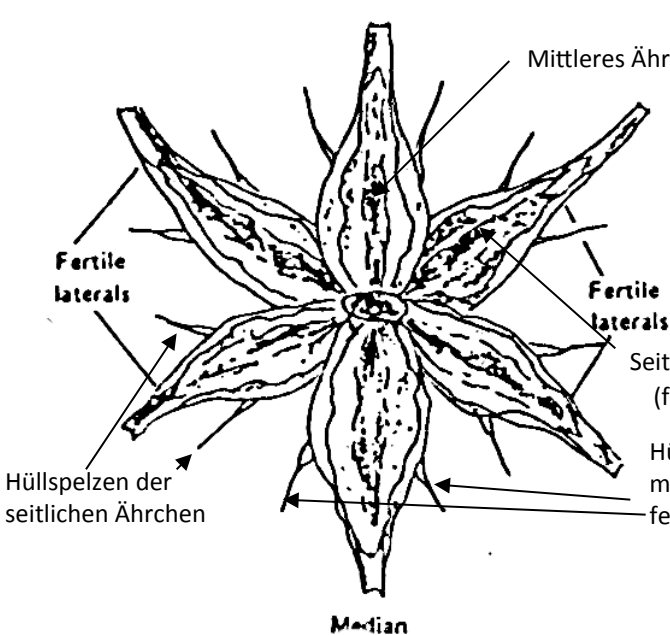
Hüllspelzen des
mittleren,
fertilen Ährchens

Seitenansicht



Mehrzeilige Gerste

In Aufsicht (Ähre quer)

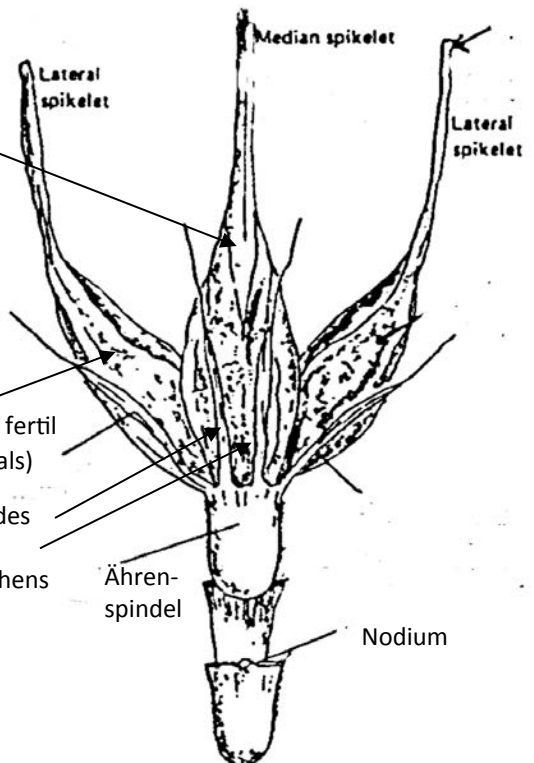


Mittleres Ährchen fertil

Seitenährchen fertil
(fertile laterals)

Hüllspelzen des
mittleren,
fertilen Ährchens

Seitenansicht



Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (3)

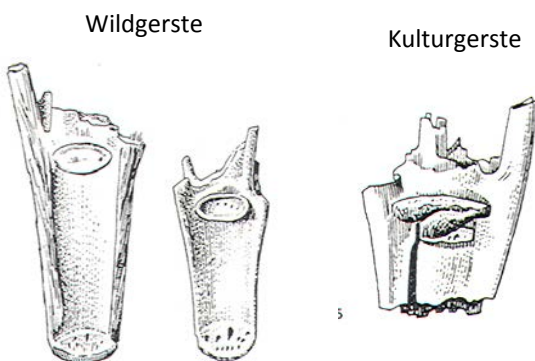
Table 2 List of identifications of charred barley spikelets, including new data from Aswad and Asikli

Archäologische Funde von Gersten-Drusch:		Barley	Jerf el Ahmar	Dja'de	Aswad (Willcox)	Aswad (van Zeist)	Asikli (Willcox)	Seker Aheimar	Ramad (van Zeist)	Salat Cami	el-Kerkh	Total
Date (ka cal B.P.)			11.3	11	10.5	10.5	10.2	9.3	9	8.3	8.2	
Not identifiable	damaged, indet.				14	14		24	84	8	15	159
Upper part	wild		3,325	153	23	80	11		186		2	3,780
	possible domestic				14			7			1	120
	domestic		8	2	18	34	2	52	269	11	1	397
Lower part	wild				12		12					24
	possible domestic				4							4
	domestic				1			2		4		7
Total			3,333	155	86	128	25	85	539	23	19	4,491

Tanno & Willcox 2012

Unterscheidung von Wild- und Kulturformen (prinzipielles siehe bei Weizen, S. 44-47):

Spindelglieder (Fundzahlen siehe Tabelle oben):



Wildgerste (links): **brüchige Ährenspindel**, d.h. Spindel(MEIST) an den Sollbruchstellen zerbrochen (und ev. noch Spuren der sterilen Seitenährchen zeigend)

Bsp.: Tell Mureybet III (frühes bis entw. Protoneol.): Spindelglieder, *Hordeum spontaneum*, Wildgerste

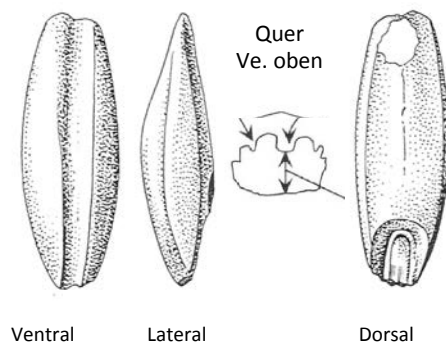
Kulturgerste (rechts): Spindelglieder, die im Bereich des Internodiums zerbrochen sind, also **feste Ährenspindel**

BSp. Von Ganj Dareh, Spindelglied, *H. distichum*, Kulturgerste, 2-z. PPNB spät, van Zeist & Bakker-Heeres 1985

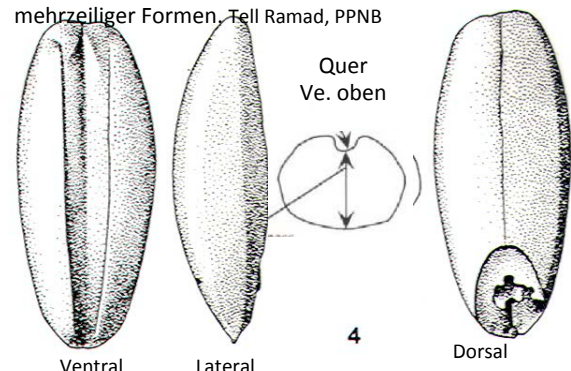
Abb. aus van Zeist & Bakker-Heeres 1985

Körner: weitaus häufigste Funde

Wildgerste: kleine, wenig voluminöse **Körner**, mit Merkmalen der Spelzgerste (Kanten! Furchen!)
Bsp.: Körner von Wildgerste (Tell Mureybet III, Protoneol.)



Kulturgerste: grössere, voluminöse Körner (hier Bsp. Spelzgerste). Auftreten von Krümmlingen deutet auf das Vorhandensein mehrzeiliger Formen. Tell Ramad, PPNB



Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (4)

Archäologische Funde von Gerste (2) (Ausschnitt aus Tab. S. 28)

Taxa →	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	Gerste Hordeum vulgare/ spontaneum
Süd-Levante / Southern Levant				
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	x
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L	x
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L	x
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	x
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L	x
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	x
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	x ^{wd}
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	x ^{wd}
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x ^{wd}
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^{wd}
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L	
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^D
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L	x ^D
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. Core area				
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	
Körtlik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	x
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	x
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	x
Mureybet I-III	9400 (9700-8500))	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	x
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	x
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	x ^{wd}
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	x
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x ^{wd}
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	x
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	x
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D
Zypern / Cyprus				
Kissonerga-Mylouthkia	8700-8200	E-PPNB	Z	x ^D
Sillourokambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z	x ^{wd}
Östlicher fruchtbarer Halbmond / Eastern Fertile Crescent				
Qermez Dere	9200 (10,100-8800)	Epipal-PPNA	E-F-C	x
M'lefaat	9200 (9500-8800)	PPNA	E-F-C	x
Nemrik	8400 (10,200-8200)	Epipal-E-PPNB	E-F-C	
Chogah Golan alle AH	8800-7650	E-M-PPNB	E-F-C	x-x ^{wd}
Chia Sabz	8550-7600	E-M-PPNB	E-F-C	x
Ganj Dareh	8100 (8250-7850)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D
Tepe Abdul Hosein	8000 (8300-7800)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D

Fuller et al. 2012

x=vorhanden, ohne Zusatz: wild oder höchstwahrscheinlich wild;

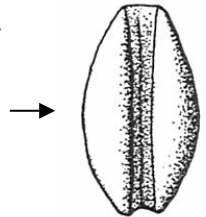
x^D: vorhanden , domestiziert

x^{wd}: vorhanden, "halb-domestiziert", gewisse Veränderung gegenüber der Wildform feststellbar, zumeist aber noch mit Wildform-Morphologie

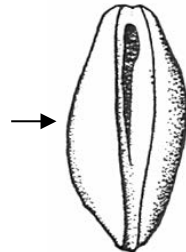
Im archäologischen Material feststellbare Differenzen zwischen 2- und mehrzeiliger Gerste

Körner:

bei 2-zeiliger Gerste alle Körner gerade, gleichmässig geformt

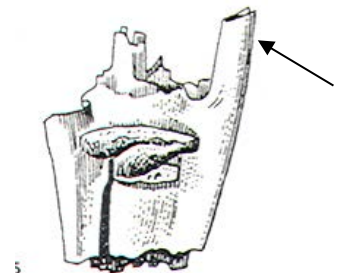


bei mehrzeiligen Gersten (vor allem bei lockerährigen!) seitliche Körner "krumm" (verdreht, asymmetrisch) (sog. "Krümmlinge")



Bouby 2001

Spindelglieder:



Funde, an denen noch Teile der sterilen Seitennährchen haften, (selten!!!) stammen von 2-zeiliger Gerste. Oft nicht klar zu entscheiden....

BSp. Von Ganj Dareh, Spindelglied, *H. distichum*, Kulturgerste, 2-z. PPNB spät, van Zeist & Bakker-Heeres 1985

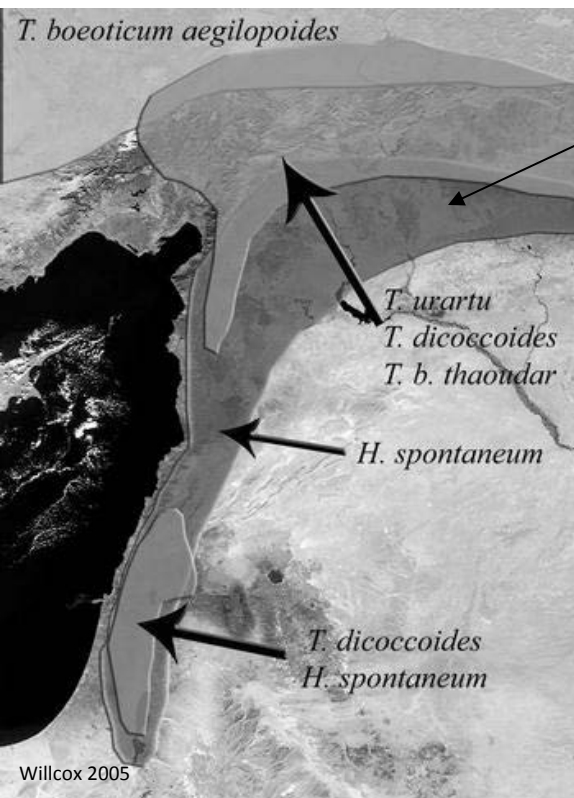
Frühe Funde von Gerste gibt es aus allen Teilen des fruchtbaren Halbmondes! Gerste wurde auch schon früh nach Zypern exportiert!

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (5)

Wildgerste (*Hordeum spontaneum*)



2-zeilige Gerste
bespelzt, mit brüchiger Rachis
winterannuell



Verbreitungsgebiet der Wildgerste (*Hordeum spontaneum*) im fruchtbaren Halbmond (dunkelgrau):

breite ökologische Amplitude! auch auf armen Kalkböden vorkommend, weitere Verbreitung als Wildweizen (siehe links: Verbreitungskarte)

Habitat:

in offenen krautigen Formationen, bes. in der Eichen-Park-Waldzone („Waldsteppe“). Besonders häufig kommt Wildgerste in der sommertrockenen Eichen-Parkwaldzone nördlich und westlich (sowie östlich) der syrischen Wüste vor, sodann im Gebiet des mittleren Euphrat sowie an den Abhängen des Jordan-Tales.

Klimatische Amplitude der Wildgerste

eher kälteempfindlich (nur selten oberhalb 500 m vorkommend)

dafür: **wenig trockenheitsempfindlich** (dringt weit in Halbwüsten vor, bis in Gebiete mit nur noch 200-250 mm JahresN), salztolerant!

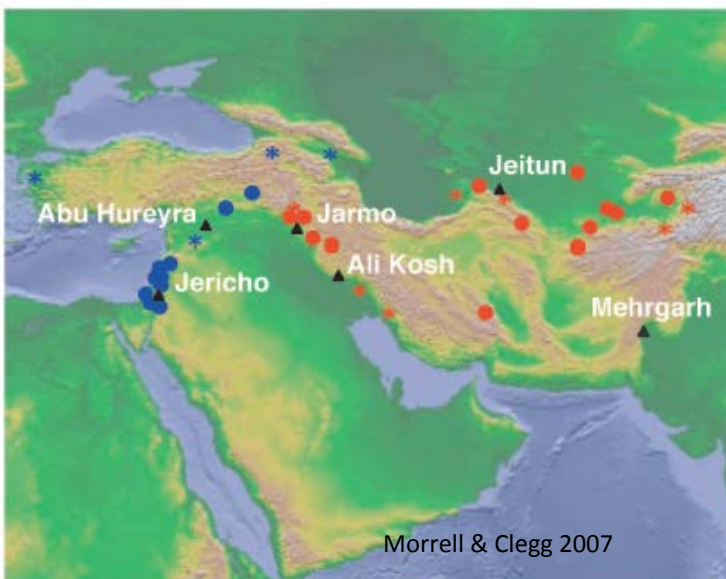
Willcox 2005

Geographische Gesamtverbreitung der Wildgerste und genetische Struktur

Das Areal der Wildgerste reicht weit nach Zentralasien (heutiges Kirgisistan, Afghanistan und West-Pakistan). Es gibt genetisch klare Unterschiede zwischen **östlichen** (rote Signatur) und **westlichen** (blaue Signatur) Gersten, wobei die Grenze im Zagros liegt. Diese Unterschiede in der Allelzusammensetzung müssen alt sein.

Dargestellt sind auch einige wichtige archäologische Fundplätze mit frühen Nachweisen domestizierter Gerste.

Von ihren primären Standorten hat sich die Wildgerste auch an zahlreichen **Sekundärstandorten** breit gemacht: offene mediterrane Macchie, brachliegende Felder, Strassenränder, Getreidefelder; Unterwuchs in Obstbaumkulturen....



Morrell & Clegg 2007

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (6)

Kulturgersten

Zweizeilige Gerste (*Hordeum distichum*)

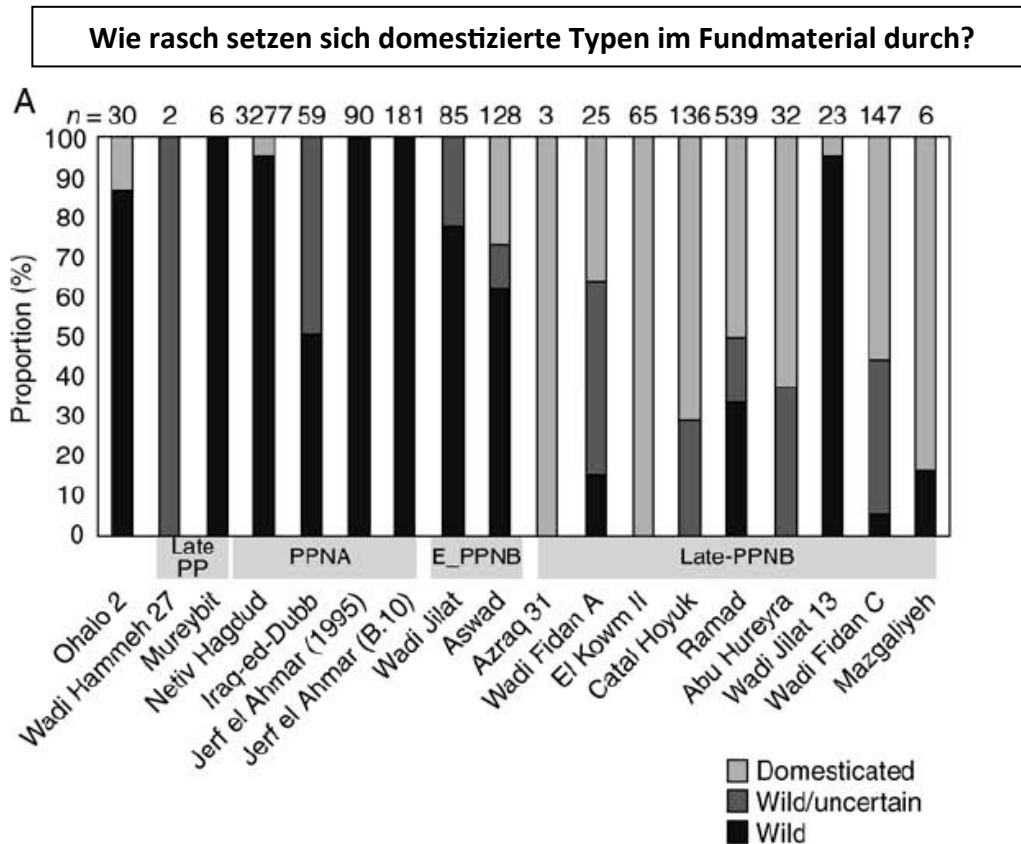
Entstand durch Selektion direkt aus der Wildgerste (Mutation von 2 Genen (bt1 und bt2) bewirkt feste Rachis (Ährenspindel)).

Mehrzeilige Gerste (*Hordeum vulgare*)

Entstand durch Selektion von Mutanten mit **fertilen Seitenährchen** (2 Gene involviert: V: “kernel rows” und L “Lateral floret fertility”). Feste Rachis.

Sowohl bei zwei- als auch bei mehrzeiliger Gerste gibt es bespelzte (Spelzgerste) und nacktkörnige (freidreschende) Formen (Nacktgerste). Letztere entstanden durch Mutation eines weiteren Gens (“naked caryopsis N”).

- Früheste gesicherte Funde von domestizierter 2-zeiliger Gerste ab PPNB (Mitte 9. Jt. V. Chr)
- Früheste Nachweise mehrzeiliger Gersten auch ab PPNB
- Nacktgerste ab ca. 7000 BC cal



Fuller 2007

Auch bei Gerste dauerte der Domestikationsprozess lange, noch länger als bei Weizen (siehe S. 62); er zieht sich über mindestens 2000 Jahre hin

Fazit: archäologische Funde der Gerste

Gerste wurde praktisch **ebenso früh** in Kultur genommen wie Weizen!

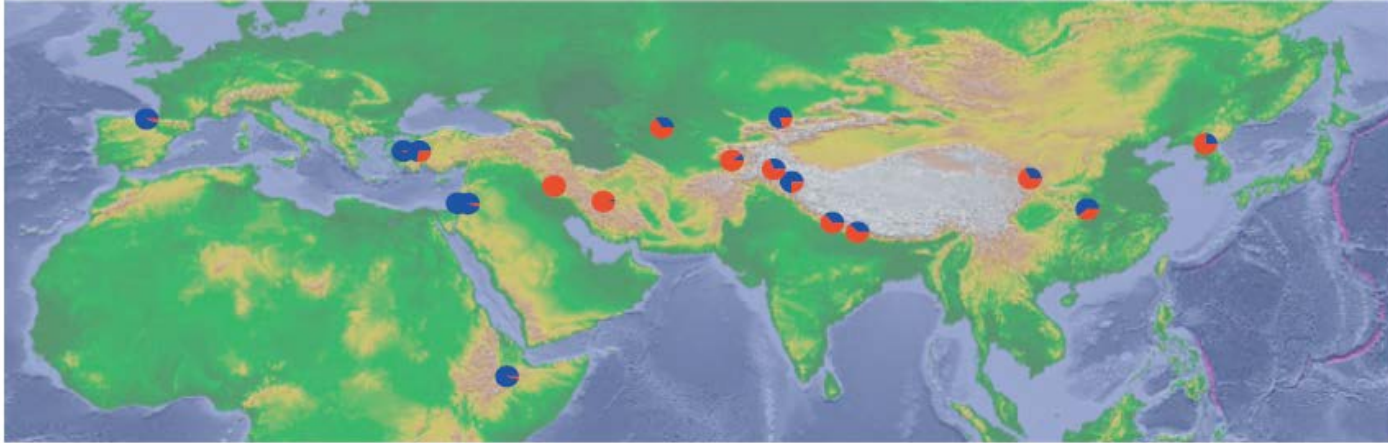
Gerste blieb eines der wichtigsten Getreide während des Neolithikums im Nahen Osten. Sie taucht auch früh, bereits zu Beginn des Neolithikums, in Mitteleuropa auf.

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (7) Genetik

Wie oft und wo wurde Gerste domestiziert?

Sehr grosses heutiges Areal der Wildform (bis Zentralasien, Karte aus Morrell & Clegg 2007: siehe S. 72): Genetisch untersucht wurden 45 verschiedene Herkünfte der Wildgerste. Ergebnis: es gibt 2 genetisch unterschiedliche Typen von Wildgerste. Die grössten genetischen Differenzen gibt es zwischen dem fruchtbaren Halbmond und dem Gebiet östlich des Zagros.

Auch die domestizierten Formen lassen sich recht klar in eine westliche und östliche Gruppe einteilen (Morrell & Clegg 2007; Saisho & Purugganan 2007), siehe Karte unten (eine solche Unterteilung stellten auch Azhaguvel & Komatsuda 2007 fest):



Wie allerdings die genetische Zusammensetzung der Kultivare zeigt, muss es später (sekundär) **zu Vermischungen zwischen den östlichen und westlichen Kultivaren** gekommen sein, sowie zu Rückkreuzungen mit Wildformen.

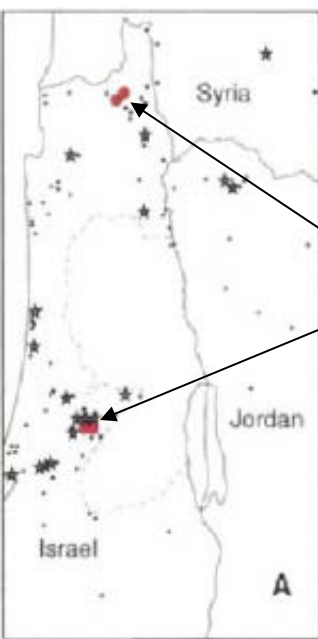
Gerste muss aufgrund der Haplotypenverteilung der Wildformen und Kultivare **2x domestiziert** worden sein:

- 1) im Nahen Osten, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (►westlich (inkl. Nordafrika!) verbreitete Kultivare) (früh, PPNB)
- 2) 1500 bis 3000 km weiter östlich, wahrscheinlich am Ostrand des iranischen Plateaus (►östlich verbreitete Kultivare) (rund 2000 Jahre später)

Koinzidenzen zwischen Gerstendomestikation und der Domestikation versch. Tiere

Neueste Ergebnisse zur Tierdomestikation zeigen auch die Existenz divergierender “lineages” von z. Bsp. Rindern (je eine asiatische und eine europäische). Diese Tiere müssen demzufolge auch 2x unabhängig voneinander domestiziert worden sein. Unabhängige Domestikation zeigt, dass entweder das Wissen um “Domestikation” weitervermittelt wurde oder dass die Ereignisse ganz unabhängig voneinander erfolgten (nach Saisho und Purugganan 2007).

Ort der Domestikation der “westlichen” Gerste



Die genetischen Untersuchungen (versch. Methoden) ergaben, dass domestizierte Gerste (2- und mehrzeilige) genetisch am ähnlichsten zu heutigen **Wildformen aus dem Jordantal** ist,

Die Orte liegen im **heutigen Israel (Jordanien, Syrien): südliche Levante**

Ob diese Schlussfolgerung allerdings haltbar ist, muss aufgrund der Fundsituation bezweifelt werden – (westl.) Gerste wurde sowohl im nördlichen wie auch südlichen fruchtbaren Halbmond häufig gesammelt; eher sind multiple Ereignisse anzunehmen (siehe Weizen).

nach Badr et al. 2000, Kilian et al. 2006

Weitere genetische Ergebnisse

Eine neue Studie von H. Jones et al. (2008) bestätigt die Herkunft der westlichen Gersten aus der südlichen Levante (untersucht wurden Genloci, die für die Photoperiodizität verantwortlich sind): Heutige europäische Landrassen stammen von Wildpopulationen im westl. Teil des fruchtbaren Halbmondes ab. Ein Teil der europäischen Landrassen weist allerdings ein von diesen Ausgangspopulationen abweichendes Photoperiodizitäts-Gen auf (die Langtag-Version!). Unterschiedliche Ausbildungen der Photoperiodizitäts-Gene gibt es schon bei Wildgerste: Langtag-Formen sind allerdings auf Wildpopulationen des Zagros beschränkt, gehören also zu östlichen Haplotypen. Wie und wann diese "Langtag-Gene" in die europäischen Landrassen gelangt sind, ist Gegenstand laufender Forschungen.

Differenzierung der Kultivare (2-zeilig → mehrzeilig)

Die Domestikationsgeschichte der **2- und mehrzeiligen Gersten-Formen ist unklar**, aber beide Formen beinhalten Haplotypen, welche im westlichen Teil des fruchtbaren Halbmondes dominieren.

Wieso wurden mind. 2 Getreidegattungen domestiziert?

Eine Antwort liegt vielleicht in deren **unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen** sowie ihren **unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten**.

Gerste	Ökologie	Weizen
• Kurze Vegetationszeit (Sommergerste 90-112 Tage) • salztolerant • Trockenheitsresistent → Gerste geeignet für ökologische Randgebiete (Alpen, nördliche Breiten), anspruchslos!		• Längere Vegetationszeit (Sommerweizen durchschn. 125 Tage) • stellt oft höhere Ansprüche an die Bodengüte • empfindlich gegen Salz • meist empfindlicher gegen Trockenheit • → Nur einzelne Weizenformen (z. Bsp. Einkorn, Dinkel) sind geeignet für ökologische Randgebiete

Inhaltsstoffe und Verwendung

• Deutlich geringerer Gehalt an Klebereiweiss (9-12%) • Schlechte Backeigenschaften • Fladenbrot oder (v.a.!) Einlage in Suppen, Eintöpfen sowie zur Bierbrauerei	• Sehr hoher Gehalt an Klebereiweiss (= Gluten, >20%) • Gute Backeigenschaften! • BROTGETREIDE par excellence, aber andere Verwendung auch möglich
---	--

Weiteres zu Gur Getreidedomestikation (2)

Gerste und Bier

Das traditionelle Braugetreide ist Gerste. Das vom bayerischen Herzog Wilhelm IV. im April 1516 erlassene Reinheitsgebot: ... *zu keinem Bier mehr Stücke als allein Gersten, Hopfen und Wasser verwendet und gebraucht werden sollen* ist die älteste heute noch gültige lebensmittelrechtliche Vorschrift der Welt.

Wieso Gerste? Vielleicht sollten (im Mittelalter!) Weizen und Roggen **als Brotgetreide geschont** werden? Prinzipiell sind sie aber auch zum Bierbrauen geeignet, wenn auch wegen ihres höheren Eiweissgehaltes weniger gut.

Braugerste ist vor allem eine **2-zeilige Gerste**. Warum?

Für die Verwendung in der Brauerei müssen Gerstenkörner **angekeimt** werden (=Malz): möglichst **alle sollen gleichzeitig keimen**, d.h. es braucht **möglichst gleichmässig geformte**, gleich grosse Körner. Die 2-zeilige Gerste mit ihren ausschliesslich geraden Körnern ist dafür besser geeignet als die mehrzeilige Gerste.

Bierbrauerei ist **sicher uralt**. Sicher nachgewiesen ist sie z.B. aus Altägypten (D. Samuel, 1996) und Mesopotamien (Sumerer), ab dem 3. Jt. v. Chr. Dort sind Biere aus Gerste und Emmer belegt. Vermutlich ist aber Bierherstellung viel älter, so alt, wie die Nutzung von Getreide, nur ist sie nicht ganz einfach nachzuweisen. Es braucht entweder den Nachweis von Malz, oder aufwendige mikroskopische Untersuchungen von Bier-Produktions-Rückständen.

Wieso Getreide?

Wieso trat ausgerechnet Getreide als Grundnahrungsmittel der modernen Menschheit einen solchen Siegeszug an?

Während des **Jungpaläolithikums** wurden westlich des fruchtbaren Halbmondes vor allem Wildfrüchte wie Mandeln, Pistazien, Birnen oder Wurzeln und Knollen gesammelt (Martinoli 2004). Auf „kleinsamige“ stärkehaltige und proteinreiche Gräser scheint man sich nur im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes allmählich spezialisiert zu haben, vermutlich, weil sie nur dort während der ausgehenden letzten Eiszeit und im frühen Holozän in ausreichender Menge – ab dem beginnenden Holozän höchstwahrscheinlich sogar im **Überfluss** – vorhanden waren. Archäobiologische Daten zeigen: Getreide entwickelte sich im Lauf des Protoneolithikums von einem „seasonal staple“ zu einem „year round staple“.

Die **Vorteile** von Getreide sind: es ist kalorienreich, lagerfähig, backfähig, rasch reproduzierbar, geeignet zur Herstellung alkoholischer Getränke, liefert Sekundärprodukte wie Drusch und Stroh.

Es gibt auch **Nachteile**: rel. kleinsamig; ein Abernten ist nur „lohnend“, wenn es wirklich in Massen vorkommt; es braucht eine aufwendige Reinigung und weitere Aufbereitung (sowie das dazu notwendige Gerät), bevor man es essen kann.

Wieso wurde ausgerechnet Getreide so häufig konsumiert?? (nach Hillman et. al 2001, 391)

Eine Ernährung mit Schwerpunkt Getreide hat **psychoaktive** und andere **physiologische Effekte**, welche eine **Abhängigkeit** von Getreide fördern. Wenn Getreide in grosser Menge gegessen wird, macht dies sozusagen **süchtig** ((dann können Exorphine gewisse Zentren im Hirn aktivieren (reward centres, „Belohnungszentren“) und ähnlich wie Drogen ein Wohlbefinden produzieren, welches süchtig macht (siehe dazu das paper von Wadley & Martin 1993)). Obwohl dies kaum als einziger Grund für die Domestikation von Getreide angeführt werden kann, so kann es doch zur **Irreversibilität** des Prozesses beigetragen haben.

Ein weiterer Grund für den unaufhaltsamen Siegeszug des Getreides könnte die Möglichkeit der Herstellung **alkoholischer Getränke**, sprich Bier, gewesen sein!

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte

Systematik

Familie: Fabaceae

Unterfamilie: Faboideae

Tribus: Viciae

wichtige Gattungen (v.a. Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas):

Lens (Linse), *Pisum* (Erbse), *Vicia* (Bohne*) (und *Cicer* (Kichererbse)).

*eurasiatische Bohnen; nicht zu verwechseln mit den Bohnen der Gattung *Phaseolus*, die aus Mittel- und Südamerika stammen; heute essen wir vorwiegend diese! Sojabohne, *Glycine max*, stammt aus China und hat archäologisch bei uns keine Bedeutung.

Eigenschaften

Food Nutrients in Grams per 100 g Edible Protein

	Calories	Protein	Fat	Carbohydrate
Nuts				
Acorns	270	4.8	5.1	53.9
Almonds	610	18.6	54.2	16.9
Pistachios	594	20.0	54.0	15.0
Pulses (dry)				
Peas	340	24.0	1.2	59.0
Lentils	335	22.5	1.0	60.0
Chickpeas	350	20.0	5.1	59.0
Horsebeans	326	24.5	1.4	55.5
Chickling vetch	345	27.4	1.1	59.8
Cereals				
Wheat	342	12.0	2.2	71.0
Barley	356	10.5	2.1	72.0
Meat				
Goat	157	18.4	9.2	0
Lamb	267	17.0	21.0	0
Mutton	440	22.5	39.0	0

Hillman et al. 1989

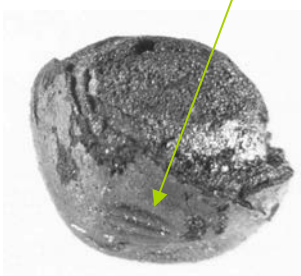
Archäologische Funde

In proto- und frühneolithischen Zusammenhängen werden ausschliesslich **Samen** gefunden, und zwar immer in **verkohltem** Zustand!

Bestimmungskriterien sind:

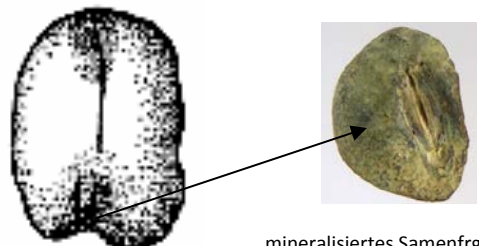
- Die Form und Grösse der Samen
- Die Form und Grösse des Nabels
- Die Beschaffenheit der Oberfläche der Samenschale

Bsp. Erbse: Form kugelig; Nabel kurz, oval



verk. Same, Arbon Bleiche 3, neolithisch, um 3380 v. Chr., Durchmesser ca., 4mm

Bsp.: Ackerbohne: Form bohnenförmig, Nabel länglich



verk. Same, Zambujal, Portugal, Frühbronzezeit (Zohary & Hopf 2000), L=ca. 8mm

mineralisiertes Samenfrg. mit Nabel aus einer röm. Latrine, Vindonissa

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (2)

Domestikationsmerkmale von Hülsenfrüchten

- Verschwinden der Keimruhe (seed-dormancy)
- Hülsen bleiben geschlossen
- **Samen werden grösser +**; aber: der Anstieg erfolgt sehr langsam, Formen mit deutlich grösseren Samen gibt es erst nach 2000-4000 Jahren Kultivierung (Fuller 2007)
- **Samenschale wird glatt und dünner (+)** +=im archäologischen Material sichtbar
- Sprosse werden robuster

Linse (*Lens culinaris* Medik.) (syn. *Lens esculenta* Moench)



Die Linse ist **heute noch eine der am meisten geschätzten Hülsenfrüchte** und wird praktisch weltweit angebaut (insbesondere in Indien, Pakistan, Äthiopien, im Nahen Osten, in allen Mittelmeerländern, aber auch weiter nördlich). Es handelt sich um eine unscheinbare, kleine, niederliegende Pflanze mit kleinen, hellblau angehauchten Blüten und kleinen, meist 2-samigen Hülsen. **Erträge** sind deshalb rel. niedrig: 500-1500 kg/ha. Heute viele verschiedene Sorten. **Proteingehalt** der Samen beträgt um 22.5%

Genetik, Bestäubungsbiologie:
Diploid, $2n=14$, autogam

Wildlinse: *Lens culinaris* ssp. *orientalis* (syn. *L. orientalis* (Boiss.) Schmalh.

Habitate ähnlich wie Wildgetreide: auf flachgründigen, **steinigen** Böden, auf steinigen Abhängen, in steppenartigen Habitaten; gerne sekundär z.B. auf Lesesteinhaufen. Laut Abbo et al. 2009, 32 auf Kalk, metamorphen Gesteinen und Basalt. Wie wilde Weizen ist *L. orientalis* nicht sehr häufig („scattered colonies“). De facto ist Wildlinse viel seltener als Getreide, das doch dort – wo es vorkommt – grössere Kolonien bilden kann.

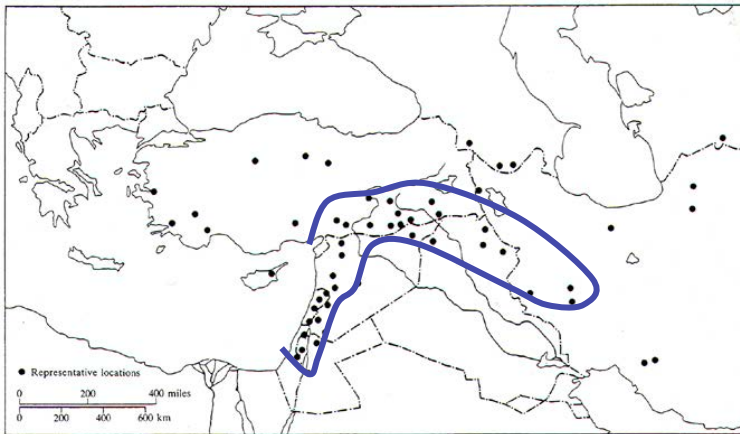


Kleine, niederliegende, **unscheinbare** Pflanze mit kleinen Hülsen und Samen, werden die Samen ausgestreut, so sieht man sie zwischen den Steinen nicht mehr.

Lit.: Ladizinsky 1999; Zohary & Hopf 2000; Abbo et al 2008 ; Abbo et al. 2009

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (3) Linse (2)

Verbreitungsgebiet der Wildform der Linse, Ort der Domestikation



Vor allem im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes, aber auch bis hin nach Zentralasien (West- und Nordiran bis Afghanistan) verbreitet.

Verbreitung der genetisch der Kulturform ähnlichsten Wildlinse: SE-Anatolien und Nordsyrien

Die geringe genetische Variabilität der Kulturform deutet auf ein **einmaliges** (oder jedenfalls nur sehr wenige) Domestikationsereignis im Gebiet SE-Anatolien – Nordsyrien hin, also auf ein ähnliches Gebiet, das für Einkorn und Emmer auch als der wahrscheinlichste Ort der „finalen“ Domestikation identifiziert werden konnte.

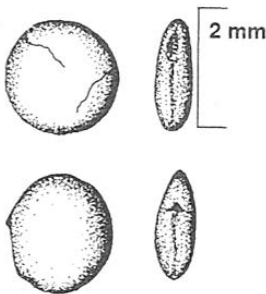
Zohary & Hopf 2000

Funde, Unterscheidung zwischen Wild- und Kulturlinse

Form: **linsenförmig!** Nabel sitzt an der Schmalseite; Linsen sind deshalb an ihrer Samenform **leicht** zu erkennen.

Wildlinsensamen:

<3mm im Durchmesser!



erstmals grössere Samen (>4mm) ab ca. 7000 v. Chr., grössere Mengen ab dem keramischen Neolithikum, 6000-5000 v. Chr.

Funde aus Nevalı Çori, SE-Anatolien), PPNB (Pasternak 1998) : sehr kleine Linsensamen

Kulturlinsensamen:

>3mm im Durchmesser



Sagalassos (römisch): sehr grosse Linsensamen

Frühe Funde: siehe Tabelle S. 80!

Linsen sind sehr eng vergesellschaftet mit dem Beginn der Weizen- und Gerstendomestikation im Nahen Osten. Sie kommen ab dem (Epi)paläolithikum (resp. frühen Protoneolithikum) immer mit Wildgetreide zusammen vor, und zwar **sehr regelmässig**.

Ab PPNB wird Linse sehr regelmässig und z.T. in **grösserer Menge** gefunden. Die Samen sind meist **immer noch sehr klein 2,5-3mm!** Sie sind jetzt allerdings vergesellschaftet mit domestiziertem Weizen und domestizierter Gerste. Man vermutet deshalb mindestens Kultivierung, von manchen Wissenschaftlern werden sie schon als domestiziert betrachtet (siehe Tab. S. 80).

Eine Grosse Menge von Linsen gibt es aus **Yiftah-el aus Israel (PPNB)**: Die Fundmenge (ca. 1 Mio 400'000 Samen!) sowie die Vergesellschaftung mit dem Unkraut *Galium tricornutum* (sehr typisches Linsenunkraut!), weisen darauf hin, dass man es hier mit angebauter (vermutlich domestizierter) Linse zu tun hat, obwohl die Samen unter 3mm klein sind (siehe Garfinkel et al. 1988; Kislev 1985).

Eindeutige, also gross-samige Kulturlinsen, z.T. in grösserer Menge, tauchen **nach 7000 v. Chr.** (>4,2 mm) auf (z.Bsp. Tell Ramad, keram. Phasen von Hacilar, Girikihacyan, Tepe Sabz).

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (4) Übersicht frühe Funde

Taxa→				Linse	Erbse	Kichererbse	Linsenwicke	Ackerbohne
				<i>Lens culinaris/ orientalis</i>	<i>Pisum sativum</i>	<i>Cicer arietinum</i>	<i>Vicia ervilia</i>	<i>Vicia faba</i>
	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code					
Süd-Levante / Southern Levant								
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	x				
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L					
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L					
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L					x?
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L					
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	x			x	
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	x	?			
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	x			x	
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x ^{wd}	x ^{wd}	?		x
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^D			x	
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x ^D		x ^D	x	
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L			?		
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L	x ^D				x
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^D	x ^D	?		x
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D	x ^D		x	
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L					
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. Core area								
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	x			x	
Körtlik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	div. Fabaceae				
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	x			x	
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	x	?		X	
Mureybet I-III	9400 (9700-8500))	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x			x	
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	x				
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	x				
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	x	x		x	
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A					
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x	x		x	x
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	x	x		?	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	x		x ^D	x	x
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x	x ^D	?	x	x
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x	x	x	x	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x ^D	x		x	x
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D				
Zypern / Cyprus								
Kissonerga-Mylouthkia	8700-8200	E-PPNB	Z	x				
Sillourokambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z	x				
Östlicher fruchtbarer Halbmond / Eastern Fertile Crescent								
Qermez Dere	9200 (10,100-8800)	Epipal-PPNA	E-F-C	x			x	
M'lefaat	9200 (9500-8800)	PPNA	E-F-C	x			x	
Nemrik	8400 (10,200-8200)	Epipal-E-PPNB	E-F-C	x	x			
Chogah Golan alle AH	8800-7650	E-M-PPNB	E-F-C	x*2				
Chia Sabz	8550-7600	E-M-PPNB	E-F-C	x	x*4			
Ganj Dareh	8100 (8250-7850)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^{wd}	x			
Tepe Abdul Hosein	8000 (8300-7800)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D				

x=vorhanden, ohne Zusatz: wild oder höchstwahrscheinlich wild;

x^D: vorhanden , domestiziert

x^{wd}: vorhanden, "halb-domestiziert", gewisse Veränderung gegenüber der Wildform feststellbar, zumeist aber noch mit Wildform-Morphologie

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (5) Erbse

Erbse (*Pisum sativum* L.)



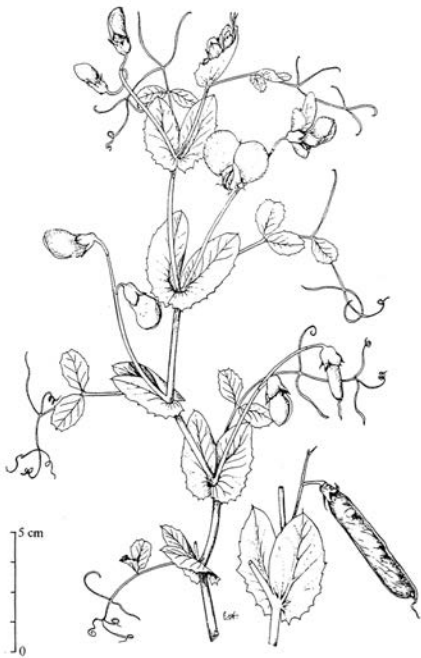
Die Erbse gehört zusammen mit der Linse zu den **ältesten** domestizierten Hülsenfrüchten. Von Anfang an ist sie zusammen mit Weizen und Gerste vergesellschaftet.

In ländlichen Gegenden im Nahen Osten, im Mittelmeerraum, im gemässigten Europa, in Äthiopien oder in NW-Indien bildet die Erbse einen wichtigen Nahrungsbestandteil (Proteingehalt der Samen um 24%). **Heute** ist die Erbse nach der Sojabohne die **zweitwichtigste weltweit angebaute Hülsenfrucht**. Früher waren vor allem die reifen Samen das Hauptprodukt, heute auch grüne Hülsen bzw. die ganze Pflanze als Grünfutter.

Genetik, Bestäubungsbiologie:

Diploid, $2n = 14$, weitgehend autogam

Wilderbse: *Pisum sativum* ssp. *humile* (syn. *Pisum humile* Boiss. & Noe = *P. syriacum* /Berger) Lehm)



Zohary & Hopf 2000



Die **Wildformen** von *P. sativum* lassen sich in **2 morphologische Typen** trennen:

- eine schlanke, hohe Macchienform: *P. elatius* (*P. sativum* ssp. *elatius*): gesamt-mediterrane Verbreitung, Kletterpflanze
- *P. humile* (*P. sativum* ssp. *humile*): eine niedrige, v.a. im fruchtbaren Halbmond vorkommende Form.

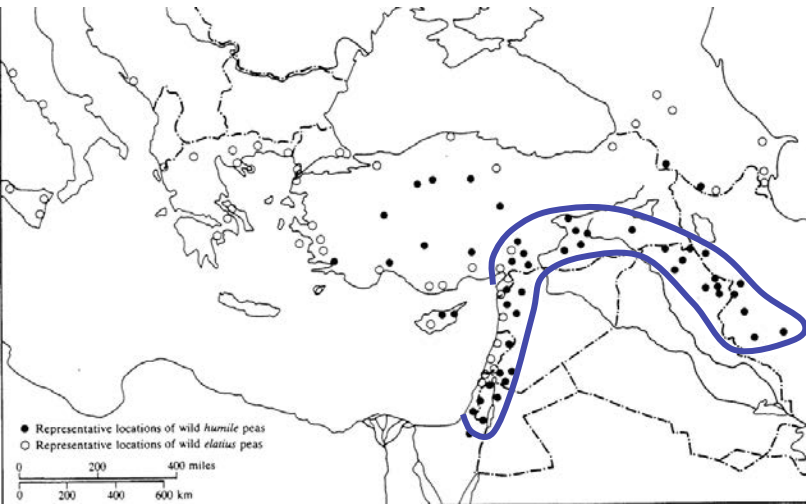
Habitat von *P. humile*: Kommt im parkartigen Eichenwäldern (sommergrüne Eichen) vor sowie in offenen, steppigen Habitaten; *sekundär* in Getreidefeldern.

Nur selten in grösseren Kolonien, oft als Einzelpflanzen; besiedelt verschiedenartige geologische Untergründe (steiniger Kalkuntergrund, Basalt, vulkanische Asche; siehe Abbo et al. 2009).

*Humile-Erbse*n sehen morphologisch sehr ähnlich wie Kulturerbsen aus: Sie weichen nur durch ihre **rauhe** (tuberculate; Fuller 2007), **dicke Samenschale** ab, **kleinere Samen** sowie durch die sich **selbst öffnenden Hülsen**.

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (6) Erbse (2)

Verbreitungsgebiet der Wildform der Erbse, Ort der Domestikation



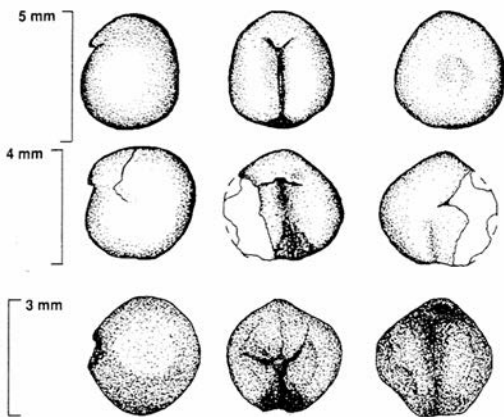
Zohary & Hopf 2000

Es wurde eine grosse genetische Ähnlichkeit von *humile*-Populationen aus Israel (Hermon-Berg) mit den Kulturformen festgestellt: vermutlich wurden sie also dort erstmals domestiziert (oder zumindest wurde dort die Domestikation „vollzogen“).

zu Erträgen gesammelter Wilderbsen und weiteren Überlegungen früher Inkulturnahme: siehe Abbo et al. 2008, 2009

Archäologische Funde, Unterscheidung zwischen Wild- und Kulturerbse

Erbssensamen von Nevali Çori (PPNB):
unterschiedl. Grössen! (Pasternak 1998)



Samengrösse:

3-4 mm: Wilderbsen und frühe Kulturformen

Später auf 6-8 mm steigend

Samenschale:

Wilderbse: rau, granulär

Domestiz. Erbse: glatt

Das Erkennen der Kulturformen ist genauso schwer wie bei der Linse: In frühen Funden **überschneiden** sie die Samengrössen von wilden und domestizierten Linsen; ein deutlicher Anstieg der Samengrösse ist erst relativ spät zu sehen!

Ein wichtiges Merkmal zur Abgrenzung domestizierter Formen ist die **Oberfläche der Samenschale**, allerdings ist diese in den seltensten Fällen erhalten!

Frühe Funde: siehe Tabellen Seite 80!

Früheste Erbsenfunde im Nahen Osten datieren ins **entwickelte Protoneolithikum** (z. Bsp. Tell Aswad). Oft nur **wenige** Stücke. Epipaläolithischer Fund aus der **Franchti** Höhle in Griechenland: höchstwahrscheinlich von *Pisum elatus* = mediterran verbreitete Wildform, zurückgehend. Ähnliche jungpaläolithische Funde gibt es auch aus dem westlichen Mittelmeerraum.

Wesentlich **regelmässiger** kommen Erbsen **ab dem PPNB** vor: Es sind meist kleinsamige sog. „Übergangsformen“ (die aber oft bereits als „domestiziert“ betrachtet werden). Eindeutig domestizierte Erbsen mit Samengrössen von deutlich über 4mm gibt es dann erst ab dem keramischen Neolithikum, ab ca. 6500 v. Chr. (dort ist dies auch anhand der glatten Struktur der Samenschalen belegbar). Reiche Funde der Erbse gibt es z. Bsp. von Catal Hüyük, Hacilar und Erbaba in der SE-Türkei (auch Tepe Sabz, Iran; Fuller 2007).

Alles in allem lässt sich feststellen: vermutlich ist die Domestikation der Erbsen im Nahen Osten fast gleich alt wie jene der frühen Getreide.

Heute gibt es Hunderte von Landrassen! Es gibt eine grosse morphologische Variabilität: Kleinwüchsige bis Klettererbsen, Blütenfarben stark unterschiedlich, extrem variable Samengrössen und -farben. Alle Formen sind interfertil.

heute häufig gebaute Kulturerbsen:

Gartenerbse (*P. sativum* ssp. *sativum*): weisse Blüten, grosse Samen, kürzere Triebe

Ackererbse, Felderbse (*P. sativum* ssp. *arvense*): farbige Blüten, kleinere Samen, längere Triebe

Kichererbse (*Cicer arietinum* L.)



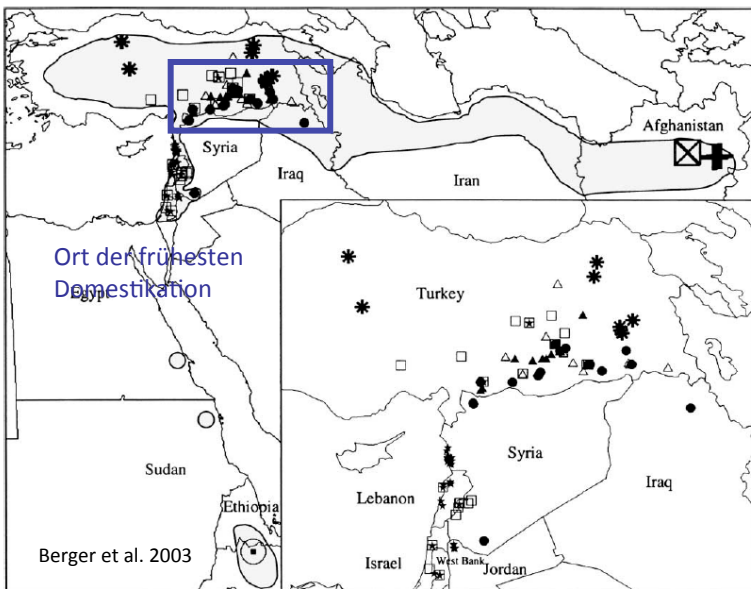
Heutige kultivierte Kichererbse

Die Kichererbse ist heute (zusammen mit der Erbse) die drittwichtigste angebaute Hülsenfrucht weltweit! Die Samen haben einen sehr hohen Nährwert (Kerem et al 2007: hohe Gehalte an Tryptophan (Aminosäure), beeinflusst Serotonin (Neurotransmitter), erzeugt Sättigungsgefühl)).

Der Anbau von Kichererbse in Mitteleuropa ist aus klimatischen nicht möglich: Kichererbse braucht grosse Sommerwärme (Kultivare sind sommerannuell). Ausserdem ist sie empfindlich gegen Nässe (Pilzbefall; siehe Kerem et al. 2007). Funde von Kichererbse in Mitteleuropa sind deshalb Importe aus dem mediterranen Raum.

Genetik, Bestäubungsbiologie:
2n = 16; Selbstbestäuber (autogam)

Wildform: *Cicer arietinum* ssp. *reticulatum* (Δ) (syn. *Cicer reticulatum* Ladiz.) und deren Verbreitungsgebiet, Ort der Domestikation



Wilde Kichererbse, SE-Anatolien (Karacadag-Region), Foto A. Schlumbaum: Unscheinbare, niedrigwüchsige Pflanze (bis 20 cm hoch). Winterannuell. **Ausnahme:** auch bei der Wildform bleiben die Hülsen geschlossen! Samen haben eine „schrumpfelige“ Oberfläche.

Fig. 1. Distribution of annual wild *Cicer* (and the wild perennial, *C. anatolicum*) germplasm held in the world collection. Symbols as follows: *C. anatolicum* (+), *C. bijugum* (●), *C. choerosanctum* (⊙), *C. cuneatum* (▲), *C. echinospermum* (★), *C. judaicum* (*), *C. pinastifidum* (□), *C. reticulatum* (Δ), *C. yamashitae* (+). Shaded areas represent the known distribution of annual wild *Cicer* species and *C. anatolicum*. The inset shows an enlargement of those areas of West Asia from which the most annual wild *Cicer* species have been collected.

Habitat: Offene (Wald-)Steppenhabitate, über Basalt. Höhenlagen: 600-1500 m, erträgt niedrige Wintertemperaturen. Verlangt 350-830 mm Niederschlag / Jahr.

Die heutige Verbreitung von *C. reticulatum* ist auf **SE Anatolien** beschränkt. Selten! Keine grösseren Bestände bildend. Heute nur 18 Fundorte bekannt. Ursprüngliches Verbreitungsareal reichte wohl weiter nach SW.

Genetische Studien (AFLP; z. Bsp. Sudupak et al. 2004) belegen, dass das **westlichste** heutige *Cicer reticulatum* Vorkommen die am nächsten zur Kulturform verwandte ist (liegt in der Nähe der wichtigen archäologischen Fundstelle von Tell el Kerkh, siehe S. 84).

Man geht davon aus, dass die **Domestikation** wohl auch bei der Kichererbse im **Gebiet SE-Anatolien-Nordsyrien** stattgefunden hat.



Fig. 1 Location of Tell el-Kerkh and distribution of *Cicer arietinum* ssp. *reticulatum* (modern wild chickpea). Crosses indicate known collection points of wild chickpea

Table 1 ^{14}C dates from Tell el-Kerkh (calibrations: OxCal ver. 3.10)

Lab. code	Uncal B.P.	Cal B.C. (1 σ)	Dated material
GrA-22277	9350 $\pm$ 90	8750–8470	Wood charcoal
Ly-2555(Ox A)	9250 $\pm$ 40	8560–8350	Wood charcoal
GrA-22276	9240 $\pm$ 50	8550–8340	Wood charcoal
Ly-12086	9205 $\pm$ 60	8530–8310	Wood charcoal
Ly-2556(Ox A)	9165 $\pm$ 40	8430–8290	Wood charcoal

Tanno & Willcox 2006

Table 4 Archaeobotanical records for *C. arietinum* : n the early Neolithic periods

Site	Identification	Number	uncal B.P.	Reference
<i>Cicer arietinum</i>				
Tell el-Kerkh	<i>Cicer arietinum</i>	138	9350–9165	This paper
Çayönü (basal pits)	<i>Cicer</i> sp.	1	9320–9175	van Zeist and de Roller (1991, 1992)
Jericho	<i>Cicer arietinum</i>	? (“frgts?”)	9320–9230	Hopf (1983)
Nevalı Çori	cf. <i>Cicer</i> sp.	1	9250	Pasternak (1998)
Çayönü (channelled building)	<i>Cicer</i> sp.	2.5	9100–9000	van Zeist and de Roller (1991, 1992)
Aşıklı Höyük	cf. <i>Cicer</i> sp.	1	8900–8500	van Zeist and de Roller (1995)
Ain Ghazal	<i>Cicer</i> cf. <i>arietinum</i>	3	8620–8070	Rollefson et al. (1985)
Çayönü (cell building)	<i>Cicer</i> sp.	7.5	8600–8300	van Zeist and de Roller (1991, 1992)
Ghoraife	<i>Cicer</i> cf. <i>arietinum</i>	3	8400–8150	van Zeist and Bakker-Heeres (1982)
Jericho (trench D phase “?”)	<i>Cicer arietinum</i>	2	(PPNB)	Hopf (1983)
Wadi Jirat 7 (trench B)	cf. <i>Cicer</i> sp.	1	8810–8390	Colledge (1994, p.82)
Çatalhöyük	<i>Cicer</i> cf. <i>arietinum</i>	88	8240–7760	Fairbairn et al. (2002)
Çatalhöyük	<i>Cicer</i> sp.	4	8240–7760	Fairbairn et al. (2002)
Abu Hureyra 2 (trench E, phase 6)	<i>Cicer arietinum</i>	8	8020 $\pm$ 100	Moulin (1997 p.129), de Moulin (2000 p.414)
Ramad	<i>Cicer</i> sp.	27.5	7900	van Zeist and Bakker-Heeres (1982)

Funde von Tell el-Kerkh, Syrien, PPNB

	Average	S.E	Min	Max
<i>Cicer arietinum</i> (n=11)				
Length	3,54	0,28	2,3	5,4
Breadth	3,29	0,21	2,1	5,1
Thickness	3,15	0,22	2,2	4,9

Testa (Samenschale) ist kaum je erhalten (bei b, c und f in sehr kleinen Resten vorhanden: zeigt typischen „schrumpfelige“ Oberflächen der Wildform *reticulatum*).

Die Samen sind klein, entsprechen anderen frühen Funden. Grosse morphologische Variabilität! längliche entsprechen eher der Wildform, rundliche eher der Kulturform.

Fig. 2 *Cicer arietinum* from early PPNB levels at Tell Ain el-Kerkh. a shows the most common type, b–e are lateral views to show morphological variation from more wild forms to more domestic forms arranged from left to right. The wrinkling which is often seen in *C. a. reticulatum* can be seen in b, c and f. f shows a large, ssp. *reticulatum*-type seed. g shows a large rounded seed with its beak and a fragment of testa. Arrows indicate presumed position of beaks

Mit frühester domestizierter K. ist ab PPNB zu rechnen; Kichererbse ist auch nach PPN regelmässig vorhanden, bis hin zum Balkan.

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (8) Ackerbohne

Ackerbohne (*Vicia faba* L.)



Aufrechte, robuste Pflanze.
Hülsen mit sehr **grossen**
Samen, dadurch hoher Ertrag!
Proteingehalt der Samen
20-25% (siehe Liste S. 1:
horsebean).

Die Acker- oder Pferdebohne (auch Saubohne) gehört zu den **wichtigsten** altweltlichen Kulturpflanzen. Sie war die **wichtigste Hülsenfrucht vor der neuzeitlichen Einführung amerikanischer Bohnen** resp. der **Sojabohne** in Europa. Heute wird sie in unseren Breiten (Biolandbau!) v.a. als Viehfutter gebaut (Ackerbohne ist und war ein wertvolles Tierfutter (daher der Name Pferdebohne, Saubohne)). Im Mittelmeerraum werden vor allem die Hülsen in grünem Zustand konsumiert. In verschiedenen Weltgegenden heute noch in grossem Ausmass produziert und konsumiert.

Die Ackerbohne wächst sowohl in **sommertrockenem mediterranem Klima** als auch in den **gemässigten Klimaten nördlicherer** Gefilde (und bis in grössere Höhenlagen in den Alpen).

Genetik, Bestäubungsbiologie: diploid ($2n = 12$); meist Fremdbestäuber, d.h. abweichend von den bisher besprochenen früh in Kultur genommenen Pflanzen!

Wildform?

Morphologisch sehr ähnlich sind:
Vicia narbonensis und *Vicia galilea*: letztere ist im Nahen Osten verbreitet.

Alle $2n=14$, also genetisch **abweichend** von *V. faba* und NICHT mit dieser kreuzbar.

Heute steht deshalb fest, dass die „*narbonensis*“-Wicken nicht als Vorfahr für *V. faba* in Frage kommen. Auch neue genetische Untersuchungen bestätigen dies (Zitate siehe Zohary & Hopf 2000, 113).

Die Wildform ist bis heute **nicht entdeckt** – sie könnte ausgestorben sein (Tanno & Willcox 2006).

Kultivare

Heute gibt es 3 interfertile Kultivare:

var. minor: kleinsamige Form, meist um 10 mm lang

var. paucijuga: auch kleinsamig, heute v.a. in Indien, Afghanistan, Pakistan (im Gegensatz zu minor Blatt meist nur einpaarig gefiedert, kleine Blüten)

var. major: mit grossen, flachen Samen (15-20 mm lang, 12-15 mm breit): diese grossamigen Formen entwickelten sich erst spät unter Kulturbedingungen (wohl erst 1000 AD)

Alle archäologischen Funde bis zur Römerzeit: gehören zu var. minor!

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (9) Ackerbohne (2)

Archäologische Funde, Unterscheidung von Wild- und Kulturformen

Gefunden werden auch hier die **Samen**, sie sind tonnenförmig, und oft am Hilum-Ende dicker

Funde von Tell el-Kerkh datieren kalibriert ins frühe PPNB, um 8500 v. Chr. (Tanno & Willcox 2006)



Ackerbohne vom Tell el-Kerkh (rechts, verkohlt),
verglichen mit modernen Kultivaren (links)

Weitere Ansicht der Ackerbohnen vom Tell el-Kerkh,
links ist die „Keilform“ gut sichtbar, rechts der Nabel

Tab. 4 aus Tanno & Willcox 2006: frühe archäologische Nachweise von *Vicia faba* aus dem Nahen Osten (siehe auch Tab. S. 80)

<i>Vicia faba</i>					
Iraq ed-Dubb	<i>Vicia cf. faba</i>	5	11145–9950	Colledge (1994)	
Tell el-Kerkh	<i>Vicia faba</i>	437	9350–9165	This paper	
Nevali Çori	<i>Vicia faba</i>	15	9250	Pasternak (1998)	
Abu Hureyra 2 (trench B, phase 2)	<i>Vicia cf. faba</i>	1	8500±120	Moulins (2000)	
Çafer Höyük	<i>Vicia cf. faba</i>	2	8950–8480	Moulins (1997)	
Yiftah'el	<i>Vicia faba</i>	2750	8800	Kislev (1985)	
Jericho (trench F, phase 29–30)	<i>Vicia narbonensis</i>	30+frgts	8900–8670	Hopf (1983)	

Vom Tell el Kerkh stammt der bisher der früheste umfangreichere Fund von *V. faba*, der gesichert ist. Generell gibt es nur wenige Funde, oft sind die Bestimmungen unsicher, da die Samen fragmentiert sind.

Einen sehr umfangreichen Fund von vermutlich ebenfalls Ackerbohne gibt es aus Yiftah-el (Israel; Kislev 1985), wo neben den vielen Linsen auch recht zahlreiche grosse Samen gefunden wurden, die als Ackerbohnen identifiziert wurden:

„Ackerbohnen“ von Yiftah 'el, PPNB, um 8000 v. Chr., 2600 Stück!



klein: L max. 5,5 mm

Form länglich und auch hier keilförmig, d.h. von wilden
Ackerbohnenverwandten abweichend (Form dort
länglich-tonnenförmig)

FAZIT: Die Ackerbohne gehört auch zu den
nahöstlichen „founder crops“; neue Funde weisen
auch hier auf ein Domestikationszentrum in SE-
Anatolien / N-Syrien hin.

Häufige und sichere Nachweise domestizierter
Ackerbohnen gibt es dann erst wieder ab dem 3. und
dann dem 2. Jt. V. Chr., und zwar auf der Iberischen
Halbinsel, in der Schweiz und in Oesterreich, in
Norditalien und im ostmediterranen Raum.

Weitere Hülsenfrüchte....

Linsenwicke (*Vicia ervilia*)

Seit dem Protoneolithikum gefunden, wohl auch ab PPNB domestiziert, wird von einigen Forschern auch zu den „founder crops“ gezählt



Abb. Nevali Cori, PPNB, Pasternak 1998

Saat-Platterbse (*Lathyrus sativus*)

Ab PPNB regelmässig vorhanden



Domestikation Öl-/Fasterpflanzen 1

Die für die europäische Urgeschichte wichtigsten Öl- und (teils) Faserpflanzen sind Lein oder Flachs (*Linum usitatissimum* L.) und Schlafmohn (*Papaver somniferum* L.). Beide stammen aus dem Mittelmeerraum. Hanf (*Cannabis sativa* L.) stammt hingegen aus dem fernen Osten und erreicht unser Gebiet in grösserer Menge erst im Mittelalter. Früheste Funde von Hanf gibt es ab der Eisenzeit, regelmässiger tritt er ab der Römerzeit auf.

Domestikationsmerkmale:

*geschlossen bleibende Kapseln

*=im archäologischen Material sichtbar

*Ausbildung grösserer Samen

Ausbildung dünnerer Samenschalen

Erhöhung des Ölgehaltes der Samen

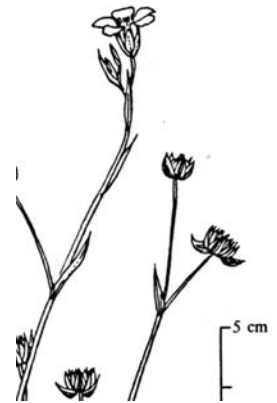
(*) bei Faserpflanzen: Entwicklung hoher, aufrechter, unverzweigter Pflanzen

Lein oder Flachs (*Linum usitatissimum* L.), Fam. Linaceae

Der Lein gehört zu den „founder crops“ im Nahen Osten! Heute ist Lein eine wichtige Weltwirtschaftspflanze, einerseits wegen der medizinischen und technischen Eigenschaften der Samen (Leinöl!), andererseits wegen seiner Fasern.

Genetik, Wildform: diploid, $2n=30$, Selbstbestäuber (autogam); **Wildform:** *Linum angustifolium* Huds. (syn. *Linum bienne* Mill.) (u.a. Fu & Allaby 2010)

Verbreitung der Wildform



Verbreitung: grosses verbreitungsgebiet: Westeuropa; ganzer Mittelmeerraum; N-Afrika; W- und S-Asien; Kaukasus

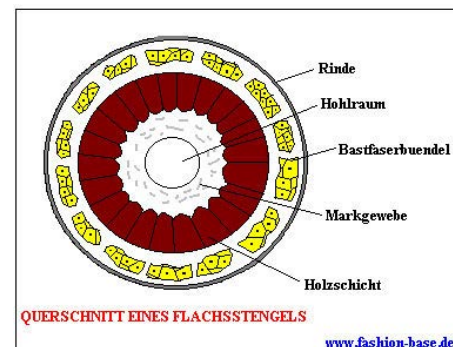
Habitat: primär: feuchte Orte wie Nass-Wiesen

Abb. aus Zohary & Hopf 2000

Neue genetische Daten (Allaby et al. 2005, Fu 2011) weisen darauf hin, dass der Lein **wohl nur einmal** domestiziert wurde, wo wir wissen wir allerdings nicht genau (es muss irgendwo im Nahen Osten gewesen sein, möglicherweise in der Türkei). Diese Domestikation geschah im Hinblick auf den **Lein als Ölpflanze** (also im Hinblick auf geschlossen bleibende Kapseln).

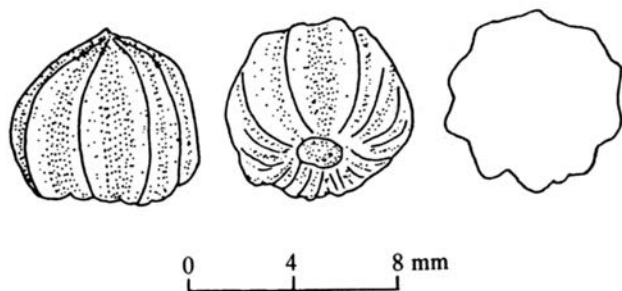
Kulturformen: heute 2 Hauptzuchtlinien:

- Öllein:** kleine, 30-70 cm hohe Pflanzen, rel. stark verzweigt, grossamig (für Samengewinnung = **Ölgewinnung** angebaut). Same enthält etwa 40% Öl. Neue genetische Untersuchungen weisen darauf hin, dass der Lein in erster Linie wegen seines Ölgehaltes domestiziert wurde (Allaby et al. 2005)
- Faserlein:** schlanke, grosse, wenig verzweigte Pflanzen, kleinsamig; für die **Fasergewinnung** gebaut. Die Fasern finden sich in der Rinde des Stengels. Sie zu extrahieren, ist ein mehrstufiger, komplizierter Prozess.



Archäologische Funde

Kapseln: wenn geschlossen → Kulturform!



Flachskapsel aus Jericho, Bronzezeit (Zohary & Hopf 2000)

Samen: wenn >3 mm lang: Kulturform

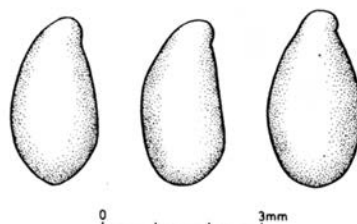


Fig. 20. *Linum usitatissimum*, Ramad.

Samen vom Kulturflachs vom Tell Ramad PPNB (van Zeist & Bakker-Heeres 1985)

Die **archäologische Auffindbarkeit** von Flachs (generell von ölhaltigen Samen/Früchten) ist **beschränkt**: Wegen des hohen Ölgehaltes verbrennen die Samen sehr leicht, sie weisen deshalb bei Mineralbodenerhaltung **schlechte Erhaltungschancen** auf! Ihre Nachweischancen in verkohltem Zustand sind deshalb eingeschränkt. Wenn verkohlte Samen gefunden werden, kann man auf eine grosse Bedeutung des Leins schliessen.

Taxa→	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	Lein <i>Linum usitatissimum</i> *5
Süd-Levante / Southern Levant				
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L	
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L	
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L	
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L	
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L	
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. Core area				
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	x
Körtlik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	
Mureybet I-III	9400 (9700-8500))	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	
Zypern / Cyprus				
Kissonerga-Mylothukia	8700-8200	E-PPNB	Z	x
Sillourokambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z	

Frühe Nachweise:

Siehe Tabelle inks, Ausschnitt aus der Tab. S. 28; hier wird nicht zwischen Wild- und Kulturlein unterschieden; nach Fuller et al. 2012)

im Epipaläolithikum und Protoneolithikum sind Nachweise des Leins sehr selten. Der einzige Nachweis von Wildlein kommt vom Tell Abu Hureyra, Phase 1 (laut Zohary & Hopf 2000, 127, mit Verweis auf Hillman et al 1989).

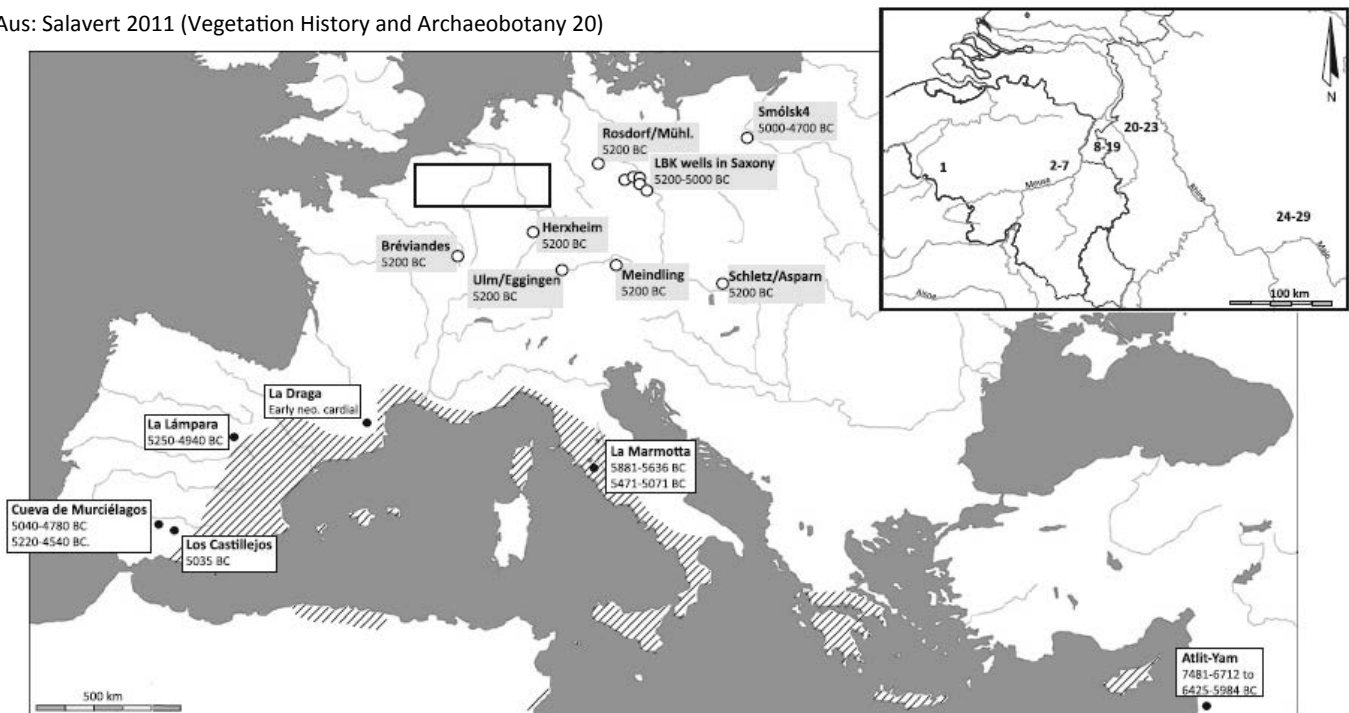
Erster Hinweis auf domestizierte Formen, nachweisbar durch einen Anstieg der Samenlänge auf >3mm, gibt es aus PPNB-Schichten des **Tell Ramad** in Syrien (van Zeist & Bakker Heeres 1985, siehe Abb. oben), nicht auf der Tabelle links aufgeführt, da jünger (siehe S. 28).

Ab **PPNB** gibt es eindeutigen Kulturflachs (geschlossene Kapseln aus Jericho); grosse Samen von >3 mm Länge sind ab dem 7./6. Jt. v. Chr. bereits häufig.

Gewobene Textilien gibt es auch schon ab PPNB (Nahal Hemar, Israel). Lein wurde wohl nur einmal domestiziert (wo genau im Nahen Osten, ist unbekannt).

Schlafmohn (*Papaver somniferum* L.)

Aus: Salavert 2011 (Vegetation History and Archaeobotany 20)



□ 1: Aubechies-Coron Maton (Bakels in Constantin et al 2010b) 2-7: Oleye-Al Zèpe, Wareme-Vinàve (Jadin and Heim 2003); Remicourt-En Bia Flo II, Remicourt-Fond de Momalle (Salavert 2010b); Vaux-et-Borsset-Gibour (Heim and Hauzeur 2002); Alleur (Dambion and Buydens 2001; Dietsch-Sellami 2002, 2004) 8-19: Geleen-Haesselderveld (Bakels and Rousselle 1985); Geleen-Janskamperveld, Beek-Kerveveld (Bakels 1978, 2007); Langweiler 2, 3, 6, 8 et 9, Lammersdorf, Aldenhoven, Laurenzberg 7 (Knörzer 1971, 1988, 1997, 1998) 20-23: Garsdorf, Kückhoven, Oekoven, Wanlo (Knörzer 1971, 1988, 1997, 1998) 24-29: Fauerbach, Usingen, Nieder-Mörlen, Bruchenhütten, Mittelbuchen, Fechenheim (Kreuz 1990; Kreuz et al 2005) ○ Bréviandes (Bonnaire, *comm. pers.*); Herxheim (Kreuz et al 2005); Meindling (Bakels 1992); Schletz/Asparn (Köhler-Schneider 2007); Smol'sk4 (Bienek 2007); Ulm-Eggingen (Gregg 1989); LBK wells in Saxony: Brodau (Herbig, Dresden -Cotta (Herbig, *comm. pers.*); Eythra, Kreis Leipziger Land, Leipzig-Plaßig (Maier, unpublished); Schkeuditz-Altscherbitz (Herbig 2010) ● Atlit-Yam (Kislev et al 2004); La Draga (Buxò et al 2000); La Lámpara (Stika 2005); La Marmotta (Rottoli and Pessina 2007); La Cueva de Murciélagos (Peña-chocarro 2007); Los Castillejos (Rovira 2007).

Fig. 8 Distribution area of present wild poppy populations (*Papaver somniferum* subsp. *setigerum*) in the Mediterranean basin (hatched) and location of archaeological sites where poppy (*P. somniferum* subsp. *setigerum/somniferum*) have been identified in western Europe

Origin and diffusion of opium poppy in western Europe

In central Belgium, new seed finds of *Papaver somniferum* (opium poppy) identified at Momalle and Bia Flo, Hesbaye (Salavert 2010a, b), bring to nearly 30 the number of sites where poppy seeds have been identified in an area situated between Hesse to the east and the Hainaut to the west. All around this area, poppy has been identified at 12 other LBK sites mostly located along the Danube, and in the LBK wells in Sachsen, Germany (Herbig 2010; Maier, unpublished) (Fig. 8). All of the identifications belong to the second phase of LBK expansion and have never been related to the earliest LBK contexts (Kreuz 2007). However, no populations of *Papaver somniferum* ssp. *setigerum* (wild opium poppy), considered to be the wild ancestor of cultivated poppy (Hammer and Fritsch 1979; Hammer 1981; Zohary and Hopf 2000), are known in the north-western part of Europe. Moreover, wild poppy is common in the Mediterranean basin, which is the area of origin for poppy most often mentioned in the literature (Knörzer 1971; Schultze-Motel 1979; Bakels 1982, 1992). However, in this area, not many archaeological sites, contemporary with or earlier than LBK sites, have provided poppy seeds (Fig. 8). The poppy seed of the PPNC site of Atlit-Yam,

and Israel. Black dots: Cardial early Neolithic sites. white dots: LBK Early Neolithic sites. The outline part represents the concentration area of archaeological sites which have delivered poppy within LBK territory (detailed in the box right)

Israel, is the oldest identification (Kislev et al. 2004), but it is an isolated find despite the numerous archaeobotanical studies carried out in this area (Salavert 2010b). To sum up, archaeological evidence of poppy is scarce throughout the Mediterranean basin, even though this is reputed to be the origin area of cultivated poppy. In the meantime, in Belgium, The Netherlands and western Germany, the number of sites with poppy seeds is important, despite the absence to date of a wild poppy population.

According to these facts, two models can be suggested to locate the area of origin of poppy and its diffusion pattern into western Europe.

- Poppy could have originated in the LBK territory, maybe between the Hesse and Hainaut areas, where it could have been cultivated for the first time before its secondary diffusion to southern Europe. However, modern phytosociology does not support this hypothesis about the absence of the wild ancestor, *P. somniferum* ssp. *setigerum*, from northwestern Europe. However, according to some authors, the centre of origin of a cultivated plant is not defined by the region where the

wild form is reported, but the one which offers the greatest diversity of species or varieties of a given genus (Vavilov 1951; Ladizinsky 1998). This greatest diversity is present in Turkey and the eastern islands of the Aegean Sea, where up to 36 species of *Papaver* are recorded (Davis 1965), as well as in the flora of Iran and adjacent areas, where 30 species are recorded (Cullen 1966), while no more than 15 are known in Spain and Italy (Castroviejo et al. 1986; Pignatti 1997). Thus, the role of central Asia and the Caucasus in the diffusion of the plant should not be excluded. Nevertheless, for the moment, no archaeological evidence argues for this hypothesis, but it opens up the strictly western view of poppy origin.

- Poppy could have originated in the western Mediterranean area (Bakels 1992). The wild form of poppy could have been introduced in the archaeobotanical LBK assemblages as a weed with other weeds, also non-indigenous, to northwestern Europe, such as *Setaria* or *Bromus sterilis* (Kreuz 2007; Bakels 2009). These weeds are like poppy, linked to a second phase of expansion. Following this process, poppy could have been cultivated for the first time by LBK people (Salavert 2010b).

In conclusion, the origin area of poppy is rather complicated to locate from the distribution zone of its wild ancestor. It is indeed difficult to differentiate the true wild poppy, *P. somniferum* ssp. *setigerum*, from naturalized ones or escapes from cultivation. Furthermore, wild and cultivated forms are highly interfertile (Ladizinsky 1998). Some authors even consider that there are no real wild poppy populations nowadays (Chouvy 2001). As a result, according to archaeological and phytosociological evidence, the hypothesis of poppy domestication having occurred in the northwestern LBK territory, outside its natural origin area, is currently the best supported one.

Die Nachweisschancen für Mohn sind bei Mineralbodenerhaltung noch schlechter als für Lein!

Über eine mögliche Verwendung als Droge oder Heilmittel ist leider nichts bekannt, eine solche ist aber sehr wahrscheinlich!

Fazit Domestikation kurzlebiger Pflanzen

TABLE 1

Major differences between Near Eastern grain legumes and cereals in respect to both the wild progenitors and respective cultigens

Traits	Legumes	Cereals
Plant stature	Short, creeping (excluding pea)	Taller than 1.5 m
Growth habit	Indeterminate	Determinate
Dispersal units	Camouflaged seeds	Awned spikelets
Seed dormancy	Strong, ca. 90%	Weak, ca. 50%
Floral biology	Self-pollination, lower rate of outcrossing	Mostly self-pollinators, with 0.5–10% outcrossing
Competition ability	Poor competitors	Aggressive competitors
Population structure	Patchy and thin	Massive and thick
Nitrogen source	Partly from symbiotic bacteria	Mineral nitrogen

Abbo et al. 2009

Zwischen Hülsenfrüchten und Getreide gibt es viele Differenzen (siehe Tabelle aus Abbo et al. 2009):

Dies macht es wahrscheinlich, dass sie aus **unterschiedlichen Beweggründen** domestiziert worden sind, auch wenn es schwierig ist, diese zu rekonstruieren. Wieso sind beispielsweise Hülsenfrüchte, welche kleine, unscheinbare Pflanzen sind, die kleine Samen haben (die nach dem Herausfallen aus den Hülsen erst noch zwischen den Steinen verschwinden...), domestiziert worden?

Auf alle Fälle muss man davon ausgehen, dass die in der ausgehenden Eiszeit und im frühen Holozän lebenden Menschen sehr genau wussten, mit was sie es bei allen wilden Vorfahren der Kulturpflanzen zu tun hatten, nämlich mit wertvollen Nahrungsmitteln!

Ganz generell kann man festhalten, dass die damals lebenden Menschen sehr genaue floristische und ökologische Kenntnisse gehabt haben müssen und auch unscheinbaren Pflanzen zur richtigen Jahreszeit gezielt suchten. Warum?

Wohl am ehesten kann man dies mit **ernährungsphysiologischen** Aspekten in Zusammenhang bringen (Literatur zu diesem Thema: Kerem et al. 2007; Eshed et al. 2004; Wadley & Martin 2000):

Getreide → **Kohlenhydrate** // Hülsenfrüchte → **Proteine** (v.a. Lysin) // Ölpflanzen → essentielle **Fettsäuren** (z.B. Linolsäure): auch aus heutiger Sicht eine **ideale Kombination von essentiellen Nährstoffen**!

Dazu: Fasern, Medizinalpflanzen (-Drogen)

Domestikation: WARUM??? + Zusammenfassung + Ausbreitung des Ackerbaus nach Europa

Why did Foragers become Farmers?

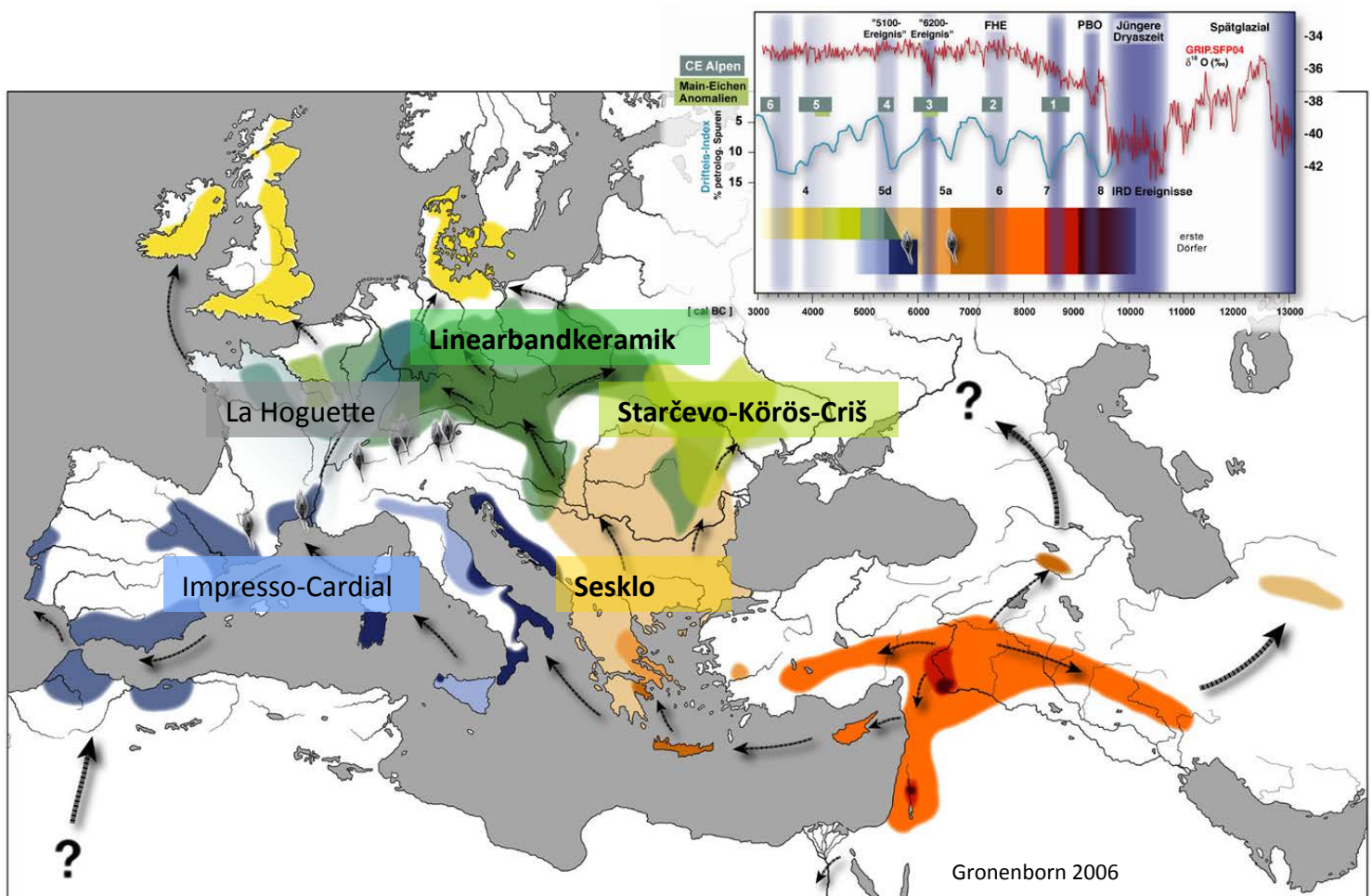
verschiedene Möglichkeiten wurden im Lauf der Vorlesung angedeutet – aber **ES GIBT BIS HEUTE KEINE BEFRIEDIGENDE ERKLÄRUNG!**

“Few topics in prehistory have engendered as much discussion and resulted in so few satisfying answers as the attempt to explain why hunter/gatherers began to cultivate plants and raise animals. Climatic change, population pressure, sedentism, resource concentration from desertification, girls' hormones, land ownership, geniuses, rituals, scheduling conflicts, random genetic kicks, natural selection, broad spectrum adaptation and multicausal retreats from explanation have all been proffered to explain domestication. All have major flaws... the data do not accord well with any one of these models.” (Wadley & Martin 2000, nach Brian Hayden 1990; siehe auch Barker 2006, Kap. 10, 382 ff.)

Zusammenfassung (kurzlebige Taxa)

- Kultivierung begann **früh**, schon im **Epipaläolithikum** (Natufien resp. gleichzeitige Plätze)
- Immer wieder muss es zu **Einkreuzungen von Wildformen** gekommen sein (wie genau, ist unklar), was den Domestikationsprozess verlangsamte
- Am Ende des 10. Jt. v. Chr. scheint sich der Ackerbau langsam zu etablieren
- Bis zum **Ende des 9. Jt. v. Chr.** war **Ackerbau endgültig etabliert**: erst ab hier setzte eine stärkere Selektion in Richtung domestizierter Formen ein
- Die Einkehr **stabiler Klimabedingungen** mit dem Beginn des Holozäns erlaubte das Erzielen guter Ernten: Kultivierung wurde offensichtlich zur einzigen praktikablen Überlebensstrategie.

Ausbreitung des Ackerbaus nach Europa



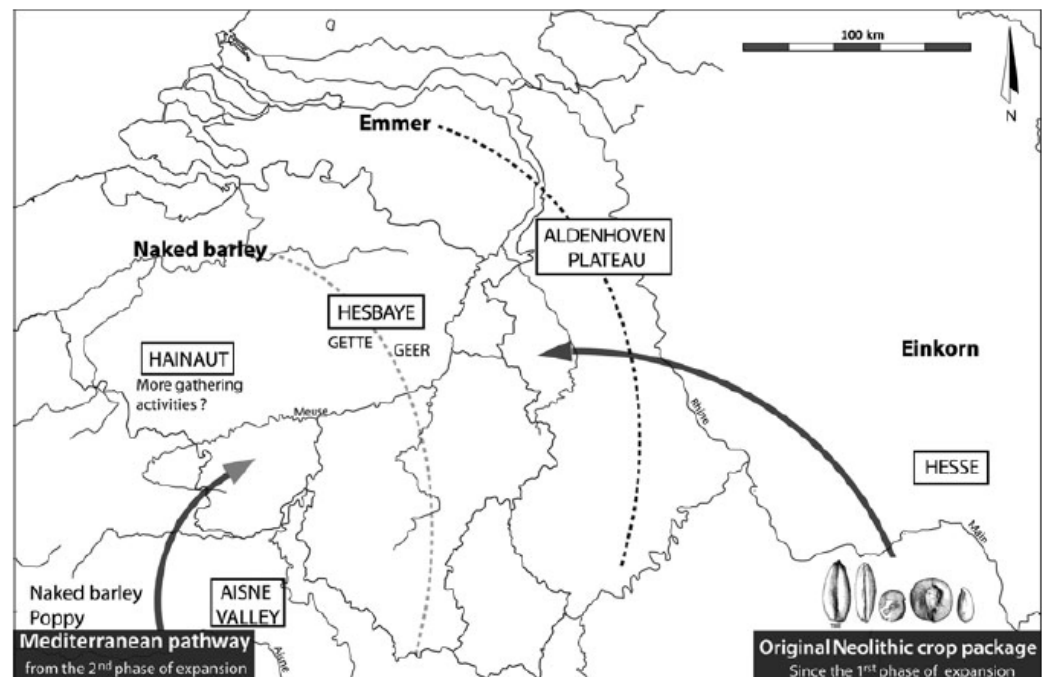
Literaturhinweise: King & Underhill 2002, Richards 2003, Price et al. 2001, Bentley et al. 2003, Gkiasta et al. 2003, Colledge et al. 2004, Zeder 2008; Oliveira et al. 2011; Gronenborn 2008 und 2009

Ausbreitung des Ackerbaus nach Europa (2)

Westliche und östliche Einflüsse im frühen Neolithikum Westeuropas – am Bsp. des Schlafmohns

Fig. 9 Synthetic figure of the three points developed in this paper with location of LBK region quoted in the text: (1) gathering activities seem more pronounced in the Hainaut; (2) emmer dominates west of the Rhine while einkorn dominates to the east, naked barley is linked to the northwestern part of LBK territory and the second phase of LBK expansion as well as (3) poppy of which most of archaeological finds are located between the Hesse region and Hainaut. Plant economy of central Belgium is under both southeastern Europe ("original Neolithic crop package") and Mediterranean influences (naked barley and poppy)

Salavert 2011



Seit wann welche Kulturpflanzen in Mitteleuropa?

Kulturpflanzenanbau in Mitteleuropa vom Neolithikum bis zum Mittelalter (vor allem CH)

		Mesolithikum	Neolithikum				Bronzezeit		Eisenzeit		Römerz.	VWZ	Mittelalter		
Arten			Altneolithikum (LBK)	Mittel- neol.	Jung- neolithikum	Spät- und End- neolithikum	Frühe u. mittl. Bronzezeit	Spät- bronzez.	Eisenzeit	Römerz.	VWZ	frühes	hohes	spätes	
	BC/AD cal.		5600	4900	4400	3400	2200	1200	800	500	0	500	1000	1500	
<i>Triticum monococcum</i>							ev. mehr!					?			
<i>Einkorn</i>															
<i>T. dicoccum</i> Schrank															
<i>Emmer</i>															
<i>T. durum</i> Desf./ <i>turgidum</i> L.	?= keine sicher Bestimmte								?		?	?			
<i>Hart-/Fleischweizen (Nacktwelzen tetraploid)</i>															
<i>T. aestivum</i> L. s.l.	?= keine sicher Bestimmte					s. l. ?									
<i>Saatweizen (Nacktwelzen Hexaploid)</i>															
<i>T. spelta</i> L.															
<i>Dinkel</i>															
<i>Hordeum vulgare</i> L.															
<i>Gerste</i>															
<i>Panicum miliaceum</i>															
<i>Rispenhirse</i>															
<i>Setaria italica</i> Beauv.															
<i>Kolbenhirse</i>															
<i>Avena sativa</i> L.	?= unsicher, ob								?						
<i>Saathafer</i>	Kulturform														
<i>Secale cereale</i> L.	?= unsicher, ob								?	?					
<i>Roggen</i>	Kulturform														
<i>Fagopyrum sagittatum</i> Gilib.															
<i>Buchweizen</i>															
<i>Pisum sativum</i> L.															
<i>Erbsen</i>															
<i>Lens Culinaris</i> Medik.															
<i>Linse</i>															
<i>Vicia faba</i> L.															
<i>Ackerbohne</i>															
<i>Linum usitatissimum</i> L.															
<i>Lein, Flachs</i>															
<i>Papaver somniferum</i> L.															
<i>Mohn</i>															
<i>Camelina sativa</i> Crantz	?= vermutl.														
<i>Leindotter</i>	Unkrautform														
<i>Cannabis sativa</i> L.															
<i>Hanf</i>															
Gartenbau	Obstkulturen														
	Gemüse, Gewürze														

Domestikation von GEHÖLZEN (als. Bsp. Für langlebige Pflanzen)

Wichtige Lieferanten von Grundnahrungsmitteln sind: (*Mittelmeerraum)

Trauben (*Vitis vinifera*) (Rosinen, Wein)

Oliven* (*Olea europaea*) (Früchte, Öl)

Datteln* (*Phoenix dactylifera*)

Feigen* (*Ficus carica*)

Nussbaum (Walnuss, *Juglans regia*)

Obstbäume (Apfel (*Malus*), Birne (*Pyrus*), Kirsche, Pflaume, Pfirsich, Aprikose (alle: Gattung *Prunus*) usw.)

Hier sind nur solche Gehölze aufgezählt, die in Mitteleuropa ab der Römerzeit eine wichtige Rolle spielen, sei dies, dass sie ab dort lokal angepflanzt wurden oder dass sie als Früchte importiert wurden.

Anpflanzungen von Gehölzen werden im allg. zum Gartenbau (Hortikultur) gestellt (siehe zu den damit verbundenen nomenklatorischen Problemen etwa van der Veen 2005).

Der Anbau von Gehölzen erfordert eine **andere Technologie**, denn Gehölze sind **langlebige** Pflanzen (es sind sog. „long investment crops“ – sie tragen frühestens nach 3-8 Jahren Früchte!). Die Domestikation von fruchttragenden Gehölzen erfordert eine **künstliche Veränderung ihrer Reproduktionsbiologie**, indem man auf die **vegetative Vermehrung** wechselt. Grund dafür ist, dass die Wildformen fruchttragender Gehölze fast durchwegs **Fremdbestäuber** = allogam sind – ganz im Gegensatz zu den bisher behandelten kurzlebigen Gewächsen! Fremdbestäubung wird gesichert entweder durch **Selbst-Inkompatibilität** oder durch **Diözie** (separate männliche und weibliche Pflanzen). Dadurch haben Wildpopulationen, aber auch Kultivare, eine sehr **grosse Variabilität (genetisch und morphologisch)** und sind in hohem Masse **heterozygot**. Sät man deshalb Samen aus, so spalten sich die Nachkommen in **zahlreiche Linien** auf: Dies betrifft auch die Grösse, Form und Geniessbarkeit der Früchte.

Die Aufspaltung in zahlreiche Linien, darunter vielen mit unerwünschten Eigenschaften, versucht man durch die vegetative Vermehrung zu verhindern, man will möglichst reine Linien mit bestimmten erwünschten Eigenschaften erhalten (u.a. nach Miller & Gross 2011).

Techniken der vegetativen Vermehrung (Bischof 2001; Schmid 2003)

1. Stecklinge stecken: aus Zweigen (cuttings) oder aus Stockausschlägen (suckers)

2. Pfropfen (grafting)

Durch vegetative Vermehrung wird es möglich, reine Linien zu erhalten. Man kann

a) spezielle Individuen ((oder Teile von Individuen, die durch somatische Mutation verändert sind)) und **erwünschte Eigenschaften** haben, aus einer Menge von Gehölzen mit nicht so vorteilhaften Eigenschaften auswählen (natürlich entstandene Mutanten mit vorteilhaften Eigenschaften können so leicht vermehrt werden)

b) die ausgewählten Typen **vermehren (klonen)**, und so genetisch identische Junggehölze (Genotypen) zu züchten.

Archäologischer Nachweis von Fruchtgehölzen

1) Funde von Samen/Früchten/Fruchtstandteilen mit von der Wildform abweichender Morphologie (Domestikationsmerkmale wie grössere oder anders geformte Früchte, Samen, siehe Tab. 1 in Miller & Gross 2011); grosse Mengen

2) Funde von typischen Geräten wie z.B. Rebmessern

3) Einrichtungen zur Aufbereitung der Ernte wie z. Bsp. Quetschen, Pressen, Kelteranlagen

Generelles zur frühesten Geschichte von fruchttragenden Gehölzen

Die Frage nach der Inkulturnahme der fruchttragenden Gehölze ist alles andere als gelöst. Während für einige die Annahme berechtigt ist, dass sie im Nahen Osten in Kultur genommen wurden (so etwa für die Feige, Kislev 2006, Funde von Gilgal, PPNA, 9400-9200 v. Chr.; dies sollen durch Stecklinge vermehrte Feigenbäume sein, umstritten), ist dies für andere schwerer zu sagen. Manches deutet darauf hin, dass der Kaukasus eine Rolle spielte, wo erste fruchttragende Gehölze seit dem 5. Jt. v. Chr. in Kultur genommen wurden (Weintraube). Wieder andere Gehölze stammen aus Zentralasien (Apfel) und/oder Ostasien (vermutlich *Prunus*-Arten, sicher Zitrusfrüchte).

In grösserem Umfang treten Reste kultivierter und vegetativ vermehrter Gehölze erst einige Jahrtausende **nach** der Domestikation von Getreide und Hülsenfrüchten auf, nämlich erst gegen das Ende des Neolithikums zu (Chalkolithikum = Kupferzeit, **um 4500 v. Chr. ca.**), und zwar im östlichen Mittelmeerraum. In der **Bronzezeit** dann (in Nahost ab etwa 3500 v. Chr.) gehören Oliven, Trauben und Feigen bereits zu den ganz wichtigen Grundnahrungsmitteln im ostmediterranen Raum. Datteln werden in Nordafrika angebaut.

Nach Zohary et al. 2012; Kislev 2006; Cannepele und Kohler-Schneider 2008 und dort zitierter Literatur; Miller 2008; für eine Übersicht siehe auch Janick 2005, Miller & Gross 2011

„... comparatively little is known about perennial plant domestication...“
(Miller & Gross 2011)

Domestikation von GEHÖLZEN (2)

Weitgehend nach Zohary et al. 2012; Miller & Gross 2011

Älteste domestizierte Gehölze (ab 5./4. Jt. v. Chr.) im westlichen Eurasien sind Oliven, Weintrauben, Feigen, Dattelpalme, Granatapfel und Sycomorenfeige. Ihre Vermehrung kann relativ einfach **m.H. von Stecklingen erfolgen**:

- Weintrauben, Feigen, Sycomorenfeige und Granatäpfel können einfach durch Stecklinge vermehrt werden
- Oliven können durch Stecklinge aus Stockausschlägen vermehrt werden
- Dattelpalmen können durch Anpflanzen der basalen Jungtriebe vermehrt werden

Vermutlich etwas später in Kultur genommen wurden andere fruchttragende Gehölze, insbesondere Zitrusfrüchte, **Kernobst** (Unterfam. Pomoideae; Apfel, Birne) und **Steinobst** (Unterfam. Prunoideae: Zwetschge und Pflaume, Kirsche, Aprikose, Pfirsich usw.). Bei diesen ist eine vegetative Vermehrung komplizierter, denn eine Vermehrung ist nur durch **Pfropfen** möglich. Im **Mittelmeerraum** erscheinen definitive Hinweise (schriftliche Quellen!) auf ihre Kultivierung erst im 1. Jt. v. Chr. und ihr allg. Einbezug in den Gartenbau scheint erst in der klassischen Antike vonstatten gegangen zu sein (Theophrast, lebte 371-286 v. Chr., beschrieb als erster die Okulation und das Pfropfen im Mittelmeerraum; erwähnt wird es aber bereits früher, in Homer's Odyssee).

Wer erfand das Pfropfen??

„It is not clear, when and where ... grafting was invented“ (Zohary/Hopf/Weiss 2012)

Wie erwähnt waren die alten Griechen und Römer **vertraut** mit dieser Technik, wie uns zahlreiche schriftliche Quellen überliefern. Die Erfindung der Technik des Pfropfens muss aber viel älter sein. Es gibt Quellen aus dem 2. Jt. v. Chr. mit Hinweisen auf kultivierte Apfelbäume (Hetither). Wo und wann die Technik erfunden wurde ist allerdings nicht klar. Dies scheint ausserhalb des Mittelmeerraumes gewesen zu sein, und manches deutet darauf hin, dass die Technologie aus **China** zu stammt: Frühe schriftlichen Quellen von dort (um 5000 v. Chr.; wie zuverlässig?) stehen z. Bsp. im Zusammenhang mit der Inkulturnahme von Zitrusfrüchten (sichere Quellen allerdings erst aus dem 2. Jh. v. Chr., Zohary et al. 2012; letztere gelangten aber erst viel später in weiter westlich liegende Regionen, vermutlich in der Römerzeit, siehe Van der Veen 2011). Recht frühe Quellen auf Anbau von Gehölzen, die durch Pfropfen vermehrt werden müssen, gibt es auch aus Mesopotamien (3. Jt. v. Chr.) (Keilschrifttexte).

D.h., dass Gehölze, welche durch Pfropfen vermehrt werden müssen, vermutlich im zentral- und ostasiatischen Raum in Kultur genommen worden sein müssen; für manche erscheint das auch deswegen plausibel, weil durch Feldforschungen der letzten rund 20 Jahre mehr und mehr klar wird, dass ihre Wildformen eine besonders hohe Diversität in Zentralasien (Kazachstan, Kirgisien u.ä.m.) aufweisen. Über ihre früheste Geschichte wissen wir allerdings immer noch sehr wenig (bis nichts), und sie mag auch schon ins Neolithikum zurückreichen.

Alter von Klonen

Die vegetative Vermehrung, also das Züchten von Klonen, heisst, dass einmal ausgewählte Klone **Hunderte, vielleicht gar Tausende von Jahren** alt sein können, da sie meist von Anfang an stabil weitervermehrt werden (Kreuzungen gab es eher selten, wie neueste genetische Daten nahe legen; siehe dazu die Ausführungen und Zitate in Miller & Gross 2011). Eine Selektion hat allenfalls am Anfang stattgefunden (während einer beschränkten Zahl von Generationen), die Kultivare weichen demzufolge nicht allzu stark genetisch von ihren Vorfahren ab.

Dies kommt auch in ihrer **Oekologie** zum Ausdruck: Die klimatischen Ansprüche der Kultivare weichen kaum von jenen ihrer wilden Vorfahren ab. Dies steht im Gegensatz zu den kurzlebigen Samenpflanzen, bei denen Selektion über Tausende von Generationen stattfand, und wo dadurch Formen gezüchtet wurden, welche heute in Gegenden wachsen, die klimatisch sehr stark von denen ihrer Herkunftsgebiete abweichen.

Bestäubungsbiologie

Damit Klone Früchte ansetzen, müssen ihre Blüten bestäubt werden (meist Bienen, Hummeln). Da sie selbst-inkompatibel sind, kann nicht der ganze Fruchtbaumhain aus dem gleichen Klon bestehen – es müssen Mischungen verschiedener, aber gleichzeitig blühender Klone gepflanzt werden.

Unter Kulturbedingungen kam es allerdings zu Mutationen, wodurch Kultivare betr. ihrer Vermehrungsbiologie heute zum Teil erheblich von ihrer Wildform abweichen, und wo keine Bestäubung mehr nötig sein muss:

- Aufgabe der Selbstinkompatibilität (v.a. Steinobst, aber auch Rebe)
- Diözie, Fremdbestäubung → Monözie, Selbstbestäubung (Rebe) / Monözie → Diözie (z. Bsp. Pfeffer)
- Entwicklung von Parthenokarpie (also Fruchtproduktion ohne Bestäubung, z.B. Birnen, Bananen, Feigen)

(siehe hierzu gute Übersicht in Miller & Gross 2011)

Domestikation von GEHÖLZEN (3) Weinrebe (1) (meist nach Zohary et al. 2012)

Die Weinrebe (*Vitis vinifera* L.) ist heute eine der ganz wichtigen Weltwirtschaftspflanzen: ca. 9 Millionen ha in über 60 Ländern sind mit Reben bepflanzt. Die jährliche Produktion beträgt mehr als 60 Millionen Tonnen!

Zusammen mit Oliven, Feigen und Dattelpalmen gehört die Weinrebe zur Gruppe der am frühesten domestizierten Fruchtgehölze des Mittelmeerraumes. Seit der frühen Bronzezeit haben Trauben signifikant zur Ernährung beigetragen: Die **frischen Früchte** sind sehr schmackhaft; sie enthalten viel Zucker und können leicht getrocknet und dann in Form von **süssen Rosinen** gelagert werden. Dazu liefern sie Saft für die Herstellung von **Wein**. Letzterer wurde schon in der Bronzezeit zu einem **wichtigen Fernhandelsgut** im Mittelmeerraum (Stichwort Amphoren!).

Wein und Rosinen waren auch jene Nutzungen, die in früherer Zeit die weitaus wichtigste Rolle spielten.

Heute gibt es eine unendliche Vielfalt von Sorten von Reben (über 10'00 Sorten beschrieben, siehe Alleweldt 1997). Auf http://www.ps-wein.de/wein_info/rebsorten/rebsorten.htm sind 600 beschrieben.

Wildrebe: *Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris* (C.C. Gmelin) Berger

Es gibt nur **eine Wildform** in Europa und dem westlichen Asien. Weitere (nahe verwandte) Arten der Gattung *Vitis* gibt es in Nordamerika und Ostasien. Es handelt sich um waldbewohnende Lianen (Hartholzhaue).

Die Wildrebe hat kleine, ziemlich saure Beeren, die trotzdem zur Weinbereitung verwendet werden können. Die Früchte enthalten 3-4 Samen.

Reproduktionsbiologie, Genetik:

Diözisch und fremdbestäubt (Gegensatz zu Kulturrebe!), $2n=38$ Chromosomen.

Trotz der seit der Inkulturnahme stark abgewandelten Verbreitungsbiologie sind **Kultur- und Wildform interfertil**, spontane Hybriden wurden mehrfach beobachtet, wo *V. sylvestris* in Nähe von Rebbergen wuchs. Da es heute viele verwilderte Formen gibt, ist die genaue Verbreitung der Wildformen kaum mehr rekonstruierbar (sie sind auch morphologisch kaum zu unterscheiden)..

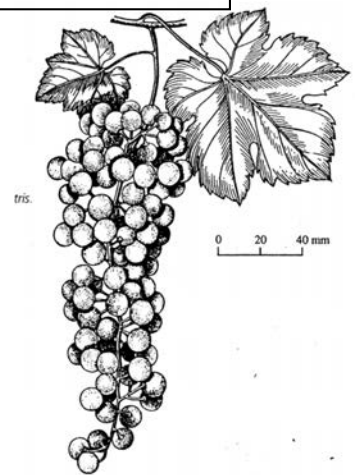


Abb. aus Zohary & Hopf 2000

Vermutliche Verbreitung der Wildrebe



Die **Verbreitungszentren** der europäischen Wildrebe dürften in den feuchten und milden Waldgebieten südlich des Kaspischen Meeres, im Kaukasus und entlang der Südküste des Schwarzen Meeres liegen (neu wurden solche auch weiter östlich, z. Bsp. in Turkmenistan ausgemacht). Neu meint man auch im westlichen Mittelmeerraum ein solches Verbreitungszentrum genetisch ausmachen zu können.

Entlang von Rhein und Donau ist die Wildrebe als Bestandteil von Auenwäldern (Hartholzhaue) weit ins Innere Europas vorgedrungen. Sie war früher auch in der Oberrheinebene verbreitet. Die meisten dieser Standorte sind in den letzten 200 Jahren als Folge von Flusskorrekturen verloren gegangen.

Domestikation von GEHÖLZEN (4) Weinrebe (2)

Kulturrebe: *Vitis vinifera* L.

Die Kulturrebe ist auch eine perennierende, verholzte Kletterpflanze, die jährlich zurück geschnitten werden muss, damit sie eine vernünftige Grösse hat und viele Früchte trägt. Auch bei der Weinrebe erfolgt die Vermehrung durch Stecklinge (heute teils auch durch Pfropfen). D.h., die Kultivare sind Klone mit bestimmten Eigenschaften. Die traditionelle altweltliche Weinbaukultur basiert auf Tausenden von solchen Klonen, die unterschiedlich aussehen, unterschiedliche Ansprüche an Klima und Boden stellen und unterschiedliche Früchte bezüglich Form, Grösse, Farbe und Süsse ausbilden. Bsp.: Pinot Noir, Pinot Gris, Chardonnay, Arvine usw. (siehe Alleweldt 1997).

Reproduktionsbiologie

Die Weintrebe hat als Folge der Domestikation ihre Reproduktionsbiologie verändert: Fast alle Kultivare besitzen – im Gegensatz zu der Wildform – Zwitterblüten und sind Selbstbestäuber.

Eine Fruchtproduktion setzt 3 Jahre nach dem Pflanzen ein.

Zur Geschichte des Rebbaus anhand archäologischer Funde von Reben, Artefakten und Befunden

Häufigste botanische Funde: Samen

Samen der Wild- und Kulturrebe können durch ihre Form einigermaßen unterschieden werden. Kurz zusammengefasst:

- Wildrebensamen sind rundlich
- Kulturrebensamen sind länglich, mit verlängertem „Schnabel“

Immer gibt es aber eine ganze Reihe intermediärer Formen, so dass die Unterscheidung im Einzelfall problematisch ist. Es gibt auch Kultivare mit runden Samen (z.B. die Sorte Barbera). Auf alle Fälle braucht es komplexe morphometrische Studien, um Kultur- und Weinreben, oder auch Kultivare unterschieden zu können (z. Bsp. Terral et al. 2010). Funde unterentwickelter Samen deuten auf Kulturrebe (Kroll 1999).

Seltenere Funde:

ganze Beeren, Stielchen (als Reste vom Traubenpressen!) und Holz

Weiterhin wichtig für den Nachweis des Weinbaus sind:

- andere archäologische Befunde wie Traubenpressen, Kelterbecken, Rebmesser....
- off-site Nachweise: Anstieg der %-Anteile von *Vitis*-Pollen in Pollendiagrammen (Unterscheidung wild-domestiziert ist aber nicht möglich).

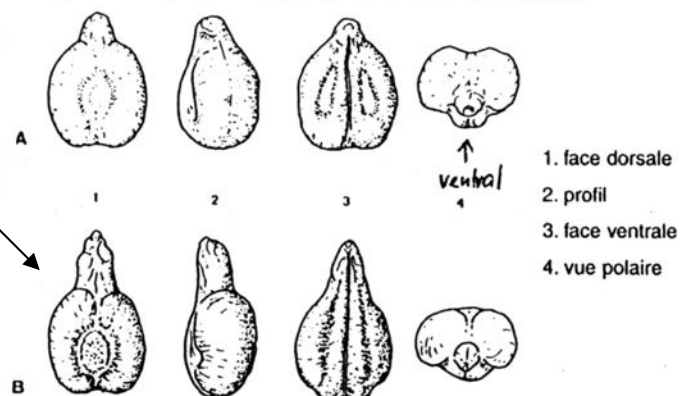
Wildformen wurden lange vor der Inkulturnahme gesammelt: es gibt Funde seit dem Paläolithikum (z.B. aus dem Nahen Osten: Ohalo II (Kislev et al. 1992), aber auch aus Spanien (Aura et al. 2005)). Regelmässig treten Wildrebenkerne im zirkummediterranen Raum seit dem (frühen) Neolithikum auf (so z. Bsp. in Slovenien im 4. Jt. cal BC, Tolar et al. 2011). In frühbronzezeitlichen Schichten in Norditalien (Gardasee-Gebiet) sind Wildrebenkerne zahlreich (ab 2200 v. Chr.). Die ältesten schweizerischen Funde (on-site) kommen ebenfalls aus der frühen Bronzezeit, von Zürich-Mozartstrasse (um 1800 v. Chr.; Import?).

Früheste Funde domestizierter Reben (siehe dazu Zohary, Hopf, Weiss 2012; Miller 2008)

Diese stammen aus chalkolithischen (kupferzeitlichen = spät-/endneolithischen; zwischen ca. 5000 und 4000 v. Chr.) und mehreren frühbronzezeitlichen (4. Jt. BC) Stationen in Palästina, Syrien und der Ägeis (**ostmediterran**). Zahlreiche Kerne und auch Beeren kommen aus dem **frühbronzezeitlichen Jericho**, sie datieren ins 4. Jt. v. Chr. (S. 124-126 in Zohary et al. 2012 werden weitere Funde aufgezählt, siehe auch Miller 2008). Obwohl die Kerne rundlich sind und einen kurzem Schnabel haben, handelt es sich wohl um die **Kulturform**, da es in Jordanien und Judaea **keine wilden *Vitis*** gibt. Aus Arad gibt es zudem verkohltes Rebenholz, was ganz klar für einen Anbau spricht.

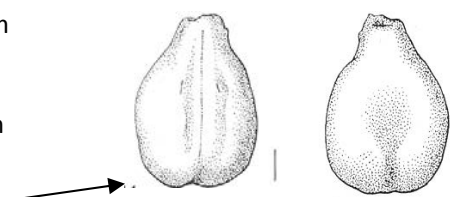
Obwohl also die bis heute bekannten frühen Funde aus dem Nahen Osten stammen, müssen Reben dort schon als Kultivare eingeführt worden sein, und zwar vermutlich aus **Transkaukasien** (siehe Angaben in Cannepele und Kohler-Schneider 2008). Dort wurden sie vermutlich im 5. Jt. v. Chr. in Kultur genommen. Bereits während des 5. Jt. v. Chr. breitete sich der Weinbau dann rasch nach S-Anatolien und die Levante aus. Zwischen dem 4. und 3. Jt. v. Chr. Mesopotamien, Ägypten und Südgriechenland erreicht, von da aus weitere Ausbreitung in den westlichen Mittelmeerraum (siehe weiter S. 98)

Fig. 5. Discrimination entre les pépins de Lambrusque (*Vitis sylvestris*) et de vigne cultivée (*Vitis vinifera*) (d'après RENFREW 1973, modifié)



Marinval 1997

Neueste Ergebnisse zur Morphometrie siehe Terral et al. 2010



Jacomet, Brombacher, Dick 1989

Domestikation von GEHÖLZEN (5) Weinrebe (3)

Früheste Funde domestizierter Reben (Forts.)

In der **Ägäis** erscheinen Spuren des Weinbaus etwas später. In Thessalien und Mazedonien werden in **spätneolithischer** Zeit (um 4500 v. Chr.) zwar schon sehr viele Kerne gefunden, so dass vielleicht Reben schon angebaut worden sein könnten.

Überzeugende Hinweise gibt es aber erst aus der frühhelladischen Periode 4 (Frühbronzezeit, ab 3000/2600 v. Chr. – 2000 v. Chr.: Lerna in Südgriechenland, wo viele Rebenkerne gefunden wurden). Mehrere Hundert Kerne gibt es aus spätelladischer Zeit (Spätbronzezeitlich; 1600-1000 v. Chr.) von Kastanas. In den helladischen und minoischen (um 2500 v. Chr.) Kulturen gibt es weitere Hinweise auf Weinanbau, durch Funde von Weinpressen und spezifischen Weinkrügen und Weintrinkgefäßen.

In den **westmediterranen Raum** wurden domestizierte Weinreben vermutlich durch Phönizier (ab 1. Viertel des 1. Jt. v. Chr.) und Griechen (ab Mitte 1. Jt. v. Chr.) eingeführt.

Nach **Mitteleuropa** gelangte der Weinbau nach neuesten Erkenntnissen (Cannepele und Kohler-Schneider 2008; Wick (in Curdy et al. 2009) vermutlich auch schon in der ausgehenden Bronzezeit, spätestens aber in der älteren **Eisenzeit**. Pollenfunde aus dem Wallis deuten dort auf Rebbau seit der Hallstattzeit hin. Eine weitere Ausdehnung fand der Weinbau dann aber erst mit den **Römern** – sogar aus England sind römische Rebberge nachgewiesen! Römerzeitliche Rebmesser gibt es in der **Schweiz** z.B. vom Genfersee. Aus spätrömischer Zeit (4. Jh. n. Chr.) gibt es Nachweise von Keltereien an der Mosel (Piesport, nahe Trier).

Ergebnisse genetischer und morphometrischer Untersuchungen

Ergebnisse genetischer Untersuchungen waren bis vor kurzem

widersprüchlich (Labra et al. 2002, Arroyo-Garcia et al 2002, Sefc et al 2000), da offensichtlich schon früh Kultivare verhandelt wurden und es dadurch zu Vermischungen kam!

Eine ganz neue Studie von Myles et al. 2011 untersuchte das Genom von 950 *vinifera* (Kulturrebe) und 59 *sylvestris* (Wildrebe) Herkünften aus der Sammlung des US Dept. Of Agriculture (dort gibt es die weltweit grösste Sammlung von Reben). Diese Publikation bestätigt ganz klar die Ergebnisse von Labra et al. 2002, dass nämlich die Kulturrebe aus dem Osten stammt (siehe Abb. rechts). Allerdings muss es – nach der Einführung der Weinrebe in den westmediterranen Raum – dort zu Introgressionen aus westlichen Wildreben gekommen sein.

Die Ergebnisse neuer **morphometrischer Untersuchungen** in Südfrankreich deuten die Autoren im Hinblick auf verschiedene lokale Domestikationen (z. Bsp. im Languedoc) (Terral et al. 2010). Dem widerspricht allerdings das Bild, das die genetischen Studien vermitteln, und die leicht abweichenden Formen der Kerne der lokalen Kultivare mögen auf die erwähnten Introgressionen lokaler Wildreben zurückgehen.

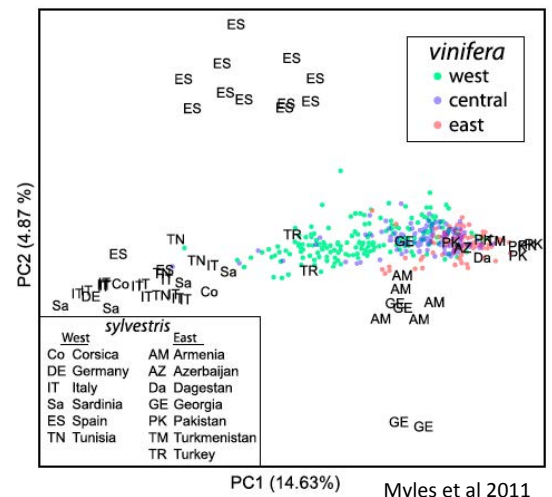


Fig. 4. Visualization of genetic relationships among *sylvestris* and *vinifera*. PC axis 1 (PC1) and PC2 were calculated from 59 *sylvestris* samples, and 570 *vinifera* samples were subsequently projected onto these axes. The proportion of the variance explained by each PC is shown in parentheses along each axis. The *vinifera* samples are represented by circles, and their origins are indicated in the legend. The countries or regions of origin of the *sylvestris* samples are represented by two-letter codes provided in the legend.

Seit wann gibt es Wein?

Dies ist aus Funden von Kernen nicht zu rekonstruieren. Man muss schon Einrichtungen wie Pressen und Kelteranlagen finden, oder Rückstände von Wein (Weinstein) in Gefäßen, die dann chemisch analysiert werden können (aber Achtung, das muss nicht unbedingt Wein sein!)! Die ältesten Hinweise auf Weinstein datieren auf das 6. Jt. v. Chr. (Zitate in Miller 2008). Hinweise aus dem 4. Jt. v. Chr. gibt es etwa aus einem grossen Gefäss von **Godin Tepe (Westiran)**, wo auf chemischem Weg Weinstein festgestellt wurde. Dies ist ein Hinweis auf Weinproduktion in der späten Uruk-Periode (Badler 1995). Ab etwa dem 3. Jt. v. Chr. werden frische Trauben, Rosinen und Wein auch in frühen Keilschrifttexten erwähnt.

Aus **Ägypten** gibt es Hinweise auf Weinimport seit dem Alten Reich (kurz vor 3000 v. Chr.). Dort wurden Hunderte von Gefässen in einem Grab eines der frühesten ägyptischen Könige in Abydos entdeckt (Mc Govern 1998, zit. in Zohary & Hopf 2000, 157). Neutronenbeschleuniger-Untersuchungen ergaben, dass diese in der südlichen Levante hergestellt wurden. In ihrem Inneren gab es wieder Spuren von Weinstein, die Gefässe enthielten also Wein. Etwas später, während der 1. und 2. Dynastie (3050-2700 v. Chr.) gibt es dann klare Hinweise auf lokalen Weinbau (Traubenkerne, Wandmalereien). Die Rebe muss vermutlich aus der südlichen Levante als Kulturpflanze nach Ägypten eingeführt worden sein, da sie wild nicht vorkommt.

Zur frühen Geschichte des Weines siehe auch McGovern et al. 1995; McGovern 2003.

Weitere Hinweise siehe oben, unter früheste Funde!

Literatur zu Grundsätzliches (1), wichtige Übersichtswerke zur Pflanzen- und Tierdomestikation sowie zu den archäologischen Grundlagen im Zeitraum der Domestikation
(Betr. weitere Papers siehe die später zu verteilenden, ausführlichen Literaturlisten)

- Aurenche, O. und Kozłowski, S. K. (1999) *La naissance du Néolithique au Proche Orient ou le paradis perdu*. Paris.
- Badisches Landesmuseum Karlsruhe, Hrsg. (2007) *Die ältesten Monumente der Menschheit. Vor 12000 Jahren in Anatolien*. Stuttgart.
- Balter, M. (2007) Seeking Agriculture's Ancient Roots. *Science* 316, 1830-1835.
- Barker, G. (2006) *The Agricultural Revolution in Prehistory. Why did Foragers become farmers?* Oxford University Press, Oxford.
- Bar-Yosef, O. (1998a) The Natufian Culture in the Levant, Threshold to the Origins of Agriculture. *Evolutionary Anthropology* 6/5, 159-177.
- Bell, M. H. und Walker, M. J. C. (2005) *Late Quaternary Environmental Change: Physical and Human Perspectives*. Harlow (England), London etc.
- Bellwood, P. (2005) *The first farmers: origins of agricultural societies*. Oxford.
- Benecke, Norbert (1994) *Der Mensch und seine Haustiere. Die Geschichte einer Jahrtausende alten Beziehung*. Konrad Theiss Verlag, Stuttgart 1994.
- Benz, M. (2000) *Die Neolithisierung im Vorderen Orient. Theorien, archäologische Daten und ein ethnologisches Modell*. Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment 7. Berlin.
- Bocquet-Appel, J.-P. und Bar-Yosef, O. (2009) *The Neolithic demographic transition and its consequences*. Heidelberg.
- Brown, T. A., Jones, M. K., Powell, W. und Allaby, R. G. (2009) The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. *TREE Trends in Ecology and Evolution* 24/2, 103-109.
- Cauvin, J. (1994) *Naissance des divinités, naissance de l'agriculture. La révolution des symboles au Néolithique*. Paris.
- Clark, G. (1980) *Mesolithic Prelude. The Palaeolithic-Neolithic Transition in Old-World Prehistory*. Edinburgh.
- Colledge, S. M., Conolly, J. und Shennan, S. J. (2004) Archaeobotanical Evidence for the Spread of Farming in the Eastern Mediterranean. *Current Anthropology* 45/Supplement, S35-S58.
- Darwin, Charles (1868) *The variation of animals and plants under domestication*. 2 volumes. London.
- Denham, T. und White, P. (2007) *The Emergence of Agriculture. A Global View*. One World Archaeology Readers. London.
- Diamond, J. (2002) Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418/8 August, 700-707.
- Doebly, J. F., Gaut, B. S. und Smith, B. D. (2006) The Molecular genetics of Crop Domestication. *Cell* 127/December, 1309-1321.
- Foster Mc Carter, S. (2007) *Neolithic*. Routledge, New York (darin vor allem das Kapitel 12: What caused the Neolithic transition?)
- Fuller, D. (2007) Contrasting patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. *Annals of Botany* 2007, 1-22.
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012) Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. *Journal of experimental botany* 63/2, 617-33.
- Gebauer, A. B. und Douglas Price, T. (1992) *Transition to agriculture in prehistory*. Monographs in World Archaeology 4, ganzes Heft.
- Gopher, A., Abbo, S. und Lev-Yadun, S. (2001) The "when", the "where" and the "why" of the Neolithic revolution in the Levant. *Documenta Praehistorica* XXVIII, 49-62.
- Goring-Morris, N., Hivers, E. und Belfer-Cohen, A. (2009) The Dynamics of Pleistocene and Early Holocene Settlement Patterns and Human Adaptations in the Levant: An Overview. In: Shea, J. J. und Lieberman, D. E. (Hrsg.) *Transitions in Prehistory*. American School of Prehistoric Research Monograph Series. Oxford and Oakville, 185-252.
- Gronenborn, D. (2006) Letzte Jäger - erste Bauern. *Archäologie in Deutschland*, Heft 3/2006, 18-23.
- Gronenborn, D. (2008) Early pottery in Afroeurasia - Origins and possible routes of dispersal. *Berichte der Römisch-Germanischen Kommission* 89, 59-88.
- Gronenborn, D. (2009) Transregional culture contacts and the Neolithization process in Northern Central Europe. In: Jordan, P. und Zvelebil, M. (Hrsg.) *Ceramics before farming: the dispersal of pottery among prehistoric Eurasian hunter-gatherers*. Walnut Creek CA, 527-550.

- Guilaine, J., Hrsg. (2000) Premiers paysans du monde. Naissance des agricultures. Séminaire du Collège de France. Paris.
- Heer, Oswald (1865) Die Pflanzen der Pfahlbauten. Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1866, 68, 1-54.
- Hemmer, Helmut (1983): Domestikation: Verarmung der Merkwelt. Braunschweig/Wiesbaden 1983.
- Herre, Wolf (1961) Der Art- und Rassebegriff. In: Hammond/Johansson/Haring (Hrsg.), Handbuch der Tierzüchtung 3/1, Hamburg-Berlin, 1961, 1-24.
- Herre, Wolf / Röhrs Manfred (1990) Haustiere - zoologisch gesehen. Stuttgart/New York 1990.
- Hess, D. (2005) Systematische Botanik. Stuttgart.
- Hoika, J. (1993) Grenzfragen oder: James Watt und die Neolithisierung. Archäologische Informationen 16/1, 6-19.
- Hours, F., Aurenche, O., Cauvin, J., Copeland, M.-C. und Sanlaville, P. (1994) Atlas des sites du Proche Orient (Maison de l'Orient Lyon). Paris.
- Kennett, D. J. und Winterhalder, B., Hrsg. (2006) Behavioral Ecology and the Transition to Agriculture. Berkeley, Los Angeles, London.
- Kozłowski, S. und Aurenche, O. (2005) Territories, boundaries and cultures in the Neolithic Near east. BAR International Series 1362, 275 S., Archaeopress, Oxford.
- MacKey, J. (1966) Species relationships in *Triticum*. Hereditas Supplement (Proceedings of the 2nd International Genetics Symposium Lund 1963) 2, 237-276.
- Mägdefrau, Karl (1973) Geschichte der Botanik. Stuttgart.
- Marshall, F. und Hildebrand, E. (2002) Cattle Before Crops: The Beginnings of Food Production in Africa. Journal of World Prehistory 16/2, 99-143.
- Mason, L. Ian (1984) Evolution of domesticated animals. London/New York 1984.
- Mayr, E. (1984) Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. Vielfalt, Evolution und Vererbung. Berlin. (2. Aufl. 2002)
- Mayr, E. (1992) A local flora and the biological species concept. American Journal of Botany 79, 222-238.
- McDade, L. A. (1995) Species concepts and problems in practice: Insight from botanical monographs. Systematic Botany 20, 606-622.
- Moore, A. M. T., Hillman, G. C. und Legge, A. J. (2000) Village on the Euphrates. From foraging to farming at Abu Hureyra. Oxford.
- Motley, T. J., Zerega, N. und Cross, H. (2006) Darwin's harvest. New Approaches to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops. New York.
- Murphy, D. J. (2007) People, plants and genes : the story of crops and humanity. Oxford.
- Nobis, Günter u.a. (1984) Der Beginn der Haustierhaltung in der "Alten Welt". In: H. Schwabedissen (Hrsg.): Die Anfänge des Neolithikums vom Orient bis Nordeuropa. Fundamenta, Monographien zur Urgeschichte, Reihe B, Bd. 3/IX, Köln/Wien 1984.
- Panther-Brick, C., Layton, R. & Rowley-Conwy, P. (eds.) (2001) Hunter-Gatherers: In interdisciplinary perspective. Cambridge University Press, Cambridge.
- Purugganan, M. D. und Fuller, D. Q. (2009) The nature of selection during plant domestication. Nature 457/12. Feb. 2009, 843-848.
- Rieseberg, L. H., Wood, T. E. und Baack, E. J. (2006) The nature of plant species. Nature 440/23 march 2006, 524-527.
- Rütimeyer, K. Ludwig (1861) Die Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz. Untersuchungen über die Geschichte der wilden und der Haus-Säugethiere von Mittel-Europa. Basel.
- Savard, M., Nesbitt, M. und Jones, M. K. (2006) The role of wild grasses in subsistence and sedentism: New evidence from the Northern fertile Crescent. World Archaeology 38/2, 179-196.
- Schubert, R. und Wagner, G. (1988) Botanisches Wörterbuch. Stuttgart.
- Shennan, S. (2002) Genes, Memes and Human History. Darwinian Archaeology and Cultural Evolution. London.
- Smith, B. D. (1998) The emergence of agriculture. New York.
- Staller, J. E., Tykot, R. H. und Benz, B. F. (2006) Histories of Maize. Multidiciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize. Amsterdam.
- Strasburger, E., Sitte, P. und Körner, C. (2002) Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Heidelberg.
- Uerpmann, Hans-Peter (1979) Probleme der Neolithisierung des Mittelmeerraumes. Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe B (Geisteswissenschaften) Nr. 28. Wiesbaden 1979.
- Vigne, J.-D. (2011) The origins of animal domestication and husbandry: A major change in the history of humanity and the biosphere. Comptes Rendus Biologies published online first.

- Vigne, J.-D., Peters, J. und Helmer, D., Hrsg. (2005) *The First Steps of Animal Domestication. New Archaeological Approaches. Proceedings of the 9th Conference of the International Council of Archaeozoology ICAZ, Durham, August 2002.* Oxford.
- Weiss, E., Kislev, M. E. und Hartman, A. (2006) Autonomous Cultivation before Domestication. *Science* 312/16 June 2006, 1608-1610.
- Weiss, E., Kislev, M. E., Simchoni, O. und Nadel, D. (2004a) Small-Grained Wild Grasses as Staple Food at the 23 000-Year-Old Site of Ohalo II, Israel. *Economic Botany* 58/sp. 1, 125-134.
- Weiss, E., Wetterstrom, W., Nadel, D. und Bar-Yosef, O. (2004b) The broad spectrum revisited: Evidence from plant remains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 101/26, 9551-9555.
- Weninger, B., Clare, L., Rohling, E. J., Bar-Yosef, O., Böhner, U., Budja, M., Bundschuh, M., Feurdean, A., Gebel, H.-G., Jöris, O., Linstädter, J., Mayewski, P., Mühlenbruch, T., Reingruber, A., Rollefson, G., Schyle, D., Thissen, L., Todorova, H. und Zielhofer, C. (2009) The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. *Documenta Praehistorica* XXXVI, 7-59.
- Willcox, G., Buxo, R. und Herveux, L. (2009) Late Pleistocene and early Holocene climate and the beginnings of cultivation in Northern Syria. *The Holocene* 19/1, 151-158.
- Willcox, G., Fornite, S. und Herveux, L. (2008) Early Holocene cultivation before domestication in Northern Syria. *Vegetation History and Archaeobotany* 17/3, 313-325.
- Willcox, G., Nesbitt, M. und Bittmann, F. (2012) From collecting to cultivation: transitions to a production economy in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany (Special Issue)* 21, 81-167.
- Zeder, M. (2008) Domestication and early agriculture in the Mediterranean basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS* 105/33, 11597-11604.
- Zeder, M. A., Bradley, D.G., Emshwiller, E. and Smith, B.D. (2006) *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms.* Berkeley.
- Zeder, M. A., Emshwiller, E., Smith, B. D. und Bradley, D. G. (2006) Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *TRENDS in Genetics* 22, 139-155.
- Zohary, D. und Hopf, M. (2000) *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley.* Oxford.

Literatur zur Domestikation von Kulturpflanzen, zur Ausbreitung des Neolithikums nach Europa, Stand April 2012: im Skript zitierte Literatur sowie weitere wichtig erscheinende Werke (auch über die Herkunft aussereuropäischer Kulturpflanzen)

- Abbo, S., Gopher, A., Peleg, Z., Saranga, Y., Fahima, T., Salamini, F. und Lev-Yadun, S. (2006) The ripples of the "Big (agricultural) Bang": the spread of early wheat cultivation. *Genome* 49, 861-863.
- Abbo, S., Lev-Yadun, S. und Gopher, A. (2010) Yield stability: an agronomic perspective on the origin of Near Eastern agriculture. *Vegetation History and Archaeobotany* 19, 143-150.
- Abbo, S., Saranga, Y., Peleg, Z., Kerem, Z., Lev-Yadun, S. und Gopher, A. (2009) Reconsidering Domestication of Legumes versus Cereals in the Ancient Near East. *The Quarterly Review of Biology* 84/1, 29-50.
- Abbo, S., Zezak, I., Schwartz, E., Lev-Yadun, S. und Gopher, A. (2008) Experimental Harvesting of wild peas in Israel: implications for the origins of Near East farming. *Journal of Archaeological Science* 35, 922-929.
- Akeret, Ö. (2005) Plant remains from a Bell Baker site in Switzerland, and the beginnings of *Triticum spelta* (spelt) cultivation in Europe. *Vegetation History and Archaeobotany* 14/4, 279-286.
- Allaby, R. (2010) Integrating the processes in the evolutionary system of domestication. *Journal of experimental botany* 61/4, 935-944.
- Allaby, R. G., Brown, T. A. und Fuller, D. Q. (2010) A simulation of the effect of inbreeding in crop domestication genetics with comments on the integration of archaeobotany and genetics: a reply to Honne and Heun. *Vegetation History and Archaeobotany* 19, 151-158.
- Allaby, R. G., Fuller, D. Q. und Brown, T. A. (2008) The genetic expectations of a protracted model for the origins of domesticated crops. *PNAS* 105/37, 13982-13986.
- Allaby, R. G., Peterson, G. W., Merriwether, D. A. und Fu, Y.-B. (2005) Evidence of the domestication history of flax (*Linum usitatissimum* L.) from genetic diversity of the *sad2* locus. *Theoretical and Applied Genetics* 112, 58-65.
- Alleweldt, G. (1997) Genetics of grapevine breeding. *Progress in Botany* 58, 441-454.
- Ammerman, A. J. und Biagi, P., Hrsg. (2003) *The Widening Harvest. The Neolithic Transition in Europe: Looking Back, Looking Forward*. Archaeological Institute of America, Colloquia and Conference Papers 6. Boston, Massachusetts.
- Arroyo-Garcia, R., Lefort, F., de Andres, M. T., Ibanez, J., Borrego, J., Jouve, N., Cabello, F. und Martinez-Zapatero, J. M. (2002) Chloroplast microsatellite polymorphisms in *Vitis* species. *Genome* 45/6, 1142-1149.
- Asouti, E. und Fuller, D. Q. (2012) From Foraging to Farming in the southern Levant: the development of Epipalaeolithic and Pre-Pottery-Neolithic plant management strategies. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 149-162.
- Aura, J. E., Carrion, Y., Estrelles, E. und Jorda, G. P. (2005) Plant Economy of hunter-gatherer groups at the end of the last Ice Age: plant macro-remains from the Cave of Santa Maira (Alacant, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany* 14/4, 542-550.
- Aurenche, O. und Kozłowski, S. K. (1999) *La naissance du Néolithique au Proche Orient ou le paradis perdu*. Paris.
- Azhaguvel, P. und Komatsuda, T. (2007) A phylogenetic Analysis Based on Nucleotide Sequence of a Marker Linked to the Brittle Rachis Locus Indicates a Diphyletic Origin of Barley. *Annals of Botany* 100, 1009-1015.
- Badler, V. R. (1995) The archaeological evidence for wine making, distribution and consumption at Protohistoric Godin Tepe, Iran. In: McGovern, P., Fleming, S. T. und Katz, S. H. (Hrsg.) *The origins and ancient history of wine*. Philadelphia, S. 45-65.
- Badr, A., Müller, K., Schäfer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H. H., Pozzi, C., Rohde, W. und Salamini, F. (2000) On the Origin and Domestication History of Barley (*Hordeum vulgare*). *Molecular Biology and Evolution* 17/4, 499-510.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Gilmour, M., Matthews, A. und Hawkesworth, C. J. (2003) Sea-Land oxygen isotopic relationships from planctonic foraminifera and speleothems in the Eastern Mediterranean region and their implication for palaeorainfall during interglacial intervals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67/17, 3781-3199.
- Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Kaufmann, A. und Wasserburg, G. J. (1999) The Eastern Mediterranean palaeoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel. *Earth and Planetary Science Letters* 166, 85-95.
- Bar-Yosef, O. (2004) East to West - Agricultural Origins and Dispersal into Europe (Guest Editorial). *Current Anthropology* 45 Supplement/August-October, S1-S3.

- Bar-Yosef, O. und Belfer-Cohen, A. (2002) Facing environmental crisis. Societal and cultural changes at the transition from the Younger Dryas to the Holocene in the Levant. In: Cappers, R. T. J. und Bottema, S. (Hrsg.) *The Dawn of Farming in the Near East. Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment* 6, 55-66.
- Barker, G. (2006) *The Agricultural Revolution in Prehistory. Why did Foragers become Farmers?* Oxford.
- Barlow, K. R. und Heck, M. (2002) More on acorn eating during the Natufian: expected patterning in diet and the archaeological record of subsistence. In: Mason, S. L. R. und Hather, J. G. (Hrsg.) *Hunter-Gatherer Archaeobotany: perspectives from the northern temperate zone*. London, 128-145.
- Baruch, U. und Bottema, S. (1991) Palynological evidence for climatic changes in the Levant ca. 17'000-9'000 B.P. In: Bar-Yosef, Ofer & Valla, François R. (eds.): *The Natufian Culture in the Levant. International Monographs in Prehistory, Archaeological Series* 1, 11-20.
- Bedigian, D. (2003) Evolution of sesame revisited: domestication, diversity and prospects. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50/7, 779-787.
- Bellwood, P. (2005) *The first farmers: origins of agricultural societies*. Oxford.
- Bellwood, P. und Renfrew, C., Hrsg. (2003) *Examining the farming / language dispersal hypothesis*. Cambridge.
- Benabdelmouna, A., Abirached-Darmency, M. und Darmency, H. (2001) Phylogenetic and genomic relationships in *Setaria italica* and its close relatives based on the molecular diversity and chromosomal organization of 5S and 18S-5.8S-25S rDNA genes. *Theoretical and Applied Genetics* 103/5, 668-677.
- Bentley, R. A., Chikhi, L. und Price, T. D. (2003) The Neolithic transition in Europe: comparing broad scale genetic and local scale isotopic evidence. *Antiquity* 77/295, 63-66.
- Bentley, R. A., Price, T. D., Lüning, J., Gronenborn, D., Wahl, J. und Fullagar, P., D. (2002) Prehistoric Migration in Europe: Strontium Isotope Analysis of Early Neolithic Skeletons. *Current Anthropology* 43/5, 799-804.
- Benz, B. F. (2001) Archaeological evidence of Teosinte domestication from Guila Naquitz, Oaxaca. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98/4, 2104-2106.
- Benz, M. (2000) *Die Neolithisierung im Vorderen Orient. Theorien, archäologische Daten und ein ethnologisches Modell*. *Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment* 7. Berlin.
- Benz, M., Hrsg. (2010) *The principle of Sharing. Segregation and Construction of Social Identities at the Transition from Foraging to Farming*. Proceedings of a Symposium held on 29th-31st January 2009 at the Albert-Ludwigs-University of Freiburg. *Studies in Near Eastern Production, Subsistence and Environment*. Berlin.
- Berger, J., Abbo, S. und Turner, N. C. (2003) Ecogeography of annual wild Cicer species: to poor state of the world collection. *Crop Science* 43, 1076-1090.
- Bischof, H. (2001) *Schnitt und Veredelung von Obstgehölzen*. Stuttgart.
- Blatter, R. H. E. (2002) *The Evolution of Hexaploid Wheat: Evidence from the High Molecular Weight Glutenin Subunit Genes in Ancient and Modern Triticum Species* (Unpubl. Dissertation).
- Blatter, R. H. E., Jacomet, S. und Schlumbaum, A. (2002) Spelt-specific alleles in HMW glutenin genes from modern and Historical European spelt (*Triticum spelta* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 104, 329-337.
- Blatter, R. H. E., Jacomet, S. und Schlumbaum, A. (2004) About the origin of European spelt (*Triticum spelta* L.): allelic differentiation of the HMW Glutein B1-1 and A1-2 subunit genes. *Theoretical and Applied Genetics* 108, 360-367.
- Bocquet-Appel, J.-P. und Bar-Yosef, O. (2009) *The neolithic demographic transition and its consequences*. Heidelberg.
- Bouby, L. (2001) L'orge à deux range (*Hordeum distichum*) dans l'agriculture Gallo-Romaine: Données archéobotaniques. *Revue d'Archéométrie* 25, 35-44.
- Brown, T. A., Jones, M. K., Powell, W. und Allaby, R. G. (2009) The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. *TREE Trends in Ecology and Evolution* 24/2, 103-109.
- Brubaker, C. L. und Wendel, J. F. (1994) Reevaluating the Origin of Domesticated Cotton (*Gossypium hirsutum*, Malvaceae) Using Nuclear Restriction-Fragment-Length-Polymorphisms (Rflps). *American Journal of Botany* 81/10, 1309-1326.
- Butler, A. (1998) Grain Legumes: Evidence of these Important Ancient Food Resources from Early Pre-Agrarian Sites in South-West Asia. In: Damania, A. B., Valkoun, J., Willcox, G. und Qualset, C. O. (Hrsg.) *The Origins of Agriculture and Crop Domestication. Proceedings of the Harlan Symposium 10-14 May 1997, Aleppo, Syria*. Aleppo, 102-120.
- Caneppele, A. und Kohler-Schneider, M. (2008) Ein Nachweis von Kulturwein aus dem Heiligtum der keltischen Siedlung bei Roseldorf. In: Lauermaun, E. und Trebsche, P. (Hrsg.) *Heiligtümer der Druiden. Opfer und Rituale bei den Kelten*. Asparn an der Zaya, 84-89.

- Cappers, R. T. J. und Bottema, S., Hrsg. (2002) The Dawn of Farming in the Near East. Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment 6. Berlin.
- Cauvin, J. (1994) Naissance des divinités, naissance de l'agriculture. La révolution des symboles au Néolithique. Paris.
- Chacon, M. I., Pickersgill, B. und Debouck, D. G. (2005) Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. Theoretical and Applied Genetics 110/3, 432-444.
- Charmet, G. (2011) Wheat domestication: Lessons for the future. Comptes Rendus Biologies 334/3, 212-220.
- Clark, G. (1980) Mesolithic Prelude. The Palaeolithic-Neolithic Transition in Old-World Prehistory. Edinburgh.
- Colledge, S. (2001) Plant Exploitation on Epipalaeolithic and Early Neolithic Sites in the Levant. BAR International Series 986. Oxford.
- Colledge, S. und Conolly, J. (2010) Reassessing the evidence for the cultivation of wild crops during the Younger Dryas at Tell Abu Hureyra, Syria. Environmental Archaeology 15/2, 124-138.
- Colledge, S., Conolly, J. und Shennan, S. (2004) Archaeobotanical evidence for the spread of farming in the Eastern Mediterranean. Current Anthropology 45 Suppl., S35-S58.
- Cucchi, T., Vigne, J.-D. und Auffray, J. C. (2005) First occurrence of the house mouse (*Mus musculus domesticus* Schwarz & Schwarz, 1943) in the Western mediterranean: a zooarchaeological revision of subfossil occurrences. Biological Journal of the Linnean Society 84, 429-445.
- Curdy, P., Paccolat, O. und Wick, L. (2009) Die ersten Weinbauern im Wallis. Archäologie Schweiz 32/3, 2-19.
- Damania, A. B., Valkoun, J., Willcox, G. und Qualset, C. O., Hrsg. (1998) The Origins of Agriculture and Crop Domestication. Proceedings of the Harlan Symposium, 10-14 May 1997, Aleppo, Syria. Aleppo.
- de Moullins, D. (1997) Agricultural Changes at Euphrates and Steppe Sites in the Mid-8th to the 6th Millenium B.C. BAR International Series 683. Oxford.
- Denham, T. P., Haberle, S. G., Lentfer, C., Fullagar, R., Field, J., Therin, M., Porch, N. und Winsborough, B. (2003) Origins of agriculture at Kuk Swamp in the Highlands of New Guinea. Science 301/5630, 189-193.
- Denis, B. (2004) Broadening conceptions of domestication. Productions Animales 17/3, 161-166.
- Diamond, J. (2002) Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. Nature 418, 700-707.
- Diederichsen, A. und Hammer, K. (1995) Variations of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L. ssp. *usitatissimum*) and its wild progenitor pale flax (susp. *angustifolium* (Huds.) Thell.). Genetic Resources and Crop Evolution 42, 262-272.
- Doebley, J. F., Gaut, B. S. und Smith, B. D. (2006) The Molecular genetics of Crop Domestication. Cell 127/December, 1309-1321.
- Dollfus, G., Hrsg. (1998) Paléoenvironnement et sociétés humaines au Moyen-Orient de 20000 BP à 6000 BP. Paléorient 23, Sonderheft.
- Dubcovsky, J. und Dvorak, J. (2007) Genome Plasticity a Key Factor in the Success of Polyploid Wheat Under Domestication. Science 316, 1862-1866.
- Dvorak, J., Deal, K. R., Ming-Cheng, L., You, F. M., von Borstel, K. und Denghani, H. (2012) The origin of Spelt and Free-Threshing Hexaploid Wheat. Journal of Heredity online first, Feb. 29, 2012.
- Erickson, D. L., Smith, B. D., Clarke, A. C., Sandweiss, D. H. und Tuross, N. (2005) An Asian origin for a 10'000-year-old domesticated plant in the Americas. PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 102/51, 18315-18320.
- Eshed, V., Gopher, A., Gage, T. B. und HersHKovitz, I. (2004) Has the transition to agriculture reshaped the demographic structure of prehistoric populations? new evidence from the Levant. American Journal of Physical Anthropology 124, 315-329.
- Feldman, M. und Kislev, M. E. (2007) Domestication of emmer wheat and evolution of free-threshing tetraploid wheat. Israel Journal of Plant Sciences 55, 207-221.
- Fu, Y.-B. (2011) Genetic evidence for early flax domestication with capsular dehiscence. Genetic Resources and Crop Evolution 58/8, 1119-1128.
- Fu, Y.-B. und Allaby, R. G. (2010) Phylogenetic network of Linum species as revealed by non-coding chloroplast DNA sequences. Genetic Resources and Crop Evolution 57/5, 667-677.
- Fuller, D. (2007) Contrasting patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. Annals of Botany 2007, 1-22.
- Fuller, D. Q., Allaby, R. G. und Stevens, C. (2010) Domestication as innovation: the entanglement of techniques, technology and chance in the domestication of cereal crops. World Archaeology 42/1, 13-28.

- Fuller, D. Q., Asouti, E. und Purugganan, M. D. (2012a) Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 131-145.
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012b) Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. *Journal of experimental botany* 63/2, 617-33.
- Fuller, D., Korisettar, R., Venkatasubbaiah, P. C. und Jones, M. K. (2004) Early plant domestications in southern India: some preliminary archaeobotanical results. *Vegetation History and Archaeobotany* 13/2, 115-129.
- Garfinkel, Y., Kislev, M. E. und Zohary, D. (1988) Lentil in the pre-pottery Neolithic B Yiftah'el: Additional evidence of its early domestication. *Israel Journal of Botany* 37, 49-51.
- Gebauer, A. B. und Douglas Price, T., Hrsg. (1992) Transition to agriculture in prehistory. *Monographs in World Archaeology* 4, Madison/Wisconsin.
- Gebel, H. G. K. (2004) There Was No Center: The Polycentric Evolution of the Near Eastern Neolithic. *Neo-lithics* 1, 28-32.
- Gegas, V. C., Nazari, A., Griffiths, S., Simmonds, J., Fish, L., Orford, S., Sayers, L., Doonan, J. H. und Snape, J. W. (2010) A Genetic Framework for Grain Size and Shape Variation in Wheat. *Plant Cell* 22/4, 1046-1056.
- Giles, R. J. und Brown, T. A. (2006) GluDy allele variations in *Aegilops tauschii* and *Triticum aestivum*: implications for the origins of hexaploid wheats. *Theoretical and Applied Genetics* 112/8, 1563-1572.
- Gkiasta, M., Russel, T., Shennan, S. und Steele, J. (2003) Neolithic transition in Europe: the radiocarbon record revisited. *Antiquity* 77/295, 45-62.
- Glaszmann, J. C., Jannoo, N., Grivet, L. und d'Hont, A. (2003b) Sugarcane. In: Harmon, P., Seguin, M., Perrier, X. und Glaszmann, J. C. (Hrsg.) *Genetic diversity of cultivated tropical plants*. CIRAD, Enfield (NH), Plymouth (UK), 337-359.
- Glaszmann, J.-C., Grivet, L., Courtois, B., Noyer, J.-L., Luce, C., Jacquot, M., Albar, L., Ghesquiere, A. und Second, G. (2003a) Asian rice. In: Harmon, P., Seguin, M., Perrier, X. und Glaszmann, J. C. (Hrsg.) *Genetic diversity of cultivated tropical plants*. CIRAD, Enfield (NH), Plymouth (UK), 77-98.
- Gopher, A., Abbo, S. und Lev-Yadun, S. (2001) The "when", the "where" and the "why" of the Neolithic revolution in the Levant. *Documenta Praehistorica* XXVIII, 49-62.
- Goring-Morris, N., Hivers, E. und Belfer-Cohen, A. (2009) The Dynamics of Pleistocene and Early Holocene Settlement Patterns and Human Adaptations in the Levant: An Overview. In: Shea, J. J. und Lieberman, D. E. (Hrsg.) *Transitions in Prehistory*. American School of Prehistoric Research Monograph Series. Oxford and Oakville, 185-252.
- Gring-Morris, A. N. und Belfer-Cohen, A. (1997) The articulation of cultural processes and Late Quaternary environmental changes in Cisjordan. *Paléorient* 23, 71-93.
- Gronenborn, D. (2006) Letzte Jäger - erste Bauern. *Archäologie in Deutschland*/3, 18-23.
- Gronenborn, D. (2008) Early pottery in Afroeurasia - Origins and possible routes of dispersal. *Berichte der Römisch-Germanischen Kommission* 89, 59-88.
- Gronenborn, D. (2009) Transregional culture contacts and the Neolithization process in Northern Central Europe. In: Jordan, P. und Zvelebil, M. (Hrsg.) *Ceramics before farming: the dispersal of pottery among prehistoric Eurasian hunter-gatherers*. Walnut Creek CA, 527-550.
- Guilaine, J., Hrsg. (2000) *Premiers paysans du monde. Naissance des agricultures*. Séminaire du Collège de France. Paris.
- Gupta, A. K. (2004) Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. *Current Science* 87/1, 54-59.
- Haldorsen, S., Akan, H., Celik, B. und Heun, M. (2011) The climate of the younger Dryas as a boundary for Einkorn domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 20/4, 305-318.
- Haldorsen, S., Akan, H., Celik, B. und Heun, M. (2011) The climate of the Younger Dryas as a boundary for Einkorn domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 20/4, 305-318.
- Hancock, J. F., Hrsg. (2004) *Plant evolution and the origin of crop species*. Oxon: Cabi Publishing.
- Harlan, J. R. (1992) *Crops and man*. Madison/Wisconsin.
- Harlan, J. R. (1995) *The living fields. Our agricultural heritage*. New York u.a.
- Harmon, P., Seguin, m., Perrier, X. und Glaszmann, J. C., Hrsg. (2003) *Genetic Diversity of Cultivated Tropical Plants*. CIRAD, Enfield (NH), Plymouth (UK).
- Harris, D. R. (2010) *Origins of Agriculture in Western Central Asia. An Environmental-Archaeological Study*. Philadelphia.
- Harris, D., Hrsg. (1996) *The Origins and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia*. London.

- Harter, A. V., Gardner, K. A., Falush, D., Lentz, D. L., Bye, R. A. und Rieseberg, L. H. (2004) Origin of extant domesticated sunflowers in eastern North America. *Nature* 430, 201-205.
- Hayden, B. (1990) Nimrods, Piscators, Pluckers, and Planters: The emergence of food production. *Journal of Anthropological Archaeology* 9, 31-69.
- Hayden, B. (2003) Were luxury foods the first domesticates? Ethnoarchaeological perspectives from Southeast Asia. In: van der Veen, M. (Hrsg.) *Luxury foods*. *World Archaeology* 34/3, 458-469.
- Hervey-Murray, C. G. (1980) *The Identification of Cereal Varieties*. Cambridge.
- Hess, D. (2005) *Systematische Botanik*. Stuttgart.
- Heun, M., Haldorsen, S. und Vollan, K. (2008) Reassessing domestication events in the Near east: Einkorn and *Triticum urartu*. *Genome* 51, 444-451.
- Heun, M., Schäfer-Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B. und Salamini, F. (1997) Site of Einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science* 278, 1312-1314.
- Hildebrand, E. A. (2003) Motives and opportunities for domestication: an ethnoarchaeological study in southwest Ethiopia. *Journal of Anthropological Archaeology* 22/4, 358-375.
- Hillman, G. C. und Davies, M. S. (1990) Measured domestication rates in wild wheats and barley under primitive cultivation, and their archaeological implications. *Journal of World Prehistory* 4/2, 157-222.
- Hillman, G. C. und Davies, M. S. (1992) Domestication rate in wild wheats and barley under primitive cultivation: preliminary results and archaeological implications of field measurements of selection coefficient. In: Anderson, P., *Préhistoire de l'Agriculture. Nouvelles Approches expérimentales et ethnographiques*. Monographie du CRA, Paris, 113-158.
- Hillman, G. C., Colledge, S. und Harris, D. R. (1989) Plant-food economy during the Epipalaeolithic period at Tell Abu Hureyra, Syria: dietary diversity, seasonality, and modes of exploitation. In: Harris, D.R., G.C. Hillman (Hrsg.), *Foraging and farming: the evolution of plant exploitation*. London, 240-268.
- Hillman, G. C., Hedges, R., Moore, A., Colledge, S. und Pettitt, P. (2001) New evidence of Lateglacial cereal cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates. *The Holocene* 11, 383-393.
- Hillman, G. C., Mason, S., de Moulins, D. und Nesbitt, M. (1996) Identification of archaeological remains of wheat: the 1992 London workshop. *Circaea* 12/2, 195-210.
- Hoika, J. (1993) Grenzfragen oder: James Watt und die Neolithisierung. *Archäologische Informationen* 16/1, 6-19.
- Honne, B. I. und Heun, M. (2009) On the domestication genetics of self-fertilising plants. *Vegetation History and Archaeobotany* online first.
- Hunt, H. V., Van der Linden, M., Liu, X., Motuzaite-Mateviciute, G., Colledge, S. und Jones, M. K. (2008) Millets across Eurasia: Chronology and context of early record of the genera *Panicum* and *Setaria* from archaeological sites in the Old World. *Vegetation History and Archaeobotany* 17/Suppl. 1, 5-18.
- Ishii, T., Mori, N. und Ogiwara, Y. (2001) Evaluation of allelic diversity at chloroplast mecsatellite loci among common wheat and its ancestral species. *Theoretical and Applied Genetics* 103/896-904.
- Jacomet, S. und Kreuz, A. (1999) *Archäobotanik. Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschungen*. Stuttgart.
- Jacomet, S., Brombacher, C. und Dick, M. (1989) *Archäobotanik am Zürichsee. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich. Ergebnisse von Untersuchungen pflanzlicher Makroreste der Jahre 1979-1988. Zürcher Denkmalpflege, Monographien 7*. Zürich.
- Janick, J. (2005) Origins of Fruits. *Fruit Growing and Fruit Breeding. Plant Breeding Reviews* 25, 255-320.
- Jones, H., Leigh, F. J., Mackay, I., Bower, M. A., Smith, L. M. J., Charles, M. P., Jones, G., Jones, M. K., Brown, T. A. und Powell, W. (2008) Population-based resequencing reveals that the flowering time adaptation of cultivated barley originated east of the fertile crescent. *Molecular Biology and Evolution* 25/10, 2211-2219.
- Kerem, Z., Lev-Yadun, S., Gopher, A., Weinberg, P. und Abbo, S. (2007) Chickpea domestication in the Neolithic Levant through the nutritional perspective. *Journal of Archaeological Science* 34, 1289-1293.
- Kilian, B., Özkan, H., Kohl, J., von Haeseler, A., Barale, F., Deutsch, O., Brandolini, A., Yucel, C., Martin, W. und Salamini, F. (2006) Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication. *Molecular Genetics and Genomics* 276, 230-241.
- Kilian, B., Özkan, H., Walther, A., Kohl, J., Dagan, T., Salamini, F. und Martin, W. (2007) Molecular Diversity at 18 Loci in 321 Wild and 92 Domesticated Lines Reveal No Reduction of Nucleotide Diversity during *Triticum monococcum* (Einkorn) Domestication: Implications for the Origin of Agriculture. *Molecular Biology and Evolution* 24/2, 2657-2668.

- Kimata, M., Ashok, E. G. und Seetharam, A. (2000) Domestication, cultivation and utilization of two small millets, *Brachiaria ramosa* and *Setaria glauca* (Poaceae), in South India. *Economic Botany* 54/2, 217-227.
- King, R. und Underhill, P. A. (2002) Congruent distribution of Neolithic painted pottery and ceramic figurines with Y-chromosome lineages. *Antiquity* 76/293, 707-714.
- Kislev, M. E. (1985) Early Neolithic Horsebean from Yiftah'el, Israel. *Science* 228, 319-320.
- Kislev, M. E. (1992) Agriculture in the Near East in the VIIth millennium BC. In: Anderson, P. C. (Hrsg.) *Préhistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*. Monographie du Centre de Recherches Archéologiques 6, 87-93.
- Kislev, M. E. (2006) Early Domesticated Fig in the Jordan Valley. *Science* 312/2 June 2006, 1372-1374
- Kislev, M. E., Nadel, D. und Carmi, I. (1992b) Epipalaeolithic (19000 BP) cereal and fruit diet at Ohalo II, Sea of Galilee, Israel. *Review of Palaeobotany and Palynology* 73, 161-166.
- Kislev, M. E., Weiss, E. und Hartmann, A. (2004) Impetus for sowing and the beginning of agriculture: Ground collecting of Wild Cereals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* PNAS 101/9, 2692-2695.
- Kislev, M., Nadel, D. und Carmi, I. (1992a) Epipalaeolithic (19'000 BP) cereal and fruit diet at Ohalo II, sea of Galilee, Israel. *Review of Palaeobotany and Palynology* 73, 161-166.
- König, M. (1989) Ein Fund römischer Traubenkerne in Piesport/Mosel. In: Küster, H. (Hrsg.) *Archäobotanik*. (Symposium der Universität Hohenheim (Stuttgart) vom 11.-16-Juli 1988). *Dissertationes Botanicae* 133, 107-116.
- Körber-Grohne, U. (1987) *Nutzpflanzen in Deutschland*. Stuttgart.
- Kroll, H. (1999) Vor- und frühgeschichtliche Weinreben - wild oder angebaut? Eine abschliessende Bemerkung. *Trierer Zeitschrift für Geschichte und Kunst des Trierer Landes und seiner Nachbargebiete* 62, 151-153.
- Kuijt, I. und Finlayson, B. (2009) Evidence for food storage and predomestication granaries 11'000 years ago in the Jordan valley. *PNAS* 106/27, 10966-10970.
- Kuzmin, Y. V., Jull, A. J. T. und Jones, G. A. (1998) Early agriculture in primorye, Russian Far East: New radiocarbon and pollen data from late Neolithic sites. *Journal of Archaeological Science* 25/8, 813-816.
- Kuzucuoglu, C. und Roberts, N. (1998) Evolution de l'environnement en Anatolie de 20000 à 6000 BP. *Paléorient* 23/2, 7-24.
- Labra, M., Failla, O., Forni, G., Ghiani, A., Scienza, A. und Sala, F. (2002) Microsatellite analysis to define genetic diversity of grapevines (*Vitis vinifera* L.) grown in Central and Western Mediterranean countries. *Journal International des Sciences de La Vigne et du Vin* 36/1, 11-20.
- Ladizinsky, G. (1999) Identification of the lentil's wild genetic stock. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46, 115-118.
- Le Thierry d'Ennequin, M., Panaud, O., Toupance, B. und Sarr, A. (2000) Assessment of genetic relationships between *Setaria italica* and its wild relative *S. viridis* using AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics* 100/7, 1061-1066.
- Leach, H. M. (1997) The terminology of agricultural origins and food production systems - a horticultural perspective. *Antiquity* 71, 135-148.
- Leakey, R. R. B., Schreckenberg, K. und Tchoundjeu, Z. (2003) The participatory domestication of West African indigenous fruits. *International Forestry Review* 5/4, 338-347.
- Lentz, D. L., Pohl, M. E. D., Pope, K. O. und Wyatt, A. R. (2001) Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. *Economic Botany* 55/3, 370-376.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A. und Abbo, S. (2000) The Cradle of Agriculture. *Science* 288/5471, 1602-1603.
- Litt, T. (2005) Holozäne Vegetations- und Klimageschichte im Einzugsgebiet des Toten Meeres (Naher Osten). *Berichte der Reinhold Tüxen Gesellschaft* 17, 85-92.
- Lu, H., Liu, Z., Wu, N., Berne, S., Saito, Y., Liu, B. und Wang, L. (2002) Rice domestication and climatic change: Phytolith evidence from East China. *Boreas* (Oslo) 31/4, 378-385.
- Lucas, L., Colledge, S., Simmons, A. und Fuller, D. Q. (2012) Crops introduction and accelerated island evolution: archaeobotanical evidence from 'Ais Yiorkis and Pre Pottery Neolithic Cyprus. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 117-129.
- Lüning, J. (2000) *Steinzeitliche Bauern in Deutschland. Die Landwirtschaft im Neolithikum*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 58. Bonn.
- Luo, M.-C., Yang, Z.-L., You, F. M., Kawahara, T., Waines, J. G. und Dvorak, J. (2007) The structure of wild and domesticated emmer wheat populations, gene flow between them, and the site of emmer domestication. *Theoretical and Applied Genetics* 114, 947-959.

- MacKey, J. (1966) Species relationships in *Triticum*. Hereditas Supplement (Proceedings of the 2nd International Genetics Symposium Lund 1963) 2, 237-276.
- Mangafa, M. und Kotsakis, K. (1996) A new method for the identification of wild and cultivated charred grape seeds. *Journal of Archaeological Science* 23/3, 409-418.
- Marinval, P. (1997) Vigne sauvage et vigne cultivée dans le bassin méditerranéen. Emergence de la viticulture. Contribution archéo-botanique. In: Office International de la Vigne et du Vin, (Hrsg.) L'histoire du vin. Une histoire de rites. Paris, 137-172.
- Marshall, F. und Hildebrand, E. (2002) Cattle Before Crops: The Beginnings of Food Production in Africa. *Journal of World Prehistory* 16/2, 99-143.
- Martinoli, D. (2004) Food plant use, temporal changes and site seasonality at Epipalaeolithic Öküzini and Karain B Caves, Southwest Anatolia, Turkey. *Paléorient* 30/2, 61-80.
- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y., Goodman, M. M., Sanchez G, J., Buckler, E. und Doebley, J. (2002) A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99/9, 6080-6084.
- Matthews, P. J. (2003a) Identification of *Benincasa hispida* (wax gourd) from the Kana archaeological site, Western Highlands Province, Papua New Guinea. *Archaeology in Oceania* 38/3, 186-191.
- Matthews, P. J. (2003b) Taro planthoppers (*Tarophagus* spp.) in Australia and the origins of taro (*Colocasia esculenta*) in Oceania. *Archaeology in Oceania* 38/3, 192-202.
- McGovern, P. E. (2003) Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture. Princeton.
- McGovern, P. E., Fleming, S. J. und Katz, S. H. e. (1995) The origins and ancient history of wine. *Food and Nutrition in History and Anthropology* 11. Philadelphia.
- McNeil, C. L. (2006) Chocolate in Mesoamerica : a cultural history of cacao. Gainesville.
- Miller, A. J. und Gross, B. L. (2011) From Forest to Field: Perennial Fruit Crop Domestication. *American Journal of Botany* 98/9, 1389-1414.
- Miller, N. (2008) Sweeter than wine? The use of the grape in early western Asia. *Antiquity* 82, 937-946.
- Moore, A. M. T., Hillman, G. C. und Legge, A. J. (2000) Village on the Euphrates. From foraging to farming at Abu Hureyra. Oxford.
- Mori, N., Ishii, T., Hirosawa, S., Watatani, H., Kawahara, T., Nesbitt, M., Belay, G., Takumi, S., Ogihara, Y. und Nakamura, C. (2003) Origins of domesticated einkorn and emmer wheat inferred from chloroplast-DNA fingerprinting. In: Pogna, N. E., Romano, M. und Galatiero, G. (Hrsg.) Proceedings of the 10th International Wheat genetics Symposium. Paestum, 25-28.
- Morrell, P. J. und Clegg, M. T. (2007) Genetic evidence for a second domestication of barley (*Hordeum vulgare*) eats of the Fertile Crescent. *PNAS* 104/9, 3289-3294.
- Myles, S., Boyko, A. R., Owens, C. L., Brown, P. J., Grassi, F., Aradhya, M. K., Prins, B., Reynolds, A., Chia, J. M., Ware, D., Bustamante, C. D. und Buckler, E. S. (2011) Genetic structure and domestication history of the grape. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108/9, 3530-3535.
- Nesbitt, M. (2002) When and where did domesticated cereals first occur in southwest Asia? In: Cappers, R. T. J. und Bottema, S. (Hrsg.) The Dawn of Farming in the Near East. Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment 6. Berlin, 113-132.
- Nesbitt, M. (2001) Wheat evolution: integrating archaeological and biological evidence. *The Linnean Special Issue* 3, 37-60.
- Nesbitt, M. und Samuel, D. (1996) From staple crop to extinction? The archaeology and history of the hulled wheats. In: Padulosi, S., Hammer, K. und Heller, J. (Hrsg.) Hulled wheats. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 4. Proceedings of the First International Workshop on Hulled Wheats, 21-22 July 1995, Castelvecchio Pascoli, Tuscany, Italy. Rome, 41-100.
- Neumann, F., Schölzel, C., Litt, T., Hense, A. und Stein, M. (2006) Holocene vegetation and climate history of the Northern Golan heights (Near East). *Vegetation History and Archaeobotany* 16, online first.
- Neumann, K. (2003) New Guinea: A cradle of agriculture. *Science* 301/5630, 180-181.
- Oliveira, H. R., Jones, H., Leigh, F. J., Lister, D. L., Jones, M. K. und Pena-Chocarro, L. (2011) Phylogeography of einkorn landraces in the Mediterranean basin and Central Europe: population structure and cultivation history. *Archaeological and Anthropological Sciences* 3, 327-341.
- Olsen, K. M. und Gross, B. L. (2008) Detecting multiple origins of domesticated crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105/37, 13701-13702.
- Olsen, K. M. und Purugganan, M. D. (2002) Molecular evidence on the origin and evolution of glutinous rice. *Genetics* 162/2, 941-950.

- Özkan, H., Brandolini, A., Pozzi, C., Effgen, S., Wunder, J. und Salamini, F. (2005) A reconsideration of the domestication geography of tetraploid wheats. *Theoretical and Applied Genetics* 110, 1052-1060.
- Özkan, H., Willcox, G., Graner, A., Salamini, F. und Kilian, B. (2011) Geographic distribution and domestication of wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*). *Genetic Resources and Crop Evolution* 58/1, 11-53.
- Palmer, J. D., Jorgensen, R. A. und Thopson, W. F. (1985) Chloroplast DNA Variation and evolution in *Pisum*: patterns of change and phylogenetic analysis. *Genetics* 109, 195-213.
- Palmer, S. A., Smith, O. und Allaby, R. G. (2012) The blossoming of plant archaeogenetics. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger: official organ of the Anatomische Gesellschaft* 194/1, 146-56.
- Pasternak, R. (1998) Investigations of botanical remains from Nevali Cori, PPNB, Turkey: a short interim report. In: Damania, A. B., Valkoun, J., Willcox, G. und Qualset, C. O. (Hrsg.) *The origins of agriculture and crop domestication*. Aleppo, 170-176.
- Paterson, A. H. (2002) What has QTL mapping taught us about plant domestication? *New Phytologist* 154/3, 591-608.
- Paterson, A. H., Bowers, J. E., Peterson, D. G., Estill, J. C. und Chapman, B. A. (2003) Structure and evolution of cereal genomes. *Current Opinion in Genetics & Development* 13/6, 644-650.
- Peleg, Z., Fahima, T., Korol, A. B., Abbo, S. und Saranga, Y. (2011) Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication. *Journal of experimental botany* 62/14, 5051-5061.
- Peltenburg, E. und Wasse, A., Hrsg. (2004) *Neolithic Revolution. New Perspectives on Southwest Asia in Light of Recent Discoveries on Cyprus*. Oxford.
- Pinhasi, R. und Pluciennik, M. (2004) A Regional Biological Approach to the Spread of Farming in Europe. *Current Anthropology* 45, Supplement/Aug-Oct 2004, S59-S82.
- Piperno, D. R. (2001) On maize and the sunflower. *Science* 292/5525, 2260-2261.
- Piperno, D. R. und Flannery, K. V. (2001) The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98/4, 2101-2103.
- Piperno, D. R., Ranere, A. J., Holst, I. und Hansell, P. (2000) Starch grains reveal early root crop horticulture in the Panamanian tropical forest. *Nature* 407/6806, 894-897.
- Piperno, D. R., Weiss, E., Holst, I. und Nadel, D. (2004) Processing of wild cereal grains in the Upper Palaeolithic revealed by starch grain analysis. *Nature* 430/7000, 670-673.
- Poncet, V., Lamy, F., Enjalbert, J., Joly, H., Sarr, A. und Robert, T. (1998) Genetic analysis of the domestication syndrome in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L., Poaceae): Inheritance of the major characters. *Heredity* 81/6, 648-658.
- Poncet, V., Martel, E., Allouis, S., Devos, K. M., Lamy, F., Sarr, A. und Robert, T. (2002) Comparative analysis of QTLs affecting domestication traits between two domesticated X wild pearl millet (*Pennisetum glaucum* L., Poaceae) crosses. *Theoretical and Applied Genetics* 104/6-7, 965-975.
- Pope, K. O., Pohl, M. E. D., Jones, J. G., Lentz, D. L., von Nagy, C., Vega, F. J. und Quitmyer, I. R. (2001) Origin and Environmental Setting of Ancient Agriculture in the Lowlands of Mesoamerica. *Science* 292, 1370-1373.
- Price, D. (2000) *Europe's first Farmers*. Cambridge.
- Price, D. T., Bentley, R. A., Lüning, J., Gronenborn, D. und Wahl, J. (2001) Prehistoric human migration in the *Linearbandkeramik* of Central Europe. *Antiquity* 75/289, 593-603.
- Purugganan, M. D. und Fuller, D. Q. (2009) The nature of selection during plant domestication. *Nature* 457/12, Feb. 2009, 843-848.
- Qi, X., Pittaway, T. S., Lindup, S., Liu, H., Waterman, E., Padi, F. K., Hash, C. T., Zhu, J., Gale, M. D. und Devos, K. M. (2004) An integrated genetic map and a new set of simple sequence repeat markers for pearl millet, *Pennisetum glaucum*. *Theoretical and Applied Genetics* 109/7, 1485-1493.
- Richards, M. (2003) The Neolithic Invasion of Europe. *Annual Reviews of Anthropology* 32, 135-162.
- Richerson, P. J., Boyd, R. und Bettinger, R. L. (2001) Was agriculture impossible during the Pleistocene but mandatory during the Holocene? A climate change hypothesis. *American Antiquity* 66/3, 387-411.
- Riehl, S., Benz, M., Conard, N. J., Darabi, H., Deckers, K., Nashli, H. F. und Zeidi-Kulehparcheh, M. (2012) Plant use in three Pre-Pottery Neolithic sites of the northern and eastern Fertile Crescent: a preliminary report. *Vegetation History and Archaeobotany* 21/2, 95-106.
- Roberts, N. und Wright, H. E. (1993) Vegetational, lake-level and climatic history of the Near East and South-West Asia. In: Wright, H. E., Kutzbach, J. E., Webb, T. I., Ruddiman, W. F., Street-Perrott, F. A. und Bartlein, P. J. (Hrsg.) *Global Climate Cycles since the Last Glacial Maximum*. Minneapolis und London, 194-220.

- Robinson, S. A., Black, T., Sellwood, B. W. und Valdes, P. J. (2006) A review of palaeoclimates and palaeoenvironments in the Levant and Eastern Mediterranean from 25'000 to 5000 years BP: setting the environmental background for the evolution of human civilisation. *Quaternary Science Reviews* 25, 1517-1541.
- Rowley-Conwy, P. (2004) How the West Was Lost. *Current Anthropology* 45 Supplement/Aug-Oct 2004, S83-S113.
- Saisho, D. und Purugganan, M. D. (2007) Molecular Phylogeography of Domesticated Barely Traces Expansion of Agriculture in the Old World. *Genetics* 177, 1765-1776.
- Salamini, F., Ozkan, H., Brandolini, A., Schafer-Pregl, R. und Martin, W. (2002) Genetics and geography of wild cereal domestication in the Near East. *Nature Reviews Genetics* 3/6, 429-441.
- Salavert, A. (2011) Plant economy of the first farmers of Central Belgium (Linearbandkermaik, 5200-5000 B.C.). *Vegetation History and Archaeobotany* 20/5, 321-332.
- Samuel, D. (1996a) Archaeology of Ancient Egyptian beer. *J Am Soc Brew Chem* 54/1, 3-12.
- Samuel, D. (1996b) Investigation of Ancient Egyptian baking and brewing methods by correlative microscopy. *Science* 273, 488-490.
- Sang, T. und Ge, S. (2007) Genetics and phylogenetics of rice domestication. *Current Opinion in Genetics and Development* 17, 533-538.
- Sanlaville, P. (1998) Les changements dans l'environnement au Moyen-Orient de 20'000 BP à 6000 BP. In: Dollfus, G. (Hrsg.) *Paléoenvironnement et sociétés humaines au Moyen-Orient de 20000 BP à 6000 BP*. *Paléorient* 23, 249-262.
- Savard, M., Nesbitt, M. und Jones, M. K. (2006) The role of wild grasses in subsistence and sedentism: New evidence from the Northern fertile Crescent. *World Archaeology* 38/2, 179-196.
- Schmid, H. (2003) *Veredeln, Pfropfen und Okulieren*. Stuttgart.
- Schontz, D. und Rether, B. (1998) Genetic variability in foxtail millet, *Setaria italica* (L.) P. Beauv.-RFLP using a heterologous rDNA probe. *Plant Breeding* 117/3, 231-234.
- Schubert, R. und Wagner, G. (1988) *Botanisches Wörterbuch*. Stuttgart.
- Schulting, R. J. und Richards, M. P. (2002) Finding the coastal Mesolithic in southwest Britain: AMS dates and stable isotope results on human remains from Caldey Island, South Wales. *Antiquity* 76, 1011-1125.
- Schwab, M. J., Neumann, F., Litt, T., Negendank, J. F. W. und Stein, M. (2004) Holocene palaeoecology of the Golan Heights (Near East): investigation of lacustrine sediments from Birkat Ram crater lake. *Quaternary Science Reviews* 23, 1723-1731.
- Sefc, K. M., Lopes, M. S., Lefort, F., Botta, R., Roubelakis-Angelakis, K. A., Ibanez, J., Pejic, I., Wagner, H. W., Glossl, J. und Steinkellner, H. (2000) Microsatellite variability in grapevine cultivars from different European regions and evaluation of assignment testing to assess the geographic origin of cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 100/3-4, 498-505.
- Smalley, J. und Blake, M. (2003) Sweet beginnings: Stalk sugar and the domestication of maize. *Current Anthropology* 44/5, 675-703.
- Smith, B. D. (1998) *The emergence of agriculture*. New York.
- Smith, B. D. (2001) Documenting plant domestication: The consilience of biological and archaeological approaches. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98/4, 1324-1326.
- Smith, B. D. (2009) Resource resilience, human niche construction, and the long-term sustainability of Pre-Columbian subsistence-economies in the Mississippi river valley corridor. *Journal of Ethnobiology* 29/2, 167-183.
- Sudupak, M. A., Akkaya, M. S. und Kence, A. (2004) Genetic relationships among perennial and annual Cicer species growing in Turkey assessed by AFLP fingerprinting. *Theoretical and Applied Genetics* 108, 937-944.
- Sweeney, M. und McCouch, S. (2007) The Complex History of the Domestication of Rice. *Annals of Botany* 100, 951-957.
- Tang, S. und Knapp, S. J. (2003) Microsatellites uncover extraordinary diversity in native American land races and wild populations of cultivated sunflower. *Theoretical and Applied Genetics* 106/6, 990-1003.
- Tanno, K.-I. und Willcox, G. (2006a) How Fast Was Wild Wheat Domesticated? *Science* 311/31 march 2006, 1886.
- Tanno, K.-I. und Willcox, G. (2006b) The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L.: Early finds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10th millennium B.P. *Vegetation History and Archaeobotany* 15, 197-204.
- Tanno, K.-i. und Willcox, G. (2012) Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 107-115.

- Tenaillon, M. I., U'Ren, J., Tenaillon, O. und Gaut, B. S. (2004) Selection versus demography: A multilocus investigation of the domestication process in maize. *Molecular Biology and Evolution* 21/7, 1214-1225.
- Terral, J.-F., Tabard, E., Bouby, L., Ivorra, S., Pastor, T., Figueiral, I., Picq, S., Chevance, J.-B., Jung, C., Fabre, L., Tardy, C., Compan, M., Bacilieri, R., Lacombe, T. und This, P. (2010) Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars. *Annals of Botany* 105, 443-455.
- Terrell, J. E., Hart, J. P., Barut, S., Cellinese, N., Curet, A., Denham, T., Kusimba, C. M., Latinis, K., Oka, R., Palka, J., Pohl, M. E. D., Pope, K. O., Williams, P. R., Haines, H. und Staller, J. E. (2003) Domesticated landscapes: The subsistence ecology of plant and animal domestication. *Journal of Archaeological Method and Theory* 10/4, 323-368.
- Tiffin, P., Hacker, R. und Gaut, B. S. (2004) Population genetic evidence for rapid changes in intraspecific diversity and allelic cycling of a specialist defense gene in *Zea*. *Genetics* 168/1, 425-434.
- Tolar, T., Jacomet, S., Velušček, A. und Čufar, K. (2011) Plant economy at a late Neolithic lake dwelling site in Slovenia at the time of the Alpine Iceman. *Vegetation History and Archaeobotany* 20/3, 207-222.
- Uga, Y., Fukuta, Y., Ohsawa, R. und Fujimura, T. (2003) Variations of floral traits in Asian cultivated rice (*Oryza sativa* L.) and its wild relatives (*O. rufipogon* Griff.). *Breeding Science* 53/4, 345-352.
- Valla, F. (2000) La sédentarisation au Proche Orient: La Culture Natoufienne. In: Guilaine, J. (Hrsg.) *Premiers paysans du monde. Naissance des agricultures. Séminaire du Collège de France*. Paris, 11-30.
- Van der Veen, M. (2005) Gardens and fields: the intensity and scale of food production. *World Archaeology* 37/2, 157-163.
- Van der Veen, M. (2010) Agricultural innovation: invention and adoption or change and adaptation? *World Archaeology* 42/1, 1-12.
- van Zeist, W. A. und Bakker-Heeres, J. A. H. (1985, for 1982) Archaeobotanical studies in the Levant. 1. Neolithic sites in the Damascus basin: Aswad, Ghoraife, Ramad. *Palaeohistoria* 24, 165-256.
- van Zeist, W. A. und Bakker-Heeres, J. A. H. (1986, for 1984) Archaeobotanical studies in the Levant. 3. Late-Palaeolithic Mureybit. *Palaeohistoria* 26, 171-199.
- van Zeist, W. A. und de Roller, G. J. (1994, for 1991/1992) The plant husbandry of aceramic Cayönü, SE Turkey. *Palaeohistoria* 33/34, 65-96.
- van Zeist, W., Baruch, U. und Bottema, S. (2009) Holocene Palaeoecology of the Hula Area, Northeastern Israel. In: Kaptijn, E. und Petit, L. P. (Hrsg.) *A timeless vale. Archaeological and related essays on the Jordan Valley in honour of Gerrit van der Kooij on the occasion of his sixty-fifth birthday*. Archaeological Studies Leiden University 19. Leiden, 29-64.
- Vaughan, D. A., Morishima, H. und Kadowaki, K. (2003) Diversity in the *Oryza* genus. *Current Opinion in Plant Biology* 6/2, 139-146.
- Vigne, J.-D. (2011) The origins of animal domestication and husbandry: A major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes Rendus Biologies* 334, 171-181.
- Vigne, J.-D. und Cucchi, T. (2005) Premières navigations au Proche-Orient: Les informations indirectes de Chypre. *Paléorient* 31/1, 186-194.
- Vigouroux, Y., McMullen, M., Hittinger, C. T., Houchins, K., Schulz, L., Kresovich, S., Matsuoka, Y. und Doebley, J. (2002) Identifying genes of agronomic importance in maize by screening microsatellites for evidence of selection during domestication. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99/15, 9650-9655.
- Wadley, G. und 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.
- Watkins, T. (2004) Building houses, farming concepts, constructing worlds. *Paléorient* 30/1, 5-24.
- Watkins, T. (2010) New light on Neolithic revolution in south-west Asia. *Antiquity* 84/325, 621-634.
- Weeden, N. F. (2007) Genetic Changes Accompanying the Domestication of *Pisum sativum*: Is there a Common Genetic basis to the "Domestication Syndrome" for Legumes? *Annals of Botany* 100, 1017-1025.
- Weiss, E., Kisleev, M. E. und Hartman, A. (2006) Autonomous Cultivation before Domestication. *Science* 312/16 June 2006, 1608-1610.
- Weiss, E., Kisleev, M. E., Simchoni, O. und Nadel, D. (2004a) Small-Grained Wild Grasses as Staple Food at the 23 000-Year-Old Site of Ohalo II, Israel. *Economic Botany* 58/sp. 1, 125-134.
- Weiss, E., Kisleev, M. E., Simchoni, O., Nadel, D. und Tschauer, H. (2008) Plant-food preparation area on an Upper Palaeolithic brush hut floor at Ohalo II, Israel. *Journal of Archaeological Science* 35, 2400-2414.

- Weiss, E., Wetterstrom, W., Nadel, D. und Bar-Yosef, O. (2004b) The broad spectrum revisited: Evidence from plant remains. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 101/26, 9551-9555.
- Weninger, B., Clare, L., Rohling, E. J., Bar-Yosef, O., Böhner, U., Budja, M., Bundschuh, M., Feurdean, A., Gebel, H.-G., Jöris, O., Linstädter, J., Mayewski, P., Mühlenbruch, T., Reingruber, A., Rollefson, G., Schyle, D., Thissen, L., Todorova, H. und Zielhofer, C. (2009) The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. *Documenta Praehistorica XXXVI*, 7-59.
- Westengen, O., Huaman, Z. und Heun, M. (2005) Genetic diversity and geographic pattern in early South American cotton domestication. *Theoretical and Applied Genetics* 110/2, 392-402.
- White, C. E. und Makarewicz, C. A. (2012) Harvesting practices and early Neolithic barley cultivation at el-Hemmeh, Jordan. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 85-94.
- Wick, L., Lemcke, G. und Sturm, M. (2003) Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *The Holocene* 13/5, 665-675.
- Willcox, G. (2000) Nouvelles données sur l'origine de la domestication des plantes au Proche-Orient. In: Guilaine, J. (Hrsg.) *Premiers paysans du monde*. Paris, 121-140.
- Willcox, G. (2004) Measuring grain size and identifying Near Eastern cereal domestication: evidence from the Euphrates valley. *Journal of Archaeological Science* 31/2, 145-150.
- Willcox, G. (2005) The distribution, natural habitats and availability of wild cereals in relation to their domestication in the Near East: multiple events, multiple centres. *Vegetation History and Archaeobotany* 14/4, 534-541.
- Willcox, G. (2012) Searching for the origins of arable weeds in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21/2, 163-167.
- Willcox, G. und Stordeur, D. (2012) Large-scale cereal processing before domestication during the tenth millennium cal BC in northern Syria. *Antiquity* 86, 99-114.
- Willcox, G., Buxo, R. und Herveux, L. (2009) Late Pleistocene and early Holocene climate and the beginnings of cultivation in Northern Syria. *The Holocene* 19/1, 151-158.
- Willcox, G., Fornite, S. und Herveux, L. (2008) Early Holocene cultivation before domestication in Northern Syria. *Vegetation History and Archaeobotany* 17/3, 313-325.
- Willcox, G., Nesbitt, M. und Bittmann, F. (2012) From collecting to cultivation: transitions to a production economy in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany (Special Issue)* 21, 81-167.
- Wollstonecroft, M. M., Hroudová, Z., Hillman, G. C. und Fuller, D. Q. (2011) *Bolboschoenus glaucus* (Lam.) S.G. Smith, a new species in the flora of the ancient Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 20/5, 459-470.
- Zeder, M. (2008) Domestication and early agriculture in the Mediterranean basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS* 105/33, 11597-11604.
- Zeder, M. A., Bradley, D.G., Emshwiller, E. and Smith, B.D. (2006) *Documenting Domestication: New Genetic and Archaeological Paradigms*. Berkeley.
- Zeder, M. A., Emshwiller, E., Smith, B. D. und Bradley, D. G. (2006) Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *TRENDS in Genetics* 22, 139-155.
- Zhang, L., Peek, A. S., Dunams, D. und Gaut, B. S. (2002) Population genetics of duplicated disease-defense genes, *hm1* and *hm2*, in maize (*Zea mays* ssp. *mays* L.) and its wild ancestor (*Zea mays* ssp. *parviglumis*). *Genetics* 162/2, 851-860.
- Zohary, D. und Hopf, M. (2000) *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley*. Oxford.
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012) *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford.
- Zufferey-Perisset, A.-D. und Carruzzo-Frey, S. (2009) *Histoire de la vigne et du vin en Valais: des origines à nos jours*. Gollion.