Domestikationsgeschichte

Domestikation von Pflanzen und Tieren

Teil **Pflanzendomestikation**

©Prof. Dr. Stefanie Jacomet

IPNA, Universität Basel

Stand Mai 2011

INHALT:

1. Grundsätzliches (1) S. 2-9

2. Grundsätzliches (2) S. 10-21

3. Umweltentwicklung im Vorderen Orient während des Übergangs Spätglazial/Holozän und deren Einfluss auf die Subsistenz S. 22-37

4. Domestikation von Getreide 1: Grundsätzliches: S. 38-44 / Weizen S. 45-59

5. Domestikation von Getreide 2 (Gerste) S. 60-68, Fazit Getreide S. 68-69

6. Domestikation der Hülsenfrüchte S. 70-80

7. Domestikation von Öl- und Faserpflanzen S. 81-84

8. Ausbreitung der Kulturpflanzen nach Europa S. 85-86

9. Domestikation von Gehölzen: Grundsätzliches / Weinrebe als Bsp. S.87-91

10. Literaturlisten S. 92-103

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!
- Es können verschiedene Phasen unterschieden werden
-Domestikation ist abhängig vom menschlichem Verhalten, welches z.B. den Selektionsdruck beeinflusst

(nach Fuller 2007, 1-2)

Kernfragen der Domestikationsforschung

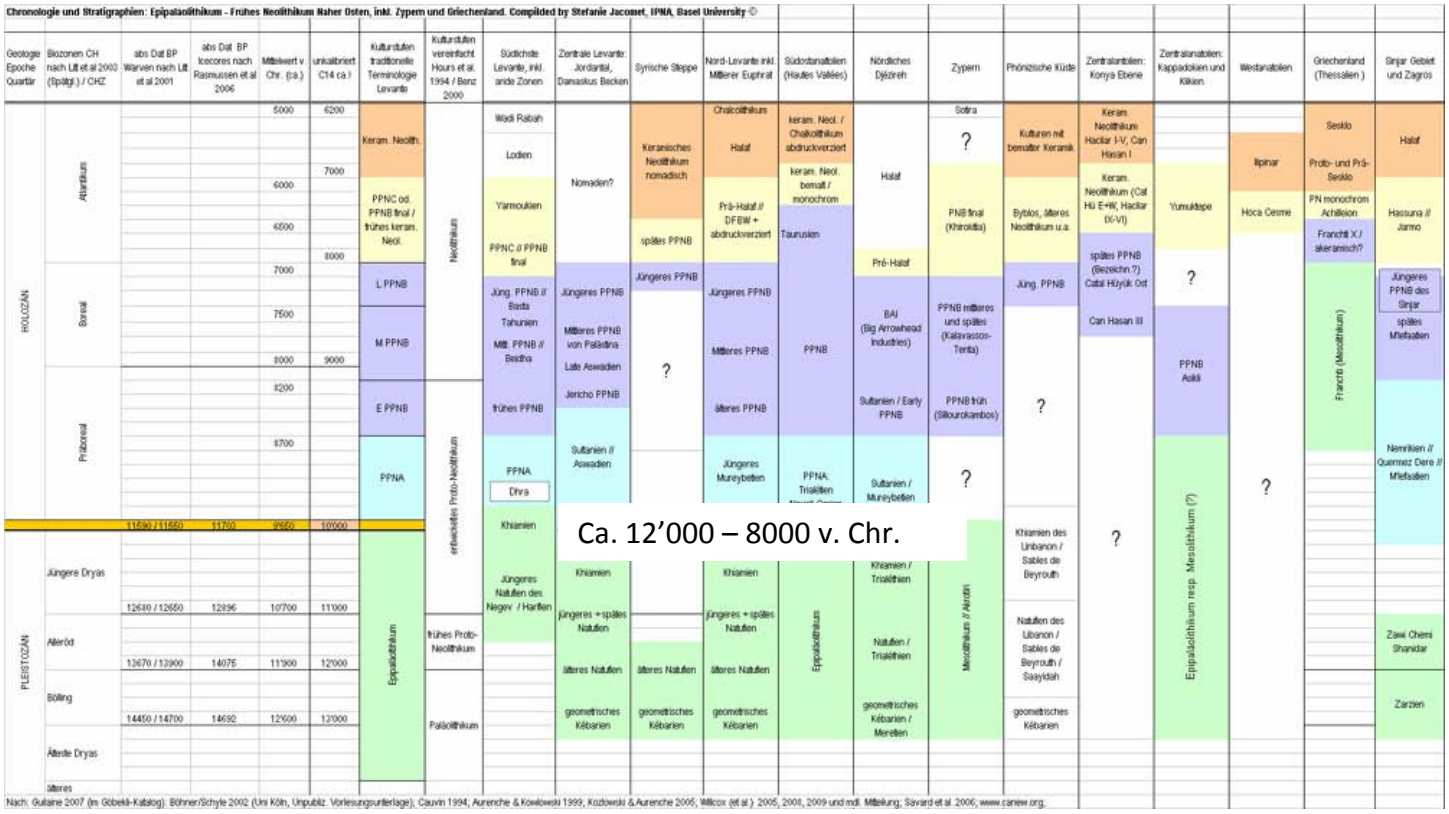
(nach div. Literatur, u.a. Doebley et al 2006, Fuller 2007)
•Identifizierung der **wilden Vorfahren** von Kulturpflanzen und Haustieren
•Dokumentieren der **Anzahl**, der **Lokalität** und des **Datums** der frühesten Domestikations"ereignisse"
•Erfassung des **zeitlichen Ablaufes** der Domestikation
•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.

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



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 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 primarly biological and social*". 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:

a) die sesshafte Lebensweise erlaubt **kürzere Geburtsintervalle** (bei Wildbeutern normalerweise 4-5 Jahren, bei Sesshaftigkeit jährlich)

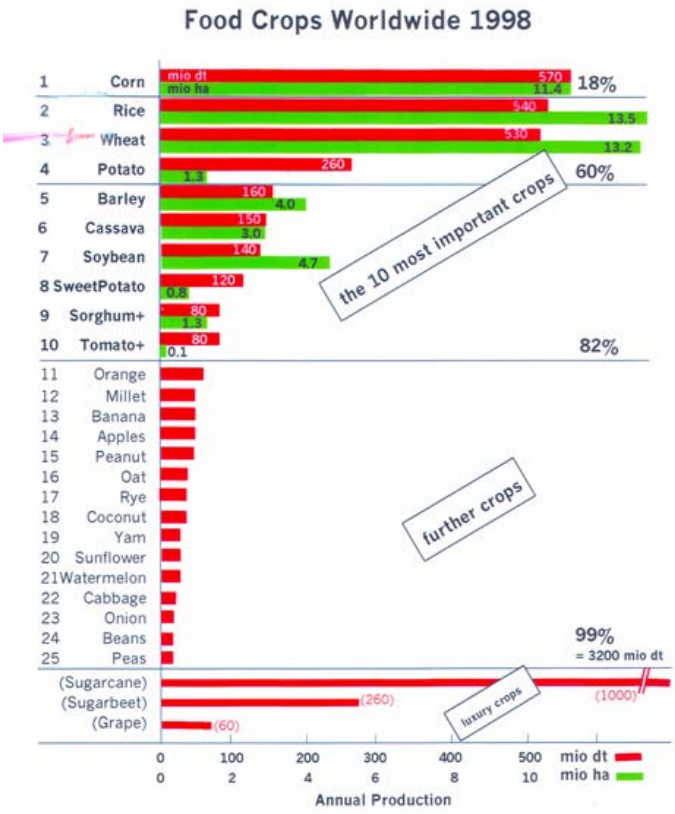
b) Essbare Pflanzen und Tiere können **in viel höherer Dichte** kultiviert/gehalten werden als sie in der Natur vorhanden wären, wodurch Überschussproduktion möglich wurde.

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).



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.

Während der Neolithisierung = Domestikation müssen vielschichtige **soziale Prozesse** abgelaufen sein!

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

Während der Neolithisierung = Domestikation müssen vielschichtige **soziale Prozesse** abgelaufen sein! 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.
(nach Fuller 2007; siehe dazu auch z.B. gute Zusammenfassung in Gopher et al. 2001, Foster McCarter 2007, Barker 2006, Benz (Ed.) 2010).

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

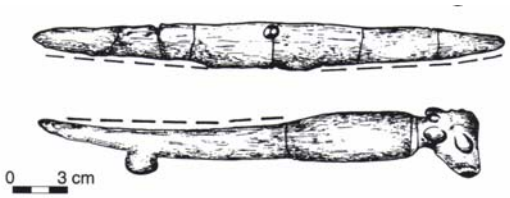
Man geht die Erforschung mit **verschiedenartigen** Methoden an, und nur ihre **Kombination** ergibt verlässliche Ergebnisse. Man spricht von einem sog. „**multi-proxy-approach"**
(Liste siehe etwa in Zohary & Hopf 2000, zur Genetik siehe Zeder et al. 2006; Gute und einfach gehaltene Übersicht auch in Science 316, 2007 (Balter, 1830 ff.)).

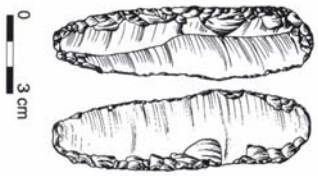
1. Archäologische Funde („on-site")

1.1. Funde von Pflanzenresten und Tierknochen (archäobotanische und archäozoologische Nachweise) = sind die wichtigsten, da **direktesten** Nachweise: Die m**orphologische 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 und man kann auch chemische Untersuchungen machen.

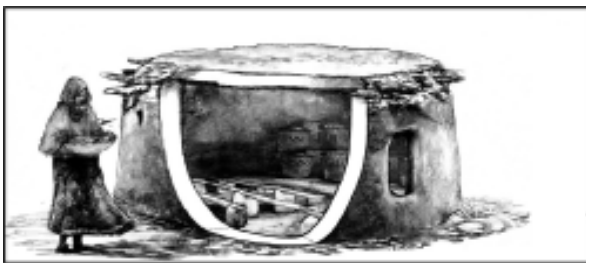
1. 2. Archäologische Artefakte: z. Bsp. Erntemesser (indirekter Nachweis für Abernten von Pflanzen, wobei neuerdings Deutung umstritten), Gerät im Zusammenhang mit der Zubereitung der Nahrung (wie Mühlsteine, Mörser...)





„Ertntemesser" aus dem Natufien (12'000-10'000 v. Chr.), links Griff aus Knochen, rechts Silex-Klinge

1.3. Archäologische Befunde: Spezielle Baustrukturen: neu! gibt es 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) (Kujt & 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**

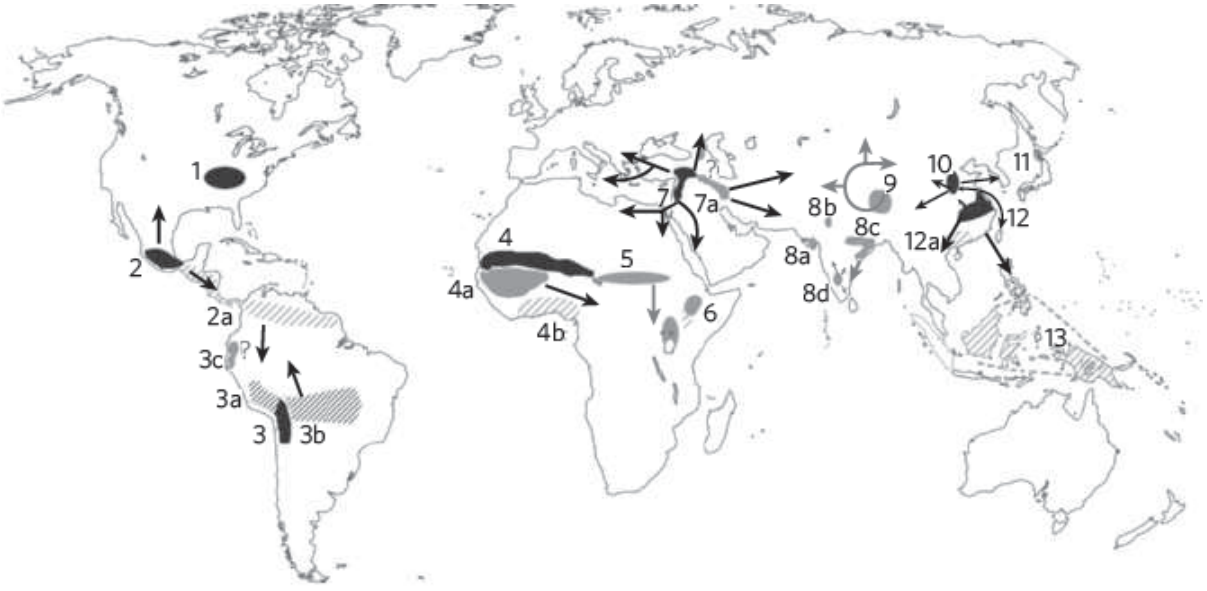
3.3. Bestimmung der genetischen Verwandtschaft durch **DNA-Analysen**

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



Purugganan & Fuller 2009

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 Kulturpfanzen 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 8000 v. Chr. ; 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.

Primäre Domestikationszentren (Forts.), sekundäre Domestikationszentren

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 quionoa), Amarantahus cadautus*, Chilis, Tomaten, Baumwolle: ab 3000 v. Chr. // Alpaca, Lama: ab ca. 3500 v. Chr.

3.3. östliche USA: dort wurde die Sonnenblume (*Helianhtus*) ab rund 3000-2600 BC cal. (Hayes, Tennessee) in Kultur genommen, dazu weitere Arten wie *Chenopodium berlanderi* 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 Marshal 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 Diamnond 2002). Auf alle Fälle sind Kulturpflanzen afrikanischen Ursprunges 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?

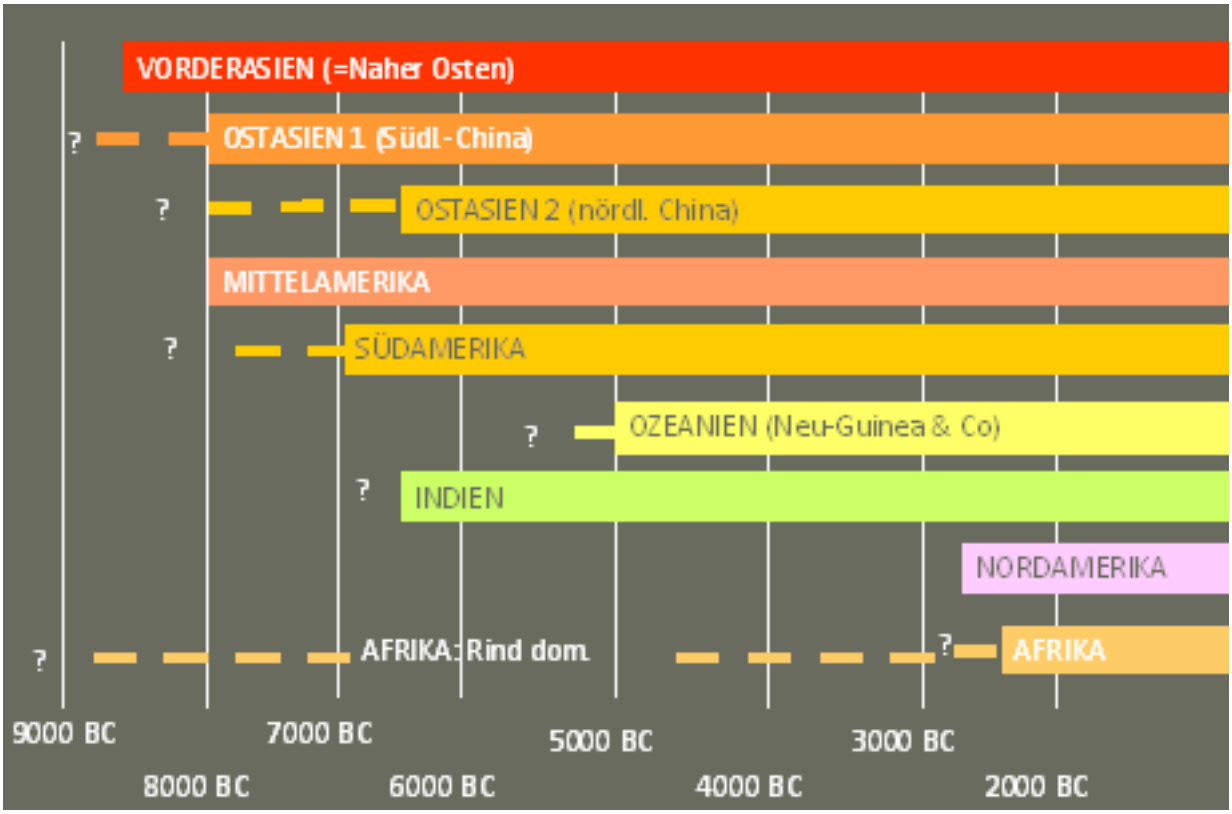
Afrika ist zudem das einzige Gebiet, wo fast überall **Viehzucht VOR dem Auftreten von Kulturpflanzen** auftritt (Marshal and Hildebrand 2002, 109).

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 vor 4000 v. Chr.

Domestikation WANN?? (zusammenfassend)



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

Einmalige *versus* mehrfache Domestikation??

d.h. wurde eine Pflanzen / 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 Nachweise deuten eher in Richtung polyphyletische/-zentrische Entstehung von vielen domestizierten Arten, d.h. Domestikation der gleichen Art an mehreren Orten.
- Man ist sich in der Forschung nicht einig, Forschung im Fluss!

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

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

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**, n**ach 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 Fortpflanzungs-gemeinschaften getrennt (also reproduktiv isoliert). Die Individuen einer **Art in einer Population sind** in ihrer erblichen Konstitution nicht völlig gleich, aber **kreuzbar**.

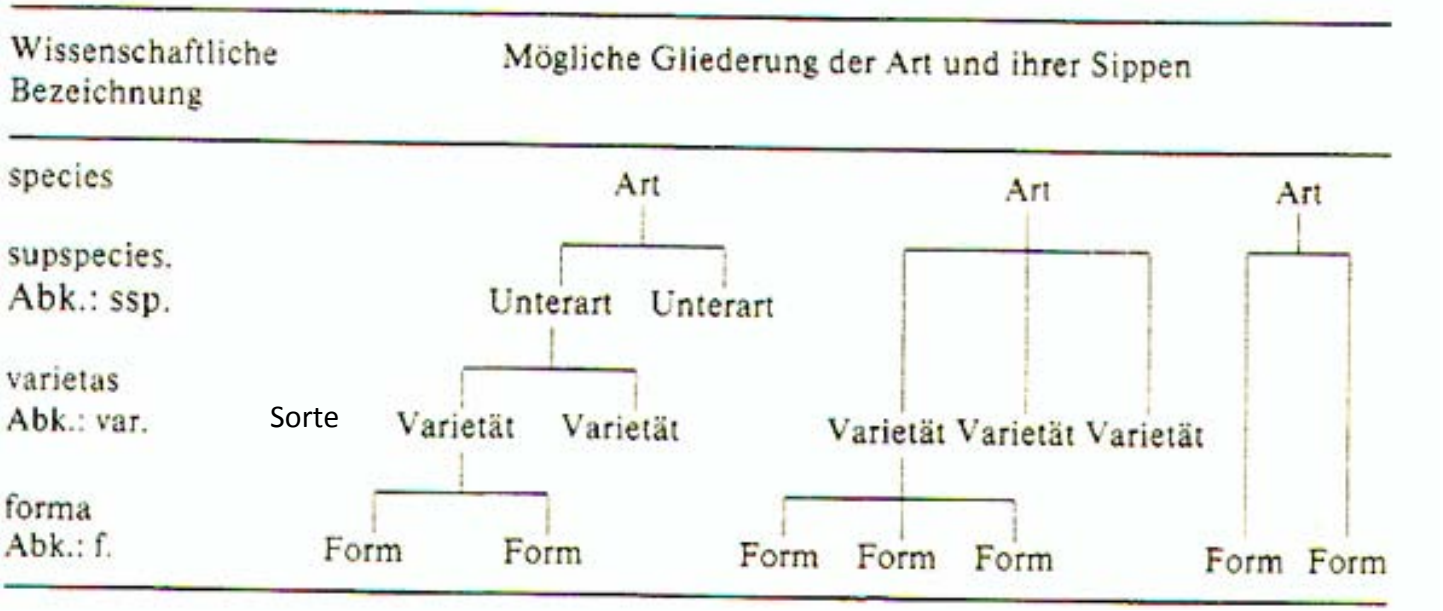
Beim biologischen (wie auch beim evolutionären) Artbegriff spielen letztlich **Kreuzungsbarrieren** eine ausschlaggebende Rolle; die Arten sind sexuell abgegrenzt: sie sind **reproduktiv isoliert**. Diese Definition impliziert, dass Arten deswegen erkennbar sind, weil sie **nicht** mit anderen Arten 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: Gundsätzliches, 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 Stammform - bezeichnet werden (Form ist hier nicht im Sinne einer systematischen Kategorie gemeint, diese siehe unten).

Bsp.: Korrekte systematische Bezeichnung für den Emmer: ***Triticum turgidum*** **L. ssp. *dicoccum* (Schrank) Thell.** Dabei steht *T. turgidum* für tetraploide Formen des Weizens = „Art“. Alle bekannten tetraploiden Formen sind Unterarten davon, da sie kreuzbar sind.

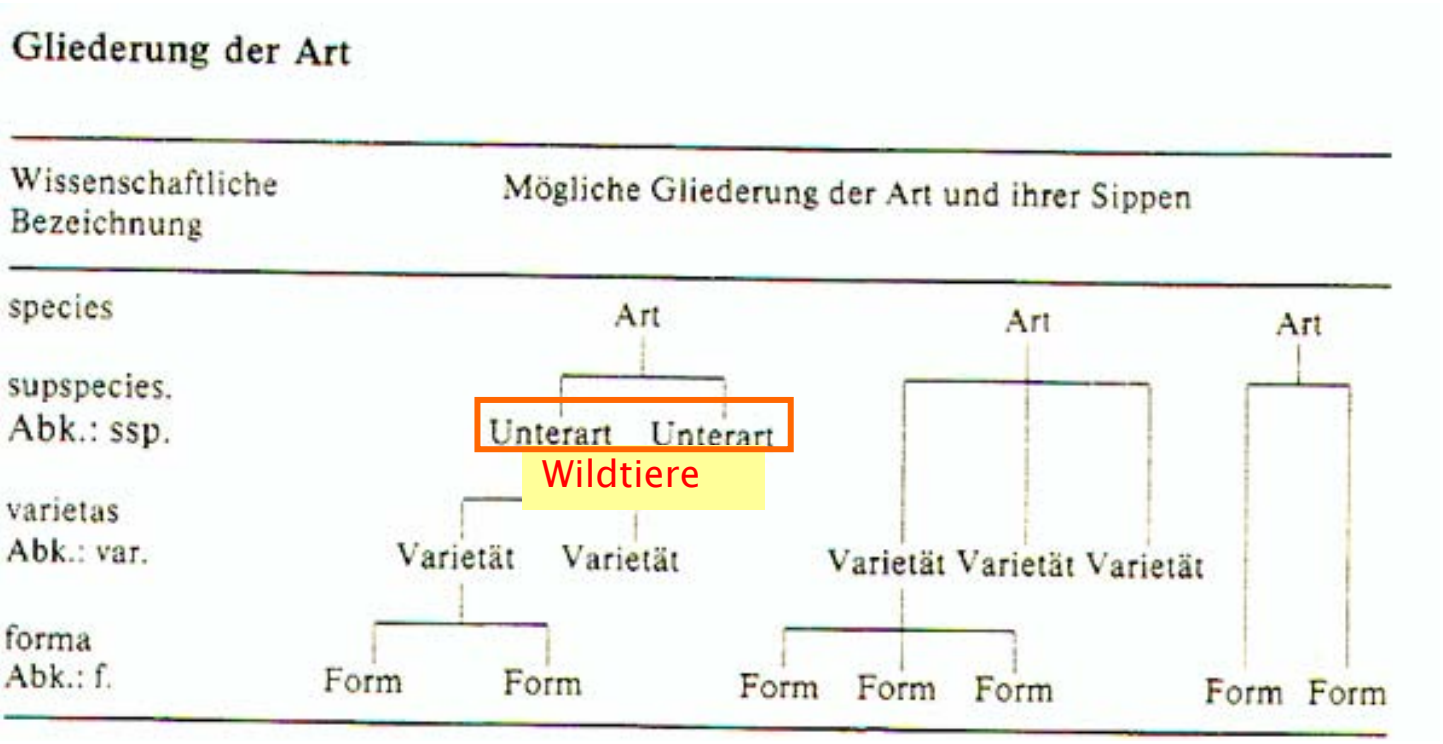
Aber **ACHTUNG**: Die Bezeichnung der Arten bei Kulturpflanzen ist **NICHT** immer der Name der Wildform. Grund dafür ist meist, dass diese oft nicht sicher identifiziert ist.

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.

Gliederung einer Art: Tiere

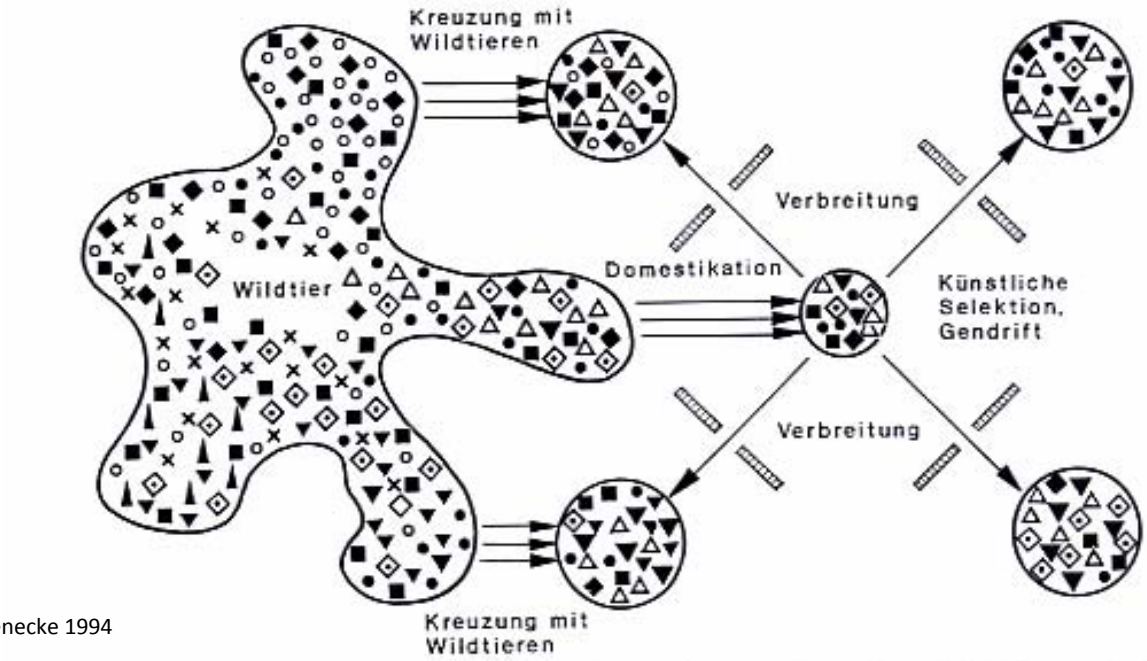


Gliederung einer Art: Tiere: (Forts.)

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**

Genetische Mechanismen der Domestikation, Bsp. Tiere:

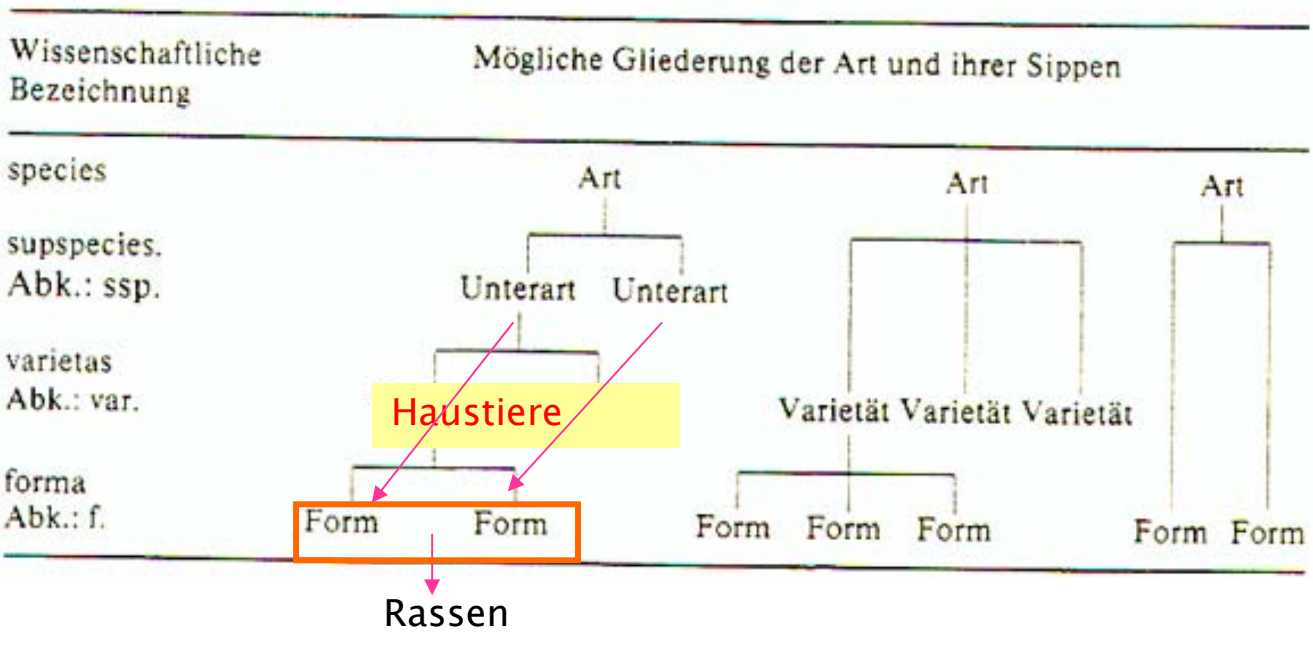


Benecke 1994

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).

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.

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 Zähmungen 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 Fellfärbung 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.

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).

Wie konnten aus Wildpfanzen nur Kulturpflanzen werden? Die Beantwortung dieser Frage ist eng verbunden mit

Vorstellungen über die Anfänge der Domestikation:

Ausgangspunkt ist die Nutzung von Wildpflanzen. Wildbeuter in der ausgehenden letzten Eiszeit (um 25‘000 – 12‘000 vor Chr.) nutzten eine grosse Zahl von Wildpflanzen. Sie kannten ihre Nahrungsressourcen sehr genau. Unter den gesammelten Pflanzen waren auch die Vorfahren späterer Kulturpflanzen wie Wildgerste, Wilde Weizen usw. (Siehe z.B. Weiss et al. 2004 a und b, 2006, Savard et al 2006, Willcox 2008). Der Ablauf des **Domestikationsprozesses kann nur modellhaft** umschrieben werden**.**

Fest steht: Extensives Sammeln und wieder Abernten von Pflanzen und ihre Vorratshaltung sowie die Haltung von Tieren in Gefangenschaft lohnt sich erst, wenn mindestens ein Teil einer Gemeinschaft **sesshaft** ist! Eine wichtige Voraussetzung für den Beginn von Domestikation ist deshalb **SESSHAFTIGKEIT,** die man beispielsweise im Vorderen Orient seit mind. 12‘000 v. Chr. feststellen kann.

Domestikationsprozess: Hypothesen / Modell: Forts.

Die Landwirtschaft begann wohl als ein Versuch, die **Landschaft so zu modifizieren**, dass essbare Wildpflanzen besser wuchsen und jagdbare Tiere in grösserer Zahl vorhanden waren (ethnographische Quellen: in bewaldeten Gebieten z.B. mit Hilfe von Feuer). Beobachtungen der eigenständigen Aussaat von Wildpflanzen z.B. an saisonalen Camps, die immer wieder aufgesucht wurden, bewogen die Menschen vielleicht, **Pflanzenindividuen mit vorteilhaften Eigenschaften einzusammeln** und einem anderem Ort aktiv auszusäen. Damit begann eine **Kultivierung** und gleichzeitig eine **Selektion** im Hinblick auf „crop improvement“ . Innerhalb der kultivierten Population kam es weiter zu einer Auslese von Pflanzen mit besonders vorteilhaften Eigenschaften (zum Teil waren dies Mutanten, die in der Natur nicht überlebensfähig gewesen wären). Diese bildeten die Basis für die folgenden Generationen (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).

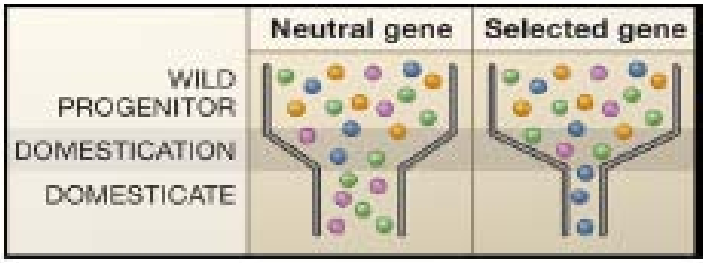


Figure 2. The Effects of the Domestication Bottleneck on Genetic Diversity

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, links, Grafik oben), 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 eliminiert (Bsp. Bild oben, rechts: Selektion im Hinblick auf das blaue Allel). Dies ist nachweisbar, wenn man Wildformen mit heutigen Kulturformen genetisch vergleicht.

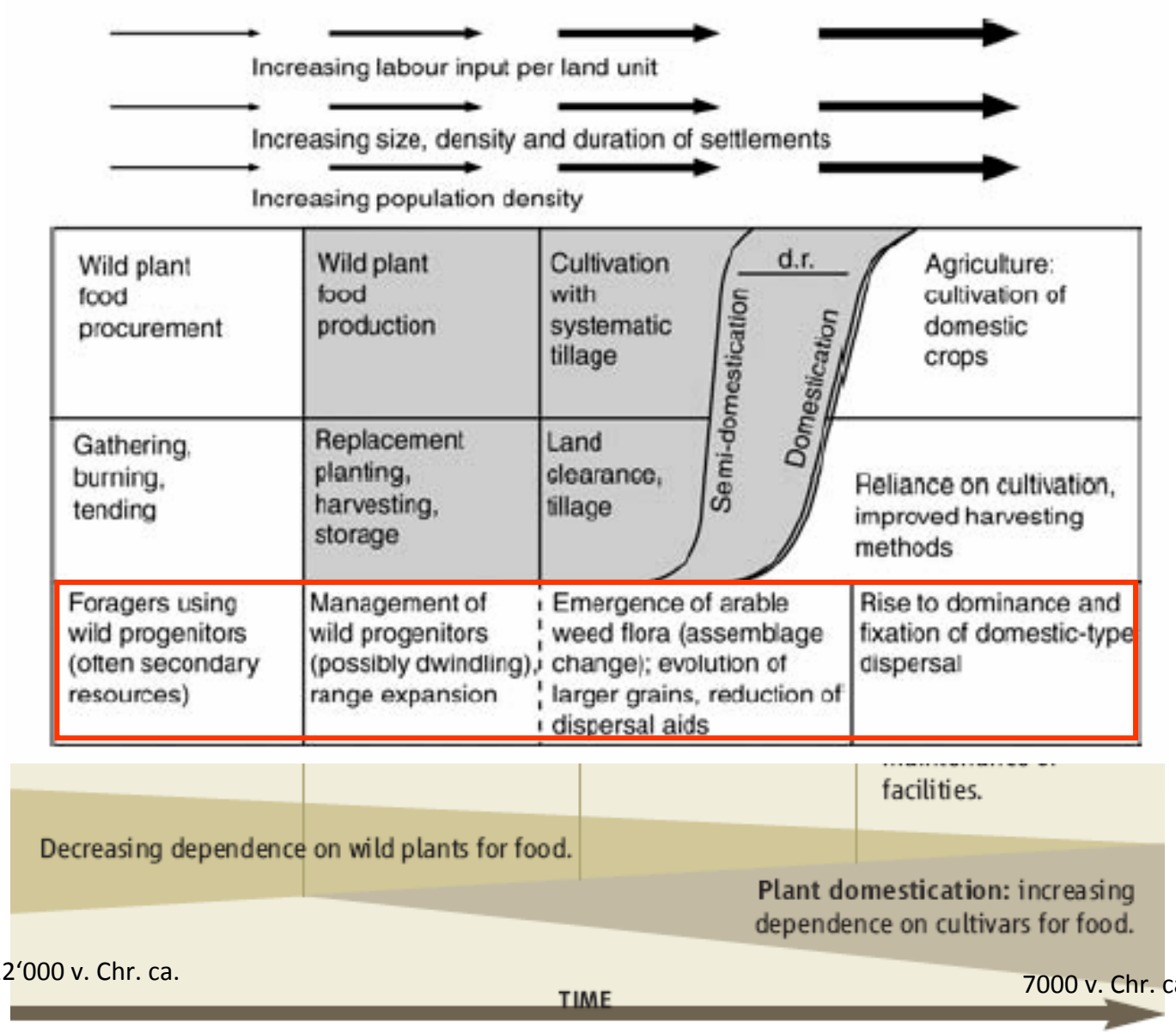
Allmählich müssen in der **kultivierten Population** genetisch und phänotypisch von der Wildform abweichende Typen dominiert haben, die in der Natur nicht überlebensfähig gewesen wären.

Das Ergebnis des Domestikations-Prozesses ist eine **Domestizierte Population = Kulturpflanzen**!

(wichtig: die Art des Aberntens (Ernteweise) hatte grossen Einfluss darauf, dass sich Mutanten halten resp. durchsetzen konnten - dazu folgen später weitere Ausführungen)

Zusammenfassend lässt sich der Domestikationsprozess modellhaft folgendermassen darstellen (siehe Schema auf der folgenden Seite):

Zusammenfassung: mehrstufiges Domestikations-Modell



Fuller 2007 (modifiziert, nach Harris 1989); Balter 2007

Rot umrahmt: Sichtbarkeit im archäobotanischen Material

Man stellt sich vor, dass während des Domestikationsprozesses die Anbaupflanzen immer abhängiger vom Menschen werden, damit sie überleben können; gleichzeitig erhöht sich ihre Produktivität (z.B. grössere Samen); damit dies geschieht, muss mehr Arbeit in die Feldpräparierung gesteckt werden („inreasing labour input per area").
Im Lauf der Zeit nimmt gleichzeitig die Abhängigkeit von Wildressourcen ab und jene von kultivierten Ressourcen steigt an.

Charakteristika von Kulturpflanzen: Kulturpflanzenmerkmale

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

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 (±*)
- Grössere Samen und Früchte *
- Mehr Samen und Früchte (z.T. aber auch weniger, dafür sehr grosse!)
- Dünnere Samenschalen (meist) (±*)
- 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)

Fazit Pflanzendomestikation (u.a. nach Zeder et al. 2006)

- Die Domestikation war kein kurzfristiges Ereignis
- Wild-Pflanzen (und Wild-Tiere) wurden **nicht plötzlich** in Kulturpflanzen (und Haustiere) verwandelt.
- Wie wir noch sehen werden, zeigen archäobotanische Fakten zeigen, dass vermutlich lange Zeit **oft Wildpopulationen** geerntet wurden, oder dass die Ernte **meist** auf eine Weise stattfand, welche das Auftreten von domestizierten Mutanten **nicht** förderte. Das heisst:
- Domestikation muss eher als kumulativer Prozess gesehen werden: beide Seiten (Pflanze resp. Mensch) machten allmähliche Änderungen durch und werden dadurch **allmählich voneinander abhängig.**
- Manche frühen Domestikations”versuche” wurden auch wieder aufgegeben (z.B. Roggen) (siehe Weiss et al. 2006)

Definitionen wichtiger Begriffe

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

Kultivierung: Wenn Aussaat und Ernte **keine genetische Veränderung** der Wildart durch Selektion zur Folge haben, spricht man von **Kultivierung.** Durch Kultivierung müssen also nicht unbedingt Kulturpflanzen entstehen! D.h. **Kultivierung** ist ein **neutraler** Begriff, den man am besten mit „**Anpflanzen**“ umschreiben kann. Man kann sowohl genetisch wilde, als auch genetisch veränderte Pflanzen = Kulturpflanzen kultivieren.

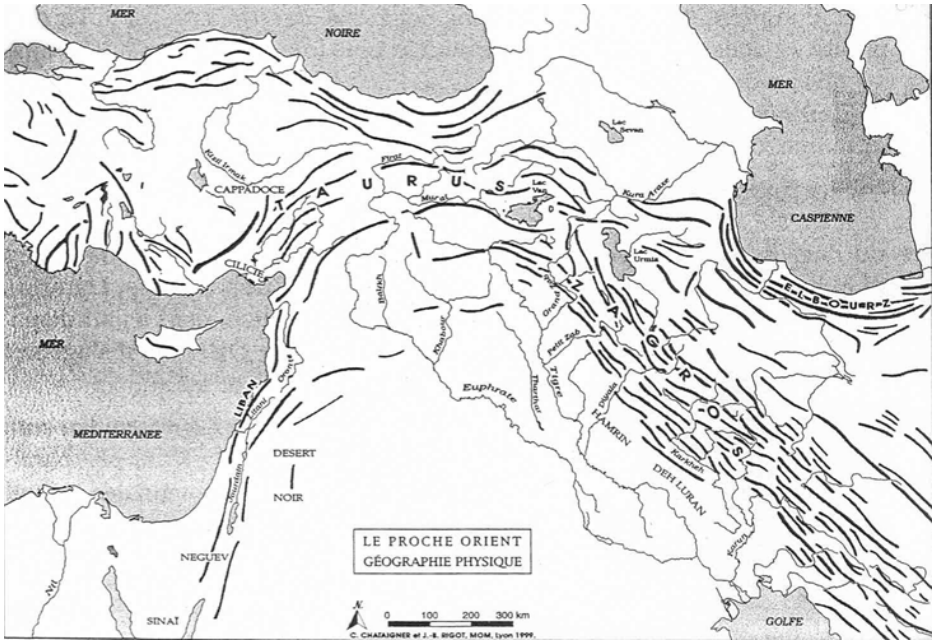
Domestikation: Erst, wenn bei der Kultivierung eine Selektion in Richtung **genetischer Veränderung** eintritt, spricht man von **Domestikation**.

Umweltentwicklung im Vorderen Orient im Verlauf der Neolithisierung

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

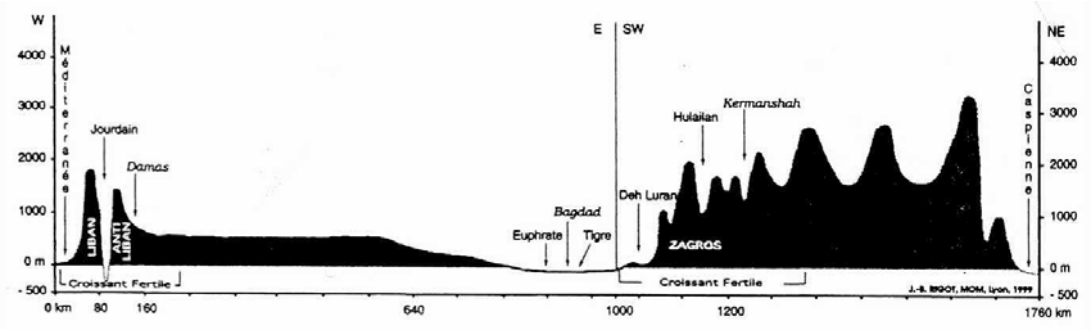
Den Übergang von der aneignenden zur produzierenden Wirtschaftsweise bezeichnet man – wie bereits erwähnt - als **Neolithisierung.** Sie vollzog sich im **Zeitraum** des ausgehenden **Pleistozäns** (also geologisch der älteren Abteilung der Formation QUARTÄR) und des beginnenden **Holozäns** (also geologisch der jüngeren Abteilung der Formation QUARTÄR), in Sonnenjahren vor heute ist dies der Zeitraum zwischen etwa 120‘000 und 8000 v. Chr. (detaillierte Chronologietabelle siehe 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



Aurenche & Kozlowski 1999

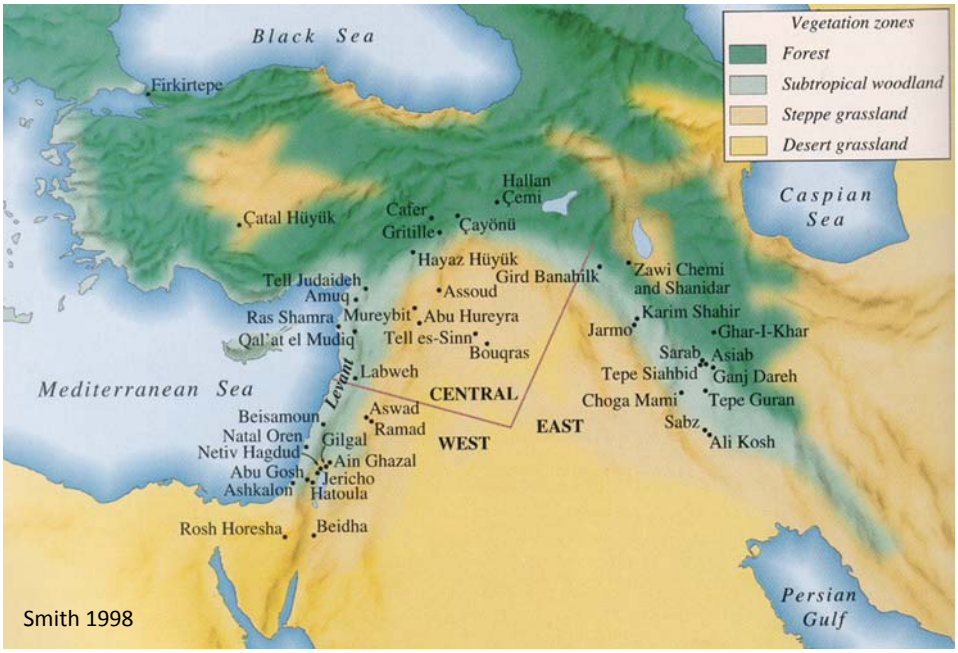
Schnitt SW-NE:



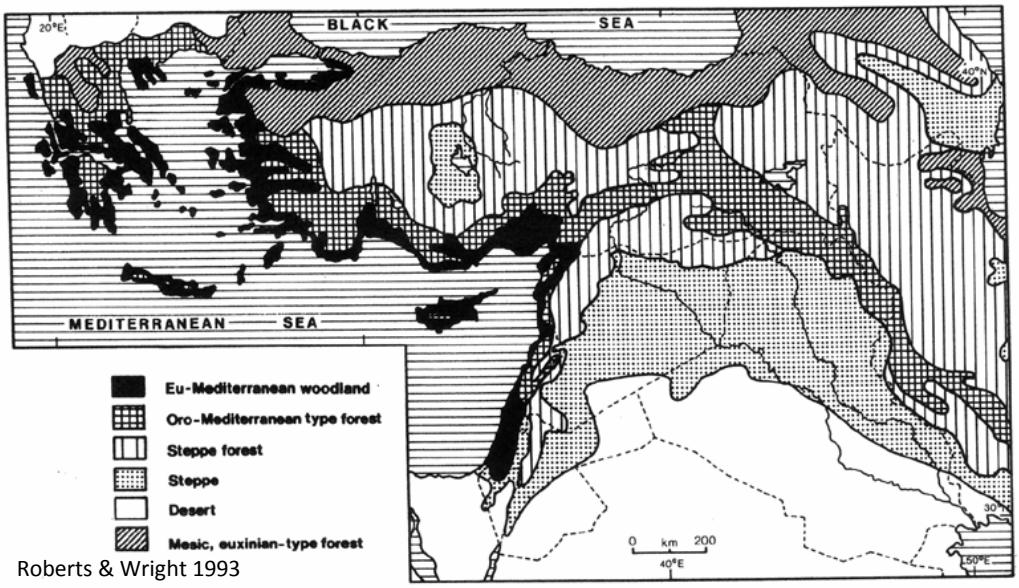
Heutige Klima- und Vegetations-Verhältnisse im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (Forts.)

Potentielle natürliche Vegetation: Übersicht

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



Smith 1998



Roberts & Wright 1993

Küste: mediterranes Klima. Natürliche Vegetation: immergrüner **Wald** (eu-mediterranean woodland) mit z.B. Steineiche, Aleppokiefer, 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:

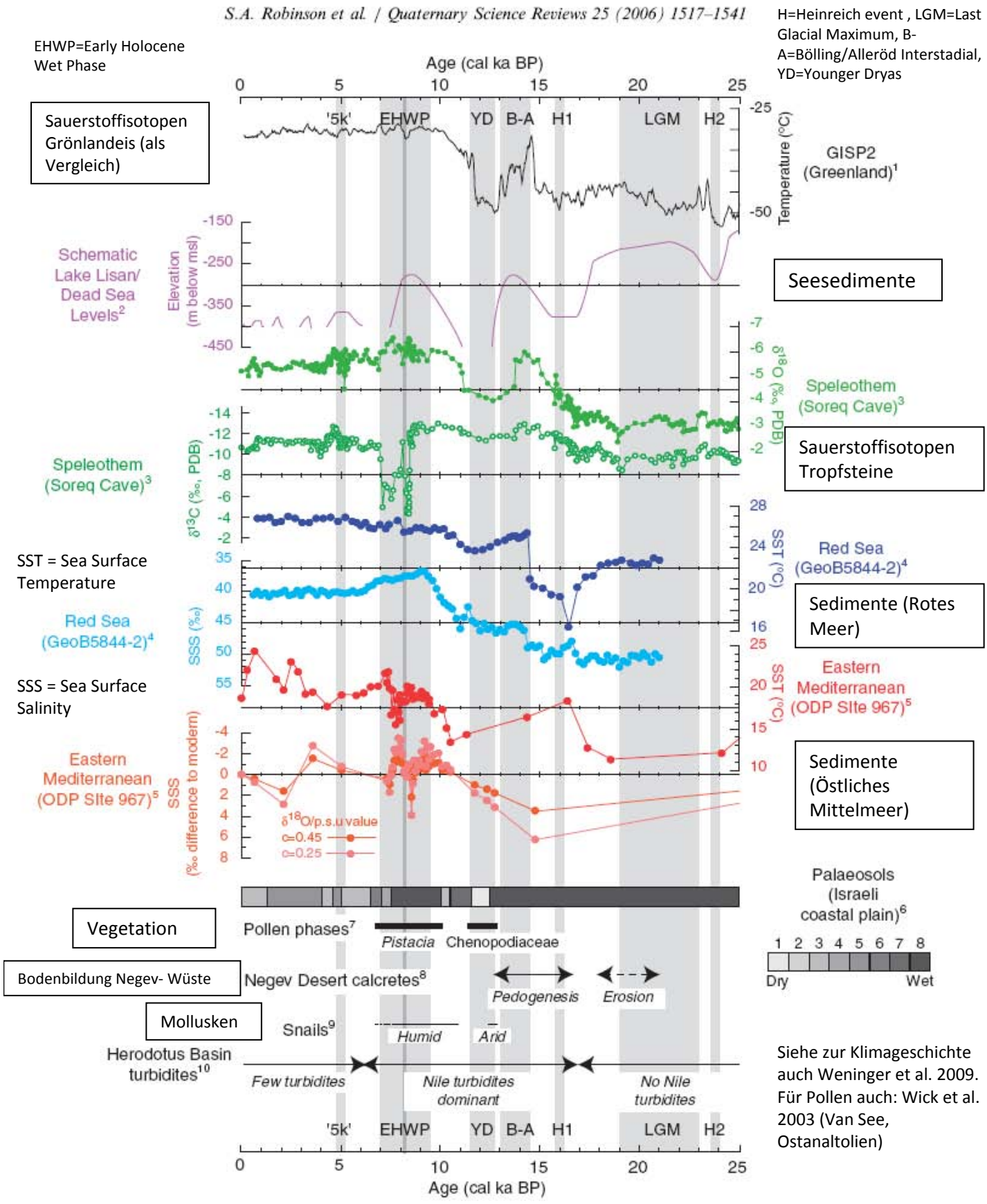
Steppe (steppe), baumlos: Gehölze nur entlang von Wasserläufen. Wichtigste Elemente sind Zwergsträucher und Kräuter wie *Artemisia* (Wermut). Kontinentales Klima (heisse Sommer, kalte Winter), Jahresniederschlag 100-200 mm, Wintermaximum

eine wichtige Rolle spielen in der Steppenzone die **Flussauen** (z.B. Waldbestände in → Holzversorgung / Standorte für Sammelpflanzen)

Wüste (desert): Mit nur noch vereinzelten 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



EHWP=Early Holocene Wet Phase

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

Sauerstoffisotopen Grönlandeis (als Vergleich)

Seesedimente

Sauerstoffisotopen Tropfsteine

SST = Sea Surface Temperature

Sedimente (Rotes Meer)

SSS = Sea Surface Salinity

Sedimente (Östliches Mittelmeer)

Vegetation

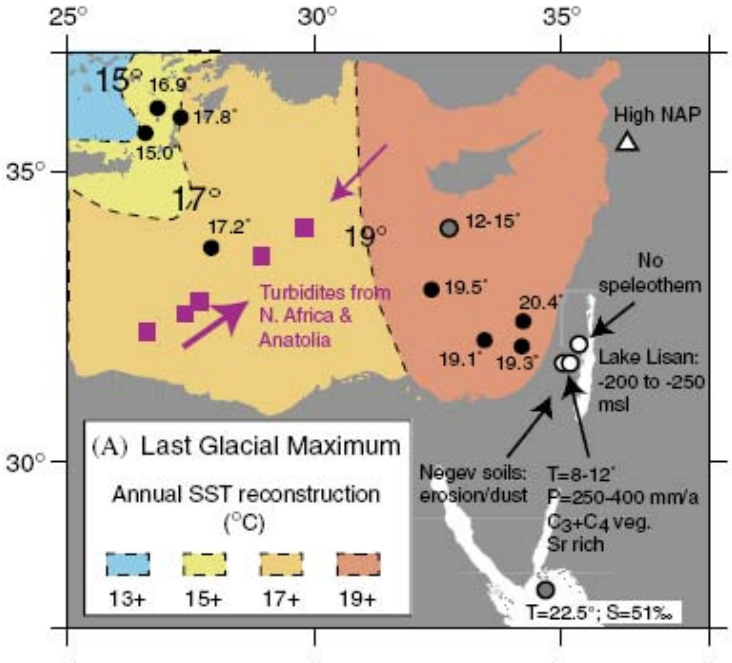
Bodenbildung Negev- Wüste

Mollusken

Siehe zur Klimageschichte auch Weninger et al. 2009. Für Pollen auch: Wick et al. 2003 (Van See, Ostanaltolien)

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).

Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung (Forts.)



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

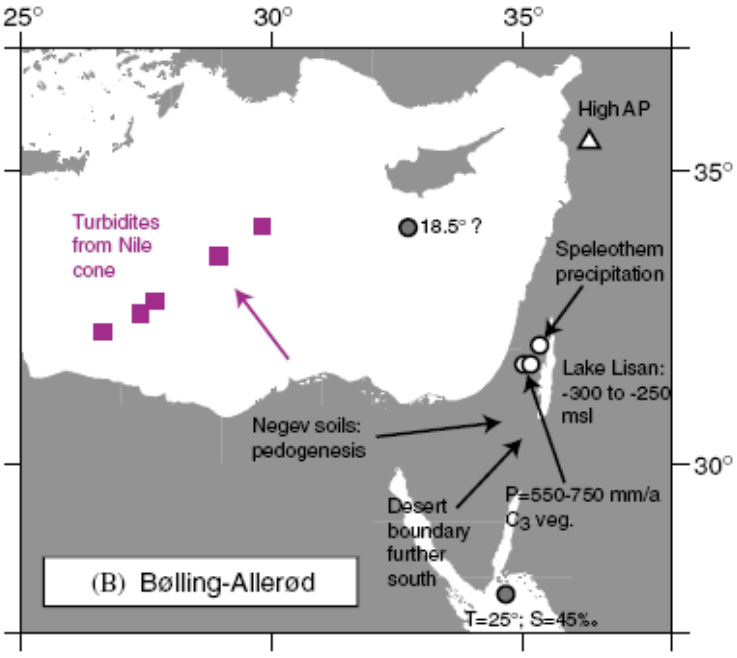
Meeresoberflächentemp. (SST) deutlich tiefer als heute (Rek. schwanken zw. 12 und 19 Grad C). Salzgehalt (SSS) höher als heute.

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

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

Vegetation: Hohe NAP (=Non Arboreal Pollen = Nichtbaumpollen) – Anteile von *Artemisia*, *Ephedra*, Chenopodiaceae, Gräser (Poaceae) in Pollendiagrammen: Steppe – Halbwüste mit lückiger Vegetation.

Fazit: trockeneres und kälteres Klima als heute



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

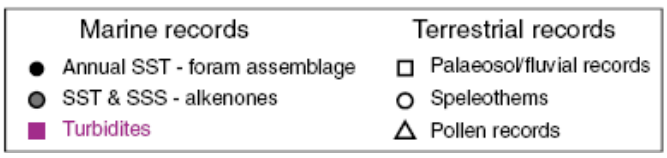
Meeresoberflächentemp. (SST) Daten z.T. unklar, Anstieg wahrscheinl. (v.a. Rotes Meer!)

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

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

Vegetation: Anstieg der Baumpollen%, Auftreten sommergrüner Eichen (Achtung: Datierung der wenigen vorhanden Pollendiagramme umstritten)

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

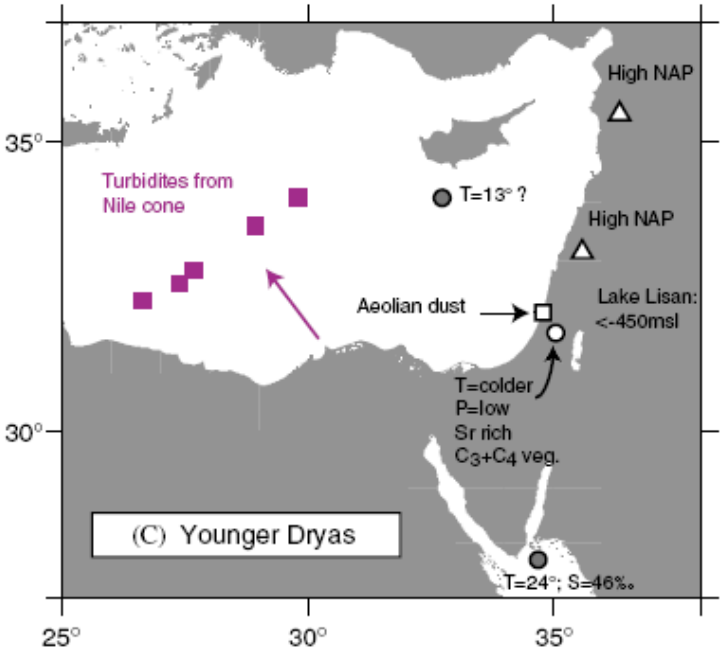


Kulturstufen: traditionell / vereinfacht nach Benz 2000 / siehe Chronologietetabelle „Neolithisierung" auf EVA-Server

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/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 Gvirtzman 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.

Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung (Forts.)



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

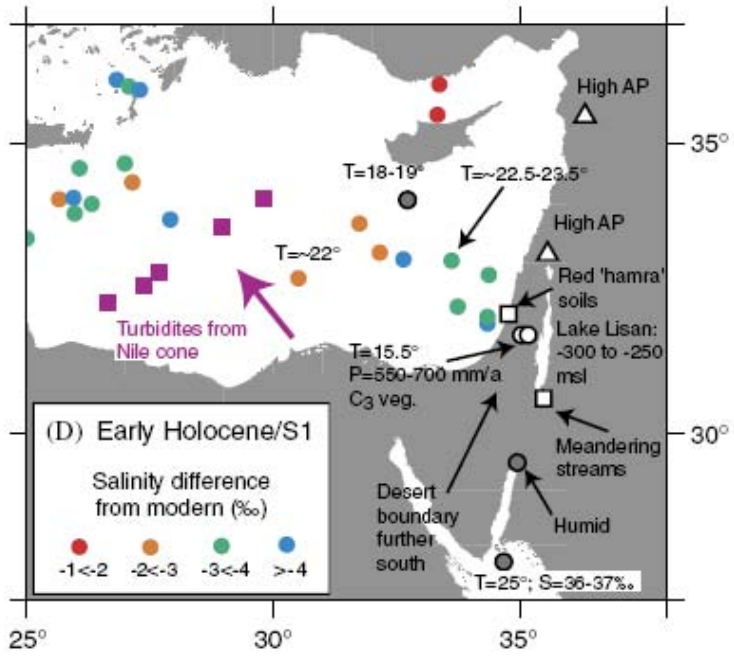
Sauerstoffisotopen: deuten auf Abkühlung und Trockenheit

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

Vegetation: Baumpollen-Rückgang, Anstieg NAP (v.a. Gräser, Ephedra, Chenopodiaceae, Artemisia), Deutet auf Jahres-N von < 150mm.

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 N).

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: Deutlicher Anstieg der Baumpollenwerte (v.a. *Pistacia, Quercus, Olea* usw. (siehe Diagramm Hula, insbes. ab 8500 v. Chr.)

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 Mittelmeer.

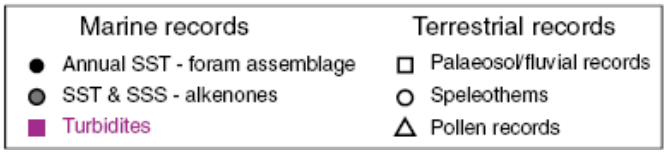


Abbildung 15 aus Robinson et al 2006

Kulturstufen: traditionell / vereinfacht nach Benz 2000 / siehe Chronologietetabelle „Neolithisierung" auf EVA-Server

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/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 Gvirtzman 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.

Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung (Forts.): Pollendiagramm von Hula, umdatiert

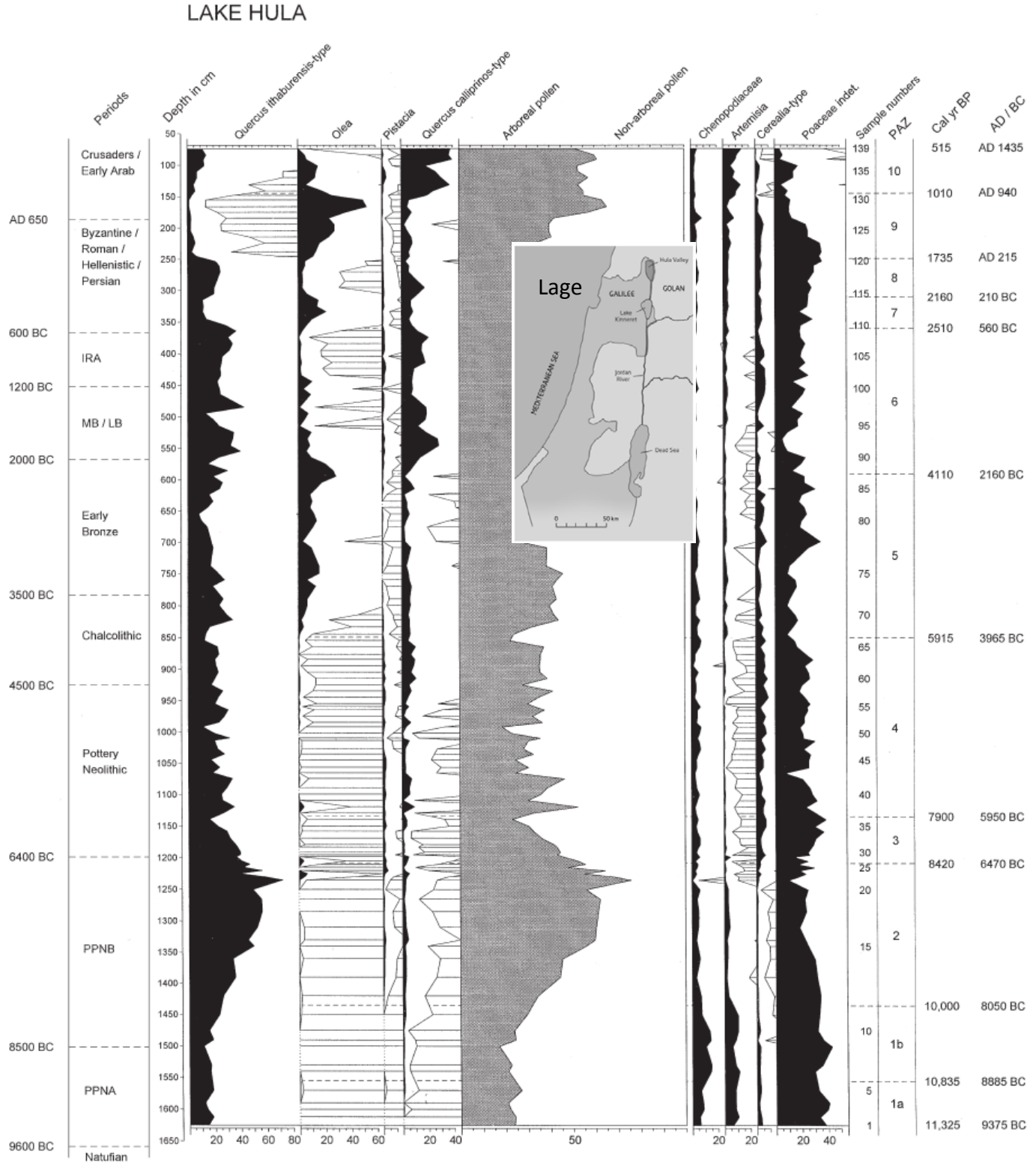


Fig. 5. Summary Hula diagram with alternative dating of the pollen profile. For explanation and discussion, see sections 5 and 8. The dating of the Pre-Pottery and Pottery Neolithic periods (in calibrated years BC) is according to Goring-Morris *et al*. (2009); the dates of the younger archaeological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

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

Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung (Forts.) / Veränderungen der Ökonomie im Verlauf der Neolithisierung

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 sensitiven 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 nicht mehr haltbar.

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

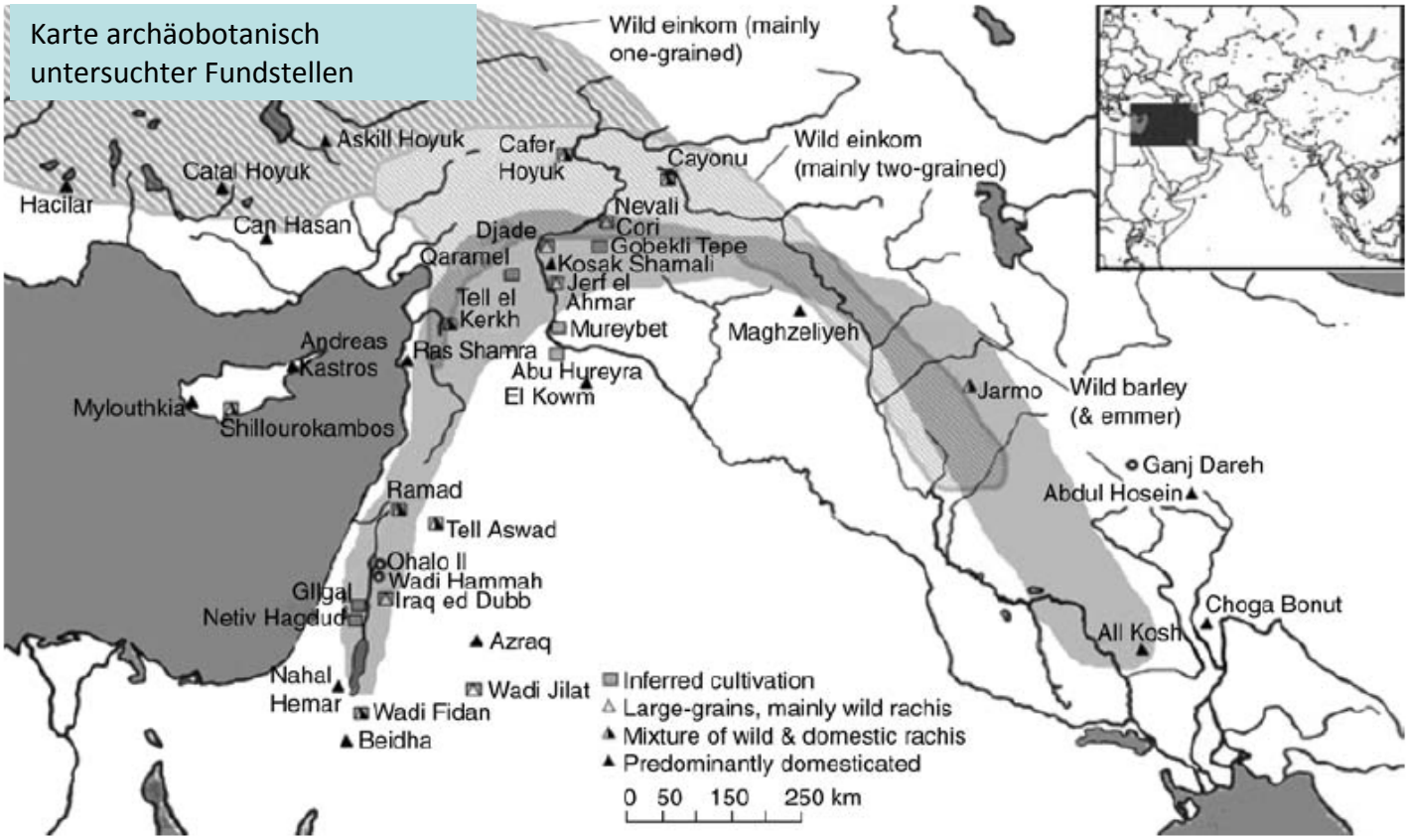


FIG. 2. Map of south-west Asia, showing the locations of sites with archaeobotanical evidence that contributes to understanding the origins and spread of agriculture. Sites are differentiated on the basis of whether they provide evidence for pre-domestication cultivation, enlarged grains, mixed or predominantly 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.

Fuller 2007

Forschungsstand Archäobotanik (Forts.)

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

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.):** Ohalo II (Jungpaläolithikum, 21'000 BC) / Wadi Jilat 6 / Wadi Hammeh 27 / Iraq ed Dubb I (Natufien) / Tell Qaramel / Tell Abu Hureyra I / Tell Mureybet I und II/ Hayonim Cave / Drah'

2) **des PPNA** / gemäss Benz 2000 des späteren entwickelten Protoneolithikums, **ca. 9'700-8'700 v. Chr**. : Netiv Hagdud / Jericho (??? Datierung ???) / Iraq ed Dubb PPNA / Tell Abu Hureyra intermediate (???) / Tell Mureybet III / Jerf el Ahmar / Tell'Abr / Qermez Dere / M'lefaat / Hallan Cemi / Cayönü Round House / Demirköy

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

Frühes PPNB: Wadi Jilat, Aswad (? ev. später); Mureybet IV; Djade; Asikli Höyük; Sillourokambos; Tell el Kerkh, Nevali Cori; Yiftahel; Jericho PPNB; Asikli H.; Can Hasan III

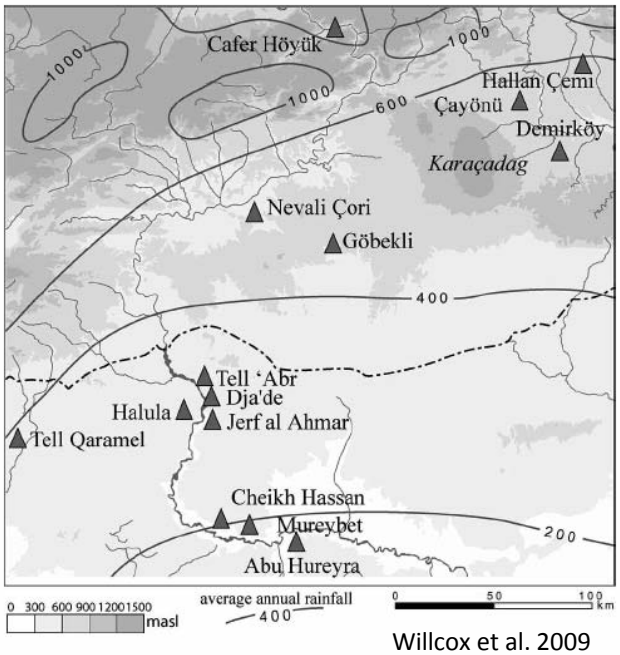
Spätes PPNB: Cafer Höyük III-VIII, El Kwom II, Catal Höyük, Azraq 31, Wadi Fidan A, Ramad, Abu Hureyra 2, Wadi Jilat 13, Wadi Fidan C, Magzaliyeh; Can Hasan III; Ain Ghazal

PPNB final / PPNC: Ali Kosh, Ganj Dareh, Jarmo u.a.

Fazit:

Total: rund 45 untersuchte Fundstellen – Forschungsstand lückenhaft!
Oft nur wenige Proben (oder ungenaue Angaben) mit nur wenigen hundert Pflanzenresten untersucht. Oft 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 3 einigermassen gut untersuchte Fundstellen (Abu Hureyra, Mureybet I und II).

Übersicht (meist) kürzlich archäobotanisch untersuchter Fundstellen aus dem Gebiet des "Goldenen Dreiecks" (Syrien, SE-Anatolien), aus dem Zeitraum ausgehendes Pleistozän bis Frühes Holozän



Willcox et al. 2009

Figure 1 Locations of the principal sites mentioned in the text. Karaçadag is the area nearest to the sites where stands of wild rye are found today

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

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!!

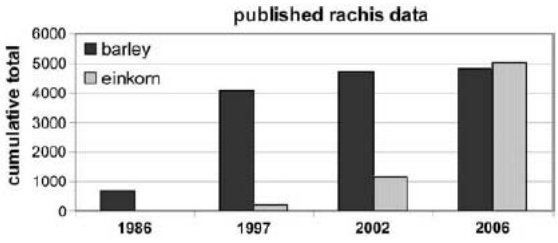


Fig. 1 Chart of the growth of published, quantified archaeological remains of barley rachis/einkorn spikelet forks from pre-pottery sites in the Near East. Note that in the late 1980s/early 1990s data were not available to test the rapid domestication model proposed by Hillman and Davies (1990, 1992), 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.)

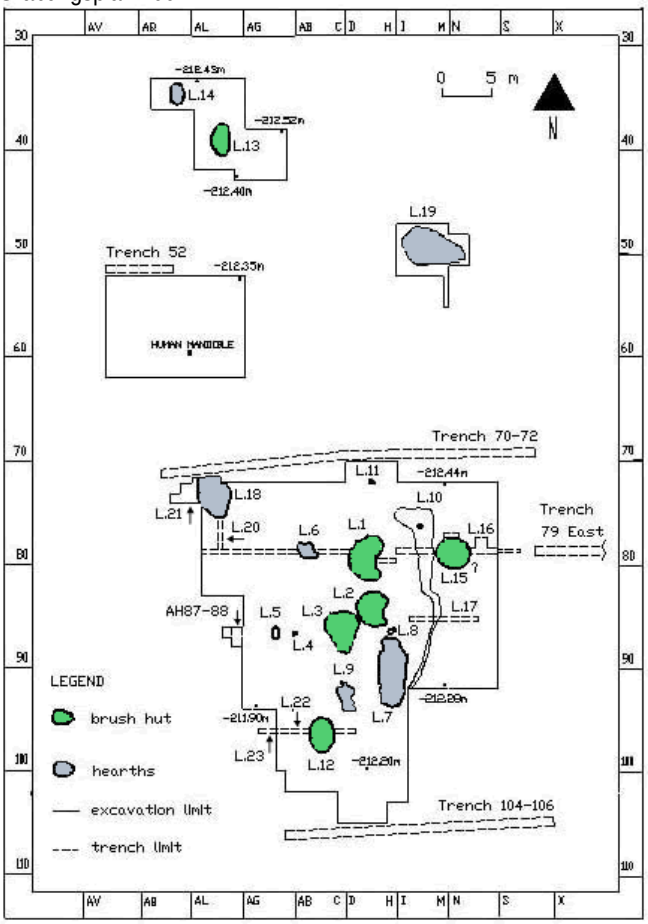
Allaby et al. 2010

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!

Ökonomie paläolithischer und protoneolithischer Fundstellen: was wurde gesammelt und gejagt? Waren die Leute sesshaft?

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)

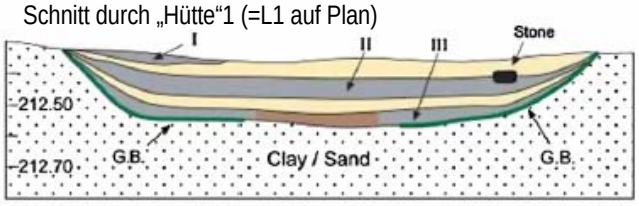
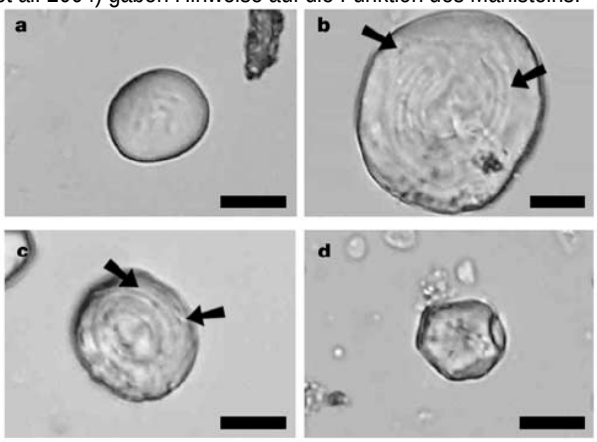


Fig. 3. An east–west cross-section through the floors of brush hut 1. Note the exaggerated vertical scale. I, II, III, the three floors, stone on right—the grinding stone discussed in text; GB, grass bedding.

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 m^3 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. 10). 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.

Spektrum essbarer Pflanzen (Kislev et al. 1992):

SEHR breites Spektrum!!!!

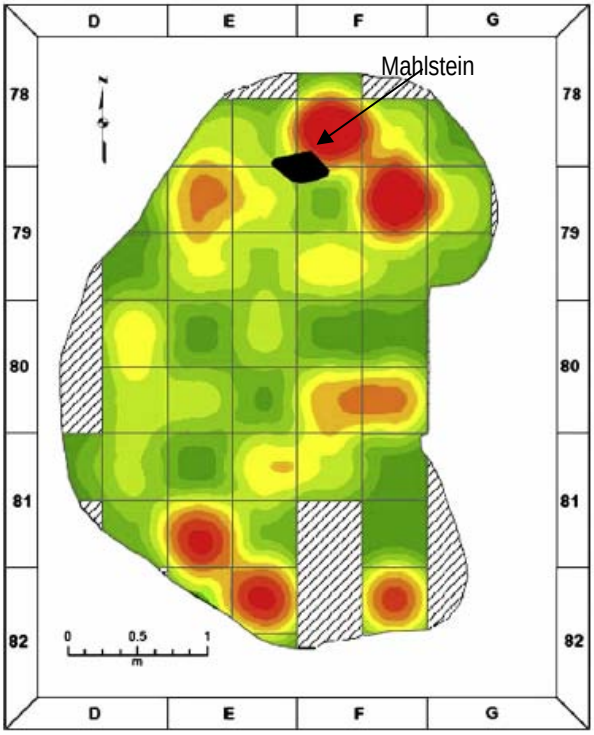
Charred edible plant remains from Ohalo II

Plant name	Plant organ	Quantity[1] a	b
Grasses with edible grains			
Aegilops geniculataperegrina	grain	110	12
Avena barbata Pott ex Link	grain		4
Avena sterilis L.	grain	8	
Bromus sp.	grain	1	4
Catabrosa aquatica (L.) Beauvois	grain	1	65
Hordeum bulbosum L.	grain	10	12
Hordeum glaucum Steudel	grain	6	20
Hordeum spontaneum C. Koch	grain	588	41
Hordeum spontaneum	rachis node		30
Triticum dicoccoides (Koernicke) Aaronsohn	grain	20	1
Triticum dicoccoides	spikelet base	1	8
Unidentified grasses	grain	15	91
Edible wild fruits			
Amygdalus sp.	nutshell fragment	2	
Crataegus sp.	stone	12	
Nitraria schoberi L.	stone	153	12
Olea europaea L.	stone fragment	1	
Pistacia atlantica Desfontaines	nutshell fragment	1	1
cf. *Pyrus syriaca* Boissier	seed	1	
Quercus sp.	nut fragment	14	29
Vitis vinifera L.	pip	2	
Ziziphus spina-christi (L.) Desfontaines	stone fragment	2	

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

Ökonomie paläolithischer und protoneolithischer Fundstellen: Ohalo II (Forts.)

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



Weiss et al. 2008

Grösse 3 x 4 m; 12 m^2; 0,5 x 0,5 m^2 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
Adonis dentata/microcarpa (mericarp)	71
Apiaceae (=Umbelliferae) (umbel and umbellule)	253
Atriplex rosea/leucoclada (fruit and seed)	1228
Bromus pseudobrachystachys/tigridis (grain)	9904
Hordeum marinum/hystrix (grain)	505
Hordeum spontaneum (grain)	606
Malva parviflora (mericarp)	594
Melilotus indicus (seed)	134
Piptatherum holciforme (grain)	819
Puccinellia cf. *convoluta* (grain)	673
Rubus sanguineus/canescens (nutlet)	175
Silybum marianum (achene)	115
Suaeda palaestina/fruticosa (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 Gräsersamen genutzt, sondern diente auch der Zubereitung anderer Pflanzen, ev. zu medizinischen Zwecken.

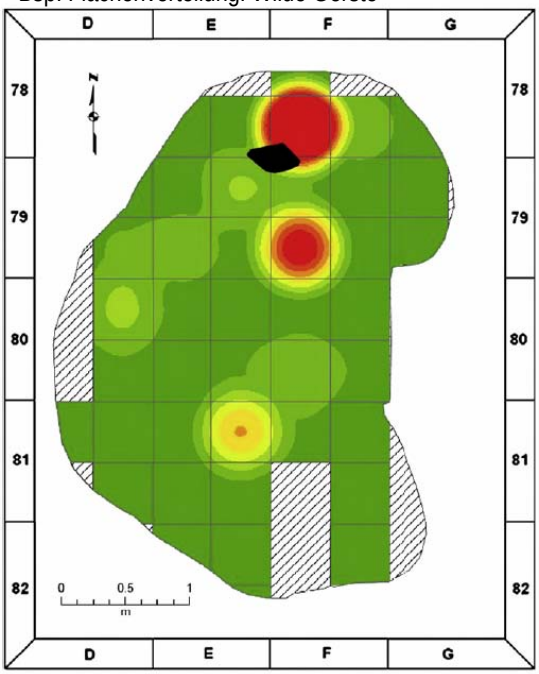
Sehr hohe Konzentration von Blüten (Doldenresten) eines Doldenblütlers, in Eingangsnähe. Dort wurden ausserdem auch Blütenköpfe von Senecio glaucus gefunden. Beide Pflanzen blühen im Frühjahr-Frühsommer und ergeben damit Hinweise auf die Belegungszeit; ob Reste von Blumenstrauss?

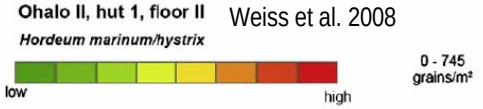
Wahrscheinlich als Baumaterialien verwendete Pflanzen (z. Bsp. Suaeda und Atriplex-Arten) clustern an versch. Stellen, v.a. entlang der Wände. Dies wird als Bestandteile der Wand resp. des Hüttendaches gedeutet.

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

Fig. 8. Distribution of *Hordeum marinum/hystrix* (505 grains) on floor II.

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).

Rekonstruktion einer jungpaläolithischen Hütte von Ohalo II: Verteilungen der Pflanzenreste und der Silices deuten auf eine getrennte Nutzung der Bereiche in der Hütte. Es kännte 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.

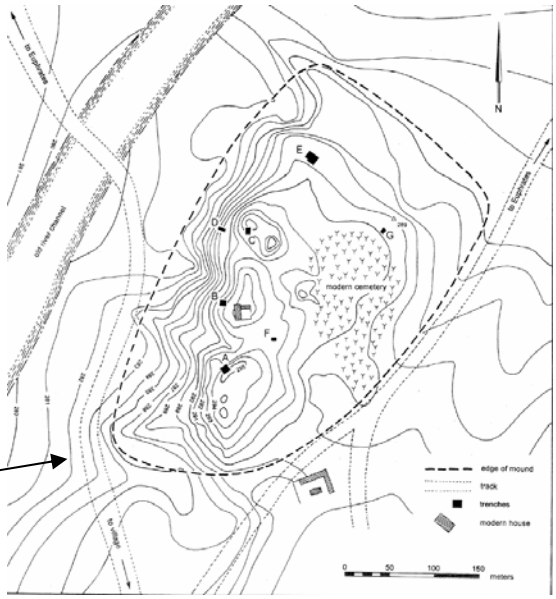
Ökonomie paläolithischer und protoneolithischer Fundstellen: Tell Abu Hureyra (Syrien, Euphrat-Tal) 1, Phasen 1-3

Besiedlungszeit: gemäss einer kritischen Revision aller (38) C^{14}-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 frühneolithsiche Siedlung AH 2 entsteht.

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!



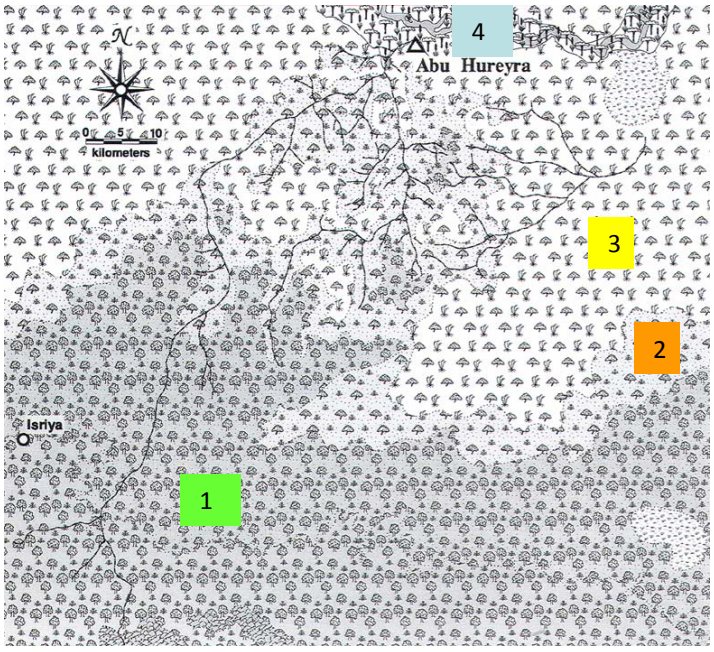
Archäobotanik (basierend auf Hillman 2000, in Moore et al. 2000, kritisch revidiert von Colledge & Conolly 2010)

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 Jadgtätigkeiten) deuten darauf hin, dass der Platz ganzjährig belegt gewesen sein muss.



Moore et al. 2000

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)

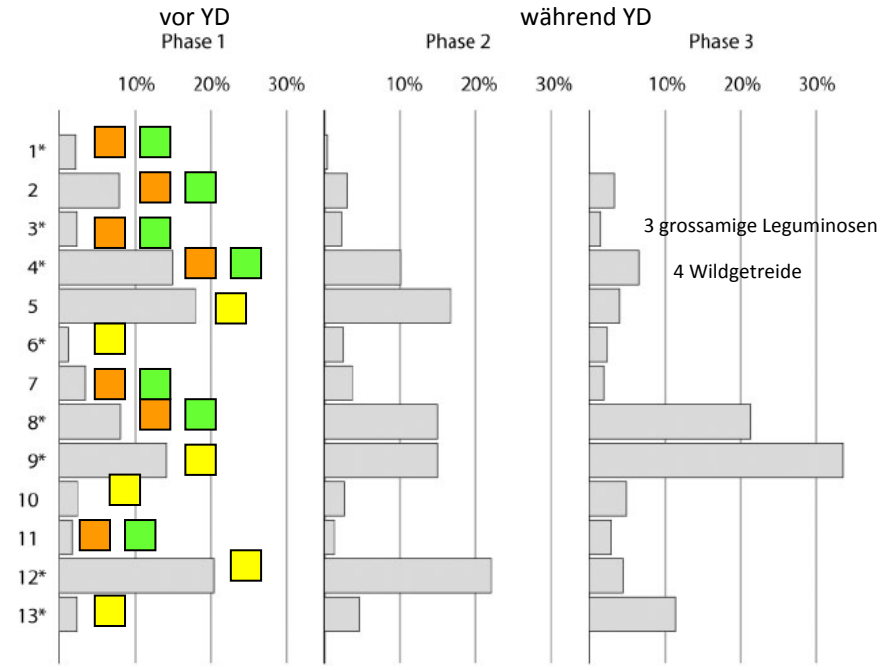
2: Waldsteppe mit (v.a.) Standorten von Wildgetreide (wilde Weizen, wilder Roggen: April-Juni); auch hier Baumfrüchte (Juni-Oktober), unterirdische Pflanzenorgane (Sept.-Jan.)

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), v.a. allem auch deren Rhizome (ganzjährig)

Ökonomie paläolithischer und protoneolithischer Fundstellen: Tell Abu Hureyra (Syrien, Euphrat-Tal) 1, Phasen 1-3

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



Changing proportions of taxa (represented as percentages of total dryland taxa) in Epipalaeolithic Phases 1–3 at Abu Hureyra 1 according to 13 ecological groups as specified by Hillman (2000, fig. 12.7) in Moore *et al.* (2000, 341–48) (groups with asterisks denote those described in Hillman *et al.* (2001)). 1: Food plants growing primarily in park-woodland; 2: Terebinth woodland-steppe; 3: Large-seeded edible legumes of park-woodland and least arid zone of woodland-steppe; 4: Wild-type cereals native to park-woodland and the least arid areas of woodland-steppe (eventually cultivated, with some thereafter growing as weeds of other crops); 5: Crucifers of steppe, woodland-steppe and some park-woodland (eventually also weeds of dryland cultivation); 6: Winter-flowering Chenopod shrublets of steppe and woodland-steppe (most with edible seeds); 7: Campions and their relatives of moist-steppe (eventually also weeds of cultivation); 8: Small- and medium-sized legumes of park-woodland, woodland-steppe and steppe (eventually also weeds of dryland cultivation); 9: Boraginaceae of steppe, woodland-steppe and park-woodland (eventually also weeds of dryland cultivation); 10: Other dicotyledons of steppe, woodland-steppe and park-woodland; 11: Liliaceae of moist-steppe, woodland-steppe and open areas of park-woodland; 12: Perennial tussock-grasses (e.g. *Stipa* spp.; all edible grained) of steppe, woodland-steppe and occasionally park-woodland; 13: Edible, small-grained grasses mainly of steppe and woodland-steppe (eventually also weeds of dryland cultivation)

%-Anteile der Samen an der Anzahl pro 200 Liter (nach Colledge & Conolly 2010)

Bereiche mit Waldsteppe unterschiedlicher Zusammensetzung

Trockenere Steppenbereiche

Interpretation:

Die Anteile von Vertretern von Wald-Steppenformationen zeigen im Lauf der kalten und v.a. trockenen jüngeren Dryaszeit meist einen Rückgang. Dafür nehmen die Anteile von Vertretern aus den trockeneren Steppenbereichen zu (praktische keine Veränderungen zeigen die Vertreter der Talauenpflanzen). Dies wird als a) Veränderung der Vegetation in der Umgebung und b) eine Anpassung der Sammelstrategien gedeutet.

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 sagen, 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??? (siehe S. 13 ff.). Zuerst aber:

Fazit: Pflanzennutzung im Epipaläolithikum (resp. frühen Protoneolithikum bis erste Phase entwickeltes Protoneolithikum, gemäss Terminologie Benz 2000)

Der Forschungsstand (insbes. archäobotanisch) ist schlecht (d.h. eigentlich sind nur 3 Fundstellen untersucht: Abu Hureyra I und Mureybet I+II, beide am mittl. Euphrat, siehe Willcox et al. 2009) – ein abschliessendes Fazit ist kaum möglich! Allerdings erscheint Sesshaftigkeit durch Pflanzenfunde trotzdem klar belegbar. Auch andere archäologische Fakten (z.B. schweres Gerät wie Steinmörser) sprechen ebenfalls 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.

Die archäobiologischen Ergebnisse zeigen aber auch, dass Sesshaftigkeit ab dem Epipaläolithikum nur an solchen Orten möglich war, wo 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. Letztere weisen 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 *Boloboschoenus*, Cyperaceae) hatte wahrscheinlich eine höhere Bedeutung für eine sesshafte Lebensweise als jene von Wildgetreide.

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!

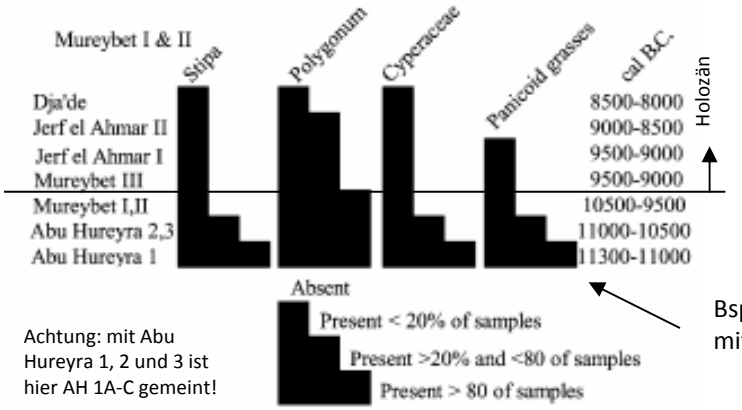
Ab wann und mit welchen Mitteln lässt sich Kultivierung nachweisen?

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:



Achtung: mit Abu Hureyra 1, 2 und 3 ist hier AH 1A-C gemeint!

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"

Table 12 Presence/absence of a selected weed assemblage (first identified at Jerf el Ahmar) showing that while these taxa are almost absent from the Kebaran site, the Natufian, Kiamian and PPNA sites have progressively more weeds of cultivation which may reflect the increasing adoption of cultivation at these sites

	Jerf	*Qaramel*	*Abu Hureyra*	*Ohalo II*
Adonis	P	P	A	A
Alyssum/Lepidium	P	A	P	A
Bellevalia	P	P	P	A
Centaurea	P	A	A	A
Coronilla	P	P	A	A
Erodium	P	A	P	P
Fumaria	P	A	A	A
Galium	P	P	A	P
Glaucium	P	P	P	A
Heliotropium	P	P	P	A
Onobrychis	P	A	P	A
Silene / Gypsophilia	P	P	P	A
Thymelaea	P	P	A	A
Trifoliae	P	P	P	A
Trigonella	P	P	A	A

PPNA ← Pal.

Wohl der beste Nachweis für den Beginn einer Kultivierung ist die stetige Zunahme von potentiellen Unkräutern im Lauf der Zeit!

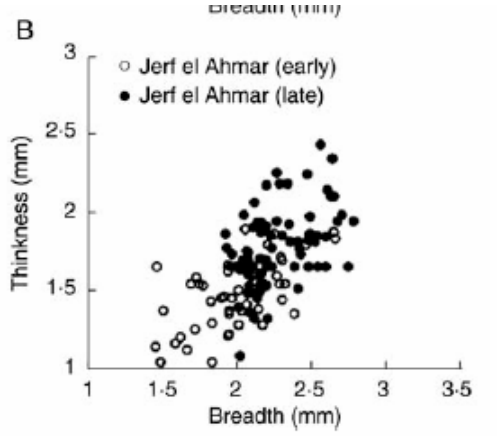
Sie müssen mit der Ernte von kultivierten Pflanzen in die Siedlungen gelangt sein

Aber erst in PPNA-Fundstellen sind Unkräuter sehr stetig vorhanden (siehe Tab. links). In epialäolithischen Fundstellen (z. Bsp. Abu Hureyra) von Hillman (2000) als Unkräuter gedeutete Pflanzen sind nicht eindeutig zu interpretieren (siehe dazu die Diskussion von Colledge & Conolly 2010).

Eine klare Zunahme der Unkräuter gibt es also erst mit Beginn des Holozäns.

Ab wann und mit welchen Mitteln lässt sich Kultivierung nachweisen? (Forts.)

4. Zunahme der Körner-Grössen von Getreide

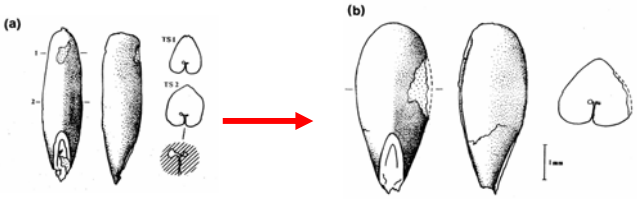


Zunahme des Kornvolumens im Verlauf der Belegungszeit von Jerf el Ahmar (PPNA), Fuller 2007, nach Willcox

Sehr bald nach Beginn einer vermuteten Kultivierung, deutlich 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 zu).

Früheste Hinweise auf eine Zunahme der Körnergrössen finden sich bereits in epipaläolithischen Fundstellen, so in Abu Hureyra 1:



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.

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

Drusch wurde ab PPNA in grossen Mengen als Magerungsmittel für Lehmziegel genutzt. Solches ist aus spätpleistozänen (epipaläolithischen) Fundstellen nicht bekannt.

6. Lagerhaltung:

Lagerhaltung von grösseren Getreidemengen in kommunalen Bauten, z. Bsp. in Jerf-el-Ahmar, PPNA (Stordeur & Willcox, unpubliz. Daten)

Weitere Fakten:

Archäozoologisch:

Ab PPNA werden erstmals Knochen von Hausmäusen gefunden (*Mus musculus domesticus*) (Cucchi et al. 2005)

Table 8 Scores for charred animal droppings found at three of the sites

Charred coprolites	Abr		Dja'de		Jerf		Qaramel	
	T	Ub%	T	Ub%	T	Ub%	T	Ub%
Ungulate			2	1				
Small rodent			221	25	51	11	49	25

Archaeozoological analyses suggest that the small rodent droppings were probably of *Mus musculus domesticus*, the common house mouse. Those of the ungulates are more problematical

Nachweise von verkohltem Mauskot in frühen Fundstellen des mittleren Euphrat (Willcox et al. 2008).

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!

Ab wann und mit welchen Mitteln lässt sich Kultivierung nachweisen? (Forts.) / Einflüsse des Klimas auf den beginn der Kultivierung

Fazit Nachweis Kultivierung:

Nachweise von Kultivierung im ausgehenden Pleistozän (Epipaläolithikum resp. frühes / beginnendes entwickeltes Protoneol.) sind allesamt **zweifelhaft** – die Datenlage ist zu schlecht! Allerdings ist Sesshaftgkeit ab dem Epipaläolithikum resp. dem frühen Protoneolithikum klar zu belegen.

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"), die späteren Kulturpflanzen ("founder crops").

In der Phase der frühen Kultivierung, also spätestens ab ca. 9'700 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). Mögliche Gründe dafür (nach Willcox et al. 2008) sind: regelmässiges Aufstocken des Saatgutes aus Wildbeständen, Abernten in unreifem Zustand ….. siehe dann einzelne Taxa!

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, dafür 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. 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.

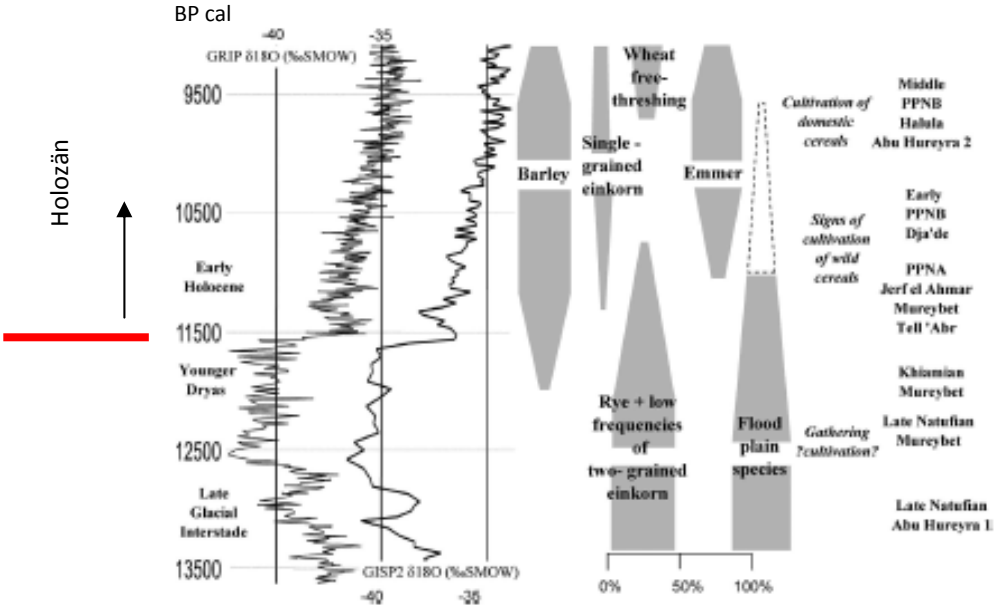
Ist der Beginn der Kultivierung klimatisch bedingt?

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)

Einflüsse des Klimas auf den Beginn der Kultivierung?



Domestikation

Kultivierung setzt sich durch; Verschmälerung des Ressourcenspektrums

Sammeln überwiegt, breites Ressourcen-spektrum

Willcox et al. 2009

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“ Hochzuchtrassen, welche nur unter bestimmten Bedingungen gut gedeihen). D.h. das Klima kann beim Übergang zur Kultivierung wohl kaum eine entscheidende Rolle gespielt haben! Man muss hier vielleicht doch eher mit bewussten Entscheidungen von Menschen rechnen.

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 relatives ….hence, 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)

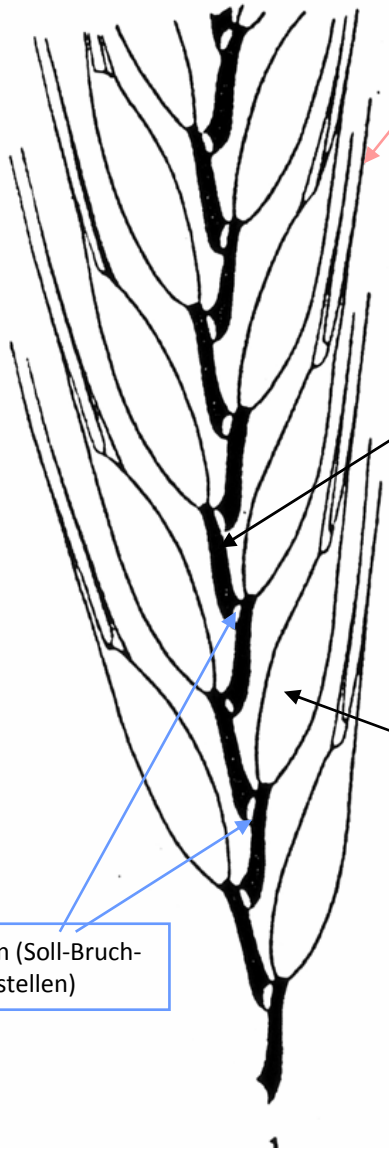
mehr Ährchen / Blüten → mehr Körner → höherer Ertrag!

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 (Nacktweizen, 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!)

Morphologie: Ähre



Grannen

Ährenspindel/-achse = Rachis,
Bestehend aus einzelnen Spindelgliedern
(Rachisfragmenten, Internodien)

häufigste Funde aus archäologischen Ablagerungen

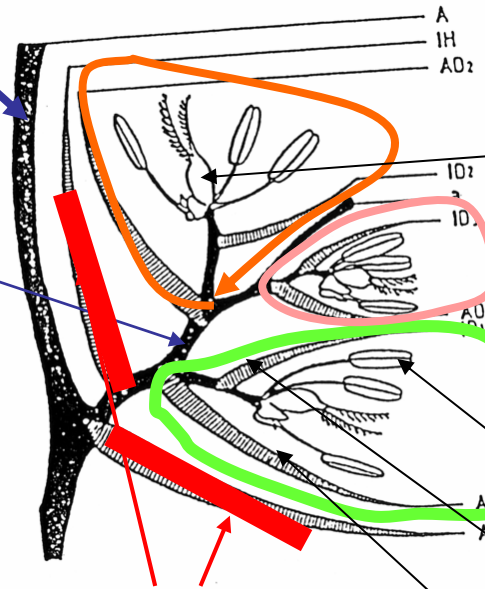
Ährchen

Körner

Nodien (Soll-Bruch-stellen)

Morphologie: Ährchen
Bsp.: 3-blütiges Ährchen
(Bsp. Triticum)

A = Ährenspindel (Rachis)



2. Blüte

häufigste Funde aus archäologischen Ablagerungen

Fruchtknoten → **Korn**

a=Ärchenachse (Rachilla)

3. Blüte

1. Blüte

Staubgefässe

ID: Vorspelze (1 pro Blüte)

AD: Deckspelze (1 pro Blüte)

IH, AH: **Hüllspelzen** (2 pro Ährchen)

Domestikation von Getreide (3): Grundlagen allg. / Weizen, Gerste, Roggen (3)

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

Charmet 2011

domestiziert

Ähre bleibt ganz

wild

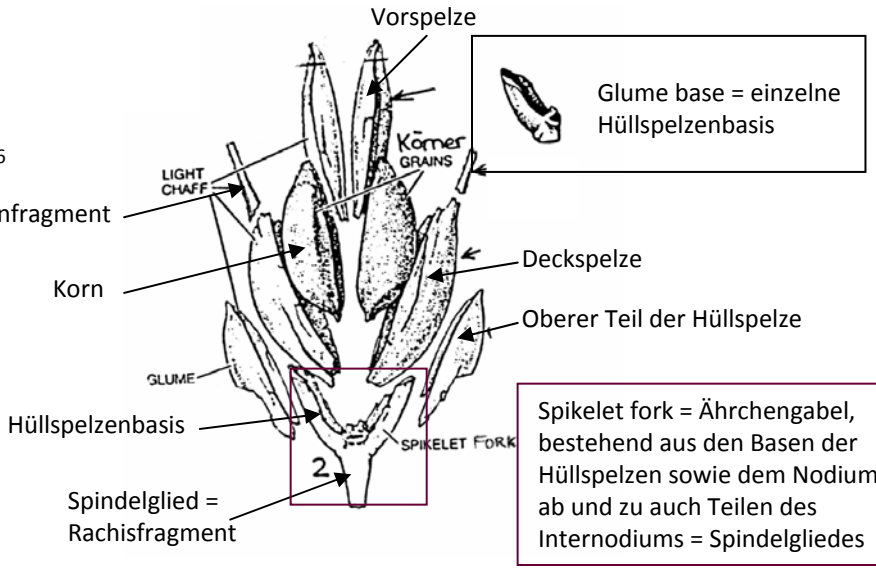
Ähre zerfällt von selbst, von oben nach unten

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) irgendwo im Bereich des **Internodiums**. Es können im Fundmaterial mehrgliedrige Rachisteile und apikale Ährchen vorhanden sein!

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

Bild aus Nesbitt & Samuel 1996



Grannenfragment

Korn

Hüllspelzenbasis

Spindelglied = Rachisfragment

Deckspelze

Oberer Teil der Hüllspelze

Glume base = einzelne Hüllspelzenbasis

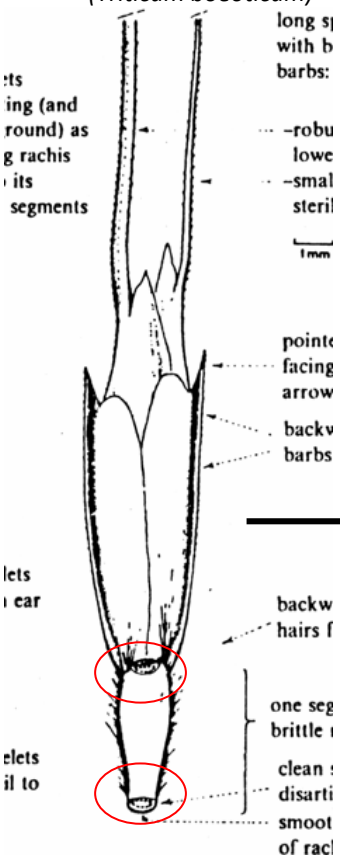
Spikelet fork = Ährchengabel, bestehend aus den Basen der Hüllspelzen sowie dem Nodium, und ab und zu auch Teilen des Internodiums = Spindelgliedes

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

Ährchengabeln, Hüllspelzenbasen = schwere Spreu (schwere Druschreste)

Domestikation von Getreide (4): Grundlagen allg. / Weizen, Gerste, Roggen (4)

Ährchen mit Spindelglied vom **Wildeinkorn**
(Triticum boeoticum)

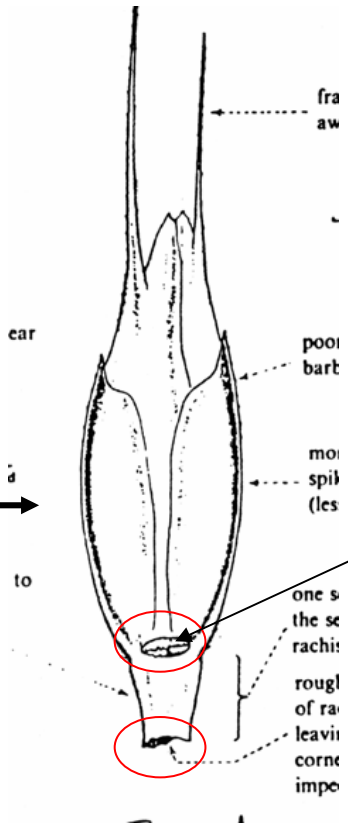


Hillman 1992

glatte Abbruchstellen

Grössenzunahme

Ährchen mit Spindelglied vom **Kultureinkorn**
(Triticum monococcum)



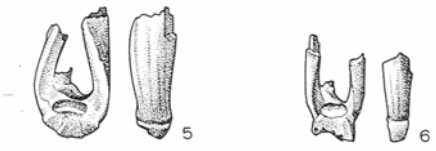
Teil des nächsthöheren SG bleibt oft an der Abbruch-narbe hängen

Unregelmässige Abbruchstellen

Sichtbarkeit im archäologischen Fundgut

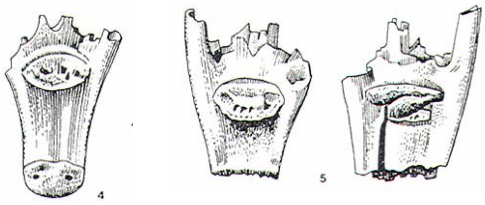
Wildeinkorn SG mit HSB: links modern, rechts PPNA, Jerf el Ahmar; wurde als wild bestimmt, da Abbruchstelle des nächsthöheren SG sehr sauber ist (Willcox, http://pagesperso-orange.fr/g.willcox/archaeobotanical%20images/index1.htm)

Einkorn ÄG von Nevali Cori: 1998 als domestizierter Typ beschrieben, um 8500 BC cal, (Pasternak 1998)



Emmer ÄG von Cayönü, PPNB 8200-7500 BC cal, domestizierter Typ, (van Zeist & de Roller 1991/92)

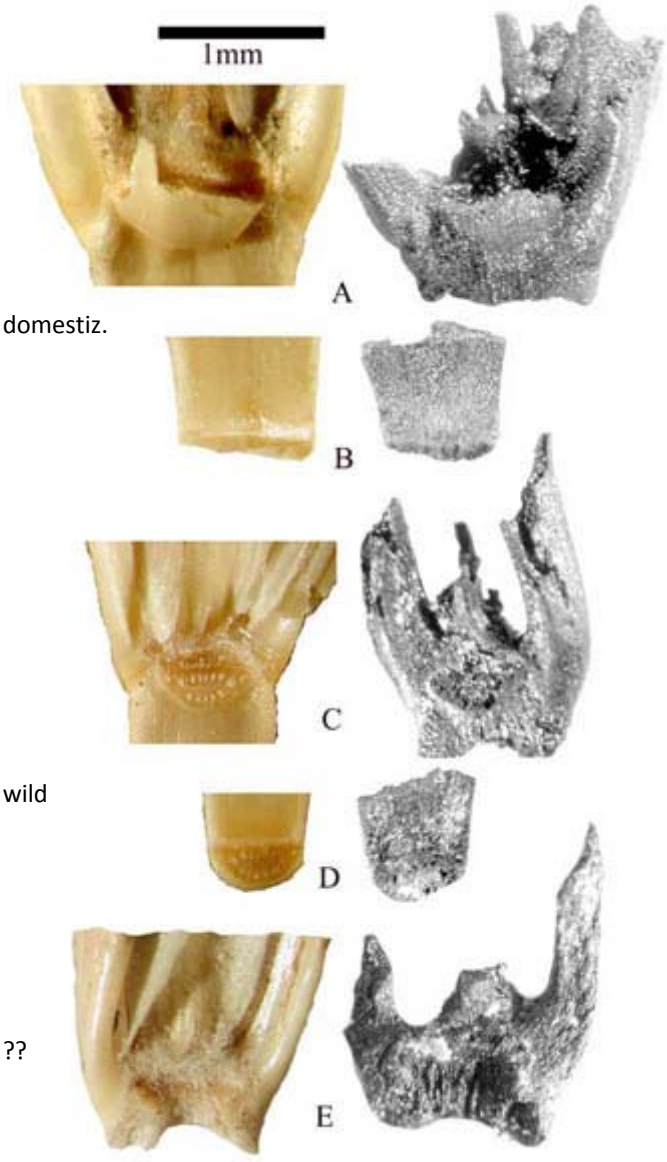
wild domestiziert



Gerste SG: Ganj Dareh (nach 8200 BC cal), van Zeist & Bakker-Heeres 1985

SG=Spindelglied,
ÄG=Ährchengabel,
HSB=Hüllspelzenbasis

Sichtbarkeit im archäologischen Fundgut: Probleme….



domestiz.

wild

??

links: modern, rechts archäol. Funde

http://pagesperso-orange.fr/g.willcox/archaeobotanical%20images/index1.htm

Specimens of wheat spikelets bases (dispersal units). Left, fresh material; right, ancient charred specimens.

A) from Chalcholithic site shows domestic indehiscent spikelets with part of the upper spikelet remaining attached.

B) The lower part of the spikelet has broken edge.

C) Wild dehiscent spikelets from Tell Qaramel possess an oval abscission scar where vessels are visible, also seen in the lower part of the spikelet (D).

E) Most ancient charred spikelets from early agriculture sites in the Near East are not identifiable having been damaged either during dehusking 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 apperance is misleading. The fresh damaged specimen was produced when we dehusked wild einkorn in the lab, domestic einkorn produced the same result. The charred spikelet in E is from Tell Qaramel. These types are less common on later sites which may suggest changes in dehusking techniques and/or better preservation.

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 Hagdud, 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. 6).

(siehe auch Nesbitt 2002, Willcox 2005)

Sichtbarkeit im archäologischen Fundgut: Probleme…. (2)

Untersuchte Druschreste: Forschungsstand 2006 neueste Zusammenstellung: Tab. 1 in Özkan et al. 2011

Online material. Table 1. Showing full data obtained from the examination of the charred spikelet remains from archaeological sites in the Near East.

Absolute number of *Triticum boeoticum/monococcum/dicoccum* spikelets from 4 sites in the northern Levant.				
Archaeological sites	**Qaramel**	**Nevali Çori**	**Tell el-Kerkh**	**Kosak Shamali**
Approximate dates BP non cal.	10,200	9,250	7,500	6,500
	Ca. 10'500BC	Um 8500 BC	Um 6300 BC	Um 5500 BC
Upper spikelet fragments				
domestic	0	3	8	218
possibly domestic	4	38	5	123
damaged not identifiable	88	2285	300	434
wild	14	64	9	21
Lower spikelet fragments				
domestic type	0	36	0	46
possibly domestic	0	35	0	1
wild type	0	179	0	0
Other spikelet fragments				
Glume fragments	186	5312	41	402
Terminal spikelet	0	6	5	21

Barley from the Damascus region (van Zeist & Bakker-Heers 1982)		
Archaeological sites	**Aswad**	**Ramad**
Approximate dates BP non cal.	9300/8500*	8200/7800
wild	80	186
domestic	34	269
not identifiable	14	84

Aswad: nach 8000 BC, Ramad: nach 7000 BC

Tanno & Willcox, Science, 2006

*new AMS dates

Eine ganz neue Zusammenstellung findet sich in in Özkan et al. 2011 (Tab. 1)

➔ 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!!!!

Domestikation von Getreide (7): Grundlagen allg. / Weizen, Gerste, Roggen (7)

Einschub: **Rolle der Art des Aberntens bei der Entstehung vom domestizierten Formen mit fester Ährenspindel**

Kenntnisse über das Ernten von Gräsern aus ethnographischen Quellen:
Bekannt sind z.B. Aktivitäten, bei denen die reifen Samen (siehe Bild unten: Wildreisernte, vom Boot aus) abgeschlagen werden. Ethnographisch ist eine solche Art der Ernte die am meisten verbreitete Methode (siehe etwa Harris 1984, Harlan 1989; zitiert in Fuller 2007, 3). Diese Art der Ernte ist auch sehr effizient (hohe Erträge per Zeiteinheit; siehe Hillman and Davies 1990). Eine solche Art des Aberntens bevorteilt die Wildform, es tritt keine Selektion in Richtung Mutanten ein, alles wird gleichermasssen mitgeerntet.

Wildreisernte durch die Ojibwa-Indianer, 19. Jh., Kanada, durch „Schlagen" : keine Selektion in Richtung Mutanten mit fester Ährenspindel (Internetquelle)

Die Auswirkung von Verschiedenen Arten der Ernteweise auf die Selektion wurden im Rahmen von **Experimenten** erprobt:

Ernte durch „**Abschlagen**" der reifen Ähren in einen Korb (G. Hillman; aus Hillman and Davies 1990)

Durch diese Art des Erntens ergibt sich nur eine geringe positive Selektion in Richtung Mutanten mit fester Ährenspindel, also domestizierte Formen.

Sehr wohl kann man dann aber bei der späteren Aufbereitung (Reinigungsprozesse), z.B. durch Sieben, im Hinblick auf grössere Körner selektieren.

meiste Ähren sind **zerfallen**
(da das Getreide im feuchten englischen Sommer wuchs: nicht alle Ähren total zerfallen.....)

Ernte mit Sichel (Replik)

Ernte mit **Sichel** (oder z.B. Pflücken von Ähren, Ausreissen ganzer Pflanzen ...) **bevorteilt Mutanten mit fester Ährenspindel:**
Alles, was von selbst zerfällt, fällt zu Boden, alle ganz bleibenden Ähren werden hingegen mitgeerntet, und gelangen so in das Saatgut für das nächste Jahr.
Wie die Experimente von Hillman und Davies in den 80er Jahren belegen kann eine solche Art der gezielten Selektion **sehr rasch** zu voll-domestizierten Populationen führen:
Annahme 1: 100% inbreeding (Selbstbestäubung), pos. Selektionskoeffizient 0,6: Domestizierte Formen überwiegen nach **20-30 Jahren**
Annahme 2: Nur 50% inbreeding (Selbstbestäubung), pos. Selektionskoeffizient 0,6: Domestizierte Formen überwiegen nach **50 Jahren**

Dem widersprechen aber die archäobotanischen Fakten (div. Arbeiten von Willcox; Fuller 2007, Allaby et al. 2010): Es dauerte **Jahrhunderte bis sogar Jahrtausende**, bis sich voll-domestizierte Formen – bei Getreide solche mit fester Ährenspindel –durchgesetzt hatten (siehe S. 19)!
Man muss sich deshalb fragen, ob die frühen Funde von Erntemessern tatsächlich für die Getreideernte benutzt wurden. Ev. sind sie eher als **Universalschneidegerät** ("Machete") für diverse pflanzliche Materialien, etwa Schilf, z.B. zwecks Dachbedeckung, zu sehen. Vielleicht wurden sie aber als Erntemesser für Getreideernte gebraucht, aber man hat nicht nur das selbst kultivierte Korn geerntet, sondern immer wieder auch wildwachsende Pflanzen. Dadurch kam es zu einer genetischen Durchmischung und Mutanten setzten sich langsamer durch.

Domestikation von Getreide (8): Weizen (Triticum) (1)

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 Weizen”arten”

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
T. boeoticum (wild einkorn)	*T. monococcum* L. ssp. *boeoticum* Boiss.	AA ($A^b A^b$) oder ($A^m A^m$)	H, B	2	Sog_A (2S)	27
T. monococcum (cultivated einkorn)	*T. monococcum* L. ssp. *monococcum*	AA	H, NB	2	Sog_A (2S)	27,29
T. urartu (wild *T. urartu*)	*T. urartu* Tuman.	AA ($A^u A^u$)	H, B	2	– +SS	–
Ae. tauschii (wild *Ae. Tauschii*)	*Ae. tauschii* Coss.	DD	H, B	1	Tg_D (2S)	51,52
T. dicoccoides (wild emmer)	*T. turgidum* L. ssp. *dicoccoides* Aschers.	AABB	H, B	2; polygenic	$Tg2_B$ (2S), q_A§ (5L), Qft_{5A} (5S), Qft_{6A} (6)	44,50,56,114,115, 116,117
T. dicoccum (cultivated emmer)	*T. turgidum* L. ssp. *dicoccum* Schübl.	AABB	H, NB	2	$Tg2_B$‖ (2S), q_A (5L)	50,116
T. durum (hard wheat)	*T. turgidum* L. ssp. *durum* Desf.	AABB	FT, NB	polygenic	$tg2_B$ (2S), Q_A (5L), qft_{5A} (5S), qft_{6A} (6)	50,51,56,114,116,118
T. parvicoccum (*T. parvicoccum*, archaeobotanical)	*T. turgidum* L. ssp. *parvicoccum* Kislev	(AABB)	FT, NB	–	–	–
T. araraticum (wild Timopheev's wheat)	*T. timopheevii* Zhuk. ssp. *araraticum* Jakubz.	AAGG	H, B	–	–	–
T. timopheevii (cultivated Timopheev's wheat)	*T. timopheevii* Zhuk. ssp. *timopheevii*	AAGG	H, NB	–	–	–
T. spelta (spelt)	*T. aestivum* L. ssp. *spelta*	AABBDD	H, NB	2	$Tg2_B Tg_D$ (2S), q_A (5L), Qft_{5A}‖ (5S), Qft_{6A}‖ (6)	53,55,108,114,119
T. vulgare T. aestivum (bread wheat)	*T. aestivum* L. ssp. *vulgare* Host.	AABBDD	FT, NB	2	$tg2_B tg_D$, Q_A¶, qft_{5A}¶, qft_{6A}	44,48,51,116
S. vavilovii (wild rye)	*S. cereale* L. ssp. *vavilovii* Grossh.	RR (SS)	B	1	–	72
S. cereale (rye)	*S. cereale* L. ssp. *cereale*	RR (SS)	NB	1	–	72
H. spontaneum (wild barley)	*H. vulgare* L. ssp. *spontaneum* Thell.	HH	H, B	2	–	80,120
H. vulgare (barley)	*H. vulgare* L. ssp. *vulgare*	HH	H#, NB	2	–	78,80,120

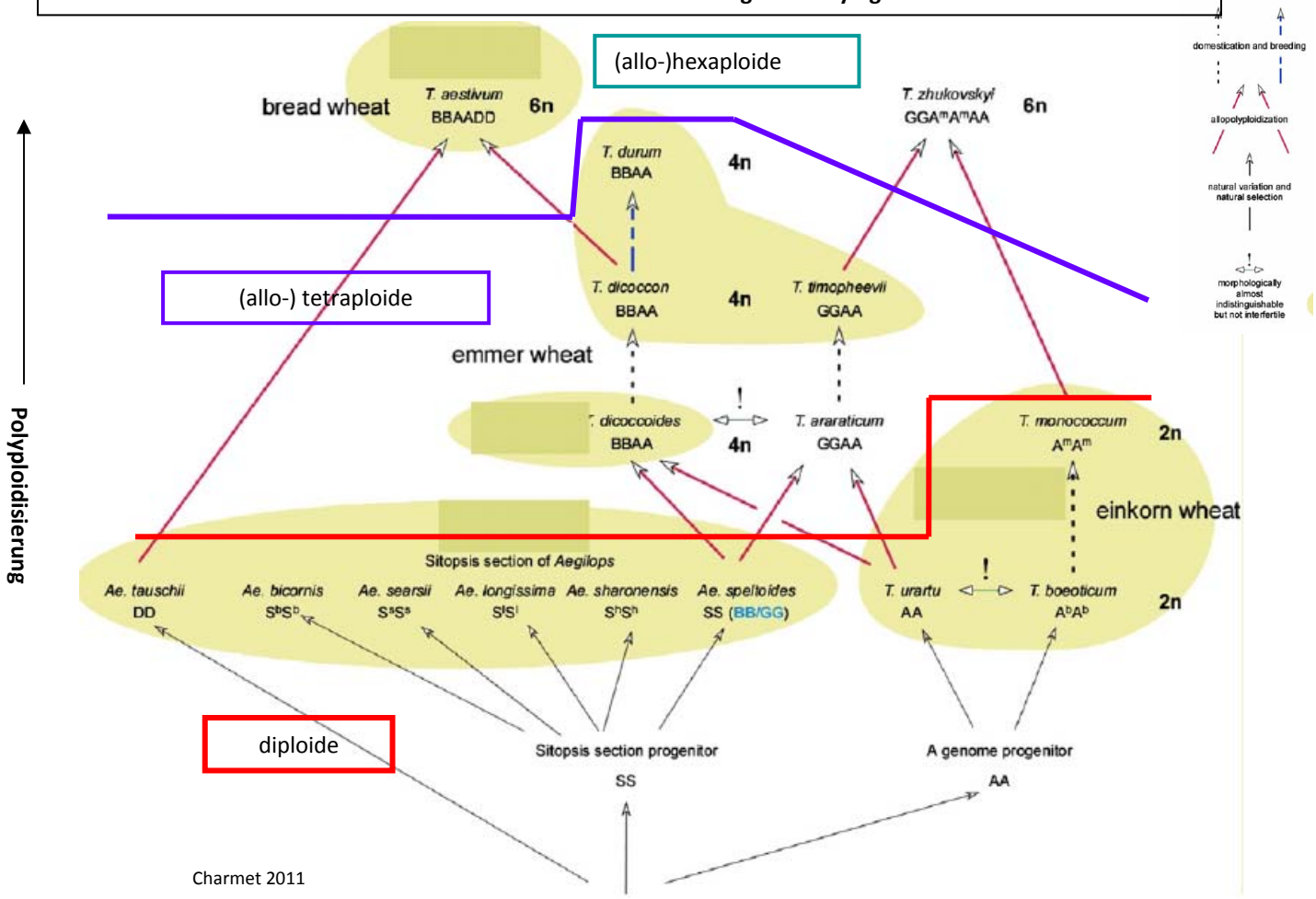
Nomenclature is taken from REF. 5, with modifications. *Genes that affect rachis but not glume traits. ‡Subscripts indicate genomes. §Designated as *q2* in REF. 56. ‖Allele inferred from genotype of wild emmer. ¶Allele inferred from genotype of hard wheat. #The trait is under the control of the single gene *N* (recessive *n*, naked seeds)[60]. *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

Im Folgenden werden die „common names“ gebraucht (auch in den meisten Publikationen!)

Domestikation von Getreide (9): Weizen (Triticum) (2)

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!

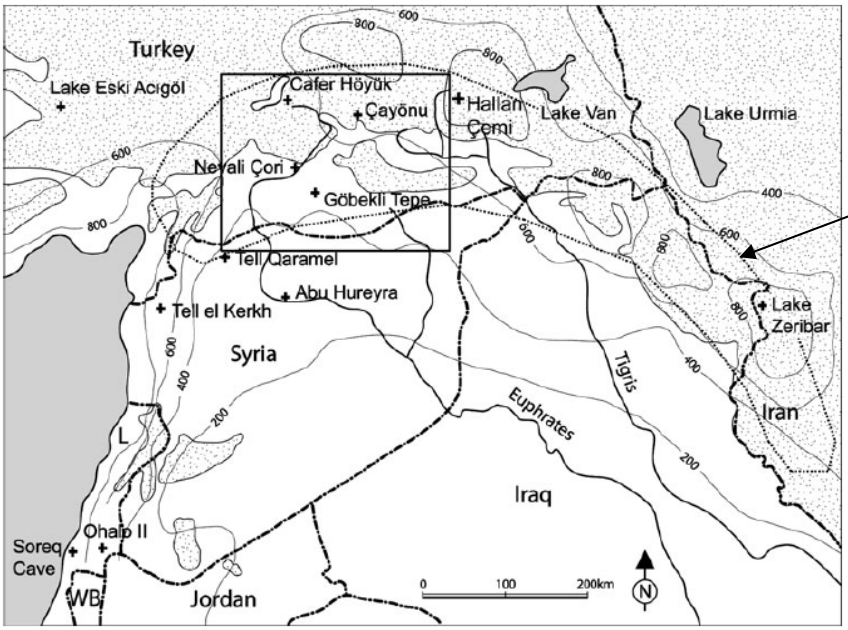
Domestikation von Getreide (10): Weizen (Triticum) (3), Einkornreihe (2)

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 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).

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) Areals



Ursprüngliche verbreitung

Haldorsen et al 2011

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

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 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 Klimagradienten, 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 »** (lückenfhaft). Wildeinkorn 1 (*Triticum boeoticum* var. *thaoudar*) ist deshalb v. a. im **Norden** des des westl. Teils des fruchtbaren Halbmondes verbreitet, da es Basalt als Untergrund braucht.

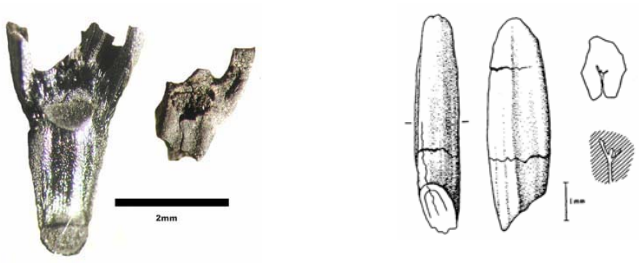
Klimaansprüche von Wildeinkorn: (Willcox 2005 sowie Heun et al. 2008, Haldorsen et al. 2011)

Wildeinkorn 1 *(T. boeoticum* var. *thaoudar)*: ist empfindlicher gegen Aridität und kommt in Gebieten mit meist >400 mm JahesN 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!)

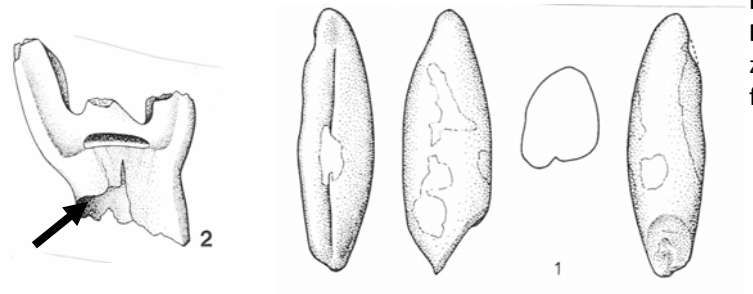
Domestikation von Getreide (11): Weizen (Triticum) (4), Einkornreihe (3)

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)

Neueste Zusammenstellung der Funde: Tab. 1 in Özkan et al. 2011

Früheste Funde von domestiziertem Einkorn – und Probleme damit…..

Table 2 Nevali Çori Einkorn classification over the past years

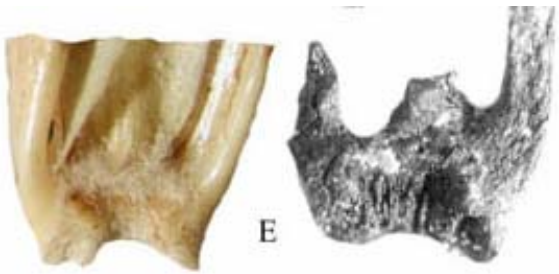
Source	Einkorn status
Pasternak (1998)	Mostly domesticated
Nesbitt (2002)	Mostly domesticated
Willcox (2005)	Mostly domesticated
Tanno and Willcox (2006)	Mostly wild
Pasternak (pers. comm. 2009)	Mostly domesticated
Özkan et al. (2010)	Domestication status not specified

The material originates from Pasternak (1998)

Haldorsen et al. 2011

Einkorn ÄG von Nevali Cori: 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 Cori** (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 dehusking 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 apperance is misleading. The fresh damaged specimen was produced when we dehusked wild einkorn in the lab, domestic einkorn produced the same result. The charred spikelet in E is from Tell Qaramel.

http://g.willcox.pagesperso-orange.fr/archaeobotanical%20images/index1.htm

Domestikation von Getreide (12): Weizen (Triticum) (5), Einkornreihe (4)

Was sagen die archäobotanischen Daten?

Region	Site	units	Date B.P.	einkorn 1g	einkorn 2g	emmer	barley	rye	ca. cal B.C.
Southern Levant	Ohalo II	1	19000	0	0	21	629	0	21000
	Wadi Hammeh 27		12200-11920	0	0	0	p	0	12200-11900
S	Netiv Hagdud	8	9900-9400	0	0	27 (4)	541 (8)	0	9300-8700
	Zad 2		9800-9500	0	0	p	p	0	9300-8800
	Iraq-ed-Dubb		9900	?	0	?	p		9300
	Aswad I	9	9300-9000***	0	0	23 (6)	32 (6)	0	8500-8200
Middle Euphrates	Abu Hureyra	24	11500-10000	0	>500(21)	0	0	p	11500-9500
	Qermez Dere		10100-9700	0	0	0	p		9700-9200
	Mureybet I-II	33	10200-9900	0	12	0	5	p	9800-9300
and	Mureybet III	27	9800-9400	0	> 2000	0	164	p	9300-8800
	M'lefaat	4	9800-9600	0	139	0	185	?	9300-8900
Iraq	Jerf el Ahmar*	430	9800-9400	67	2539	0	9641	p	9300-8800
N	Dja'de*	225	9500-9000	265	1120	191	3763		8800-8200
	Göbekli Tepe	1	9550-9450	0	5	0	16		9000-8700
Eastern Anatolia	Cafer Höyük XII XIII		9400-8800	p	p	p	0	p	8700-7900
	Cayönü g, bp, ch		9250-8500	p	p	p	p		8500-7600
	Nevali Cori	1	9250-9000	661	p	129	89		8500-8200
West Syria	Tell el-Kerkh**		9250-9000	p		p			8500-8200
Cyprus	Mylouthkia/Shillourokambos		9250-9000	p	p	p	p		8500-8200

Fundstellen aus dem Nahen Osten, an denen grössere Mengen Pflanzenreste gefunden wurden. Grau: vermutlich domestizierte Typen vorhanden; schwarz: Taxon fehlt; 1g=einkörnig; 2g=2-körnig (Achtung: diese morphologische Unterscheidung bei Einkorn ist genetisch nicht haltbar; Kilian et al. 2007). Zahlen ohne Klammern: Anzahl Körner; Zahlen in Klammern = Anzahl der Proben, in denen ein Taxon vorkommt; p=present, nicht quantifiziert; *** for Aswad the newly acquired (2004) AMS dates (GrA-25913, GrA-25915, GrA-25916, GrA-25917) are used, these were obtained from emmer grains from phase Ia and Ib of the 1973 excavations. Aus Willcox 2005, Vegetation History and Archaeobotany 14/4, ergänzt nach Haldorsen et al. 2011

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 Kultureinkorn-Funde (gemäss „vorsichtiger" und kritischer Interpretation. Einzelne (weniger kritische) ForscherInnen (z.B. in Haldorsen et al. 2011) ordnen auch frühe Funde aus den SE-anatolischen Fundstellen Cafer Höyük und Cayönu den domestizierten Formen zu – dies kann sein (siehe Tab. 1 in Özkan et al. 2011), allerdings gibt es von Cafer (Schichten des early/middle PPNB) gerade einmal mal 4 HSB, 4 ÄG und 11 Körner und von Cayönü (Schichten des early PPNB) ganze 12 Körner!
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; 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???

Domestikation von Getreide (13): Weizen (Triticum) (6), Einkornreihe (5)

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!**

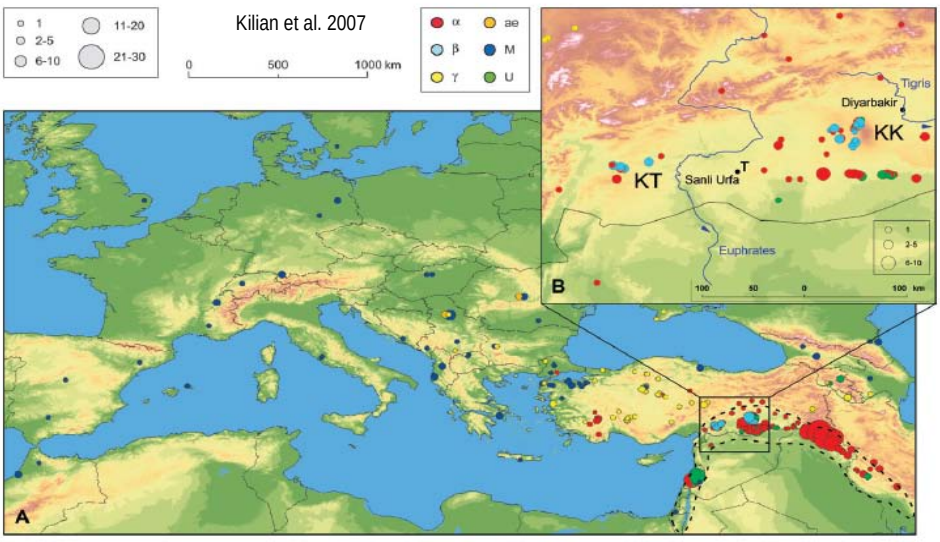
b) Was frühere genetische Studien (sowie heute noch die Vertreter der Monophylie-These) als „Ursprungsort" der Domestikation bezeichnen ist jener Ort, wo kultivierte Pflanzen in dichten Populationen (Beständen) wuchsen, ohne (grosse) Möglichkeit, sich mit Wildformen zu kreuzen – also quasi der „**Schlusspunkt**",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

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

Ergebnisse genetischer Untersuchungen an modernen EinkornPflanzen verschiedener geographischer Herkunft

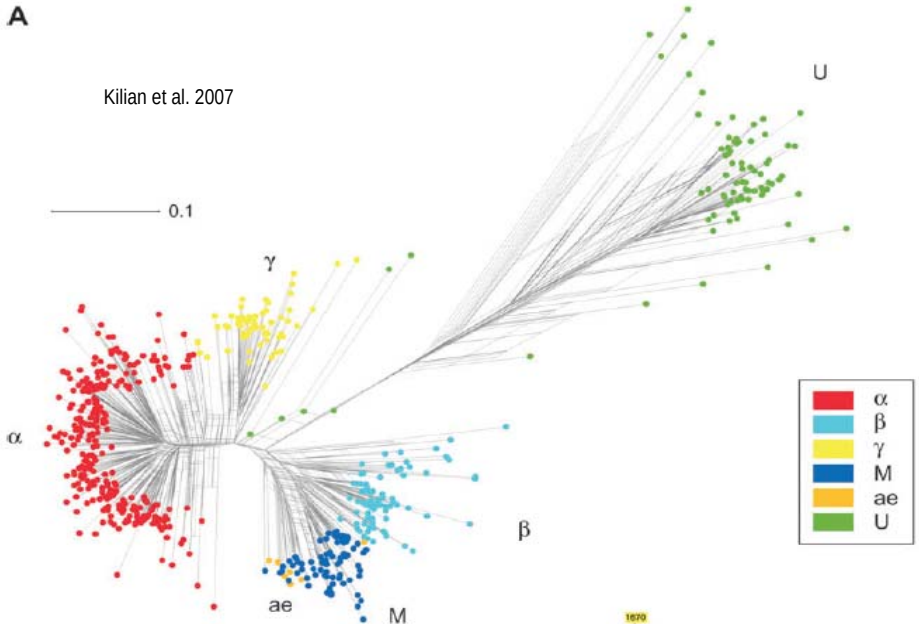


Untersuchung von **>350 Wildeinkorn's** (321 T. boeoticum, 8 T. aegilpoides, 39 T. urartu), plus **84 domestizierte** monococcum-Sorten.

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

Domestikation von Getreide (14): Weizen (Triticum) (7), Einkornreihe (6), Emmerreihe (1)

Ergebnisse genetischer Untersuchungen an modernen Einkorn-Pflanzen verschiedener geographischer Herkunft (2)



- 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 (Karacadag) und KT (Kartal-Karadag)** Gebirgsketten in SE Anatolien (Karte S. 13) gefunden, trotz intensiver Sammeltätigkeit an anderen Orten. Dieses Gebiet liegt also **genau dort, wo es mit die ältesten archäologischen Hinweise** von **Kultureinkorn** gibt (etwa von Nevali Cori). Dieses Gebiet wird auch als Kernbereich („Core area" nach Lev Yadun et al. 2000) früher Domestikationen bezeichnet und liegt im Bereich der Oberläufe von Euphrat und Tigris in SE-Anatolien, wo Basalt sehr verbreitet sind (es hat dort mächtige Vulkane) (siehe auch archäologisch abgrenzbares „Goldenes Dreieck", Fundstellen wie Göbekli Tepe… usw.). Damit passen **archäologische und genetische Daten erstaunlich gut zusammen**.

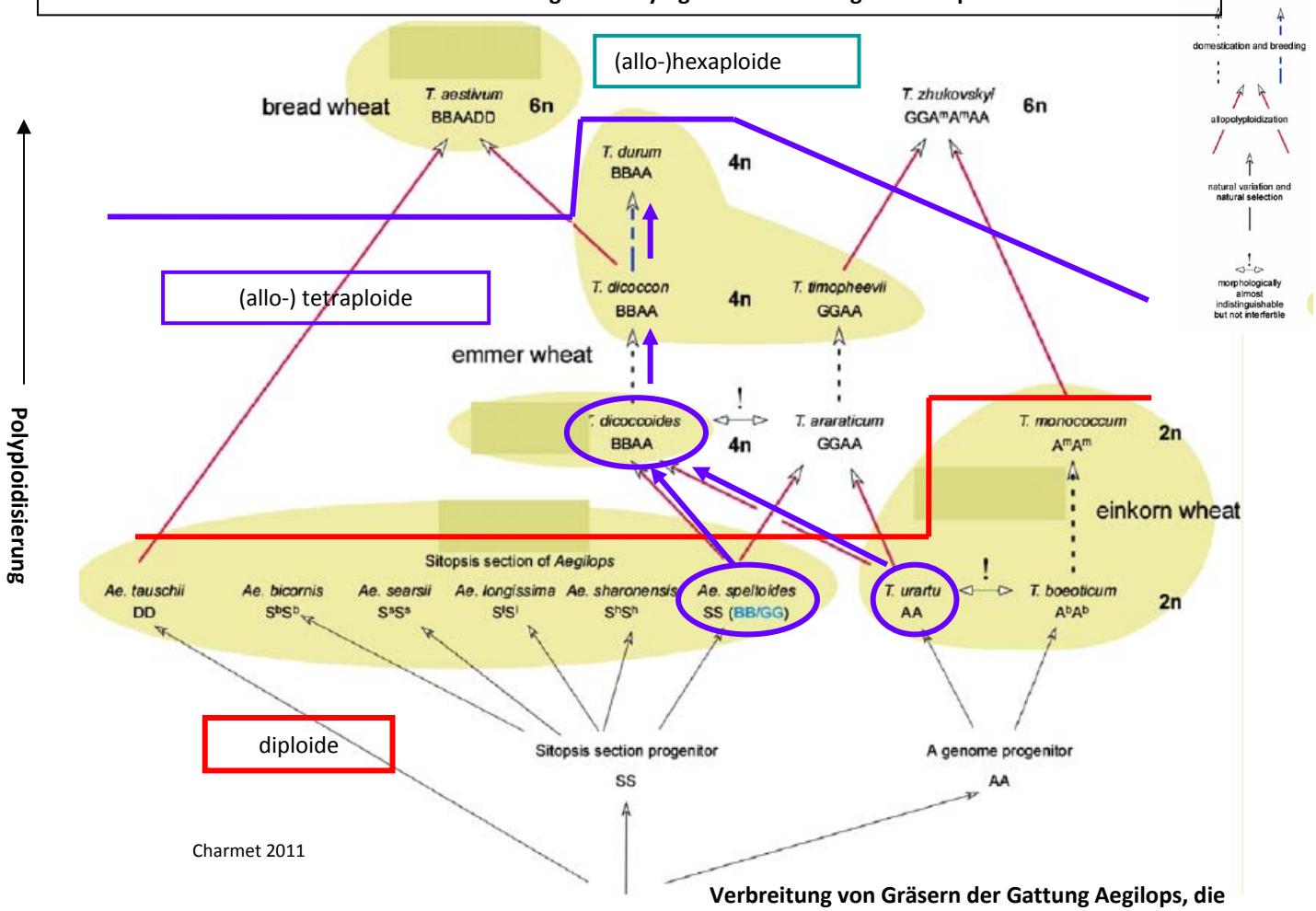
(Allo-)Tetraploide Weizen 1: Emmerreihe, Genom AABB (1)

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

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

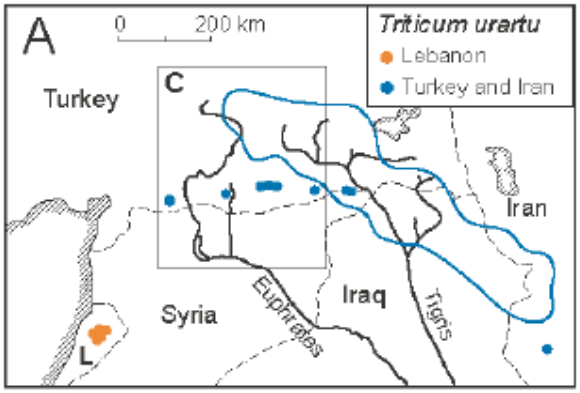
Heute – aufgrund umfangreicher genetischer Untersuchungen – weiss man, dass das A-Genom von der Vaterpflanze stammt (Kern-DNA), das B-Genom (Cytoplasma) hingegen von der Mutterpflanze (siehe Zitate in Özkan et al. 2011). Neuerdings werden deshalb die Genomformeln in umgekehrter Reihenfolge dargestellt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

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



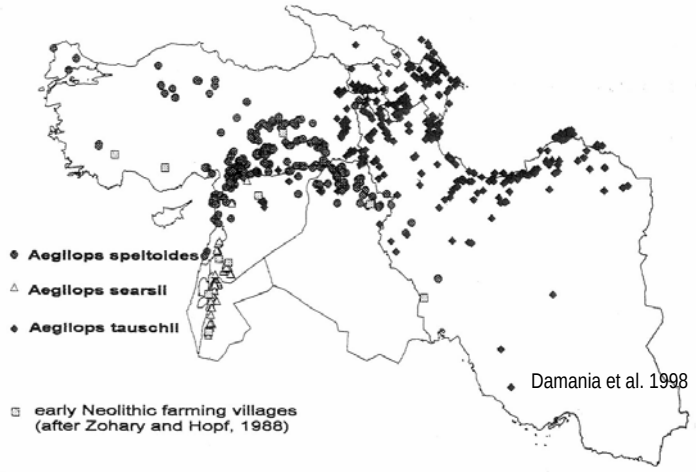
Charmet 2011

Verbreitung von Wildeinkorn *Triticum urartu* (AuAu)



Heun et al. 2008

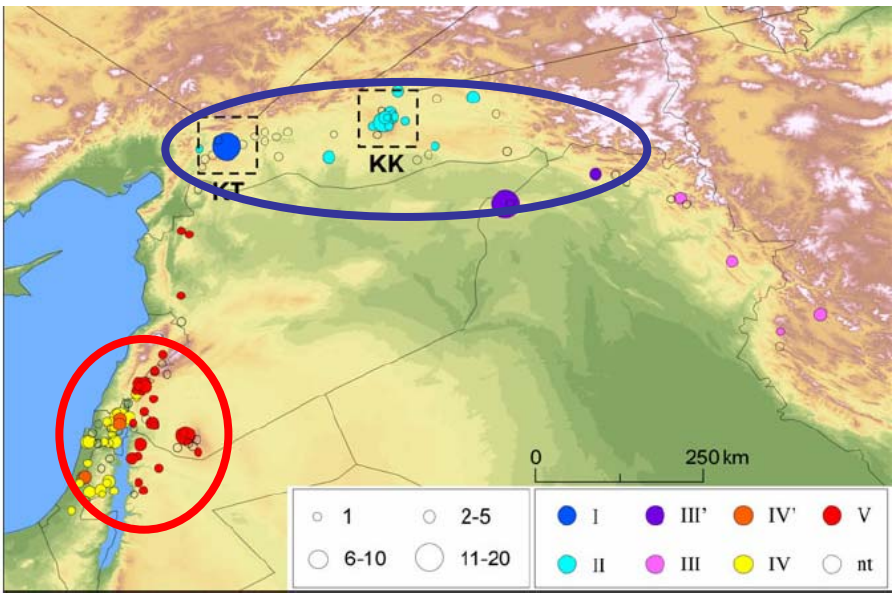
Verbreitung von Gräsern der Gattung Aegilops, die möglicherweise Genome zu den polyploiden Weizen beisteuerten



Damania et al. 1998

Domestikation von Getreide (16): Weizen (Triticum) (9), Emmerreihe (3)

Verbreitung des tetraploiden Wildemmers (*Triticum dicoccoides*)



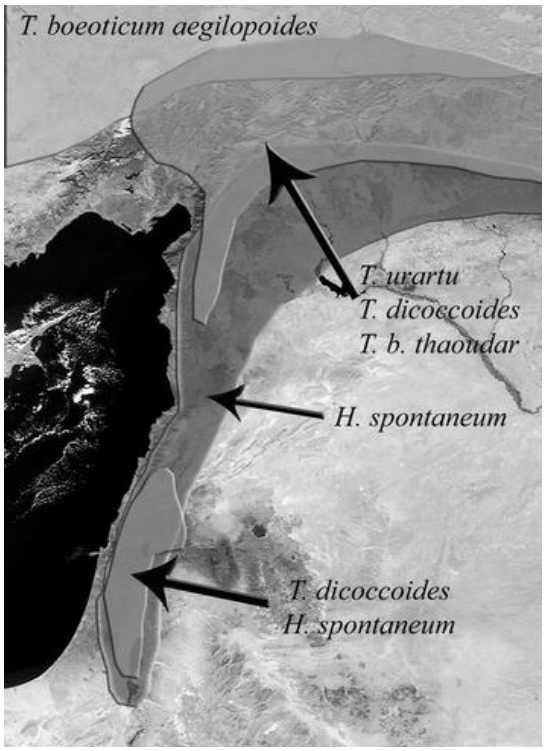
Özkan et al. 2011

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 Rasse und eine nördliche („central eastern“) türkisch-irakische Rasse.

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)



Willcox 2005

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

Domestikation von Getreide (17): Weizen (Triticum) (10), Emmerreihe (4)

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

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.

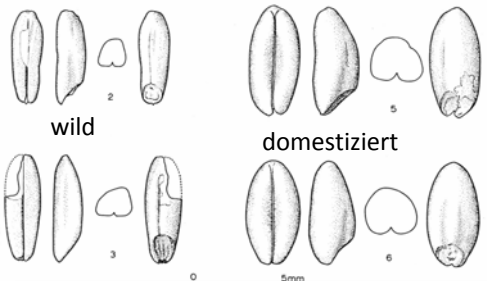
http://g.willcox.pagesperso-orange.fr/archaeobotanical%20images/index1.htm

Region	Site	units	Date B.P.	einkorn 1g	einkorn 2g	emmer	barley	rye	ca. cal B.C.
Southern	Ohalo II	1	19000	0	0	21	629	0	21000
Levant	Wadi Hammeh 27		12200-11920	0	0	0	p	0	12200-11900
	Netiv Hagdud	8	9900-9400	0	0	27 (4)	541 (8)	0	9300-8700
S	Zad 2		9800-9500	0	0	p	p	0	9300-8800
	Iraq-ed-Dubb		9900	?	0	?	p		9300
	Aswad I	9	9300-9000***	0	0	23 (6)	32 (6)	0	8500-8200
Middle	Abu Hureyra	24	11500-10000	0	>500(21)	0	0	p	11500-9500
Euphrates	Qermez Dere		10100-9700	0	0	0	p		9700-9200
	Mureybet I-II	33	10200-9900	0	12	0	5	p	9800-9300
and	Mureybet III	27	9800-9400	0	> 2000	0	164	p	9300-8800
	M'lefaat	4	9800-9600	0	139	0	185	?	9300-8900
Iraq	Jerf el Ahmar*	430	9800-9400	67	2539	0	9641	p	9300-8800
	Dja'de*	225	9500-9000	265	1120	191	3763		8800-8200
	Göbekli Tepe	1	9550-9450	0	5	0	16		9000-8700
N Easter	Cafer Höyük XII XIII		9400-8800	p	p	p	0	p	8700-7900
Anatolia	Cayönü g, bp, ch		9250-8500	p	p	p	p		8500-7600
	Nevali Cori	1	9250-9000	661	p	129	89		8500-8200
West Syria	Tell el-Kerkh**		9250-9000	p		p			8500-8200
Cyprus	Mylouthkia/Shillourokambos		9250-9000	p	p	p	p		8500-8200

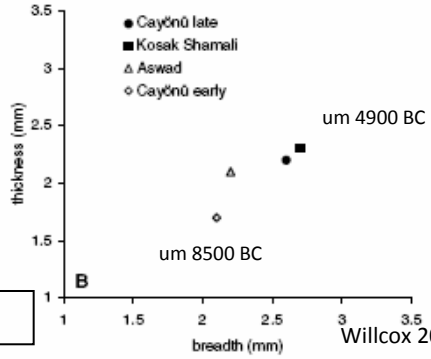
Fundstellen aus dem Nahen Osten, an denen grössere Mengen Pflanzenreste gefunden wurden. Grau: vermutlich domestizierte Typen vorhanden; schwarz: Taxon fehlt; 1g=einkörnig; 2g=2-körnig (Achtung: diese morphologische Unterscheidung bei Einkorn ist genetisch nicht haltbar; Kilian et al. 2007). Zahlen ohne Klammern: Anzahl Körner; Zahlen in Klammern = Anzahl der Proben, in denen ein Taxon vorkommt; p=present, nicht quantifiziert; *** for Aswad the newly acquired (2004) AMS dates (GrA-25913, GrA-25915, GrA-25916, GrA-25917) are used, these were obtained from emmer grains from phase Ia and Ib of the 1973 excavations. Aus Willcox 2005, Vegetation History and Archaeobotany 14/4, ergänzt nach Haldorsen et al. 2011

Entstehung des Kultur-Emmers (*Triticum dicoccum*) (siehe Schema S. 15)
Der Kulturemmer entstand durch die Mutation an (mind.) zwei Genloci (Tg, Q) aus dem Wildemmer. Auch der Kulturemmer ist ein Spelzweizen = **tetraploider Spelzweizen.**

Entwicklung der Körnergrössen von Emmer



Links: Emmer von Cayönü (van Zeist & de Roller 1992)



Willcox 2004

Nur Fundkomplexe mit vielen Körnern sind schlüssig zu interpretieren!

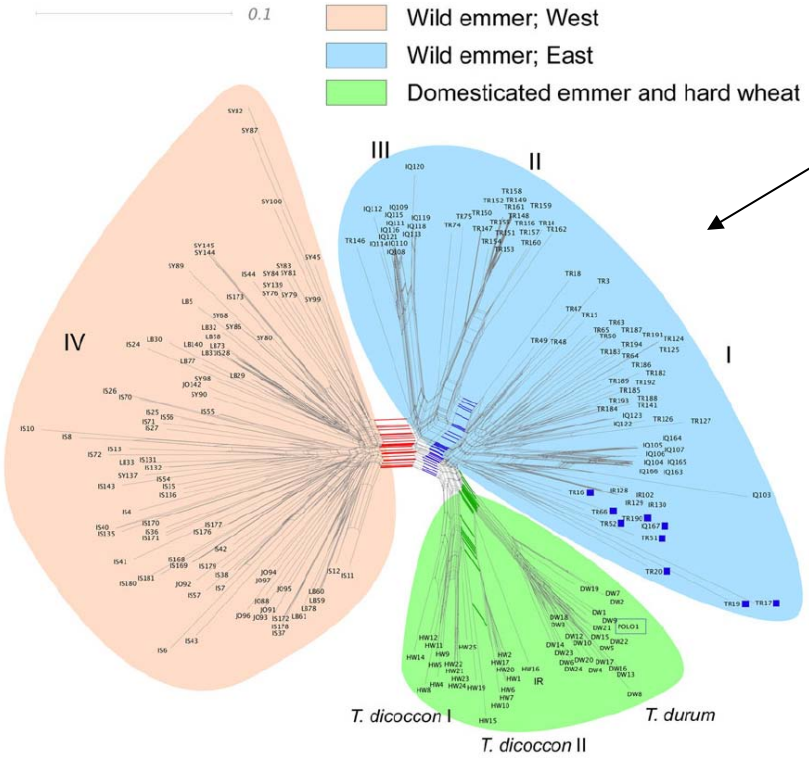
Domestikation von Getreide (18): Weizen (Triticum) (11), Emmerreihe (5)

Die archäologischen daten 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** (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 Hinweise). Heute in Europa wieder Renaissance dieses recht robusten Getreides im Biolandbau!

Was sagt die Genetik zur Domestikation von Emmer?

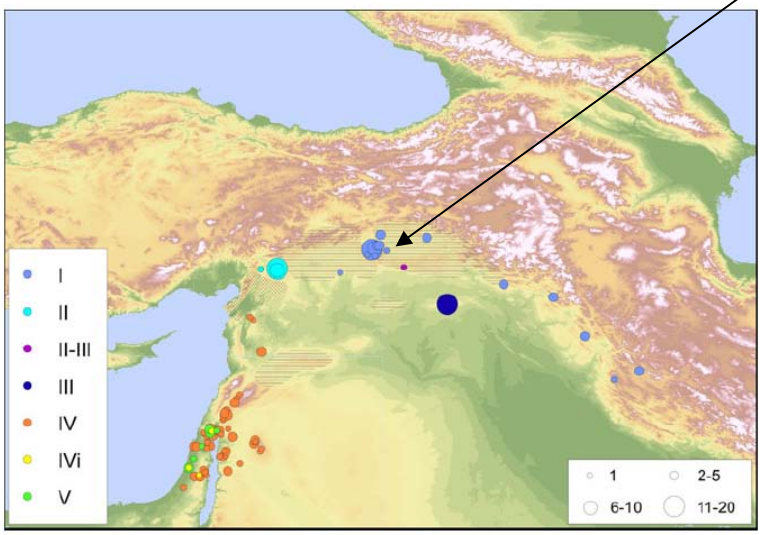
(nach Özkan, Willcox, Graner, Salamini & Kilian 2011)



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 unterschieden:

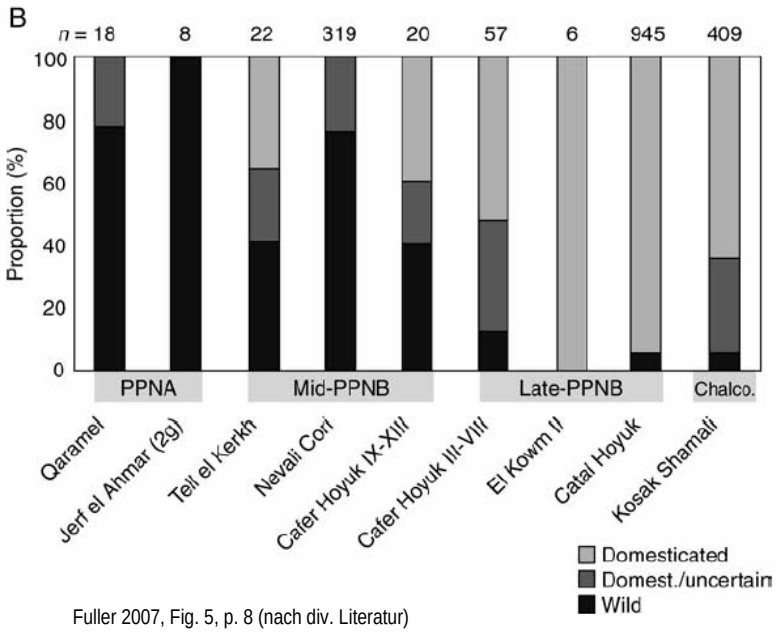
Gruppe I: scheint vermutlich T. dicoccum ssp. asiaticum

Gruppe II: enthält wahrscheinlich T. dicoccum ssp. europaeum und die tetraploiden Nacktweizen (T. durum). Dies bestätigt die Idee, dass die durum‘s aus dem europäischem Emmer hervorgingen.

FAZIT: es gibt einen **Widerspruch zwischen den archäologischen und den genetischen Fakten**: Wieso gibt es keine Spuren der süd(est-)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)

Domestikation von Getreide (19): Weizen (Triticum) (12) allg. + weitere Weizenformen (1)

Wieso setzen sich Kulturformen mit fester Ährenspindel so langsam im Fundmaterial durch???



Fuller 2007, Fig. 5, p. 8 (nach div. Literatur)

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

Domestizierte Formen mit fester Ährenspindel sich aber nur **allmählich** im Fundmaterial durch: es dauert **viele Jahrhunderte** (rund 1500 Jahre, laut Fulller 2007).

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)

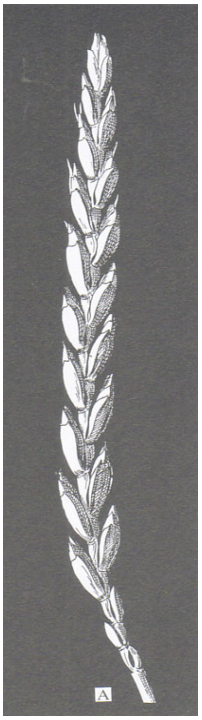
•- Immer wieder Vermischung von kultivierten mit Wildformen (z.B. wenn Missernte: Einsammeln/Einhandeln von Wildgetreide; Willcox 2005, Willcox et al 2008)

•- Ernte v.a. durch Auflesen von heruntergefallenen Ährchen vom Boden (Kislev et al. 2004)

•- **Fazit**: UNBEKANNT und EIGENARTIG!

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

Triticum durum (tetraploid, Nacktweizen)



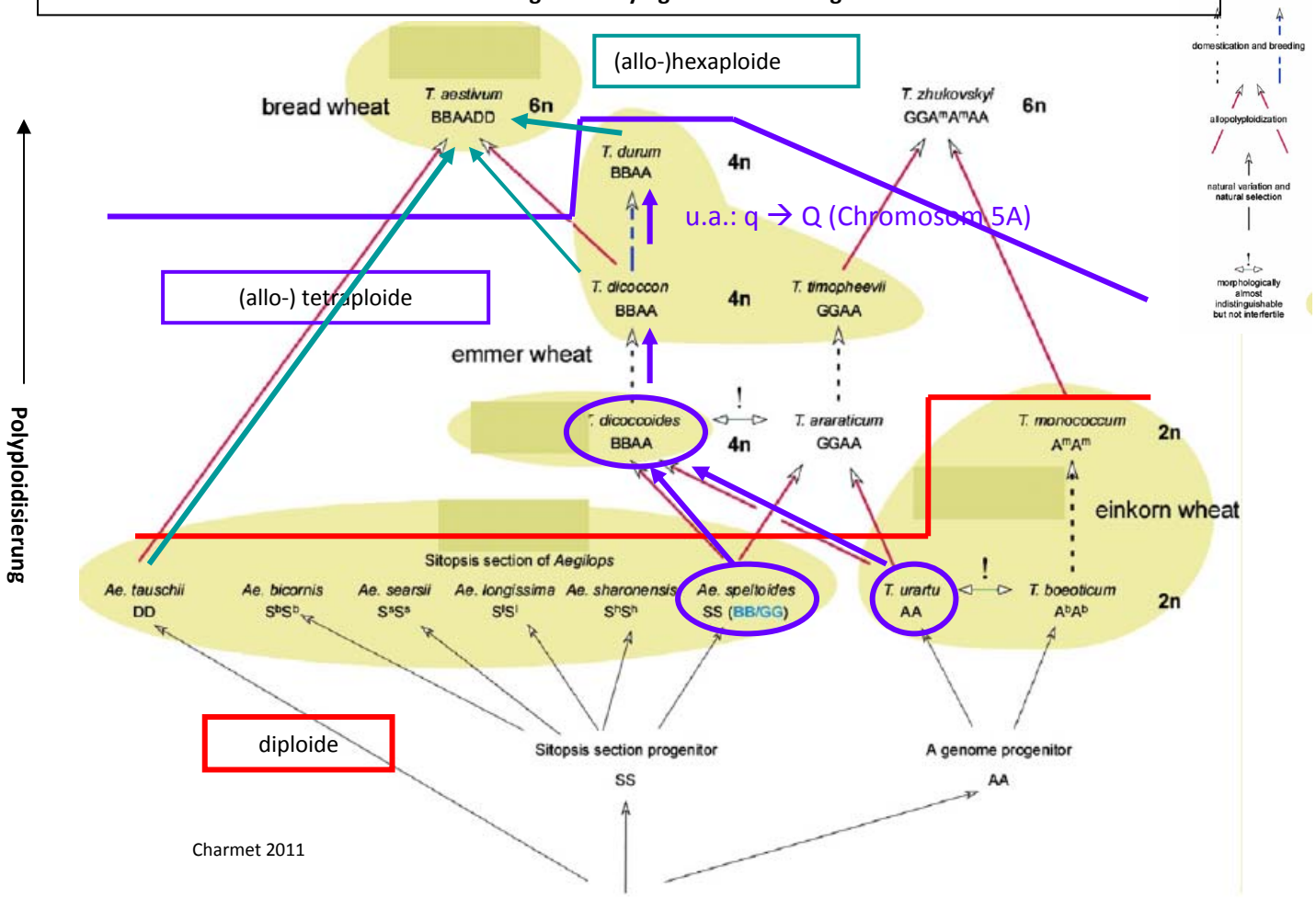
Triticum spelta (hexaploid, Spelzweizen)

Triticum aestivum (hexaploid, Nacktweizen)

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

Bilder aus Zohary & Hopf 2000

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



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 dicoccum (=tetraploider Spelzweizen) ergibt hexaploiden Spelzweizen = **Dinkel, *T. spelta (***oder biolog. korrekt *T. aestivum* ssp. *spelta* (hexaploider Spelzweizen).

Aeg. squarrosa x T. durum (= tetraploider Nacktweizen) ergibt **Saatweizen**, ***Triticum aestivum*** (oder biolog. korrekt *T. aestivum* ssp. *vulgare* (hexaploider Nacktweizen).

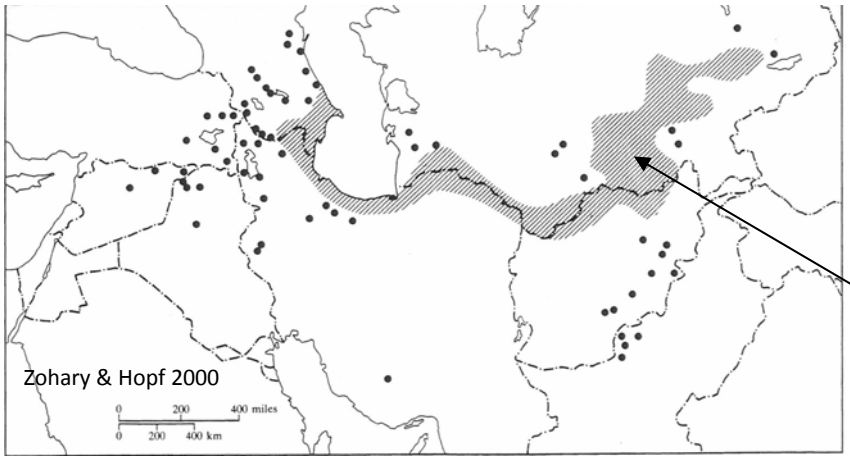
Beide haben die gleiche Genomformel.

Noch bis vor kurzem hat man gemeint, dass die hexaploiden Nacktweizen aus dem Dinkel durch eine Mutation hin zur Nacktkörnigkeit hervorgegangen seien . In der Zwischenzeit weiss man, dass dem nicht so war. Siehe S. 22.

Domestikation von Getreide (21): Weizen (Triticum) (14) 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

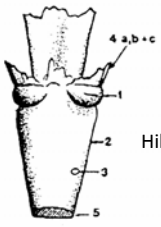
Ein paar weiter westlich, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes gelegene Standorte von *Ae. squarrosa* wurden bis vor kurzem als sekundäre Vorkommen gedeutet. Man ging davon aus, dass sich der Ackerbau zuerst weiter nach Osten ausgebreitet haben müsse, damit es zu einer Kreuzung von *Triticum* mit *Ae. 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 Nacktweizen können durchaus im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes entstanden sein**, am ehesten in SE-Anatolien!

Früheste archäologische Funde von Nacktweizen

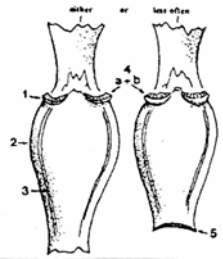
Ab **PPNB** (ca. 8500 BC cal) werden **Nacktweizen regelmässig gefunden**, allerdings seltener als Spelzweizen (Emmer v.a.). Oft werden v.a. Körner gefunden, an diesen lassen sich 4n- und 6n-Formen **nicht** unterscheiden! Seltener finden sich Spindelglieder (4n- und 6n-Formen sind nur anhand dieser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

Modern: Unterscheidungskriterien an Drusch (Spindelglieder) von Nacktweizen:



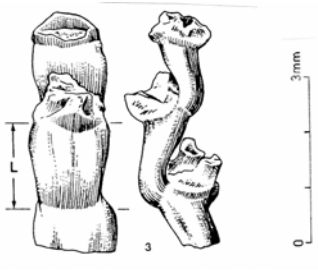
Hillman 2001

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

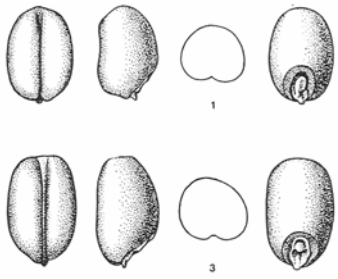


Hexaploid: keine Höcker, geschwungener Rand

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



mehrgliedriges Spindelglied-Frg.: mit Merkmalen hexaploider Nacktweizen



Körner: 4n oder 6n!

Domestikation von Getreide (22): Weizen (Triticum) (15) weitere Weizenformen (4)

Früheste archäologische Funde von Nacktweizen (Forts.)

Älteste Funde **tetraploide**r 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 Ghoraife, 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.

Es gibt **keine** eindeutigen archäobotanischen Nachweise des Dinkels im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes in den frühen Fundstellen. Frühe archäobotanische Nachweise des Dinkels in Transkaukasien sind **fragwürdig**!! Dafür gibt es sehr **frühe** Funde **hexaploider Nacktweizen** (Saatweizen) im fruchtbaren Halbmond.

Fazit: Eine **unabhängige Entstehung von Dinkel und Saatweizen erscheint auch aufgrund der Fundlage SEHR wahrscheinlich**!

Fazit: Ort der frühesten Domestikation der Weizen"arten"

Dass **SE-Anatolien** das wichtigste Kerngebiet früher Domestikationsereignisse sein muss, was den Weizen betrifft, steht aufgrund der Fundlage, aber auch aufgrund mindestens eines Teils der genetischen Daten sicher ausser Frage. Mindestens finalisierte sich dort die Domestikation, dort kann man davon ausgehen, dass erstmals dichte Bestände von Getreide angebaut wurden, und es so in der Mitte des 9. Jt. V. Chr. zu einer raschen Domestikation kam, und damit auch vermehrt Funde auftraten, die Domestikations-Merkmale aufweisen. Hinweise auf die Bedeutung der Region in verschiedener Hinsicht sind ausserdem bereits in PPNA erbaute monumentale Bauten wie das "Heiligtum" von Göbekli Tepe.

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.

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).

	Traditional classification	**Modern grouping** Zohary & Hopf 2000
	A section (sect. *Cerealia* Åberg) within the genus *Hordeum* L. containing the following species:	A single species containing both wild and cultivated forms. Collective name: *H. vulgare* L.
zweizeilige Gersten	1. Wild two-rowed barley *H. spontaneum* C. Koch Brittle, hulled.	1. *H. vulgare* subsp. *spontaneum* 1 = Wildform: zweizeilig
zweizeilige Gersten	2. Cultivated two-rowed barley *H. distichum* L. Non-brittle, mostly hulled.	2. *H vulgare* subsp. *distichum* [= *H. vulgare* convar. *distichon*] 2 = Kulturform, zweizeilig
mehrzeilige Gersten	3. Cultivated six-rowed barley *H. vulgare* L. [= *H. hexastichum* L.] Non brittle, both hulled and naked forms	3. *H. vulgare* subsp. *vulgare* [= *H. vulgare* convar. *vulgare*] 3 = Kulturform, mehrzeilig
mehrzeilige Gersten	4. Brittle six-rowed barley *H. agriocrithon* Åberg.	4. *Agriocrithon* 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: lockerährig, mit langer, schlanker (am Schluss nickender) Ähre (d.h. also langen Internodien)
- 6-zeilige: dichtährig, 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-zeiliegen Formen zu unterscheiden.

Zweizeilige Gerste (*H. distichum*)

Mehrzeilige Gerste (*H. vulgare*)

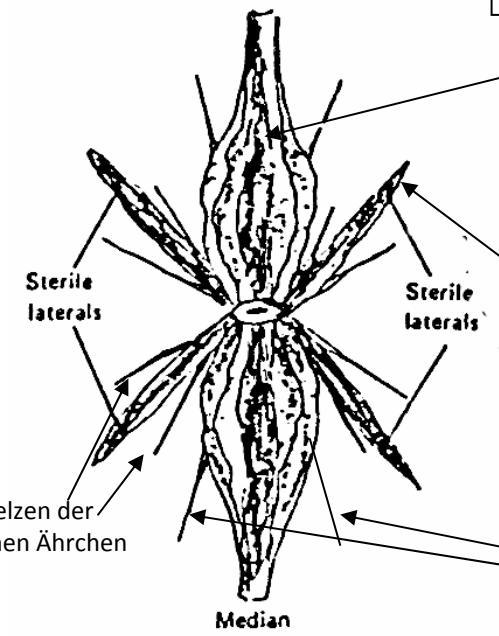
Fotos SJ

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (2)

Morphologische Unterschiede zwischen zwei- und mehrzeiligen Gersten

Zweizeilige Gerste

In Aufsicht (Ähre quer)



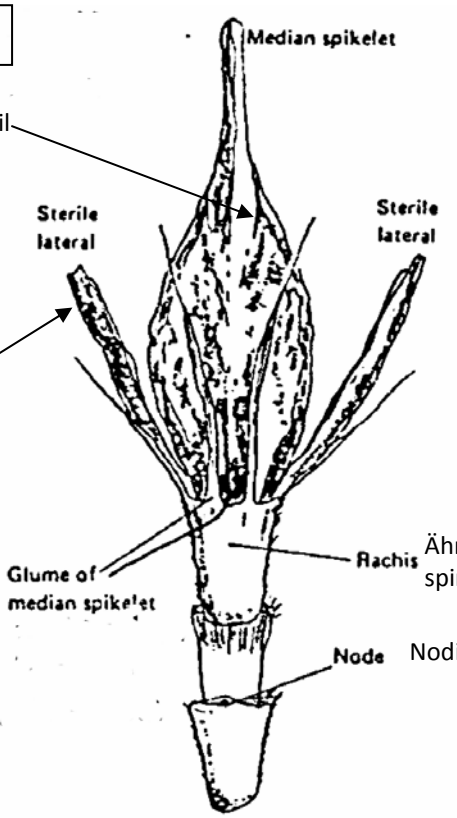
Mittleres Ährchen fertil (median spikelet)

Seitenährchen steril (sterile laterals)

Hüllspelzen der seitlichen Ährchen

Hüllspelzen des mittleren, fertilen Ährchens

Seitenansicht

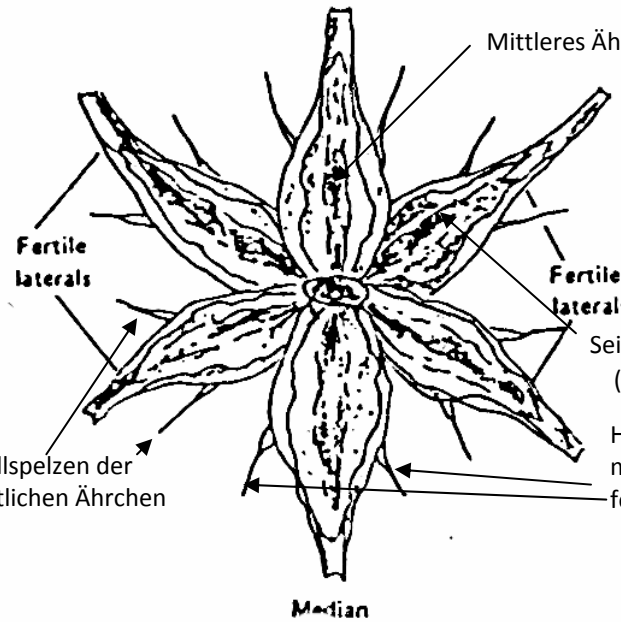


Ähren-spindel

Nodium

Mehrzeilige Gerste

In Aufsicht (Ähre quer)



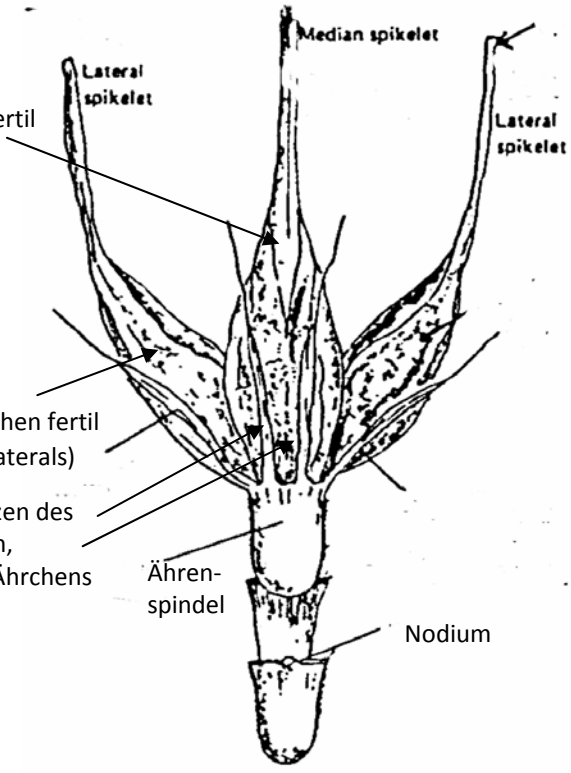
Mittleres Ährchen fertil

Seitenährchen fertil (fertile laterals)

Hüllspelzen der seitlichen Ährchen

Hüllspelzen des mittleren, fertilen Ährchens

Seitenansicht



Ähren-spindel

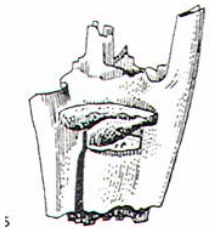
Nodium

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (3)

Archäologische Funde von Gerste

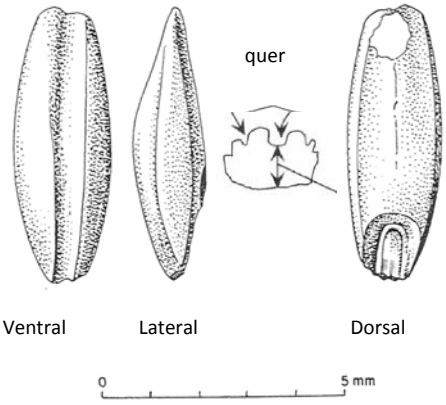
Spindelglieder: **seltener** gefunden, da sehr zart und rasch kaputt gehend (schlechtere Erhaltungsfähigkeit als Weizen!)

Wildgerste



Kulturgerste

Körner: weitaus **häufigste** Funde



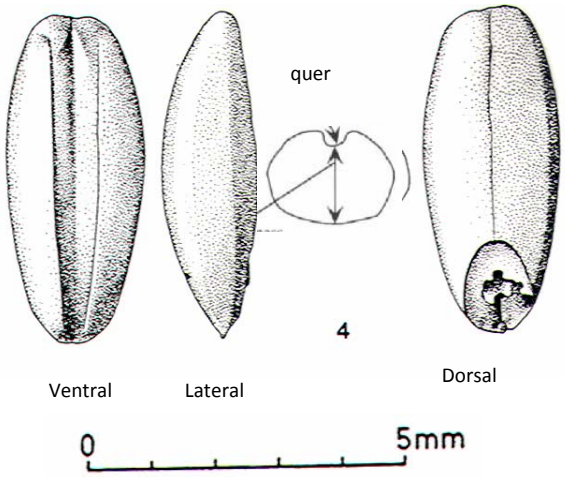
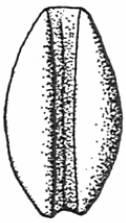


Abb. aus van Zeist & Bakker-Heeres 1985

Im archäologischen Material feststellbare Differenzen zwischen zwischen 2- und mehrzeiliger Gerste

Körner:

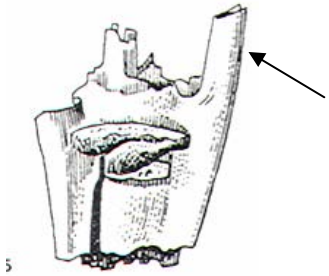
bei 2-zeiliger Gerste alle Körner gerade, gleichmässig geformt →



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

Bouby 2001

Spindelglieder:



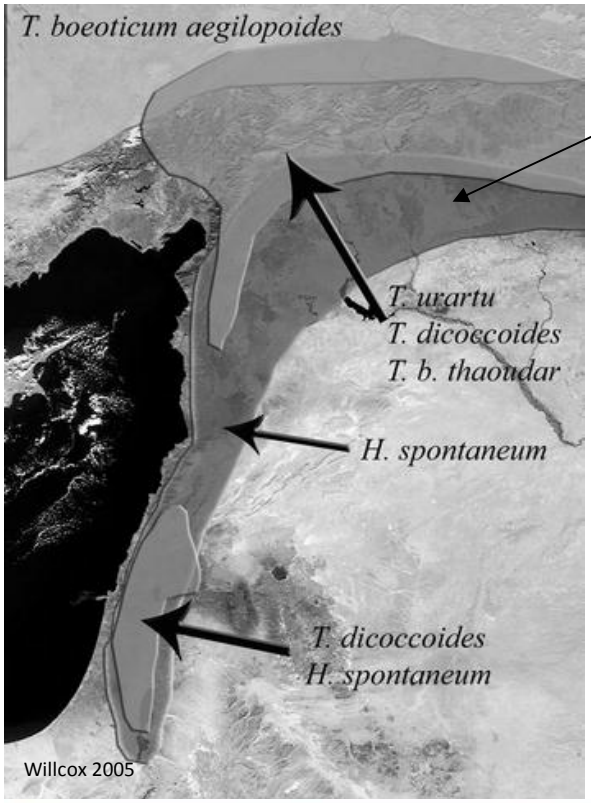
Funde, an denen noch Teile der sterilen Seitenährchen haften, (selten!!!) stammen von 2-zeiliger Gerste. Oft nicht klar zu entscheiden….

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

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (4)

Wildgerste (*Hordeum spontaneum*)

2-zeilige Gerste
bespelzt, mit brüchiger Rachis
winterannuell



Willcox 2005

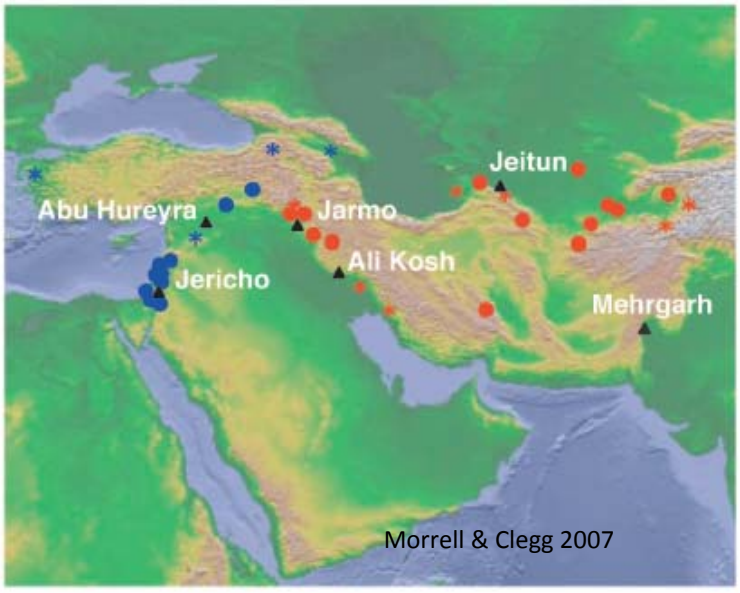
Verbreitungsgebiet der Wildgerste (*Hordeum spontaneum*) im fruchtbaren Halbmond (dunkelgrau):

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!



Morrell & Clegg 2007

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….

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (5)

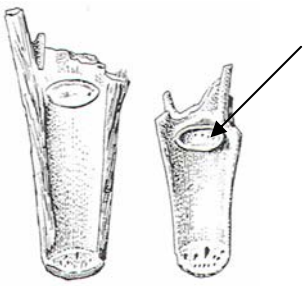
Frühe Funde von Gerste

Region	Site	units	Date B.P.	einkorn 1g	einkorn 2g	emmer	barley	rye	ca. cal B.C.
Southern	Ohalo II	1	19000	0	0	21	629	0	21000
Levant	Wadi Hammeh 27		12200-11920	0	0	0	p	0	12200-11900
	Netiv Hagdud	8	9900-9400	0	0	27 (4)	541 (8)	0	9300-8700
S	Zad 2		9800-9500	0	0	p	p	0	9300-8800
	Iraq-ed-Dubb		9900	?	0	?	p		9300
	Aswad I	9	9300-9000***	0	0	23 (6)	32 (6)	0	8500-8200
Middle	Abu Hureyra	24	11500-10000	0	>500(21)	0	0	p	11500-9500
Euphrates	Qermez Dere		10100-9700	0	0	0	p		9700-9200
	Mureybet I-II	33	10200-9900	0	12	0	5	p	9800-9300
and	Mureybet III	27	9800-9400	0	> 2000	0	164	p	9300-8800
	M'lefaat	4	9800-9600	0	139	0	185	?	9300-8900
Iraq	Jerf el Ahmar*	430	9800-9400	67	2539	0	9641	p	9300-8800
N	Dja'de*	225	9500-9000	265	1120	191	3763		8800-8200
	Göbekli Tepe	1	9550-9450	0	5	0	16		9000-8700
Eastern	Cafer Höyük XII XIII		9400-8800	p	p	p	0	p	8700-7900
Anatolia	Cayönü g, bp, ch		9250-8500	p	p	p	p		8500-7600
	Nevali Cori	1	9250-9000	661	p	129	89		8500-8200
West Syria	Tell el-Kerkh**		9250-9000	p		p			8500-8200
Cyprus	Mylouthkia/Shillourokambos		9250-9000	p	p	p	p		8500-8200

Willcox 2005, Legende siehe Skript Weizen

Frühe Funde von Gerste gibt es aus dem nördlichen und dem südlichen Teil des fruchtbaren Halbmondes!

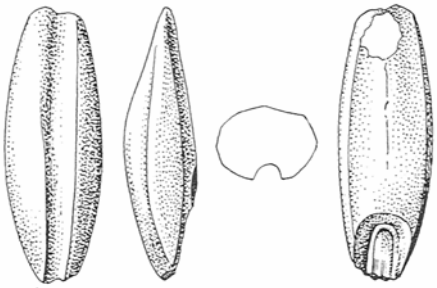
Frühe Funde von Wildgerste



Spindelglieder, die (MEIST) an den Sollbruchstellen zerbrochen sind (und ev. noch Spuren der sterilen Seitenährchen zeigend)

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

van Zeist & Bakker-Heeres 1985



kleine, wenig voluminöse **Körner**, mit Merkmalen der Spelzgerste (Kanten! Furchen!)

Bsp.: Körner von Wildgerste (Tell Mureybet III, Protoneol.)

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (6)

Kulturgersten

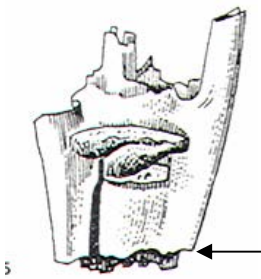
Zweizeilige Gerste (*Hordeum distichum*)

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

Mehrzeilige Gerste (*Hordeum vulgare*)

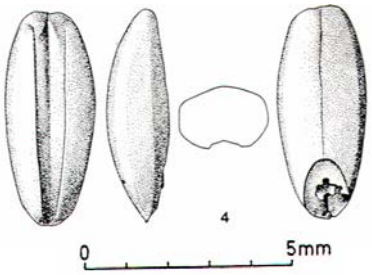
Entstand durch Selektion von Mutanten mit **fertilen Seitenährchen** (2 Gene involviert: V: "kernel rows" und I "Lateral floret fertility"). Feste Rachis.

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 caryposis N").



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

Spindelglieder, die im Bereich des Internodiums zerbrochen sind



Bsp.: Spelzgerste, mit Kanten (Tell Ramad, PPNB), van Zeist & Bakker-Heeres 1985

grössere, voluminöse Körner (hier Bsp. Spelzgerste).
Auftreten von Krümmlingen deutet auf das Vorhanden mehrzeiliger Formen.

Frühe Funde von (Kultur-)Gerste

B=bois=Holz; 0=vorhanden; g=gland=Eichel; Willcox 2000 (aus Guilaine 2000)

		ceréales sauvages			ceréales domestiques					légumineuses			fruits			
		engrain Einkorn	amidonnier Emmer	orge Gerste	engrain Einkorn	amidonnier Emmer	blé nu Nacktweizen	orge 2r 2-zeil. Gerste	orge 6 r 6-zeil. Gerste	lentille Linse	pois Erbse	ers Linsenwicke	chêne Eichel	amandier Mandel	pistacia Pistazie	lin Lein
Epipaläolithikum																
Site	**BC cal.**															**DATE BP non cal.**
Ohalo II	20500		O	O						O			G	O	O	19000
Franchthi	12700-8000			O						O	O	O	?	O	O	12400-9000
Hayonim	12500-11900			O						O		O				12300-11900
Wadi Hammeh 27	12200-11900			O						O			B		O	12200-11900
Abu Hureyra 1	11000 10000	O		O						O		O	B		O	11000-10000
Hallan Cemi	10600-9400									O		O		O	O	10600-9900
Mureybet I-III	10200-8500	O		O						O			B		O	10200-9500
Nemrik	10200-9600									O		?			O	10200-9900
Qermez Dere	10100-9300			O						O		O			O	10100-9700
Protoneolithikum ("PPNA")																
Netiv Hagdud	9500-8700			O						O						10000-9400
Jerf el Ahmar	9300-8900	O		O						O	O	O	B	O	O	9800-9700
M'lefaat	9300-8800	?		O						O		O			O	9800-9600
Tell Aswad Ia	9300-7400			O		?		?		O	O	O		O	O	9700-9600
Djadé	8800-8000	O		O		?				O	O	O	B	O	O	9600-9000
Cayönü mr	8500-8200	?	?							O			B	O	O	9500-9200
Jericho PPNA	8500-8000			?	?	?		?		O					O	9500-9000

Greife hinzurechnen!

im Epipaläolithikum und entwickelten Protoneolithikum **KEINE** gesicherten Nachweise der Kulturgerste!

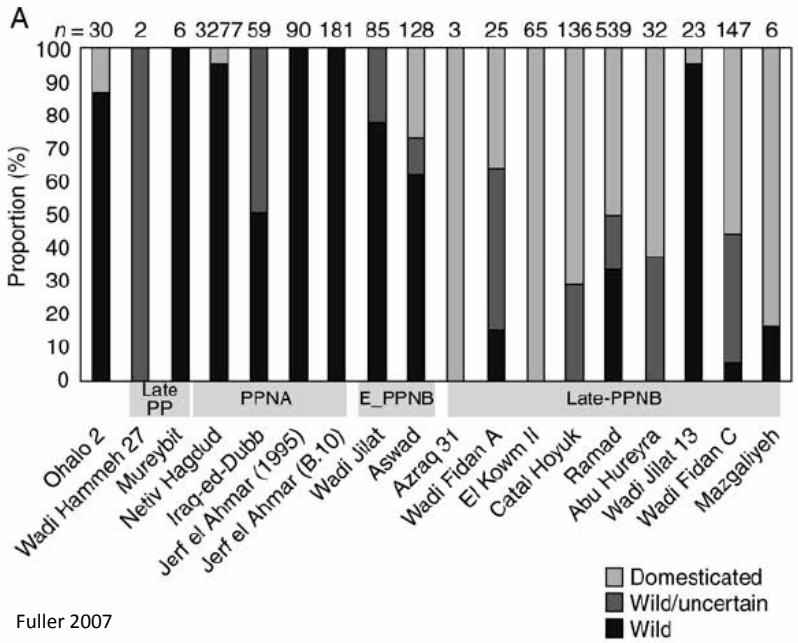
Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (7) Frühe Funde (2)

Site	BC cal.	engrain Einkorn	amidonnier Emmer	orge Gerste	engrain Einkorn	amidonnier Emmer	blé nu Nacktweizen	orge 2r 2-zeil. Gerste	orge 6 r 6-zeil. Gerste	lentille Linse	pois Erbse	ers Linsenwicke	chêne Eichel	amandier Mandel	pistacia Pistazie	lin Lein	DATE BP non cal.
		céréales sauvages			céréales domestiques					légumineuses			fruits				
Mureybet IV	8400-7500	O		O						O			B		O		9400-8500
Cafer Höyük XIII-X	8400-8000	O	O		O	O				O	O	O	B	O	O		9400-9000
Tell Aswad Ib	8300-7800			O		O		?		O	O				O		9300-8800
Cayönü gp bp ch	8200-7500	O	O	?	O	O		?		O	O	O	B	O	O	O	9200-8500
Nevali Cori	8200				O	O				O	O				O		9200
Ain Ghazal	8000-7500					O		O		O	O		B		O	O	9000-8500
Jericho PPNB	8000-7500			O	O	O		O		O	O					O	9000-8500
Cafer Höyük IX-VI	8000-7400	O				O				O			B		O		9000-8400
Nahal Hemar	8000-7200					O		O		O			G	O	O		9000-8200
Bheida	7900-7700				O	O		?							O		8900- 8700
Ganj Dareh	7900-7200			O				O		O				O	O		8900-8200
Ali Kosh BM	7800-6900	O		O	O	O		O	O				G		O		8800-8000
Jilat 7	7800-7400	O		O	O				O			O			O		8800-8400
Asikli	7800-7400	O			?	O	O	O	O	O	O	O		O	O		8800-8400
Abu Hureyra PPNB	7800-7000	O		O	O	O	O	O		O			B		O		8800-8000
Tell Aswad II	7700-7400	O		O	O	O	O	O		O	O				O	O	8700-8400
Ghoraife I	7700-7100			O		O	O	O		O	O				O	O	8700-8100
Abdul Hosein	7700-6500					O		O		O				B	O		8700-7500
Halula	7700-6500	?	O	O		O	O	O		O	O	O	B		O	O	8700-7500

B=bois=Holz; 0=vorhanden; g=gland=Eichel; Willcox 2000 (aus Guilaine 2000)

- 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

Wie rasch setzen sich domestizierte Typen im Fundmaterial durch?



Fuller 2007

Auch bei Gerste dauerte der Domestikationsprozess lange, noch länger als bei Weizen; er zieht sich über rund 2000 Jahre hin (bei Weizen mind. 1500)

Fazit: archäologische Funde der Gerste

Gerste wurde praktisch ebenso früh in Kultur genommen wie Weizen!

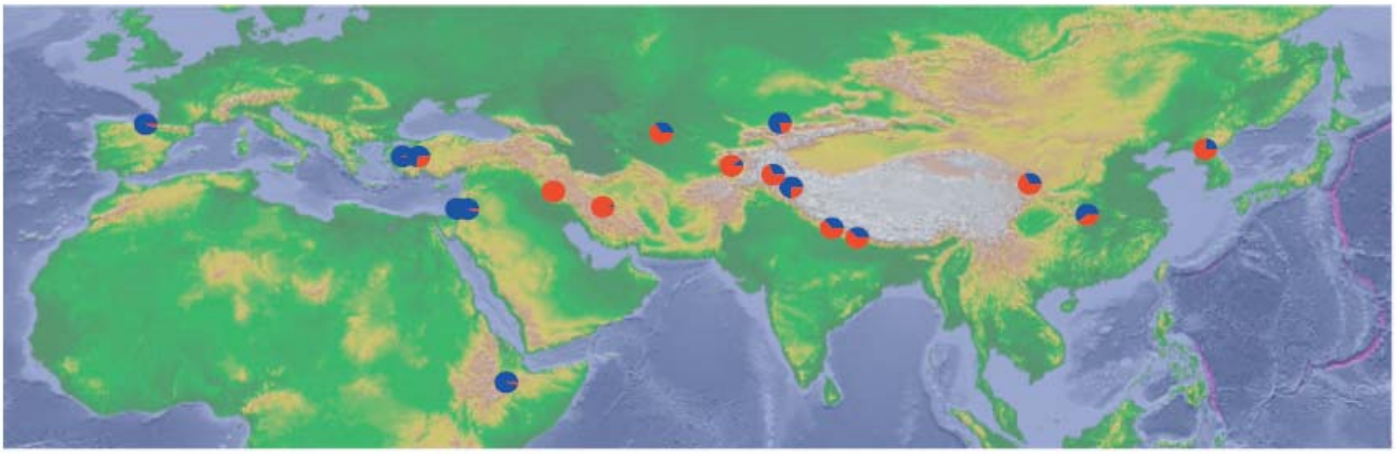
Gerste blieb eines der wichtigsten Getreide während des Neolithikums im Nahen Osten. Sie taucht auch früh, bereits zu Beginn des Neolithikums, in Mitteleuropa auf.

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (8) Genetik

Wie oft und wo wurde Gerste domestiziert?

Sehr grosses heutiges Areal der Wildform (bis Zentralasien, Karte aus Morrell & Clegg 2007: siehe S. 4): 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:



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

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

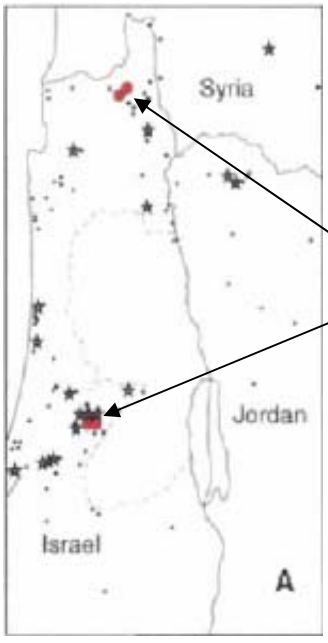
1) im Nahen Osten, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (►westlich (inkl. Nordafrika!) verbreitete Kultivare) (früh, PPNB)

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 **Wildformen aus dem Jordantal** ist, also aus einer Region, die ausserhalb der postulierten "Core Area" für Weizen u.a. founder crops in SE-Anatolien liegt.

Herkunft aller modernen Formen von **zwei** Domestikationsereignissen:

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

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

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (9) Genetik (2)

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 Wild-populationen 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 Verwendungs-möglichkeiten**.

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

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

Domestikation der Gerste (*Hordeum*) (9) Verwendung (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 aufwendige mikroskopische Untersuchungen.

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: Vicieae
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

Proteinreiche Samen: 20 - 27% Eiweissgehalt (siehe Tabelle links)

v.a. wichtig sind: Lysin, Tryptophan = essentielle Proteine

Bodenverbesserer:

Rhizobium-Bakterien in den Wurzelknöllchen, binden Luft-Stickstoff! Gründüngung!

Reifezeit*:*
im Nahen Osten März-April, also 1 Monat vor dem Getreide:

Leguminosen waren also wichtige Nahrungsquellen in der Zeit des grössten Nahrungsmangels am Ende des Winters.

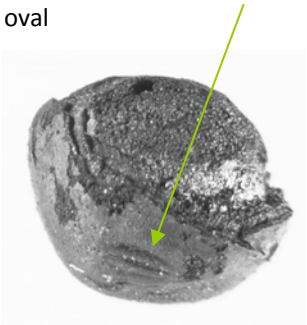
Archäologische Funde

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

Bestimmungskriterien sind:

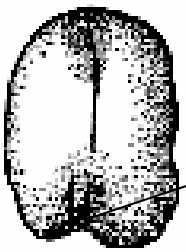
- Die Form und Grösse der Samen
- Die Form und Grösse des Nabels
- Die Beschaffenheit der Oberfläche der Samenschale

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 (+)
- Sprosse werden robuster

+=im archäologischen Material sichtbar

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.*

Zohary & Hopf 2000

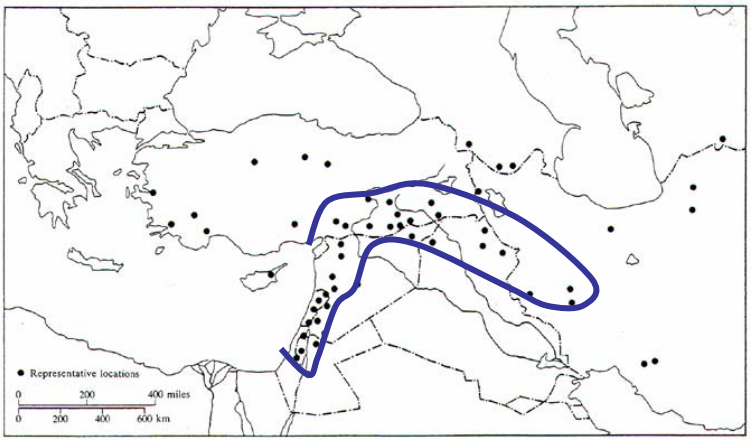
Habitate ähnlich wie Wildgetreide: auf flachgründigen, **steinigen** Böden, auf steinigen Abhängen, in steppenartigen Habitaten; gerne sekundär z.B. auf Lesesteinhaufen. Laut Abbo et al. 2009, 32 auf Kalk, metamorphen Gesteinen und Basalt. Wie wilde Weizen ist *L. orientalis* nicht sehr häufig („scattered colonies"). De facto ist Wildlinsev iel 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



Zohary & Hopf 2000

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

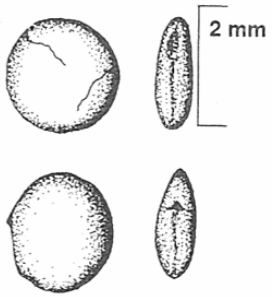
Verbreitung der genetisch der Kulturform ähnlichsten Wildlinse: SE-Anatolien und Nordsyrien

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.

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!



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

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

Kulturlinsensamen:
>3mm im Durchmesser

Sagalassos (römisch): sehr grosse Linsensamen

Frühe Funde: siehe Tabelle S. 4!

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.

Eine Grosse Menge von Linsen gibt es aus **Yiftah-el aus Israel (PPNB**, nicht auf der Liste S. 4): 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 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

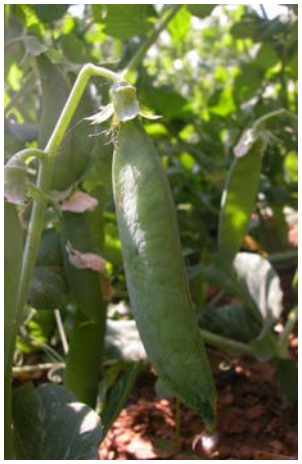
Site	BC cal.	engrain Einkorn	amidonnier Emmer	orge Gerste	engrain Einkorn	amidonnier Emmer	blé nu Nacktweizen	orge 2r 2-zeil. Gerste	orge 6 r 6-zeil. Gerste	lentille Linse	pois Erbse	ers Linsenwicke	chêne Eichel	amandier Mandel	pistacia Pistazie	lin Lein	DATE BP non cal.
		ceréales sauvages			ceréales domestiques					légumineuses			fruits				
Epipaläolithikum																	
Ohalo II	20500		O	O						O			G	O	O		19000
Franchthi	12700-8000			O						O	O	O	?	O	O		12400-9000
Hayonim	12500-11900			O						O		O					12300-11900
Wadi Hammeh 27	12200-11900			O						O			B		O		12200-11900
Abu Hureyra 1	11000 10000	O		O						O		O	B		O		11000-10000
Hallan Cemi	10600-9400									O		O		O	O		10600-9900
Mureybet I-III	10200-8500	O		O						O			B		O		10200-9500
Nemrik	10200-9600									O		?			O		10200-9900
Qermez Dere	10100-9300			O						O		O			O		10100-9700
Protoneolithikum ("PPNA")																	
Netiv Hagdud	9500-8700			O						O							10000-9400
Jerf el Ahmar	9300-8900	O		O						O	O	O	B	O	O		9800-9700
M'lefaat	9300-8800	?		O						O		O			O		9800-9600
Tell Aswad Ia	9300-7400			O		?		?		O	O	O		O	O		9700-9600
Djadé	8800-8000	O		O		?				O	O	O	B	O	O		9600-9000
Cayönü mr	8500-8200	?	?							O			B	O	O		9500-9200
Jericho PPNA	8500-8000			?	?	?		?		O					O		9500-9000
Frühes Neolithikum (PPNB)																	
Mureybet IV	8400-7500	O		O						O			B		O		9400-8500
Cafer Höyük XIII-X	8400-8000	O	O		O	O				O	O	O	B	O	O		9400-9000
Tell Aswad Ib	8300-7800			O		O		?		O	O				O		9300-8800
Cayönü gp bp ch	8200-7500	O	O	?	O	O		?		O	O	O	B	O	O	O	9200-8500
Nevali Cori	8200				O	O				O	O				O		9200
Ain Ghazal	8000-7500					O		O		O	O		B		O	O	9000-8500
Jericho PPNB	8000-7500			O	O	O		O		O	O					O	9000-8500
Cafer Höyük IX-VI	8000-7400	O				O				O			B		O		9000-8400
Nahal Hemar	8000-7200					O		O		O			G	O	O		9000-8200
Bheida	7900-7700				O	O		?							O		8900- 8700
Ganj Dareh	7900-7200			O				O		O				O	O		8900-8200
Ali Kosh BM	7800-6900	O		O	O	O		O	O				G		O		8800-8000
Jilat 7	7800-7400	O		O	O				O			O			O		8800-8400
Asikli	7800-7400	O			?	O	O	O	O	O	O	O		O	O		8800-8400
Abu Hureyra PPNB	7800-7000	O		O	O	O	O	O		O			B		O		8800-8000
Tell Aswad II	7700-7400	O		O	O	O	O	O		O	O				O	O	8700-8400
Ghoraife I	7700-7100			O		O	O	O		O	O				O	O	8700-8100
Abdul Hosein	7700-6500					O		O		O				B	O		8700-7500
Halula	7700-6500	?	O	O		O	O	O		O	O	O	B		O	O	8700-7500

Grenze Hypothetisch!

B=bois=Holz; 0=vorhanden; g=gland=Eichel; Willcox 2000 (aus Guilaine 2000); siehe auch Butler 1998

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (5) Erbse

Erbse (*Pisum sativum* L.)



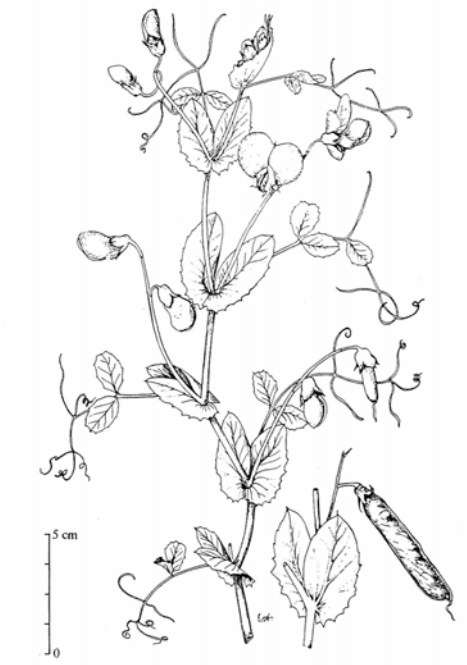
Die Erbse gehört zusammen mit der Linse zu den **ältesten** domestizierten Hülsenfrüchten. Von Anfang an ist sie zusammen mit Weizen und Gerste vergesellschaftet.

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.

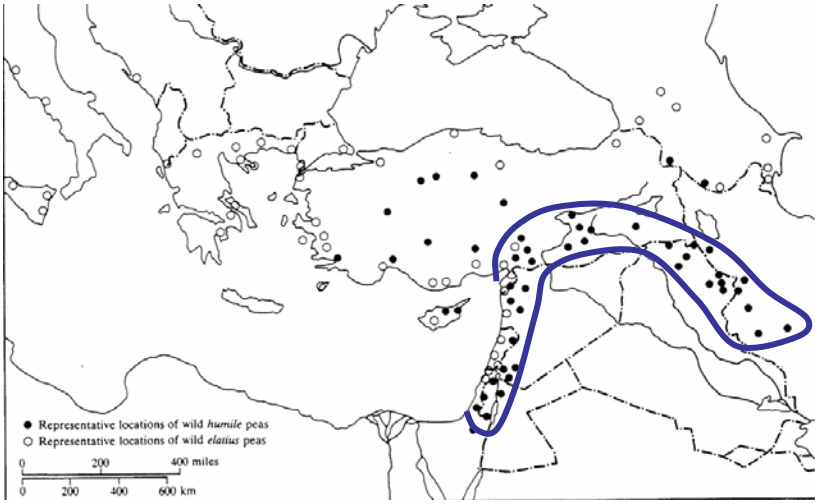
Habitat von *P. humile*: Kommt im parkartigen Eichenwäldern (sommergrüne Eichen) vor sowie in offenen, steppigen Habitaten; *sekundär* in Getreidefeldern.

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

Humile-Erbsen 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



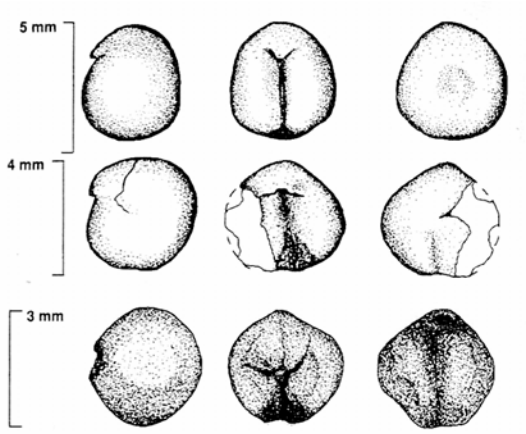
Zohary & Hopf 2000

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

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

Archäologische Funde, Unterscheidung zwischen Wild- und Kulturerbse

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



Samengrösse:
3-4 mm: Wilderbsen und frühe Kulturformen
Später auf 6-8 mm steigend

Samenschale:
Wilderbse: rauh, 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 4!
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 elatius* = mediterran verbreitete Wildform, zurückgehend.
Ähnliche jungpaläolithische Funde gibt es auch aus dem westlichen Mittelmeerraum.
Wesentlich **regelmässiger** kommen Ebsen **ab dem PPNB** vor: Es sind meist kleinsamige sog. „Übergangsformen". 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

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (7) Kichererbse

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* (△) (syn. *Cicer reticulatum* Ladiz.) **und deren Verbreitungsgebiet, Ort der Domestikation**

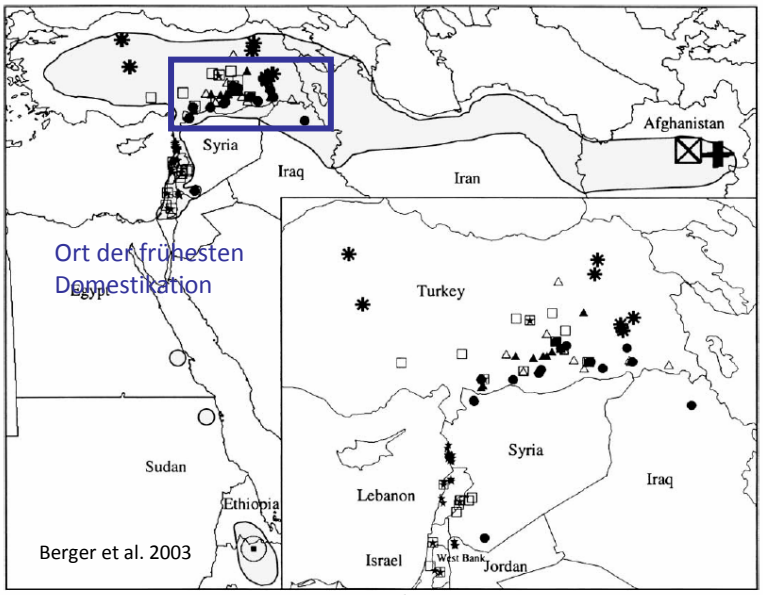


Fig. 1. Distribution of annual wild *Cicer* (and the wild perennial, *C. anatolicum*) germplasm held in the world collection. Symbols as follows: *C. anatolicum* (*), *C. bijugum* (●), *C. chorassanicum* (⊠), *C. cuneatum* (⊙), *C. echinospermum* (▲), *C. judaicum* (★), *C. pinnatifidum* (□), *C. reticulatum* (△), *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.

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.

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. 8).

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

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (8) Kichererbse (2)

Funde der Kichererbse im Nahen Osten, Unterscheidung von Wild- und Kulturformen

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. (1σ)	Dated material
GrA-22277	9350±90	8750–8470	Wood charcoal
Ly-2555(O×A)	9250±40	8560–8350	Wood charcoal
GrA-22276	9240±50	8550–8340	Wood charcoal
Ly-12086	9205±60	8530–8310	Wood charcoal
Ly-2556(O×A)	9165±40	8430–8290	Wood charcoal

Tanno & Willcox 2006

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

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

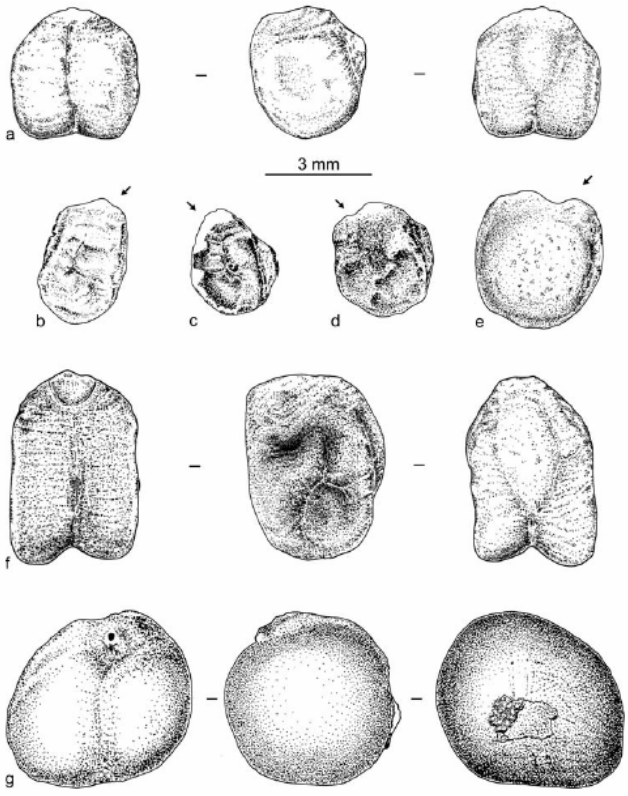


Fig. 2 *Cicer arietinum* from early PPNB levels at Tell Ain el-Kerkh. a shows the most common type, b–e are lateral views to show morphological variation from more wild forms to more domestic forms arranged from left to right. The wrinkling which is often seen in *C. a. reticulatum* can be seen in b, 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

Funde von Tell el-Kerkh, Syrien, PPNB

	Average	S.E	Min	Max
Cicer arietinum (*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.

Kichererse 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)

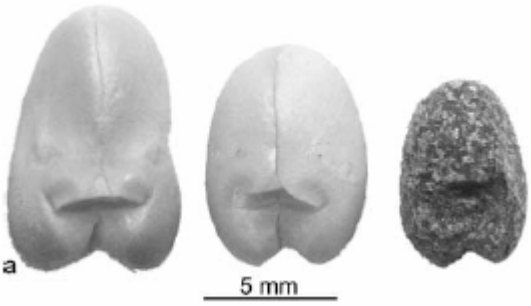
Alle archäologischen Funde bis zur Römerzeit: gehören zu var. minor!

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)



Ackerbohnne 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

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

Domestikation Pflanzen: Hülsenfrüchte (11)

Weitere Hülsenfrüchte....

Linsenwicke (*Vicia ervilia*)
Seit dem Protoneolithikum gefunden, wohl auch ab PPNB domestiziert, wird von einigen Forschern auch zu den „founder crops“ gezählt

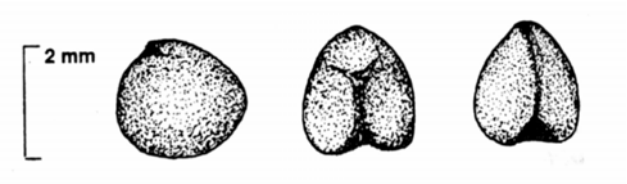
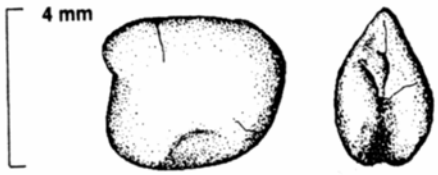


Abb. Nevali Cori, PPNB, Pasternak 1998

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

*Ausbildung grösserer Samen

Ausbildung dünnerer Samenschalen

Erhöhung des Ölgehaltes der Samen

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

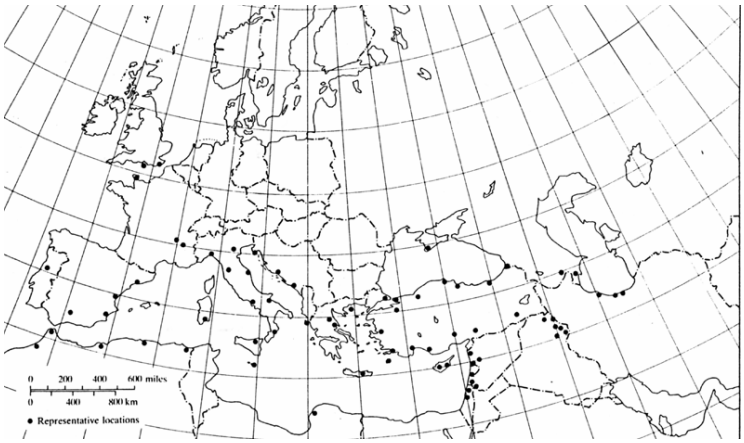
*=im archäologischen Material sichtbar

Lein oder Flachs (*Linum usitatissimum* L.).

Der Lein gehört zu den „founder crops“ im Nahen Osten!

Genetik, Wildform: diploid, 2n=30, Selbstbestäuber (autogam); *Wildform: Linum angustifolium* Huds. (syn. *Linum bienne* Mill.)

Verbreitung der Wildform



Verbreitung: im ganzen Mittelmeerraum

Habitat: primär: feuchte Orte wie Nass-Wiesen

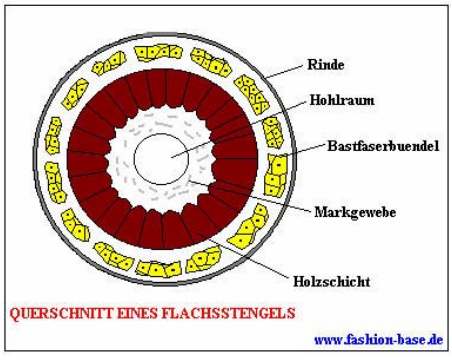
Abb. aus Zohary & Hopf 2000

Neue genetische Daten (Allaby et al. 2005) weisen darauf hin, dass der Lein wohl nur einmal domestiziert wurde, wo wissen wir allerdings nicht genau.

Kulturformen: heute 2 Hauptzuchtlinien:

a) 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)

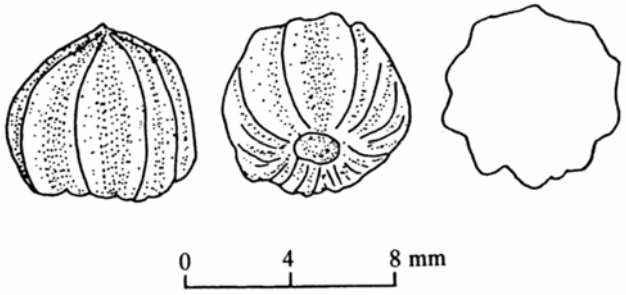
b) Faserlein: schlanke, grosse, wenig verzweigte Pflanzen, kleinsamig; für die Fasergewinnung gebaut. Die Fasern finden sich in der Rinde des Stengels. Sie zu extrahieren, ist ein mehrstufiger, komplizierter Prozess.



Domestikation Öl-/Fasterpflanzen 2

Archäologische Funde

Kapseln: wenn geschlossen → Kulturform!



Flachskapsel aus Jericho, Bronzezeit (Zohary & Hopf 2000)

Samen: wenn >3 mm lang: Kulturform

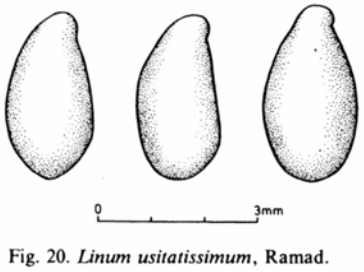


Fig. 20. *Linum usitatissimum*, Ramad.

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.

Frühe Nachweise: 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).

Frühes Neolithikum (PPNB):

Mureybet IV	8400-7500	O		O					O			B		O		9400-8500
Cafer Höyük XIII-X	8400-8000	O	O		O	O			O	O	O	B	O	O		9400-9000
Tell Aswad Ib	8300-7800			O		O		?	O	O				O		9300-8800
Cayönü gp bp ch	8200-7500	O	O	?	O	O		?	O	O	O	B	O	O	O	9200-8500
Nevali Cori	8200				O	O			O	O				O		9200
Ain Ghazal	8000-7500					O		O	O	O		B		O	O	9000-8500
Jericho PPNB	8000-7500			O	O	O		O	O	O					O	9000-8500
Cafer Höyük IX-VI	8000-7400	O				O			O			B		O		9000-8400
Nahal Hemar	8000-7200					O		O	O			G	O	O		9000-8200
Bheida	7900-7700				O	O		?						O		8900- 8700
Ganj Dareh	7900-7200			O				O	O				O	O		8900-8200
Ali Kosh BM	7800-6900	O		O	O	O		O	O			G		O		8800-8000
Jilat 7	7800-7400	O		O	O				O		O			O		8800-8400
Asikli	7800-7400	O			?	O	O	O	O	O	O		O	O		8800-8400
Abu Hureyra PPNB	7800-7000	O		O	O	O	O	O		O		B		O		8800-8000
Tell Aswad II	7700-7400	O		O	O	O	O	O		O	O			O	O	8700-8400
Ghoraife I	7700-7100			O		O	O	O		O	O			O	O	8700-8100
Abdul Hosein	7700-6500					O		O		O			B	O		8700-7500
Halula	7700-6500	?	O	O		O	O	O		O	O	O	B		O	O	8700-7500

B=bois=Holz; 0=vorhanden; g=gland=Eichel; Willcox 2000 (aus Guilaine 2000); siehe auch Butler 1998

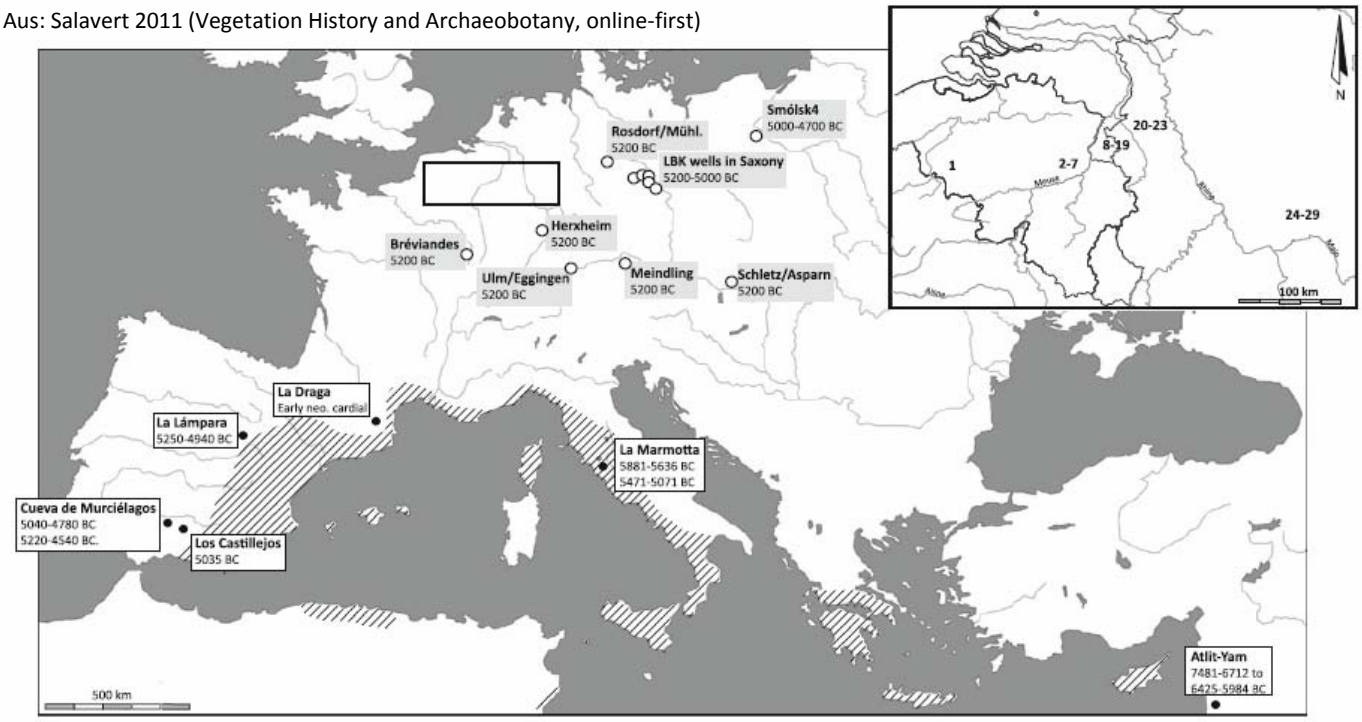
Erster Hinweis auf domestizierte Formen, nachweisbar durch einen Anstieg der Samenlänge auf >3mm, gibt es aus PPNB-Schichten des **Tell Ramad** in Syrien (van Zeist & Bakker Heeres 1985, siehe Abb. oben), nicht auf der obigen Tabelle aufgeführt.

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).

Domestikation Öl-/Fasterpflanzen 3

Schlafmohn (*Papaver somniferum* L.)

Aus: Salavert 2011 (Vegetation History and Archaeobotany, online-first)



1: Aubechies-Coron Maton (Bakels in Constantin et al 2010b) **2-7:** Oleye-Al Zèpe, Waremme-Vinâve (Jadin and Heim 2003); Remicourt-En Bia Flo II, Remicourt-Fond de Momalle (Salavert 2010b); Vaux-et-Borset-Gibour (Heim and Hauzeur 2002); Alleur (Damblon and Buydens 2001; Dietsch-Sellami 2002, 2004) **8-19**: Geleen-Haesselderveld (Bakels and Rousselle 1985) ; Geleen-Janskamperveld, Beek-Kerkeveld (Bakels 1978, 2007); Langweiler 2, 3, 6, 8 et 9, Lamersdorf, Aldenhoven, Laurenzberg 7 (Knörzer 1971, 1988, 1997) **20-23**: Garsdorf, Kückhoven, Oekoven, Wanlo (Knörzer 1971,1988, 1997, 1998) **24-29**: Fauerbach, Usingen, Nieder-Mörlen, Bruchenbrücken,Mittelbuchen, Fechenheim (Kreuz 1990; Kreuz et al 2005) ○Bréviandes (Bonnaire, *comm. pers.*); Herxheim (Kreuz et al 2005), Meindling (Bakels 1992), Schletz/Asparn (Kohler-Schneider 2007), Smólsk4 (Bienek 2007), Ulm-Eggingen (Gregg 1989), LBK wells in Saxony: Brodau (Herbig, Dresden -Cotta (Herbig, *comm. pers.*), Eythra, Kreis Leipziger Land, Leipzig-Plaußig (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 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 up right)

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 northwestern 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, 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

Domestikation Öl-/Fasterpflanzen 3 / Schlafmohn 2 + Fazit Pflanzendomestikation

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 Pflanzendomestikation

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 → Kohlenhdrate // 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?

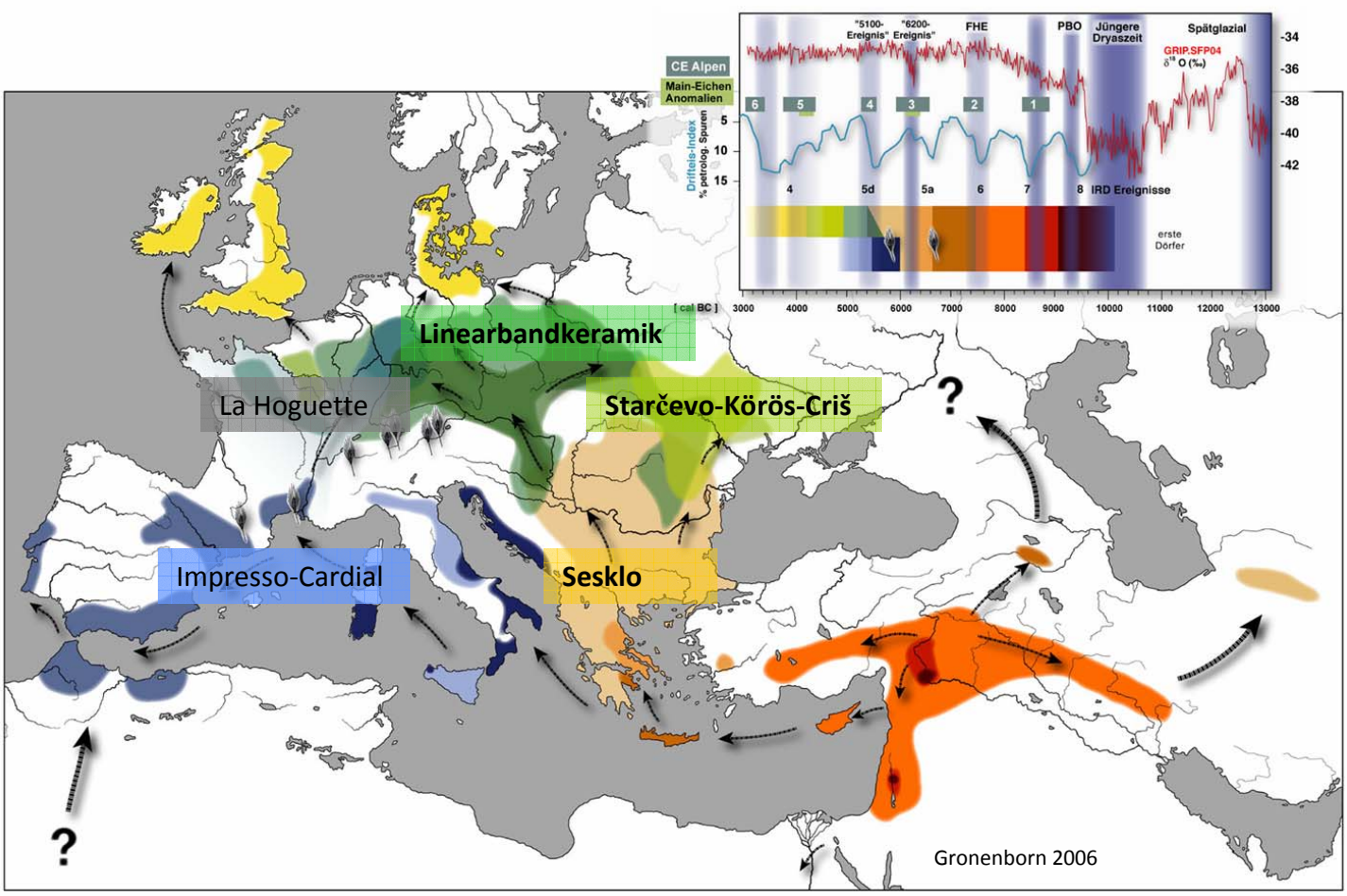
verschiedene Möglichkeiten wurden im Lauf der Vorlesung angedeutet – aber **ES GIBT BIS HEUTE KEINE BEFIREDIGENDE ERKLÄRUNG!**

"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

Ausbreitung des Ackerbaus nach Europa (2)

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

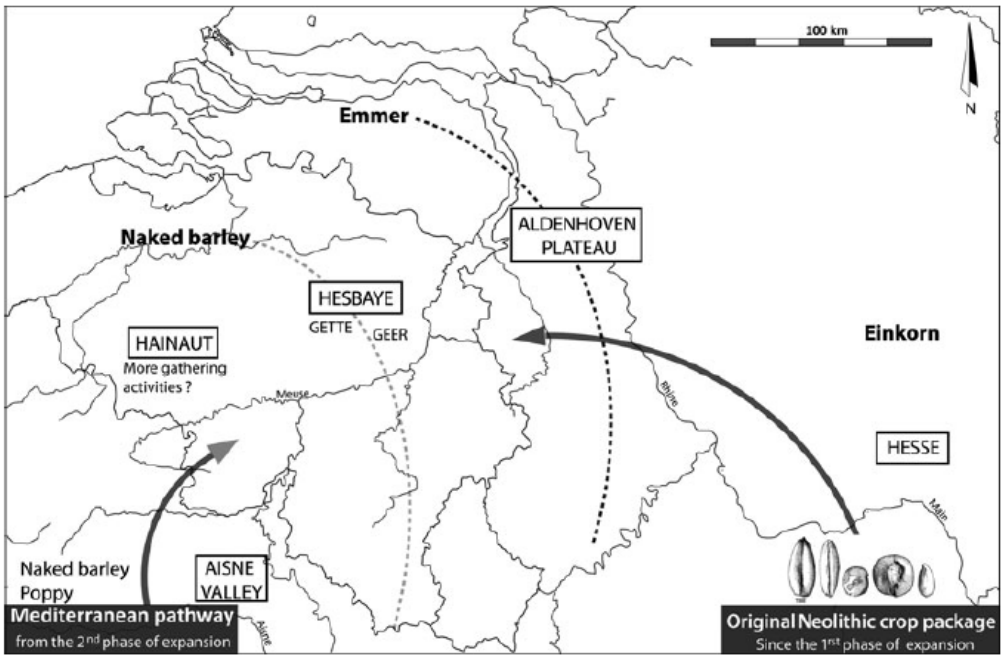


Fig. 9 Synthetic figure of the three points developed in this paper with location of LBK region quoted in the text: (1) gathering activities seem more pronounced in the Hainaut; (2) emmer dominates west of the Rhine while einkorn dominates to the east, naked barley is linked to the northwestern part 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)

Arten		Mesolithikum	Neolithikum				Bronzezeit		Eisenzeit		Römerz.	VWZ	Mittelalter		
			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
Triticum monococum							ev. mehr!					?			
Einkorn															
T. dicoccum Schrank															
Emmer															
T. durum Desf./turgidum L.	?= keine sicher Bestimm								?			?	?		
Hart-/Rauhweizen (Nacktweizen tetraploid)															
T. aestivum L. s.l.	?= keine sicher Bestimm					s. l. ?									
Saatweizen (Nacktweizen Hexaploid)															
T. spelta L.															
Dinkel															
Hordeum vulgare L.															
Gerste															
Panicum miliaceum															
Rispenhirse															
Setaria italica Beauv.															
Kolbenhirse															
Avena Sativa L.	?= unsicher, ob								?						
Saathafer	Kulturform														
Secale cereale L.	?= unsicher, ob								?	?					
Roggen	Kulturform														
Fagopyrum sagittatum Gilib.															
Buchweizen															
Pisum Sativum L.															
Erbse															
Lens Culinaris Medik.															
Linse															
Vicia faba L.															
Ackerbohne															
Linum usitatissimum L.															
Lein, Flachs															
Papaver somniferum L.															
Mohn															
Camelina Sativa Crantz	?= vermutl.														
Leindotter	Unkrautform														
Cannabis sativa L.															
Hanf															
Gartenbau	Obstkulturen														
	Gemüse, Gewürze														

Zusammenstellung S. Jacomet, nach div. Literatur, aus Skript Vorlesung „Einführung in die Archäobotanik"

Domestikation von GEHÖLZEN

Wichtige Lieferanten von Grundnahrungsmitteln sind: (*Mittelmeerraum)

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

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

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 erst 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.

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 mit **erwünschten Eigenschaften** aus einer Menge an Gehölzen mit nicht so vorteilhaften Eigenschaften auswählen (natürliche Mutanten mit vorteilhaften Eigenschaften können so 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 mit von der Wildform abweichender Morphologie, 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 Ostens 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) oder Ostasien (vermutlich *Prunus*-Arten).

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 & Hopf 2000; Kislev 2006; Cannepele und Kohler-Schneider 2008 und dort zitierte Literatur

Domestikation von GEHÖLZEN (2)

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 **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).

Wer erfand das Pfropfen??

Die alten Griechen (z. Bsp. frühe Erwähnung im Homer's Odyssee) und Römer waren **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 die Technologie scheint aus **China** zu stammen: Frühe schriftlichen Quellen von dort (um 5000 v. Chr.) stehen z. Bsp. im Zusammenhang mit der Inkulturnahme von Zitrusfrüchten (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 wurden – über ihre früheste Geschichte wissen wir sehr wenig, 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 von Anfang an stabil weitervermehrt werden. Eine Selektion hat nur 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:

- Aufgabe der Selbstinkompatibilität (v.a. Steinobst)
- Diözie, Fremdbestäubung → Monözie, Selbstbestäubung (Rebe)
- Parthenokarpie (z.B. Birnen)

Domestikation von GEHÖLZEN (3) Weinrebe (1)

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! 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.

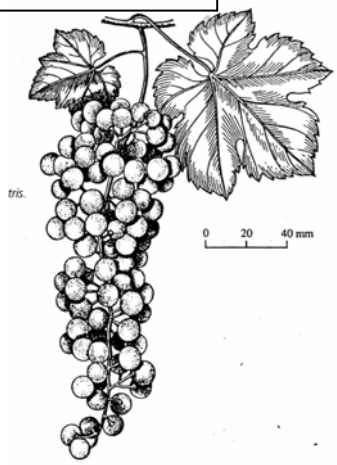
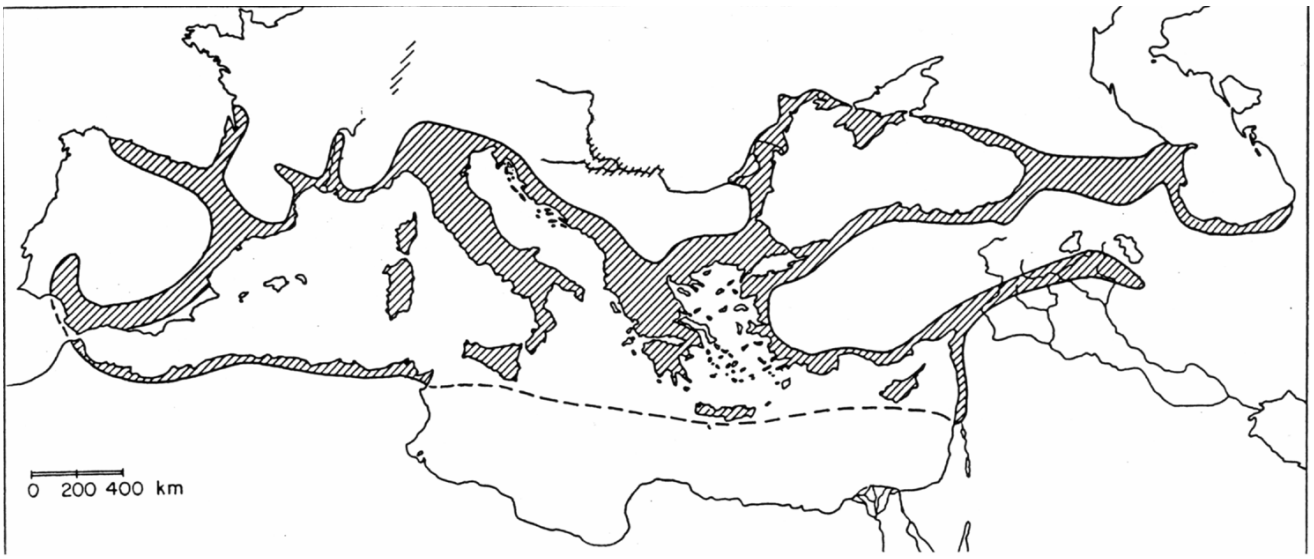


Abb. aus Zohary & Hopf 2000

Vermutliche Verbreitung der Wildrebe



Die **Verbreitungszentren** der europäischen Wildrebe dürften in den feuchten und milden Waldgegenden südlich des Kaspischen Meeres, im Kaukasus und entlang der Südküste des Schwarzen Meeres liegen. Neu meint man auch im westlichen Mittelmeeraum ein solches Verbreitungszentrum genetisch ausmachen zu können.
Entlang von Rhein und Donau ist die Wildrebe als Bestandteil von Auenwäldern (Hartholzaue) weit ins Innere Europas vorgedrungen. Sie war früher auch in der Oberrheinebene verbreitet.

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.

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

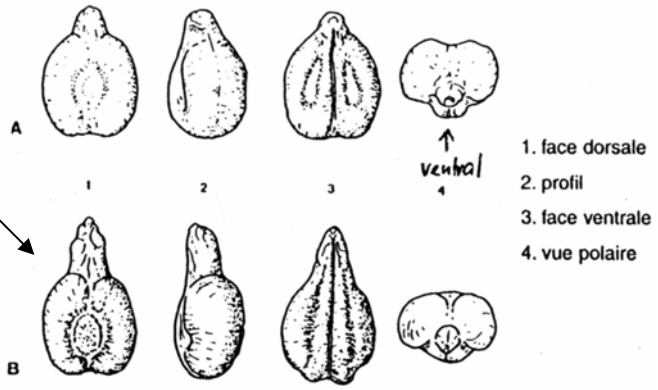
Häufigste botanische Funde: Samen

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).

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

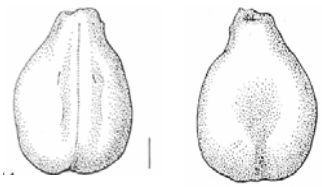
Seltenere Funde:

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. 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.).



Jacomet, Brombacher, Dick 1989

Früheste Funde domestizierter Reben

Stammen aus chalkolithischen (kupferzeitlichen = spät-/endneolithischen; zwischen ca. 5000 und 4000 v. Chr.) und mehreren frühbronzezeitlichen Stationen in Palästina, Syrien und der Ägeis (**ostmediterran**). Zahlreiche Kerne und auch Beeren kommen aus dem **frühbronzezeitlichen Jericho,** sie datieren um 4000 v. Chr. (S. 156 in Zohary & Hopf 2000 werden weitere Funde aufgezählt.) 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 dem Kaukasus (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 folg. Seite)

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 späthelladischer Zeit (Spätbronezezitlich; 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 (Text zumeist nach Zohary & Hopf 2000).
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 (oder es gab – falls die genetischen und morphometrischen Ergebnisse richtig sind (siehe unten) – schon früher (oder gleichzeitg?) eigenständige Domestikation).
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 römerzeitliche 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, nähe Trier).

Ergebnisse genetischer und morphometrischer Untersuchungen

Ergebnisse genetischer Untersuchungen sind **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!

Ergebnis 1 (Labra et al. 2002): 238 Kultivare analysiert: gemeinsamer geographischer Ursprung der Kulturrebe im ostmediterranen Raum
Ergebnis 2 (Arroyo-Garcia et al. 2002): 2 unabhängige Domestikationsereignisse (1 im östlichen Mittelmeerraum, 1 im westlichen).
Neue **morphometrische Untersuchungen** (Terral et al. 2010) deuten ebenfalls auf verschiedene lokale Domestikationen (z. Bsp. im Languedoc).

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! Die ältesten Hinweise auf Wein datieren auf etwa **3000 v. Chr.:**

In einem grossen Gefäss von **Godin Tepe (Westiran)** wurde auf chemischem Weg Weinstein festgestellt. Dies ist ein Hinweis auf Weinproduktion in der späten Uruk-Periode (mittl. 3. Jt. v. Chr.; Badler 1995). Ab etwa dieser Zeit 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.). Neu 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.

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 ausführlichen Literaturlisten)

Aurenche, O. und Kozlowski, 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 Evulution 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.

Doebley, 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.

Gebauer, A. B. und Douglas Price, T. (1992) Transition to agriculture in prehistory. Monographs in World Archaeology 4, ganzes Heft.

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 Liebermann, D. E. (Hrsg.) Transitions in Prehistory. Amercian 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.

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.
Kozlowski, 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.
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.
Panter-Brick, C., Layton, R. & Rowley-Conwy, P. (eds.) (2001) Hunter-Gatherers: In interdisciplinary perspective. Cambridge Univesity 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 Coucil 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.

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.

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., Emshviller, 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 Mai 2011: 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 staibility: 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. 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.

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.

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 Kozlowski, S. K. (1999) La naissance du Néolithique au Proche Orient ou le paradis perdu. Paris.

Azhaguvel, P. und Komatsuda, T. (2997) A phylogenetic Analysis Based on Necleotide Sequence of a Marker Linked to the Brittle Rachis Locus Indicates a Diphyletic Origin of Barely. Annals of Botany 100, 1009-1015.

Badler, V. R. (1995) The archaeological evidenve 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.

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.

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.

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.

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.

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 colelction. 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. Theorertical 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 Evulution 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: Lauermann, 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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel

Charmet, G. (2011 (online first)) Wheat domestication: Lessons for the future. Comtes Rendus Biologies online first.
Clark, G. (1980) Mesolithic Prelude. The Palaeolithic-Neolithic Transition in Old-World Prehistory. Edinburgh.
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 occurence of the house mouse (Mus musculus domesticus Schwarz & Schwarz, 1943) in the Western mediterranean: a zooarchaeological revision of subfossil occurences. 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 Moulins, 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 progentor pale flax (susp. *angustifolium* (Huds.) Thell.). Genetic Resources and Crop Evolution 42, 262-272.
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.
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.
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., 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.
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.
Giles, R. J. und Brown, T. A. (2006) GluDy allele variations in Aegilops tauschii and Triticum aestivum: implications for the origins of hexaploid wheats. Theorertical 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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel

Goring-Morris, N., Hivers, E. und Belfer-Cohen, A. (2009) The Dynamics of Pleistocene and Early Holocene Settlement Patterns and Human Adaptations in teh Levant: An Overview. In: Shea, J. J. und Liebermann, D. E. (Hrsg.) Transitions in Prehistory. Amercian 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.

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 (online first)) The climate of the younger Dryas as a boundary for Einkorn domestication. Vegetation History and Archaeobotany online first.

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., 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.

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 archaeoliogical sites in the Old World. Vegetation History and Archaeobotany 17/Suppl. 1, 5-18.

Ishii, T., Mori, N. und Ogihara, Y. (2001) Evaluation of allelic diversity at chloroplast mecrosatellite 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.
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 barely 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 Domesticate Lines Reveal No Reduction of Nucleotide Diversity during Triticum monococcum (Einkorn) Domestication: Implications for the Origin of Agriculture. Molecular Biology and Evolution 24/2, 2657-5668.
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-chronosome lieages. Antiquity 76/293, 707-714.
Kislev, M. E. (1985) Early Neolithic Horsebean from Yiftah'el, Israel. Science 228, 319-320.
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., 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 römerzeitlicher 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.
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.
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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel

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.
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) Origings of demisticated 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.
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.
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. Theretical and Applied Genetics 110, 1052-1060.
Özkan, H., Willcox, G., Graner, A., Salamini, F. und Kilian, B. (2011 (online first)) Geographic distribution and domestication of wild emmer wheat (Triticum dicoccoides). Genetic Resources and Crop Evolution online first.
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.
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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel

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.
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.
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 online-first) Plant economy of the first farmers of Central Belgium (Linearbandkermaik, 5200-5000 B.C.). Vegetation History and Archaeoabotany.
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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni 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.
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. Theorertical 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. (2006) How Fast Was Wild Wheat Domesticated? Science 311/31 march 2006, 1886.
Tanno, K.-i. und Willcox, G. (2006) The origins of cultivation of Cicer arietinum L. and Vicia faba L.: Early fnds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10th millennium B.P. Vegetation History and Archaeobotany 15, 197-204.
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 deomestication 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.
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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel

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) Holoecene 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. 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.
Weeden, N. F. (2007) Genetic Changes Accompanying the Domestication of Pisum sativum: Is there a Commmon Genetic basis to the "Domestication Syndrome" for Legumes? Annals of Botany 100, 1017-1025.
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., Kislev, M. E., Simchoni, O., Nadel, D. und Tschauner, 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.
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., 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.
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.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel

Zeder, M. A., Emshviller, 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.
Zufferey-Perisset, A.-D. und Carruzzo-Frey, S. (2009) Histoire de la vigne et du vin en Valais: des origines à nos jours. Gollion.

©S. Jacomet / IPNA, Uni Basel