

Domestikationsgeschichte:

Domestikation der wichtigsten altweltlichen Kulturpflanzen und Haustiere

F. Antolín, J. Schibler (überarbeitete Version eines Textes von S. Jacomet)

©IPNA 2018



Wilder Weizen (Emmer)



Kulturemmer



Wildziege



Hausziege

Inhalt und Ziele der Vorlesung:

Die Vorlesung thematisiert einen der einschneidendsten Schritte in der Entwicklungsgeschichte des Menschen: Die Domestikation von Pflanzen und Tieren. Es wird aufgezeigt, wie durch Auslesen und Zähmen aus Wildpflanzen Kulturpflanzen und aus Wildtieren Haustiere wurden. Dadurch wurde Sesshaftigkeit zur bevorzugten Daseinsform und es konnten sich als Folge von Überschussproduktion Hochkulturen entwickeln. Domestikation erfolgte an verschiedenen Orten der Erde unabhängig voneinander. Die Vorlesung konzentriert sich auf den Vorderen Orient (sog. Fruchtbare Halbmond), wo jene Pflanzen und Tiere domestiziert wurden, welche in der Ur- und Frühgeschichte Europas die grösste Rolle spielen. Dies sind vor allem Weizen, Gerste, Roggen, verschiedene Hülsenfrüchte, Lein, Schafe, Ziegen, Rinder und Schweine. Es wird jeweils auf die frühesten Funde, die Probleme ihres Nachweises und die frühe Ausbreitung der Kulturpflanzen und Haustiere nach Europa eingegangen. Dabei werden einerseits archäologische, archäobiologische sowie genetische Fakten miteinander verknüpft.

Die Studierenden sollen beurteilen lernen, welche Funde und Befunde Hinweise auf Domestikationsprozesse liefern. Dabei wird ein kritischer Umgang mit den Daten vermittelt (welche frühesten Nachweise sind vertrauenswürdig?).

Teil 1) Archäologische Grundlagen im Vorderen Orient im Zeitraum der Neolithisierung

Neolithisierung = kulturelle Prozesse, welche in jenem Zeitraum ablaufen, in welchem es zur Domestikation von Pflanzen und Tieren kommt. Archäologisch befinden wir uns am **Übergang von der Altsteinzeit** (Paläolithikum, Epoche des geschlagenen Steins gemäss der ursprünglichen Definition von J. Lubbock 1865) **zur Jungsteinzeit** (Neolithikum, Epoche des geschliffenen Steines) (eine mittlere Steinzeit = Mesolithikum wird nicht überall abgegrenzt). Dies ist eine sehr entscheidende Phase der Menschheitsgeschichte, denn im Lauf dieser Jahrtausende am Übergang von der letzten Eiszeit (Ende des Pleistozäns) zur jetzigen Warmzeit (Holozän) kam es nicht nur zu **weitreichenden sozialen und kulturellen Entwicklungen**, sondern parallel dazu zum Übergang von der aneignenden zur produzierenden Wirtschaftsweise, also der Entstehung von Ackerbau und Viehzucht, indem **Pflanzen und Tiere domestiziert** wurden. Dies bildete die Grundlage für die Entstehung späterer Hochkulturen – und letztlich der heutigen Situation!

„**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“ (Zeder 2008, PNAS 105 / 33)

Wieso der Vordere Orient (=Naher Osten)? Es handelt sich um das Ursprungsgebiet der wichtigsten Kulturpflanzen und Haustiere, die in Europa in vorkolumbianischer Zeit eine wichtige Rolle spielten, und um die es in der Vorlesung „Domestikationsgeschichte“ in erster Linie geht.

Weitere wichtige Begriffe:

BC = Before Christ (=Sonnenjahre, vor Christus)

BP = Before present (normalerweise unkalibrierte C¹⁴-Daten; wenn „cal“ dabeisteht: Sonnenjahre vor heute)

Zu Archäologischen Grundlagen siehe Lehrbücher wie Renfrew C., Bahn P.G. (2009) Basiswissen Archäologie : Theorie, Methoden, Praxis. Philipp von Zabern, Mainz.

Inhaltsverzeichnis von Teil 1:

1. Grundlagen

- Geographie
- Chronologie
- Wichtige Fundstellen

2. Kultur- und Naturräume

- Kultur- und Naturraumgrenzen: grossräumig
- Kulturgruppen (kleinräumig) in den verschiedenen chronologischen Einheiten

3. Etappen der Neolithisierung

- Kulturentwicklung im Verlauf von Protoneolithikum und frühestem Neolithikum: Funde (v.a. Artefakte) und Befunde (wie Baustrukturen)

Hinweis: die im folgenden erwähnten Datierungen sind kalibrierte C¹⁴-Daten. Für weitere siehe www.exorient.org/associated-projects/ppnd.php (dort sind die Lokalisierungen und viele Rohdaten zu verschiedenen Fundstellen gelistet). Siehe auch Goring-Morris et al. 2009.

Ich danke herzliche Marion Benz (Univ. Freiburg i. Br., für eine kritische Durchsicht von Teil 1.

1. Grundlagen: Geographie

Der Vordere Orient: Lage des fruchtbaren Halbmondes mit heutigen politischen Einheiten, einigen geographischen Angaben und einigen wichtigen Fundstellen



Aus: Badisches Landesmuseum Karlsruhe, Ausstellungskatalog Göbekli 2007

Die ältesten Spuren von Sesshaftigkeit und Kultivierung/Herdenhaltung (also des Neolithikums) finden sich in einem sichelförmigen Streifen Land, der sich am Fuss der Gebirgszüge Taurus und Zagros hinzieht und im W bis fast ans Rote Meer reicht. Das ist der sog. **Fruchtbare Halbmond**. Es ist ein Gebiet mit einem ausgeprägten Relief, mit Flachland und Hochgebirge. Weitere Details siehe Skript S. 55 ff..

1. Grundlagen: Chronologie: Archäologische Kulturen vom Alt-Paläolithikum bis zum Ende des Neolithikums

Table 10.1 The duration and dates for the various periods in the Levant

Period	Dates*	Duration (yrs)
Lower Paleolithic	~1.4Ma	~1.15Ma
Middle Paleolithic	~.25Ma	~200,000
Upper Paleolithic	50,000-22,000	28,000
Early Epipaleolithic	22,000-16,000	6000
Middle Epipaleolithic	16,000-13,100	2900
Late Epipaleolithic*	13,100-9600	3500
PPNA**	9600-8500	1100
Early PPNB	8500-8100	400
Middle PPNB	8100-7500	600
Late PPNB	7500-6750	750
Final PPNB	6750-6400	350
Late Neo 1	6400-5600	800
Late Neo 2	5600-4500	1100

* From the Upper Paleolithic onwards dates are calBC.

** The Round House Horizon in the upper Tigris region (in two phases) is estimated at ca. 10750- 9750-8750 calBC.

Eine detaillierte, nach Regionen geordnete Chronologietabelle findet sich als separates file auf ADAM: https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1
PPN=Pre-Pottery-Neolithic
Neo = Neolithic

1. Grundlagen: Chronologie: Geologische Epochen und Kulturstufen: Übersicht

Geologie Epoche Quartär	Biozonen CH nach Litt et al 2003 (Spätgl.) / CHZ	abs Det BP Warven nach Litt et al 2001	abs Det BP Icecores nach Rasmussen et al 2006	Mittelwert v. Chr. (ca.)	unkalibriert C14 ca.!	Kulturstufen traditionelle Terminologie Levante	Kulturstufen vereinfacht Hours et al. 1994 / Benz 2000		
HOLOZÄN	Atlantikum			5000	6200	Keram. Neolith.	Neolithikum		
						7000		PPNC od. PPNB final / frühes keram. Neol.	
				6000					
					6500				
						8000			
	Boreal				7000			L PPNB	
					7500			M PPNB	
					8000	9000			
	Präboreal				8200		E PPNB	entwickeltes Proto-Neolithikum	
					8700		PPNA		
		11590 / 11550	11703	9650	10'000				
PLEISTOZÄN	Jüngere Dryas					Epipaläolithikum	entwickeltes Proto-Neolithikum		
			12680 / 12650	12896	10'700			11'000	
	Alleröd								frühes Proto-Neolithikum
				13670 / 13900	14075		11'900	12'000	
	Bölling							Paläolithikum	
				14450 / 14700	14692		12'600		
	Älteste Dryas								

Eine ausführlicher Version dieser Tabelle (nach Regionen) findet sich auf dem ADAM-Server unter https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1

Die Neolithisierung erfolgte im ausgehenden Pleistozän ("Eiszeitalter") und dem frühen Holozän. Dies ist eine Zeit mit wechselvollem Klimageschehen. Zur Umweltgeschichte näheres im Skript S. 55 ff.

1. Grundlagen: Fundstellen in den wichtigen Epochen (letztere nach „traditioneller“ Terminologie) ausgehendes Paläolithikum (auch: Epi-Paläolithikum):



Abbildungen aus Weninger et al. 2009, Documenta Praehistorica XXXVI ; siehe hierzu auch Goring Morris et al. 2009

„Early Period“ (PPNA – frühes PPNB, 9600 - ca. 8200 BC cal.)



PPN=Pre-Pottery-Neolithic = Neolithikum ohne Keramik

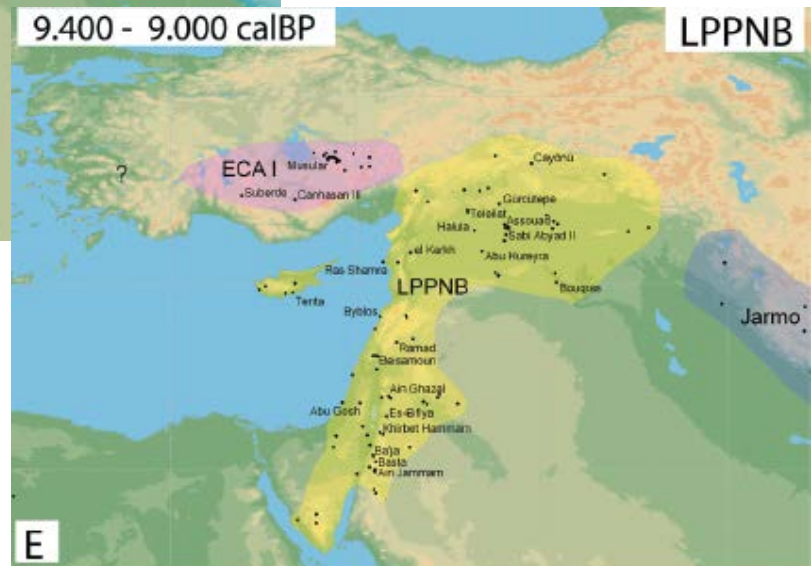


1. Grundlagen: Fundstellen in den wichtigen Epochen (letztere nach „traditioneller“ Terminologie) (Forts.)

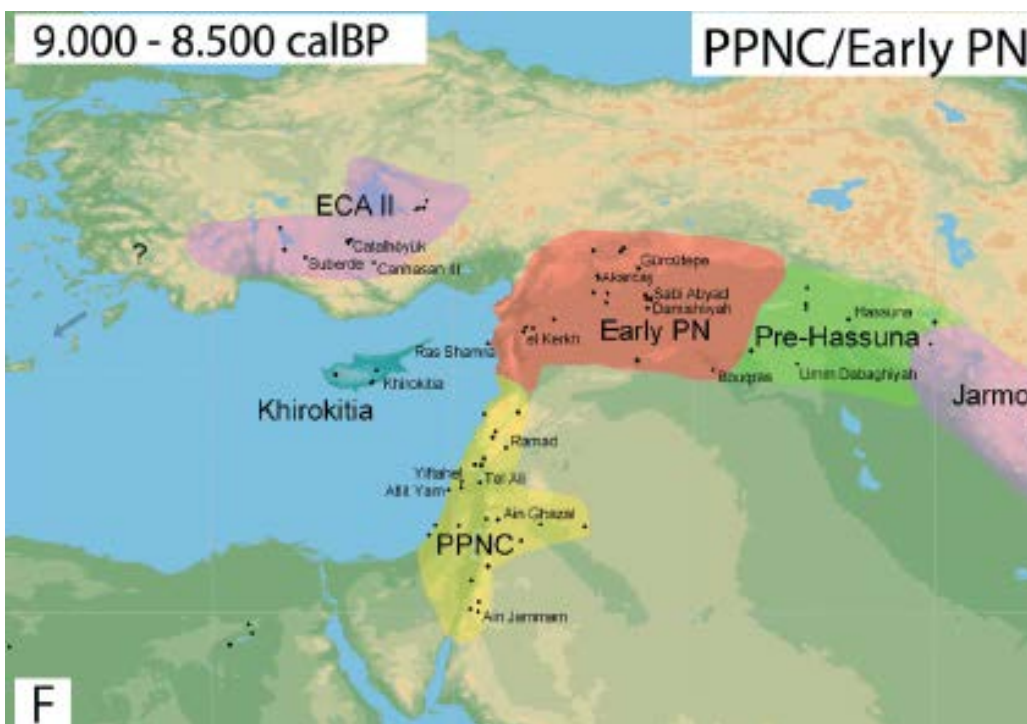
„Late Period“ : mittleres PPNB – spätes (late) PPNB, ca. 8200 - 7000 BC cal.



PPN=Pre-Pottery-Neolithic
ECA = Early Central Anatolian

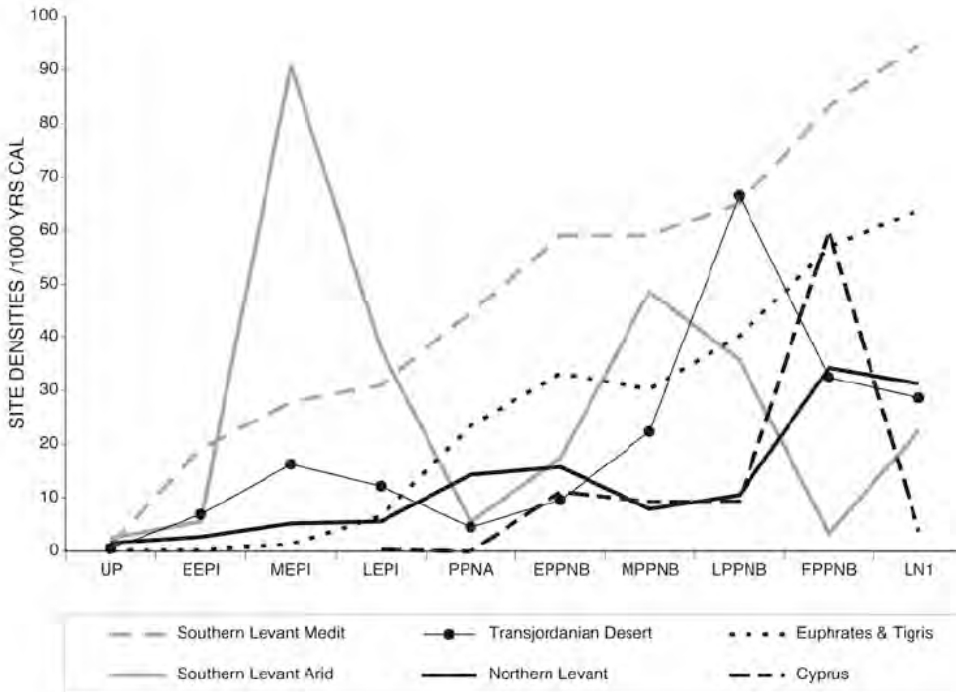


Wichtige Fundstellen Ende PPN (PPNC bis frühes keramisches Neolithikum), ca. 7000-6000 v. Chr.



PPN=Pre-Pottery-Neolithic
PN = Pottery Neolithic =
Neolithikum mit Keramik
ECA = Early Central
Anatolian

1. Grundlagen: Anzahl Fundstellen/1000 Jahre in den verschiedenen Regionen des Fruchtbaren Halbmondes, vom Jungpaläolithikum bis ans Ende von PPNB



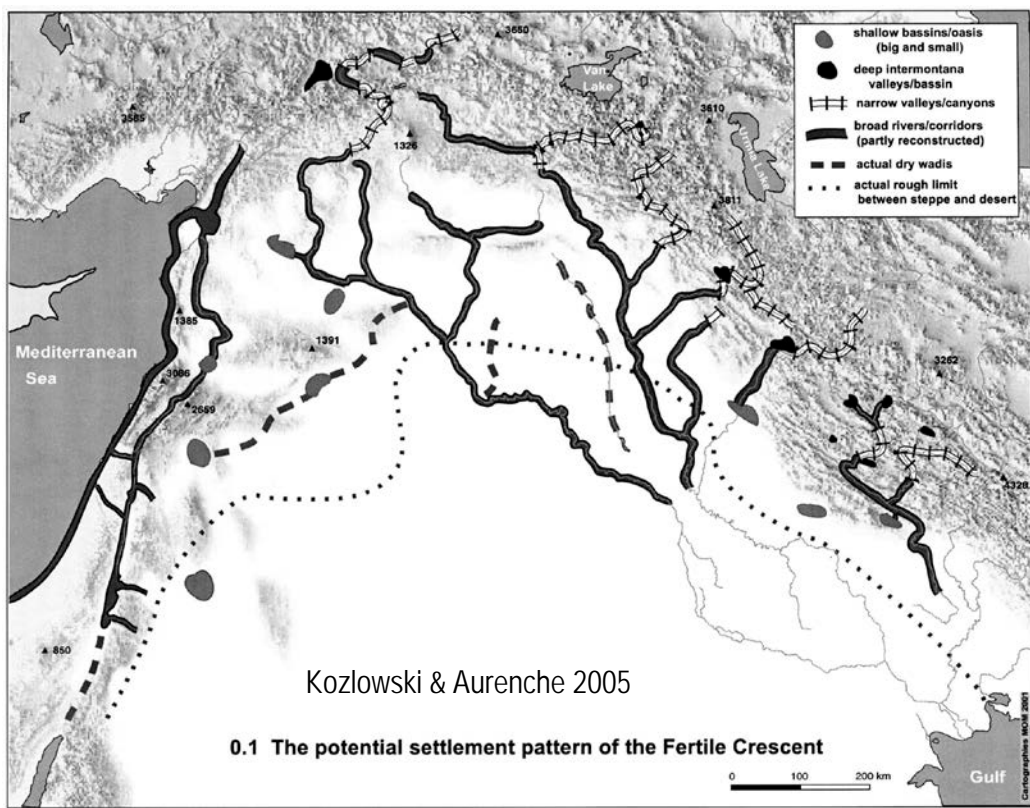
Stark schwankend / je nach Region unterschiedlich!

Rückschlüsse auf die Bevölkerungsdichte sind nicht zulässig, da es z. Bsp. nach dem Natufien (MEPI, LEPI) zwar zu einem Rückgang der Anzahl Fundstellen kommt, dafür aber zu einer Konzentration (grössere Fundstellen mit massiven Besiedlungsschichten). Alles deutet auf eine ortstreuerer Lebensweise ab PPNA (d. Mitteilung M. Benz)

Goring-Morris et al. 2009

Figure 10.14. Estimates of site densities/1000 yrs cal for the various geographical regions in the Levant and Cyprus from the Upper Paleolithic through the Late Neolithic (n = 2,176). Actual population increases would obviously have been much more marked, since these data do not take into account the sizes or time depths of sites. Late Neolithic data for Cyprus are probably underestimated.

Naturräumliche Faktoren, welche das Besiedlungsmuster beeinflussen: Flüsse, tief eingeschnittene Täler („Korridore“), Oasen



2. „Territorial divisions and boundaries“: Kultur- und Naturraumgrenzen (auch: geo-kulturelle Zonen): grossräumig

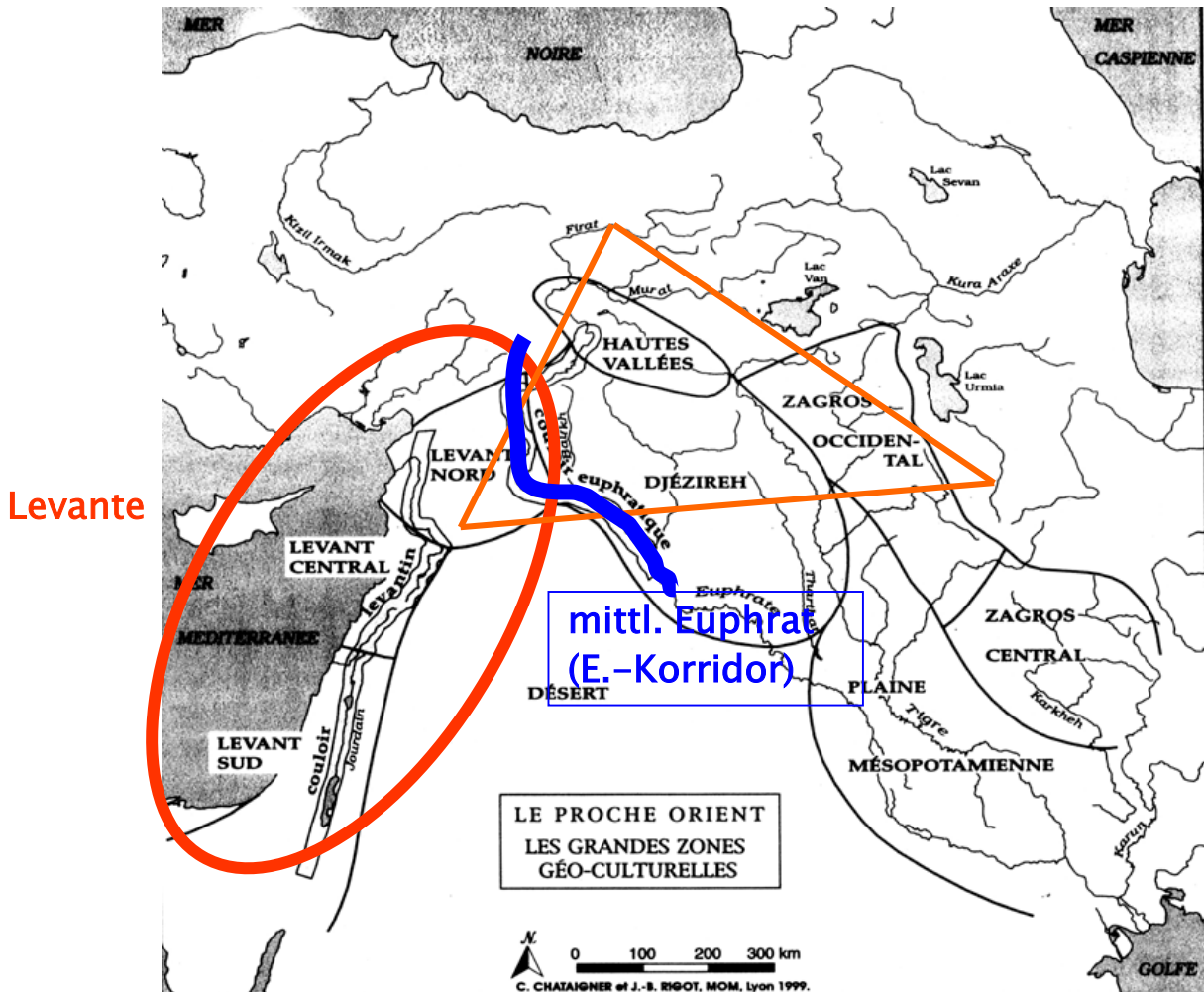
Eine Analyse aller möglicher Typen von Artefakten (zusammengefasst in: Kozłowski & Aurenche, 2005) erlaubte es, folgende „territorial divisions“ („kulturelle Provinzen“) im ausgehenden Paläolithikum – frühem Neolithikum im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes abzugrenzen:

a) **westlicher Teil: Levante**, weiter unterteilbar in eine nördliche und eine südliche Zone („Levantinische Provinz“)

b) **östlicher Teil: Zagros und mesopotamische Ebene** („Irako-Iranische Provinz“)

c) **im nördlichen Randbereich des zentralen Teils: Hautes Vallées** (diese Zone bildet eigentlich den südlichsten Teil der Kaukasischen und Kaspischen „Welt“) („Kaukaso-Kaspische Provinz“)

Wichtig ist ausserdem **das mittlere Euphrat-Tal** (auch euphratinischer Korridor genannt)



Aurenche & Kozłowski 1999

An der Nahtstelle dieser Territorien liegt das sog. „**Goldene Dreieck**“: es umfasst Teile der nördlichen Levante, der Hautes Vallées und des westl. Zagros sowie Teile des mittl. Euphrat-Tals und des Djézireh. Dieses Gebiet ist für die Neolithisierung sehr wichtig, aber vielleicht doch nicht so entscheidend, wie bis vor einigen Jahren geglaubt wurde. In der Zwischenzeit sind andere Gebiete (etwa die südliche Levante, aber auch SE-Anatolien, der Zagros) besser erforscht, und es zeigt sich, dass die Bedeutung des „Golden Triangle“ ev. überschätzt wird.

2. „Territorial divisions and boundaries“: Populationsdynamik

Es gibt nur wenige *proxies*, die uns zuverlässige Informationen über urgeschichtliche Bevölkerungsgrößen auf einer regionalen Ebene liefern. In den letzten Jahren hat sich die „*Summed radiocarbon probability distributions*“ als eine der aussagekräftigsten Quellen etabliert. Roberts u.a. (2017) haben vor kurzem die Ergebnisse nach Region für den Nahen Osten publiziert. Dabei lässt sich beobachten, dass es Unterschiede zwischen den Regionen gibt. Die Südlevante scheint in den ersten Phasen des Natufian eine höhere Bevölkerung aufzuweisen, vielleicht wegen günstigeren klimatischen Bedingungen. Das späte Natufian zeigt dann einen Anstieg der Population in den ganzen Levante, nicht aber in Anatolien. Wie wir sehen werden, könnte dies damit zusammenhängen, dass dort diese kalte Phase auch sehr trocken war, und deswegen konnte sich nur eine steppenartige Vegetation entwickeln, auf deren Basis keine Subsistenz möglich war, die keinen Anstieg der Bevölkerung erlaubte. Während des PPNA konstatiert man ein besonders starkes Bevölkerungswachstum in der Nordlevante, aber nicht in Anatolien. Während des EPPNB sieht man zu Anfang einen Anstieg der *probability distributions* in der Nordlevante, was einen Aufstieg in Anatolien widerspiegelt. Später ist es dann genau umgekehrt. Über die Gründe kann man spekulieren: haben die Populationen migriert? Warum? Sieht man hier den Anfang der Verbreitung von Ackerbau und Viehzucht, welche später im Lauf einiger Tausend Jahre sich weiter nach (N-)Westen gehen wird?

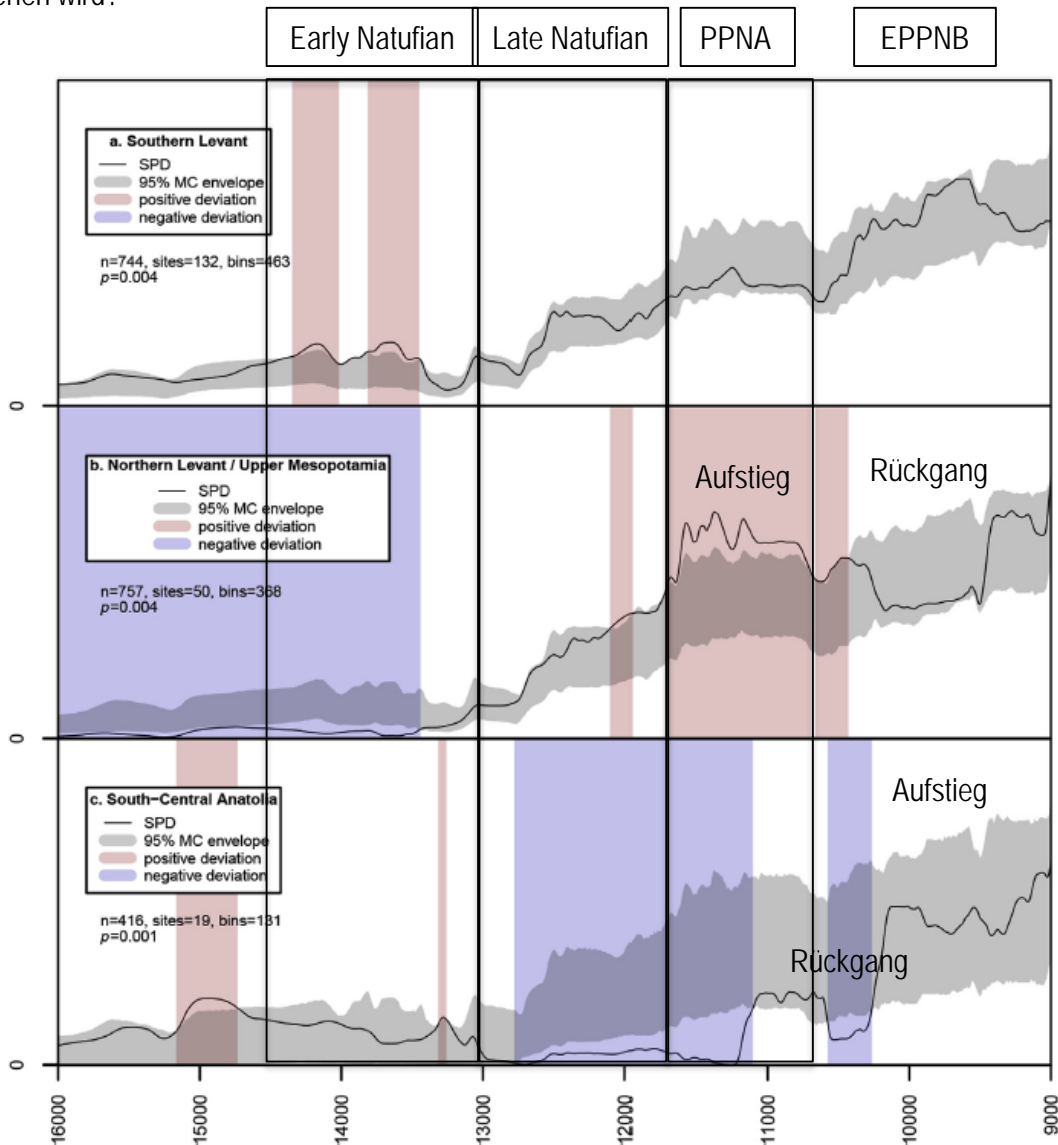


Fig. 8. Summed un-normalised radiocarbon probability distributions for the three sub-regions shown in Fig. 6 and the period 16-9 ka BP. The observed SPDs of each region are separately compared to random SPDs conditioned on the observed pan-regional model.

3. Etappen der Neolithisierung: Kulturentwicklung im Verlauf von Protoneolithikum und frühestem Neolithikum

Entwicklung von Architektur, Silex-Industrie, anderer Gerätschaften aus Stein, Steingefässen und Keramik sowie Plastiken (Kleinkunst, Reliefs u.ä.)

Die folgenden Ausführungen folgen weitgehend der Zusammenstellung von Kozlowski & Aurenche 2005. Das folgende ist eine Kurz-Zusammenfassung der wichtigsten Fakten, ohne auf Details einzugehen. Das meiste bezieht sich auf die Entwicklung im „Goldenen Dreieck“ (siehe vorhergehende Seite). Es gibt ± starke regionale Differenzen, auf die – wo nötig – hingewiesen wird. Die Darstellungen stammen – sofern nicht anders vermerkt - aus Aurenche & Kozlowski 1999 sowie Kozlowski und Aurenche 2005.

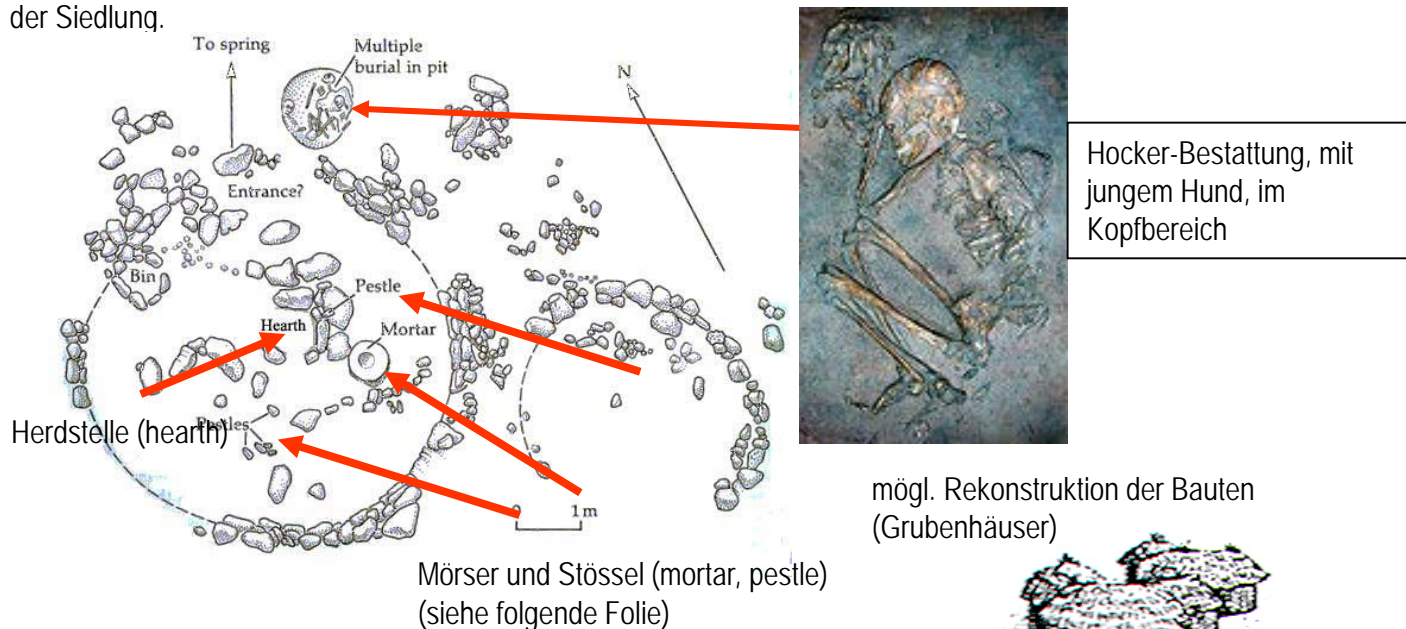
Generelles:

Kenntnisse zu den archäologischen Fakten und Abläufen sind **grundlegend**, um die Domestikation nachvollziehen und verstehen zu können. Eine der wesentlichsten Voraussetzungen, damit es zu Domestikation kommt, ist mindestens partielle **Sesshaftigkeit**: Sie setzt im Gebiet schon früh, spätestens im Epipaläolithikum, ein.

Im ausgehenden Paläolithikum lebten die Menschen als JägerInnen und SammlerInnen (aneignende Wirtschaftsweise). Auch JägerInnen/SammlerInnengruppen weisen eine grosse Vielfalt an Subsistenzformen auf (einfach - komplex; immediate return – delayed return; siehe etwa Panter-Brick et al. 2001) (zur Subsistenz siehe Skript S. 65 ff.). Man geht davon aus, dass sich am Ende der letzten Eiszeit allmählich komplexe JägerInnen/SammlerInnen-Gesellschaften mit einer delayed-return-economy – also Sesshaftigkeit in „base-camps“ mit Vorratshaltung - entwickelt haben (allerdings sind keine sicheren solchen Befunde bekannt, M. Benz, „mdl. Mitteilung“). Diese bildeten die Basis für den Beginn der Domestikationsprozesse, welche einhergehen mit einer sehr dynamischen Entwicklung auf dem sozialen und damit kulturellen Sektor – siehe die folgenden Seiten!

Frühes PROTONEOLITHIKUM, Natufien (engl. Natufian), ~12'500 – 10'700 v. Chr.

Verbreitet vor allem in der Levante (siehe Chronologietabellen, S. 3 sowie https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1). Es gibt erste „Dörfer“, die ganzjährig besiedelt sind (dazu saisonale Aussenposten); **runde** Häuser (Hütten), mit Steinfundamenten (siehe Bild unten, Bsp. Ain Mallaha, liegt in der südl. Levante). Es sollen auch Speichergruben vorhanden sein (nicht dargestellt); **Bestattungen** in der Siedlung.



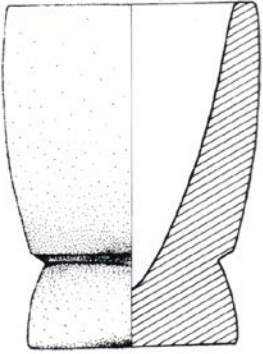
Mörser und Stössel (mortar, pestle)
(siehe folgende Folie)



Pit dwellings

Gerät zum Abernten und zur Weiterverarbeitung der „Ernte“

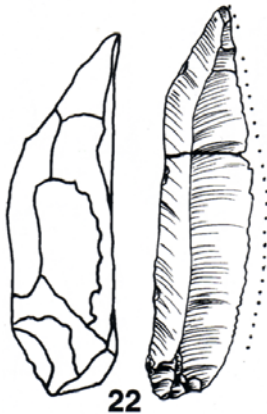
Mörser aus Basalt



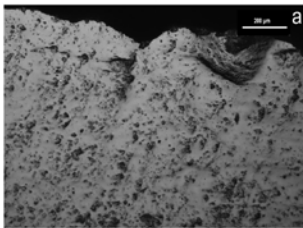
Oben: Mörser und Stößel, Wadi Hemmeh, südl. Levante, um 12'000 vor Chr. (Willcox 2013)



9 Stößel (zu kleinerem Mörser“)



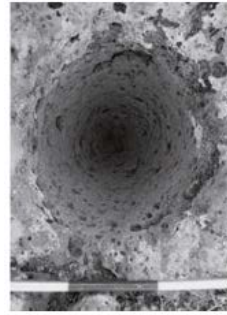
22



Gebrauchsspurenanalysen einer Klinge aus Abu Hureyra I mit den typischen spuren der Ernte von „halb-reifen“ Pflanzen (Ibáñez et al. 2016)

Subsistenz: Auch die **Pflanzenspektren** belegen eine ganzjährige Anwesenheit in gewissen Siedlungsplätzen (dazu detailliert im **Skript S. 72 ff.**), denn es wurden in allen Jahreszeiten Pflanzen gesammelt. Ob es bereits erste Anzeichen von Kultivierung gibt, ist schwer zu beweisen.

Silexindustrie: gibt Hinweise auf Jagdwaffen (zahlreiche Mikrolithen, als Pfeilbewehrung: Jagd mit Pfeil und Bogen beginnt). **Tierknochen** zeigen Jagd v.a. auf Gazellen. Ev. erste Anzeichen eines Beginns von Herdenhaltung (umstritten). Erste Silexbeile.

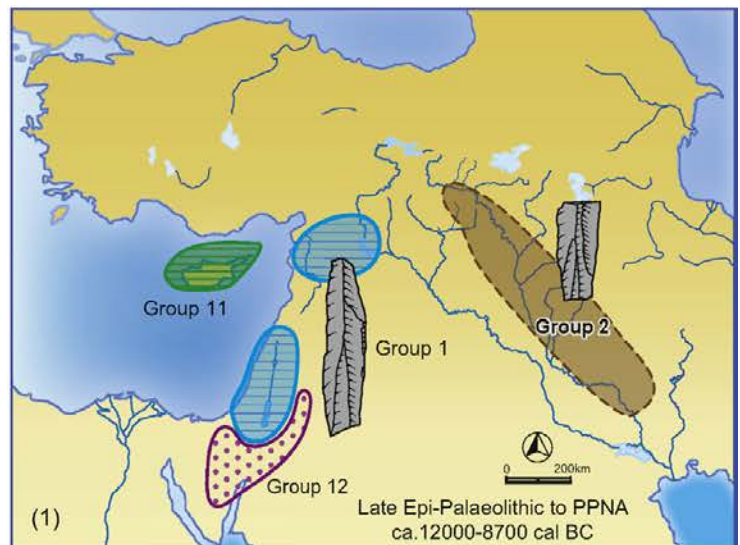


(Terradas et al. 2013)

Das zahlreiche Vorhandensein solcher Gerätschaften belegt die Ernte und Aufarbeitung von gesammelten Pflanzen in grossem Stil und deutet in Richtung **Sesshaftigkeit**: Schweres Gerät aus Stein (Mörser!) ist nicht leicht transportabel! Es gibt sogar Mörser, die in den Felsboden eingegraben wurden, so z.B. in Qarassa 3 in Südsyrien (Terradas et al. 2013, Abb. links) Der Mörser aus Basalt (das Bsp. ganz links ist ca. 60 cm hoch), dazu Stößel (ca. 10 cm hoch; gehört zu kleineren „mortiers“), Ausserdem gibt es Mühlen, Schalen aus Stein.

Erntemesser aus Silex (Klingen: rechts) mit Griff aus Knochen (links; Kleinkunst: Kopf eines Wildschafes?)(dass damit Gräser geerntet wurden, ist einigermaßen klar, doch könnten dies auch andere Gräser als Getreide gewesen sein. Neue Gebrauchsspuren-analysen in Mureybet und Abu Hureyra I schlagen eine Nutzung für Getreideernte vor (Ibáñez et al. 2016)

Erntemesser bilden während dieser Periode nur einen kleinen Anteil aller Feuersteinartefakte. Vor allem im östlichen Teil des Fruchtbaren Halbmondes wurden sie selten gefunden (Maeda et al., 2016).



Entwickeltes Protoneolithikum 1: ~ 10' 700 - 9700 v. Chr. (Khamien in der Levante)

(wird von Kozłowski & Aurenche 2005 zu ihrer "Early Phase" gezählt)

Während trocken-kalter jüngerer Dryas-Zeit (am Ende des Pleistozäns; siehe Chronologietabelle S. 3). Kenntnisse über diese Epoche sind sehr extrem lückenhaft, scheint aber ähnlich wie Natufien. Man weiss dazu praktisch nichts. Speziell: Silexindustrie: **erste Pfeilspitzen!** Typ El Kham



Entwickeltes PROTONEOLITHIKUM 2, PPNA, ~ 9700-8700 v.Chr. und Frühes PPNB ~8700 – 8200 v. Chr. (1)

(wird von Kozłowski & Aurenche 2005 zu ihrer "Early Phase" gezählt)

PPN = Pre Pottery Neolithic (akeramisches Neolithikum)

Ab Beginn des Holozäns (siehe Chronologietabelle S. 3); stabile Klimaverhältnisse (eher feucht!) stellten sich ein. Beginn einer rasanten Entwicklung auf dem sozialen und damit kulturellen) Sektor – parallel dazu „erfolgt“ die Domestikation. PPNA wird als „highly creative period“ bezeichnet (D. Stordeur).

Verbreitung: Karten S. 4. Weitgehend beschränkt auf das Gebiet des fruchtbaren Halbmondes. Ausbreitung Richtung Anatolien und Zypern beginnt.

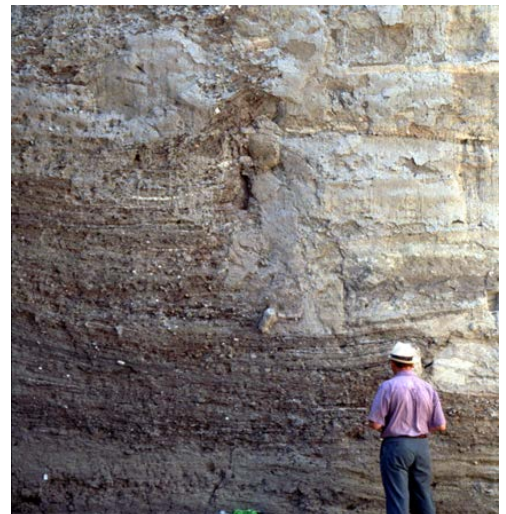
Kulturgruppen des PPNA in der Levante sind beispielsweise: Sultanian (südlich), Mureybetien (nördlich; mittl. Euphrat) (siehe Chronologietabelle S. 3 und https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1); Nemriken (Hautes Vallés). Weiterhin auch Khamien (Asouti & Fuller 2013) (?).

Siedlungswesen: durch Sesshaftigkeit über Jahrhunderte beginnen sog. **Siedlungshügel** (= Tell, Tepe, Hüyük) zu entstehen. Diese weisen mächtige Stratigraphien auf. Meist liegen sie günstig, z. Bsp. in den grossen Flusstälern des Euphrat.



Jerf-el-Ahmar: grosser Tell am mittleren Euphrat (N-Syrien), mächtige Stratigraphie des PPNA

<http://www.mom.fr/IMG/jpg/Jerf.jpg>



Bsp. eines Profils aus einem Tell (hier Asikli Hüyük in Zentralanatolien; jünger, PPNB. Foto SJ)

Entwickeltes PROTONEOLITHIKUM 2, PPNA, ~ 9700-8700 v.Chr. und Frühes PPNB ~8700 – 8200 v. Chr. (2):
Bauten

Neben kleinen Weilern mit runden (Gruben)häusern gibt es grosse Siedlungen. Die Gebäude weisen mindestens Fundamente in Stein- oder Lehmziegelbauweise auf: Lehmziegelbauweise kommt auf. Zum Teil gibt es Inneneinteilungen, eine zentrale Stele usw. Erste rechteckige Bauten tauchen im Gebiet des „Goldenen Dreiecks“ auf (siehe Abbildungen unten).

EAST MOUND		
LEVEL	"DOMESTIC" BUILDINGS	"PUBLIC" BUILDINGS
-I/E		
0/E		
I/E		
II/E		
III/E		
IV/E		
V/E		
VI/E		
VII/E		

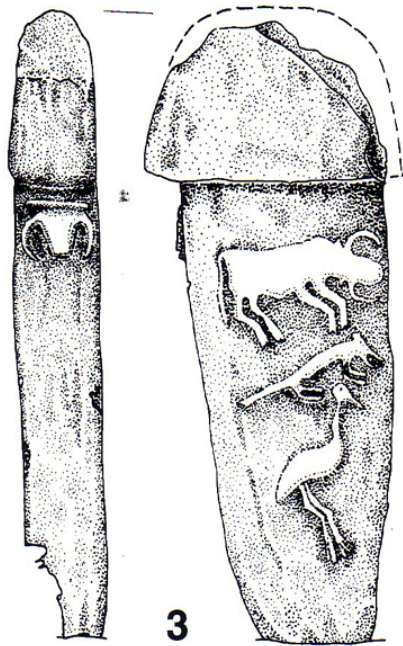
WEST MOUND		
LEVEL	"DOMESTIC" BUILDINGS	"PUBLIC" BUILDINGS
I/W		
II/W		
III/W		

Die Abbildung links und oben zeigen die Entwicklung der Bauten (unten das älteste, gegen oben jünger, level = Phase) in Jerf-el-Ahmar (östlicher und westlicher Siedlungshügel), Syrien. In den unteren Phasen gibt es ausschliesslich runde Bauten, weiter oben tauchen die ersten eckigen auf. Aus Asouti & Fuller 2013, Fig. 11, nach Stordeur & Abbès 2002.

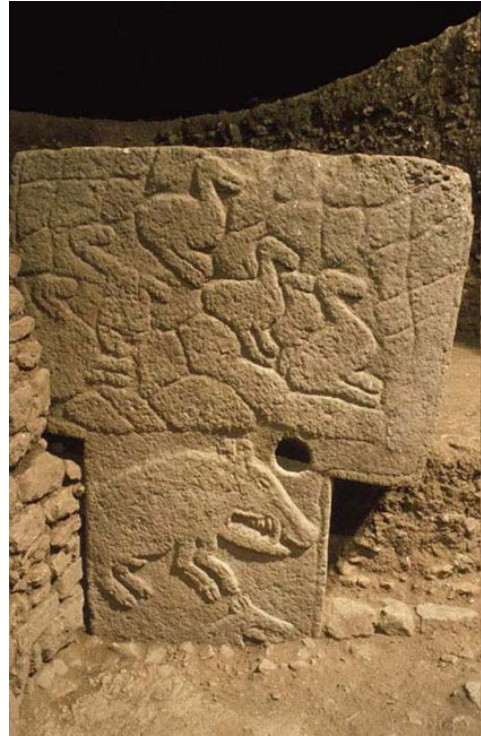
Grosse Siedlungen wie Jerf-el-Ahmar weisen neben kleinen, sog. „domestic buildings“ (Wohnhäuser; linke Spalte) ab einem gewissen Zeitpunkt **monumentale** sog. „community (oder auch public) buildings“ (**Kommunalgebäude**) auf (rechte Spalte und Bilder unten): diese sind rund, haben z.T. „Sitzbänke“, z.T. weisen Wände, Stelen usw. eine aufwendige Verzierung auf

(etwa in Jericho, Tell Qaramel, Jerf el Ahmar (siehe unten, Abbildungen), Abr' 3, Göbekli Tepe, Wadi Faynan 16).





0 60 cm



Göbekli Tepe (Südostanatolien): weitere Tierdarstellungen auf den Stelen

Tierniederlegungen / - Bestattungen (Bsp. von Jerf el Ahmar, mittl. Euphrat, Syrien)



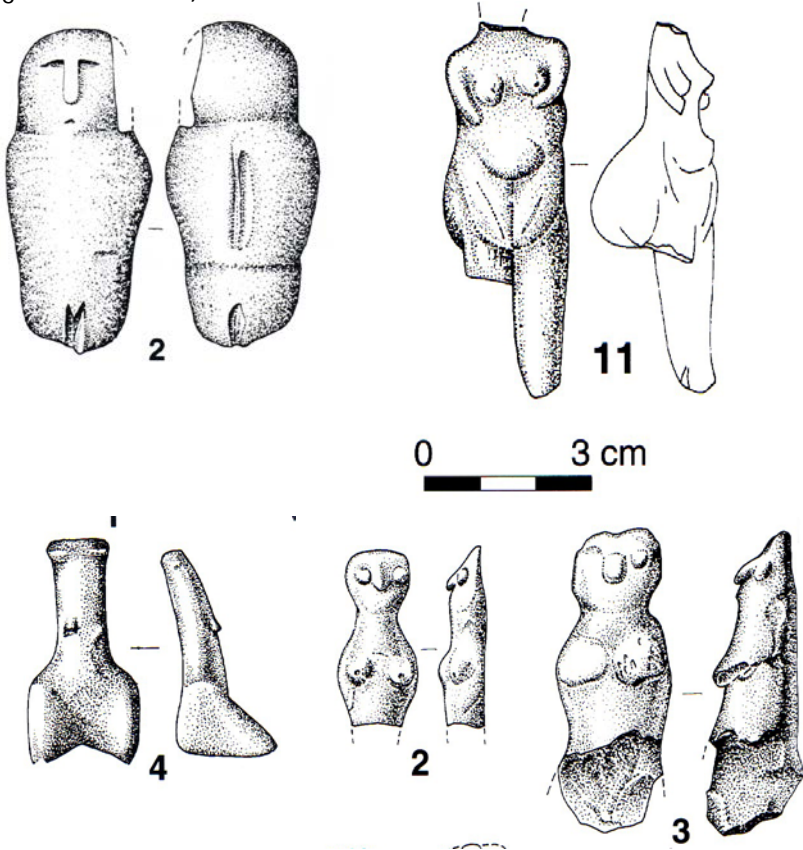
<http://archeorient.hypotheses.org/1581>

Die in der Kunst dargestellten Tiere hatten wohl eine spezielle Bedeutung. Neben „Niederlegungen von Tieren gibt es Häuser mit Bukranien vom Ur (Wildrind)!

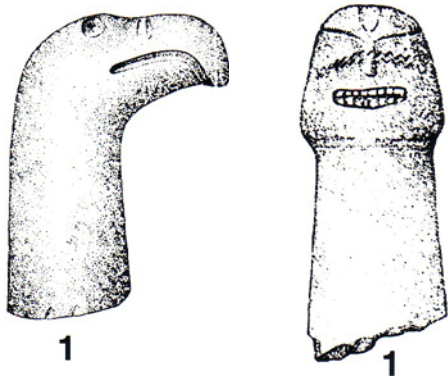
Entwickeltes PROTONEOLITHIKUM 2, PPNA, ~ 9700-8700 v.Chr. und Frühes PPNB ~8700 – 8200 v. Chr. (4):
Kleinkunst: Menschendarstellungen

Frauenstatuetten: stilisiert und realistisch (aus Stein, auch schon aus gebranntem Ton)

steinerne Statuen



Tierdarstellungen: Wildtiere!



Raubvögel

Raubkatzen

auch: Schlangen

Entwickeltes PROTONEOLITHIKUM 2, PPNA, ~ 9700-8700 v.Chr. und Frühes PPNB ~8700 – 8200 v. Chr. (5):
Kleinkunst: Gravierte Steinplättchen



Grosse Vielfalt an Motiven; Bedeutung? eine Art Vorläufer der Schrift???

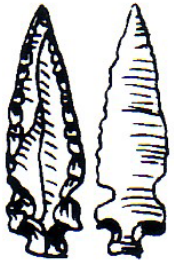
Silexindustrie

weiterhin El-Khiam
Pfeilspitzen

erste Byblos Spitzen
(frühes Aswadien)

Silexklinge von Pflanzen-
schnittgerät („Sichel“)

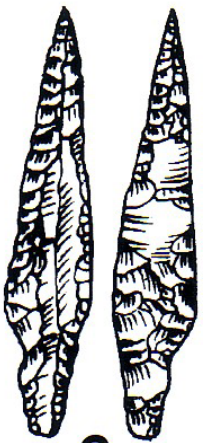
Silexbeile



8



Dazu weitere
Pfeilspiztentypen



6

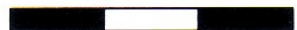


Beginn der sog. „Big Arrowhead
Industries“ (BAI)



0

3 cm



3



Viele verschiedene Typen, v.a. von Spitzen; hier sind exemplarisch wenige Beispiele dargestellt.

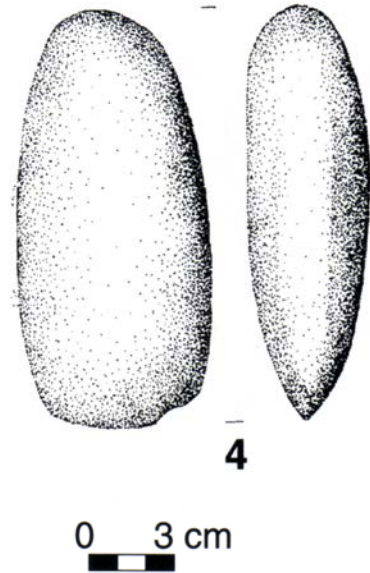
Entwickeltes PROTONEOLITHIKUM 2, PPNA, ~ 9700-8700 v.Chr. und Frühes PPNB ~8700 – 8200 v. Chr. (6):
Steinindustrie, Subsistenz

dickwandige Gefäße aus Stein

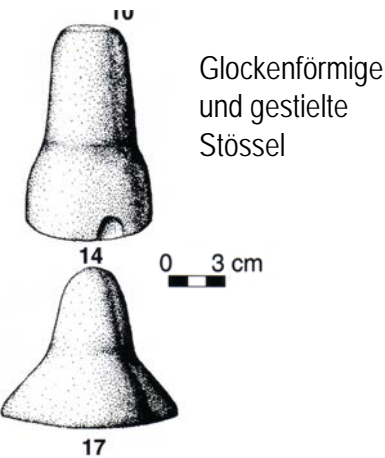


Bsp. von Jerf El Ahmar

früheste geschliffene Steinbeile (aus Basalt)



Mörser, Stössel u.ä. Geräte: Zunahme der steinernen Geräte zum Stampfen, Mahlen der Ernte! (v.a. Mühlsteine, Läufer). Sehr typisch sind sog. „meules-mortiers“ (Mörser und Mühle in einem); die Stössel sind oft kunstvoll gestaltet



Glockenförmige und gestielte Stössel



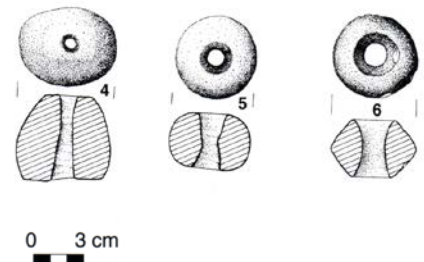
steinerne Wannen (Mörser?) aus Jerf-el-Ahmar

Subsistenz:

Eine Kultivierung („predomestication cultivation“) von Pflanzen mind. im Gebiet des „Goldenen Dreiecks“ ist ziemlich sicher nachweisbar, aber bis Beginn des PPNB gibt es **noch keine eindeutigen domestizierten Formen** (erste ab etwa 8500 v. Chr.) (Zusammenfassung des Forschungsstandes in Asouti & Fuller 2013)

Tiere: es gibt eine diverse **Jagdtätigkeit**, nach wie vor vor allem auf **Gazelle**; ein „herding“ von Wild-Ziegen und Wild-Schafen scheint wahrscheinlich (Zusammenfassung des Forschungsstandes in Zeder 2008). Entlang der Flüsse erscheint Fischfang von Bedeutung.

Steine mit Loch (Funktion? Spindeln?)



Neolithikum: Mittleres PPNB (ab ~ 8200 v. Chr.) bis Ende PPNB (um 7000 v. Chr.) (1):

Ab dem mittlerem PPNB (ca. 8500/8200 vor Chr.) wird von Neolithikum gesprochen. Es gibt nun eindeutig als solche bestimmbare **Kulturpflanzen** und **Haustiere**. Kozłowski und Aurenche (2005) fassen die jüngeren Abschnitte des präkeramischen Neolithikums als „Later Phase“ zusammen. Viele Traditionen des PPNA / frühen PPNB leben fort, es kommt aber auch zu Neuerungen. Auffällig ist, dass viele Siedlungen nach dem PPNA abbrechen – es kommt zu Siedlungsverlagerungen.

Es gibt strukturierte, grosse Siedlungen, mit sog. „community buildings“ (Funktion?). Die Austauschnetzwerke werden intensiviert (es gab sie schon in PPNA; Obsidian, Steingefässe, geschliffene Steinbeile usw.) (Kozłowski & Aurenche 2005, Tab. S. 83). Das Neolithikum mit Keramik beginnt um ca. 7000 v. Chr. (erste Kleingefässe gibt es schon etwas früher; das erste kleine Tongefäss kennt man aus dem PPNA, Jerf-el-Ahmar).

Siedlungswesen und Bauten:

Siedlungen sind nach wie vor Tell's (auch Tepe, Hüyük), also Siedlungshügel. Zum Teil gibt es grosse Dörfer, man geht von einem Bevölkerungszuwachs aus. **Rechteckige Bauten** und **Lehmziegelbauweise** haben sich durchgesetzt.



Tell Topakli (Anatolien)



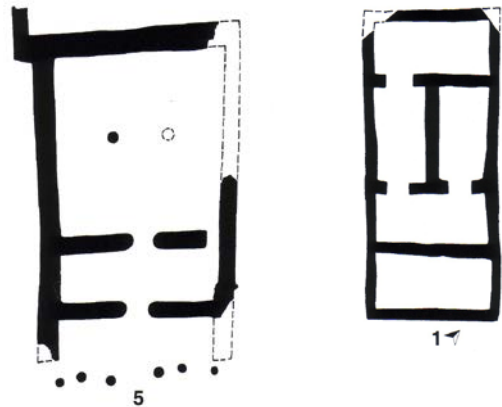
Asikli Hüyük: in Kappadokien
(Zentralanatolien)

Fotos S. Jacomet

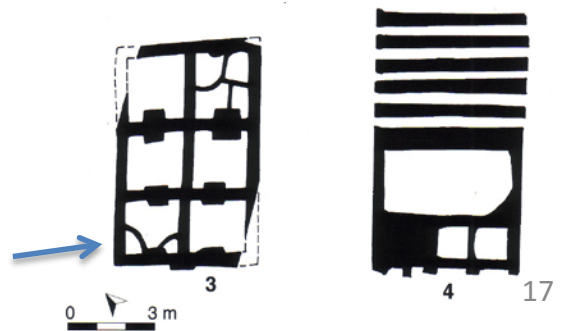
Asikli Hüyük: rechteckiges Haus aus Lehmziegeln, mit Herdstelle und Mahlstein



Mahlstein



Beispiele von Hausgrundrissen



V.a. **rechteckige** Häuser (versch. Typen; verschiedenartige Inneneinteilungen (siehe rechts). Neben einfachen Einteilungen (oben) tauchen auch komplexe Einteilungen auf: sog. „grill plan“, „cell-plan“ (unten). Deutung der letzteren: Zusammenhang mit Vorratshaltung vermutet (?).

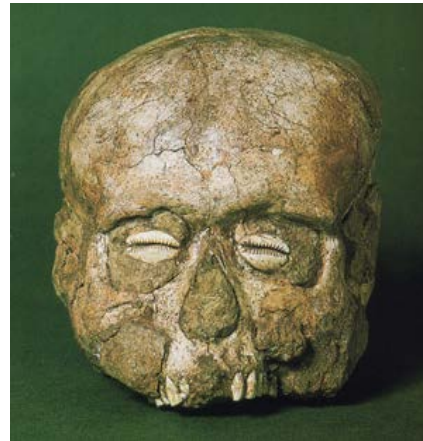
Neolithikum: Mittleres PPNB (ab ~ 8200 v. Chr.) bis Ende PPNB (um 7000 v. Chr.) (2):

Siedlungswesen: Mögliche Rekonstruktion (Bsp. Tell Abu Hureyra, am mittleren Euphrat, Syrien)



Totenkult und Kunst

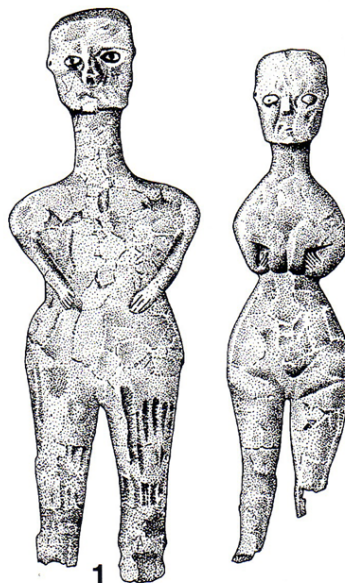
Die Bestattungssitten verändern sich, sie sind komplex. Ein „Vorfahrenkult“ lässt sich z. Bsp. anhand der nun auftauchenden Schädelmodellierungen (siehe unten) vermuten. Die mit **Ton modellierten Schädel** waren im Inneren von Gebäuden aufgestellt. Der Mensch tritt in den Vordergrund beim Kult. Siehe neu dazu Benz 2012.



gepflästerte Statuen (Bsp. Ain Ghazal, südliche Levante)



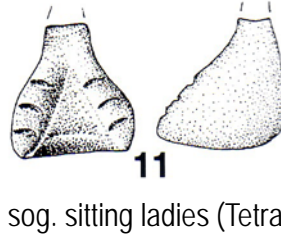
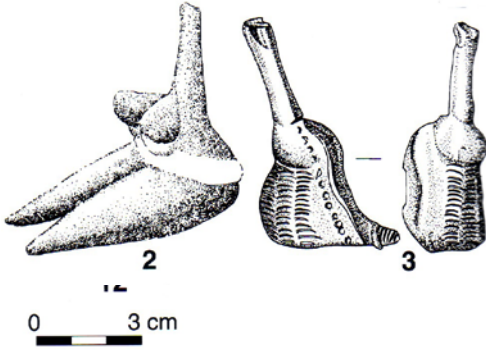
mit Kern aus pflanzlichem Material, darüber Pflaster aus Ton, freistehend, ca. 1 m hoch, Augen z.B. durch Bitumen-Einlage hervorgehoben



Es gibt ausserdem **anthropomorphe Stelen** (zB Göbekli Tepe, Nevali Cori, beide SE-Anatolien)

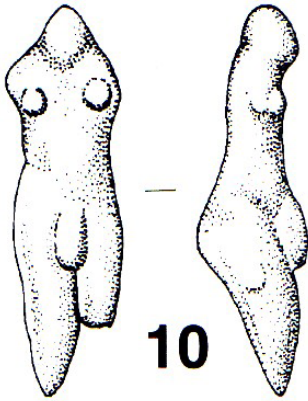
Neolithikum: Mittleres PPNB (ab ~ 8200 v. Chr.) bis Ende PPNB (um 7000 v. Chr.) (3): Kleinkunst: Menschen- und Tierfiguren

Frauenfiguren aus gebranntem Ton : grosse Vielfalt; oft stark stilisiert (Bsp. aus Ain Gazahl) (stehend oder sitzend)



sog. sitting ladies (Tetraederform)

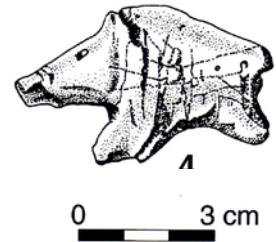
Männerfiguren: selten (Bsp. Cafer Hüyük)



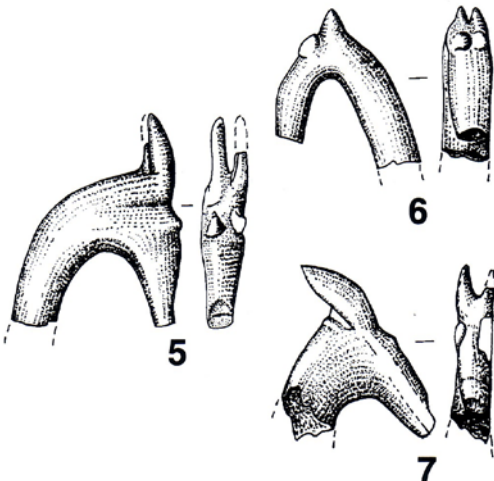
weitere, stark stilisierte vorhanden

Auf die spezielle Rolle von Tieren deuten **Tierfiguren** hin. Es gibt eine grosse Vielfalt. Oft sind sie aus Ton, aber auch aus Stein oder Knochen hergestellt. Neu sind neben Wildtieren (neben z.Bsp. Gazelle, siehe Abbildung unten links etwa auch Raubvögel) nun oft domestizierte Tiere dargestellt. Die Bilder zeigen Beispiele aus Ganji Dareh, Cajönü, Abdul Hosein. Grösse: unter 10 cm; insbesondere gibt es viele Rinderdarstellungen, aber auch Darstellungen von Ovicapriden (Schafe / Ziegen; keine Abbildung).

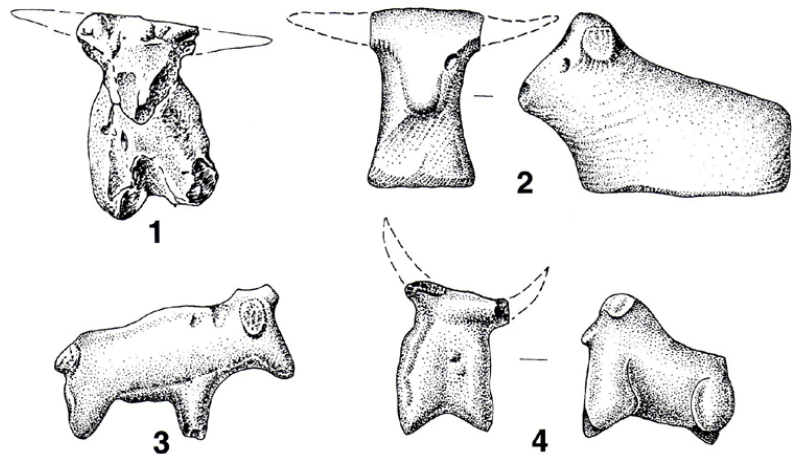
Wild(?)Schwein



Auerochse resp. Rind



sog. charming gazelles (aus Stein, Knochen oder Ton)

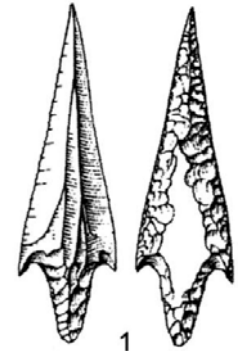


Neolithikum: Mittleres PPNB (ab ~ 8200 v. Chr.) bis Ende PPNB (um 7000 v. Chr.) (4): Silexindustrie, Obsidian

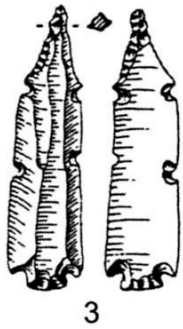
Diverse Pfeilspitzentypen vorhanden (man spricht beim PPNB auch von Big Arrowhead Industries = BAI)



Typ Abu Salem
südliche Levante



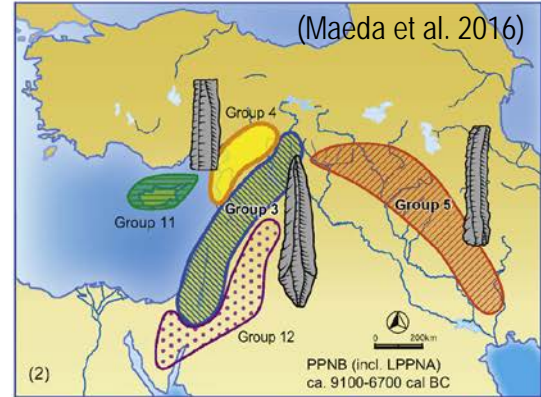
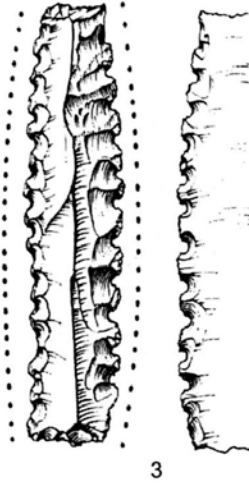
Typ. Jericho, südliche
Levante



Typ Aswad nördliche
Levante

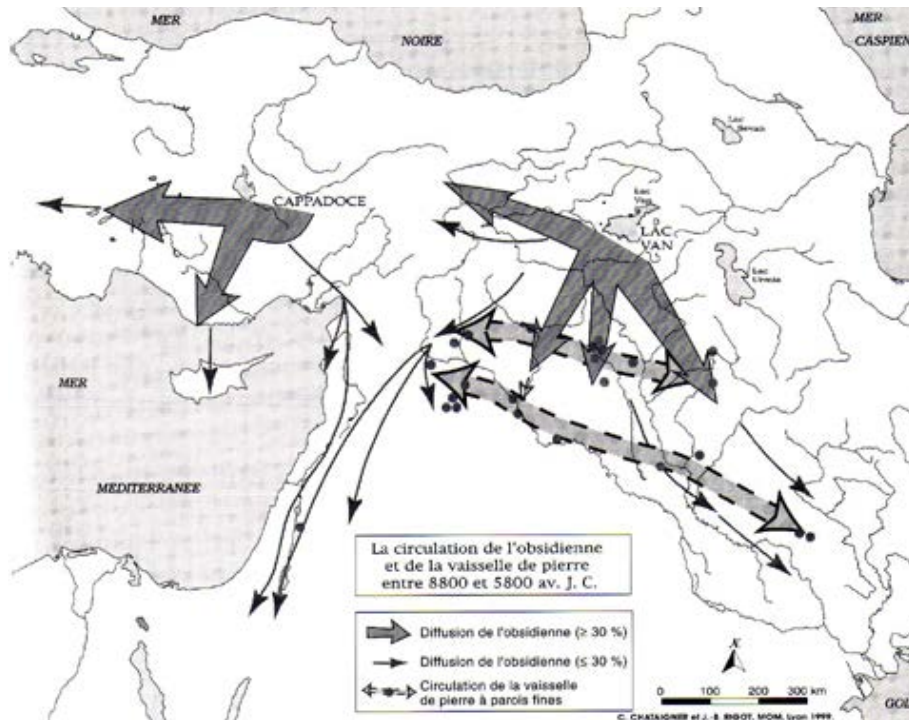
In jüngeren Phasen
auch ganzflächig
retuschierte Spitzen
vorhanden (Amuq-
Spitze). Dazu nach wie
vor Silexbeile (seltener),
verschiedenartige
Sichleinsätze (auch
dreieckige).

Sichleinsatz
Typ Yarmouk, südl. Levante



Erntemesser haben einen grösseren Anteil an den gesamten Silexartefakten, aber bis zum späten PPNB wurden die Klingen mit der gleichen Technik wie anderen Werkzeuge (bidirektionale Klingen). Ab dem LPPNB findet man in manchen Fundstellen im W des Fruchtbaren Halbmondes standardisierte unidirektionale Klingen (spezifisch für Erntemesser) (Maeda et al. 2016)

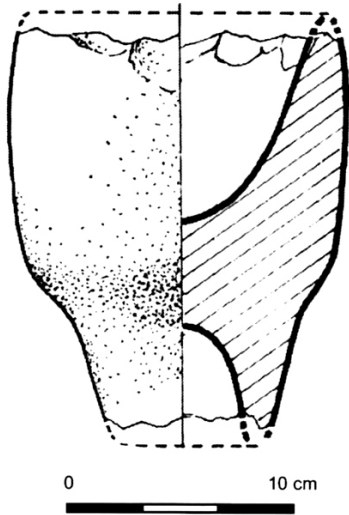
Obsidian: über ausgebaute Handelsnetzwerke wurde (neben Steingefässen) v.a. auch Obsidian (vulkanisches Glas) verhandelt, und zwar aus dem Gebiet des Van-Sees (SE-Anatolien) und aus Kappadokien.



Handelsnetzwerke erlauben eine rasche Ausbreitung von Gütern, ev. Menschen und vor allem Know-How! Ab spätestens dieser Periode erfolgt eine rasche Verbreitung „neolithischer“ Errungenschaften; was in der Epoche vorher begonnen hat, setzt sich nun intensiv fort: Das Neolithikum **breitet sich weiter aus**, aus Anatolien oder Zypern kennt man grosse Siedlungen (siehe Karten S. 5) (u.a. nach Colledge et al. 2004).

Neolithikum: Mittleres PPNB (ab ~ 8200 v. Chr.) bis Ende PPNB (um 7000 v. Chr.) (5): Weitere Steingeräte

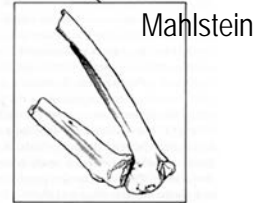
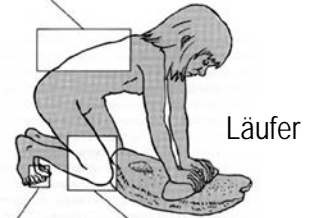
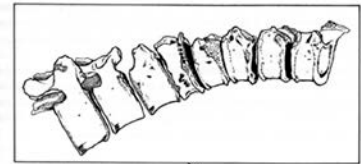
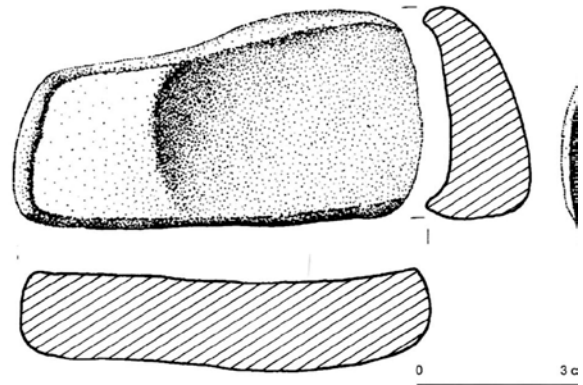
Tiefe **Mörser** mit abgesetztem Boden, meist aus Kalkstein (dazu „pedunculated“ pestles = gestielte Stößel)



2

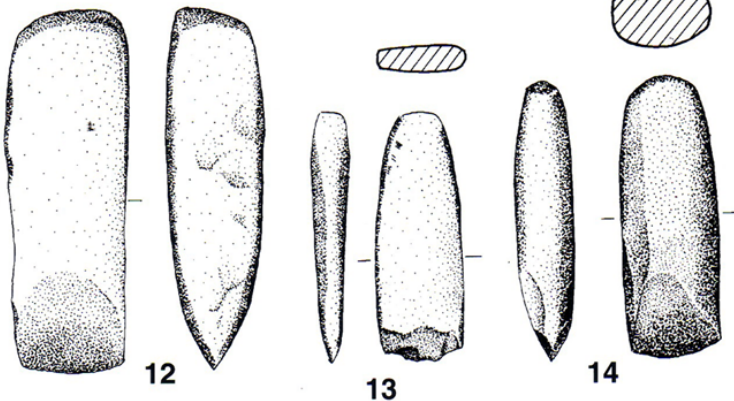


Mahlsteine, asymmetrisch



Indirekte Hinweise auf Vorratshaltung und auf die intensive Verarbeitung von Pflanzen sind neben Mahlsteinen und Läufern auch pathologische Veränderungen an menschlichen Skeletten (Schema aus Moore et al. 2000, Bild Asikli Höyük, PPNB)

geschliffene Steinbeile mit rechteckigem Querschnitt, verbreitet



0 3 cm

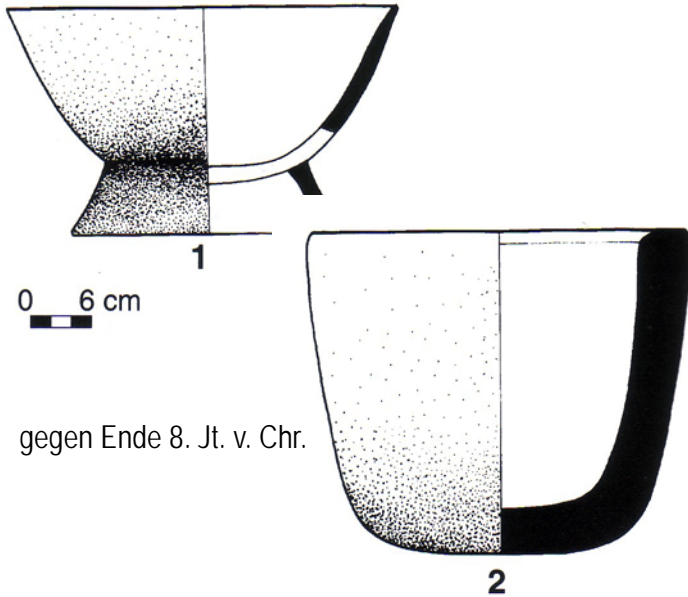


0 3 cm

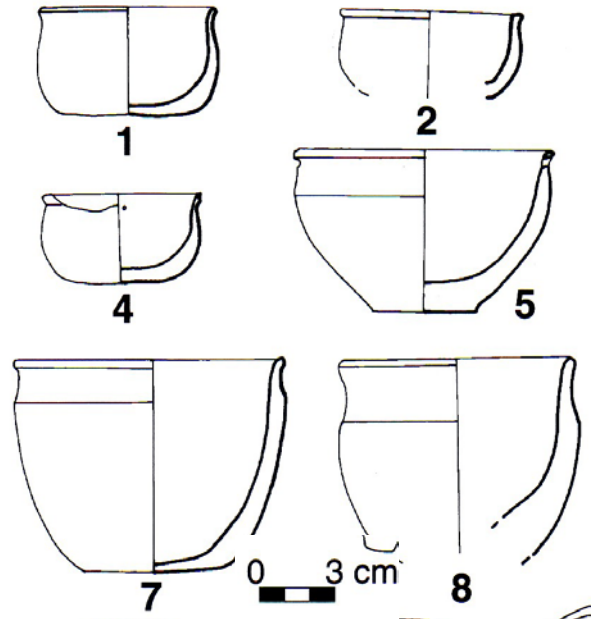
v.a. südl. Levante (Basta, Ba'ja, Ain Ghazal) 21

Neolithikum: Mittleres PPNB (ab ~ 8200 v. Chr.) bis Ende PPNB (um 7000 v. Chr.) (6): "vaisselle blanche" und Steingefäße, Subsistenz

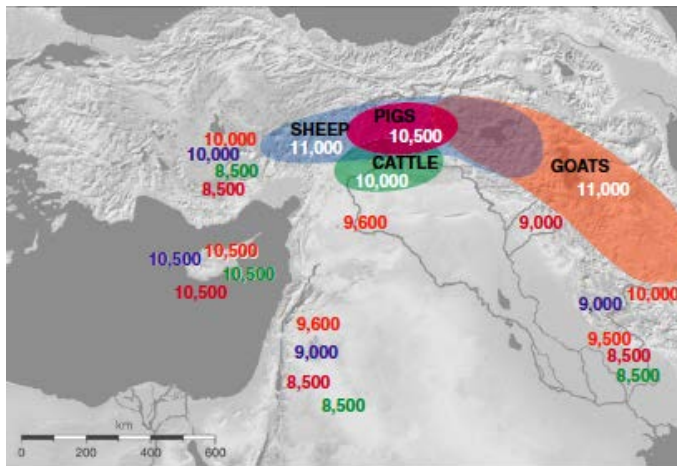
aus Kalk- oder Gipspaste hergestellte Gefäße („vaisselle blanche“), Levante und östlicher fruchtbarer Halbmond



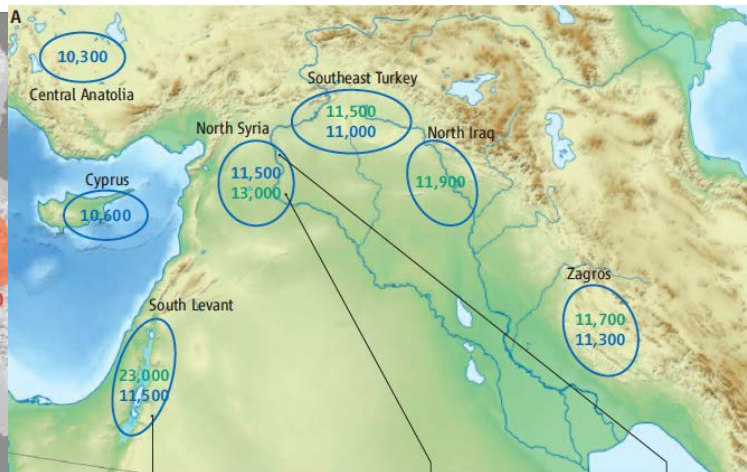
dünnwandige Steingefäße aus Alabaster, Marmor



Subsistenz: An vielen Orten sind **domestizierte Pflanzen** vorhanden (Getreide, Hülsenfrüchte). Ihre Anteile steigen (langsam) an. Das Sammeln aus Wildressourcen war aber nach wie vor sehr bedeutend. Ab ca. 8500 – 8000 v. Chr. auch **domestizierte Tiere** (Schwein, Ziegen und Schafe sowie Rind; siehe Karte). Daneben spielte weiterhin die Jagd auf Gazelle eine wichtige Rolle.



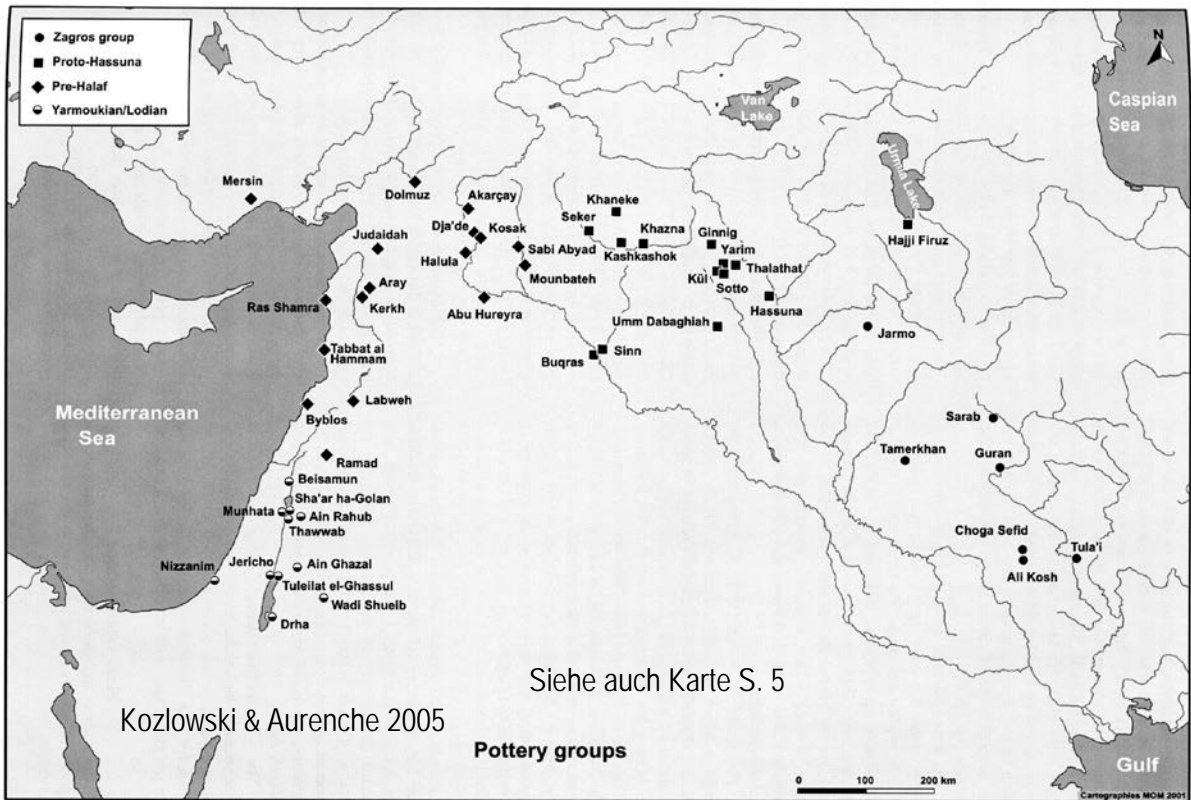
Daten für die Tierdomestikation und die früheste Ausbreitung domestizierter Tiere (Daten: cal BP) (Zeder 2008)



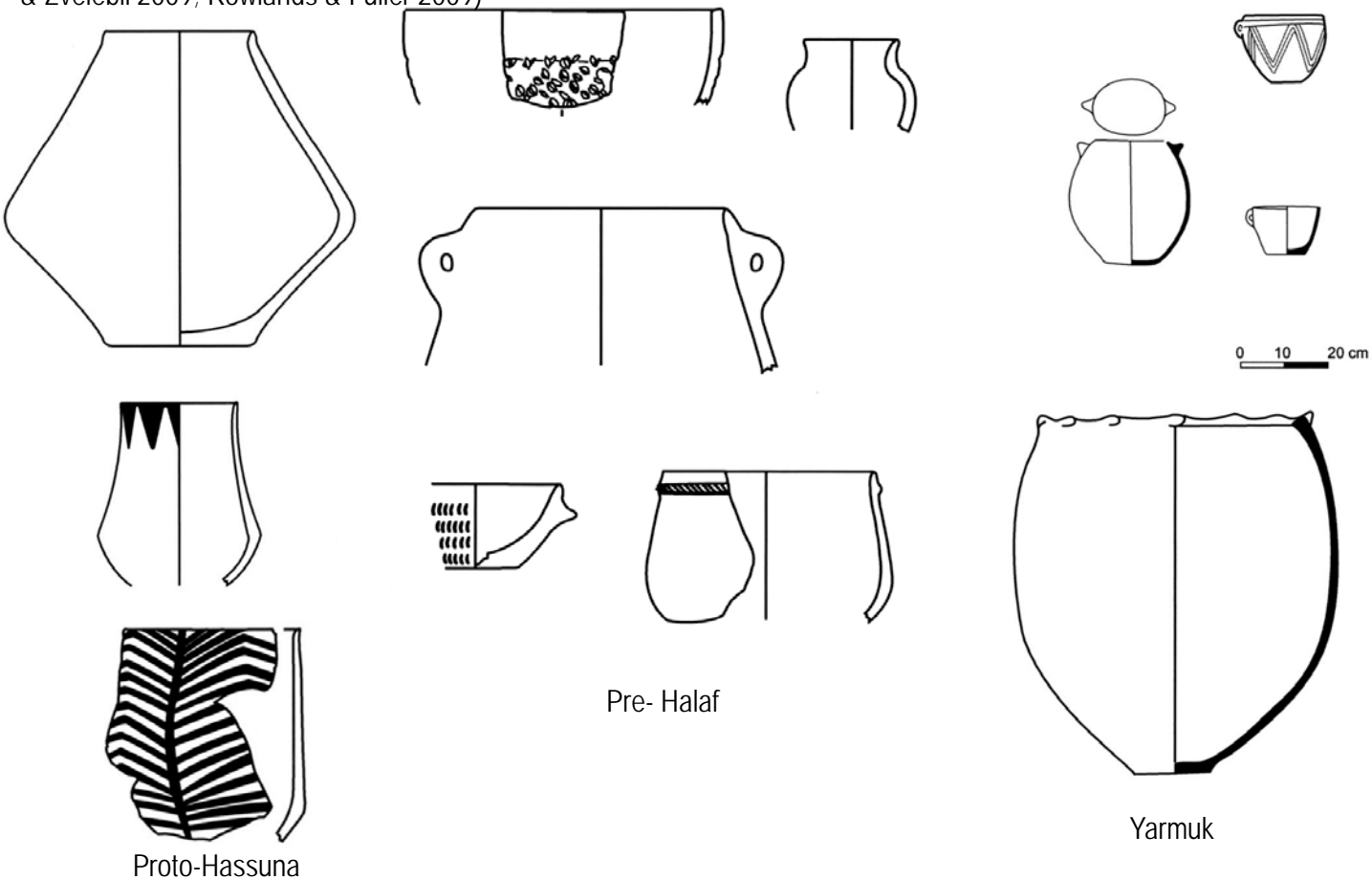
Daten für die frühesten Anzeichen für die Kultivierung von Pflanzen (und deren früheste Ausbreitung). In Blau: Hinweise auf frühe Kultivierung von Wildgetreide vorhanden, in grün: frühe Wildgetreidenachweise, aber ohne Anzeichen für Kultivierung (Daten: cal BP) (Willcox 2013)

Zypern wurde bereits im PPNB besiedelt, durch seefahrende Menschen, die das gesamte „neolithische“ package, inkl. auch einige Wildtiere (z. Bsp. Damhirsch) „exportierten“ (siehe Beispielsweise Vigne et al. 2011)! Ab PPNB weitere Besiedlung; früheste neolithische Siedlungen in Zentral-Anatolien ab PPNB.

Frühes Keramisches Neolithikum im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes, nach etwa 7000 v. Chr. (auch als PPNC oder PPNB final bezeichnet): Kulturgruppen und Fundstellen



Früheste Keramikformen im Vorderen Orient (dies ist aber NICHT die weltweit früheste Keramik, dazu siehe Jordan & Zvelebil 2009; Rowlands & Fuller 2009)



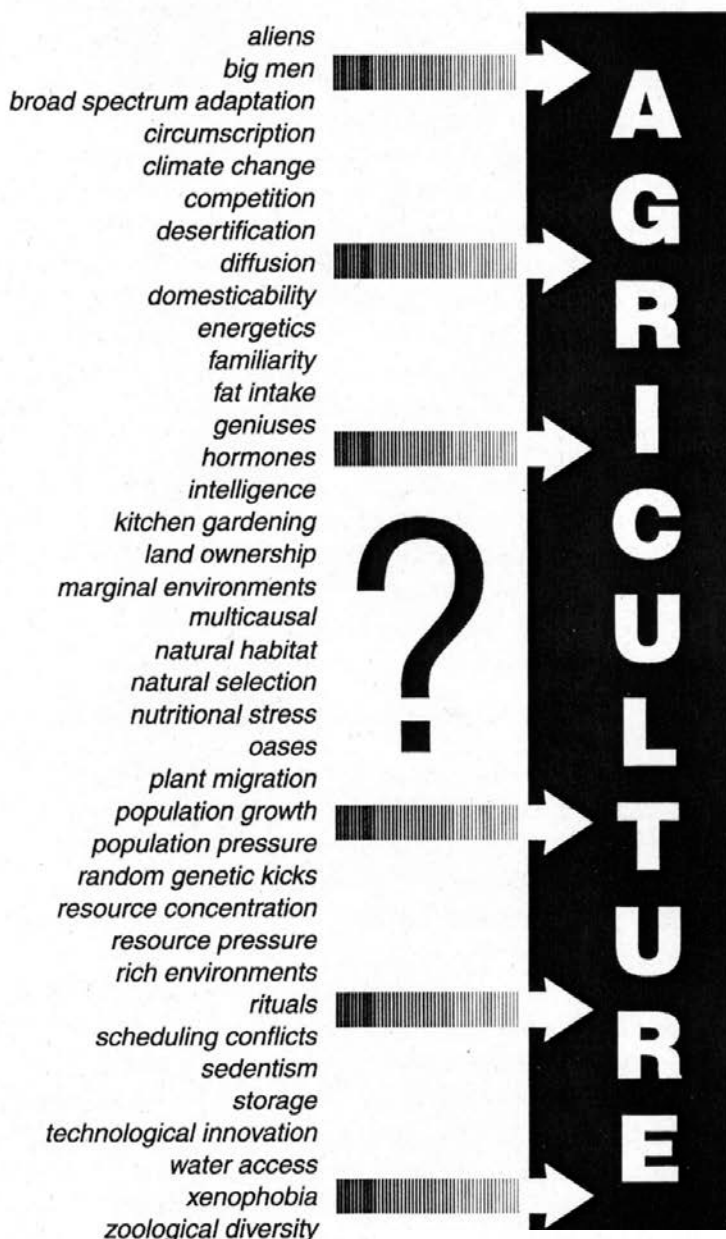
WARUM? Gründe für die Entwicklungen im Verlauf der Neolithisierung (1)

Warum sind Menschen sesshaft geworden? Warum haben sich Ackerbau und Viehzucht entwickelt? Warum gerade am Ende der letzten Eiszeit und während des frühen Holozäns?

Dies sind sehr schwer zu beantwortende Fragen (es sind typische „Huhn oder Ei zuerst?“-Fragen). Ein Zitat soll die Problematik illustrieren: „The question is, did these [social developments occur as a result of agriculture](#), or did hunter-gatherers develop [socio-cultural systems which produced incentives to cultivate](#)? This question is difficult to answer because social and economic systems evolved in an interdependent way.“ (G. Willcox, 2005)

Die ersten Hominiden erschienen vor rund 6 Mio. Jahren auf der Erde: **99,8%** der Menschheitsgeschichte lebte dann der Mensch **ohne** produzierende Wirtschaftsweise. Erst **Homo sapiens sapiens** (der moderne Mensch), den es seit maximal 200'000 Jahren gibt, brachte mit der Zeit die **biologischen und mentalen Voraussetzungen mit**, damit es zur Neolithisierung kommen konnte.

WHAT CAUSED THE NEOLITHIC TRANSITION?



Zusammenstellung möglicher, im Lauf der letzten 100 Jahre der Literatur diskutierter Annahmen (Foster Mc Carter 2007)

Zum Thema WARUM? Siehe auch Gopher et al. 2001; Barker 2006; Benz (Ed.) 2010, Benz 2000, 2012 (u.v.a.)

Es gibt sehr viele Theorien – aber wenig klare Fakten!

Figure 12.1 Over the past century, all of these explanations for the Neolithic transition have appeared in print.⁵

WARUM? Gründe für die Entwicklungen im Verlauf der Neolithisierung (2)

Eine neue Publikation von Hodder (2017) versucht die Faktoren, die mit der Neolithisierung im Zusammenhang stehen, m.H. der sog. «**entanglement theory**» einzuordnen. Seiner Meinung nach ist es nicht möglich, bestimmte Faktoren oder einzelne Auswirkungen bestimmter Faktoren als Erklärung für den Neolithisierungsprozess herbeizuziehen: dafür ist die regionale Diversität zu hoch und die Zeitspanne viel zu lang. Auch Maeda et al. 2016 haben schon festgestellt «The protracted process of technological and agricultural evolution calls into question hypotheses that the transition to agriculture was caused by any particular climatic event». Bei den Diskussionen um die Neolithisierung muss man vielmehr allmählich erfolgte Veränderungen in der Humanbiologie in Betracht ziehen. Dazu haben sich Artefakte und Menschen (und umgekehrt!) gegenseitig beeinflusst. Zudem gab es genetische Prozesse an Pflanzen und Tieren, die eine entscheidende Rolle im Domestikationsprozess spielten, dazu kam die Klimaentwicklung. Seit dem Spätpaläolithikum ist ausserdem zu beobachten, dass das menschliche Skelett zunehmend graziler wurde, gleichzeitig ist eine Abnahme der Zahngrößen festzustellen. Dies hängt mit Veränderungen in der Nahrungszusammensetzung (u.a. die Verwendung von Pflanzen und Tieren, die bis dahin für die Ernährung nicht relevant waren) sowie der Vorbereitung der Nahrung (es gibt immer mehr Mahlsteine) zusammen, dazu kommt das nun verbreitete Kochen von Lebensmitteln. Zusätzlich gibt es mehr Speicherinstallationen. Dies alles beginnt schon vor der eigentlichen Neolithisierung und entwickelt sich in deren Verlauf (und danach) weiter. Alle genannten Faktoren stehen im Zusammenhang. Die zunehmende Nutzung von Mahlsteinen führte zu einer Reduktion der Zahngrößen. Das Mahlen und das Kochen hatten eine bessere Aufnahme der Nährstoffe zu Folge. Damit war eine hohe Körpergrösse kein Vorteil mehr. Die neuen Nahrungsmittel (resp. die gesamte neue Lebensweise) bedeuteten zwar mehr Arbeit beim Sammeln/Ernten, der Tierhaltung und beim Verarbeiten, aber gleichzeitig hatten sie auch grosse Vorteile (*vor allem die Sesshaftigkeit und „Sicherheit“*). Deshalb haben sich wohl die Menschen immer wieder für eine höhere Investition an Arbeit entschieden (Bodenbearbeitung, Säen, Lagern, Mörsern, Mahlen, Kochen, Errichtung dauerhafter Häuser, Entwicklung von Entsorgungssystemen). Diese Entscheidungen haben den Mensch schliesslich an einen «Point of no return» geführt. «A tension emerged between plant processing and mobility, caused by things such as grinding stones and hearths; humans and things got drawn into a more sedentary lifestyle».

Zitierte (und weitere grundsätzliche) Literatur zu archäologischen Grundlagen im Zeitraum der Domestikation

- Abbo, S., Pinhasi van-Oss, R., Gopher, A., Saranga, Y., Ofner, I. und Peleg, Z. (2014) Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. Trends in Plant Science in press.
- Asouti, E. und Fuller, D. (2013) A contextual approach to the Emergence of Agriculture in Southwest Asia. Reconstructing Early Neolithic Plant-Food Production. Current Anthropology 54/3, 308-345.
- Aurenche, O. und Kozłowski, S. K. (1999) La naissance du Néolithique au Proche Orient ou le paradis perdu. Paris.
- Badisches Landesmuseum Karlsruhe, Hrsg. (2007) Die ältesten Monumente der Menschheit. Vor 12000 Jahren in Anatolien. Stuttgart.
- 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.
- 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. (Ed.) (2010) The principle of sharing. Segregation and Construction of Social Identities at the Transition from Foraging to Farming. SENEPSE 14 (2010). Ex oriente, Berlin.
- Benz, M. (2012) „Little Poor Babies“ – Creation of History Through Death at the Transition from Foraging to Farming. In: Kienlin, T.L. & Zimmermann, A. (Hrsg.) Beyond Elites. Alternatives to Hierarchical Systems in Modelling Social Formations, Teil 1. Bonn 2012, 169-182.
- Benz, M., Bauer, J. (guest-eds.) (2013) Special Issue Neo-Lithics 2/13 on the Symbolic Construction of Community. Berlin: ex oriente.
- Bocquet-Appel, J.-P. und Bar-Yosef, O. (2009) The Neolithic demographic transition and its consequences. Heidelberg.
- 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., Conolly, J. und Shennan, S. (2004) Archaeobotanical evidence for the spread of farming in the Eastern Mediterranean. Current Anthropology 45 Suppl., 35-58.
- Foster Mc Carter, S. (2007) Neolithic. Routledge, New York (darin vor allem das Kapitel 12: What caused the Neolithic transition?)
- Gebauer, A. B. und Price, D. T. (1992) Transition to agriculture in prehistory. Monographs in World Archaeology 4, ganzes Heft.
- Gopher, A., Abbo, S. und Lev-Yadun, S. (2001) The "when", the "where" and the "why" of the Neolithic revolution in the Levant. Documenta Praehistorica XXVIII, 49-62.

Literatur (Forts.)

- Goring-Morris, N., Hivers, E. und Belfer-Cohen, A. (2009)** The Dynamics of Pleistocene and Early Holocene Settlement Patterns and Human Adaptations in the Levant: An Overview. In: Shea, J. J. und Lieberman, D. E. (Hrsg.) *Transitions in Prehistory*. American School of Prehistoric Research Monograph Series. Oxford and Oakville, 185-252.
- Guilaine, J., Hrsg. (2000)** Premiers paysans du monde. Naissance des agricultures. Séminaire du Collège de France. Paris.
- Ibáñez, J.J., Anderson, P.C., González-Urquijo, J., Gibaja, J. (2016)** Cereal cultivation and domestication as shown by microtexture analysis of sickle gloss through confocal microscopy. *Journal of Archaeological Science* 73, 62-81.
- Hodder, I. (2017, on-line first)** Things and the Slow Neolithic: the Middle Eastern Transformation. *J Archaeol Method Th.*
- 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.
- Jordan, P. und Zvelebil, M. (Hrsg.) (2009)** Ceramics before farming: the dispersal of pottery among prehistoric Eurasian hunter-gatherers. Walnut Creek CA.
- Kozłowski, S. und Aurenche, O. (2005)** Territories, boundaries and cultures in the Neolithic Near east. BAR International Series 1362, 275 S., Archaeopress, Oxford.
- Maeda, O., Lucas, L., Silva, F., Tanno, K., Fuller, D.Q. (2016)** Narrowing the harvest: increasing sickle investment and the rise of domesticated cereal agriculture in the Fertile Crescent. *Quaternary Science Reviews* 145, 226-237.
- Moore, A. M. T., Hillman, G. C. und Legge, A. J. (2000)** Village on the Euphrates. From foraging to farming at Abu Hureyra. Oxford.
- Panther-Brick, C., Layton, R. und Rowley-Conwy, P. (eds.) (2001)** Hunter-Gatherers: In interdisciplinary perspective. Cambridge University Press, Cambridge.
- Price, D.T. und Bar-Yosef, O. (2011)** The Origins of Agriculture: New Data, New Ideas: An Introduction to Supplement 4. *Current Anthropology* 52/S4, S163-S174 (*ganzer Band, mit verschiedenen guten Artikeln!*)
- Roberts, N., Woodbridge, J., Bevan, A., Palmisano, A., Shennan, S. und Asouti, E. (2017, on-line first)** Human responses and non-responses to climatic variations during the last Glacial-Interglacial transition in the eastern Mediterranean. *Quaternary Science Reviews*.
- Rowlands, M. und Fuller, D.Q. (2009)** Moudre ou faire bouillir? Nourrir les corps et les esprits dans les traditions culinaires et sacrificielles en Asie de l'ouest et du Sud. *Techniques et Culture* 52-53, 120-147.
- Terradas, X., Ibáñez, J., Braemer, F., Hardy, K., Iriarte, E., Madella, M., Ortega, D., Radini, A., Teira, J., (2013)** Natufian bedrock mortars at Qarassa 3: preliminary results from an interdisciplinary methodology. In: Borrell, F., Ibáñez, J., Molist, M. (eds.), *Stone tools in transition: from hunter-gatherers to farming societies in the Near East*. 7th Conference on PPN chipped and ground stone industries of the Fertile Crescent. UAB. Servei de Publicacions, Barcelona, 449-464.
- Vigne, J.-D., Carrère, I., Briois, F. und Guilaine, J. (2011)** The Early Process of Mammal Domestication in the Near East: New Evidence from the Pre-Neolithic and Pre-Pottery Neolithic in Cyprus. *Current Anthropology* 52/S4, S255-S271.
- Weninger, B., Clare, L., Rohling, E. J., Bar-Yosef, O., Böhner, U., Budja, M., Bundschuh, M., Feurdean, A., Gebel, H.-G., Jöris, O., Linstädter, J., Mayewski, P., Mühlenbruch, T., Reingruber, A., Rollefson, G., Schyle, D., Thissen, L., Todorova, H. und Zielhofer, C. (2009)** The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean. *Documenta Praehistorica* XXXVI, 7-59.
- Willcox, G. (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. (2013)** The Roots of Cultivation in Southwestern Asia. *Science* 341, 39-40.
- Zeder, M. (2008)** Domestication and early agriculture in the Mediterranean basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS* 105/33, 11597-11604.
- Zeder, M.A. (2009)** Evolutionary Biology and the Emergence of Agriculture: The Value of Co-opted Models of Evolution in the Study of Culture Change. In: A.M. Prentiss et al. (eds.), *Evolutionary Biology and the Emergence of Agriculture: The Value of Co-opted Models of Evolution in the Study of Culture Change*. DOI 10.1007/978-1-4419-0682-3_7, C Springer Science+Business Media, LLC 2009

Inhalt Teil 2: Grundsätzliche Überlegungen zur Domestikation, Begriffe

- was ist Domestikation? Definition wichtiger Begriffe
- Kernfragen der Domestikationsforschung
- Mit der Domestikation verbundene kulturelle Prozesse und zeitlicher Rahmen (Naher Osten; Kurzfassung)
- Bedeutung von Ackerbau und Viehzucht
- Methoden zur Erforschung der Entstehung und Ausbreitung von Kulturpflanzen und Haustieren, Quellen
- Voraussetzungen für eine Domestikation
- Domestikation weltweit: wo? wann? (Kurzübersicht)

Was ist Domestikation? Definition wichtiger Begriffe

Domestikation ist ein Vorgang, bei dem die wechselseitige Abhängigkeit von menschlichen Gesellschaften und bestimmten (möglicherweise gezielt gesuchten) Pflanzen- sowie Tierpopulationen immer grösser wird. Zu Domestikation kommt es, wenn durch bestimmte Formen der Kultivierung (siehe unten) eine künstliche **Selektion** in Richtung **genetischer und morphologischer Veränderung** der kultivierten Pflanzen und Tiere eintritt. Der Begriff Domestikation umschreibt also **bestimmte Eigenschaften von Pflanzen und Tieren** (d.h. morphologische und genetische Veränderungen), welche durch Kultivierung resp. Herdenhaltung und Auslese entstanden sind, und die domestizierte Pflanzen und Tiere von wilden Pflanzen und Tieren unterscheiden.

Heute nehmen viele ForscherInnen an, dass Domestikation ein **länger dauernder Prozess** ist. Von ihnen wird Domestikation als evolutionärer Prozess (Co-Evolution, oder mindestens als Co-Development) gesehen, der weder rasch noch unilinear ablief, sondern sich über Jahrtausende hinzog. Dabei wird die Domestikationsperiode definiert als „the time over which a species became fully dependent on human action for dispersal“; Fuller, Asouti & Purugganan 2012). Andere ForscherInnen sehen Domestikation als einen mutualistischen, langfristigen Prozess, wie er auch zwischen nicht-menschlichen Organismen stattfindet (Zeder, 2015). Was Domestikationsprozesse, die von Menschen „gemacht“ werden, von denen anderer Organismen unterscheidet, ist die menschliche Kapazität, sich absichtlich zielorientiert zu verhalten (z.B. ein Korn zu säen), und die Tatsache, dass diese Kenntnis an andere Menschen vermittelt werden kann (Zeder, 2015).

Andere ForscherInnen sehen Domestikation eher als **rasch ablaufendes**, bewusst herbeigeführtes, **einzelnes Ereignis** (siehe schon Gordon Childe, 1. Hälfte 20. Jh.: „Neolithische Revolution“; u.a. wie Weninger, 2017 oder Abbo & Gopher 2017). „Domestication is an episode based on a decision and follow-up action by which humans have chosen certain species and selected particular stocks for growing. Thus, domestication involves obtaining desirable plants with distinct phenotypes by taking educated and conscious decisions“ (Abbo et al. 2014).

Die Forschung ist nach wie vor im Fluss, und eine Wertung dieser diametral gegensätzlichen Ansichten fällt schwer. Archäologische Daten deuten eher in Richtung Co-Evolution (oder Co-Development), zumindest in den Anfangszeiten. Eng mit dem Begriff der Domestikation verknüpft ist (bei Pflanzen) der Begriff **Kultivierung**: Darunter versteht man alle absichtlich ausgeführten Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Anbau von Pflanzen stehen, also Bodenbearbeitung, Aussaat, Jäten, Ernte, Reinigung der Ernte, Saatgutauswahl). **Kultivierung ist also etwas, was Menschen aktiv tun**. Man kann sowohl genetisch und morphologisch wilde, als auch genetisch und morphologisch veränderte Pflanzen (= domestizierte = Kulturpflanzen) kultivieren. Kultivierung muss nicht eine genetische und morphologische Veränderung der Wildart durch Selektion zur Folge haben, aber ohne Kultivierung gibt es sicher keine! Wichtig ist die Zeitspanne, die man mit einer bestimmten Population „arbeitet“. Es braucht mehrere Generationen, damit diese Beziehung ein Domestikationsprozess entwickelt (Zeder, 2015). Man redet von „predomestication cultivation“ (Hillman und Davis, 1990).

Analog zum Begriff Kultivierung ist bei Tieren der Begriff **Herdenhaltung** resp. Herdenmanagement zu sehen. Dieser Begriff bezeichnet die menschliche Beeinflussung von wilden Herdentieren (z.B. Rinder, Schafe, Ziegen, Schweine) zum Zwecke einer gezielteren Jagd- und Fleischnutzung.

Der Beginn der Kultivierung und Herdenhaltung bedingt eine **Veränderung des Verhaltens der Menschen**. „The manipulation of plants by Neolithic communities involved a new perception of land and plants, and a change in the relation between culture and nature.“ (Abbo et al. 2014 und dort zitierte Literatur).

(nach Zeder et al 2006; Fuller 2007, 1-2; Purugganan & Fuller 2009; Zeder 2009; Vigne 2011; Fuller et al. 2012; Price & Bar-Yosef 2011; Abbo et al. 2014; Zeder 2015)

Weitere wichtige Begriffe im Zusammenhang mit der Domestikation

Management: Manipulation und ein gewisser Grad an Kontrolle von Wildpflanzen und Wildtieren, damit ihre relative Abundanz zunimmt, allerdings ohne Kultivierung / Herdenhaltung; es treten auch keine morphologischen Änderungen ein (bis 70er Jahre 20. Jh. wurde hierfür auch der Begriff „cultural control“ gebraucht).

Landwirtschaft (E: farming): Nutzung von Kulturpflanzen und Haustieren als Quelle für Nahrung und anderes.

Ackerbau (agriculture): Landwirtschaft überwiegt und bildet die Hauptquelle für die Ernährung; Jagd und Sammelwirtschaft sind aber nach wie vor wichtig. Der Begriff umschreibt auch die Nutzung des Bodens durch Kultivierung und die Veränderung der Landschaft durch Eingriffe, die mit der Kultivierung im Zusammenhang stehen.

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

Nutztiere: Tiere (meist Haustiere) aus denen irgendein Nutzen gezogen wird (Fleisch, Milch, Arbeitskraft).

u.a. nach Price & Bar-Yosef 2011

Kernfragen der Domestikationsforschung

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

(nach div. Literatur, u.a. Doebley et al 2006, Fuller 2007; Fuller et al. 2012; Allaby 2010; Abbo et al. 2014; Zeder 2015)

Mit der Domestikation verbundene kulturelle Prozesse, zeitlicher Rahmen

(siehe im Detail Teil 1, S. 1-24)

Die **kulturellen Prozesse**, die während des Zeitraumes stattfanden, in welchem Domestikationsprozesse eintraten, fasst man im eurasiatischen Raum unter dem Begriff **NEOLITHISIERUNG** zusammen. Es ist der archäologische 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 domestizierten Tiere und Pflanzen dienen der **Subsistenz**, also der Ernährung (zu Definitionen von Subsistenz siehe z. Bsp. Jacomet & Schibler 2010): 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 weitgehend **sesshafter Ackerbauern/innen und Viehzüchter/innen**.

Sesshaftigkeit (E: sedentism): Meist wird das Auftreten von verstärkter Ortspermanenz mind. eines Teils der Bevölkerung als wichtige Voraussetzung für die Domestikation gesehen. Sie führt zur Notwendigkeit, Ressourcenausfälle überbrücken zu müssen, z. Bsp. durch Vorratshaltung. Dabei gibt es unterschiedliche Grade von Sesshaftigkeit. Meist werden Fakten wie das Auftreten von Vorratsschädlingen wie der Hausmaus und zu unterschiedlichen Jahreszeiten geerntete Pflanzen als Hinweise auf eine ganzjährige Besiedlung gewertet. Nicht verschwiegen sei, dass es auch Orte gibt, wo Produktion von Nahrung in mobilen Gesellschaften beginnt (z. Bsp. in Südindien).

Mit der Domestikation verbundene kulturelle Prozesse (Forts.), zeitlicher Rahmen (Naher Osten; Kurzfassung)

(für eine ausführliche Version der kulturellen Prozesse siehe S. 1-26; für eine detaillierte Chronologietabelle siehe

https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1)

Geologie Epoche Quartär	Biozonen CH nach Litt et al 2003 (Spätgl.) / CHZ	abs Dat BP Warven nach Litt et al 2001	abs Dat BP loecores nach Rasmussen et al 2006	Mittelwert v. Chr. (ca.)	unkalibriert C14 ca.!	Kulturstufen traditionelle Terminologie Levente	Kulturstufen vereinfacht Hours et al. 1994 / Benz 2000	
HOLOZÄN	Atlantikum			5000	6200	Keram. Neolith.	Neolithikum	
					7000			
				6000		PPNC od. PPNB final / frühes keram. Neol.		
				6500	8000			
		Boreal			7000			L PPNB
					7500			M PPNB
				8000	9000	E PPNB		
	Präboreal			8200		PPNA	entwickeltes Proto-Neolithikum	
			Ca. 12'000 – 8000 v. Chr.					
			11540 / 11550	11703	9650	10000		
	PLEISTOZÄN	Jüngere Dryas					Epipaläolithikum	frühes Proto-Neolithikum
			12680 / 12650	12896	10'700	11'000		
Alleröd								
			13670 / 13900	14075	11'900	12'000		
Bölling								
			14450 / 14700	14692	12'600	13'000		
Älteste Dryas								Paläolithikum

Der Zeitraum der Domestikation ist in der Chronologietabelle links dargestellt.

Wir behandeln hier im Detail nur das nahöstliche Domestikationszentrum, da von dort die wichtigsten Kulturpflanzen und Haustiere stammen, die in der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas eine Rolle spielten. Ausblicke auf andere Domestikationszentren und die dort domestizierten wichtigsten Taxa siehe Skript S. 35 ff.

Das Neolithikum wurde in Europa im vorletzten Jahrhundert durch John Lubbock folgendermassen definiert: Es sind Kulturen, die **Keramik**, geschliffene **Steinbeile**, **Kulturpflanzen** und **Haustiere** sowie **ganz-jährig** 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 nahöstlichen Neolithisierung zu stellen sind. Danach erst folgen geschliffene Steinbeile, und erst viel später tritt Keramik in Erscheinung. **Neolithikum ist also unter anderem von der Wirtschaftsform her definiert.**

Chronologietabelle: ausgehendes Pleistozän bis mittleres Holozän, zusammengestellt von S. Jacomet.

Mit Clark 1980 (Zitat aus Holka 1993) kann man festhalten: "The real turning points in human affairs were primarily 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 und Landwirtschaft (Ackerbau und Viehzucht)** die unmittelbaren Grundlagen für **dörfliche und städtische Gemeinwesen** – und damit für spätere **Hochkulturen** gelegt wurden (in den Bereich der Hochkulturen gehört etwa auch die Erfindung der Schrift).

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

- die sesshafte Lebensweise erlaubt **kürzere Geburtsintervalle** (bei Wildbeutern normalerweise 4-5 Jahren, bei Sesshaftigkeit jährlich) (Bocquet-Appel & Bar-Yosef 2009)
- Essbare Pflanzen und Tiere können **in viel höherer Dichte** kultiviert/gehalten werden als sie in der Natur vorhanden wären, wodurch Überschussproduktion möglich wurde.

Durch Produktion 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 ForscherInnen meinen, dass hier auch der **Ursprung stratifizierter Gesellschaften** zu suchen ist.

Was bedeutet Neolithisierung auf der kognitiven Ebene?

Von einer „horizontalen“ Auffassung der Weltordnung (Mensch und Tiere stehen auf der gleichen Ebene) kommt es zu einer „Vertikalisierung“: höhere Mächte bestimmen, was der Mensch zu tun hat - Mensch als Abbild „Gottes“ steht über den anderen Lebewesen – es kommt zu einer Hierarchisierung der Weltordnung (siehe u.a. Cauvin 1994 („naissance des divinités“); Gopher et al. 2001; Zeder 2009; Benz 2010 und 2012; Vigne 2011, und dort zitierte Literatur). Dies alles sieht man an der Entwicklung der kulturellen Äusserungen, siehe S. 1-26 im Skript.

Man kann also von einem **fundamentalen sozialen und spirituellen Wandel** im Lauf der Neolithisierung ausgehen. Denn Domestikation bedingt grundlegende Änderungen des menschlichen Verhaltens - die Beziehung zur Natur ändert sich: „Passives“ Sammeln verändert sich in „aktiven“ Umgang mit der Natur. Für Jäger/SammlerInnen war eher Zeit ein wichtiger Faktor, für sesshafte Ackerbauern dagegen eher der Raum (z.B. Vorhandensein geeigneter Ackerböden und Weidegründe). Das Prinzip der Reziprozität wird zwar nicht ganz aufgehoben, aber vermutlich auf eine umschriebene Gruppe beschränkt. Dies sind alles vieldiskutierte Probleme, es gibt dazu viele Theorien – aber leider nur wenige harte Fakten. Fest steht: Während der Neolithisierung = Domestikation müssen vielschichtige **soziale Prozesse** abgelaufen sein! Auf das „**WARUM?**“ gibt es bis heute keine befriedigende Antwort (siehe für das Spektrum der Möglichkeiten S. 23 im Skript oder den Artikeln von Zeder 2015 und Hodder 2017)!

Zu Auswirkungen der Pflanzen auf den Menschen siehe van der Veen 2014!

Bedeutung von Ackerbau und Viehzucht

Die Landwirtschaft stellte sich als die erfolgreichste Wirtschaftsform heraus, um grosse Massen von Menschen zu ernähren (Shennan 2002). Nur noch an wenigen Orten der Erde haben Jäger-/Sammler „überlebt“ (Beispiele sind etwa Amazonas-Indianer, Pygmäen im südlichen Afrika, Inuit in der Arktis); Ackerbau und Viehzucht ist die vorherrschende Subsistenzform. Die aneignende Wirtschaftsform führte letztlich zu der heute bei uns in den industrialisierten Ländern fast undenkbar Masse an Güter- und Erkenntnisanhäufung, und sie beeinflusst bis heute unsere Entscheidungs- und Handlungsweisen (siehe Zitate in Zeder 2009, S. 1 Skript). Die Gesellschaft wurde dadurch komplett restrukturiert, und vor allem führte die Landwirtschaft zu radikalen Veränderungen der Biodiversität. Ganze Landschaften wurden durch menschlichen Einfluss (vor allem auch durch den Einfluss der Haustiere!) komplett und zum Teil irreversibel umgestaltet.

Landwirtschaftliche Produkte sind bis heute unsere Lebensbasis!

Bsp. Pflanzen:

Wieviele Kulturpflanzen es gibt, ist nicht genau bekannt. Von über 300 '000 existierenden Taxa höherer Pflanzen (Samenpflanzen, Spermatophyta) gab (und gibt) es Tausende von Wildpflanzen, die man sammelte. Relativ viele – rund 35'000 wenn man die Definition weit fasst – können als „crop plants“ betrachtet werden (siehe Khoshbakht & Hammer 2008). Aber **nur relativ wenige** haben eine grosse Bedeutung für die Ernährung und sind die domestizierten Pflanzen *sensu stricto*. So berücksichtigen Meyer et al. 2012 in einem Übersichtsartikel zu Pflanzendomestikation 203 „global food crops“; in diese Zahl sind auch eine Reihe von „crops of minor global economic importance but high local importance in developing regions from the economic botany, domestication, and development literature addressing underutilized crops“ inbegriffen.

Wieso wurden nur vergleichsweise **wenige Taxa** domestiziert? Ein Grund mag sein, 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“ (siehe bei Getreiden, Hülsenfrüchten); solche gibt es nicht viele!

Betrachtet man eine Darstellung der heute wichtigsten Weltwirtschaftspflanzen (Grafik auf der folgenden Seite), so sieht man aber, dass **sehr wenige** heute einen enorm hohen Anteil an unserer Ernährung ausmachen. **Alle** diese wurden sehr früh domestiziert, in verschiedenen Weltgegenden (siehe S. 35 ff.).

Ähnliches gilt für Tiere: von den 148 geeigneten grösseren Säugetierarten erwiesen sich nur **14** als geeignet, um domestiziert zu werden!



Obwohl schon früh – also vor Tausenden von Jahren - gewisse Arbeitsteilungen aufgekommen sein müssen, zählte die Produktion von Nahrung, also Ackerbau (Produktion von Pflanzen) und Viehzucht, zu den **wichtigsten Aktivitäten in vorindustriellen Gesellschaften**. Deshalb ist die Frage nach 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 (siehe dazu Jacomet & Schibler 2010).

Mit die wichtigsten Ziele archäologischer Forschung sind, 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.

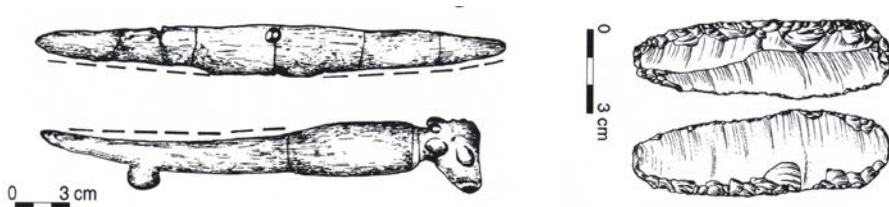
Man geht die Erforschung mit **verschiedenartigen** Methoden an, und nur ihre **Kombination** ergibt verlässliche Ergebnisse. Man spricht von einem sog. „**multi-proxy-approach**“

(Liste siehe etwa in Zohary et al. 2012, zur Genetik siehe Zeder et al. 2006; Gute und einfach gehaltene Übersicht auch in Science 316, 1830ff. (Balter, 2007)).

1. Archäologische Funde („on-site“)

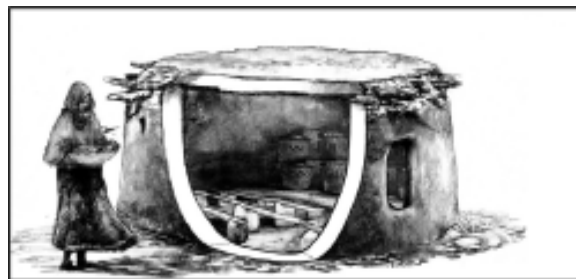
1.1. Funde von Pflanzenresten und Tierknochen (archäobotanische und archäozoologische Nachweise) = sind die wichtigsten, da **direktesten** Nachweise: Die **morphologische Bestimmung** von **Pflanzenresten** (normalerweise Samen, Früchte, Teile von Fruchtständen; seltener auch andere Reste (Mikroreste) wie Phytolithen und Stärkekörner; Bsp. in Balter 2007, S. 1834) und **Tierknochen**, die auf Ausgrabungen gefunden werden, datiert durch C14 oder Artefakte. Feststellung ihrer morphologischen Veränderungen in Zeit und Raum. Aus diesen Resten kann man dann auch **Alte DNA** extrahieren (siehe Palmer et al 2012) und man kann auch chemische Untersuchungen machen.

1.2. Archäologische Artefakte: z. Bsp. Erntemesser (indirekter Nachweis für Ackerbau von Pflanzen, wobei Deutung ohne Bestätigung durch Gebrauchspurenanalysen (siehe Ibanez et al. 2016, Hinweis S. 10 im Skript) umstritten), Gerät im Zusammenhang mit der Zubereitung der Nahrung (wie Mühlsteine, Mörser...)



„Erntemesser“ aus dem Natufien (12 ‘000-10 ‘000 v. Chr.), links Griff aus Knochen, rechts Silex-Klinge; Kozłowski & Aurenche 2005

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



Zusätzliche (indirekte) Hinweise sind: Reste von „Gehegen“, Bewässerungskanäle, Terrassierungen, Pflugspuren, Feldbegrenzungen u.ä.m. (oft schwer zu datieren und zu interpretieren).

2. Off-site-Hinweise:

z. Bsp. durch Pollenanalyse: Erscheinen z. Bsp. Pollen vom Getreidetyp in grösserer Zahl in natürlichen See-Ablagerungen in der Nähe von Siedlungsplätzen, so kann auf Ackerbau geschlossen werden. Selten!

3. Hinweise aus heutigen Lebewesen:

3.1. Morphologische Vergleiche („klassische“ Methode) erlauben es, aufgrund phänotypischer Ähnlichkeiten wilde Vorfahren zumindest einigermaßen genau zu identifizieren.

3.2. Analyse der Verbreitung der Wildformen: nur dort, wo es Wildformen gibt, können diese auch domestiziert werden!

3.3. Bestimmung der genetischen Verwandtschaft durch DNA-Analysen (z. Bsp. Luo et al 2007, Brown et al 2009, Allaby 2010, Fuller et al. 2012) : In den letzten beiden Jahrzehnten hat durch die bei Genomanalysen erzielten Fortschritte die Bedeutung der Suche nach Hinweisen in heutigen Pflanzen und Tieren stark zugenommen, und sie hat die Domestikationsforschung revolutioniert. Dabei sind aber die Ergebnisse zum Teil sehr widersprüchlich. Die Widersprüche gehen darauf zurück, dass man bei der Erforschung der Verwandtschaftsbeziehungen zwischen heutigen Kulturformen und den Wildformen von gewissen Annahmen ausgeht:

Sicher richtig ist die **erste Annahme**, dass eine heutige Kulturpflanze und ein heutiges Haustier recht junge Nachkommen derjenigen Wildformen sind, von denen sie abstammen; sie enthalten demzufolge viele mit der Wildform gemeinsame genetische Merkmale. Deshalb erlaubt es ein Vergleich der Genotypen von modernen Kulturpflanzen/Haustier-Varietäten und Wildpopulationen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet festzustellen, welche Wildpopulation der Vorfahr der betreffenden Kulturpflanze oder des betreffenden Haustieres war.

Die **zweite Annahme** ist jedoch hypothetisch: Man geht bei diesen Analysen davon aus, dass das ursprüngliche Verbreitungsgebiet der Wildformen vor rund 10'000 Jahren mit jenem heute mindestens ungefähr übereinstimmt, und dass alle damals vorhandenen Populationen auch heute noch vorhanden sind. Dies ist jedoch extrem unwahrscheinlich. Die Wildpopulationen, aus denen Menschen am Ende der letzten Eiszeit ihre zu kultivierenden Pflanzen und die zu zähmenden Tiere „auswählten“, waren seither extremen Veränderungen unterworfen, etwa durch Degradation, Beweidung, Feuer usw. Deshalb findet man heute nicht von allen Kulturpflanzen die Wildform (z. Bsp. *Vicia faba*, Ackerbohne).

Falls Annahme 2 richtig wäre (eine Prämisse, von der die ersten genetischen Analysen ausgingen), so kann man „einfach“ jene Wildform suchen, welche der heutigen Kulturform genetisch am nächsten steht. Der Ort, an dem diese Wildform wächst, wäre dann der Ursprungsort der heutigen Kulturformen. Falls allerdings die heutige Verbreitung der Wildformen von jener vor 10'000 Jahren abweicht, dann lässt sich der Ursprungsort nicht mehr durch solche Untersuchungen feststellen. Dann muss man wieder auf die archäologischen (also die archäobiologischen) Fakten zurückgreifen. Solche Problematiken werden wir bei der Besprechung der einzelnen Taxa ebenfalls berücksichtigen.

Neuere Publikationen zur Pflanzen-Genetik (Allaby et al 2008; Allaby 2010) zeigen auch, dass die Eruiierung einer Ursprungspopulation eigentlich unmöglich ist, denn diverse Allele – welche z. Bsp. multiple Domestikationsevents anzeigen würden - können im Lauf der Kulturpflanzenentstehung verloren gegangen sein. Nur dasjenige, welches sich durchgesetzt hat, ist noch erhalten; dieses muss nicht notwendigerweise das älteste sein.

Auf diese Erkenntnisse ist man gekommen, seit es sich durch **neue archäologische Fakten** abzeichnet, dass die Domestikation eher nicht ein kurzfristiges Event war, sondern sich über Jahrtausende hinzog („protracted domestication“, siehe zusammenfassend zu Pflanzen Fuller et al. 2012; gegensätzlich: Abbo et al. 2014). Falls man tatsächlich von einer „protracted domestication“ ausgeht, also einem sich über einen längeren Zeitraum hinziehenden Prozess einer Selektion von Domestikationsallelen (-merkmalen), so könnte deren Fixierung (= die Domestikation *sensu stricto*) theoretisch Tausend(e) von Jahren später und Hunderte von km entfernt vom Ort passiert sein,

an welchem die ersten Wildpopulationen gesammelt und in Kultur gebracht wurden. Dabei erscheint es sehr wahrscheinlich, dass es immer wieder Genfluss und „resampling“ (also immer wieder Entnahme aus Wildpopulationen, Kreuzungen mit Wildformen) gab (Fuller et al 2012, 620).

Ausserdem kommen unterschiedliche Ergebnisse heraus, je nachdem, welche Methode man zur Auswertung der genetischen Daten anwendet (siehe dazu Fuller et al 2012, 620-621; Pflanzen).

Wie dem auch sei: Heute kommt man nicht mehr darum herum, die genetischen Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Wild- und Kulturformen bei der Domestikationsgeschichte zu berücksichtigen. Einige Jahre schien es, als ob deren Beiträge wirklich relevante Ergebnisse zu den Ursprüngen der Domestikation geliefert hätten – neuerdings kommen Zweifel auf – insbesondere auch durch neue archäologische Funde - und es gibt wieder viele neue offene Fragen. Wir werden darauf bei der Besprechung der einzelnen Taxa auf diese Problematiken zurückkommen.

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

Voraussetzungen für eine Domestikation, Domestikationszentren

Wichtigste Voraussetzung für Domestikation: Vorhandensein geeigneter Wildformen.

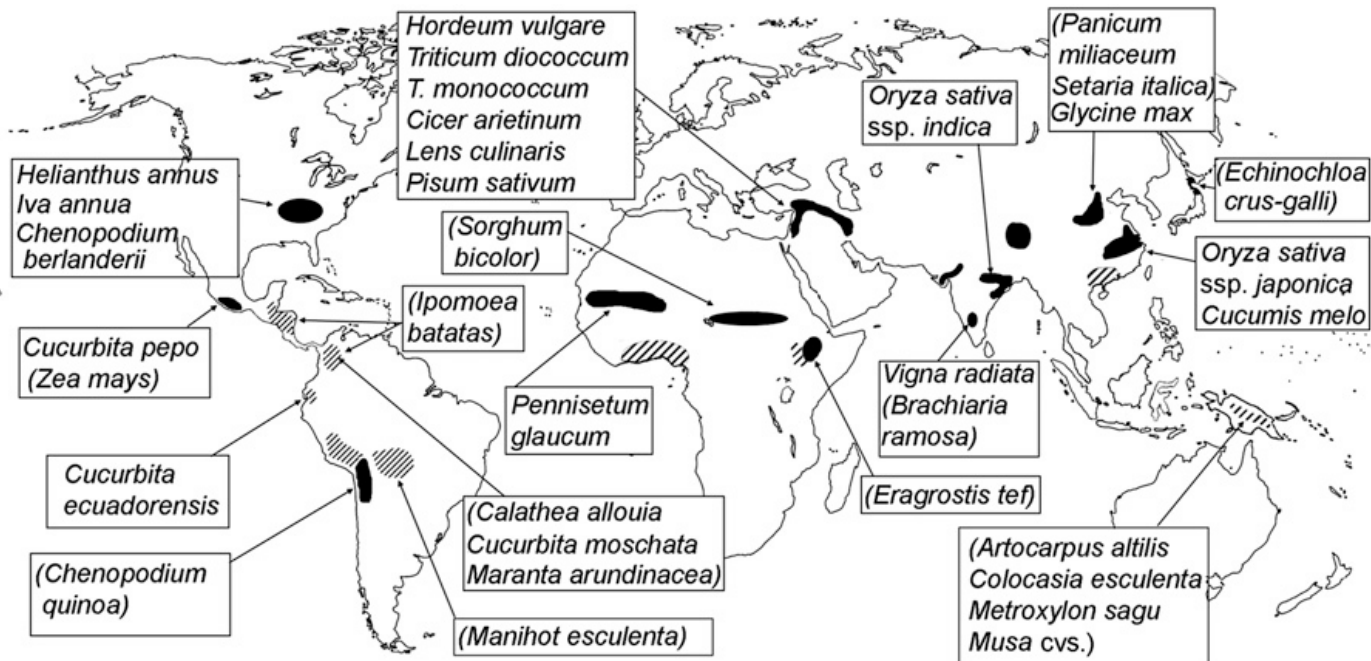
Auf der Erde gibt es verschiedene Gegenden, in denen eine mehr oder weniger grosse Zahl domestizierbarer Wildformen vorhanden war / ist. Der erste, der solche sog.

Domestikationszentren (engl.: 'centers of origin') für Pflanzen definierte, war der russische Botaniker N. I. Vavilov (1887-1943). Seine Kriterien für die Definition einer Gegend als Domestikationszentrum waren: Hohe Diversität an Arten, die mit einer Kulturpflanze nahe verwandt sind (sog. Gen-Zentren); Vorkommen von Wildformen und domestizierten Taxa in demselben Gebiet (Vavilov, 1926; später Harlan, 1971). Diese Kriterien sind aber nur zum Teil zutreffend (Harlan 1992). Neue archäobotanische Studien haben ergeben, dass es innerhalb eines grösseren Raumes auch unabhängige, kleine Domestikationszentren geben kann, so etwa in Indien (Fuller 2011). Heute versteht man deshalb unter 'center of domestication' grössere Gebiete, in welchen Domestikationsaktivitäten stattfanden. Diese schliessen die 8 ursprünglichen Zentren Vavilov's ein, dazu kommen 4 in jüngerer Zeit vorgeschlagene (Meyer et al. 2012).

Domestikationserscheinungen sind also im wesentlichen aus 12 Gebieten auf der Welt bekannt (die Autoren der Karte unterscheiden bis 20...).



Domestikation weltweit: Wo? Wann?



Übersicht: Domestikationszentren (2)

Wieso gibt es nur relativ wenige Orte, die als Domestikationszentren bezeichnet werden können? Bevorteilt waren Gebiete, in denen **domestizierbare Wildformen** in grösserer Zahl vorhanden waren (Diamond 2002 bezeichnet das als „biogeographical luck“). Von solchen Gebieten aus breiteten sich ab Beginn von Domestikationsbemühungen Personen und das Know-How über Landwirtschaft **sehr rasch aus**: Dies führte dazu, die Gebiete, wo **heute am meisten produziert** wird, nicht immer mit jenen Gebieten übereinstimmen, wo die Ursprünge der Landwirtschaft 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 auf der vorherigen Seite).

Sekundäre Domestikationszentren:

Kenntnisse über den Ackerbau und Viehzucht (oder zumindest gewisse Kulturpflanzen und Haustiere) waren in ein Gebiet gelangt, bevor einheimische Pflanzen/Tiere domestiziert wurden (grau auf der Karte auf der vorherigen Seite).

Table 1. Defining primary and secondary origins of cultivars and cultivation

Plant origins	Social Process
<i>Primary</i> – Cultivation started from wild progenitors local to region	<i>Pristine</i> – Cultivation initiated by hunter-gatherers only in contact with hunter-gatherers
	<i>Inspired</i> – Cultivation initiated by hunter-gatherers in contact with food producers (i.e. stimulus diffusion)
	<i>Additive</i> – Cultivation initiated farmers possessing other crops.
<i>Secondary</i> – Crops introduced; not evolved from local wild progenitors	<i>Migration</i> – Immigrant farmers carry crops and/or livestock (i.e. “demic diffusion”, moving frontier of agriculture)
Fuller 2011	<i>Adoption</i> – crops or livestock from a another obtained by trade with minimal immigration (i.e. cultural diffusion, static frontier of agriculture)

Im einzelnen 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, Ozeanien) zu schlecht, auch wenn er in den letzten Jahren deutlich besser geworden ist!

Primäre Domestikationszentren (nur wichtigste Taxa)

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 7000 v. Chr. (Zhao 2011). Vermutlich auch hier: *Cannabis sativa* (Hunt et al 2008: 6500-6000 v. Chr.). Soja (*Glycine max*): erst ab ca. 2500 v. Chr.

2.2. südliches China, Gebiet des Yangtze: Reis (Unterart japonica) ab ca. 8500 v. Chr. (gemäss Fuller et al. 2012, J. Exp. Bot., p. 624; Zhao 2011: etwas später); 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. *Euryale ferox* (Stachelseerose): ab 6000 v. Chr.

Tiere: Ebenfalls im Bereich SE-Asien wurden Hühner erstmals domestiziert, und auch von hier kennt man die Domestikation von Schweinen.

3. Amerika: hier gibt es verschiedene primäre Domestikationszentren (Übersicht siehe Price & Bar-Yosef 2011 und andere Artikel im Sonderband Current Anthropology zu „Origins of Agriculture“ (Bd. 52, Suppl. 4):

3.1. Mittelamerika: ab 8000 v. Chr. wurden Kürbis (amerikan. Kürbisse = Gattung *Cucurbita*) und ab 7000 v. Chr. Mais (*Zea mays*) in Kultur genommen. Hinweise auf Bohnen (*Phaseolus*= jene, die wir heute bei uns vor allem essen) gibt es ab 2000 v. Chr. **Tiere:** Truthahn: vor 500 AD (Kantner 2004)

3.2. Südamerika: ab 7000 – 5000 v. Chr., u.a. *Solanum tuberosum* (Kartoffel), *Manihot exculenta* (Maniok), Pfeilwurz (*Maranta arundinacea*). Etwas später, ab 4000-3000 v. Chr.: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), *Amarantus cadautus*, Chili (*Capsicum*), Yams (*Dioscorea trifida*), Baumwolle (*Gossypium*), Süßkartoffel (*Ipomoea batatas*). Cacao (*Theobroma cacao*) ab ca. 2000 v. Chr. Unklar ist der Zeitpunkt für die Inkultur von Tomaten (*Solanum lycopersicum*) oder Erdnuss (*Arachis hypogaea*). Neu zu Amazonian Crops: Clement et al. 2010; Piperno 2011; Solorzano et al. 2012. **Tiere:** Alpaca, Lama: ab ca. 3500 v. Chr.

3.3. östliche USA: dort wurde die Sonnenblume (*Helianthus*) ab rund 3000-2600 BC cal. (Hayes, Tennessee) in Kultur genommen, dazu ab 2400 v. Chr. weitere Arten wie *Chenopodium berlandieri* und *Iva annua* (siehe Smith & Yarnell 2009).

4. Afrika: ist – zumindest für Pflanzen - das **jüngste** Domestikationszentrum, wobei der Forschungsstand nach wie vor sehr lückenhaft ist. Mittlerweile ist aber klar, dass es in Afrika primäre Domestikationszentren gibt (siehe Marshall & Hildebrand 2002; Fuller & Hildebrand 2013). Vor allem jene südlich der Sahara müssen als primär betrachtet werden. Auf alle Fälle sind Kulturpflanzen afrikanischen Ursprunges zahlreich, hier kann nur eine kleine Auswahl der wichtigsten erwähnt werden:

Hirsen (4: *Pennisetum glaucum* 2500 v. Chr.), 4a: *Digitaria* 1700 v. Chr., 5: *Sorghum*: wild schon 8000 v. Chr., sicher domestiziert erst 500 v. Chr.), Baumwolle (*Gossypium herbaceum*): seit ca. 2000 Jahren; 6: *Eragrostis* (Tef) und *Eleusine*, um 500 v. Chr. // afrikan. Reis *Oryza glaberrima* (4) um 500 v. Chr. // Wassermelone (*Citrullus lanatus*): Funde seit 4000 v. Chr., ev. aber wild; Hülsenfrüchte: *Vigna* (4, um 500 vor Chr.); Ölpalme (*Elais guineensis*): ab ca. 1700 v. Chr. // Yams (*Dioscorea rotundata*)(4b, 6), Kaffee (*Coffea*): Datierung?

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

Sekundäre (?) Domestikationszentren

1. Ozeanien, insbes. das Hochland von Neuguinea ist ein wichtiges frühes Domestikationszentrum (ob sekundär?): ab etwa 5000 v. Chr. in Kultur genommen wurden: Sagopalme, Zuckerrohr (*Saccharum officinarum*); Yams (*Dioscorea alata*: andere Art wie in Südamerika), Bananen (*Musa acuminata*); Taro. (*Colocasia esculenta*) (siehe Denham 2011)

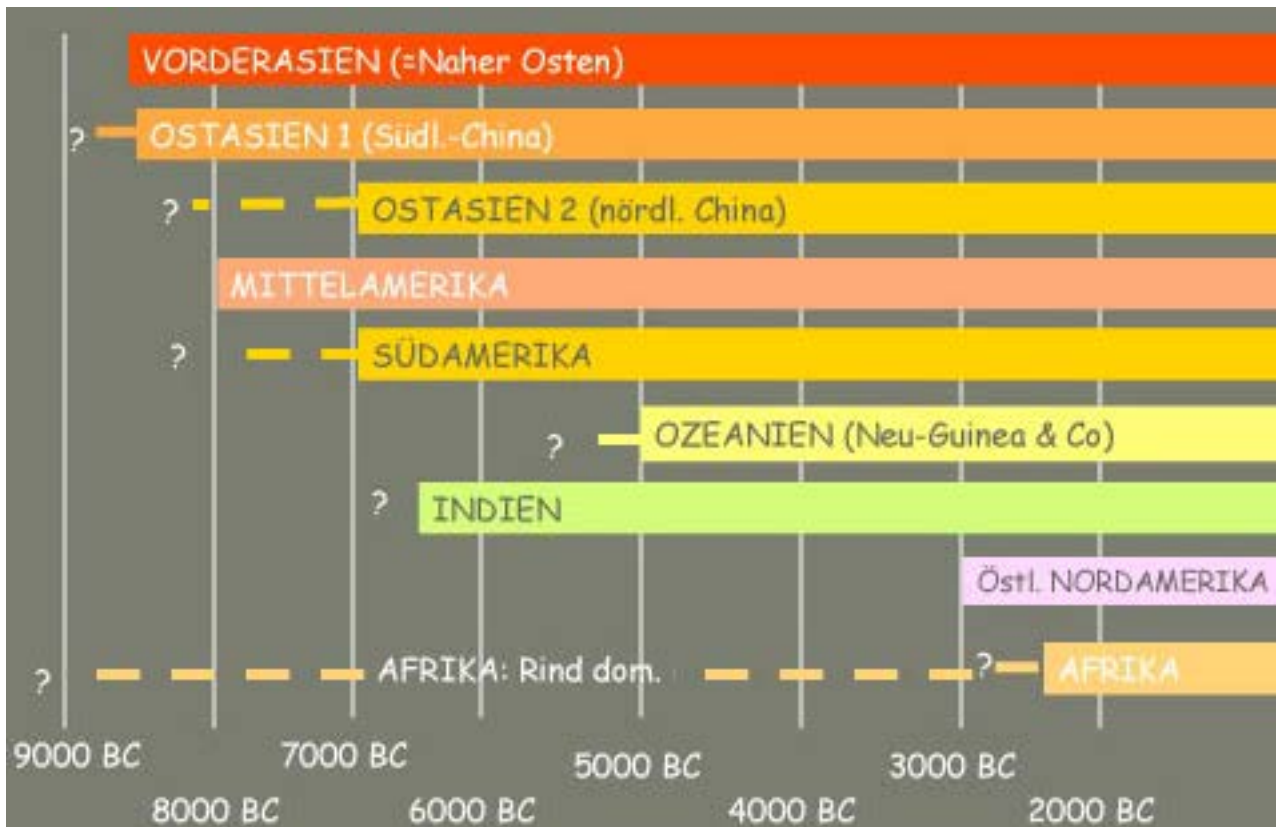
Tiere: Auch hier wurden Schweine domestiziert.

2. Indischer Subkontinent: kann neu ev. auch als primäres Domestikationszentrum für einige Arten angesehen werden (siehe Fuller 2011), 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: Buckelrinder ab 6500 v. Chr. (Vigne 2011)



Auftreten der frühesten gesicherten Hinweise auf domestizierte Pflanzen und Tiere. Zusammenstellung S. Jacomet, nach der auf den vorherigen Seiten zitierten Literatur

Einmalige versus mehrfache Domestikation??

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

- Vor allem genetische Ergebnisse der 90er Jahre deuteten auf einmalige (monophyletisch/-zentrisch...), rasch ablaufende Domestikationsereignisse, und daraus folgende rasche Ausbreitung hin (single origin, monophyletisch).
- Seit ca. 10 Jahren wird dies in Frage gestellt durch neue archäologische und genetische Daten.
- Neue archäologische Nachweise deuten eher in Richtung polyphyletische/-zentrische Entstehung von vielen domestizierten Arten, d.h. unabhängige Domestikation der gleichen Art an verschiedenen Orten und unter Umständen zu verschiedenen Zeiten.
- Meyer et al. 2012 haben berechnet, dass nur ca. 1/5 der von ihnen berücksichtigten 203 Taxa multiple Herkunft hat.
- Multiple Herkunft wird vor allem von einigen Genetikern in Frage gestellt, von anderen aber als durchaus möglich angesehen!
- Forschung im Fluss!

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

Auswirkungen der Domestikation

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).

Zitierte Literatur:

- Abbo, S., Gopher, A. (2017)** Near Eastern Plant Domestication: A History of Thought. *Trends in Plant Science* 22, 491-511.
- Abbo, S., Pinhasi van-Oss, R., Gopher, A., Saranga, Y., Ofner, I. und Peleg, Z. (2014)** Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. *Trends in Plant Science* in press.
- Allaby, R. (2010)** Integrating the processes in the evolutionary system of domestication. *Journal of experimental botany* 61/4, 935-944.
- 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., 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.
- Aurenche, O. und Kozłowski, S. K. (1999)** La naissance du Néolithique au Proche Orient ou le paradis perdu. Paris.
- Balter, M. (2007)** Seeking Agriculture's Ancient Roots. *Science* 316, 1830-1835.
- Benz, M. (2012)** „Little Poor Babies“ – Creation of History Through Death at the Transition from Foraging to Farming. In: Kienlin, T.L. & Zimmermann, A. (Hrsg.) *Beyond Elites. Alternatives to Hierarchical Systems in Modelling Social Formations*, Teil 1. Bonn 2012, 169-182.
- 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. (Ed.) (2010)** The principle of sharing. Segregation and Construction of Social Identities at the Transition from Foraging to Farming. *SENEPSE* 14 (2010). Ex oriente, Berlin.
- Bocquet-Appel, J.-P. und Bar-Yosef, O. (2009)** The neolithic demographic transition and its consequences. Heidelberg.
- Brown, T. A., Jones, M. K., Powell, W. und Allaby, R. G. (2009)** The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. *TREE Trends in Ecology and Evolution* 24/2, 103-109.
- Cauvin, J. (1994)** Naissance des divinités, naissance de l'agriculture. *La révolution des symboles au Néolithique*. Paris.
- Clement, C.R., de Cristo-Araujo, M., d'Eeckenbrugge, G.C., Alves Pereira, A. und Picanco-Rodrigues, D. (2010)** Origin and domestication of native Amazonian crops. *Diversity* 2: 72–106.
- Denham, T. (2011)** Early Agriculture and Plant Domestication in New Guinea and Island Southeast Asia. *Current Anthropology* 52, S4, 379-395.
- Diamond, J. (2002)** Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418/8 August, 700-707.
- Doebly, J. F., Gaut, B. S. und Smith, B. D. (2006)** The Molecular genetics of Crop Domestication. *Cell* 127/December, 1309-1321
- 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. (2009)** Silence before sedentism and the advent of cash-crops: a revised summary of early agriculture in South Asia from plant domestication to the development of political economies (with an excursus on the problem of semantic shift among millets and rice). In: Osada T, ed. *Linguistics, archaeology and human past in South Asia*. New Delhi, India: Manohar, 147–187.
- Fuller, D. Q. (2011)** Finding Plant Domestication in the Indian Subcontinent. *Current Anthropology* 52/S4, S347-S362.
- Fuller, D. Q., Asouti, E. und Purugganan, M. D. (2012)** Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 131-145.
- Fuller, D.Q., Denham, T., Arroyo-Kalin, M., Lucas, L., Stevens, C.J., Qin, L., Allaby, R.G., Purugganan, M.D. (2014)** Convergent evolution and parallelism in plant domestication revealed by an expanding archaeological record. *PNAS*
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012)** Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. *Journal of experimental botany* 63/2, 617-633.
- Fuller, D. Q. und Hildebrand, E. (2013)** Domesticating Plants in Africa. *Oxford Handbook of African Archaeology*, Oxford.
- 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.

- Harlan, J.R. (1971) Agricultural origins: centers and noncenters. *Science* 174: 468–474.
- Harlan, J.R. (1992) *Crops and man*. Madison, WI, USA: Crop Science Society of America.
- Hillman G, Davies MS (1990) Domestication rates in wild wheats and barley under primitive cultivation. *Biology Journal of the Linnaean Society London* 39(1),39–78.
- Hoika, J. (1993) Grenzfragen oder: James Watt und die Neolithisierung. *Archäologische Informationen* 16/1, 6-19.
- Hunt, H. V., Van der Linden, M., Liu, X., Motuzaitė-Mateviciute, G., Colledge, S. und Jones, M. K. (2008) Millets across Eurasia: Chronology and context of early record of the genera *Panicum* and *Setaria* from archaeological sites in the Old World. *Vegetation History and Archaeobotany* 17/Suppl. 1, 5-18.
- Jacomet, S. und Schibler, J. (2010) Subsistenzwirtschaft aus archäo(bio)logischer In: Matuschik I, Strahm C, Eberschweiler B et al. (eds) *Vernetzungen. Aspekte siedlungsarchäologischer Forschungen. Festschrift für Helmut Schlichtherle zum 60. Geburtstag Lavori, Freiburg im Breisgau*, pp 113-125.
- Kantner, J. (2004) *Ancient Puobloan Southwest*. Cambridge.
- Khoshbakht, K. und Hammer, K. (2008) How many plant species are cultivated? *Genetic Resources and Crop Evolution* 55/7, 925-928.
- Kozłowski, S. und Aurenche, O. (2005) Territories, boundaries and cultures in the Neolithic Near east. *BAR International Series* 1362, 275 S., Archaeopress, Oxford.
- 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.
- 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.
- 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.
- Marshall, F. und Hildebrand, E. (2002) Cattle Before Crops: The Beginnings of Food Production in Africa. *Journal of World Prehistory* 16/2, 99-143.
- Meyer, R. S., DuVal, A. E. und Jensen, H. R. (2012) Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist* 196/1, 29-48.
- Palmer, S. A., Smith, O. und Allaby, R. G. (2012) The blossoming of plant archaeogenetics. *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger: official organ of the Anatomische Gesellschaft* 194/1, 146-56.
- Piperno, D. (2011) The origins of Plant Cultivation and Domestication in the New World Tropics: Patterns, Process, and New Developments. *Current Anthropology* 52, S. 4, 453-470.
- Price, D.T. und Bar-Yosef, O. (2011) The Origins of Agriculture: New Data, New Ideas: An Introduction to Supplement 4. *Current Anthropology* 52/S4, S163-S174
- Purugganan, M. D. und Fuller, D. Q. (2009) The nature of selection during plant domestication. *Nature* 457/12. Feb. 2009, 843-848.
- Shennan, S. (2002) *Genes, Memes and Human History. Darwinian Archaeology and Cultural Evolution*. London.
- Smith, B.D. und Yarnell, R.A. (2009) Initial formation of an indigenous crop complex in eastern North America at 3800 B.P. *PNAS* 106 (16), 6561-6566.
- Solorzano, R.G.L., Fouet, O., Lemainque, A., Pavék, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A.M. und Lanaud, C. (2012) Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLOS one*, November 2012 | Volume 7 | Issue 11 | e48438.
- Vavilov, N.I. (1926) *Studies on the origin of cultivated plants*. Leningrad, USSR: Institut Botanique Appliqué et d'Amélioration des Plantes.
- Van der Veen, M. (2014) The materiality of plants. *World Archaeology* 46:5, 799-812
- Vigne, J.-D. (2011) The origins of animal domestication and husbandry: A major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes Rendus Biologies* 334, 171-181.
- Weninger, B. (2017). *Niche Construction and Theory of Agricultural Origins. Case studies in punctuated equilibrium. Documenta Praehistorica XLIV, 6-17.*
- 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.

Literatur (Forts.)

- 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.
- Zeder, M. (2008)** Domestication and early agriculture in the Mediterranean basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS* 105/33, 11597-11604.
- Zeder, M.A. (2009)** Evolutionary Biology and the Emergence of Agriculture: The Value of Co-opted Models of Evolution in the Study of Culture Chang. In: A.M. Prentiss et al. (eds.), *Evolutionary Biology and the Emergence of Agriculture: The Value of Co-opted Models of Evolution in the Study of Culture Change*. DOI 10.1007/978-1-4419-0682-3_7, C Springer Science+Business Media, LLC 2009
- Zeder, M. (2015)** Core questions in domestication reserach. *PNAS* 112/11, 3191-3198
- Zhao, Zhijun (2011)** New Archaeobotanic Data for the Study of the Origins of Agriculture in China. *Current Anthropology* 52, S4, S295-306).
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012)** *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin*. 4th Edition. Oxford.

Teil 3: Domestikation: Biologische Grundlagen - Domestikationssyndrom

Inhalt:

- Wichtige Grundbegriffe aus der Biologie
- Der Artbegriff (inkl. Forschungsgeschichte)
- Gliederung einer Art (Pflanzen)
- Wild- und Kulturpflanzen: Unterschiede, das „Domestikationssyndrom“
- Wild- und Haustiere: Unterschiede, domestikationsbedingte Veränderungen bei Haustieren

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)

(Bsp. für Pflanzen: Wickens 2001, 29 ff.)

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, heute auch molekulare Merkmale (weiterführend zu Pflanzensystematik beispielsweise Hess 2005, 12 ff.; Simpson 2010). **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 können alle anderen Rangstufen abgeleitet werden.

Der Artbegriff (resp.: das Artkonzept; nach Herre/Röhrs 1990; Benecke 1994; Strassburger 2008; Mayr 1984; Schubert/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. 50). 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. 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 unterscheiden 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: "Pfaflbauhunde" = *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 Pfaflbauten). Morphologische Unterschiede an den Pflanzen wurden von Heer z.B. als Ausdruck verschiedener Unterarten, Varietäten oder Formen einer heute existierenden Kulturpflanzenart gewertet.

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

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

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

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

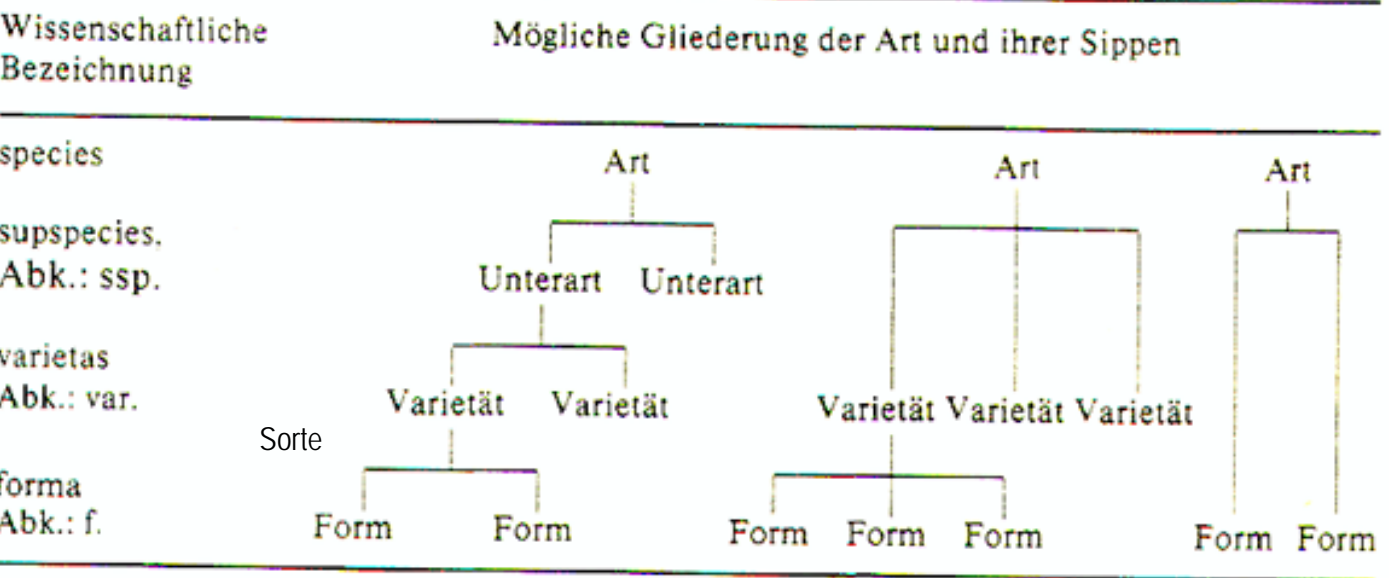
Beim biologischen (wie auch beim evolutionären) Artbegriff spielen letztlich **Kreuzungsbarrieren** eine ausschlaggebende Rolle; die Arten sind sexuell abgegrenzt: sie sind **reproduktiv isoliert**. Diese Definition impliziert, dass Arten deswegen erkennbar sind, weil sie **nicht** mit anderen Arten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

→ Tendenziell ist aber eine Art eine "**Gendurchmischungseinheit**" bei der alle Individuen ihre Erbinheiten 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: Grundsätzliches, Pflanzen

Gliederung der Art

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



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

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

Gliederung einer Art: Grundsätzliches, Pflanzen (Forts.)

Kulturpflanzen lassen sich nur **innerhalb** ihrer „Art“ sowie mit ihrer **Stammform**= Wildform erfolgreich fortpflanzen. Sie bilden also **keine eigene botanische Art**, sondern sie bilden zusammen mit ihrer wilden Stammform gemeinsam eine Art und sollten deshalb auch eine gemeinsame Artbezeichnung tragen (zur Nomenklatur der Kulturpflanzen siehe z.B. für Weizen MacKey 1966; generell: Jeffrey 1968; Harlan & de Wet 1971; Wickens 2001). Kultur- und wilde Formen sollten als **Unterarten** derselben Art - idealerweise der Stamm- oder Wildform - bezeichnet werden (Form ist hier nicht im Sinne einer systematischen Kategorie gemeint, diese siehe unten).

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

Die Wildform ist ssp. *dicocoides* Aschers., Kulturformen sind z. Bsp. ssp. *dicoccum* (Schrank) Thell. (Emmer), oder ssp. *durum* Desf. (Hartweizen); alle bekannten tetraploiden Formen sind Unterarten, da sie kreuzbar sind.

Aber **ACHTUNG:** Die Bezeichnung der Arten bei Kulturpflanzen ist **NICHT** immer der Name der Wildform. Grund dafür ist meist, dass die Kulturform VOR der Wildform benannt wurde. Oder aber, dass diese nicht sicher identifiziert ist (siehe auch S. 50, wissenschaftl. Benennung, und dortige Literaturhinweise).

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 Sorte ist entweder eine Linie, die auf einen Standardtyp hin streng ausgelesen ist, oder um einen in Kultur entstandenen Klon. Er ist morphologisch, physiologisch, cytologisch usw. von anderen Sorten unterscheidbar und behält seine charakteristischen Merkmale auch nach der Reproduktion. Sorten werden nach internationalen Regeln (*International Code of Nomenclature for Cultivated Plants ICNCP*) bezeichnet, mit einem Namen aus einer lebenden Sprache bezeichnet. Bsp. *Vicia faba* L. «Lötschentaler Bohne». Sorten sind **meist** die niedrigste gebräuchliche taxonomische Einheit bei Kulturpflanzen (siehe zusammenfassend zu diesem Thema in G.E. Wickens 2001, S. 41 ff.).

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.

Wild- und Kulturpflanzen: Unterschiede, das „Domestikationssyndrom“

Wildpflanzen zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich **selbsttätig** verbreiten, beispielsweise durch das **Ausstreuen** ihrer Samen oder bei Wildgetreide durch das **spontane Zerfallen** der Ähre in Ährchen (siehe genaueres dann bei den einzelnen Taxa). Im allgemeinen zeichnen sie sich physiologisch durch eine ausgeprägte **Keimruhe** aus (zwischen Verstreuen der Samen und ihrer Keimung vergeht eine längere Zeit, Keimung wird durch äussere Faktoren wie z. Bsp. eine Kälteperiode ausgelöst). Dadurch haben sie beispielsweise auch dickere Samenschalen, massive Grannen (bei Getreide), also Einrichtungen, die verhindern sollen, dass Samen oder Ährchen gefressen oder sonstwie beschädigt werden.

Durch die Domestikation treten Veränderungen dieser typischen Wildpflanzenmerkmale ein, man spricht vom **„Domestikationssyndrom“** (definiert beispielsweise durch Harlan 1992; Harlan & de Wet 1971; Hammer 1984). Dieses umfasst eine Reihe von **Domestikationsmerkmalen** (engl.: domestication trait): Bei diesen handelt es sich um solche Eigenschaften, die vom Menschen **erwünscht** sind, auf die hin selektiert (gezüchtet) wird, sei es, um die Ernte oder Arbeit der Reinigung zu erleichtern, Ernteverluste zu verhindern oder einen höheren Ertrag oder einen besseren Geschmack zu erzielen. So ist ein grundlegender **Unterschied zwischen Wild- und Kulturpflanzen**, dass Kulturpflanzen ihre **Samen/Früchte nicht mehr selbsttätig ausstreuen** / verlieren, damit diese gut abgeerntet werden können: Ihr **Überleben ist vom Menschen abhängig**. Einige Domestikationsmerkmale haben sich rasch entwickelt, bei anderen brauchte es *in extremis* Tausende von Generationen, bis ein Merkmal (eine erwünschte Eigenschaft) im Genom fixiert war (zusammenfassend siehe z. Bsp. Meyer 2012).

Man kann verschiedenartige Domestikationsmerkmale unterscheiden (siehe Abbo et al. 2014), welche morphologische (M), physiologische (P) und biochemische (B) Eigenschaften der Pflanzen betreffen:

“Crucial domestication trait“ (grundlegendes Domestikationsmerkmal): Merkmal, ohne das eine Art nicht domestizierbar wäre. Ein solches Merkmal ist von grundlegender Bedeutung, um bei Kultivierung befriedigende Erträge zu erzielen. Dazu zählen:

- Verlust der Keimruhe (also gleichzeitig keimend, blühend, fruchtend) (P)
 - Morphologische Veränderungen auf der Makro- und Mikroebene wie (M)
 - Geschlossen bleibende Früchte
 - Ganz bleibende Ähren
(generell: Reduktion der Möglichkeiten, die Samen selbsttätig zu verbreiten)
 - Biochemische Merkmale (z. Bsp. Eliminierung der Bitterkeit) (B)
- (bei M ist **kein** phänotypisches Kontinuum zwischen Wild- und Kulturform zu erkennen)

“Improvement (crop evolution, diversification) trait“: Merkmale, die ein Management einer Art nicht verunmöglichen, auch wenn sie fehlen. Solche Merkmale müssen sich nicht am Beginn der Domestikation entwickelt haben, sie können auch später entstanden sein. Sie sind das Ergebnis co-evolutionärer Prozesse im Lauf und nach der Domestikation. Auf diese Merkmale hin wurde seit Anbeginn des Anbaus hin unbewusst oder bewusst selektiert (sog. “crop improvement” = Verbesserungen). Als Beispiele sind zu nennen:

- Wuchsform (M) (z. Bsp. durch zunehmende apikale Dominanz: Hauptspross sehr robust im Verhältnis zu Seitenachsen)
- Samengröße (Erhöhung der Erträge durch grössere Samen / Früchte) und Samenform (M)
- Dünnere Samenschalen, glatte Oberflächen (meist) (M)
- Anzahl der Samen / Früchte (M) (mehr)
- Entwicklung von leichter Dreschbarkeit (Nacktkörnigkeit) (M)
- Verlust von Hilfsmitteln, die in der Natur dazu dienen, die Samen zu verbreiten (wie Grannen, Widerhaken etc.)(M)
- Resistenz gegen Schädlinge und Krankheiten (B)
- Inhaltsstoffe (engl. quality traits: Geschmacksverbesserung, höherer Protein- und Ölgehalt usw.) (B)
- Anpassung an andere Umweltbedingungen (z. Bsp. Bei der Ausbreitung des Ackerbaus) (an Tageslänge, tiefere Temperaturen usw.) (P)

(bei M ist oft ein **Kontinuum** zwischen Wild- und Kulturform zu erkennen, z. B. bei der Körnergröße)

So einleuchtend diese Unterteilung ist, so schwierig ist die Entwicklung dieser Merkmale real auseinanderzuhalten. Ihre Entwicklung ist sicher parallel zueinander verlaufen. Insbesondere in frühen Phasen des Domestikationsprozesses dürfte vor allem **unbewusste Selektion** die Hauptrolle gespielt haben, also die Handlung, Pflanzen von ihrem Wildhabitat in menschengemachte Habitate (also ein durch Bodenbearbeitung vorbereitetes Feld) zu versetzen. Dies verändert den Selektionsdruck, so dass Pflanzen, deren Fitness in Wildpopulationen niedrig ist, sich in den neuen Habitaten durchsetzen konnten, da ihre Fitness künstlich erhöht wurde. Durch weitere anthropogene Massnahmen wie das Abernten wird weiterer Selektionsdruck kreiert. Erst an diesem Punkt kann bewusst selektiert werden, aber nur dann, wenn die menschengemachten Habitate von den Wildhabitaten „sauber“ getrennt waren und es zu keinen Rückkreuzungen kommen konnte (Wildpflanzenmerkmale werden dominant vererbt!). Letzteres ist im Protoneolithikum schwer vorstellbar. Eine weitere Selektion geht besonders dann gut, wenn potentielle Kulturpflanzen ausserhalb ihres natürlichen Habitats kultiviert werden: Erst dort können sich abweichende – vor allem auch rezessive – Merkmale relativ rasch durchsetzen.

Zusammenstellung der wichtigsten morphologischen und physiologischen Domestikations-Merkmale von Pflanzen, die im Nahen Osten in Kultur genommen wurden (aus Abbo et al. 2014):

Table 1. Examples of major morphological and physiological traits of Near Eastern crops

Trait	Archaeobotanical visibility ^a		Polymorphism pattern		Documented wild-domesticated overlap	Potential domestication marker	
	Legumes	Cereals	Legumes	Cereals		Living plant	Archaeobotanical remains
Propagule retention	Invisible	Visible	Monomorphic	Monomorphic	Certain degree of shattering in lentil and chickpea	Good	Only cereals
Germination	Invisible	Invisible	Monomorphic	Monomorphic	No overlap	Good, mostly legumes	None
Seed shape	Visible	Visible	Polymorphic	Polymorphic	Emmer wheat, barley, lentil, pea, chickpea	Good	Poor, except <i>Cicer</i>
Seed size	Visible	Visible	Polymorphic	Polymorphic	Emmer wheat, barley, pea, lentil, chickpea	Poor	Poor
Growth habit: determinate or indeterminate, prostrate or erect	Invisible	Invisible	Polymorphic	Polymorphic	Emmer wheat, barley	Good	None
Phenology: day-length or vernalization response	Invisible	Invisible	Polymorphic	Polymorphic	Emmer wheat, barley, pea	Poor, except <i>Cicer</i>	None

^aDetectability (visibility) in the archaeobotanical record and potential for classification of living plants and archaeobotanical remains based on the wild-domesticated phenotypic overlap

Wichtig für uns ist vor allem der Punkt: **Sichtbarkeit im archäobotanischen Material:** Nur wenige der Genannten Merkmale – und ausschliesslich morphologische – sind sichtbar (siehe dann Besprechung der einzelnen Taxa). Problematisch ist eine Abgrenzung von Wild- und Kulturformen vor allem bei solchen Merkmalen, die ein phänotypisches Kontinuum erkennen lassen (z. Bsp. Samengrösse). Vieles hängt ausserdem von der Erhaltung (Taphonomie) ab.

Zur genetischen Variabilität der Domestikations-Merkmale (“polymorphism pattern”):

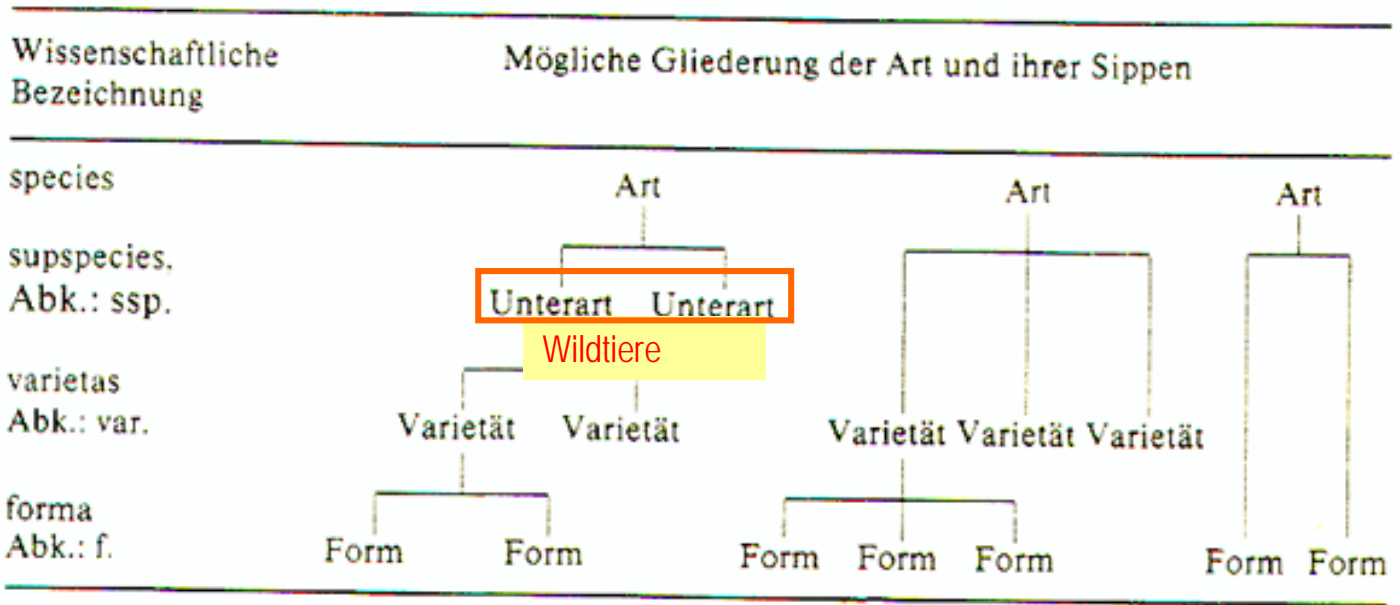
Die „grundlegenden“ Domestikationsmerkmale sind mono- oder digenisch, d.h. durch 1 oder 2 Gene gesteuert. Der domestizierte Phänotyp wird durch rezessive Allele dieser Gene bestimmt.

Verschiedene genetische Untersuchungen zeigen (siehe die in Abbo 2014 zitierte Literatur):

- Merkmale, die in Wildpopulationen polymorph sind (also eine hohe Alleldiversität aufweisen), aber monomorph in der domestizierten Population (also dort eine niedrigere Alleldiversität aufweisen), wurden höchstwahrscheinlich früh im Lauf des Domestikationsprozesses selektiert. Sie zeigen oft Anzeichen von einer genetischen Verarmung („bottleneck“).
- Merkmale, die im wilden Genpool monomorph sind, aber polymorph im domestizierten Genpool, entwickelten sich wahrscheinlich später im Laufe der Pflanzenzüchtung (etwa die Entwicklung grösserer Samen, Geschmack etc.).
- Merkmale, die äquivalenten Polymorphismus-Muster zeigen, haben wahrscheinlich keine grosse Rolle im Lauf des Domestikationsprozesses gespielt.

Gliederung einer Art: Tiere

Gliederung der Art

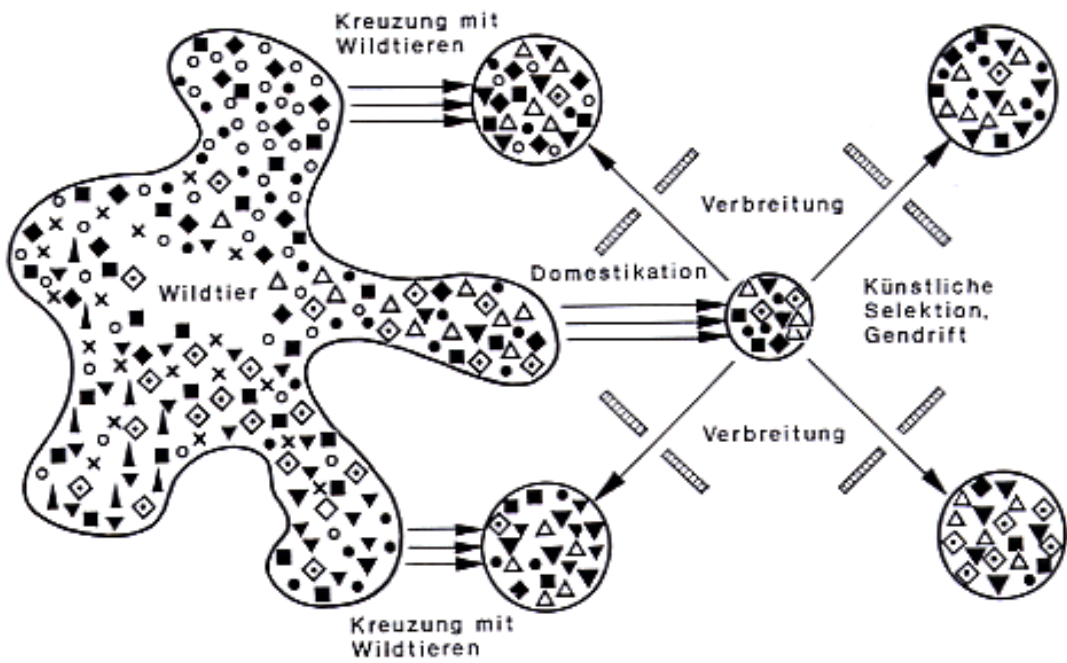


Unterart (subspecies, Abk. ssp. oder subsp.): NUR für Wildtiere verwendet!!

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

Gliederung einer Art: Tiere: (Forts.)

Genetische Mechanismen der Domestikation, Bsp. Tiere:

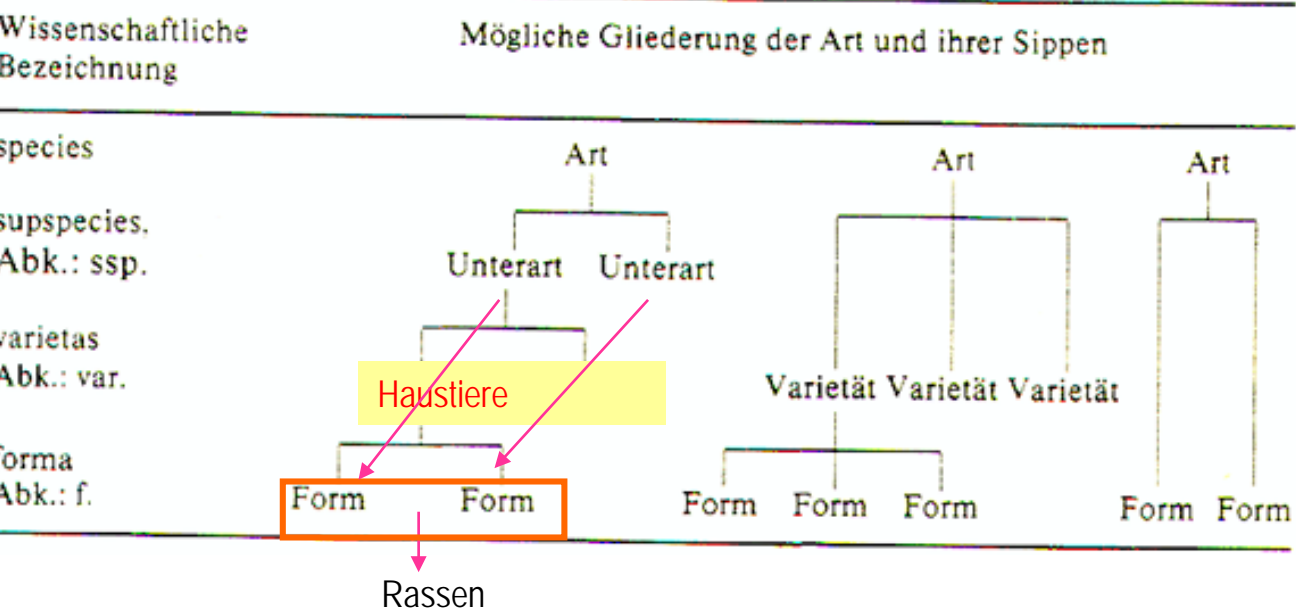


5 Mechanismen der Domestikation und ihre genetischen Wirkungen, insbesondere auf Veränderungen in der Häufigkeit von Genen (dargestellt durch unterschiedliche Symbole) (nach H. Hemmer 1979, Abb. 1).

Benecke 1994

Gliederung der Art

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



Gliederung einer Art: Tiere: (Forts.)

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

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

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

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

Landrassen haben sich hauptsächlich durch die Auswirkung von Umwelteinflüssen herausgebildet. **Kulturrassen** oder **Hochzuchtrassen** sind hingegen das Ergebnis von starker Selektion durch den Menschen.

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

Wissenschaftliche Benennung von Lebewesen: Probleme....

(Grundsätzliches zur wissenschaftlichen Benennung der Kulturpflanzen siehe in Wickens 2001, S. 39 ff.; siehe auch International Code of Nomenclature for Cultivated Plants ICNCP)

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 beschrieben und bezeichnet wurde (vgl. Hausrind: *Bos taurus* L., oder Dinkel, *Triticum spelta* L.).
- da andere als zuerst veröffentlichte Namen als zu benutzende Namen festgelegt („konserviert“) wurden.

Wegen späterer Veröffentlichung nicht benutzbare Namen sind sog. **Synonyme** des gültigen Namens.

Beispiele

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

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

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

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

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

(Haus)tiere: Definitionen, Grundsätzliches

Definition nach Herre/Röhrs 1990

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

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

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.

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.

Zitierte und weitere wichtige grundlegende Literatur:

- Abbo, S., Pinhasi van-Oss, R., Gopher, A., Saranga, Y., Ofner, I. und Peleg, Z. (2014)** Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. Trends in Plant Science in press.
- Acquaah, G. (2007)** Principles of plant genetics and breeding. Oxford.
- Benecke, Norbert (1994)** Der Mensch und seine Haustiere. Die Geschichte einer Jahrtausende alten Beziehung. Stuttgart: Theiss Verlag.
- Bohlken, H. (1961):** Haustiere und zoologische Systematik. Zeitschr. für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie 76, 1961, 107-113.
- Brickell, C. D. (Ed.) (2004)** International Code of Nomenclature for Cultivated Plants (I.C.N.C.P. or cultivated plant code) / incorporating the rules and recommendations for naming plants in cultivation. Acta Horticulturae. Leuven.
- Darwin, Charles (1868)** The variation of animals and plants under domestication. 2 volumes. London.
- Doebley, J. F., Gaut, B. S. und Smith, B. D. (2006)** The Molecular genetics of Crop Domestication. Cell 127/December, 1309-1321.
- Elbaum, R., Zaltzman, L., Burgert, I. und Fratzl, P. (2007)** The role of wheat awns in the seed dispersal unit. Science 316/5826, 884-886.
- Franke, W. und Lieberei, R. (2007)** Nutzpflanzenkunde. Stuttgart.
- 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., Asouti, E. und Purugganan, M. D. (2012)** Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. Vegetation History and Archaeobotany 21, 131-145.
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012)** Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. Journal of experimental botany 63/2, 617-633.
- Goodman, R. M. (2004)** Encyclopedia of plant and crop science. New York.
- Hammer K. (1984)** Das Domestikationssyndrom. Kulturpflanze 32: 11–34.
- Harlan, J. R. (1992)** Crops and man. American Society of Agronomy, Madison WI.
- Harlan, J.R. und de Wet, J.M.J. (1971)** Toward a rational classification of Cultivated Plants. Taxon 20/4, 509-517.
- 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.
- Henry, R. (2010)** Plant resources for food, fuel and conservation. London.
- Herre, W. (1961)** Der Art- und Rassebegriff. In: Hammond/Johansson/Haring (Hrsg.), Handbuch der Tierzüchtung 3/1, Hamburg-Berlin, 1961, 1-24.
- Herre, W. und Röhrs M. (1990)** Haustiere - zoologisch gesehen. Stuttgart/New York 1990.
- Hess, D. (2005)** Systematische Botanik. Stuttgart.
- Jeffrey, C. (1968)** Systematic Categories für Cultivated Plants. Taxon 17/2, 109-114.
- Laws, B. (2012)** Zwiebel, Safran, Fingerhut : 50 Pflanzen, die unsere Welt verändert haben. Hildesheim.
- McDade, L. A. (1995)** Species concepts and problems in practice: Insight from botanical monographs. Systematic Botany 20, 606-622.
- 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.
- Mansfeld, R. und Schultze-Motel, J. (1986)** Verzeichnis landwirtschaftlicher und gärtnerischer Kulturpflanzen (ohne Zierpflanzen). Berlin [etc.].
- 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.

- Meyer, R. S., DuVal, A. E. und Jensen, H. R. (2012)** Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist* 196/1, 29-48.
- Motley, T. J., Zerega, N. und Cross, H. (2006)** Darwin's harvest. *New Approaches to the Origins, Evolution, and Conservation of Crops*. New York.
- Murphy, D. J. (2007)** *People, plants and genes : the story of crops and humanity*. Oxford.
- Nobis, Günter u.a. (1984)** Der Beginn der Haustierhaltung in der "Alten Welt". In: H. Schwabedissen (Hrsg.): *Die Anfänge des Neolithikums vom Orient bis Nordeuropa*. *Fundamenta, Monographien zur Urgeschichte, Reihe B, Bd. 3/IX*, Köln/Wien 1984.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1993)** *Traditional crop breeding practices : an historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology*. Paris.
- Prance, G. T. und Nesbitt, M. (2005)** *The cultural history of plants*. New York.
- Rauh, W. (1994)** *Morphologie der Nutzpflanzen*. *Klassiker der Botanik*. Heidelberg [etc.].
- 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
- Schubert, R. und Wagner, G. (1988)** *Botanisches Wörterbuch*. Stuttgart.
- Simpson, M. G. (2010)** *Plant Systematics*. Academic Press, Amsterdam.
- Smith, B. D. (1998)** *The emergence of agriculture*. New York.
- Strassburger, E., Sitte, P. und Körner, C. (2002)** *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. Heidelberg ((**Neueste Auflage: Strassburger, E (2008)** *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. Heidelberg (neu bearbeitet von Andreas Bresinsky et al.)).
- Uerpmann, Hans-Peter (1979)** *Probleme der Neolithisierung des Mittelmeerraumes*. Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients, Reihe B (Geisteswissenschaften) Nr. 28. Wiesbaden 1979.
- Vaughan, J. G., Geissler, C. und Nicholson, B. (2009)** *The new Oxford book of food plants*. Oxford.
- Vigne, J.-D., Peters, J. und Helmer, D., Hrsg. (2005)** *The First Steps of Animal Domestication*. *New Archaeological Approaches. Proceedings of the 9th Conference of the International Council of Archaeozoology ICAZ, Durham, August 2002*. Oxford.
- Wickens, G.E. (2001)** *Economic Botany: Principles and Practices*. Dordrecht/ Boston/ London.
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012)** *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin*. 4th Edition. Oxford.

Teil 4: Umweltentwicklung und Veränderungen der Subsistenz im Verlauf der Neolithisierung

Inhalt:

Umweltentwicklung:

- Heutige Klima- und Vegetationsverhältnisse im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes
- Paläoklimatologische Daten und deren Aussagemöglichkeiten
- Umweltentwicklung (Klima, Vegetation) zwischen dem ausgehenden Würm-Hochglazial und dem frühen Holozän

Veränderungen der Subsistenz im Verlauf der Neolithisierung

- Forschungsstand Archäobotanik
- Subsistenz paläolithischer und protoneolithischer Fundstellen - Modell Domestikationsablauf
 - Ohalo II (Jungpaläolithikum, vor 20'000 vor heute)
 - Tell Abu Hureyra (ab ca. 13'100 cal BP)
- Fazit Pflanzennutzung im Epipaläolithikum

Möglichkeiten des Nachweises von Kultivierung – wann beginnt Kultivierung?

Welche Rolle spielte die Klimaentwicklung für die Neolithisierung?

Fazit

Topographie im Gebiet des Fruchtbaren Halbmondes



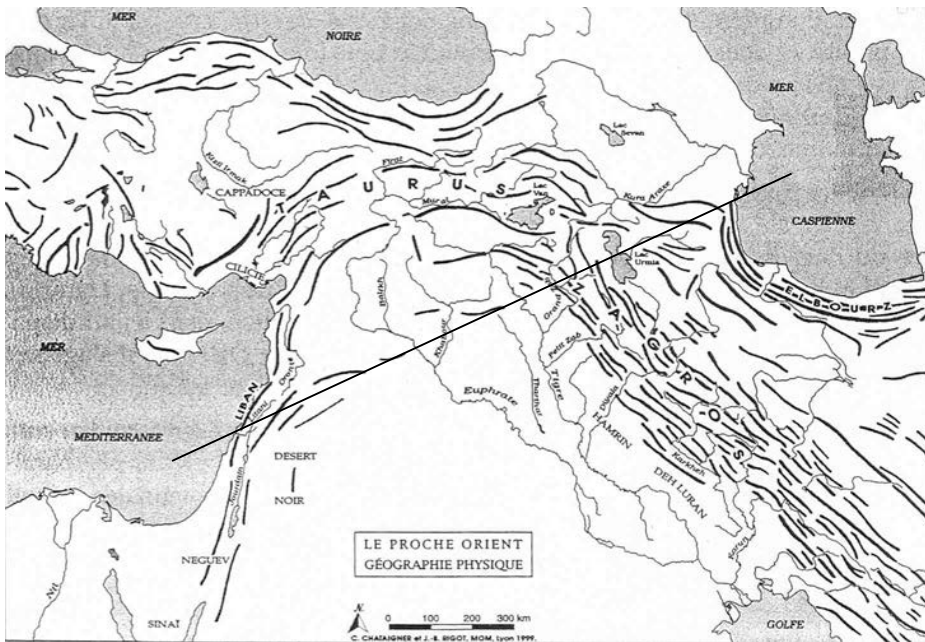
Umweltentwicklung im Vorderen Orient im Verlauf der Neolithisierung

(= 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 12 '000 und 8000 v. Chr. (detaillierte Chronologietabelle auf ADAM https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1).

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

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



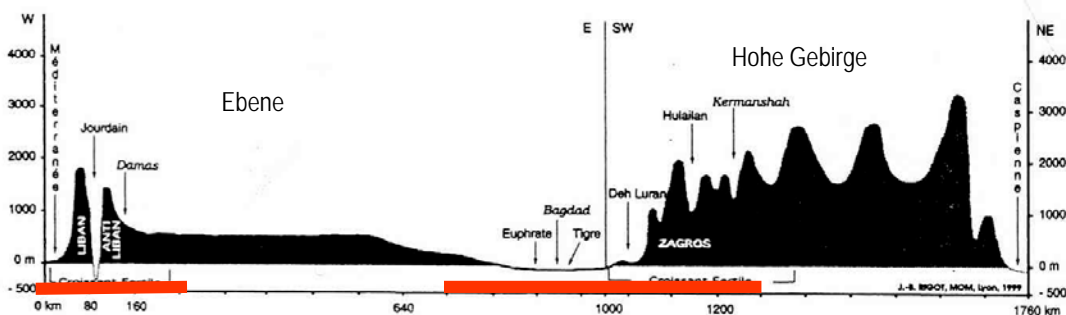
ca. Lage des SW-NE-Schnittes (unten)

Aurenche & Kozłowski 1999

Küste, Gebirge, Flusstal
(Jordan)

Grosse Flusstäler
(Euphrat, Tigris)

Schnitt SW-NE:



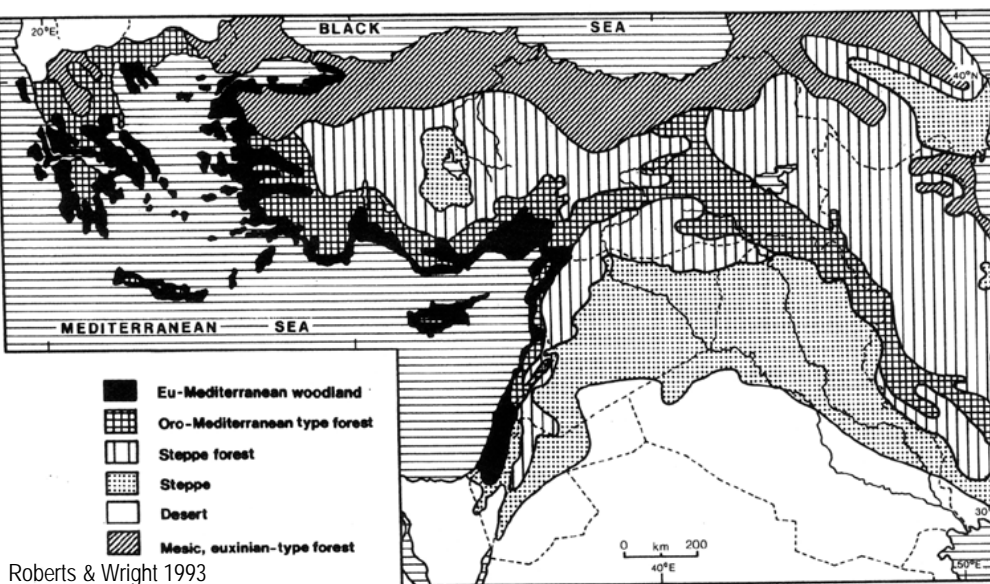
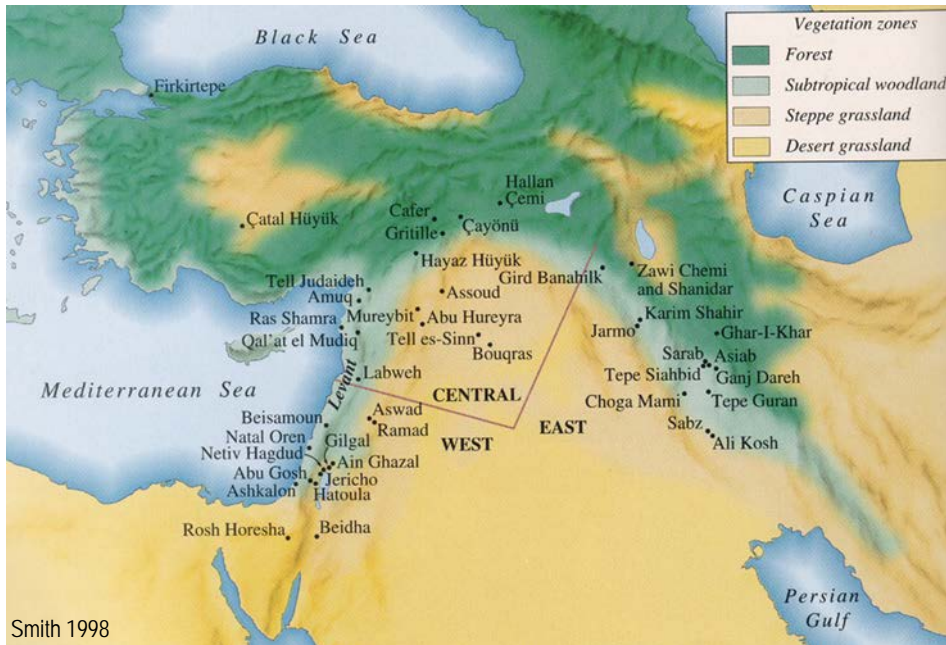
Ca. Zone „fruchtbarer Halbmond“

→ Sehr bewegtes Relief mit vielen verschiedenen Habitaten

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



Küste: mediterranes Klima. Natürliche Vegetation: immer-grüner **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 ithabouensis*), dazu Pistazien, Wacholder, Mandel, Kiefern... **Dies sind die wichtigsten Standorte für Wildgetreide, wilde Hülsenfrüchte!**

Weiter landeinwärts: Klima wird noch trockener und kontinentaler:

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

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

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

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

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

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

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

EHWP=Early Holocene Wet Phase

Sauerstoffisotopen Grönlands (als Vergleich)

Schematic Lake Lisan/ Dead Sea Levels²

Speleothem (Soreq Cave)³

SST = Sea Surface Temperature

Red Sea (GeoB5844-2)⁴

SSS = Sea Surface Salinity

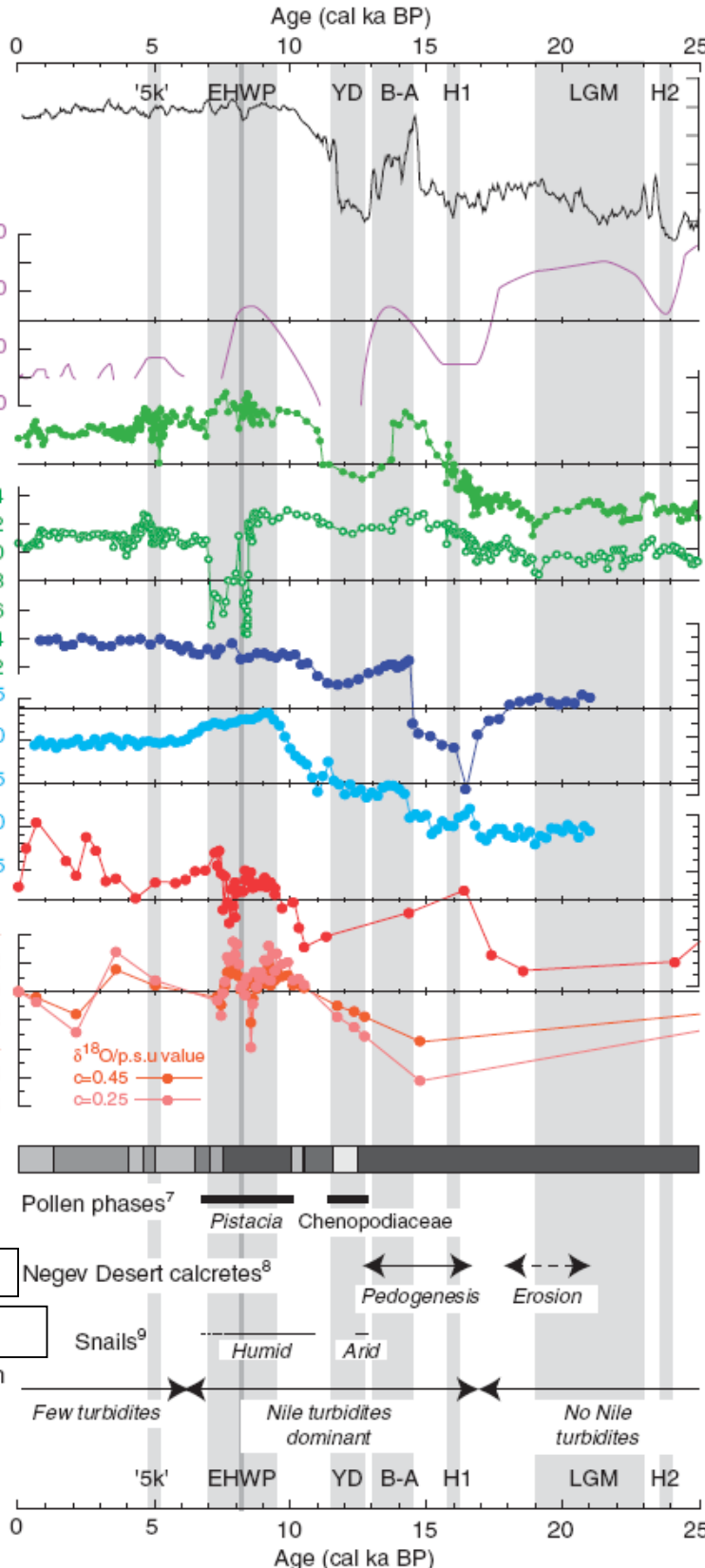
Eastern Mediterranean (ODP Site 967)⁵

Vegetation

Bodenbildung Negev- Wüste

Mollusken

Herodotus Basin turbidites¹⁰



Seesedimente

Speleothem (Soreq Cave)³
Sauerstoffisotopen Tropfsteine

Red Sea (GeoB5844-2)⁴
Sedimente (Rotes Meer)

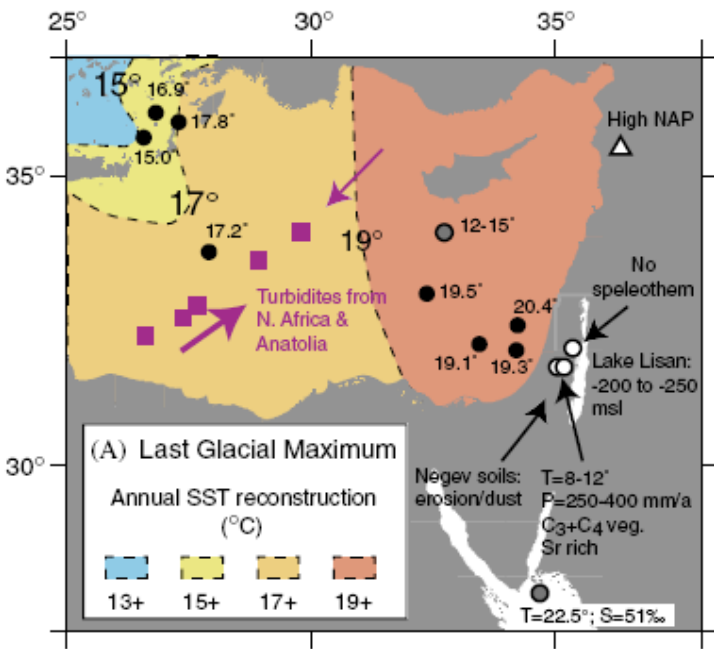
Eastern Mediterranean (ODP Site 967)⁵
Sedimente (Östliches Mittelmeer)

Palaeosols (Israeli coastal plain)⁶
1 2 3 4 5 6 7 8
Dry Wet

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

Fig. 14. Compilation of terrestrial and marine palaeoclimatic proxy data for the Levant and Eastern Mediterranean. Also shown is the ice core record from GISP 2 (Greenland). References: 1: Alley (2000); 2: see Fig. 6; 3: Bar-Matthews et al. (2003); 4: Arz et al. (2003a); 5: Emeis et al. (2000, 2003); 6: Gvritzman 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)

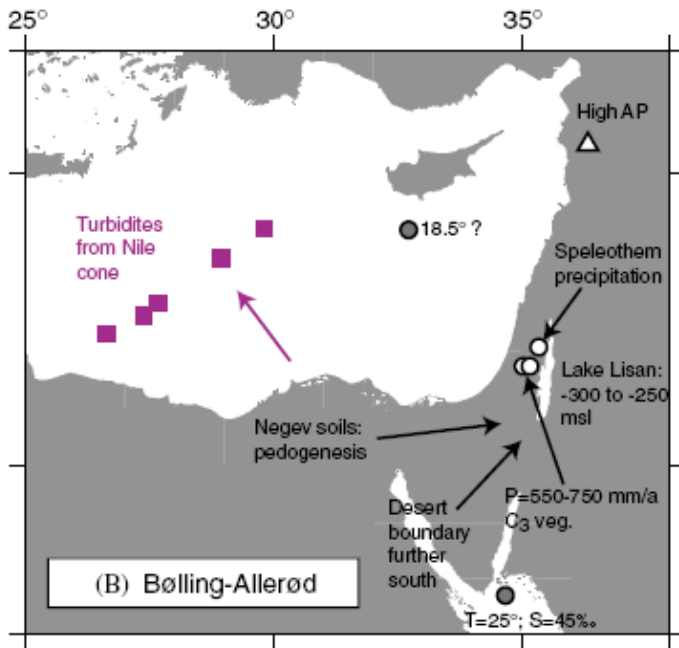
Meeresoberflächentemp. (SST) deutlich tiefer als heute (Rek. schwanken zw. 12 und 19 Grad C). Salzgehalt (SSS) höher als heute.

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

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

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

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



Bölling/Allerød-(Spätglazial-) Interstadial: ca. 12' 600-10' 700 v. Chr. (= ca. 15 '000 – 13 '000 BP cal),

Epipaläolithikum / Paläolithikum und frühes Protoneolithikum

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

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

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

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

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

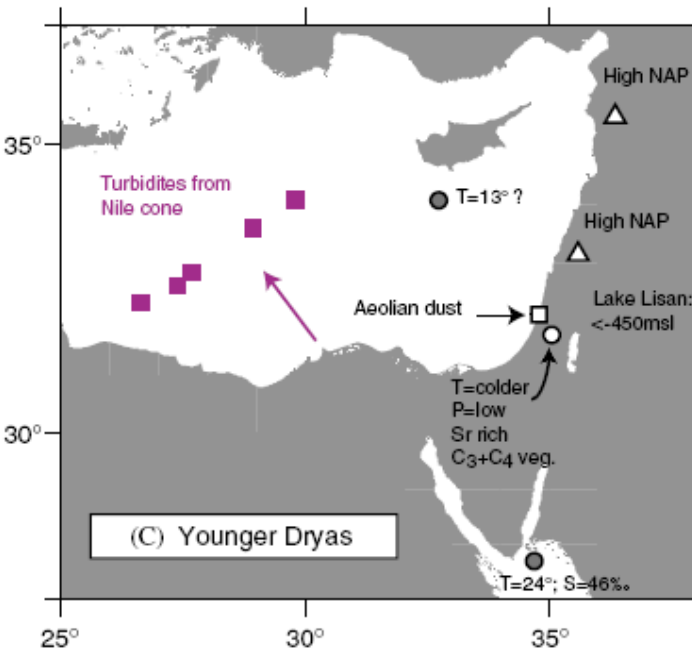
Marine records	Terrestrial records
● Annual SST - foram assemblage	□ Palaeosol/fluvial records
● SST & SSS - alkenones	○ Speleothems
■ Turbidites	△ Pollen records

Kulturstufen: traditionell / vereinfacht nach Benz 2000 / siehe Chronologietabelle „Neolithisierung“ auf ADAM
https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1

Abbildung 15 aus Robinson et al 2006:

Fig. 15. Summary of climatic conditions at the LGM (A), peak of the Bölling-Allerød warm phase (B), the Younger Dryas (C) and during the early Holocene/S1 (D). Turbidite data from Reeder et al. (2002); Alkenone SSTs and SSS data from Emeis et al. (2000, 2003) and Arz et al. (2003a, b); speleothem data from Bar-Matthews et al. (1997, 1999, 2000, 2003), Frumkin et al. (1999, 2000), Vaks et al. (2003) and McGarry et al. (2004); pollen data from Niklewski and Van Zeist (1970), Baruch and Bottema (1991) and Rossignol-Strick (1995); lake levels from Fig. 6 (this study); LGM annual SSTs calculated from foraminiferal assemblages taken from Hayes et al. (2005); Early Holocene sea-surface salinity values are from Kallel et al. (1997a); Israeli coastal plain palaeosol data from 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

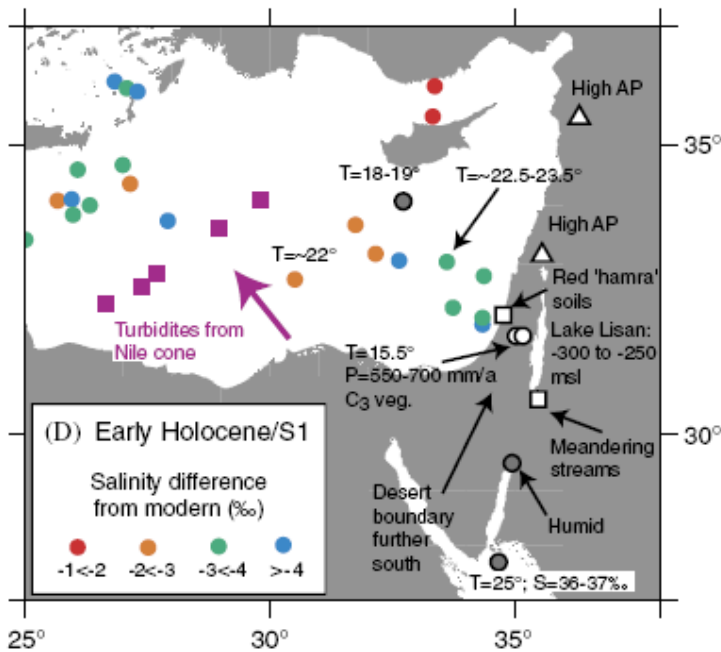
Sauerstoffisotopen: deuten auf Abkühlung und Trockenheit

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

60

Kulturstufen: traditionell / vereinfacht nach Benz 2000 / siehe Chronologietabelle „Neolithisierung“ auf ADAM
https://adam.unibas.ch/repository.php?ref_id=180089&cmd=&rep_frame=1

Marine records

- Annual SST - foram assemblage
- SST & SSS - alkenones
- Turbidites

Terrestrial records

- Palaeosol/fluvial records
- Speleothems
- △ Pollen records

Abbildung 15 aus Robinson et al 2006

Fig. 15. Summary of climatic conditions at the LGM (A), peak of the Bolling-Allerod 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.

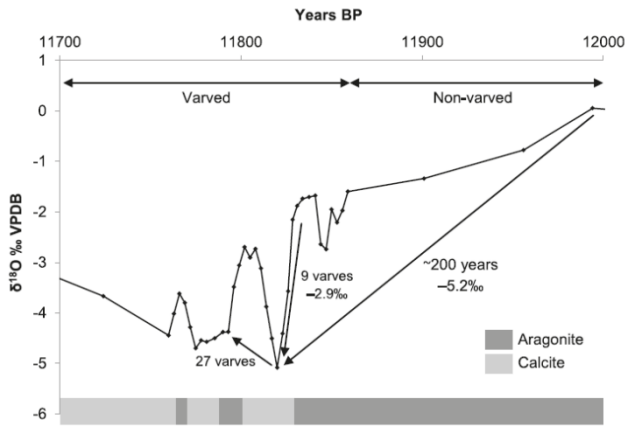
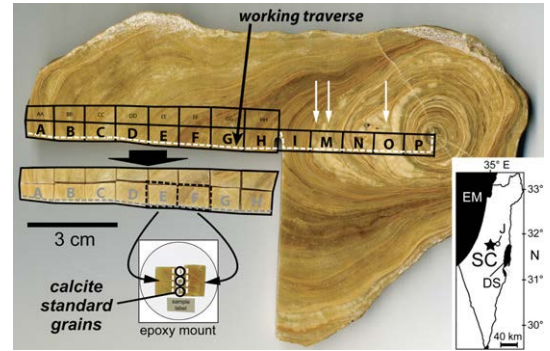


Fig. 4. $\delta^{18}\text{O}_{\text{carbonate}}$ record for the late glacial to Holocene transition at Nar Gölü, with the varved section up to the second youngest sample analysed at 3-year resolution. Shifts between aragonite and calcite are also shown.

Wie rasch erfolgte der Übergang zwischen der YD und dem Frühen Holozän?

Isotopenanalysen von Seesedimenten im Nar Gölü See in Kappadokien zeigen, dass der Übergang von der YD zum Frühen Holozän sehr rasch stattgefunden hat (v.a. die ersten 10 Jahre). Nar Gölü ist ein Maar mit einer jahreszeitlichen Schichtung der Sedimente (sog. Warven), weshalb eine sehr hohe chronologische Auflösung möglich ist (Dean et al. 2015).

Ähnliche Beobachtungen hat man bei einer Analyse von Sauerstoffsotopen aus einem Speleothem (hier Tropfstein) aus der Soreq Höhle (Israel) gemacht (Orland et al. 2012).



Beprobung eines Stalaktits (Tropfstein) aus der Soreq Höhle (Orland et al. 2012)

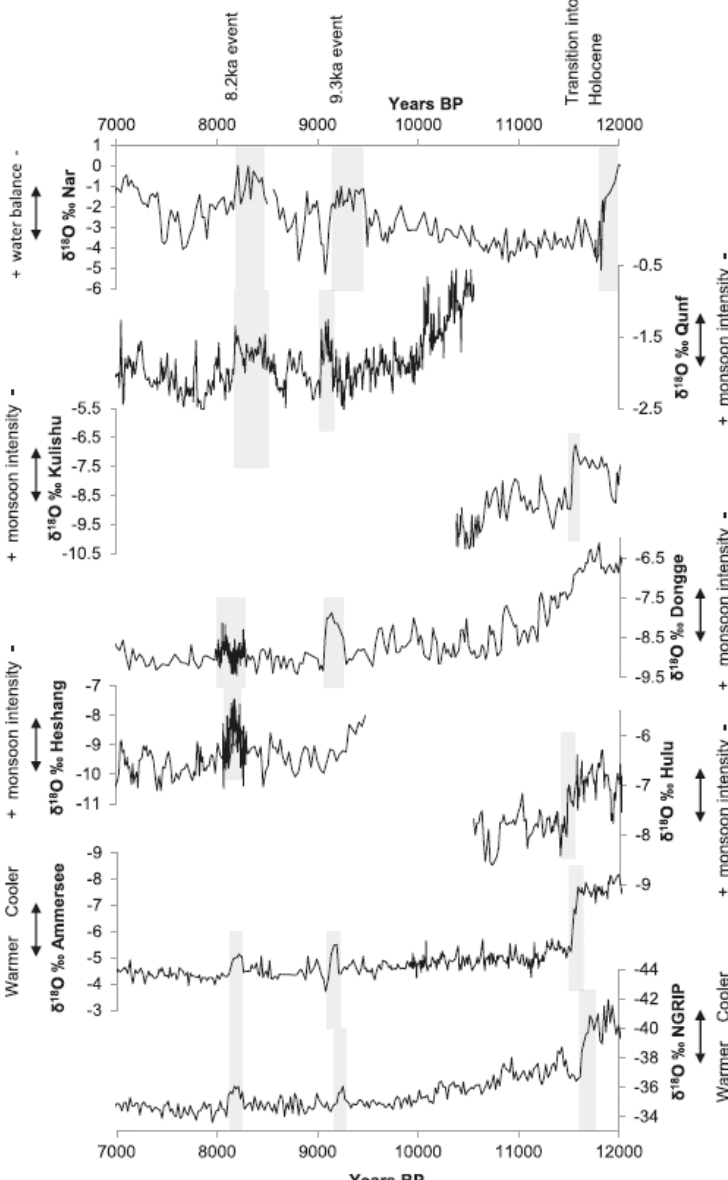


Fig. 6. Nar Gölü $\delta^{18}\text{O}$ data for the late glacial and early Holocene, compared to records from further east in Asia, and the North Atlantic: Qunf in Oman (Heitmann et al., 2003, 2007), Kulishu (Ma et al., 2012), Dongge (Dykoski et al., 2005), Heshang (Hu et al., 2008; Liu et al., 2013) and Hulu (H82) (Wang et al., 2001) caves in China, Ammersee in Germany (reversed scale) (von Grafenstein et al., 1999) and NGRIP (reversed scale) (Vinther et al., 2006; Rasmussen et al., 2006). While there are rapid transitions into the Holocene in Nar Gölü, some records from China, as well as North Atlantic records, the difference is greater during the early Holocene 'events', where many records further away from the North Atlantic have less discrete and longer anomalies than the shorter 9.3 and 8.2 ka events in the North Atlantic region.



Wichtigste paläoklimatische, palynologische und archäobotanische Beprobungsstellen (Roberts et al. 2017)

Klimatische Ereignisse im Frühen Holozän? Die Ergebnisse von Nar Gölü, aber auch anderen Studien, zeigen trockenere Bedingungen während der 9.3 ky- und 8.2 ky-Ereignisse. Generell waren Klimaänderungen in den verschiedenen Regionen des Nahen Ostens chronologisch synchron (Dean et al. 2015; Roberts et al., 2017).

LAKE HULA

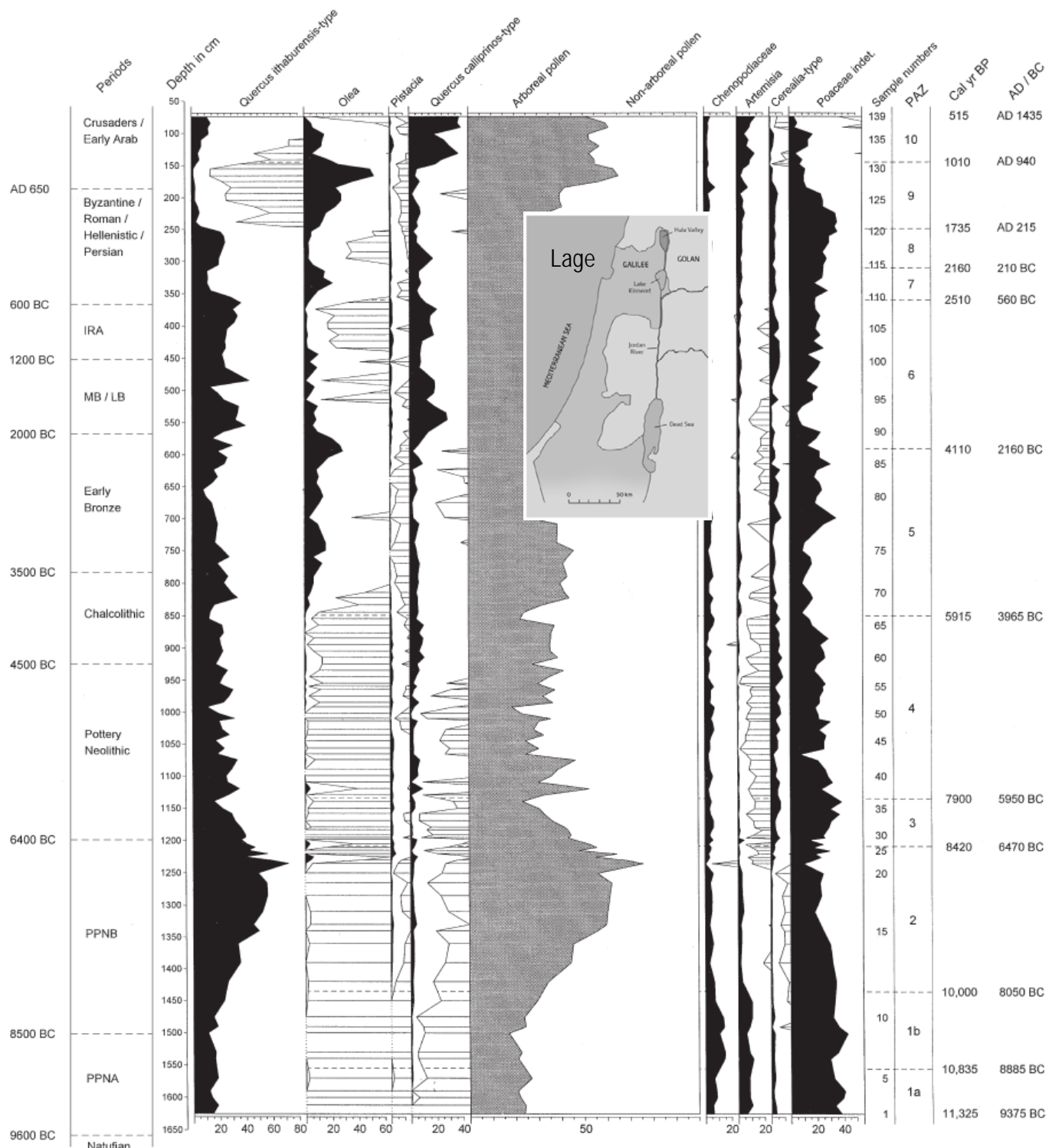
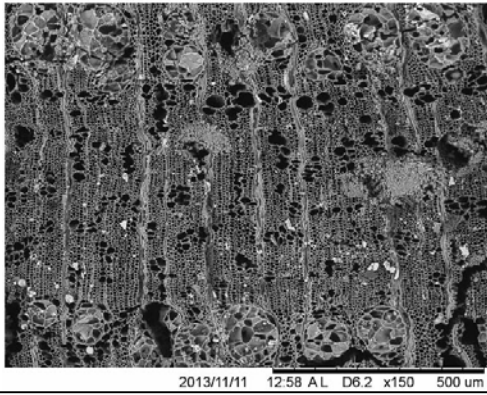


Fig. 5. Summary Hula diagram with alternative dating of the pollen profile. For explanation and discussion, see sections 5 and 8. The dating of the Pre-Pottery and Pottery Neolithic periods (in calibrated years BC) is according to Goring-Morris *et al.* (2009); the dates of the younger archaeological 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.): On-site Analysen I (Holzkohleanalysen)

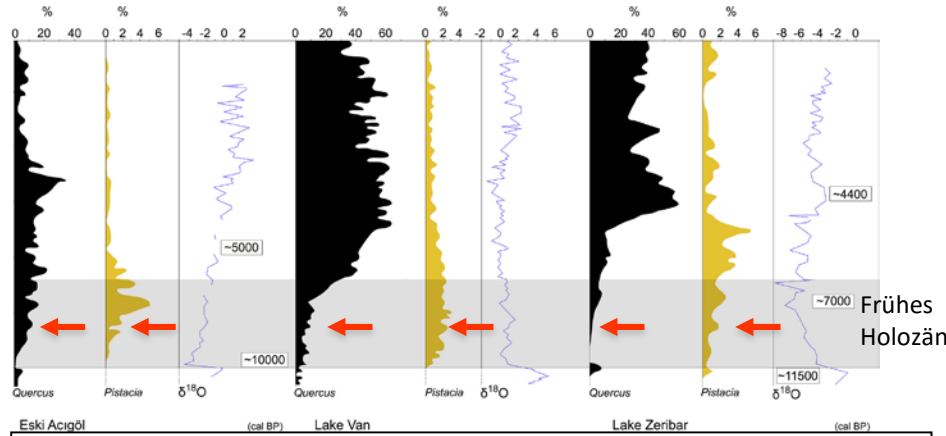


SEM Mikrophotographie von Holzkohle aus el-Hemmeh: Pistacia sp. Querschnitt (Asouti et al. 2015)

Für die paläoökologische Rekonstruktion des Gebiets des fruchtbaren Halbmondes, hat die Pollenanalyse einige Nachteile:

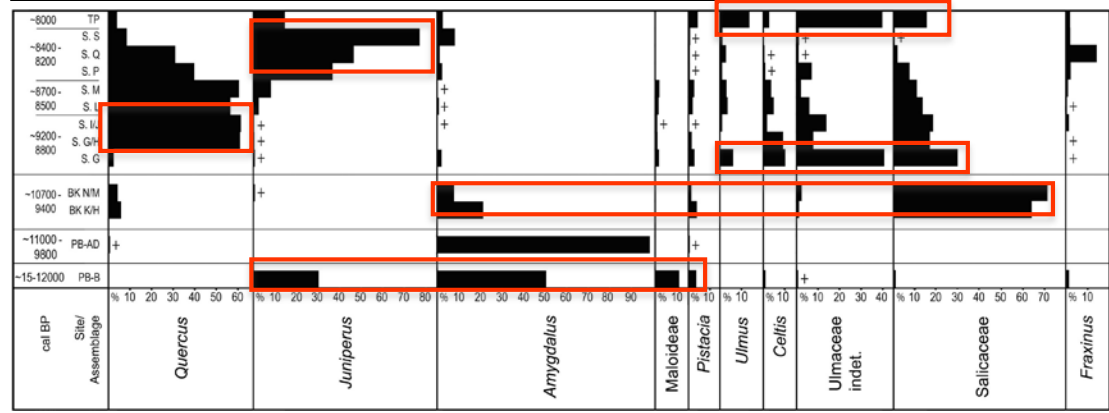
1. Schlechte Erhaltung der Pollen in terrestrischen Sedimenten
2. Schlechte Repräsentativität der Analyse von Seesedimenten wegen:
 - a) «Pollen rain»: schlechte räumliche Auflösung
 - b) Mangel an Makroresten -> schwierige Datierung => schlechte chronologische Auflösung
 - c) Wichtige lokalwachsende Taxa wie *Pistacia* oder Maloideae sind oft nicht palynologisch unterscheidbar/erfassbar.

Diese Problematiken sind noch ausgeprägter in der südlichen Levante. Durch Holzkohleanalysen können diese Probleme teilweise gelöst werden. Ihr Nachteil ist allerdings, dass Sie die Entscheidungen von Menschen widerspiegeln und nicht unbedingt die lokale ökologische Biodiversität. Deswegen ist die Untersuchung von Proben mit «zerstreuter» Holzkohle (also solche, die nicht aus Anhäufungen stammt) am wichtigsten für eine zuverlässige paläoökologische Rekonstruktion.



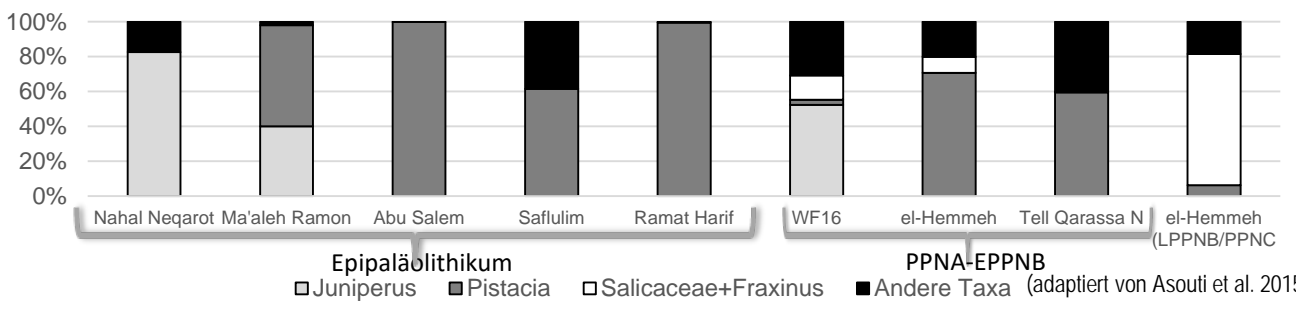
Palynologische Untersuchungen in der Konya-Ebene (Ost-Anatolien) zeigen fast keine Baumpollen im Frühen Holozän. Holzkohleanalysen hingegen belegen, dass Eichenwälder schon ab 10. Jahrtausend BP vorhanden waren, und ab ca. 9000 cal BP wurden sie wahrscheinlich vom Menschen gefördert (Asouti & Kabukcu, 2014). Eine ähnliche Verbreitung von *Pistacia*-Wäldern durch menschlichen Einfluss wurde in der Süd-Levante beobachtet (Asouti et al., 2015; Arranz-Otaegui et al. 2017). *Juniperus* überwiegt in Fundstellen, die in höheren Lagen liegen.

Ausschnitte von Pollendiagrammen von Seesedimenten aus der Konya Ebene (Grauschattierte Zone: frühes Holozän) (Asouti & Kabukcu, 2014)



Zusammenfassende Ergebnisse der Holzkohleanalyse von Fundstellen aus der Konya Ebene (Asouti & Kabukcu, 2014)

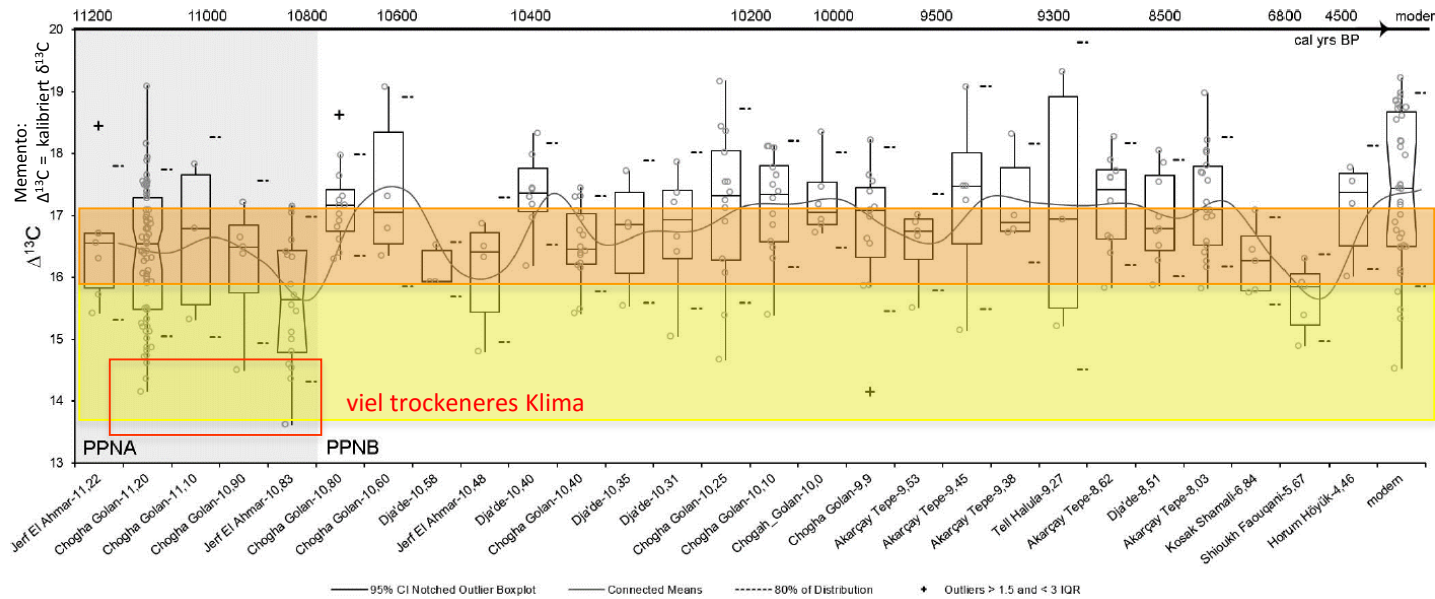
Hauptergebnisse der Holzkohleanalyse von Fundstellen aus der Süd-Levante



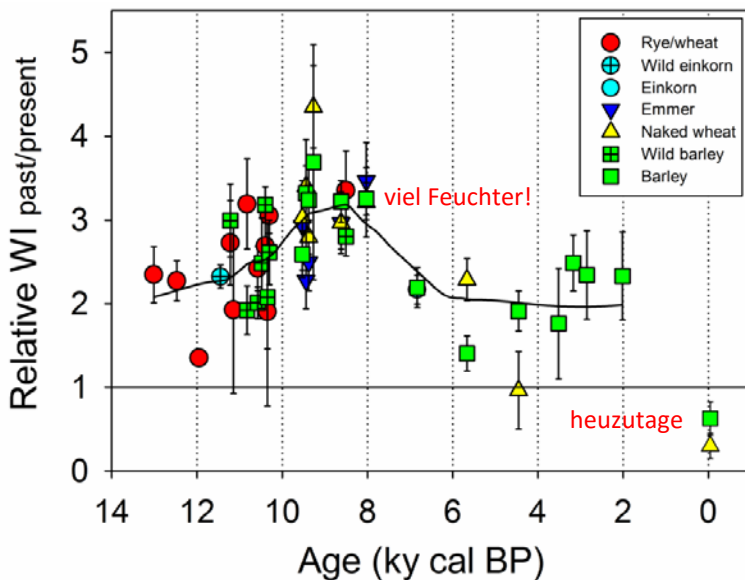
Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung (Forts.): On-site Analysen II (Isotopenanalysen)

Klimatische «proxies» haben oft nur eine grobe Auflösung. Es ist immer schwierig abzuschätzen, was globale Prozesse für einen lokalen Einfluss gehabt haben. Isotopenanalysen bieten die Möglichkeit, klimatische Aussagen an «on-site» archäologischen Pflanzen- und Tierresten zu erhalten. Der Gehalt an Isotop ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$ entspricht dabei dem Verhältnis zwischen den zwei stabilen Isotopen: $^{13}\text{C}:^{12}\text{C}$) von Getreidekörnern ist ein Hinweis für die Wasseraufnahme während Kornfüllung, d.h. während des Frühlings (bei Trockenstress bleiben die Stomata der Blätter geschlossen und der ^{13}C -Gehalt wird höher (für die Grundlagen siehe Araus et al., 1997). Man kann außerdem die Kohlenstoffisotopen von Holzkohle messen, und damit erhält man Informationen zum Durchschnitt der Niederschläge von mehreren Jahren (da immer mehrere Jahrringe gemessen werden) (siehe ein Beispiel dazu in Arranz-Otaegi et al., 2017).

Araus et al. (2014) und Riehl (2016) haben in jüngster Zeit die Ergebnisse solcher Analysen (von Körnern) publiziert. Es scheint, dass die lokalen Unterschiede oft grösser waren, als die chronologischen Unterschiede. Man betrachtet deshalb nur die extremen Werte und wie oft solche pro Periode auftauchen. Generell kann man sicher sagen, dass in der Jüngeren Dryaszeit ein extrem trockenes Klima herrschte, und dass diese klimatische Bedingungen noch 1000 Jahre dauerten (PPNA). Erst ab Anfang des PPNBs (ca. 10800 cal BP) wird das Klima viel feuchter.



$\Delta^{13}\text{C}$ Analysen für holozäne Fundstellen im Nahen Osten. Jahre in BP cal, Siedlungsnamen unten in chronologischer Reihenfolge (Riehl, 2016). Orange schattierte Fläche: mässiger Trockenstress; Gelb schattierte Fläche: verstärkter Trockenstress



(WI: Water input)

Die Grafik links zeigt die Daten von 11 archäologischen Fundstellen im Vergleich mit Werten von heutigen Kulturpflanzen vom Gebiet des Fruchtbaren Halbmondes. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wasserverfügbarkeit zwischen den 10-8 kJ cal BP 3-4 höher war als heute (horizontale Linie und Werte ganz rechts). Danach wird das Klima immer trockener, vor allem während des Mittelholozäns oder Atlantikums (ca. 8-5 KJ BP cal) (Araus et al. 2014).

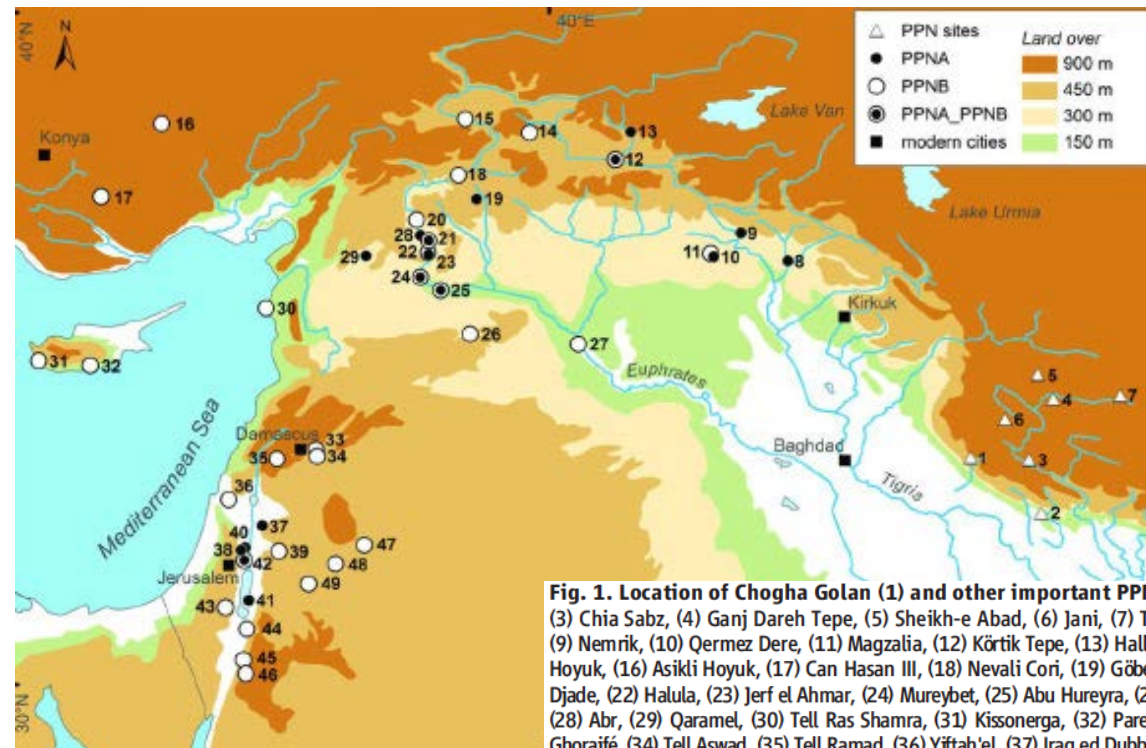
Entwicklung der Umwelt im Verlauf der Neolithisierung (Forts.) / Veränderungen der Subsistenz im Verlauf der Neolithisierung

Fazit Klimageschichte:

Das Klimageschehen in der ausgehenden letzten Eiszeit und dem Beginn des Holozäns war **wechselhaft**; es gab zum Teil abrupte und sehr kurzfristige, massive Änderungen der Umweltverhältnisse, welche grossen Einfluss auf die Zusammensetzung der Vegetation in dieser ökologisch sensitiven Zone hatten. Dabei sind **grosse regionale Differenzen** zu beobachten. Daraus folgt, dass die Ressourcen in der Umgebung von Siedlungsplätzen müssen massiven Schwankungen unterworfen gewesen sein (modellhaft dazu Hillman 2000, allerdings so nicht mehr haltbar). Inwiefern das Klimageschehen die kulturelle Entwicklung und die Subsistenz allerdings wirklich beeinflusst hat, ist umstritten (siehe etwa die Diskussion in Haldorsen et al 2011; Maher et al. 2011). Siehe dazu mehr S. 80-81.

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

Forschungsstand Archäobotanik: Karte archäobotanisch untersuchter Fundstellen ab dem PPN (aus Riehl 2013)



Aktuelle Liste mit allen Fundplätzen seit dem Jungpaläolithikum: siehe S. 61

Fig. 1. Location of Chogha Golan (1) and other important PPN sites in the FC: (2) Ali Kosh, (3) Chia Sabz, (4) Ganj Dareh Tepe, (5) Sheikh-e Abad, (6) Jani, (7) Tepe Abdul Hosein, (8) M'lefaat, (9) Nemrik, (10) Qermez Dere, (11) Magzalia, (12) Körtik Tepe, (13) Hallan Cemi, (14) Cayonu, (15) Cafer Hoyuk, (16) Asikli Hoyuk, (17) Can Hasan III, (18) Nevali Cori, (19) Göbekli Tepe, (20) Akarcay Tepe, (21) Djade, (22) Halula, (23) Jerf el Ahmar, (24) Mureybet, (25) Abu Hureyra, (26) El Kowm I and II, (27) Bouqras, (28) Abr, (29) Qaramel, (30) Tell Ras Shamra, (31) Kissonerga, (32) Parekklisha-Shillourokambos, (33) Tell Ghorairé, (34) Tell Aswad, (35) Tell Ramad, (36) Yiftah'eI, (37) Iraq ed Dubb, (38) Gilgal, (39) 'Ain Ghazal, (40) Netiv Hagdud, (41) Dhra, (42) Jericho, (43) Nahal Hemar, (44) Wadi Fidan, (45) Beidha, (46) Basta, (47) Dhuweila, (48) Azraq 31, (49) Wadi Jilat 7. PPN is applied to Iranian sites, because PPNA and PPNB have additional cultural connotations that apply only to sites in the western and northern part of the FC.

Liste von archäobotanisch untersuchten Fundstellen (vor allem nach VHA Sonderband 2012 (Willcox et al., Eds.), ergänzt 2017)

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

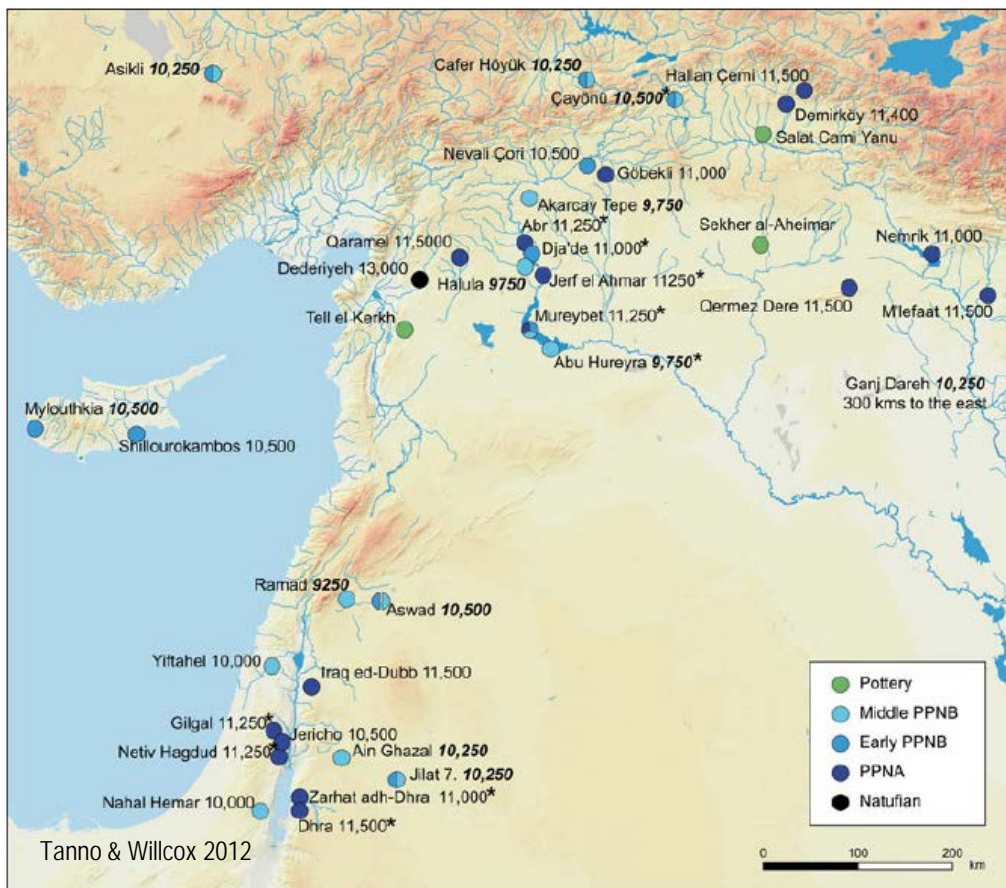
In neusten Publikationen genannt:

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

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

Östl. Fruchtbare Halbmond (Zagros...): Chogha Golan und Nemrik beginnen vor PPNA

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



Auf dieser Karte sind weitere Informationen vorhanden:

*=Orte, an denen „pre-domestication-cultivation“ (siehe S. 74 ff.) nachgewiesen ist.

Kursiv Fett: frühestes Datum für domestiziert erscheinenden Drusch.

Die Fundstelle Körtek liegt etwas südlich von Demirköy.

Aktuelle Liste mit allen Fundplätzen siehe S. 67

Liste von archäobotanisch untersuchten Fundstellen (Forts.):

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

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

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

Östl. Fruchtbare Halbmond (Zagros...): M'lefaat; Quermez Dere (unterste Schichten cf Epipaläol.), Chogha Golan levels XI-VIII; Sheikh-e Abad, Nemrik

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

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

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

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

Zypern: Kissonerga-Mylothkia; Sillourokambos; Kalavassos Tenta (zum Teil jünger); Ais Yorkis;

Östl. Fruchtbare Halbmond (Zagros...): Chogha Golan levels VII-V und ; Chia Sabz; Nemrik; Ganj Dareh; Tepe Abdul Hossein; Jarmo; Sheikh-e Abad; Bestansur

Spätes PPNB (7500 – 7000 BC cal):

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

Südliche Levante: Azraq 31; Ghoraipe; Basta; Ain Ghazal (z.T. früher); Tell Ramad;

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

PPNB final / PPNC (7000-6000 BC cal): siehe Tabelle auf der folgenden Seite!!

Taxa				Linum bienne / uslbfissimum	Lens culinaris	Pisum sativum	Cicer arietinum	Vicia faba	Vicia ervilla	Trilicium monococcum	Secale sp.	Trilicium monococcum	Trilicium dicoccum/	Trilicium (nudum)	Hordeum vulgare/	Ficus	Anzahl Taxa	davon domesti.
	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	Lein	Linse	Erbsen	Kichererbsen	Ackerbohnen	Linse/wicke	Einkorn 2-k.	Roggen	Einkorn 1-k	Emmer	Nacktweizen	Gerste	Felge	Summe	Summe
Sud-Levante / Southern Levant																		
Ohalo II	21000	Paläol	S-L		x	x							x		x ^{wild}		4	
el-Wad Cave	13000-11000	Epipal	S-L		x				x						x		3	
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L												x		1	
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L												x		1	
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L						x?		?	?	x		x		3	
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L										x		x		2	
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L		x				x				x ^{wild}		x ^{wild}		4	
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L		x	?							x ^{wild}		x ^{D?}		3	
Hemhem	9100-8600	PPNA	S-L		x				x				x ^{wild}		x ^{wild}		4	
Jericho I (PPNA)	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x	x ^{wild}	x ^{wild}	?	x	x			x ^{wild}	x ^{wild}		x ^{wild}	x	8	
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L		x ^D	x ^D			x				x ^{wild}		x ^D	x	5	1
Tell Qarassa North	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L		x	x		x	x	x ^D		x ^{wild}	x ^D		x ^D		8	3
Ahihud	8200 (8400-7900)	E PPNB	S-L		x ^D	x		x ^D										
Nahal Zippori 3	8000 (8200-7800)	E PPNB	S-L		x ^D			x ^D										
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L		x ^D		x ^D		x	x			x ^{wild}		x ^{wild}	x	7	2
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L			?				x ^D		x	x ^{wild}		x ^{wild}		4	
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L		x ^D			x				x	x ^{wild}		x ^{wild}		2	1
Hemhem	7700 (7800-7600)	E-M PPNB	S-L		x				x				x ^D		x ^D		4	2
Jericho II (PPNB)	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x	x ^D	x ^D	x ^D	x				x ^D	x ^D		x ^D	x	8	5
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L										x ^{wild}		x ^D		2	1
Ghorafte	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x	x ^D	x ^D			x			x ^D	x ^D		x ^D		7	5
Basta	7400 (7550-7050)	M-L-PPNB	S-L		x ^D	x ^D			x	x ^D		x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	x	9	7
Azraq 31	7500-7200	M-L-PPNB	S-L										x ^D	x ^D	x ^D		2	2
Ain Ghazal	7200 (8300-6600)	E-PPNB-PPNC	S-L	x	x ^D	x ^D	x ^D	x					x ^D	x ^D	x ^D	x	9	6
Tell Ramad	7100 (7300-6650)	L-PPNB-PPNBfir	S-L	x	x ^D	x ^D	x ^D			x?		x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	x	10	7
Wadi Fidan A	7100 (7300-6750)	L-PPNB-PPNBfir	S-L							x ^D		?	x ^D	x ^D	x ^D	x	5	4
Wadi Jilat 13	6700 (7050-6600)	PPNBfir	S-L							x ^D		x ^D	x ^D	x ^D	x ^{wild}		4	3
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dreieck, SE-Anatolien-Nordlevante)																		
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	x	x				x	x	x ^{wild}						5	
Kortik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A		div. Fabaceae							Poaceae gross. Trilicium					1	
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An		x				x				x ^{wild}	x	x		5	
Hallan Cemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A		x	?			x	x			x ^D	x ^D	x		4	
Mureybet III	9400 (9700-8500)	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x	x				x	x	x		x ^{D?}	x	x		6	1?
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An		x				x	x			x		x		4	
Demirkoy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A		x								x		x		3	
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An		x	x			x	x ^{wild}	x	x ^{wild}			x ^{wild}		7	
Gobekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A							x	?				x		2	
Dja'ade	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An		x	x		x	x	x ^{wild}	x	x	x	x	x ^{wild}		9	
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An		x	x			?	x	x				x		5	1
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An				x ^{D(w?)}	x	x	x	?		x ^{wild?}	x ^D	x		7	2?
Cayonu (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x	x	x ^D	x	x	x	x ^{wild}		x ^{wild}	x ^{wild}	x ^{wild}	x ^{wild}		10	1
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A		x	x ^D	x ^{wild}		x	x	x ^{wild}		x ^{wild}	x	x		8	1
Cafer Hoyuk IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A		x ^D	x		x	x	x	x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	x ^D		10	6
Haclar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An		x ^D							x ^D	x ^D	x ^D	x ^D		4	4
Sabi Abyad II	7650-6750	M-PPNB-PPNBfir	N-L-An	x	x ^D					x ^D		x ^D	x ^D	x ^D	x ^D		6	5
Tell Halula	7650 (7800-7300)	M-L-PPNB	N-L-An	x	x ^D	x		x	x	x			x ^D	x ^D	x ^D	x	9	4
Cafer Hoyuk III-VIII	7600 (8300-7450)	E-M-PPNB	C-A		x ^D								x ^D	x ^D	x ^D		4	4
Aşikli Höyük	7600 (7800-7500)	M-PPNB	N-L-An		x	x ^D	x ^{wild}		x				x ^D	x ^D	x ^D	x ^{wild}	7	5
Can Hasan III	7600 (7800-6500)	M-L-PPNB-PPNBfir	N-L-An		x ^D	x ^D			x			x ^D	x ^D	x ^D	x ^D		8	7
Abu Hureyra 2A-C	7400 (7800-7000)	M-L-PPNB	N-L-An		x	x ^D	?	x ^D	x	?	x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	x	10	7
Ras Shamra	7200 (7600-6000)	M-L-PPNB-PPNBfir	N-L-An	x	x ^D	x ^D				?			x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	6	5
Tell Bouqras	7100 (7500-6300)	L-PPNB-PPNBfir	N-L-An	x	x ^D	x ^D							x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	8	6
Catalhöyük East	6900 (7100-6400)	L-PPNB-PPNBfir	N-L-An		x ^D	x ^D	x ^D		x	?			x ^D	x ^D	x ^D	x ^D	9	7
El Kowm II	6600 (7100-6350)	L-PPNB-PPNBfir	N-L-An						x	x ^D	x ^D		x ^D	x ^D	x ^D		5	4
Zypern / Cyprus																		
Kissonerga-Myiouthkia	8700-8200	E-PPNB	Z	x	x							x ^D	x ^D		x ^D	x	6	3
Sillourokambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z		x					?	x ^{wild}		x ^D		x ^{wild}		4	1
Kalavassos Tenta	8000-6500	M-PPNB-PPNBfir	Z							x, Status?		x, Status?	x, Status?		x, Status?		4	
Ais Yorkis	7590-7490	M-PPNB	Z		x	cf		cf Vicia		x ^D		x ^D			x ^D		4	3
Östlicher fruchtbarer Halbmond / Eastern Fertile Crescent																		
Sheikh-e Abad (Trench 1)	9800-9250	Epipal-PPNA	E-F-C												x ^{wild}		1	
Oermez Dere	9200 (10,100-8800)	Epipal-PPNA	E-F-C		x				x						x		3	
Mlefaat	9200 (9500-8800)	PPNA	E-F-C						x	?		?			x		3	
Chogha Golan XI-VIII *1	8900 (>9100-8600)	PPNA	E-F-C		x-x ^{wild}				x-x ^{wild}	x	x-x ^{wild}	x	x	x	x-x ^{wild}		5	
Nemrik	8400 (10,200-8200)	Epipal-E-PPNB	E-F-C		x	x									x		2	
Chogha Golan VII-V *1	8300 (8600-8000)	E-M-PPNB	E-F-C		x ^{wild}								x		x ^{wild}		2	
Ganj Dareh	8100 (8250-7850)	E-M-PPNB	E-F-C		x ^{wild}	x									x ^D		3	1
Tepe Abdul Hosein	8000 (8300-7800)	E-M-PPNB	E-F-C		x ^D								x ^D		x ^D		3	3
Chia Sabz	8000 (8550-7600)	E-M-PPNB	E-F-C		x	x*4						x*3			x		4	
Sheikh-e Abad (Trench 1)	7950	E-M-PPNB	E-F-C		x	x		x				x*3	x*3		x ^D		5	1
Chogha Golan IV-1 *1	7800 (8000-7600)	E-M-PPNB	E-F-C		x ^{wild}							x	x ^D	x	x ^D		4	2
Jarmo	7700 (8000-7400)	M-L-PPNB	E-F-C		x ^D	x ^D						x ^{wild}	x ^{wild}		x ^{wild}		5	2
Sheikh-e Abad (Trench 1)	7600	M-L-PPNB	E-F-C		x			x				x*3	x*3		x ^D		4	1
Bestansur	7600	M-L-PPNB	E-F-C		x*?7							x ^{D?6}	x ^{D?6}	x*?7	x ^D		5	
Ali Kosh (B M ph.)	7300 (7650-6800)	M-L-PPNB	E-F-C		x							x ^D	x ^{wild}		x ^D		4	2
Chogha Bonut	7250 (7600-6900)	M-L-PPNB	E-F-C		x ^D							x ^D	x ^D		x ^D		4	4
Tell Maghazalyeh	6700 (7100-6300)	L-PPNB-PPNBfir	E-F-C		x	x ^D						x ^D	x ^D		x ^D		5	4

*1: Aegilops in allen Levels vorhanden (regelmässig bis häufig); auch andere Fabaceae wie Lathyrus zahlreich (möglicherweise zum Teil Pisum) *3: Spelzenbasen von Spelzweizen... wild/dom? *4: Vicia/Lathyrus *5: ob immer wild??? Der in Tanno & Willcox 2012 erwähnte Dundort Dederiyeh (Natufian, N-Levante) wurde weggelassen, da die Angaben noch unpubliziert sind (Tanno et al., in press); auch von Tell Qaramel gibt es neue Daten (Willcox & Herveux, in press).

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

Fazit:

Total: **69** untersuchte Fundstellen – Forschungsstand nach wie vor lückenhaft!

Vor allem in älteren Grabungen oft nur wenige Proben (oder ungenaue Angaben) mit nur wenigen Pflanzenresten untersucht. Oft weiteres Problem: Pflanzenrestdichte pro Volumeneinheit oft **sehr gering**, d.h. maximal 1-2 Stk. pro Liter ausgegrabenes Sediment!

Aus der „entscheidenden“ Zeit am Ende des Pleistozäns gibt es eigentlich nur sehr wenige (um die 5- zum Teil Zuweisung nicht klar eruierbar) einigermaßen gut untersuchte Fundstellen (siehe S. 65-66 und Tabelle S. 67). Neue Grabungen wie Körtek Tepe (Benz. mdl. Mitteil.) oder Chogha Golan (Riehl 2013) lassen für die Zukunft auf weitere interessante Ergebnisse hoffen.

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

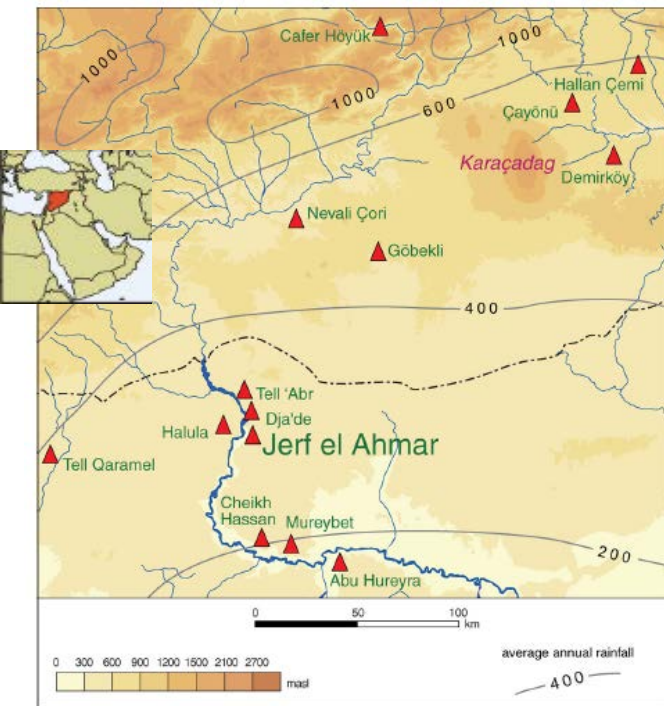


Figure 1. The location of the principal sites mentioned in the text, average annual rainfall and relief.

Willcox & Stordeur 2012

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

Gemäss Tanno & Willcox 2012 gibt es eigentlich **NUR etwa 10 gut untersuchte Fundplätze**, die ins Paläolithikum bis zum Mittl. PPNB datieren – gegenüber dem Stand der Dinge im Jahr ca. 2000 immerhin einige mehr!!

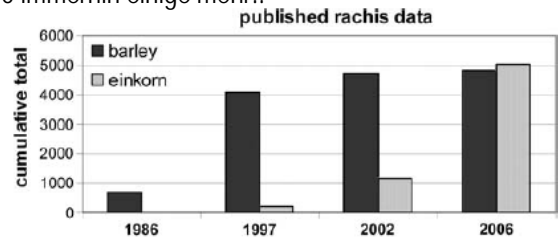


Fig. 1 Chart of the growth of published, quantified archaeological remains of barley rachis/einkorn spikelet forks from pre-pottery sites in the Near East. Note that in the late 1980s/early 1990s data were not available to test the rapid domestication model proposed by Hillman and Davies (1990, 1992),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

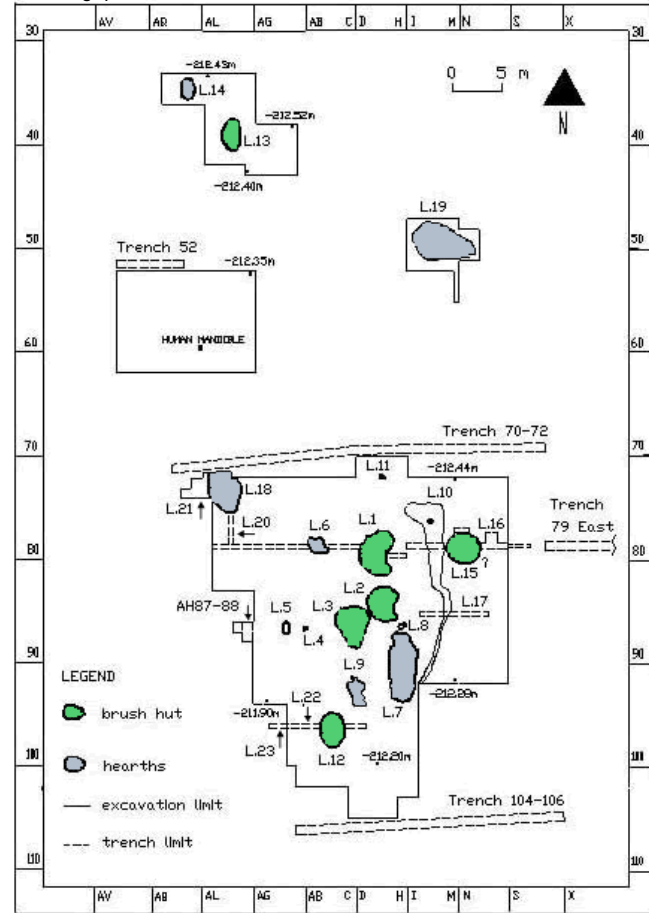
Allaby et al. 2010

Weitere Probleme: es gibt kaum durchgehende Stratigraphien vom Paläolithikum bis ins frühe Neolithikum, d.h. Siedlungen wurden immer wieder verlassen, jenachdem nach einer Lücke wieder neu errichtet. 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!

Subsistenz 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)

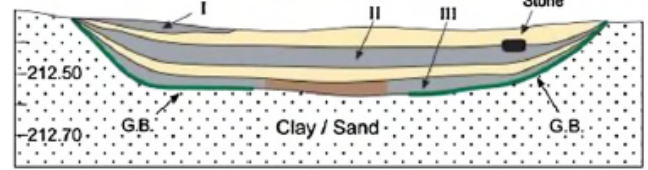
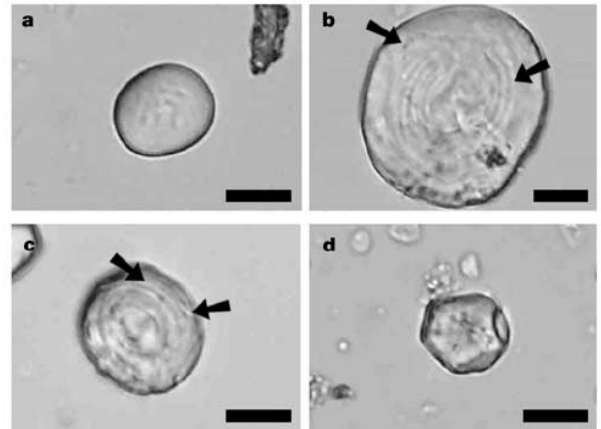


Fig. 3. An east-west cross-section through the floors of brush hut 1. Note the exaggerated vertical scale. I, II, III, the three floors, stone on right—the grinding stone discussed in text; G.B., grass bedding.

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; Nadel et al. 2012) gaben Hinweise auf die Funktion des Mahlsteins:



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

Archäobotanik, Makroreste: Methoden, Erhaltung der Pflanzenreste:

0,92 m³ Sediment geschlämmt (2mm-Sieb), zusätzlich 17 l aus einer Herdstelle in einer „Hütte“ bis 0,5mm. Dazu: ganzer Boden der Behausung („Hütte“): ¼-QM weise als Proben entnommen und geschlämmt (siehe Abbildung S. 70). Es sind fast nur **verkohlte** Reste erhalten, diese aber in z.T. hoher Funddichte und in ausgezeichnetem Zustand (Hütten abgebrannt?), da die Schicht rasch eingesedimentiert worden sein muss.

Charred edible plant remains from Ohalo II

Spektrum essbarer Pflanzen (Kislev et al. 1992):

SEHR breites Spektrum!!!!

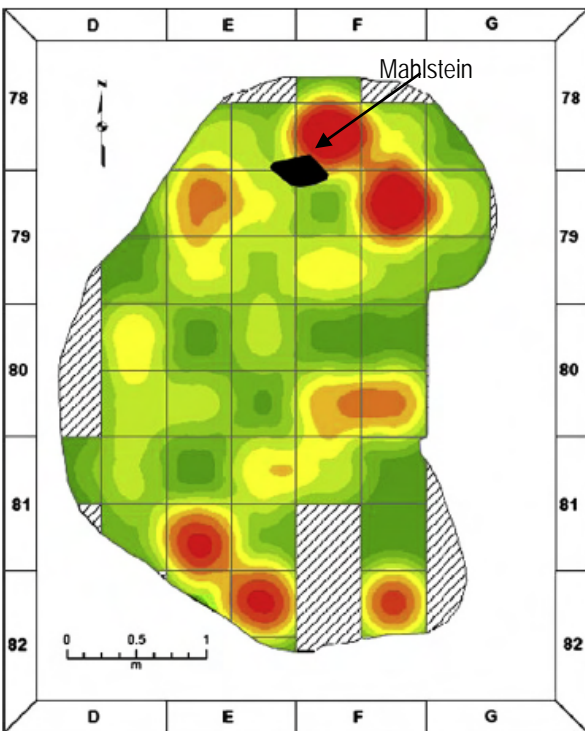
Plant name	Plant organ	Quantity ¹	
		a	b
Grasses with edible grains			
<i>Aegilops geniculatoperegrina</i>	grain	110	12
<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	grain		4
<i>Avena sterilis</i> L.	grain	8	
<i>Bromus</i> sp.	grain	1	4
<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) Beauvois	grain	1	65
<i>Hordeum bulbosum</i> L.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

Edible wild fruits

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

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

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



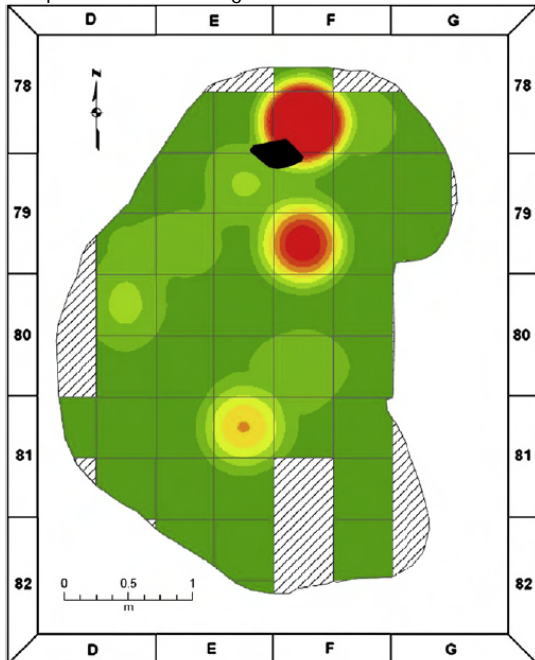
Weiss et al. 2008

Ohalo II, hut 1, floor II

All species



Bsp. Flächenverteilung: Wilde Gerste



Ohalo II, hut 1, floor II Weiss et al. 2008

Hordeum marinum/hystrix



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

Ergebnisse:

60 '000 Pflanzenreste; fast 100 Taxa

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

Table 1

Representative plant assemblage from floor II

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

Wildgräser konzentrieren sich um den Mahlstein herum. Dies bestätigt die Ergebnisse der Stärke-Untersuchung (siehe S. 69).

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

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

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.



Fig. 28. 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).

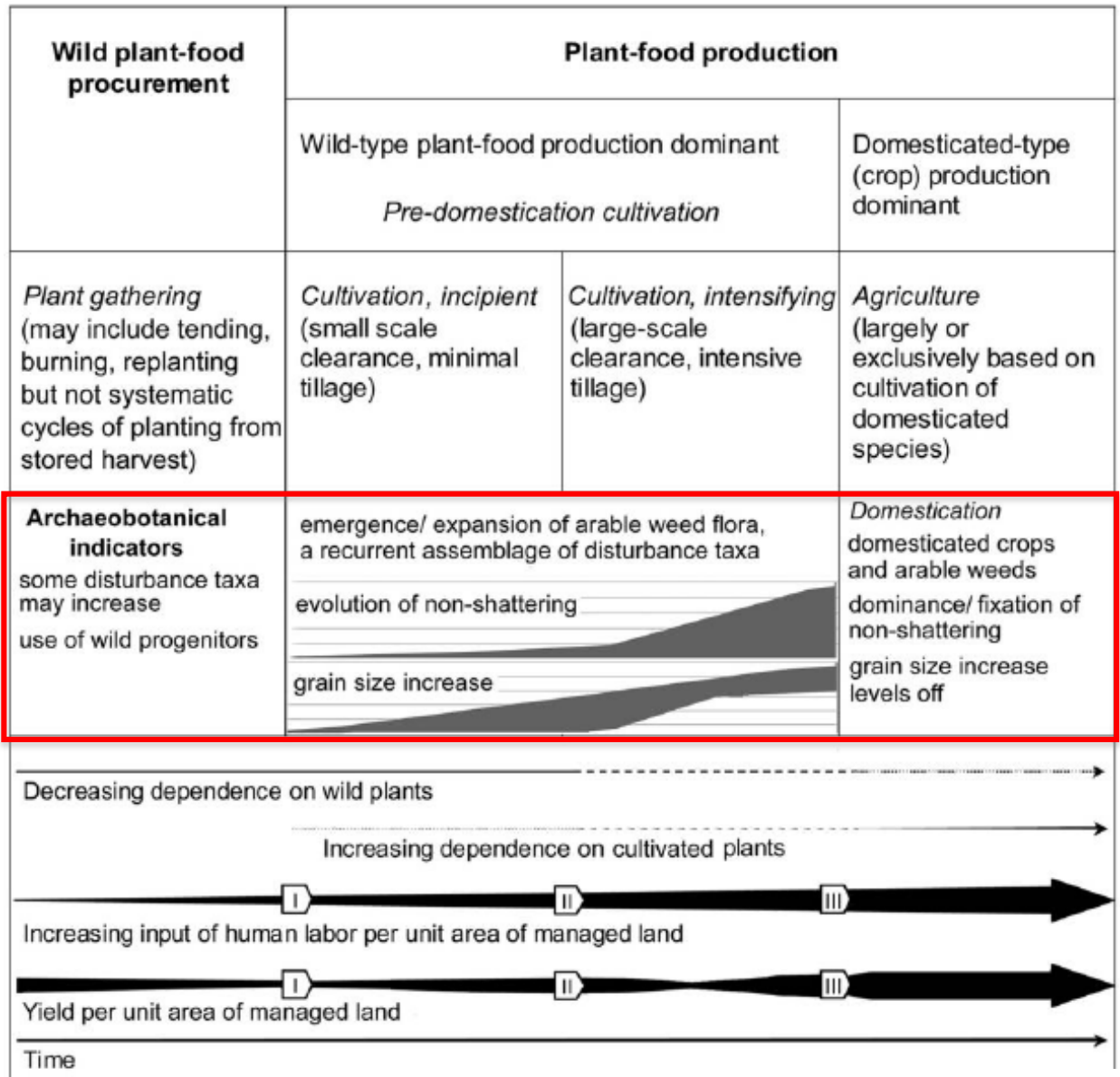
Rekonstruktion einer jungpaläolithischen Hütte von Ohalo II: Verteilungen der Pflanzenreste und der Silices deuten auf eine **getrennte Nutzung der Bereiche** in der Hütte. Es könnte sich aufgrund von ethnographischen Vergleichen möglicherweise auf eine nach Geschlechtern getrennte Nutzung der Bereiche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

Aufgrund der archäobiologischen Funde von Ohalo II kann man sich gute Vorstellungen über den Ausgangspunkt der Domestikation machen:

Die Wildbeuter in der ausgehenden letzten Eiszeit (um 25'000 – 12'000 vor Chr.) nutzten eine grosse Zahl und eine breite Palette von Wildpflanzen und -tieren. Sie kannten ihre Umwelt und die Nahrungs-ressourcen, die daraus gewonnen werden konnten, sehr genau, und passten sich so optimal wie möglich den herrschenden Bedingungen an („optimal foraging“). Es gibt ethnografische Bsp. von Wildbeutern, welche Pflanzen hegten. Weil die Domestikation in allen Kontinenten unabhängig voneinander einsetzte, erscheint es plausibel, die Hypothese aufzustellen, dass ein solcher „hegender“ Umgang mit Pflanzen schon im Paläolithikum allgemein verbreitet war und zum kollektiven Gedächtnis von *Homo sapiens* gehörte.

Unter den gesammelten Pflanzen waren auch die Vorfahren späterer Kulturpflanzen wie Wildgerste, Wilde Weizen usw., auch wenn diese oft nicht den Hauptanteil an den Sammelpflanzen darstellten (siehe z.B. Weiss et al. 2004 a und b, 2006, Savard et al 2006, Willcox 2008 und 2012).

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



>12 '000 v. Chr. ca.

7000 v. Chr. ca

Rot umrahmt: Erkennbarkeit im archäobiologischen Material

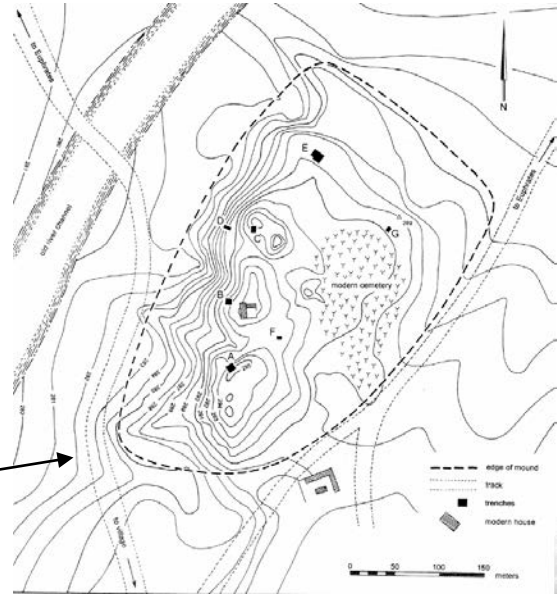
Subsistenz paläolithischer und protoneolithischer Fundstellen: Tell Abu Hureyra (Syrien, Euphrat-Tal) 1, Phasen 1-3

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



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

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



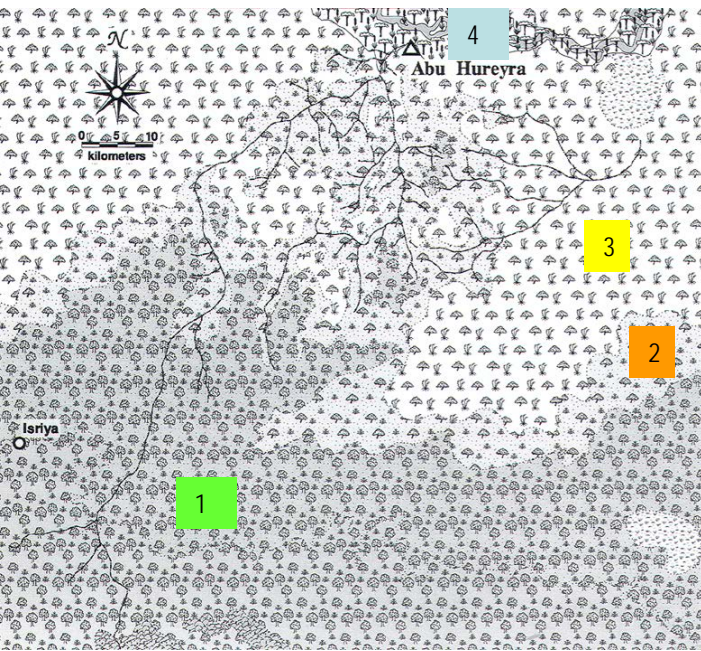
Archäobotanik (basierend auf Hillman 2000, in Moore et al. 2000, kritisch revidiert von Colledge & Conolly 2010)

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:

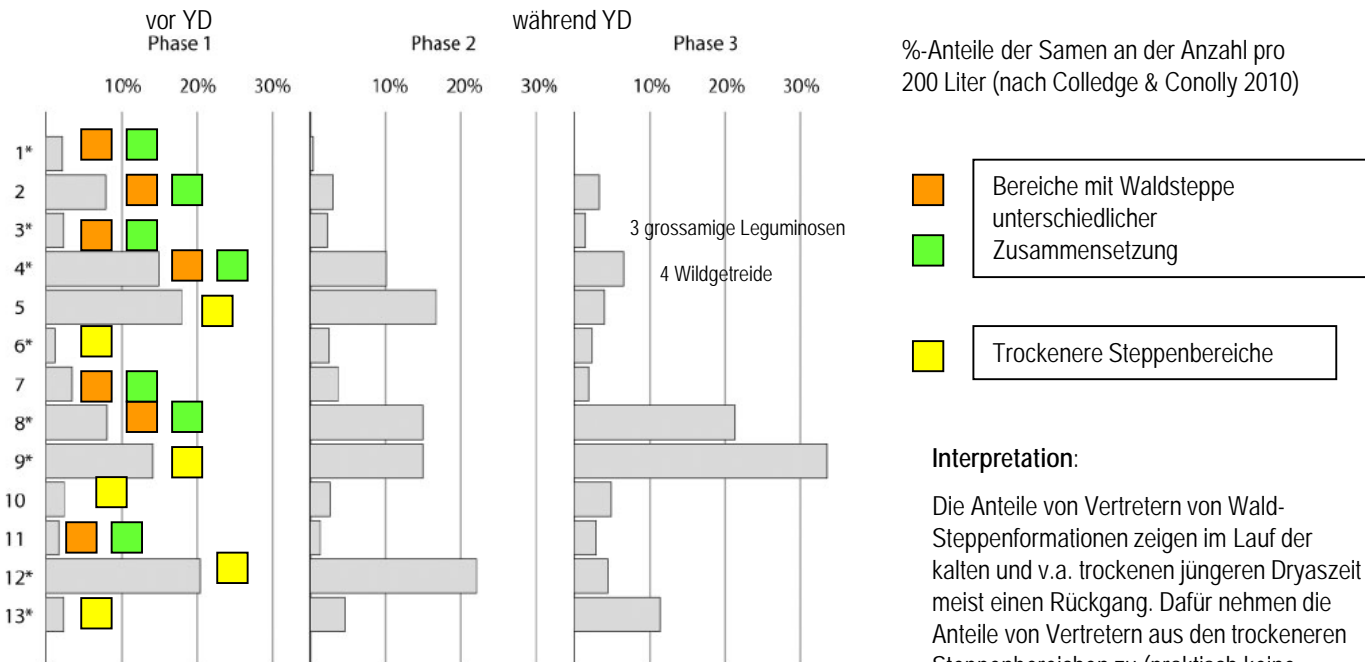
Es wurden fast 100 Pflanzentaxa gefunden, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit gesammelt wurden, da sie sonst nicht in hoher Zahl im Bereich von Feuerstellen vorkommen würden. Es wurde also ein sehr breites Spektrum genutzt! Die unterschiedlichen Reifezeiten / besten Sammelzeiten der Pflanzenreste (sowie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



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

- 1: Wald, parkartig (Wildgetreide (April-Juni), aber auch Baumfrüchte wie Pistacia terebinthus (Juni bis Oktober)
- 2: Waldsteppe mit (v.a.) Standorten von Wildgetreide (wilde Weizen, wilder Roggen: April-Juni); auch hier Baumfrüchte (Juni-Oktober), unterirdische Pflanzenorgane (Sept.-Jan.)
- 3: Trockener Waldsteppenformation: hier beste Sammelgründe für kleinsamige Gräser und Leguminosen (April-Mai), Federgräser (Juni-Oktober), perennier. Chenopodiaceae (Sept.-Januar), unterirdische Pflanzenorgane (Sept.-Januar)
- 4: Euphrat, mit Galeriewald: Samen von Polygonum und Schoenoplectus und verwandte Cyperaceen (Juli-Dez), vor allem auch deren Rhizome (ganzjährig)

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



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)

Interpretation:

Die Anteile von Vertretern von Wald-Steppenformationen zeigen im Lauf der kalten und v.a. trockenere jüngeren Dryaszeit meist einen Rückgang. Dafür nehmen die Anteile von Vertretern aus den trockenere Steppenbereichen zu (praktisch 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, in der Literatur oft als „high ranked“ bezeichneten Sammelpflanzen wie Wildgetreide tatsächlich, aber dafür stellte man sich wieder vermehrt auf das Sammeln von sog. „low-ranked-taxa“ (z. Bsp. kleinsamige Gräser) um (und vermutlich auf das unterirdischen Pflanzenteilen, Baumfrüchten etc.) – d.h. man passte sich den veränderten Verhältnissen an. Für die damaligen Menschen ist die heute oft vorgenommene Wertung in high- und low-ranked deshalb sicher fehlerhaft. Colledge & Conolly, aber auch Willcox (2012) 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???**

Zuerst aber ein Fazit zum Epipaläolithikum:

Fazit: Pflanzennutzung im Epipaläolithikum:

Der Forschungsstand (insbes. archäobotanisch) ist nach wie vor mangelhaft (maximal 8 Fundstellen untersucht, einige davon erst in Bearbeitung; wie die Tabelle auf S. 67 zeigt, zeigen zwar alle die Nutzung von Wilden Vorfahren von späteren Kulturpflanzen, allerdings wird generell ein **breites Spektrum** an Pflanzen und Tieren genutzt (letztere sind auf Tabelle S. 67 NICHT aufgeführt, dafür siehe z. Bsp. eine Tabelle in Asouti & Fuller 2013). Während der klimatisch ungünstigen Phase der Jüngeren Dryas wird eher die Palette an Sammelpflanzen diversifiziert, als dass man sich auf einzelne Taxa wie Getreide zu konzentrieren beginnt. Letztere weisen sogar eine erstaunlich geringe „Bedeutung“ auf! Die **Subsistenz-Strategien** waren so **divers** wie die unterschiedlichen lokalen Umwelten. **Die Jäger/Sammlergruppen nutzten „opportunistisch“ alle verfügbaren Ressourcen.** Das Vorhandensein von **verlässlichen Ressourcen** (wie z.B. jene von Talbodenpflanzen mit essbaren unterirdischen Teilen wie *Boloboschoenus*, Cyperaceae; siehe z. Bsp. Wollstonecroft et al. 2011) hatte wahrscheinlich eine höhere Bedeutung für eine sesshafte Lebensweise als jene von Wildgetreide.

Die archäobiologischen Ergebnisse zeigen aber auch, dass **Sesshaftigkeit** ab dem Epipaläolithikum **möglich** war und auch **belegbar** ist – mind. Ein Teil einer zusammengehörigen Gruppe muss das ganze Jahr über dort geblieben sein. Allerdings konnte man nur an solchen Orten länger siedeln, in deren Umgebung eine **hohe Diversität an nutzbaren Ressourcen** vorhanden war (lokal und saisonal). Sesshaftigkeit war möglich, **ohne** dass man sich auf die Ausbeutung bestimmten Ressource (wie z.B. grossamige Gräser = Wildgetreide) konzentrierte.

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

Wie dem auch sei: Eine der Voraussetzungen für den Beginn von Kultivierung und damit auch Domestikation, nämlich eine ganzjährige Besiedlung (Sesshaftigkeit) war bereits während des ausgehenden Pleistozäns, also im Epipaläolithikum, erfüllt. Ev. hatte man sogar schon begonnen, zu kultivieren! Auf der Grafik S. 71 befinden wir uns also am Anfang der „pre-domestication-cultivation“.

Ab wann und mit welchen Mitteln lässt sich Kultivierung nachweisen?

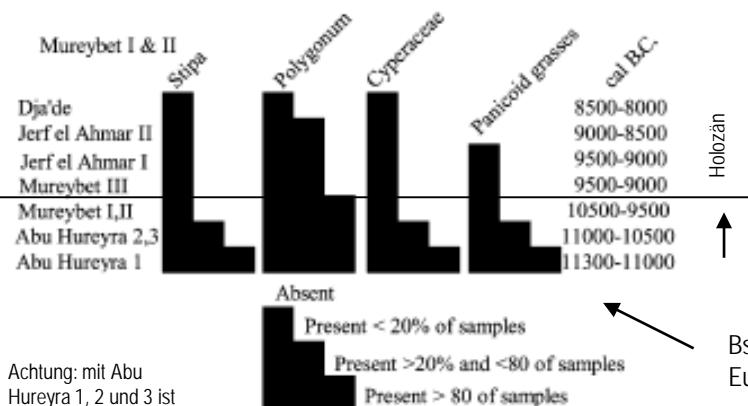
Archäobotanische Fakten (v.a. nach Willcox et al. 2008, 2009)

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) im Lauf des ausgehenden Pleistozäns und (v.a.!) frühen Holozäns:



Im Verlauf des 10. Jt. v. Chr. geht das Sammeln von kleinsamigen Gräsern, Polygonaceen usw. sukzessive zurück. Dies wird als Hinweis auf die Tatsache gewertet, dass man sich ab Beginn des Holozäns / PPNA auf den Anbau der „founder crops“ zu konzentrieren begann.

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

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

3. Auftreten / häufiger werden von „Unkräutern“

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

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

Es besteht allerdings ein grosses Problem: wie stellt man fest, ob eine in einer Siedlung gefundene Pflanze wirklich ein Unkraut war, und nicht eine zu einem anderen Zweck (z.Bsp. für die Ernährung) absichtlich gesammelte Pflanze? Oder eine, die im Siedlungsbereich wuchs? Dies ist auch der Grund, dass die „Unkrauthypothese“ von einigen Wissenschaftlern in Frage gestellt wird (Abbo et al. 2014).

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

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

Potential weed taxa	JA 1	JA 2	DJ	Extant weed species
<i>Adonis</i>	17	38	48	<i>A. microcapa</i> ^a , <i>A. dentata</i>
<i>Bellevalia</i>	107	72	27	<i>B. warburgii</i> ^a , <i>B. egii</i> , <i>B. macrobotrys</i> ^a , <i>B. longipes</i> ^a , <i>B. trifoliata</i> , <i>B. kurdistanica</i>
<i>Centaurea</i>	2	17	338	<i>C. procurrrens</i> , <i>C. verutum</i> ^a , <i>C. verutum</i>
<i>Coronilla</i>	2	1	4	<i>C. scorpioides</i> , <i>C. repanda</i>
<i>Crucianella</i>	1	1		<i>C. herbacea</i>
<i>Erodium</i>	20	13	66	<i>E. moschatum</i> , <i>E. cicutarium</i>
<i>Fumaria</i>	6	2	24	<i>F. densifolia</i> , <i>F. micrantha</i> , <i>F. tenuiflora</i> , <i>F. parviflorum</i> ^a
<i>Galium</i>	68	118	67	<i>G. uropetalum</i> ^a , <i>G. tricorne</i> ^a , <i>G. tricornutum</i>
<i>Glaucium</i>	1	12	288	<i>G. corniculatum</i> ^a , <i>G. leiocarpum</i>
<i>Heliotropium</i>	14	4	19	<i>H. europaeum</i> ^a , <i>H. villosum</i> , <i>H. rotundifolium</i> , <i>H. bovei</i>
<i>Onobrychis</i>	5	1	107	<i>O. squarrosa</i>
<i>Ornithogalum</i>	13	1	2	<i>O. narbonense</i> ^a , <i>O. brachystachys</i> , <i>O. neurostegium</i>
<i>Papaver</i>	1	1		<i>P. rhoeas</i> ^a
<i>Silene/Gypsophila</i>	126	372	148	<i>S. muscipula</i> ^a , <i>S. colorata</i> , <i>S. damascena</i> ^a , <i>S. longipetala</i>
<i>Teucrium</i>			4	<i>T. spinosum</i> ^a , <i>T. parviflorum</i>
<i>Thymelaea</i>	9	9	5	<i>T. hirsuta</i>
<i>Trigonella astroites</i>	15	15	10	<i>Trigonella</i>
<i>Vaccaria</i>			1	<i>V. segetetalis</i> ^a
<i>Valerianella</i>			2	<i>V. coronata</i> ^a , <i>V. vesicaria</i> ^a
Totals	407	677	1,160	Willcox 2012

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

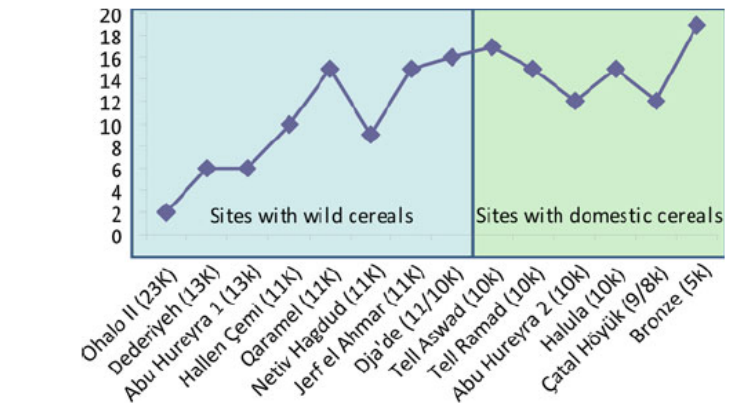
^a Indicates obligatory weed, that is arable weeds not known outside cultivation

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

3. Auftreten / häufiger werden von „Unkräutern“ (Forts.)

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

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



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

Willcox 2012

Total Pflanzenreste pro Fundstelle

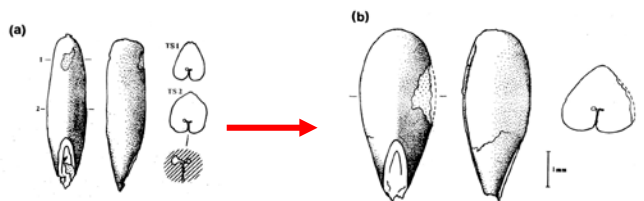
Die Unkrautnachweise zeigen, dass sich bereits ab dem PPNA (ab ca. 9700 -8700 v. Chr. (= ca. 12-11K auf den Darstellungen)) eine „Unkrautvegetation“ ausgebildet hatte: Die Unkraut-Taxazahlen entsprechen denen späterer Fundstellen, obwohl es noch keine morphologisch klar nachweisbaren Kulturpflanzen gibt (erste Anklänge gibt es allerdings, siehe unten, Körner-Größen). Dies ist ein klares Argument für Kultivierung während PPNA. In den früheren, zum Natufien (Epipaläolithikum) zu rechnenden Fundstellen (auf den Darstellungen Abu Hureyra 1 und Dederiyeh) sind Unkräuter zwar deutlich seltener, aber sie fehlen nicht, weshalb Kultivierung nicht ausgeschlossen werden kann. Neue Funde aus Chogha Golan (Iran) scheinen die Unkrauthypothese ebenfalls zu stützen (Riehl 2013). (Ausreisser in der Kurve oben können taphonomisch bedingt sein (Willcox 2012)).

4. Zunahme der Körner-Größen von Getreide

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

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

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

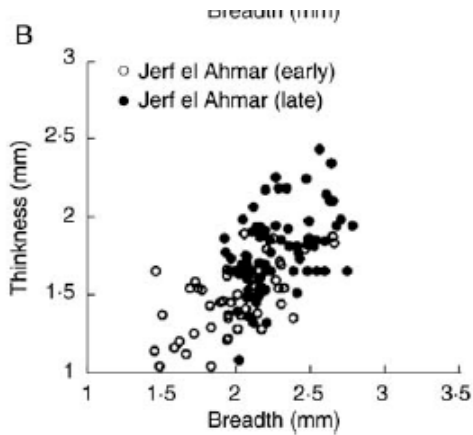


Wildroggen nach Hillman 2000 (Achtung: Verwechslungsgefahr mit Wildeinkorn, deshalb neuerdings nur noch als Wildeinkorn/Wildroggen bestimmt!)

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

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

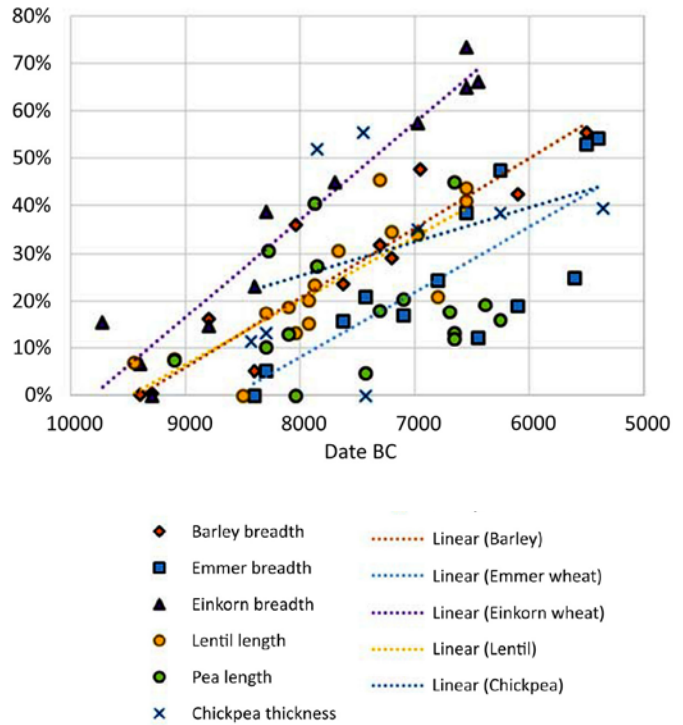
Zunahme des Kornvolumens im Verlauf der Belegungszeit von Jerf el Ahmar (PPNA), Fuller 2007, nach Willcox



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

Zunahme der Kornvolumina von mehreren Arten in verschiedenen Fundstellen des Nahen Ostens (Fuller and Stevens 2017)

Near East: seed size increase (%)



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

Drusch von Wildgetreide wurde ab PPNA (also ab 9700 v. Chr.) in grossen Mengen als Magerungsmittel für Lehmziegel genutzt. Solches ist aus spätpleistozänen (epipaläolithischen) Fundstellen nicht bekannt. In der PPNA-Fundstelle el-Hemmeh (Jordanien) sind viele niedrigwüchsige Unkräuter (neben Strohabdrücken) nachgewiesen, was belegt, dass das Getreide bodennah abgeschnitten wurde, um das Stroh nutzen zu können.

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

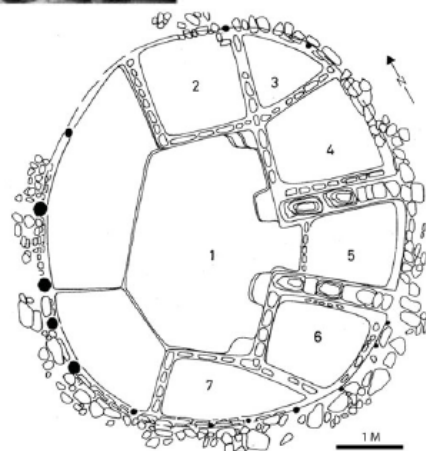
Es kann auch Lagerhaltung von Stroh nachgewiesen werden (siehe unter 6.)



Willcox & Stordeur 2012

6. Lagerhaltung

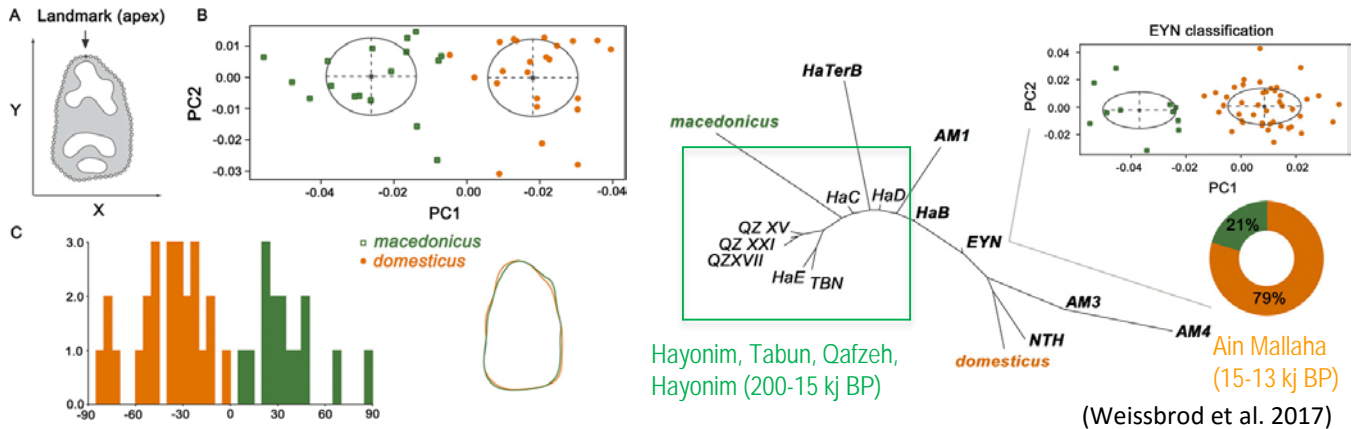
Lagerhaltung von grösseren Getreidemengen in kommunalen Bauten, z. Bsp. in Jerf-el-Ahmar, PPNA (Willcox & Stordeur 2012) ist ein starker Hinweis auf Kultivierung – sogar Produktion grösserer Mengen (memento: Lagerhaltung gibt es bereits seit dem Epipaläolithikum!). Rechts das als Kommunalgebäude gedeutete Gebäude 30 von Jerf-el-Ahmar. In Kompartiment 4 wurden grössere Funddichten von Drusch gefunden, was auf Lagerhaltung von Drusch hinweisen könnte. Zelle 2 hingegen enthielt Getreidekörner (in den Zellen 4, 5 und 6 konnte man 3m³ Körner lagern = minimal 2000 kg)



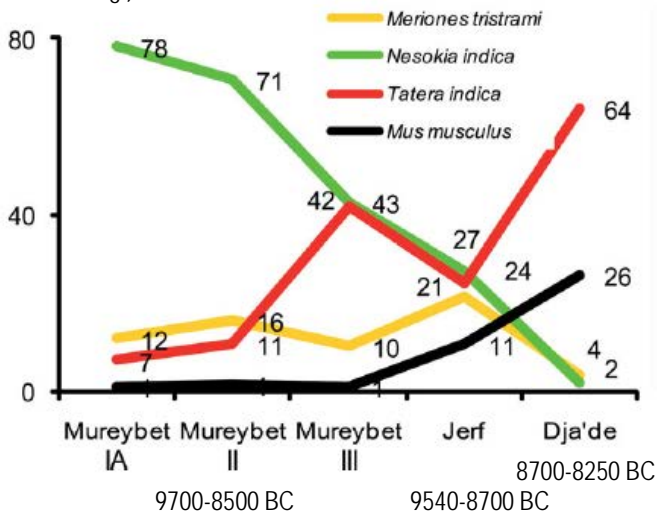
Willcox & Stordeur 2012

Lagerhaltung (Forts.): Archäozoologische Hinweise:

Ab dem frühen Natufien werden erstmals Knochen von Hausmäusen gefunden (*Mus musculus domesticus*) (Weissbrod et al. 2017). *Mus musculus macedonicus* (Wildmaus) taucht nur auf, wenn die Siedlungen auf weniger Sesshaftigkeit hindeuten. Beide Arten können nur mittels «Geometric morphometrics» der Molaren (M1) (=Zähne) unterschieden werden.



Die ersten Nachweise von verkohltem Mauskot in frühen Fundstellen des mittleren Euphrat erscheinen im PPN (Willcox et al. 2008, Willcox & Stordeur 2012). Mäuse wurden bereits im 9. Jt. v. Chr. auch nach Zypern „exportiert“ (Vigne & Cucchi 2005). Insektenschädlinge wurden nur in Atlit Yam (Brunnen mit Feuchtbodenerhaltung, Kislev 1991) identifiziert; dies hat taphonomische Gründe (bessere Erhaltung!).



Verkohlte Koprolithen von Mäusen: Links Hausmaus, rechts *Tatera indica* (ein rattenähnliches Tier)

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



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

Willcox & Stordeur 2012

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

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

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

Fazit: Nachweis einer Kultivierung – wann begann diese?:

Nachweise von Kultivierung im ausgehenden Pleistozän (Epipaläolithikum resp. frühes / beginnendes entwickeltes Protoneolithikum) sind allesamt **zweifelhaft** – die Datenlage ist zu schlecht! Allerdings sind Sesshaftigkeit und auch Lagerhaltung ab dem Epipaläolithikum resp. dem frühen Protoneolithikum klar zu belegen, so dass auch der Beginn einer Kultivierung schon dort liegen könnte. Ein Teil der Bevölkerung muss aber nach wie vor mobil gewesen sein. Dazu schlagen Asouti & Fuller (2013) aufgrund der vorliegenden v.a. archäobotanischen Daten folgendes Modell vor:

Table 5. Generalized model of the potential mobility patterns proposed for Early PPN cultivator-forager communities

Early PPN cultivator-forager mobility spectrum		
Entire group	Household(s) groups	Individuals and groups of individuals
Settlement relocation (residential)	Seasonal/annual moves between (dispersed) cultivated fields and parent settlement (logistical and residential)	Variable duration (few days to several months) moves of individuals, task groups, and kin/age set/gender groups in relation to hunting/foraging trips, participation in exchange/kinship/mating networks, ceremonial rites and other social obligations (logistical and residential)

Mit Beginn von PPNA resp. des 2. Drittels des entwickelten Protoneolithikums = **ab Beginn des Holozäns** – ab etwa 9700 v. Chr. - ist **Kultivierung dann eindeutig** nachweisbar. Gleichzeitig begann eine Konzentration auf wenige, grossamige Taxa (oft deswegen in der Literatur als sog. „high ranked foods“ bezeichnet), darunter 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, wohl aber schon eine Vergrösserung der Körner). Man spricht deshalb von einer „Pre-domestication-cultivation“ (siehe Grafik S. 65). D.h. man sieht Domestikation als einen sich über längere Zeit hinziehenden Prozess an (sog. „protracted domestication“, Purugganan & Fuller 2009). Es sei nicht verschwiegen, dass es Forscher gibt, welche die Existenz einer „protracted domestication“ in Zweifel ziehen oder völlig bestreiten (zusammenfassend neu Abbo et al. 2014). Meines Erachtens sprechen die archäologischen Fakten eher für eine „protracted domestication“.

Wieso wurden am Schluss “nur” so wenige Taxa aus einer sehr grossen Zahl von ursprünglich (und zum Teil auch weiterhin!) genutzten Pflanzen domestiziert? Nach Savard et al 2006, 191, ergänzt

Es ist schwer, hierfür befriedigende Erklärungen zu finden. Für eine Kultivierung könnte zunächst die morphologische Eignung den Ausschlag gegeben haben (grosse Samen, leicht zu ernten, kurzlebig...). Inwiefern z. Bsp. „Schmackhaftigkeit“, Lagerfähigkeit, Kalorienreichtum oder die Eignung zur Herstellung alkoholischer Getränke wie Bier eine Rolle spielten, darüber lässt sich nur spekulieren.

Derartige Spekulationen werden etwa über einen Befund in Haus 10 von Jerf-el-Ahmar angestellt, wo in den Bodenproben reichlich Gerste vorhanden war, und wo 3 Wannen aus Kalkstein in situ ausgegraben wurden (Willcox & Stordeur 2012, Fig. 7; Bild rechts).

Später spielte sicher auch die genetische Konstitution eine Rolle (Stabilität von günstigen Mutanten, da Selbstbestäuber). Auch die Rolle von Sekundärprodukten wie Stroh und Drusch ist nicht zu unterschätzen.

Wohl eher eine geringe Rolle spielte die Rolle einer Pflanze in der „pre-agrarian diet“, da diese extrem divers war.



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

Welche Rolle spielte die Klimaentwicklung für den Beginn der Kultivierung resp. die Neolithisierung?

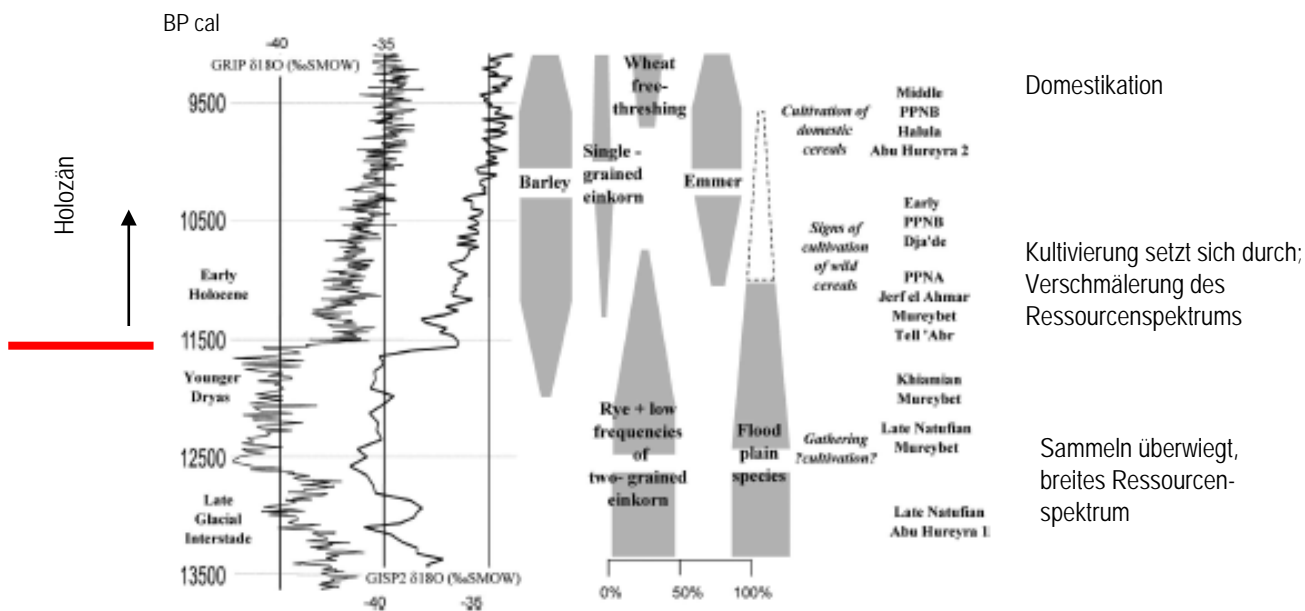
Dem Klimaverlauf am Ende des Pleistozäns wird seit längerem eine sehr wichtige Rolle als Auslöser von Kultivierung und Domestikation zugeschrieben - prozessualistisch denkende (also naturwissenschaftlich orientierte) ArchäologInnen favorisieren bis heute die Klimahypothese als Auslöser von Kultivierung und damit Domestikation stark. Aber ist dies tatsächlich haltbar?

Einen Überblick über den Klimaverlauf im Zusammenhang mit der Entwicklung der Subsistenz zeigt die unten stehende Grafik. Dort sind neben den Sauerstoffisotopenkurven aus dem Grönlandeis als Proxies für den Klimaverlauf (links) die Veränderungen auf dem Nahrungsmittelsektor (was Pflanzen anbetrifft; rechts) einander gegenübergestellt. Man sieht bei den Klimakurven, dass während des Spätglazial-Interstadials (Late-Glacial-Interstadial) 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 - im Verlauf des Epipaläolithikums - die ersten ganzjährig besiedelten Siedlungen entstanden.

Inwiefern die Jüngere Dryaszeit diesen "Überfluss der Natur" beendet hat, ist umstritten – und aufgrund der mangelhaften Datenlage schwer zu beurteilen; fest steht, dass viele Siedlungen verlassen wurden, nur einzelne günstige Plätze blieben besiedelt wie etwa die Siedlungen im grossen Flusstal des Euphrat (Bsp. Tell Abu Hureyra, Tell Mureybet). Es wurde weiterhin ein sehr breites Nahrungsangebot genutzt. Es gibt möglicherweise erste (aber noch nicht klar zu interpretierende) Anzeichen einer Kultivierung von Pflanzen (hier Getreide dargestellt).

Dass man den Beginn der Kultivierung in die klimatisch „ungünstige“ Jüngere Dryaszeit legte, basierte vor allem auf den Ergebnissen von Abu Hureyra (Moore et al. 2000). Da allerdings diese 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. Ausserdem sind bei solchen Überlegungen regionale Differenzen nicht berücksichtigt. Vor allem aber ist die Datenlage absolut ungenügend (ausführlich dazu Maher et al. 2011).

Neue Ergebnisse, v.a. aus N-Syrien und SE-Anatolien, aber auch neuerdings dem Iran, zeigen, dass heute klare Hinweise auf Kultivierung erst ab Beginn des Holozäns vorliegen, also ab dem sog. PPNA, als wieder sehr günstige Klimabedingungen herrschten (ab ca. 9700 v. Chr.). Dies war eine Zeit, in der es zu weitreichenden kulturellen Entwicklungen kommt (siehe S. 1-26 des Skripts) – es gibt wieder mehr Siedlungen, auch mit Kommunalgebäuden. Deshalb sehen heute viele Forscher eher kulturelle Aspekte wie etwa den Besitz von Prestigegütern oder das Abhalten von Ritualen, bei denen auch gemeinsam (spezielle?) Nahrung konsumiert wurde, als Auslöser für Kultivierung und Domestikation (siehe die Diskussion in Asouti & Fuller 2013 und dort zitierte Literatur). Allmählich kommt es im Lauf des PPNA zur Domestikation.



Willcox et al. 2009

Domestikation

Kultivierung setzt sich durch; Verschmälerung des Ressourcenspektrums

Sammeln überwiegt; breites Ressourcenspektrum

Welche Rolle spielte die Kilamentwicklung für den Beginn der Kultivierung resp. die Neolithisierung? (Forts.)

Als Fazit kann man festhalten:

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 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 nicht allein für den Übergang zur Kultivierung verantwortlich gemacht werden - es müssen verschiedenartigste Umstände gewesen sein, die wie auch immer zusammenspielten!

Bei Betrachtungen zur Neolithisierung ist es deshalb besonders wichtig, möglichst verschiedene Aspekte in die Interpretation der beobachteten Entwicklungen miteinzubeziehen, was das folgende Zitat aus Asouti & Fuller 2013 (351) unterstreicht:

„It is from such a perspective that we have thought to deconstruct the artificial distinction between mundane/subsistence and ritual/symbolic behaviours, itself a pervasive feature of the Neolithic archaeology of Southwest Asia. (...) Instead, we have concentrated on tracing the historical development of plant-based subsistence by taking into account the diverse sociocultural environments and development trajectories that characterized the Early PPN of Southwest Asia. (...) ... A balanced understanding of the transition from foraging to farming requires inclusive, integrated narratives that allow for multiscale perspectives. (...) The future development of a contextual research agenda in archaeobotanical research of agricultural origins in Southwest Asia rests on the collection of larger and better documented botanical evidence.“ (letzteres gilt auch für die Archäozoologie!)

An den Schluss dieser Überlegungen möchten wir ein weiteres Zitat stellen, das die Vorgänge im Lauf der Neolithisierung gut auf den Punkt bringt :

“ ... 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)

Table 1. Summary of Late Epipaleolithic: Early Neolithic chronocultural horizons and subsistence economies in Southwest Asia

Chronocultural horizons	Calibrated years BC	Regional cultural entities and subsistence economies
Late Epipaleolithic	~12,000–10,000	Natufian (Levant, south Anatolian coast), Epipaleolithic of the north-eastern Fertile Crescent (Taurus-Zagros arc): hunting-gathering
Pre-Pottery Neolithic A (PPNA)	~9700–8700	Khiamian (northern, southern? Levant), Early PPN of the northeastern Fertile Crescent: hunting-gathering Mureybetian (northern Levant), Sultanian (southern Levant): hunting-gathering; predomestication cultivation PPNA habitations at Göbekli Tepe, Çayönü (SE Anatolia): hunting-gathering (predomestication cultivation?)
Early PPNB (EPPNB)	~8700–8200	Northern Levant, southeast Anatolia, (persistence of the PPNA in the southern Levant?), Early PPN of the northeastern Fertile Crescent, Early Cypro-PPNB; earliest known Neolithic settlement in central Anatolia: predomestication or mixed cultivation, hunting-gathering, herding, first appearance of domesticated crop “packages”
Middle PPNB (MPPNB)	~8200–7500	MPPNB cultures of the southern Levant, aceramic Neolithic cultures of the northern Levant, southeast and central Anatolia, Cyprus and the Zagros: diverse habitation patterns and subsistence practices observed region-wide
Late PPNB (LPPNB)	~7500–7000	Late aceramic Neolithic cultures, southern Levantine “megasites”: establishment and expansion of mixed agropastoral economies based on cereals, pulses and caprine herding region-wide, completion of the plant domestication process, widespread adoption of domesticated crop “packages” in mixed agropastoral economies

Zitierte (und weitere wichtige) Literatur:

- Abbo, S., Pinhasi van-Oss, R., Gopher, A., Saranga, Y., Ofner, I. und Peleg, Z. (2014)** Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. *Trends in Plant Science* in press.
- 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.
- Araus, J.L., Febrero, A., Buxo, R., Camalich, M.D., Martin, D., Molina, F., Rodriguez-Ariza, M.O., Romagosa, I. (1997)** Changes in carbon isotope discrimination in grain cereals from different regions of the western Mediterranean Basin during the past seven millennia. Palaeoenvironmental evidence of a differential change in aridity during the late holocene. *Global Change Biology*, 107-118.
- Araus, J.L., Ferrio, J.P., Voltas, J., Aguilera, M., Buxó, R. (2014)** Agronomic conditions and crop evolution in ancient Near East agriculture. *Nature Communications* 5, 3953.
- Arranz-Otaegi, A., López-Sáez, J.A., Araus, J.L., Portillo, M., Balbo, A., Iriarte, E., Gourichon, L., Braemer, F., Zapata, L., Ibáñez, J.J. (2017)** Landscape transformations at the dawn of agriculture in southern Syria (10.7-9.9 ka cal BP): plant-specific responses to the impact of human activities and climate change. *Quaternary Science Reviews* 158, 145-163.
- Asouti, E. und Fuller, D. Q. (2012)** From Foraging to Farming in the southern Levant: the development of Epipalaeolithic and Pre-Pottery-Neolithic plant management strategies. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 149-162.
- Asouti, E. und Fuller, D. Q. (2013)** A contextual Approach to the Emergence of Agriculture in Southwest-Asia. *Reconstructing Early Neolithic Plant Food Production. Current Anthropology* 54/3,308-345.
- Asouti, E. und Kabukcu, C. (2014)** Holocene semi-arid oak woodlands in the Irano-Anatolian region of Southwest Asia: natural or anthropogenic? *Quaternary Science Reviews* 90, 158-182.
- Asouti, E., Kabukcu, C., White, C.E., Kuijt, I., Finlayson, B. und Makarewicz, C. (2015)** Early Holocene woodland vegetation and human impacts in the arid zone of the southern Levant. *The Holocene* 25, 1565-1580.
- Aurenche, O. und Kozłowski, S. K. (1999)** La naissance du Néolithique au Proche Orient ou le paradis perdu. Paris.
- Balter, M. (2007)** Seeking Agriculture's Ancient Roots. *Science* 316, 1830-1835.
- 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.
- Colledge, S. (2001)** Plant Exploitation on Epipalaeolithic and Early Neolithic Sites in the Levant. *BAR International Series* 986. Oxford.
- Colledge, S. und Conolly, J. (2010)** Reassessing the evidence for the cultivation of wild crops during the Younger Dryas at Tell Abu Hureyra, Syria. *Environmental Archaeology* 15/2, 124-138.
- Dean, J.R., Jones, M.D., Leng, M.J., Noble, S.R., Metcalfe, S.E., Sloane, H.J., Sahy, D., Eastwood, W.J. und Roberts, C.N. (2015)** Eastern Mediterranean hydroclimate over the late glacial and Holocene, reconstructed from the sediments of Nar lake, central Turkey, using stable isotopes and carbonate mineralogy. *Quaternary Science Reviews* 124, 162-174.
- Fuller, D. (2007)** Contrasting patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. *Annals of Botany* 2007, 1-22.
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012)** Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. *Journal of Experimental Botany* 63/2, 617-33.
- Fuller, D. Q., Asouti, E. und Purugganan, M. D. (2012)** Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 131-145.
- Fuller, D.Q., Stevens, C. (2017)** Open for Competition: Domesticates, Parasitic Domesticoids and the Agricultural Niche. *Archaeology International* 20, 110-121.
- Goring-Morris, A. N. und Belfer-Cohen, A. (1997)** The articulation of cultural processes and Late Quaternary environmental changes in Cisjordan. *Paléorient* 23, 71-93
- Haldorsen, S., Akan, H., Celik, B. und Heun, M. (2011)** The climate of the Younger Dryas as a boundary for Einkorn domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 20/4, 305-318.
- Harris, D., Hrsg. (1996)** The Origins and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia. London.
- Hillman, G. C. (2000)** Abu Hureyra I: The Epipalaeolithic. In: Moore, A. M. T., Hillman, G. C. und Legge, A. J. (Hrsg.) *Village on the Euphrates. From foraging to farming at Abu Hureyra*. Oxford, 327-399.
- Kislev, M. (1991)** Archaeobotany and storage archaeoentomology, in: Renfrew, J.M. (Ed.), *New light on ancient farming*. University Press, Edinburgh, pp. 121-136.
- Kislev, M., Nadel, D. und Carmi, I. (1992)** Epipalaeolithic (19'000 BP) cereal and fruit diet at Ohalo II, sea of Galilee, Israel. *Review of Palaeobotany and Palynology* 73, 161-166.

Literatur (Forts.)

- 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.
- Lucas, L., Colledge, S., Simmons, A. und Fuller, D. Q. (2012)** Crops introduction and accelerated island evolution: archaeobotanical evidence from 'Ais Yiorkis and Pre Pottery Neolithic Cyprus. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 117-129.
- Maher, L., A., Banning, E.B. und Chazan, M. (2011)** Oasis or Mirage? Assessing the Role of Abrupt Climate Change in the Prehistory of the Southern Levant. *Cambridge Archaeological Journal* 21/1, 1-29.
- Moore, A. M. T., Hillman, G. C. und Legge, A. J. (2000)** Village on the Euphrates. From foraging to farming at Abu Hureyra. Oxford.
- Nadel, D., Piperno, D., Holst, I., Snir, A. und Weiss, E. (2012)** New evidence for the processing of wild cereal grains at Ohalo II, a 23 000-year-old campsite on the shore of the Sea of Galilee, Israel. *Antiquity* 86, 990-1003.
- Orland, I.J., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Matthews, A., Kozdon, R., Ushikubo, T. und Valley, J.W. (2012)** Seasonal resolution of Eastern Mediterranean climate change since 34ka from a Soreq Cave speleothem. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 89, 240-255.
- 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.
- Purugganan, M. D. und Fuller, D. Q. (2009)** The nature of selection during plant domestication. *Nature* 457/12. Feb. 2009, 843-848.
- Riehl, S., Benz, M., Conard, N. J., Darabi, H., Deckers, K., Nashli, H. F. und Zeidi-Kulehparcheh, M. (2012)** Plant use in three Pre-Pottery Neolithic sites of the northern and eastern Fertile Crescent: a preliminary report. *Vegetation History and Archaeobotany* 21/2, 95-106.
- Riehl, S. (2013)** Emergence of Agriculture in the Foothills of the Zagros Mountains of Iran. *Science* 341, 65-67.
- 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.
- Roberts, N., Woodbridge, J., Bevan, A., Palmisano, A., Shennan, S. und Asouti, E. (2017)** Human responses and non-responses to climatic variations during the last Glacial-Interglacial transition in the eastern Mediterranean. *Quaternary Science Reviews*.
- 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
- 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.
- 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.
- Tanno, K.-I. und Willcox, G. (2012)** Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 107-115.
- Tanno, K.I., Willcox, G., Muhesen, S., Nishiaki, Y., Kanjo, Y. und Akazawa, T. (in press)** Preliminary Results from Analyses of Charred Plant Remains from a Burnt Natufian Building at Dederiyeh Cave in Northwest Syria.
- 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.
- Vigne, J.-D. und Cucchi, T. (2005)** Premières navigations au Proche-Orient: Les informations indirectes de Chypre. *Paléorient* 31/1, 186-194.
- 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., 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.

Literatur (Forts.)

- Weiss, E., Kislev, M. E. und Hartman, A. (2006) Autonomous Cultivation before Domestication. *Science* 312/16 June 2006, 1608-1610.
- Weissbrod, L., Marshall, F.B., Valla, F.R., Khalaily, H., Bar-Oz, G., Auffray, J.-C., Vigne, J.-D. und Cucchi, T. (2017) Origins of house mice in ecological niches created by settled hunter-gatherers in the Levant 15,000 y ago. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, 4099-4104.
- 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.
- White, C. E. und Makarewicz, C. A. (2012) Harvesting practices and early Neolithic barley cultivation at el-Hemmeh, Jordan. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 85-94.
- Willcox, G. (2012) Searching for the origins of arable weeds in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21/2, 163-167.
- Willcox, G., Fornite, S. und Herveux, L. (2008) Early Holocene cultivation before domestication in Northern Syria. *Vegetation History and Archaeobotany* 17/3, 313-325.
- Willcox, G., 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., Nesbitt, M. und Bittmann, F. (2012) From collecting to cultivation: transitions to a production economy in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany (Special Issue)* 21, 81-167.
- Willcox, G. und Stordeur, D. (2012) Large-scale cereal processing before domestication during the tenth millennium cal BC in northern Syria. *Antiquity* 86, 99-114.
- Willcox, G. und Herveux, L. (in press) Late Pleistocene / Early Holocene Charred Plant Remains (betrifft Tell Qaramel).
- Wollstonecroft, M. M., Hroudová, Z., Hillman, G. C. und Fuller, D. Q. (2011) *Bolboschoenus glaucus* (Lam.) S.G. Smith, a new species in the flora of the ancient Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 20/5, 459-470.
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012) *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin.* 4th Edition. Oxford.

Teil 5: Domestikation und weitere Differenzierung von Getreide im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes, aufgrund archäobotanischer und genetischer Ergebnisse

Inhalt:

- Grundsätzliches:
 - Systematik, Morphologie
 - Domestikationsmerkmale
 - Morphologische Differenzen zwischen Wild- und Kulturgetreide
 - Sichtbarkeit im archäobotanischen Fundmaterial und damit verbundene Probleme
 - Vorstellungen über genetische Prozesse während der Domestikation von Getreide
- Domestikation von Weizen (*Triticum*)
 - Übersicht Weizenarten
 - Diploide Weizen (Einkornreihe)
 - Tetraploide Weizen (Emmerreihe)
 - Entwicklung weiterer Weizenarten und -formen (tetraploide Nacktweizen, hexaploide Formen)
 - Weshalb wurden verschiedene Weizenarten domestiziert?

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

Die wichtigsten altweltlichen Getreide sind **Weizen**, **Gerste** und Roggen. Wir behandeln hier nur Weizen und Gerste genauer, über Roggen und seine früheste Geschichte ist kaum etwas bekannt.

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!

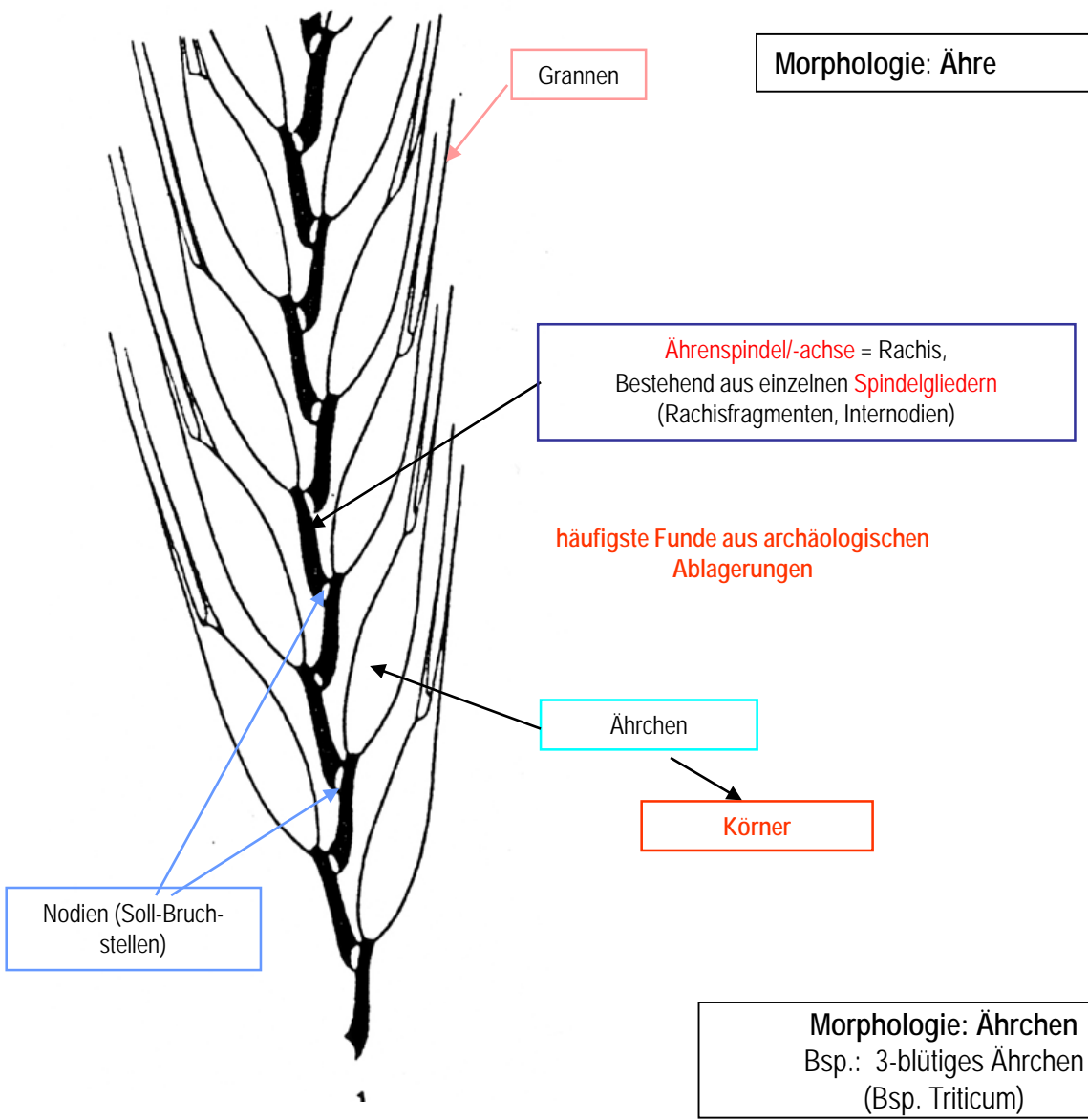
wichtige Begriffe:

Spelzgetreide (Spelzweizen, Spelzgerste...):

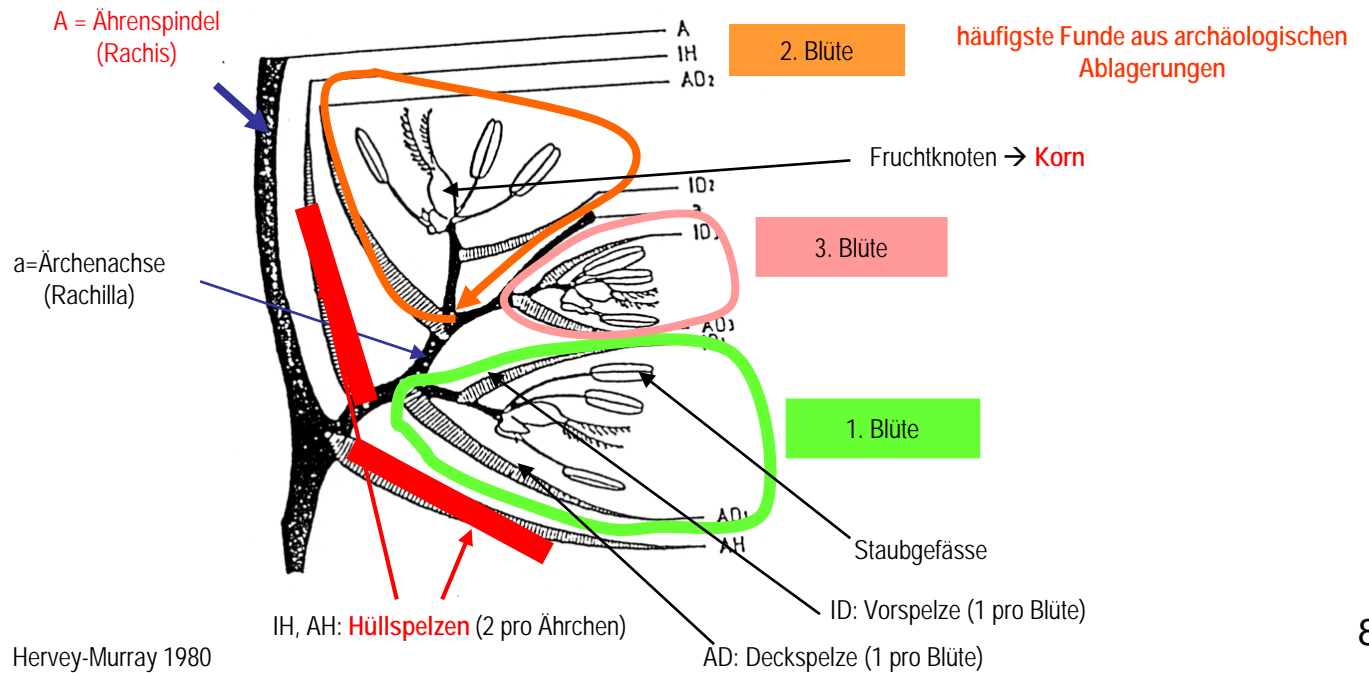
Die Spelzen umschließen das/die Körner **fest**: letztere lassen sich erst nach zusätzlichen Arbeitsschritten (z. B. Mörsern) gewinnen. **URSPRÜNGLICH**

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



domestiziert

Ähre bleibt ganz



wild

Ähre zerfällt von selbst, von oben nach unten

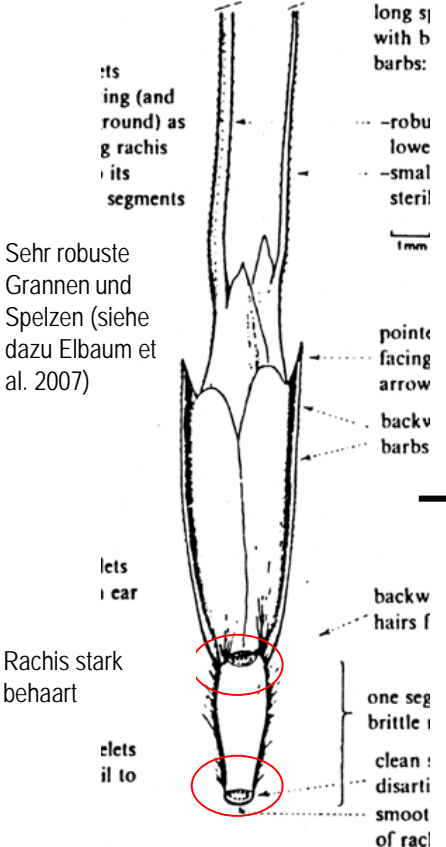
Charmet 2011

Morphologische Unterschiede zwischen Wild- und Kulturformen am Bsp. *Triticum*:

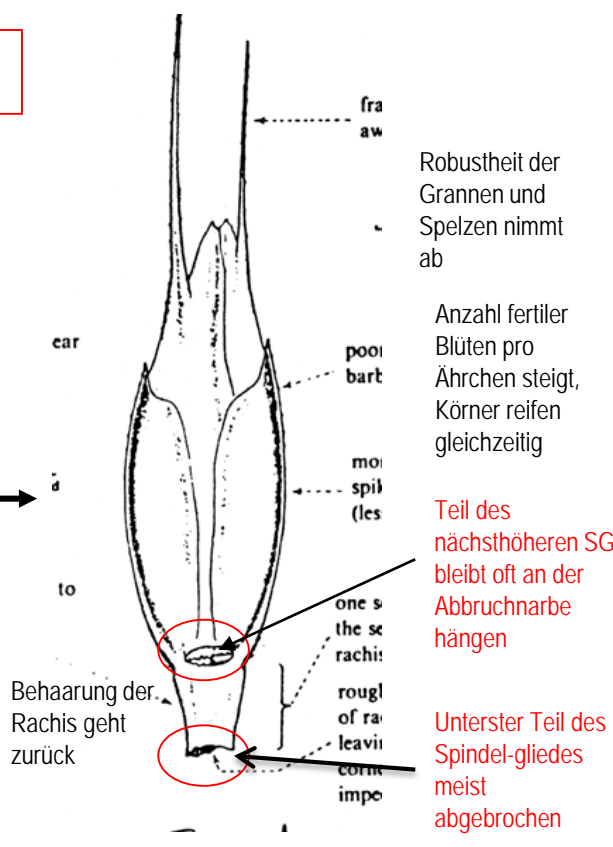
Ährchen mit Spindelglied vom Wildeinkorn (*Triticum boeoticum*)

Ährchen mit Spindelglied vom Kultureinkorn (*Triticum monococcum*)

feststellbar an archaischen Pflanzenresten



Grössenzunahme (Körner)



glatte Abbruchstellen an der Rachis: Rachis zerbricht von selbst an Sollbruchstellen (ausser ganz an der Ährenbasis)

Unregelmässige Abbruchstellen an der Rachis: Ähre bleibt ganz, Brüchigkeit der Rachis verschwindet, sie zerbricht erst bei äusserer (künstlicher) Einwirkung

Generelles zum Domestikations-syndrom siehe S. 45-47

Bestockungsfähigkeit nimmt zu

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

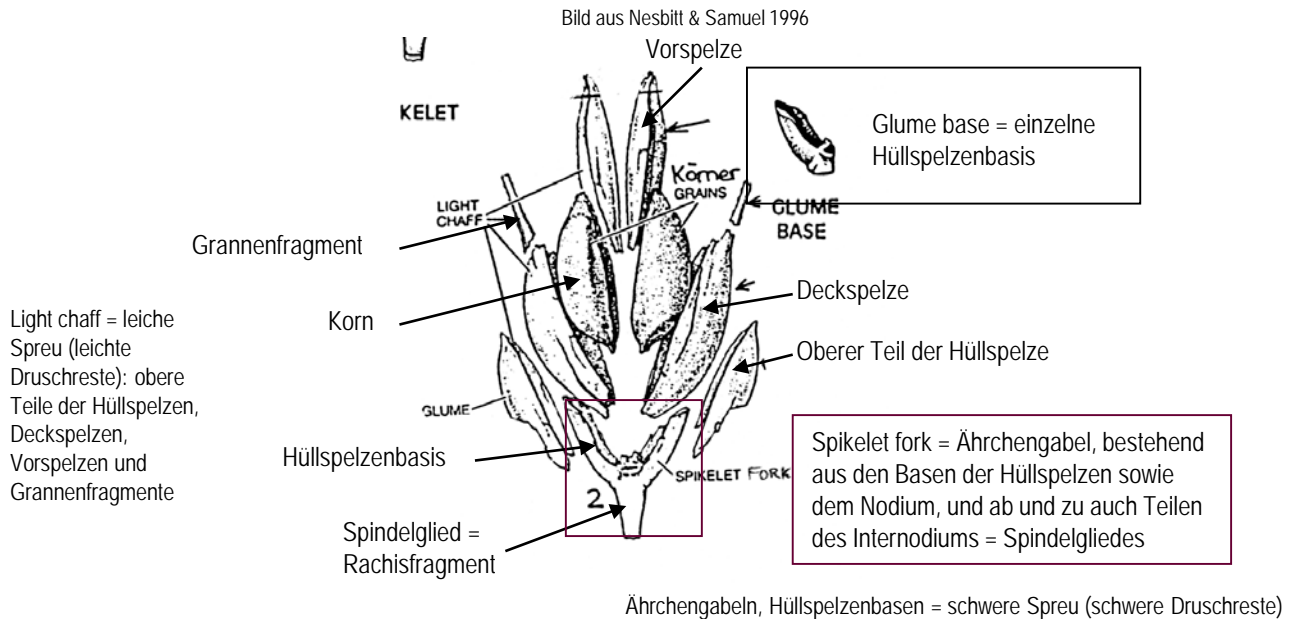
Domestikation von Getreide (4): Morphologische Unterscheidung von Wild- und Kulturgetreide im archäologischen Fundmaterial

Wie vertrauenswürdig sind frühe Nachweise von Kulturformen?

(speziell in proto-/frühneolithischen Fundstellen im Nahen Osten)

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

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



Sichtbarkeit im archäobotanischen Fundmaterial

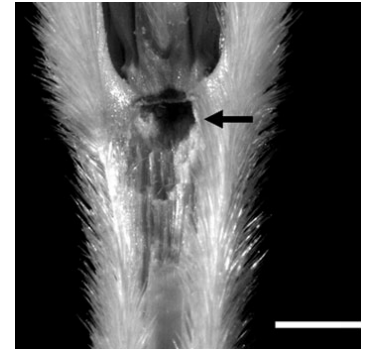
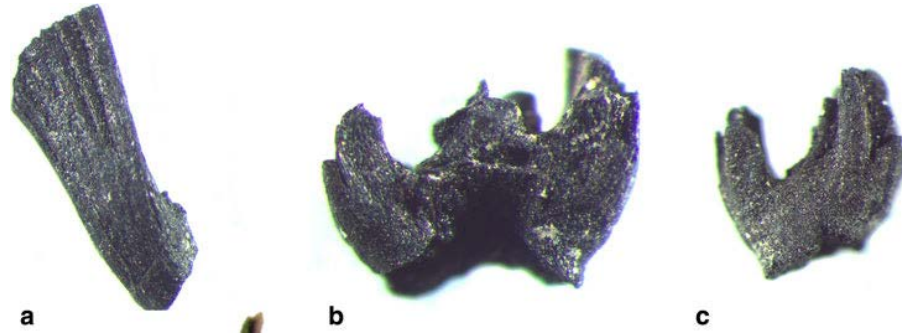
Bis vor kurzem war man sich über die Kriterien, um Wild- und Kulturformen zu unterscheiden, nicht einig. Erst Tanno & Willcox haben seit wenigen Jahren solche Kriterien, zunächst auf dem Internet, herausgearbeitet (publiziert 2012). Sie haben ihre Kriterien auf über 20'000 verkohlte Drusch-Resten (17'16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

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

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

Domestikation von Getreide (5): Unterscheidung von Wild- und Kulturformen im archäobotanischen Fundmaterial und damit verbundene Probleme (nach Tanno & Willcox 2012)

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

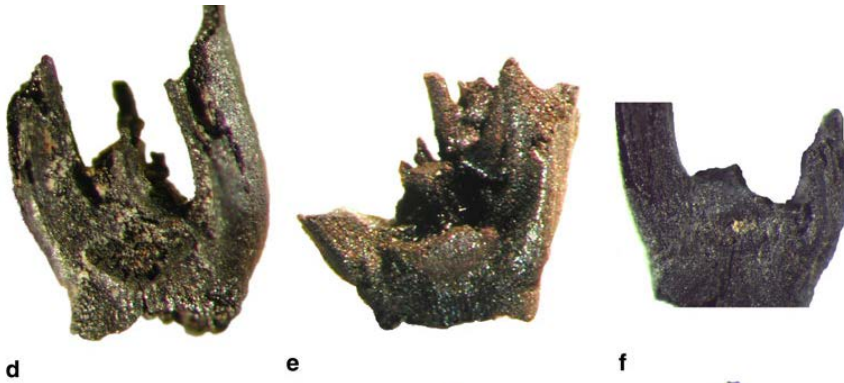


a: Hüllspelzenbasen von Spelzgetreide (nur Weizen!): fast häufigste Funde (rund 50%); an ihnen können Wild- und Kulturformen nicht unterschieden werden.

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

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

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



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

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

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

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

Domestikation von Getreide (6): Unterscheidung von Wild- und Kulturformen im archäobotanischen Fundmaterial und damit verbundene Probleme (Forts.) (nach Tanno & Willcox 2012)

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



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

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

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

Modern: wild

Modern: domestiziert



Weiteres Problem:

An der **Ährenbasis ist die Ährenspindel auch bei Wildformen fest** (siehe Abbildung S. 87 oben)! 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, 1997) an *Hordeum spontaneum* (Wildgerste) zeigten, dass **10% der Wildformen « domestizierte » Abbruchart zeigten**: dies waren die Druschreste von der Ährenbasis. Ähnliche Anteile zeigten auch neuere und extensivere Analysen von rezenten Populationen (Snir & Weiss 2014). Snir und Weiss konnten auch belegen, dass dieser Anteil noch höher werden könnte, wenn man die Ernte spät, also nach dem Verlust der obersten Ährchen (die früher reifen und als erste abbrechen) macht; in diesem Fall würde der Anteil der „domestiziert“ aussehenden Wildgerstenspindelglieder noch höher ausfallen.

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. 91).

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

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

Funde gemäss den in Tanno & Willcox 2012 aufgeführten 9 Gruppen dargestellt (siehe S. 86 und 87)

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

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

Datierungen der Fundstellen siehe S. 64

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

Der Nachweis der frühesten Domestikation ist SEHR schwierig!

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

Einfluss der Ernteweise:

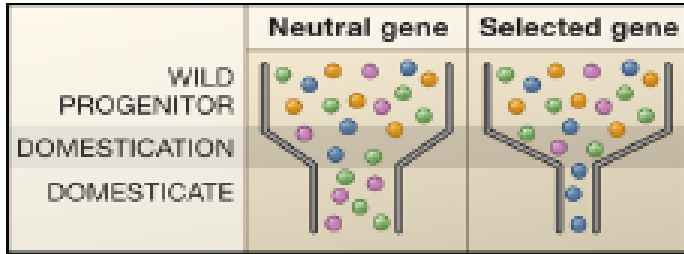
Bei der Entstehung von domestizierten Formen spielt die Art, wie und wann Getreide geerntet wurde, eine Rolle. Wird beispielsweise Wildgetreide in unreifem Zustand geerntet, um einen Ernte-Verlust durch Zerbrechen der Ähren zu vermeiden, so können bei der Aufbereitung der Ernte „ausgerissen“ erscheinende Internodienbasen entstehen, wie bereits erwähnt wurde (siehe S. 90).

Eine positive Selektion in Richtung fester Ährenspindel findet erst statt, wenn konsequent mit **Sicheln** abgeerntet wird (siehe die Experimente von Hillmann & Davies 1990). Werden hingegen beispielsweise abgefallene Ährchen von Wildgetreide vom Boden aufgelesen (Kislev et al. 2004), das Wildgetreide in praktisch reifem Zustand in Körbe „abgeschlagen, oder ähnliches mehr, so entsteht keine solche positive Selektion. Allerdings ist es weitgehend unklar, wie das Getreide am Übergang zur Domestikation wirklich geerntet wurde. Zwar findet man sog. Erntemesser, ihre Funktion ist aber durchaus umstritten....!

Domestikation von Getreide (8): Vorstellungen über genetische Prozesse während des Domestikationsprozesses

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

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



Doebley et al. 2006, 1310-1311

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

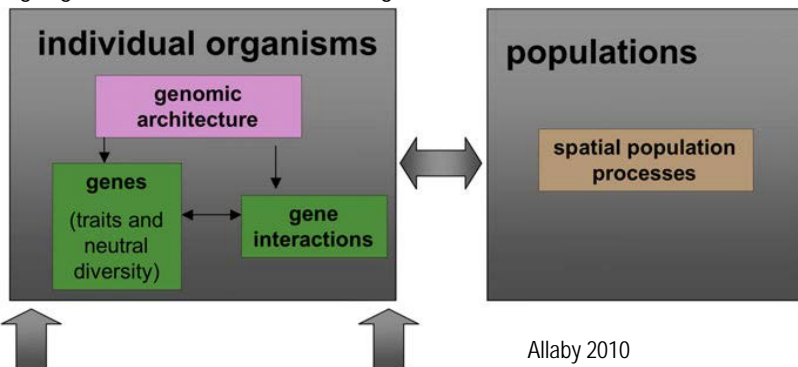
Das Ausmass der Reduktion ist abhängig von der Populations-grösse während der Domestikation und der Länge der Domestikationsperiode. Wichtig: der Verlust an Diversität war nicht gleich für alle Gene. Bei jenen Genen, die den favorisierten Phänotyp nicht beeinflussen (sog. neutrale Gene, Grafik oben: links), ist der Verlust an Allelen nicht so gross. Er betrifft vor allem jene Gene, welche den bevorzugte Phänotyp ausmachen / bestimmen: Pflanzen, welche Träger der favorisierten Allele waren, trugen am meisten zur genetischen Ausstattung der nächsten Generation bei, andere Allele

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

Neue genetische Studien sowie vor allem Modellierungen belegen, dass alles viel komplizierter war (dazu siehe vor allem das Paper von Allaby 2010). Demnach gibt es bei der Domestikation verschiedene interagierende Faktoren. Diese beeinflussen die Art der genetischen Diversität in den Kulturpflanzen. Diese Faktoren sind erst noch über verschiedene Organisationsebenen verteilt, die bei Überlegungen zur Domestikation zu berücksichtigen sind (siehe Grafik unten):

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

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



Allaby 2010

Für die Zukunft wird durch Allaby (2010) empfohlen, Modellszenarien mit virtuellen Pflanzen in virtuellen Landschaften mit virtuellen Menschen durchzuspielen. Das der archäologischen Realität am nächsten kommende Modell könnte dann die wahrscheinlichste Möglichkeit, wie es zu Domestikation kam, widerspiegeln. So könnten ev. auch mit genetischen Modellierungen Voraussagen für die Archäologie getroffen werden.

Domestikation von Getreide (9): 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 und fast alle der nahe verwandten *Aegilops*-Arten haben eine für die einfache Domestikation ausgesprochen **günstige**

Verbreitungsbiologie: Selbstbefruchter (autogam), d.h. Mutanten sind stabil (Ausnahme: *Aegilops speltoides* Tausch). Die Outbreeding-Rate sehr NIEDRIG 1,6 – 4,2%. Eine Entstehung neuer Arten ist selten, aber möglich! (siehe dazu etwa Allaby et al. 2010; Golovnina et al. 2007).

(zu Eigenschaften siehe S. 121 f.)

Übersicht Weizenarten* (aus Zohary et al. 2012)

Table 3 Taxonomic classification of wheats, *Triticum* L. Morphological types (or species) according to traditional classification and their modern grouping on the basis of cytogenetic and molecular affinities (Van Slageren 1994). Dashed lines separate between ploidy levels.

Modern grouping (biological species)	Traditional classification
<hr/>	
(i) Diploid (2n = 14) einkorn wheat Genomic constitution: AA Both wild and domesticated forms. Collective name: <i>T. monococcum</i> L.	<i>T. boeoticum</i> (Druckfehler)
1. <i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>aegilopoides</i> (Link) Thell.	1. Wild einkorn <i>T. boeoticum</i> Boiss. emend. Schiem. (brittle, hulled). Including single-grain forms (subsp. <i>aegilopoides</i>) and two-grain forms (subsp. <i>thaoudar</i>)
2. <i>T. monococcum</i> L. subsp. <i>monococcum</i> (A ⁿ A ^m)	2. Domesticated einkorn <i>T. monococcum</i> L. (non-brittle, hulled)
(ii) Diploid (2n = 14). Genomic constitution: AA	Only wild forms
1. <i>T. urartu</i> Tuman ex Gand. (A ⁿ A ⁿ)	1. Wild <i>T. urartu</i> Tuman. (brittle, hulled)
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>	
(iii) Tetraploid (2n = 28) wild and domesticated emmer wheats, durum-type wheats, etc. Genomic constitution: BBAA (BBA ⁿ A ⁿ) Both wild and domesticated forms Collective name: <i>T. turgidum</i> L.	
1. <i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccoides</i> (Körn. ex Asch. & Graebn.) Thell.	1. Wild emmer <i>T. dicoccoides</i> (Körn. ex. Aschers. & Graebner) Schweinf. (brittle, hulled)
2. <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>dicoccum</i> (Schrank) Thell.*	2. Domesticated emmer <i>T. dicoccum</i> Schübl. (non-brittle, hulled)
3. <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>durum</i> (Schrank) Thell.	3. Macaroni or hard wheat <i>T. durum</i> Desf. (domesticated, free-threshing)
4. <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>turgidum</i>	4. Rivet wheat <i>T. turgidum</i> L. (domesticated, free-threshing)
5. <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>polanicum</i> (L.) Thell.	5. Polish wheat <i>T. polanicum</i> L. (domesticated, free-threshing)
6. <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>carthlicum</i> (Nevski) Löve & Löve	6. <i>T. carthlicum</i> Nevski [= <i>T. persicum</i> Vav.] (domesticated, free-threshing)
7. <i>T. turgidum</i> L. ssp. <i>parvicoccum</i> Kislev	7. <i>T. parvicoccum</i> Kislev small grained archaeobotanical forms (domesticated, free-threshing)
(iv) Tetraploid (2n = 28) Timopheev's wheat Genomic constitution: GGAA Both wild and domesticated forms Collective name: <i>T. timopheevii</i> Zhuk.	
1. <i>T. timopheevii</i> Zhuk. ssp. <i>armeniicum</i> (Jakubz.) van Slageren	1. Wild Timopheev's wheat <i>T. araraticum</i> Jakubz. (brittle, hulled)
2. <i>T. timopheevii</i> Zhuk. ssp. <i>timopheevii</i>	2. Domesticated Timopheev's wheat <i>T. timopheevii</i> Zhuk. (non-brittle, hulled) (the uncertain 'new' glume wheat might belong to this group)
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>	

ergänzt nach Özkan et al 2011 und Haldorsen et al 2011; * = innerhalb der "Reihen" sind Kreuzungen leicht und treten auch spontan auf, weshalb man im Ganzen nur 5 "gute" Arten abgrenzen kann (linke Spalte, biological species). Denn: Bastarde zwischen Vertretern der "Reihen" sind zwar möglich, aber die Hybriden sind steril. Früher wurde aus jedem Morphotyp eine Art gemacht (rechte Spalte: traditional classification) (Zohary et al. 2012, 24).

Übersicht Weizenarten (Forts.) (aus Zohary et al. 2012)

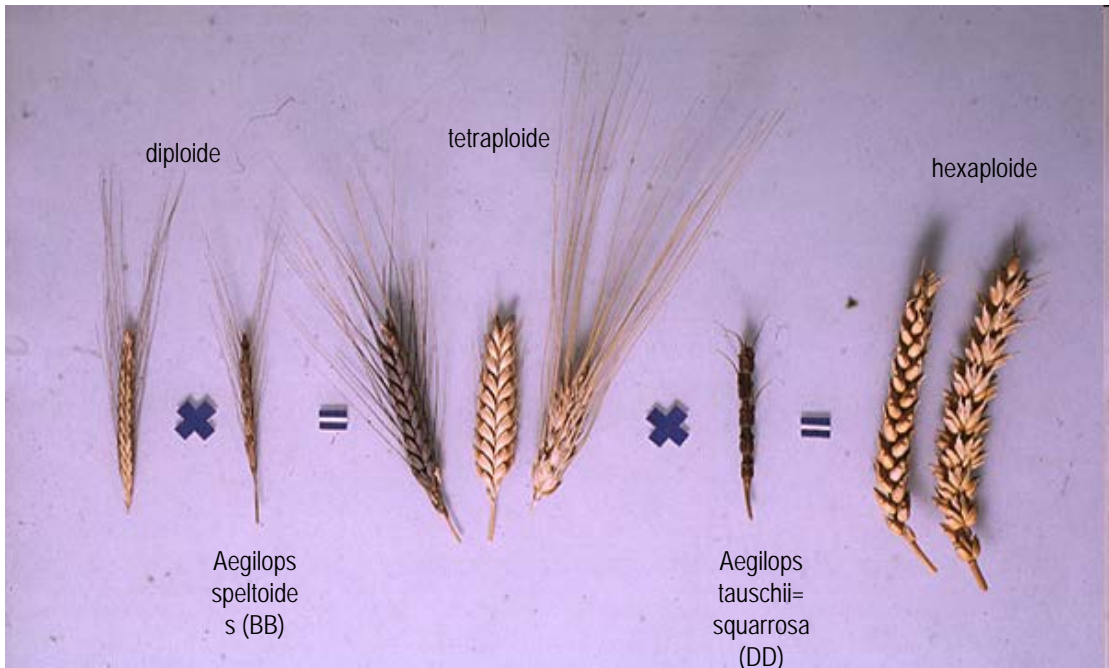
Table 3 Taxonomic classification of wheats, *Triticum* L. Morphological types (or species) according to traditional classification and their modern grouping on the basis of cytogenetic and molecular affinities (Van Slageren 1994). Dashed lines separate between ploidy levels.

Modern grouping (biological species)	Traditional classification
(v) Hexaploid (2n = 42) bread wheat Genomic constitution: BBAADD (the D genome contributor is <i>Aegilops tauschii</i>) Only domesticated forms Collective name: <i>T. aestivum</i> L. 1. <i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>spelta</i> (L.) Thell. 2. <i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>macha</i> (Dek. & Men.) MK 3. - 4. <i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>aestivum</i> 5. <i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>compactum</i> (Host) MK 6. <i>T. aestivum</i> L. ssp. <i>sphaerococcum</i> (Percival) Mk	(BBA ⁿ A ⁿ DD) 1. Spelt <i>T. spelta</i> L. (non-brittle, hulled) 2. <i>T. macha</i> Dekr. & Men. (non-brittle, hulled) 3. <i>T. vavilovii</i> Tuman. (non-brittle, hulled) 4. Bread wheat <i>T. aestivum</i> L. [= <i>T. vulgare</i> Host; <i>T. sativum</i> Lam.] (free-threshing) 5. Club wheat <i>T. compactum</i> Host. [= <i>T. aestivo-compactum</i> Schiem.] (free-threshing) 6. Indian dwarf wheat <i>T. sphaerococcum</i> Perc. (free-threshing)
(vi) Hexaploid (2n = 42) Zhukovsky's wheat Genomic constitution: GGAAAA (GGA ⁿ A ⁿ DD) Only domesticated forms 1. <i>Triticum zhukovskyi</i> Men. & Er. (non-brittle, hulled)	Kommentar siehe vorherige Seite unten

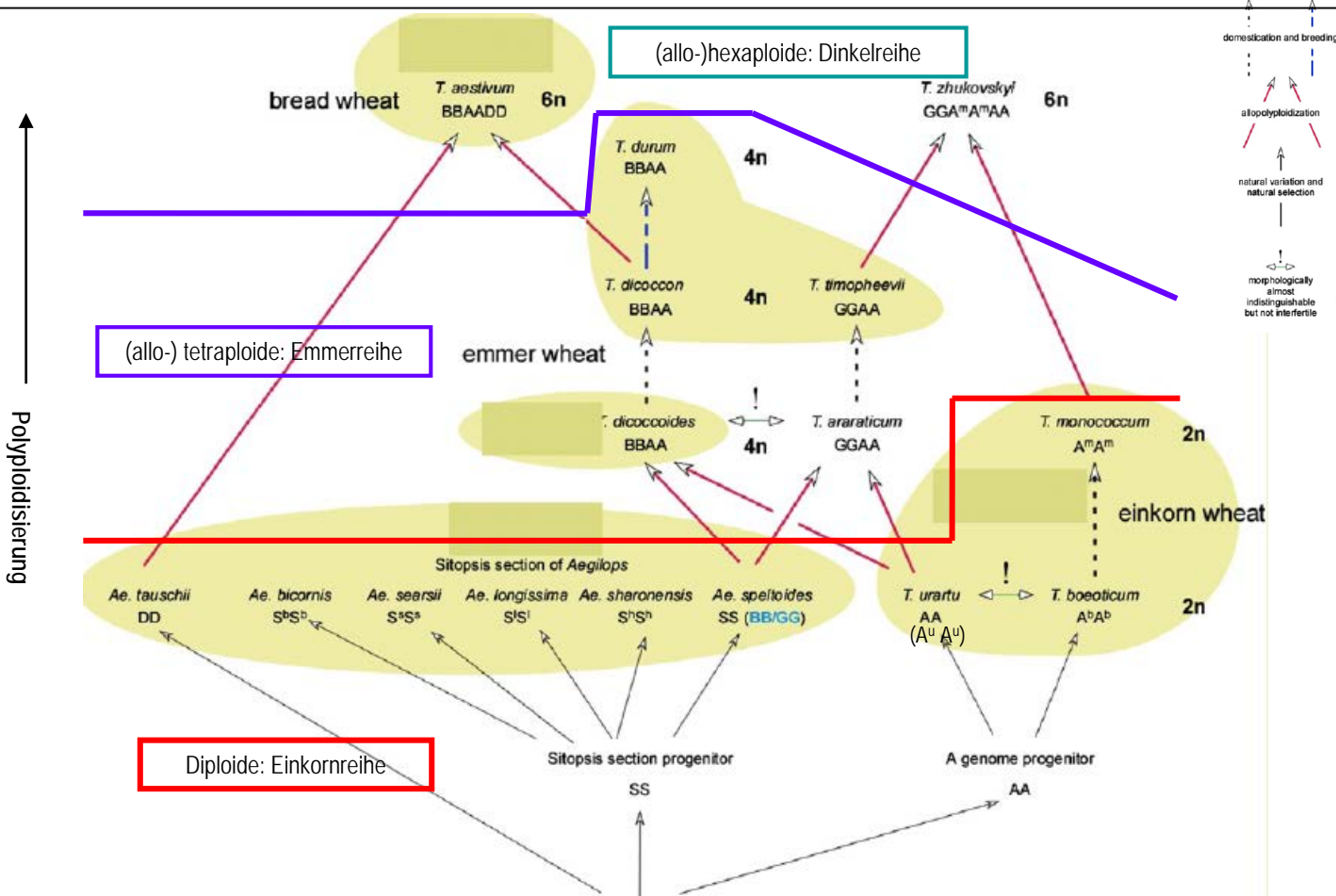
Note: hulled wheat = glume wheat. * In this book, we use '*dicoccum*' rather than Van Slageren's '*dicoccon*', as many taxonomists believe this is the correct spelling. (<https://www.ksu.edu/wgrc/Taxonomy/taxintro.html> is a good source for wheat taxonomy)

Im Folgenden werden Namen der traditionellen Klassifikation gebraucht (wie auch in den meisten Publikationen!)

Aussehen der Weizenarten



Übersicht Weizenarten mit Darstellung ihrer Phylogenie (Charmet 2011, ergänzt nach Özkan et al 2011 und Haldorsen et al 2011)



Innerhalb der „Reihen“ kommt es zu einer Differenzierung, also z.B. zu einer Ausbildung von Kulturformen aus Wildformen, zur Ausbildung unterschiedlicher Varietäten und Formen (z. Bsp. nacktkörnige) durch Auslese und Züchtung.

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 (möglichlicherweise abhängig von klimatischen und edaphischen Bedingungen; siehe auch Zohary et al. 2012, 51).

Wildeinkorn 1 (*Triticum boeoticum* Boiss.) 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: A^bA^b, siehe S. 95) (die in Zohary et al. 2012 genannten Unterarten des Wildeinkorns gemäss traditioneller Klassifikation sind laut genetischen Untersuchungen so nicht haltbar, siehe Kilian et al. 2007; Haldorsen et al. 2011)

Wildeinkorn 2 (*Triticum urartu* Tuman ex Gandil.) ist genetisch gut von *T. boeoticum* abgrenzbar (Bai et al. 2004; Heun et al. 2008; Megyeri et al. 2012) (Genomformel neu: A^uA^u). Eine morphologische Unterscheidung von *T. urartu* und *T. boeoticum* ist schwierig (siehe Zohary et al. 2012, 36).

Kultureinkorn (*Triticum monococcum* L., Genomformel A^mA^m)

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

- alle sind **bespelzt** (engl. hulled; sog. Spelzweizen)
- Wildeinkorn hat eine brüchige Ährenspindel (brittle), Kultureinkorn hat eine nicht brüchige Ährenspindel (engl. not brittle)

Eigenschaften von Einkorn (siehe dazu etwa Miedaner & Longin 2012; Zohary et al. 2012, 34):

- Gelbliches Mehl mit feinem Geschmack; eignet sich aber nur mässig als Brotgetreide, da rel. geringer Klebereiweissgehalt. Traditionell deshalb zur Herstellung von Grütze, Bulgur o.ä. gebraucht (ganze Körner als eine Art Risotto); 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, wo andere Weizen versagen.

Domestikation von Getreide (12): Weizen (*Triticum*) (4), Einkornreihe (2)

WIE kommt es zur Entstehung von Kultureinkorn?

Das Kultureinkorn entstand aus dem Wildeinkorn mit der Genomformel A^bA^b (also (*T. boeoticum* Boiss. var. *thaoudar*). Wie man heute weiss, sind in die Entstehung der Kulturform **Mutationen an Allelen von mindestens 2 Genen** involviert, wodurch Kultivare mit fester Ährenspindel und grösseren Körnern entstanden. Wichtig ist das **Br-Gen** (br=brittle) auf dem langen Arm von Chromosom 2A, welches in erster Linie für die Brüchigkeit der Ährenspindel verantwortlich ist. Auswirkungen auf die Brüchigkeit der Ährenspindel hat ausserdem das pleiotrope **Gen Q** auf Chromosom 5, welches ebenfalls Auswirkungen hat (weitere Auswirkungen siehe tetra- und hexalpoide). Diese mutieren von br resp. q (rezessiv in der Wildform) → zu Br resp. Q (dominant in der Kulturform) (siehe dazu Doebley et al. 2006; Peleg et al. 2011). In jüngster Zeit hat man herausgefunden, dass es sich bei vielen der Gene, die für das Domestikationssyndrom verantwortlich sind, um sog. QTL (Quantitative Trait Loci) handelt, also verschiedenartigste Auswirkungen haben (also sog. pleiotrop sind).

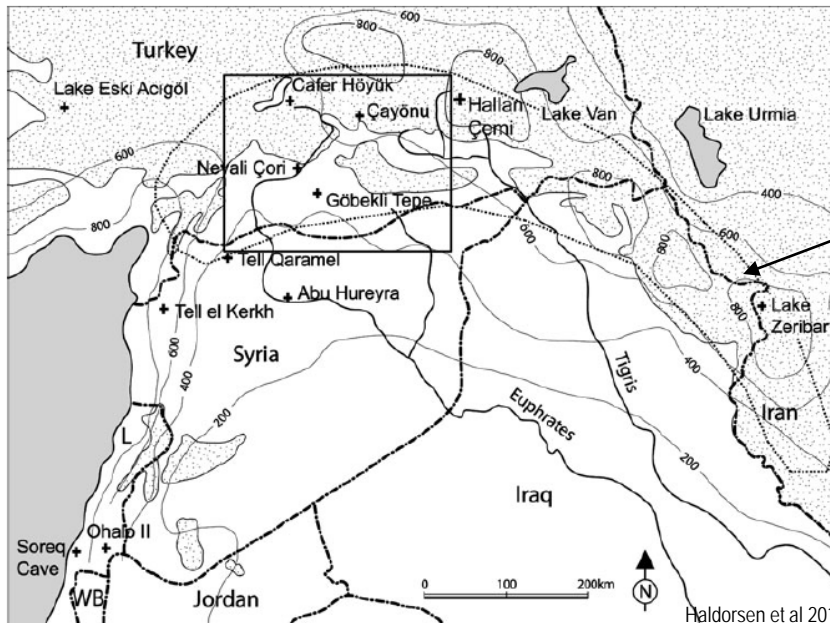
WO kam es zur DOMESTIKATION von EINKORN ??

Verbreitung des Wildeinkorns 1 (*Triticum boeoticum* Boiss.)

Primäres Habitat:
Waldsteppe und
andere Steppen-
formationen.

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

(Zohary et al 2012)



Ursprüngliche
Verbreitung:
weitestgehend auf den
nördlichen und östlichen
Teil des fruchtbaren
Halbmondes beschränkt!

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 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):

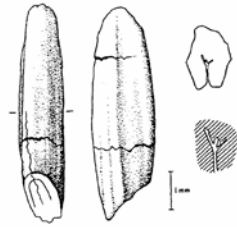
Wildeinkorn ist eine **kalkfliehende** Pflanze. Es kommt vorwiegend über **Basalt** vor (also in Gegenden mit Gesteinen vulkanischen Ursprungs). Wenn Basalt verwittert, ergeben sich Smectit-reiche, rel. nährstoffreiche Böden (z. Bsp. Gebiet der SE-Anatolischen Vulkane wie Karacadag, Kartal). Allenfalls 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** » (lückenhaft). Wildeinkorn 1 (*Triticum boeoticum* Boiss. var. *thaoudar*) ist deshalb v. a. im **Norden** des westl. Teils des fruchtbaren Halbmondes verbreitet, da es Basalt als Untergrund braucht.

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

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

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

Frühe Funde von Einkorn in archäologischen Fundstellen des Nahen Ostens

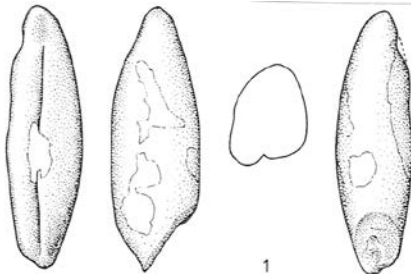
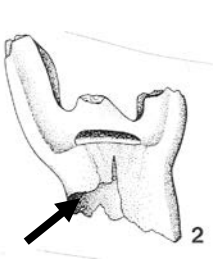


Wildeinkorn:

Links: Drusch: Spindelglied mit Hüllspelzenbasen: 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 4000 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 Hüllspelzenbasis, von Pflanze mit fester Ährenspindel
rechts: Korn: grösser!

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

Zusammenstellung der Funde: Tab. S. 64 und 95

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

Table 2 Nevali Çori Einkorn classification over the past years

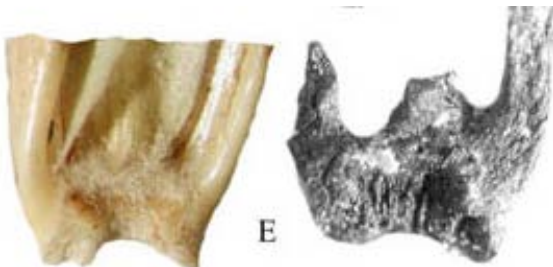
Source	Einkorn status
Pasternak (1998)	Mostly domesticated
Nesbitt (2002)	Mostly domesticated
Willcox (2005)	Mostly domesticated
Tanno and Willcox (2006)	Mostly wild
Pasternak (pers. comm. 2009)	Mostly domesticated
Özkan et al. (2010)	Domestication status not specified

The material originates from Pasternak (1998) Haldorsen et al. 2011



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

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



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 appearance 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>

Was sagen die archäobotanischen Daten?

1. Nordlevante und Anatolien inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dreieck)

Taxa →				Triticum monococcum 2-gr	Secale sp.	Triticum monococcum 1-gr
				Einkorn 2-k	Roggen	Einkorn 1-k
	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code			
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	x	x ^{wd}	
Körtik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	Poaceae gross, Triticum type		Trit boeot/Secale
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An			x ^{wd}
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	X		
Mureybet I-III	9400 (9700-8500)	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x	x	
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	x	x	
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A			
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	x ^{wd}	x	x ^{wd}
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	x	?	
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x ^{wd}	x	x
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	x	x	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	?		x ^{wd?}
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x ^{wd}		x ^{wd}
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x ^{wd}		x ^{wd}
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x	x ^D	x ^D
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An			x ^D
Sabi Abyad II	7650-6750	M-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D		
Tell Halula	7650 (7800-7300)	M-L-PPNB	N-L-An	x		
Cafer Höyük III-VIII	7600 (8300-7450)	E-M-PPNB	C-A			x ^D
Aşıklı Höyük	7600 (7800-7500)	M-PPNB	N-L-An			x
Can Hasan III	7600 (7800-6500)	M-L-PPNB-PPNBfin	N-L-An		x ^D	x ^D
Abu Hureyra 2A-C	7400 (7800-7000)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D	x ^D	
Ras Shamra	7200 (7600-6000)	M-L-PPNB-PPNC	N-L-An	?		x ^D
Tell Bouqras	7100 (7500-6300)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An			x ^D
Çatalhöyük East	6900 (7100-6400)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	?		x ^D
El Kowm II	6600 (7100-6350)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D	x ^D	
Zypern / Cyprus						
Kissonerga-Mylouthkia	8700-8200	E-PPNB	Z			x ^D
Sillourokambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z	? x ^{wd}		
Kalavassos Tenta	8000-6500	M-PPNB-PPNBfin	Z	x, Status?		x, Status?
Ais Yorkis	7590-7490	M-PPNB	Z	x ^D		x ^D

wild (oder vorh., ohne Angabe)

kultiviert

domestiziert

Ausschnitt aus der Tab. S. 67: Frühe (Paläolithikum bis frühes (-mittleres) PPNB) Funde von Wildeinkorn und wildem Roggen (oft nicht von Wildeinkorn zu unterscheiden), sowie früheste domestizierte Funde, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (aus dem östlichen Teil gibt es kaum Funde, weshalb diese hier nicht aufgeführt sind); das Einkorn von Cayönü könnte auch schon domestiziert sein (Zohary et al. 2012, 37). Nach Fuller et al. 2012a und b, ergänzt.

Was sagen die archäobotanischen Daten?

2. Südliche Levante

Taxa→				Triticum monococcum 2-gr	Secale sp.	Triticum monococcum 1-gr
				Einkorn 2-k	Roggen	Einkorn 1-k
	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code			
Ohalo II	21000	Paläol	S-L			
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L			
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L			
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	?		?
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L			
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L			
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L			
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L			
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L			x ^{wd}
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L			
Tell Qarassa North	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^D		x ^{wd}
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x		
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^D		x
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L			
Hemmeh	7700 (7800-7600)	E-M PPNB	S-L			
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L			x ^D
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L			
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L			x ^D
Basta	7400 (7550-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D		x ^D
Azraq 31	7500-7200	M-L-PPNB	S-L			
Ain Ghazal	7200 (8300-6600)	E-PPNB-PPNC	S-L			
Tell Ramad	7100 (7300-6650)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x?		x ^D
Wadi Fidan A	7100 (7300-6750)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x ^D		?
Wadi Jilat 13	6700 (7050-6600)	PPNBfin	S-L	x ^D		x ^D

wild (oder vorh., ohne Angabe) kultiviert domestiziert

Ausschnitt aus der Tab. S. 67: Frühe (Paläolithikum mittleres (-spätes) PPNB) Funde von Wildeinkorn und wildem Roggen (oft nicht von Wildeinkorn zu unterscheiden), sowie früheste domestizierte Funde, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (aus dem östlichen Teil gibt es kaum Funde, weshalb diese hier nicht aufgeführt sind); nach Fuller et al. 2012a und b, ergänzt.

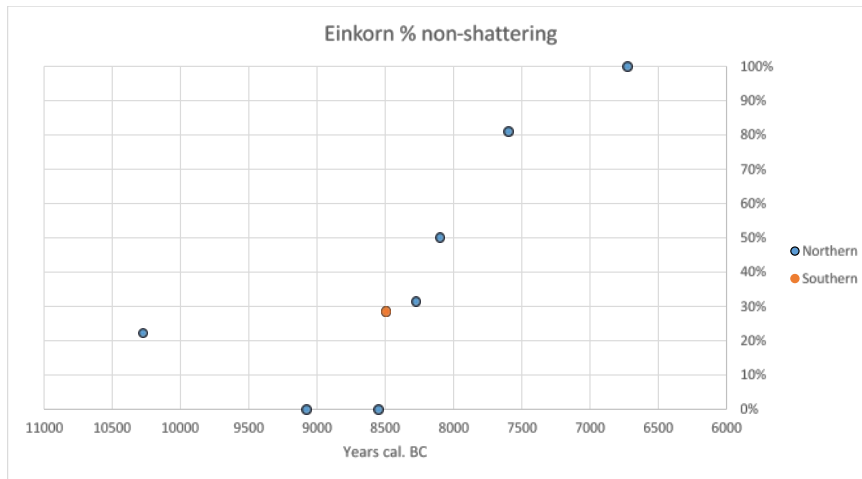
Die archäologischen Daten zeigen, dass **Wildeinkorn tatsächlich nur im Norden des Gebietes** vorhanden war und auch regelmässig gesammelt und dann auch kultiviert wurde. Ob die sehr wenigen frühen Funde aus der südlichen Levante auf (heute nicht mehr vorhandene) lokale Standorte zurückgehen, oder ob es sich um Importe aus dem Norden handelt, ist nicht zu entscheiden. Jedenfalls scheinen die archäobotanischen Funde zu belegen, dass die damalige Verbreitung nicht grundsätzlich von der heutigen natürlichen Verbreitung verschieden gewesen sein kann.

Die **frühesten Hinweise auf domestizierte Formen** treten ab dem frühen bis mittleren PPNB in **SE-Anatolien und W-Syrien** auf, sowie in der **S-Levante** (2-körniges Einkorn in Tell Qarassa N). Hier aufgeführt sind nur SICHERE Funde (gemäss „vorsichtiger“ und kritischer Interpretation von Tanno & Willcox 2012).

Was sagen die archäobotanischen Daten? *Selection chains* bei der Entwicklung von festen Ährenspindeln

(Allaby et al. 2017)

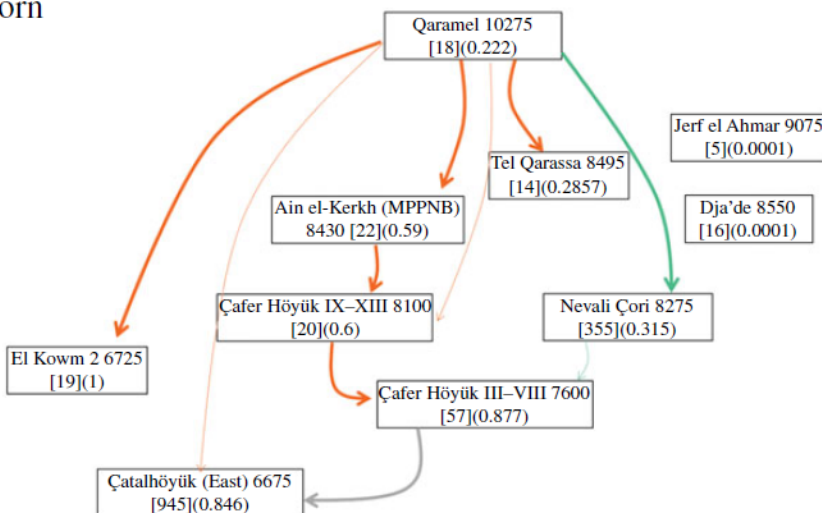
Site	Latitude	Longitude	median age (cal.BC)	shattering %	non-shattering %	total n (det. Rachis)	excluded indet. Rachis.	primary source
Qaramel	36.2799988	37.3300018	10275	77.80%	22.20%	18	186	Tanno and Willcox, 2006
Jerf el-Ahmar	36.4	38.22	9075	100%	0%	5	0	Tanno and Willcox, 2012
Dja'de	36.67	38.18	8550	100%	0%	16	0	Tanno and Willcox, 2012
Tell Qarassa Nc	32.7	36.3	8495	71.43%	28.57%	14	0	Arranz-Otaegui et al 2016
Nevalı Çori	37.58	38.65	8275	68.50%	31.50%	355	2285	Tanno and Willcox, 2012
Cafer Hoyuk	38.42	38.75	8100	50.00%	50.00%	20	35	de Moullins, 1997
Cafer Hoyuk	38.42	38.75	7600	18.90%	81.10%	57	67	de Moullins, 1997
El Kowm 2	35.203005	38.853486	6725	0%	100%	19	0	de Moullins, 1997



Eine kürzlich publizierte Studie untersuchte bei mehreren Getreide-Arten mögliche Selektionsprozesse, welche zu festen Ährenspindeln führten. Zusammengestellt wurden die vorhandenen Anteile (basierend auf zuverlässigen quantitativen Daten) von Ährchengabeln von wildem und domestiziertem Einkorn, die Datierung der Fundstellen und deren geographische Lage. Mithilfe dieses Datensatzes wurde berechnet, ob es Perioden gab, während denen ein höherer Selektionsdruck herrschte. Daraus hat man versucht abzuleiten, welcher Art die Selektionsprozesse waren. Klar ist, dass solche Selektionsprozesse nicht nur an einem Ort stattfanden, da dieser Prozess sehr lange gedauert hat. Bisher gibt es leider zu wenige zuverlässige quantitative Daten, weshalb die Ergebnisse noch sehr hypothetisch sind. Trotzdem ist dies der relevanteste diesbezügliche Versuch, der bisher mit archäobotanischen Daten durchgeführt wurde. Auf der Grafik links oben sieht man für Einkorn Hinweise auf einen deutlich höheren Selektionsdruck zwischen 8250 cal. BC bis ca. 7600 cal. BC. Die Grafik links unten gibt zudem Hinweise auf die Ausbreitung der Selektion. Die ältesten Daten für domestiz. Formen fanden sich in der Nordlevante (Tell Qaramel), danach erst erfolgte eine Ausbreitung (rote Pfeile und grüner Pfeil) Richtung Südlevante (Tel Qarassa) und weitere Teile der Nordlevante sowie nach Anatolien, wo die Domestikation von Einkorn zu Ende kam.

Anteil der Ährchengabeln von domestiziertem Einkorn in nord- und südlevantinischen Fundstellen im Lauf der Zeit (aus Allaby et al. 2017)

einkorn



Ergebnisse der Selection chains Analyse (aus Allaby et al. 2017): geograf. Ausbreitung domestiz. Typen von Einkorn (graue Pfeile: «negative selection episodes»)

Fazit: Die archäologischen Daten deuten ziemlich klar darauf hin, dass die früheste Domestikation von Einkorn **gegen Ende PPNA/Beginn PPNB** irgendwo im Bereich SE-Anatolien (bis N-Syrien) erfolgt sein muss. Dies stimmt gut mit den natürlichen Gegebenheiten überein, indem v.a. in SE-Anatolien grösserflächige Wildvorkommen zu erwarten sind (siehe die nächste Seite). Es **100** stimmt ausserdem sehr gut mit den archäologischen Fakten (Kulturentwicklung, S. 1-26) überein.

Von dort aus muss es sehr rasch zu einer Ausbreitung gekommen sein, und zwar auch nach Zypern (siehe Zohary et al. 2012, 38-39) und der Südlevante.

Was sagt die Genetik zur Domestikation von Einkorn?

Zuerst einige grundsätzliche Überlegungen (nach Brown et al. 2009; Allaby et al. 2010; Allaby 2010; Özkan et al. 2011): Eine heutige Kulturpflanze; ein junger Nachkomme derjenigen Wildform, von der die abstammt. Sie weist viele mit der Wildform gemeinsame genetische Merkmale auf. Ein Vergleich der Genotypen von modernen Kulturpflanzen-Varietäten und Wildpopulationen aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet erlaubt es festzustellen, welche Wildpopulation (= die genetisch ähnlichste!) der Vorfahr der betreffenden Kulturpflanze war. Damit liesse sich – theoretisch - der Ort der Domestikation lokalisieren. **ABER:** es gibt ein **grundsätzliches Problem** bei der Interpretation solcher genetischer Ergebnisse: Es ist unbekannt, wie viele der ehemals vorhandenen Wildpopulationen sowie der ursprünglichen Kultivare noch vorhanden sind. Welchen Fehler enthält also eine solche Analyse???

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

- 1) Schule 1, Heun** (erstmal 1997, am Bsp. von Einkorn): 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 sollen sie daran gehindert worden sein, sich mit Wildformen zu kreuzen (neu: Haldorsen et al. 2011; Abbo et al. 2014).
- 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) durch die Untersuchung heutiger Populationen genetisch NICHT feststellen kann!

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

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

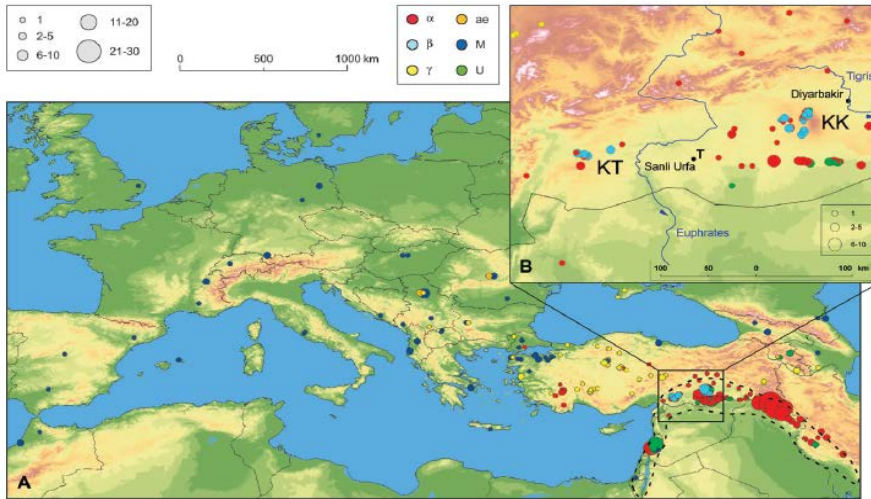
d) Die Studie von Kilian et al 2007 ergab eine erstaunlich **hohe genetische Diversität des Kultureinkorns**, die schwer zu erklären ist, wenn man von einem monophyletischen Ursprung aus geht. Denn wenn nur eine einzige Population domestiziert worden wäre, hätte man mit einem starken bottle-neck Effekt (=Verarmung der genetischen Diversität) zu rechnen (siehe S. 85).

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

Die Annahme von Schule 2 passt wesentlich besser zu den vorhandenen archäologischen Daten!

Leider ist es bis heute nicht gelungen, genug **genetisches Material aus archäobotanischen Funden** zu extrahieren. Dies würde manche der Unklarheiten, die es betreffend Pflanzendomestikation gibt, beseitigen. Neue Hoffnungen für bessere Ergebnisse liegen auf den „next generation sequencing“ Methoden, die es erlauben, Fundstücke auf das Vorhandensein jeglichen genetischen Materials zu screenen (statt wie bisher bestimmte Genomsequenzen m.H. von Primern zu suchen). Durch die neue Methode erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, genetisches Material aufzufinden, das nur selten und in kurzen Sequenzen erhalten ist (dazu siehe Bunning et al. 2012).

Ergebnisse genetischer Untersuchungen an modernen Einkorn-Pflanzen unterschiedlicher geographischer Herkunft



A Kilian et al. 2007

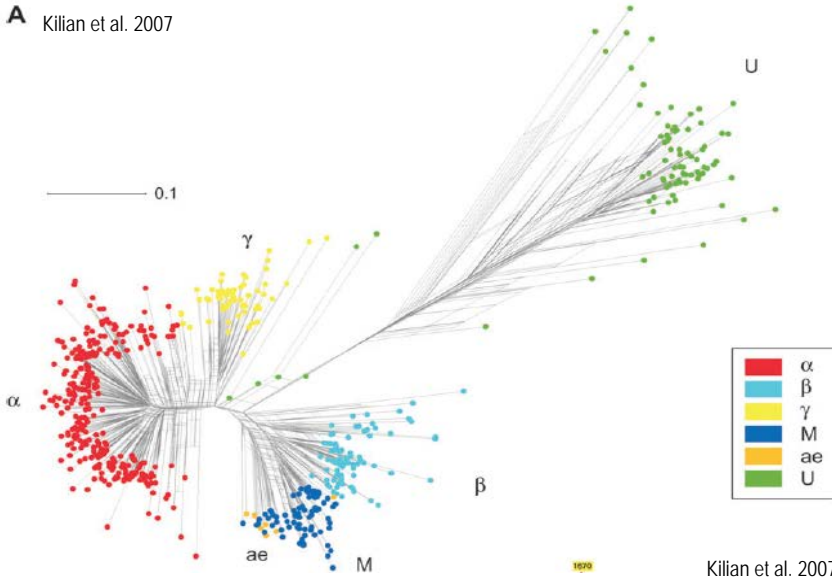
Studie von Kilian et al. 2007: Untersuchung von >350 **Wildeinkorn's** (321 *T. boeoticum* (versch. Varietäten), 39 *T. urartu*), plus **84 domestizierten *T. monococcum*-Sorten.**

Links: Karte der Herkünfte der untersuchten Pflanzen

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

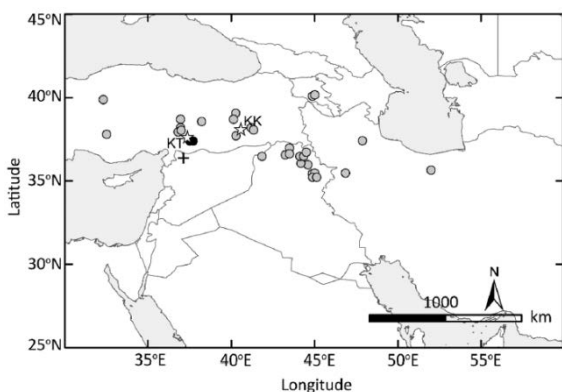
Ergebnisse:

- 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 die var. *thaoudar*)
- *Triticum urartu* (U) ist genetisch klar abgrenzbar, und trug nicht zum Genom des domestizierten Einkorns bei (bezogen auf heute noch vorhandene Kultivare)



Kilian et al. 2007

Das Wildeinkorn der Var. β = **hellblau** wurde bisher **nur** in der **KK (Karacadag) und KT (Kartal-Karadag)** Gebirgsketten in SE Anatolien gefunden (siehe Karte oben), trotz intensiver Sammeltätigkeit an anderen Orten. Dieses Gebiet liegt im Bereich einiger der Orte (wie Nevali Cori, Cayönü), an denen Einkorn früh gesammelt und möglicherweise erstmals kultiviert wurde. Die frühesten Funde von Kultureinkorn kommen allerdings von etwas weiter südlich (Tell Mureybet im mittl. Euphrattal, siehe Tabelle S. 95). Dazu sagen Zohary et al. 2012, 36, dass die β -Rasse des Wildeinkorns höchstwahrscheinlich unabhängig voneinander in verschiedenen Gebieten kultiviert worden sein muss, und gleichzeitig auch über sein Kerngebiet hinaus verbreitet wurde.



Neuere Untersuchungen haben die zwei Gene *Btr1* und *Btr2* (wie bei der Gerste) von mehreren Akzessionen von wildem und domestiziertem Einkorn resequenziert und gefunden, dass die Substitution einer Aminosäure (A119) typisch für Wildformen ist, und deswegen verantwortlich für die brüchige Ährenspindel. Nur 2 (heutige!) Wildpopulationen weisen diese Variation auf, beide stammen aus der Nähe der Karacadag Berge (schwarze Punkte auf dem Bild links). Man müsste aber dringend ähnliche Analysen mit mehr Populationen machen, um andere Domestikationszentren auszuschließen. Die wenigen vorliegenden Ergebnisse bestätigen vorerst eine Domestikation in der Nähe von Tell Qaramel – das Kreuz auf dem Bild links (Pourkheirandish et al., 2018). Damit passen **archäologische und genetische Daten recht gut zusammen.**

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

Die tetraploiden Weizen umfassen verschiedene Taxa (wild- und domestiziert) Sie haben $2n=28$ Chromosomen und weisen die Genomformel BBA^uA^u auf. **Übersicht** (Ausschnitt aus der Tabelle S. 93, Zohary et al. 2012):

Wildform: Wildemmer:

1. *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* (Körn. ex Asch. & Graebn.) Thell. 1. Wild emmer *T. dicoccoides* (Körn. ex. Aschers. & Graebner) Schweinf. (brittle, hulled)

Domestizierte Form, bespelzt: Emmer

2. *T. turgidum* L. ssp. *dicoccum* (Schrank) Thell.* 2. Domesticated emmer *T. dicoccum* Schübl. (non-brittle, hulled)

Domestizierte Formen, nackt (Hartweizen, Rauhweizen u.ä.):

3. *T. turgidum* L. ssp. *durum* (Schrank) Thell. 3. Macaroni or hard wheat *T. durum* Desf. (domesticated, free-threshing)
 4. *T. turgidum* L. ssp. *turgidum* 4. Rivet wheat *T. turgidum* L. (domesticated, free-threshing)
 5. *T. turgidum* L. ssp. *polonicum* (L.) Thell. 5. Polish wheat *T. polonicum* L. (domesticated, free-threshing)
 6. *T. turgidum* L. ssp. *carthlicum* (Nevski) Löve & Löve 6. *T. carthlicum* Nevski [= *T. persicum* Vav.] (domesticated, free-threshing)
 7. *T. turgidum* L. ssp. *parvicoccum* Kislev 7. *T. parvicoccum* Kislev small grained archaeobotanical forms (domesticated, free-threshing)

Zur Entstehung tetraploider Weizen (siehe Schema auf der folgenden Seite, lila Farbe):

Der tetraploide Wildemmer (*Triticum dicoccoides*) entstand in der **Natur**, durch **spontane Hybridisation**. Molekulare Daten weisen auf einen Entstehungszeitraum vor mind. 350 000 Jahren hin, und zwar im SW Teil des fruchtbaren Halbmondes (Gegend des Hermon Bergs, Einzugsgebiet des Jordan Flusses) (Özkan et al. 2011; Feldman & Kislev 2007; Cíván et al. 2013). Von dort breitete sich Wildemmer nach N und NE aus, im Lauf des mittleren bis jüngeren Pleistozäns.

Wildemmer entstand aus einer Kreuzung von

► **einer Wildeinkorn-Form**: nach neuesten genetischen Erkenntnissen war dies *T. urartu* (A^uA^u) als Pollen-Donor (Bai et al. 2004; Özkan et al. 2005; Özkan et al. 2011), lieferte also die Kern DNA

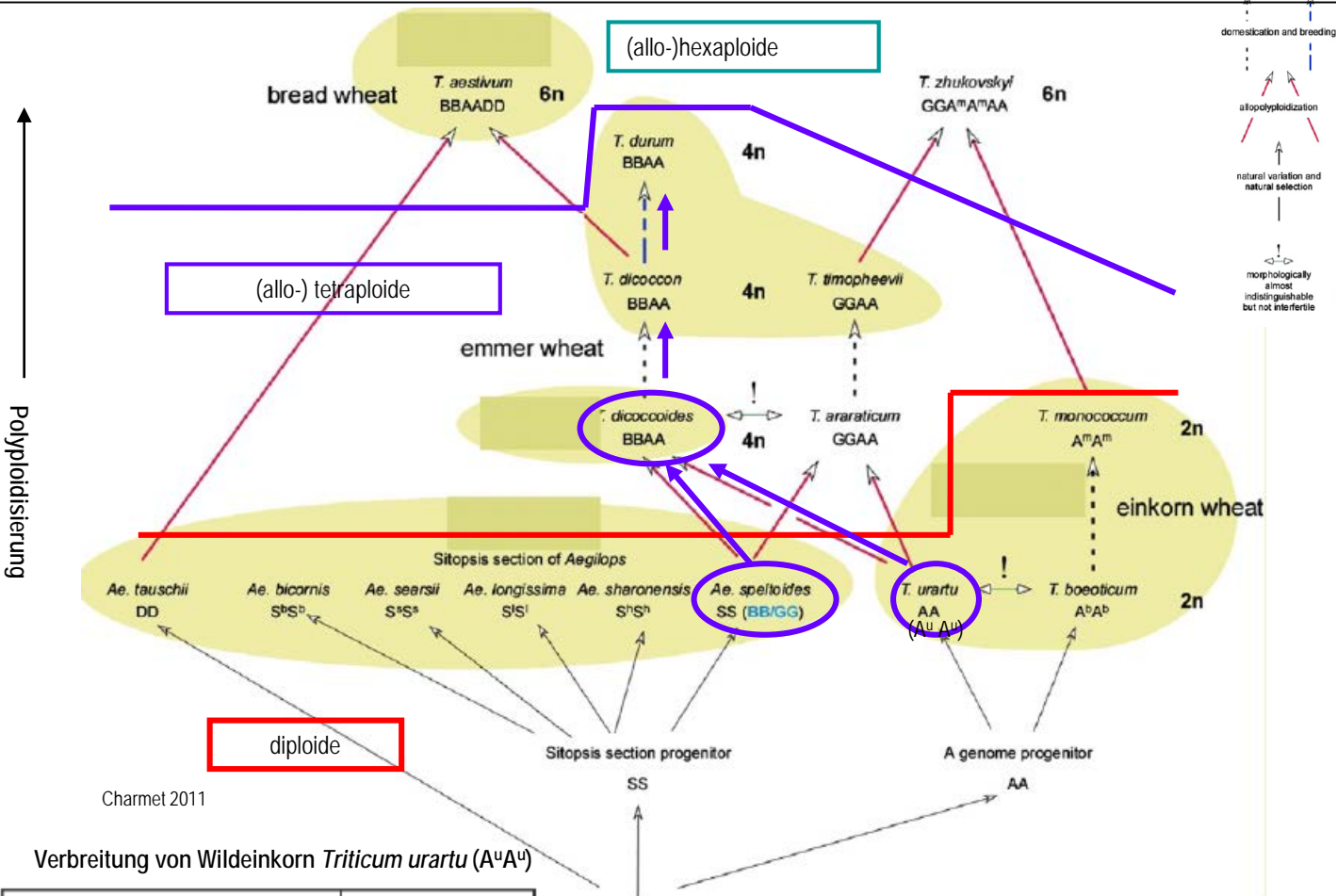
► und einem Gras der Gattung *Aegilops* mit Genom **BB** (am ehesten *Ae. speltooides*) als Donor des Cytoplasmas, lieferte also die cytoplasmatische (also auch Chloroplasten-) DNA. *Ae. speltooides* ist ein Fremdbestäuber (allogam).

Neuerdings werden deshalb die Genomformeln in umgekehrter Reihenfolge dargestellt (also BBAA.....: es ist immer zuerst die Mutterpflanze genannt)

Trotz zahlreicher genetischer Untersuchungen gelang es bisher **nicht sicher**, den **Donor des B-Genoms** eindeutig zu identifizieren. Es muss aber aufgrund der genetischen Fakten ein Gras gewesen sein, das ganz nahe mit *Aegilops speltooides* Tausch verwandt war (Golovnina et al. 2007; Özkan et al. 2011 und dortige weitere Literatur-Hinweise), und man vermutet, dass dieses Gras in der Zwischenzeit ausgestorben ist.

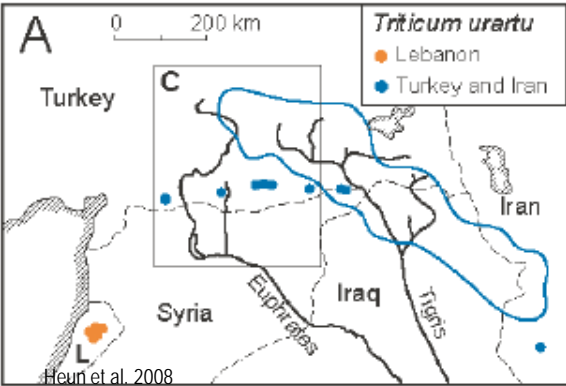
Hinweis: es gibt noch einen weiteren Wildemmer, *T. araraticum*, mit Genom GGA^uA^u , der einen anderen mütterlichen Genom-Donor (GG) besitzt (Golovnina et al. 2007 sagen, dass dies ebenfalls *Ae. speltooides* gewesen sein kann, aber eine leicht abweichende Rasse). Die Vorkommen dieses Grasses scheinen weitgehend aus östlichere Gebiete (insbes. Transkaukasien) beschränkt zu sein. *T. araraticum* ist phänotypisch nicht vom „normalem“ Wildemmer unterscheidbar, aber nicht kreuzbar. Wir gehen auf diese östlichen Formen hier nicht weiter ein.

Übersicht Weizenarten mit Darstellung ihrer Phylogenie (Charmet 2011, ergänzt nach Özkan et al 2011 und Haldorsen et al 2011)

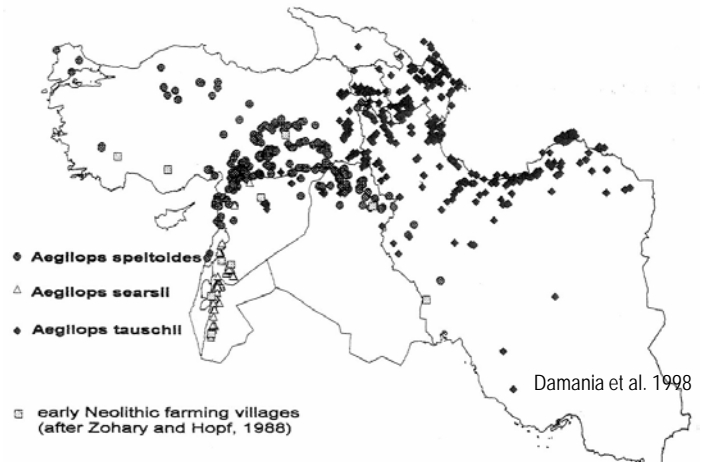


Charmet 2011

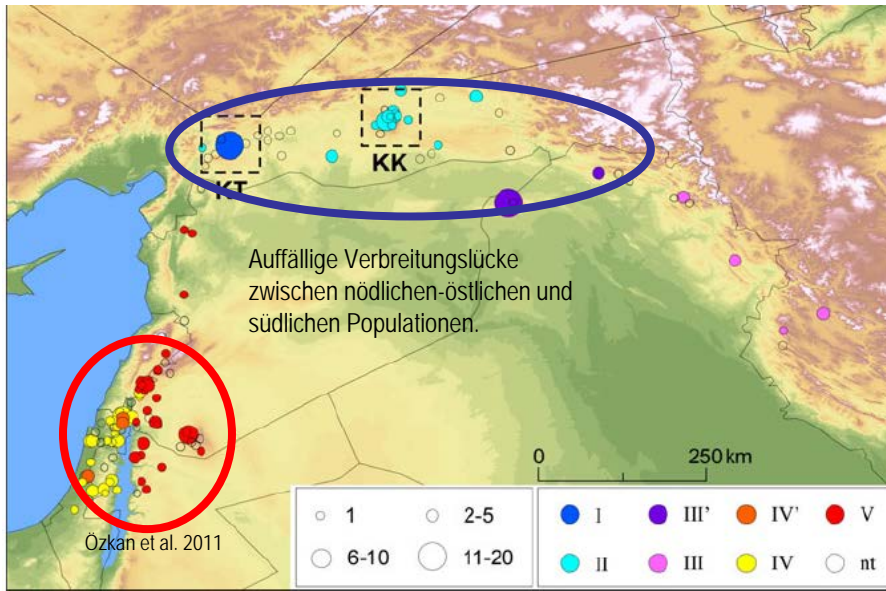
Verbreitung von Wildeinkorn *Triticum urartu* (A^uA^u)



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



Verbreitung des tetraploiden Wildemmers (*Triticum dicoccoides*)



Wildemmer – wie diese 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 Süden (SW).

Man kann deshalb **2 Varietäten** unterscheiden, welche morphologisch (und auch genetisch, siehe S. 102) verschieden sind: eine **westliche**, palästinensische Varietät (rot und gelb auf der Karte) und eine **nördliche-östliche** („central eastern“) türkisch-irakische (-iranische?) Varietät (Blautöne auf der Karte).

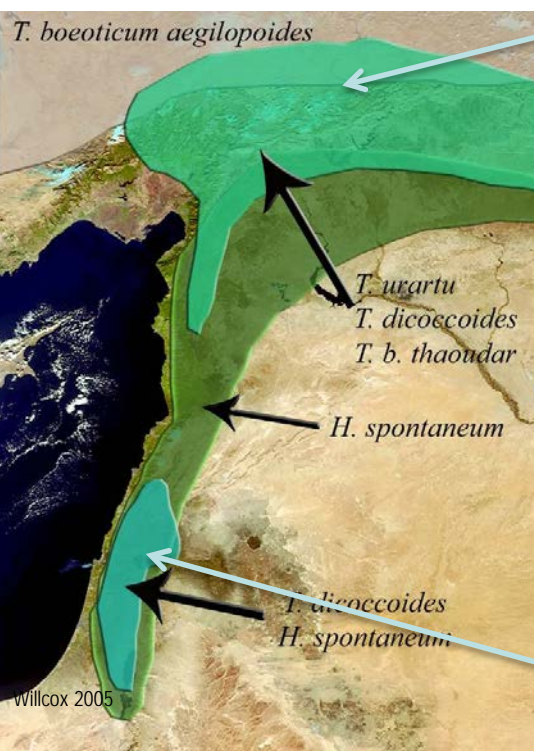
Wildemmer zeigt eine recht grosse morphologische Variabilität (Zohary et al. 2012, 41).

Wildemmer (*T. dicoccoides*): Habitate, edaphische Ansprüche, Klimaansprüche (nach Willcox 2005; Feldman & Kislev 2007):

Bevorzugt silikatischen, oft felsigen Untergrund (v.a. Basalt) (im N). Im S auch auf Hartkalk (selten! Terra Rossa-Böden). Wildemmer wächst normalerweise auf felsigen Böden; wenn es in Habitate mit tiefgründigeren Böden umgesiedelt wird, reagiert es mit grosser Wuchsfreudigkeit. Die Verbreitung im Gebiet ist lückig („patchy“, fleckenhaft), es gibt kein zusammenhängendes Areal.

Höhenlagen: im S (Jordan-Tal) 200 m unter Meeresspiegel bis (im N) in Höhenlagen von 1600-1800 m (SE-anatolische Vulkane)

Klimatisch hat Wildemmer ebenfalls eine grosse Amplitude, braucht allerdings ein gewisses Minimum an Niederschlägen (um die 400 mm Jahres-N.)



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

Habitate:

Im **Süden** des Gebietes kommt Wildemmer primär in **lichten, parkähnlichen Beständen** von *Quercus ithabourensis* und mit diesen zusammengehenden steppenartigen Vegetationsformationen vor. Es kann zusammen mit Wildgerste (*Hordeum spontaneum*) und Wildem Hafer (*Avena sterilis*) grosse Felder von Wildgetreide bilden.

Im **Norden und Osten** gibt es grössere Bestände z. Bsp. SE-Anatolien, im Gebiet der Karacadag- (Sanliurfa und Diyarbakir Prov.) und Kartal-Karadag- (Gaziantep Prov.) Vulkane.

Kaum auf Sekundärstandorte übergreifend (im Gegensatz zum Wildeinkorn)!

Im Süden kommt Wildemmer in geringer Höhenlage im Sommer in heissen, trockenen Habitaten vor

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

Taxa→	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	Triticum dicocum/ dicoccoides
Süd-Levante/ Southern Levant				
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	x ^{wd}
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L	
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L	
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	x
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L	x
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	x ^{wd}
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	x ^{D?}
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	x ^{wd}
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x ^{wd}
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^D
Tell Qarassa North	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^D
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L	
Hemmeh	7700 (7800-7600)	E-M PPNB	S-L	x ^D
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^D
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L	x ^{wd}
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D
Basta	7400 (7550-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D
Azraq 31	7500-7200	M-L-PPNB	S-L	
Ain Ghazal	7200 (8300-6600)	E-PPNB-PPNC	S-L	x ^D
Tell Ramad	7100 (7300-6650)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x ^D
Wadi Fidan A	7100 (7300-6750)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x ^D
Wadi Jilat 13	6700 (7050-6600)	PPNBfin	S-L	x ^D
Nordlevante und Anatolien inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dreieck, SE-Anatolien-Nordlevante)				
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	
Körtik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	x
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	
Mureybet I-III	9400 (9700-8500)	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x ^{D?}
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	x
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	x ^D
Çayönü (RP, GP, Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x ^{wd}
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x ^D
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D
Sabi Abyad II	7650-6750	M-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
Tell Halula	7650 (7800-7300)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D
Cafer Höyük III-VIII	7600 (8300-7450)	E-M-PPNB	C-A	x ^D
Aşıklı Höyük	7600 (7800-7500)	M-PPNB	N-L-An	x ^D
Can Hasan III	7600 (7800-6500)	M-L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
Abu Hureyra 2A-C	7400 (7800-7000)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D
Ras Shamra	7200 (7600-6000)	M-L-PPNB-PPNC	N-L-An	x ^D
Tell Bouqras	7100 (7500-6300)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
Çatalhöyük East	6900 (7100-6400)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
El Kowm II	6600 (7100-6350)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D

wild (oder vorh., ohne Angabe)

kultiviert

domestiziert

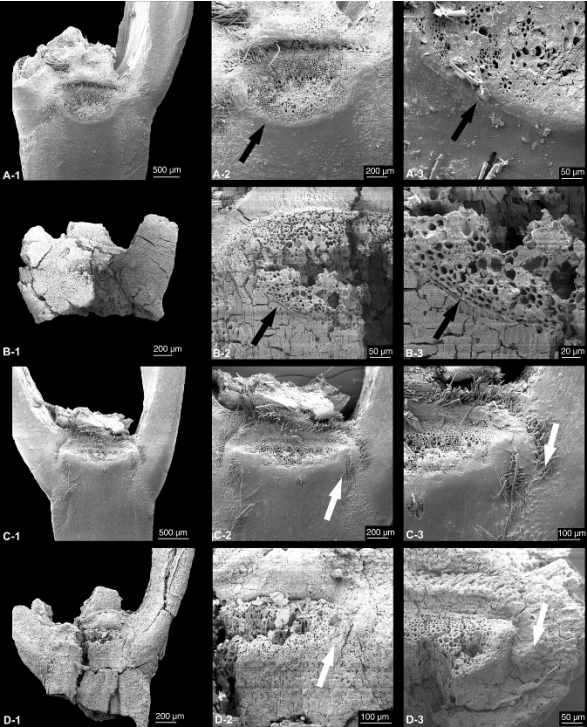
Ausschnitt aus der Tab. S. 67: Frühe (Paläolithikum bis frühes PPNB) Funde von Wildemmer und frühestem domestiziertem Emmer im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes (Zypern, Iran, siehe S. 65); nach Fuller et al. 2012a und b, ergänzt. Laut Zohary et al. 2012 sollen Funde aus Jericho, Tell Aswad auch domestiziert sein. Zur frühen Ausbreitung siehe Zohary et al. 2012, 44-45.

Entstehung des Kultur-Emmers (*Triticum dicoccum*) (siehe Schema S. 104)

Der Kulturemmer entstand durch die Mutation an (mind.) drei Genloci (Br, Tg, Q) aus dem Wildemmer (siehe neu Peleg et al. 2011: genetisch ist die Entwicklung viel komplizierter, es sind in alle Mutationen mehrere Genloci involviert). Tg (glume toughness) hat Einfluss auf die Massivität der Spelzen, Br auf die Brüchigkeit der Ährenspindel und Q auf die Nacktkörnigkeit). Kulturemmer weist eine feste Ährenspindel auf.

Auch der Kulturemmer ist ein Spelzweizen = tetraploider Spelzweizen.

Frühe Funde von Emmer aus archäologischen Fundstellen des Nahen Ostens

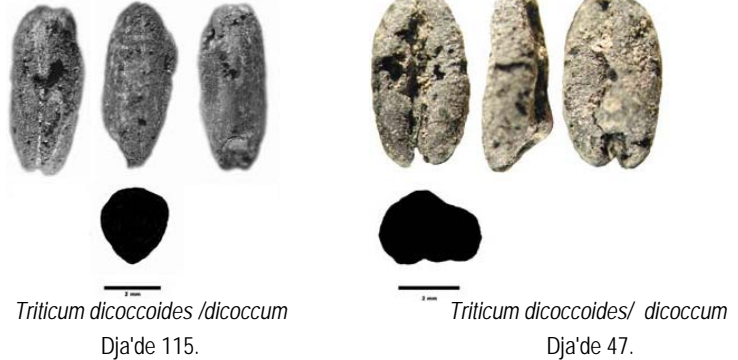


Druschreste aus der iranischen Fundstelle Chogha Golan (Riehl 2013) (B und D), im Vergleich zu rezenten Pflanzenresten

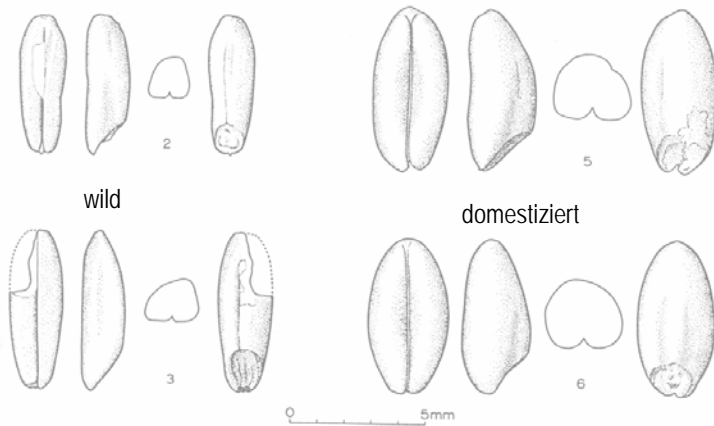
Fig. 3. Emmer spikelets illustrating criteria for identification of (A) modern wild emmer (*T. dicoccoides*), (B) wild emmer from Chogha Golan AH II, (C) modern domesticated emmer (*T. dicoccum*), and (D) phenotypic domesticated-type emmer from Chogha Golan AH II. The principal identification criteria used were according to Tanno and Willcox (11); note the wide, concave attachment scar of the next upper rachis internode, with a smooth lower rim in wild emmer; the angle between the attachment scar and upgoing glumes is between 140° and 180° [(A) and (B)], in contrast to the narrow, rough incision scar with a projecting lower part in domesticated emmer; the angle is between 90° and 140° [(C) and (D)]. Additional criteria used are marked by arrows. Black arrows indicate the lower attachment scar area in wild emmer (A-2 and -3, B-2 and -3), which represents a genetically inherent line of breakage. White arrows indicate the vertically downward-extended upper attachment area, bordering the central stem of the rachis internode (C-2 and -3, D-2 and -3).

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

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



Entwicklung der Körnergrößen von Emmer



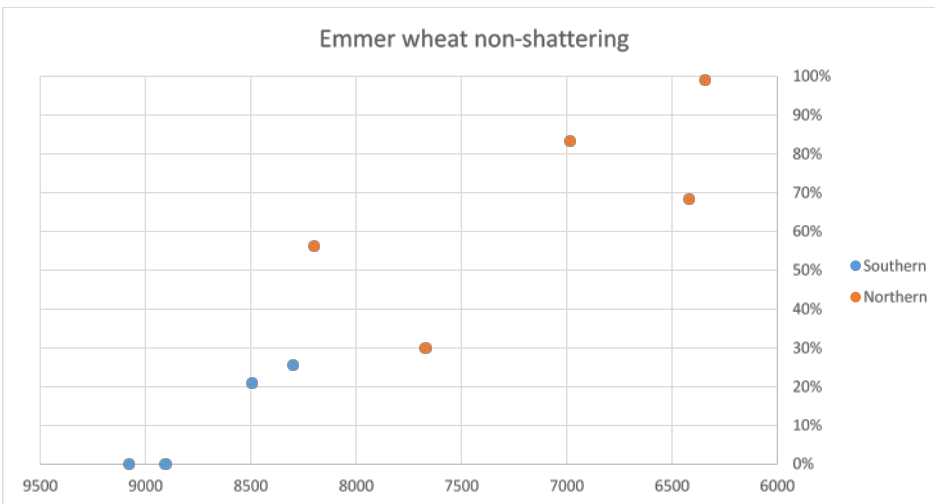
Eigenschaften von Emmer: gute Backfähigkeit (Brotgetreide). Eignet sich auch vorzüglich zum Brauen von Bier (und wurde schon sehr früh nachweislich auch dafür verwendet, aus dem Frühneolithikum in Nahost gibt es aber keine sicheren archäobotanischen Belege). Heute in Europa wieder Renaissance dieses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

Emmer von Cayönü (van Zeist & de Roller 1992): die Entwicklung zu grösseren Körnern beginnt schon früh; die Übergänge zu den Ausmassen eindeutig domestizierter Körner sind fließend. Nur Fundkomplexe mit einer grossen Zahl von Körnern sind hinsichtlich Status einigermassen zu beurteilen.

Was sagen die archäobotanischen Daten? *Selection chains* bei der Entwicklung von festen Ährenspindeln

Site	Latitude	Longitude	median age (cal.BC)	shattering %	non-shattering %	total n (det. Rachis)	excluded indet. Rachis.	primary source
Netiv Hagdud	31.98333	35.45	9080	100%	0%	125	0	Kislev 1997
el-Hemmeh (PPNA)	30.96735	35.73034	8905	100%	0%	4	0	White and Makarewicz, 2012
Tell Qarassa North	32.7	36.3	8495	78.95%	21.05%	19	0	Arranz-Otaegui et al 2016
Aswad (I)	33.40415	36.55006	8300	74.40%	25.60%	297	1857	Tanno and Willcox 2012
Chogha Golan	33.39109	46.27476	8200	43.80%	56.30%	16	84	Weide et al., 2015
Asikli Hoyuk	38.3491	34.22951	7670	70.00%	30.00%	30	394	Tanno and Willcox, 2012
Seker al-Aheimar (PPN)	36.819	41.138	6985	16.70%	83.30%	12	251	Tanno and Willcox 2012
Ain el-Kerkh (EPN)	35.82385	36.4674	6420	31.70%	68.30%	63	1508	Tanno and Willcox, 2006
Salat Cami Yani	37.81344	40.90865	6345	0.90%	99.10%	106	3134	Tanno and Willcox, 2012

(Allaby et al. 2017)

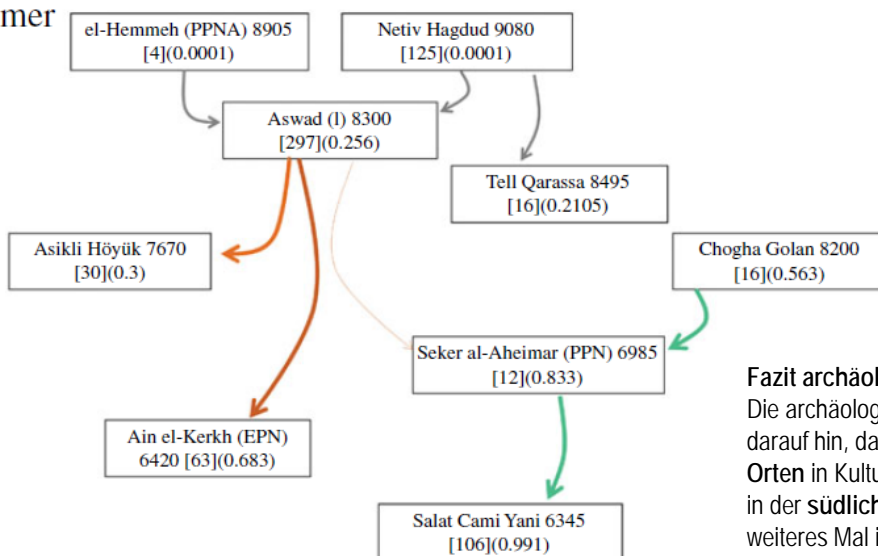


Bisher gibt es nur sehr wenige quantitative Daten zu Ärchengabeln von wildem und domestiziertem Emmer. Trotzdem ergibt sich aufgrund der vorliegenden Daten die Tendenz, dass Wildformen vor allem in den früh datierten Fundstellen der Südlevante auftreten. In der Nordlevante erscheinen sie später (und es gibt auch deutlich weniger davon). Dies würde für eine erste Domestikation in der Südlevante sprechen, wie die Grafik links suggeriert.

Anteil der Ärchengabeln von domestiziertem Emmer in nord- und südlevantinischen Fundstellen im Lauf der Zeit (aus Allaby et al. 2017)

(b)

emmer



Die *Selection chains* Analyse (Grafik unten links) zeigt dann allerdings, dass es 2 verschiedene Domestikationsereignisse gegeben haben könnte: in Tell Aswad in der Südlevante und in Choga Golan in den Zagros.

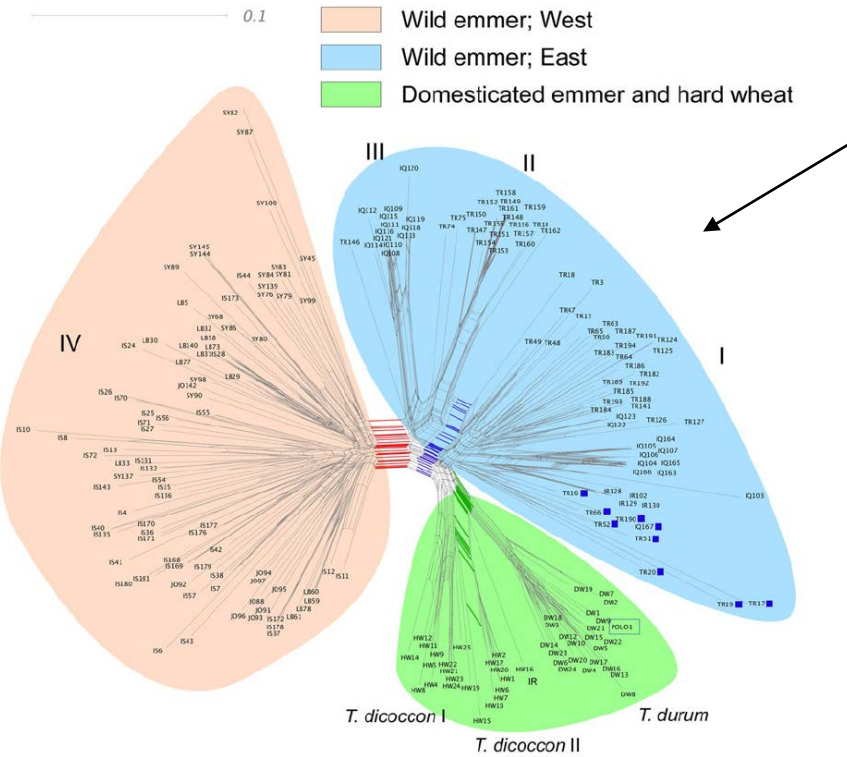
Fazit archäologische Funde:

Die archäologischen Daten (siehe S. 67, 106) deuten darauf hin, dass **Emmer** an mind. 2 verschiedenen Orten in Kultur genommen wurde, und zwar einmal in der **südlichen Levante**, und mindestens ein weiteres Mal im **östlichen Bereich** des fruchtbaren Halbmondes im heutigen Iran). Ob auch eine Inkulturnahme im nördlichen Bereich der Levante **108** erfolgte, erscheint nicht so klar.

Ergebnisse der *Selection chains* Analyse (aus Allaby et al. 2017) (graue Pfeilen: «negative selection episodes»)

Was sagt die Genetik zur Domestikation von Emmer?

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



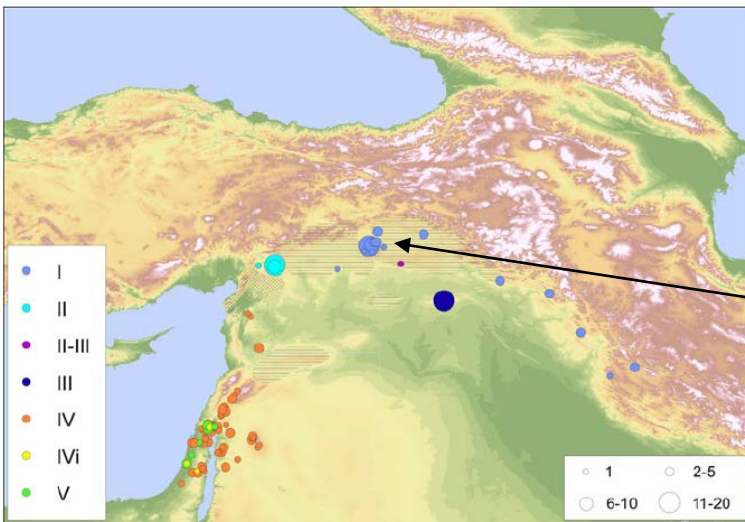
Auf der Untersuchung von 175 AFLP Markern an 219 heutigen Individuen von Wildemmer, Kulturemmer (sowie durum 's) beruhende Verwandtschaftsbeziehungen zwischen tetraploiden Weizen

Ergebnisse:

Deutlich lassen sich die südlichen/westlichen (Hellrot) Wildemmerpopulationen von den nördlichen/östlichen (blau) trennen.

Bei den **Kulturemmern** (grün; *T. dicoccon*) lassen sich 2 Hauptgruppen unterscheiden: Gruppe I: scheint vermutlich *T. dicoccon* ssp. *asiaticum*

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



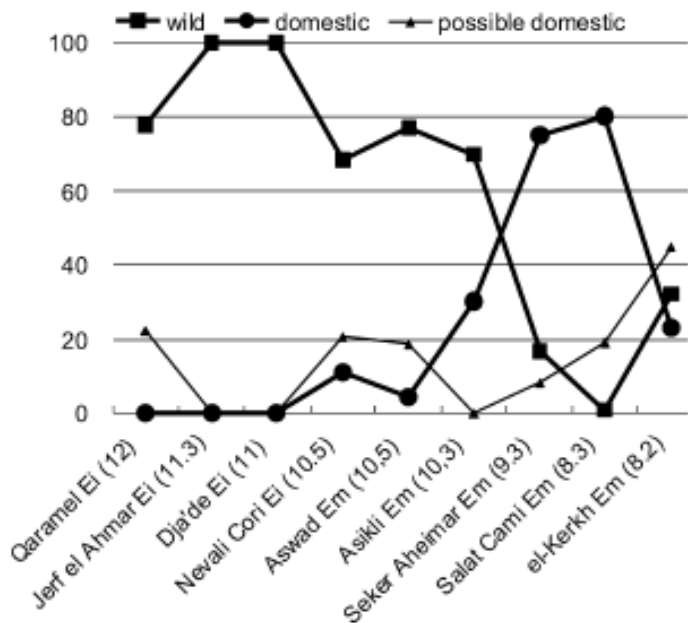
Interpretation:

Die Populationen der (nord-)östlichen Wildemmer-Rassen 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 (oben in grün) verwandt. Die **Gruppe Id** aus der Karacadag Region ist die am nächsten mit dem Kulturemmer verwandte Population.

FAZIT: diese Studie zeigte einen **Widerspruch zwischen den archäologischen und den genetischen Fakten**. Eine ganze neue Studie, basierend auf Kern-DNA Analysen (Civan et al. 2013) ergab ein abweichendes Ergebnis, das viel besser zu den archäologischen Fakten passt: Während einer „pre-domestication-period“ wurden verschiedenste Wildpopulationen in einem sehr grossen Gebiet westlich des Euphrat gesammelt und kultiviert. Innerhalb dieser kultivierten Populationen hybridisierten wilde und kultivierte Formen. Aus diesen entstanden Linien, welche vernetzte genealogische Bezüge mit ihren Vorfahren-Populationen haben. Aus diesem Gebiet wurden dann diese „vor-domestizierten“ Linien in den nördlichen und östlichen fruchtbaren Halbmond verbreitet (über bestehende Handelsnetzwerke). Aus diesen entstanden lokale Wildpopulationen, aber auch frühe domestizierte Populationen.

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

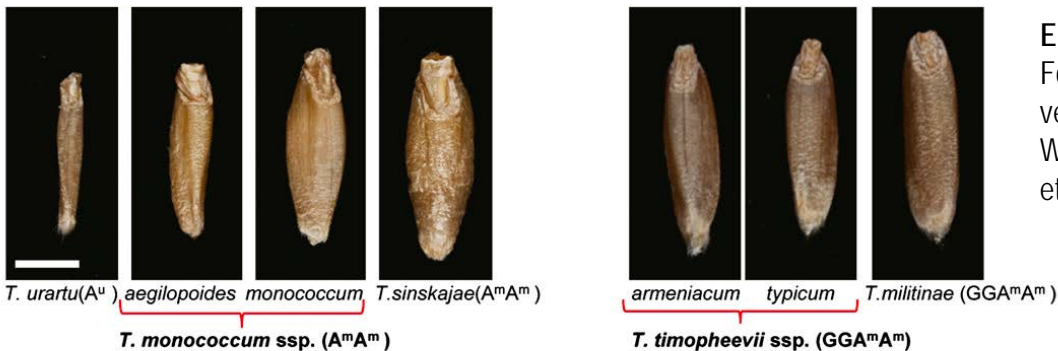


Früheste Funde fester Ährenspindeln datieren etwa in die Mitte des 9. Jt. v. Chr., also etwa an den Beginn des PPNB. Domestizierte Formen mit fester Ährenspindel setzen sich aber nur **allmählich** im Fundmaterial durch: es dauert **viele Jahrhunderte** (rund 2000 Jahre).

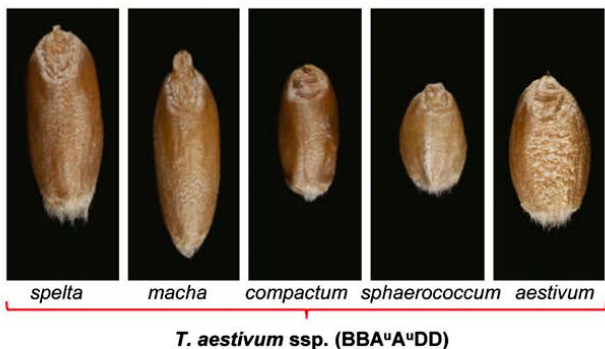
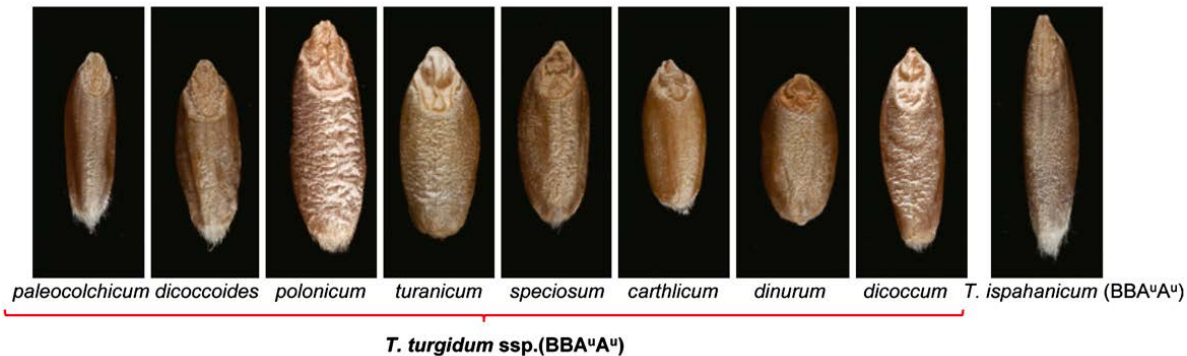
Wieso so langsam??? Mögl. Gründe:

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

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



Einschub: Formen der Körner der verschiedenen Formen des Weizens (Triticum) (Gegas et al. 2010)



Form und Grösse der Körner sind durch verschiedene, pleiotrope Gene gesteuert

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

Als erstes entstanden **tetraploide Nacktweizen** (wichtigster Vertreter: *Triticum durum* (Hartweizen, biolog. korrekt *T. turgidum* ssp. *durum* siehe Tabelle S. 103): Nacktkörnigkeit ist vor allem durch eine weitere Mutation des q-Gens auf dem Chromosom 5 (q->Q) bedingt; dazu spielen die Genloci tg (glume toughness; Tg->tg) und sog (soft glume) auf Chromosom 2 sowie weitere 6 pleiotrope Gene (QTL=quantitative trait loci) eine Rolle (Jantasuriyarat et al. 2004; Peleg et al. 2011). Solche Mutationen erfolgten ausschliesslich unter **Kulturbedingungen**.

Der nächste Schritt war die **Entwicklung hexaploider Formen**, die 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**. Hexaploide Weizen haben $2n=42$ Chromosomen und enthalten 3 Genome, BBA^ADD.

Übersicht hexaploider Weizen (aus Zohary et al. 2012, Gesamttabelle S. 93-94)

1. *T. aestivum* L. ssp. *spelta* (L.) Thell.
2. *T. aestivum* L. ssp. *macha* (Dekr. & Men.) MK
3. -
4. *T. aestivum* L. ssp. *aestivum*
5. *T. aestivum* L. ssp. *compactum* (Host) MK
6. *T. aestivum* L. ssp. *sphaerococcum* (Percival) Mk

1. Spelt *T. spelta* L. (non-brittle, hulled)
2. *T. macha* Dekr. & Men. (non-brittle, hulled)
3. *T. vavilovii* Tuman. (non-brittle, hulled)
4. Bread wheat *T. aestivum* L. [= *T. vulgare* Host; *T. sativum* Lam.] (free-threshing)
5. Club wheat *T. compactum* Host. [= *T. aestivo-compactum* Schiem.] (free-threshing)
6. Indian dwarf wheat *T. sphaerococcum* Perc. (free-threshing)



Triticum durum
(tetraploid,
Nacktweizen)



Triticum spelta
(hexaploid, Spelzweizen)

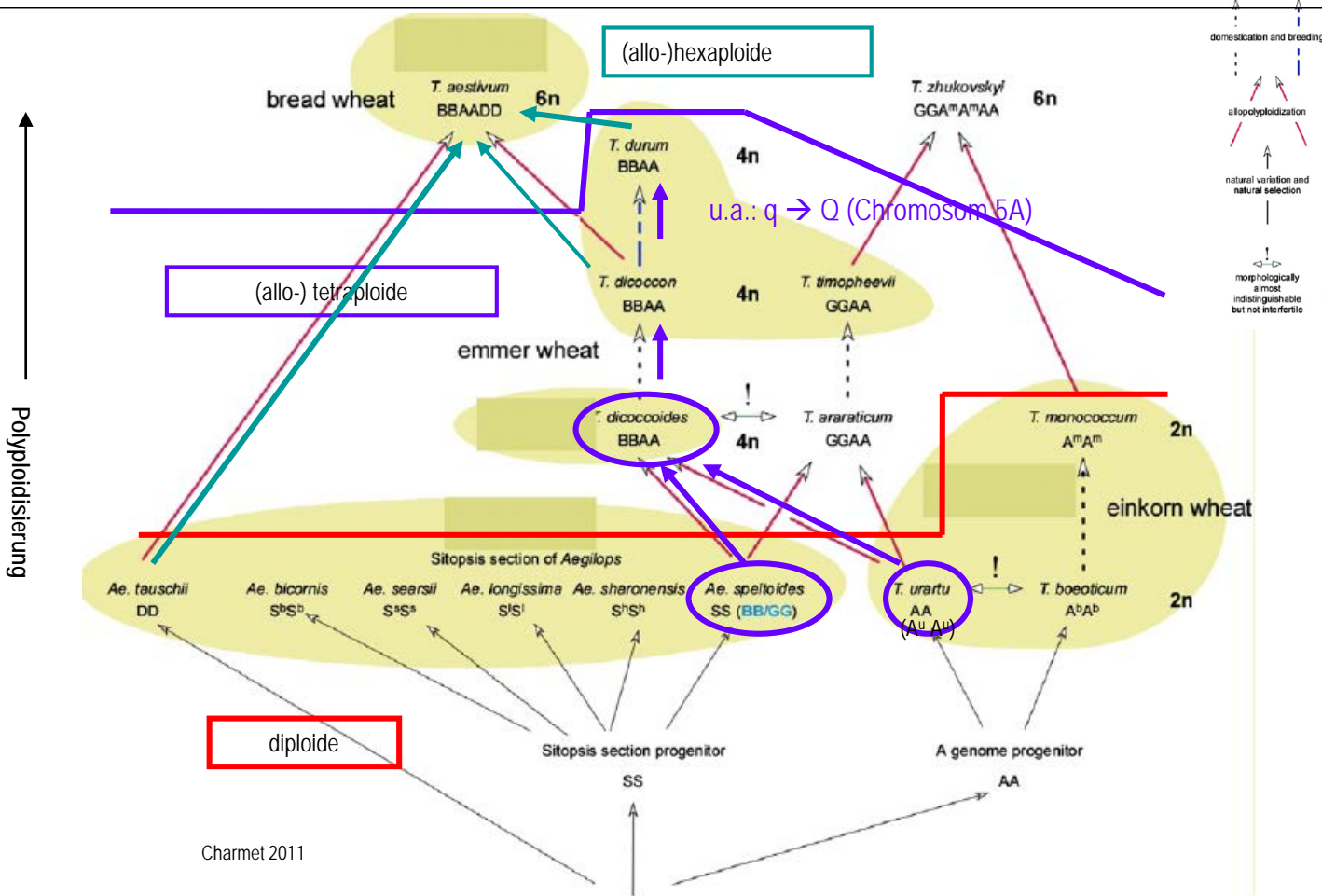


Triticum aestivum (hexaploid, Nacktweizen)

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

Bilder aus Zohary et al. 2012

Übersicht Weizenarten mit Darstellung ihrer Phylogenie (Charmet 2011, ergänzt nach Özkan et al 2011 und Haldorsen et al 2011)



Die Entstehung der hexaploiden Weizen erfolgte 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* (Informationen zu *Ae. squarrosa* auf der folgenden Seite).

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

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

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

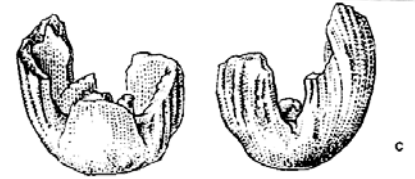
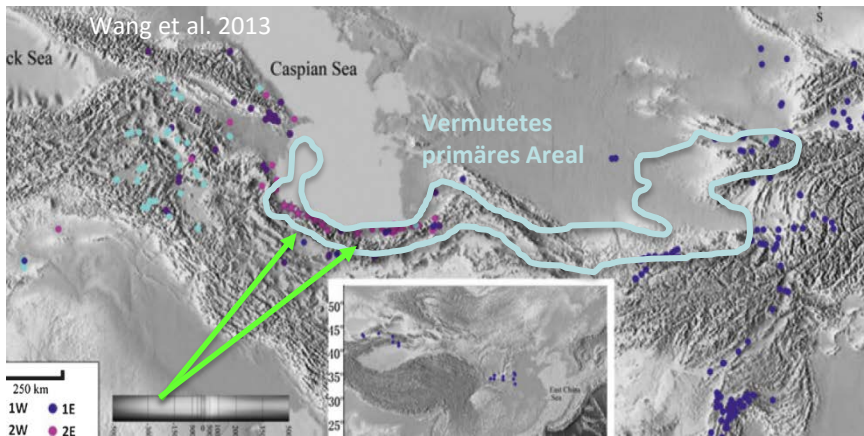
Beide haben die gleiche Genomformel: BBA^uA^uDD.

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

Domestikation von Getreide (26): Weizen (*Triticum*) (18) weitere Weizenformen (3)

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

Verbreitung von 4 Abstammungslinien von *Aegilops squarrosa* (= *Ae. tauschii*) (DD):



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

Durch die Einkreuzung von *Ae. squarrosa* sind hexaploide viel besser an ursprünglich für Weizen ungeeignete Habitate mit kontinentalem Klima angepasst – ihre Fitness (z.B. Frostbeständigkeit) ist höher (Zohary et al. 2012, 49). Die haben auch andere Eigenschaften von *Ae. squarrosa* bekommen, z.B. Kornhärte (Shaaf et al. 2016).

Ergebnisse neuer genetischer Untersuchungen zu *Aegilops squarrosa* (= *Ae. Tauschii*) (nach Wang et al. 2013)

402 Akzessionen von *Ae. squarrosa* wurden untersucht und 2 Abstammungslinien gefunden. Beide haben Sub-Abstammungslinien, die westlich oder östlich des primären Areals verbreitet sind (W oder E auf der Karte oben). Diese und 75 Saatweizen-Akzessionen wurden untersucht. 12 *Ae. squarrosa*-Akzessionen wiesen grosse Ähnlichkeit mit Nacktweizen auf. Alle gehörten zur Linie 2E und stammten von südlich des Kaspischen Meeres (grüne Pfeile auf der Abbildung oben), von einer Höhe ü.M. von $\leq 25m$. Genetiker wie u.a. Özkan et al. (2011), Wang et al. (2013), Shaaf et al. (2016) glauben, dass die Entstehung von hexaploiden Nacktweizen in diesem Raum statt fand, nach der Verbreitung von domestiziertem Emmer in Gebiete ausserhalb des Fruchtbaren Halbmondes.

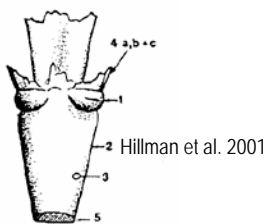
Ein paar weiter westlich, im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes gelegene Standorte von *Ae. squarrosa* wurden bis vor kurzem als sekundäre Vorkommen gedeutet. Man ging davon aus, dass sich der Ackerbau zuerst weiter nach Osten ausgebreitet haben müsse, damit es zu einer Kreuzung von *Triticum* mit *Ae. squarrosa* gekommen sein könnte. Dem widersprach aber die Fundsituation. Es stellte sich die Frage: sind diese westlichen Vorkommen wirklich sekundär? Dazu gibt es genetischen Untersuchungen von Giles & Brown (2006). Laut diesen weisen die westlichen *Ae. squarrosa* Populationen aus Syrien und der Türkei eine hohe Nukleotid-Diversität auf: dies deutet darauf hin, dass sie **urwüchsig** sind (also das ehemalige primäre Areal repräsentieren!). **D.h. Hexaploide Weizen können durchaus im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes entstanden sein, am ehesten in SE-Anatolien!**

Früheste archäologische Funde von Nacktweizen (siehe Tabelle S. 64)

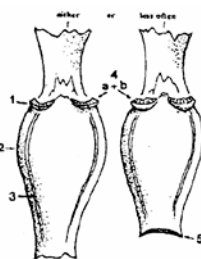
Ab PPNB (ca. 8500 BC cal) werden **Nacktweizen regelmässig gefunden**, allerdings seltener als Spelzweizen (Emmer v.a.). Oft werden v.a. **Körner** gefunden, an diesen lassen sich 4n- und 6n-Formen **nicht** unterscheiden, obwohl dies manchmal behauptet wird (so ist bis heute nicht klar, was ein kleinkörniger, früh auftretende Nacktweizen ist, der als *Triticum parvicoccum* bezeichnet wird (Feldman & Kislev 2007, 215 f.); es soll sich um eine 4n-Form handeln (siehe auch Zohary et al. 2012, 40)). Nur selten finden sich **Spindelglieder**, an denen 4n- und 6n-Formen einigermaßen unterscheidbar sind. Aufgrund der Fundsituation beobachtet man **praktisch zeitgleiches** Auftreten von tetra- und hexaploiden Nacktweizen.

Modern: Unterscheidungskriterien an Drusch (Spindelglieder) von Nacktweizen:

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



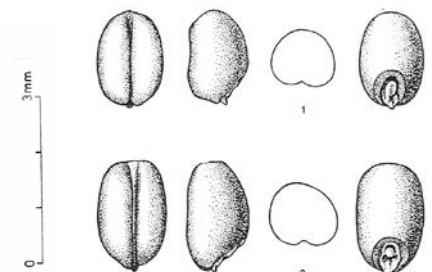
Tetraploid: Höcker unterhalb des Ansatzpunktes der Hüllspelze, Rand gerade.



Hexaploid: keine Höcker, geschwungener Rand



mehrgliedriges Spindelglied-Frg. von Nacktweizen, in der Literatur z.T. als hexaploid, z.T. als tetraploid bezeichnet: Bestimmung schwierig.



Körner: 4n oder 6n!

Domestikation von Getreide (27): Weizen (*Triticum*) (18) weitere Weizenformen (4) und Fazit

Früheste archäologische Funde von Nacktweizen (Forts.) (nach Zohary et al. 2012, 45-46 und dort zitierter Literatur; siehe auch Maier 1996)

Älteste Funde **tetraploider** Nacktweizen ab **mittl. PPNB (ca. 8200 v. Chr.)**: Im Damaskus-Becken (Tell Aswad), in Zentral-Anatolien (Asikli Hüyük), ab 7500 v. Chr. z.B. in Can Hasan III (SE-Anatolien).

Früheste **hexaploide** Nacktweizen auch schon ab **mittl. PPNB**, allerdings etwas später: **7700-6600 v. Chr.** cal in Can Hasan III, Cafer Höyük in Südostanatolien und in Tell Ramad (Damaskus Becken; siehe Abbildung S. 67)

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

Entstehung des Dinkels (*Triticum spelta*)?

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

Es gibt **keine** eindeutigen archäobotanischen Nachweise des Dinkels im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes in den frühen Fundstellen (ob Forschungslücken?). Frühe archäobotanische Nachweise des Dinkels in Transkaukasien datieren auf rund 6000 v. Chr. (Zohary et al. 2012, 50 und dort zitierte Literatur), sind also deutlich später, als **frühe Funde hexaploider Nacktweizen** (Saatweizen) im fruchtbaren Halbmond. Neue Untersuchungen aus den fraglichen Gebieten werden dringend benötigt!

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

Fazit: Ort der frühesten Domestikation der Weizen“arten“

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

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

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.

- Abbo, S., Pinhasi van-Oss, R., Gopher, A., Saranga, Y., Ofner, I. und Peleg, Z. (2014) Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. Trends in Plant Science in press.
- Akeret, Ö. (2005) Plant remains from a Bell Beaker site in Switzerland, and the beginnings of *Triticum spelta* (spelt) cultivation in Europe. Vegetation History and Archaeobotany 14/4, 279-286
- Allaby, R. (2010) Integrating the processes in the evolutionary system of domestication. Journal of experimental botany 61/4, 935-944.
- Allaby, R. G., Brown, T. A. und Fuller, D. Q. (2010) A simulation of the effect of inbreeding in crop domestication genetics with comments on the integration of archaeobotany and genetics: a reply to Honne and Heun. Vegetation History and Archaeobotany 19, 151-158.
- Allaby, R. G., Fuller, D. Q. und Brown, T. A. (2008) The genetic expectations of a protracted model for the origins of domesticated crops. PNAS 105/37, 13982-13986.
- Allaby, R.G., Stevens, C., Lucas, L., Maeda, O., Fuller, D.Q. (2017) Geographic mosaics and changing rates of cereal domestication. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 372: 20160429.
- Bai, J., Liu, K., Jia, X. und Wang, D. (2004) An analysis of homoeologous microsatellites from *Triticum urartu* and *Triticum monococcum*. Plant Science 166, 341-347.
- Blatter, R. H. E., Jacomet, S. und Schlumbaum, A. (2002) Spelt-specific alleles in HMW glutenin genes from modern and Historical European spelt (*Triticum spelta* L.). Theoretical and Applied Genetics 104, 329-337.
- Blatter, R. H. E., Jacomet, S. und Schlumbaum, A. (2004) About the origin of European spelt (*Triticum spelta* L.): allelic differentiation of the HMW Glutein B1-1 and A1-2 subunit genes. Theoretical and Applied Genetics 108, 360-367.
- Brown, T. A., Jones, M. K., Powell, W. und Allaby, R. G. (2009) The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. TREE Trends in Ecology and Evolution 24/2, 103-109.
- Bunning, S.L., Jones, G. und Brown, T.A. (2012) Next generation sequencing of DNA in 3300-year-old charred cereal grains. Journal of Archaeological Science 39, 2780-2784.
- Charmet, G. (2011) Wheat domestication: Lessons for the future. Comptes Rendus Biologies 334/3, 212-220.
- Civáň, P., Ivaničová, Z. und Brown, T.A. (2013) Reticulated Origin of Domesticated Emmer Wheat Supports a Dynamic Model for the Emergence of Agriculture in the Fertile Crescent. PLOS ONE | www.plosone.org, November 2013 | Volume 8 | Issue 11 | e81955 (11 Seiten)
- Damania, A. B., Valkoun, J., Willcox, G. und Qualset, C. O., Hrsq. (1998) The Origins of Agriculture and Crop Domestication. Proceedings of the Harlan Symposium, 10-14 May 1997, Aleppo, Syria. Aleppo.
- Doebley, J. F., Gaut, B. S. und Smith, B. D. (2006) The Molecular genetics of Crop Domestication. Cell 127/December, 1309-1321.
- Dvorak, J., Deal, K. R., Ming-Cheng, L., You, F. M., von Borstel, K. und Denghani, H. (2012) The origin of Spelt and Free-Threshing Hexaploid Wheat. Journal of Heredity 103: 426-441.
- Elbaum, R., Zaltzman, L., Burgert, I. und Fratzl, P. (2007) The role of wheat awns in the seed dispersal unit. Science 316/5826, 884-886.
- 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., Asouti, E. und Purugganan, M. D. (2012a) Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. Vegetation History and Archaeobotany 21, 131-145.
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012b) Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. Journal of experimental botany 63/2, 617-33.
- Gegas, V. C., Nazari, A., Griffiths, S., Simmonds, J., Fish, L., Orford, S., Sayers, L., Doonan, J. H. und Snape, J. W. (2010) A Genetic Framework for Grain Size and Shape Variation in Wheat. Plant Cell 22/4, 1046-1056.
- Giles, R. J. und Brown, T. A. (2006) GluDy allele variations in *Aegilops tauschii* and *Triticum aestivum*: implications for the origins of hexaploid wheats. Theoretical and Applied Genetics 112/8, 1563-1572.
- Golovnina, K.A., Glushkov, S.A., Blinov, A. G., Mayorov, V. I., Adkison, L. R. und Goncharov, N. P. (2007) Molecular phylogeny of the genus *Triticum* L. Plant Systematics and Evolution 264: 195-216
- Haldorsen, S., Akan, H., Celik, B. und Heun, M. (2011) The climate of the Younger Dryas as a boundary for Einkorn domestication. Vegetation History and Archaeobotany 20/4, 305-318.
- Hervey-Murray, C. G. (1980) The Identification of Cereal Varieties. Cambridge.
- 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
- 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.

- Jacomet, S. (2006)** Bestimmung von Getreidefunden aus archäologischen Ausgrabungen / Identification of cereal remains from archaeological sites. IPNA, Basel (online erhältlich, IPNA website)
- Jantasuriyarat, C., Vales, M. I., Watson, C. J. W. und Riera-Lizarazu, O. (2004)** Identification and mapping of genetic loci affecting the free-threshing habit and spike compactness in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 108: 261–273
- Kilian, B., Özkan, H., Walther, A., Kohl, J., Dagan, T., Salamini, F. und Martin, W. (2007)** Molecular Diversity at 18 Loci in 321 Wild and 92 Domesticated Lines Reveal No Reduction of Nucleotide Diversity during *Triticum monococcum* (Einkorn) Domestication: Implications for the Origin of Agriculture. *Molecular Biology and Evolution* 24/2, 2657-5668.
- Kislev, M. (1997)** Early agriculture and palaeoecology of Netiv Hagdud. In: Bar-Yosef, O. & Gopher, A. (eds.) *An early Neolithic village in the Jordan valley Part 1: The archaeology of Netiv Hagdud*, p. 201-236. Cambridge MA, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.
- Kislev, M. E., Weiss, E. und Hartmann, A. (2004)** Impetus for sowing and the beginning of agriculture: Ground collecting of Wild Cereals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS* 101/9, 2692-2695.
- Lev-Yadun, S., Gopher, A. und Abbo, S. (2000)** The Cradle of Agriculture. *Science* 288/5471, 1602-1603.
- Lucas, L., Colledge, S., Simmons, A. und Fuller, D. Q. (2012)** Crops introduction and accelerated island evolution: archaeobotanical evidence from 'Ais Yiorikis and Pre Pottery Neolithic Cyprus. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 117-129.
- Maier, U. (1996)** Morphological studies of free-threshing wheat ears from a Neolithic site in southwest Germany, and the history of the naked wheats. *Vegetation History and Archaeobotany* 5, 39-55.
- Megyeri, M., Farkas, A., Varga, M., Kovacs, G. Molnar-Lang, M. und Molnar, I. (2012)** Karyotypic analysis of *Triticum monococcum* using standard repetitive DNA probes and simple sequence repeats. *Acta Agronomica Hungarica* 60/2, 87-95
- Miedaner, T. und Longin, F. (2012)** Unterschätzte Getreidearten: Einkorn, Emmer, Dinkel & Co. Agrimedia Verlag (kein Erscheinungsort angegeben, Deutschland)
- Moore, A. M. T., Hillman, G. C. und Legge, A. J. (2000)** Village on the Euphrates. From foraging to farming at Abu Hureyra. Oxford.
- 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.
- Özkan, H., Brandolini, A., Pozzi, C., Effgen, S., Wunder, J. und Salamini, F. (2005)** A reconsideration of the domestication geography of tetraploid wheats. *Theoretical and Applied Genetics* 110, 1052-1060.
- Özkan, H., Willcox, G., Graner, A., Salamini, F. und Kilian, B. (2011)** Geographic distribution and domestication of wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*). *Genetic Resources and Crop Evolution* 58/1, 11-53.
- 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.
- Peleg, Z., Fahima, T., Korol, A. B., Abbo, S. und Saranga, Y. (2011)** Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication. *Journal of Experimental Botany* 62/14, 5051-5061.
- Pourkheirandish, M., Dai, F., Sakuma, S., Kanamori, H., Distelfeld, A., Willcox, G., Kawahara, T., Matsumoto, T., Kilian, B. und Komatsuda, T. (2018)** On the origin of the non-brittle rachis trait of domesticated einkorn wheat. *Frontiers in Plant Science* 8, 2031.
- Riehl, S. (2013)** Emergence of Agriculture in the Foothills of the Zagros Mountains of Iran. *Science* 341, 65-67.
- Shaaf, S., Sharma, R., Baloch, F.S., Badaeva, E.D., Knüpfner, H., Kilian, B. und Özkan, H. (2016)** The grain Hardness locus characterized in a diverse wheat panel (*Triticum aestivum* L.) adapted to the central part of the Fertile Crescent: genetic diversity, haplotype structure, and phylogeny. *Molecular Genetics and Genomics* 291, 1259-1275.
- 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.
- Snir, A. und Weiss, E. (2014)** A novel morphometric method for differentiating wild and domesticated barley through intra-rachis measurements. *Journal of Archaeological Science* 44, 69-75.
- 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. (2012)** Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 107-115.
- 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.

Literatur (Forts.)

- 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.
- Wang, J., Luo, M.-C., Chen, Z., You, F.M., Wei, Y., Zheng, Y. und Dvorak, J. (2013) *Aegilops tauschii* single nucleotide polymorphisms shed light on the origins of wheat D-genome genetic diversity and pinpoint the geographic origin of hexaploid wheat. *New Phytologist* 198, 925-937.
- White, C. E. und Makarewicz, C. A. (2012) Harvesting practices and early Neolithic barley cultivation at el-Hemmeh, Jordan. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 85-94.
- 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., Fornite, S. und Herveux, L. (2008) Early Holocene cultivation before domestication in Northern Syria. *Vegetation History and Archaeobotany* 17/3, 313-325.
- Van Slageren, M.W. (1994) *Wild wheats: a monograph of Aegilops L. and Amblyopyrum (Jaub. And Spach) (Poaceae)*. Wageningen, Agricultural University Papers.
- 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*. 3rd. Edition. Oxford.
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012) *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin*. 4th Edition. Oxford.

- Grundlegendes
 - Systematik und Taxonomie, Genetik
 - Morphologie
 - Domestikationsmerkmale und deren Sichtbarkeit im archäobotanischen Fundgut, Bestimmungsprobleme
- Wildform
 - Verbreitung, Habitate
- Kulturformen und deren Entstehung
 - Genetische Fakten, frühe archäologische Funde
 - Genetische Ergebnisse zur Gerstendomestikation
- Weitere Fakten zur Getreidedomestikation

Systematik und Taxonomie, Genetik:

Gerste (*Hordeum*) gehört zum gleichen Tribus (Triticeae) innerhalb der Süssgräser (Poaceae) wie Weizen (*Triticum*). Alle Formen sind **diploid** ($2n = 14$). Auch Gerste ist **Selbstbestäuber** (autogam; outbreeding rate 1-2%, z.B. Morrell et al. 2005). Gerste gehört gemäss moderner Klassifizierung zu EINER biologischen Art: alle Hybriden sind interfertil (Sakuma et al. 2011; Zohary et al. 2012). Taxonomie (aus Zohary et al. 2012):

Table 5 Taxonomy of the barley crop complex: Species according to traditional classification and their modern ranking on the basis of cytogenetic affinities

Traditional classification	Modern grouping
Section <i>Cerealina</i> Åberg within the genus <i>Hordeum</i> L. containing the following species:	A single species containing both wild and domesticated forms. Collective name: <i>H. vulgare</i> L.
1. Wild two-rowed barley <i>H. spontaneum</i> C. Koch Brittle, hulled.	1. <i>H. vulgare</i> subsp. <i>spontaneum</i> 1 = Wildform: zweizeilig
2. Domesticated two-rowed barley <i>H. distichum</i> L. Non-brittle, mostly hulled.	2. <i>H. vulgare</i> subsp. <i>distichum</i> [= <i>H. vulgare</i> convar. <i>distichum</i>] 2 = Kulturform, zweizeilig
3. Domesticated six-rowed barley <i>H. vulgare</i> L. [= <i>H. hexastichum</i> L.] Non-brittle, both hulled and naked forms	3. <i>H. vulgare</i> subsp. <i>vulgare</i> [= <i>H. vulgare</i> convar. <i>vulgare</i>] 3 = Kulturform, mehrzeilig
4. Brittle six-rowed barley <i>H. agriocrithon</i> Åberg.	4. <i>Agriocrithon</i> forms are now known to be secondary hybrid derivatives between 1 and 3.
4 = sek. entstandene Wildform, Himalaya	

Morphologie:

Der Blütenstand ist wie bei Weizen eine **Ähre**. Im Gegensatz zum Weizen sind aber die Ährchen 1-blütig, an jeden Nodium der Ähre sitzen **3 einblütige Ährchen**. Ist nur das mittlere Ährchen fertil, die beiden seitlichen aber steril, so spricht man von **Zweizeiliger** Gerste (Wegen dieser grossen morphologischen Differenzen wurden Gersten als verschiedene Arten angesehen, siehe oben, traditionelle Klassifizierung). Sind alle 3 Ährchen fertil, so spricht man von einer **Mehrzeiligen** Gerste (Morphologie im Detail siehe auf der folgenden Seite). **Ursprüngliche** Gersten (inkl. die Wildform) sind **zweizeilig**. Die Form der Ährchen bei Zweizeiligkeit bringt der Wildgerste Vorteile bei der natürlichen Verbreitung (schmale, lange Ährchen mit massiven, mit Widerhaken versehenen Grannen, graben sich leichter in den Boden ein; siehe Bothmer et al. 1995).

Zweizeilige Gerste (*H. distichum*)



Mehrzeilige Gerste (*H. vulgare*)



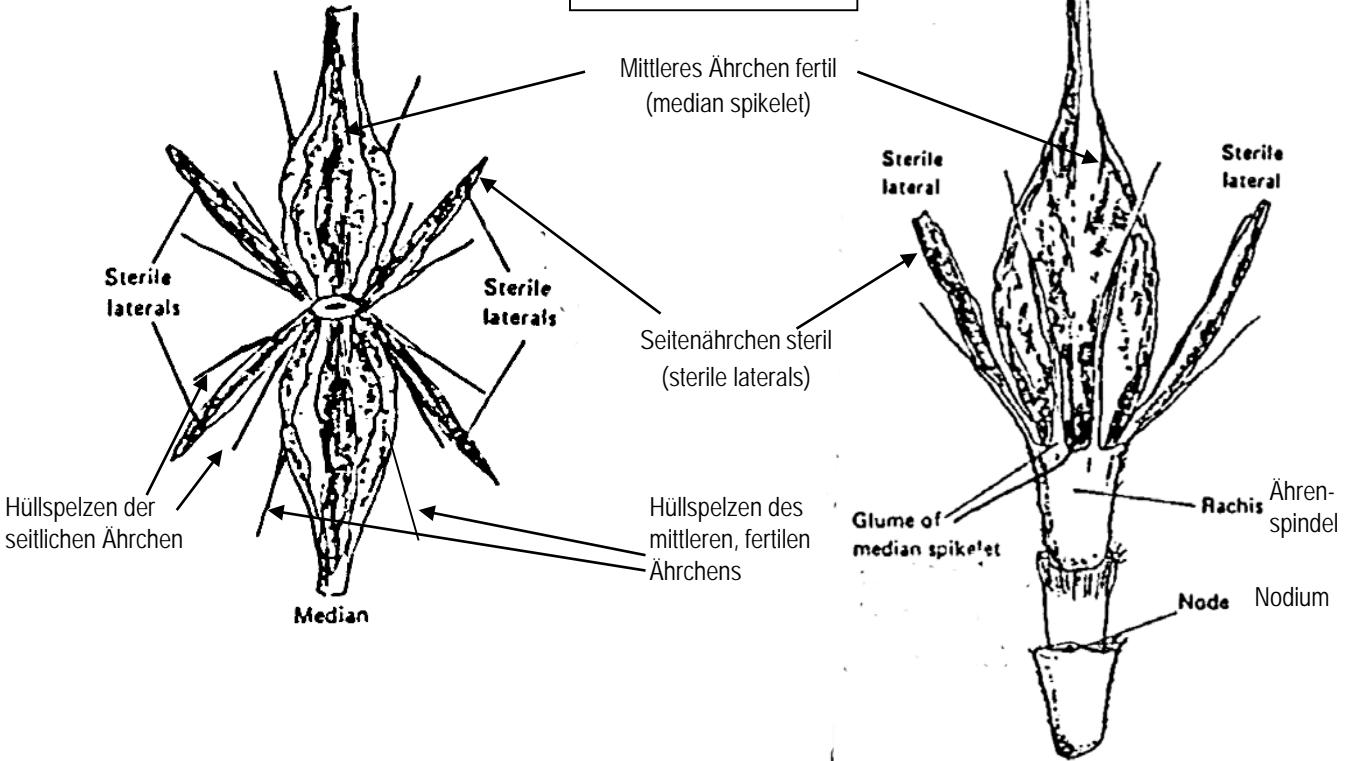
Fotos SJ

Morphologische Unterschiede zwischen zwei- und mehrzeiligen Gersten

In Aufsicht (Ähre quer)

Zweizeilige Gerste

Seitenansicht

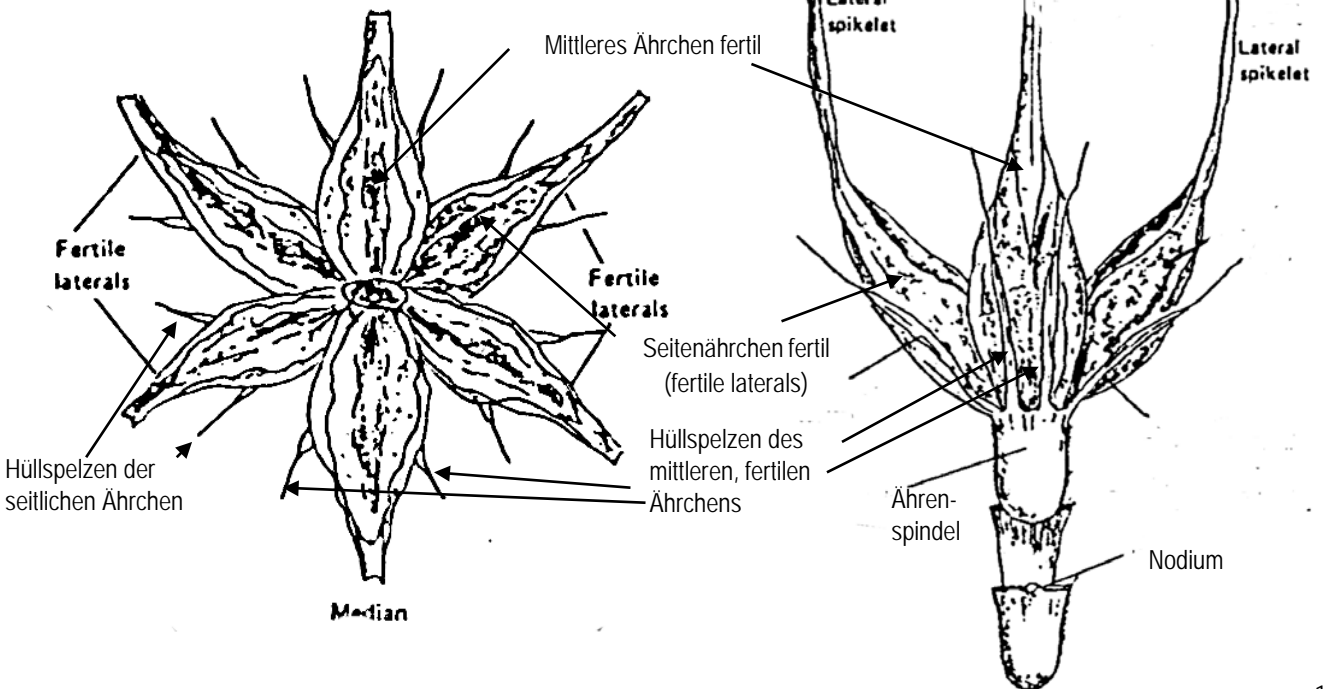


Hervey-Murray 1980

Mehrzeilige Gerste

In Aufsicht (Ähre quer)

Seitenansicht



Morphologie (Forts.)

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-zeiligen Formen zu unterscheiden.

Spelz- und Nacktgerste:

Wie bei Weizen gibt es auch bei Gerste bespelzte und nacktkörnige Formen. Die Wildgerste und die meisten domestizierten Formen sind bespelzt, die Deck- und die Vorspelze sind mit dem Korn praktisch verwachsen. Entspelzung ist aufwendig („Rollgerste“). Es gibt nur relativ wenige Nacktgerste, bei denen die Körner frei sind. In traditionellen Agrargesellschaften diente Nacktgerste als menschliche Nahrung, die bespelzten Formen hingegen als Rohmaterial für Bierbrauerei und Tierfutter (Ausnahmen!) (nach Zohary et al. 2012).

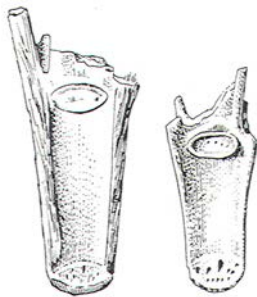
Domestikationsmerkmale und deren Sichtbarkeit im archäologischen Fundmaterial (Unterscheidung von Wild- und Kulturformen)

Zu prinzipiellen Dingen siehe S. 87-90; Zohary et al 2012

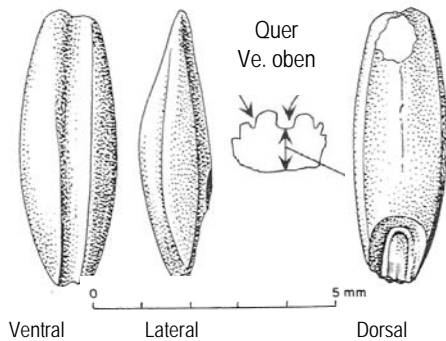
Wildgerste: ist zweizeilig.

Ährenspindel: ist **brüchig**, sie zerbricht wie bei wilden Weizen an Sollbruchstellen, die an den Spindelgliedern sichtbaren Abbruchstellen sind glatt; ev. sind noch Spuren der sterilen Seitenährchen vorhanden.

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



Bsp.: Spindelglieder von Wildgerste (*Hordeum spontaneum*) vom Tell Mureybet III (frühes bis entw. Protoneol.). Aus van Zeist & Bakker-Heeres 1986

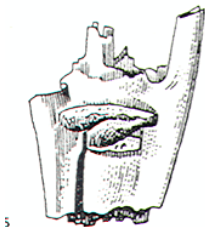


Bsp.: Körner von Wildgerste (Tell Mureybet III, Protoneol.), siehe links

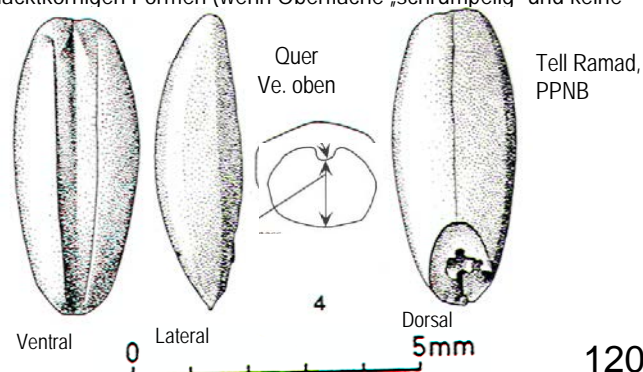
Kulturgerste (rechts): ist zwei- oder mehrzeilig.

Ährenspindel: ist **fest**, sie zerbricht im Bereich des Internodiums durch äussere Einwirkung. An der oberen Abbruchnarbe sind deshalb meist noch Reste der Basis des nächsthöheren Spindelgliedes zu sehen.

Körner: weitaus häufigste Funde; grössere, voluminöse Körner (hier Bsp. Spelzgerste). Auftreten von Krümmlingen deutet auf das Vorhandensein mehrzeiliger Formen (siehe nächste Seite). Vorkommen von nacktkörnigen Formen (wenn Oberfläche „schrumpelig“ und keine Kanten, handelt es sich um Nacktgerste).



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



Domestikationsmerkmale und deren Sichtbarkeit im archäologischen Fundmaterial (Forts.)

Ähnlich wie bei Weizen ist bei Fundmaterial aus dem Protonoleolithikum die Feststellung, ob es sich um wilde oder domestizierte Formen handelt, schwierig und nur grössere Fundmengen sind schlüssig zu beurteilen:

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

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

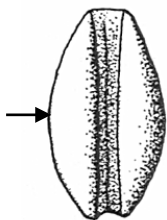
Weitere Informationen zum Abernten von Wildgerste, Experimenten usw. in White & Makarewicz 2012.

Tanno & Willcox 2012

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

Körner:

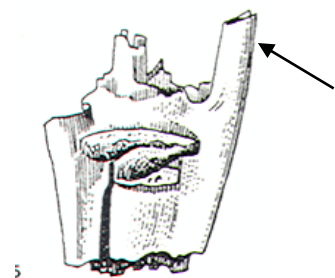
bei 2-zeiliger Gerste sind alle Körner gerade, gleichmässig geformt



bei mehrzeiligen Gersten sind die seitlichen Körner "krumm" (verdreht, asymmetrisch) (sog. "Krümmlinge")



Spindelglieder:



Bouby 2001, Bsp. aus einer gallo-römischen Fundstelle in Frankreich

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

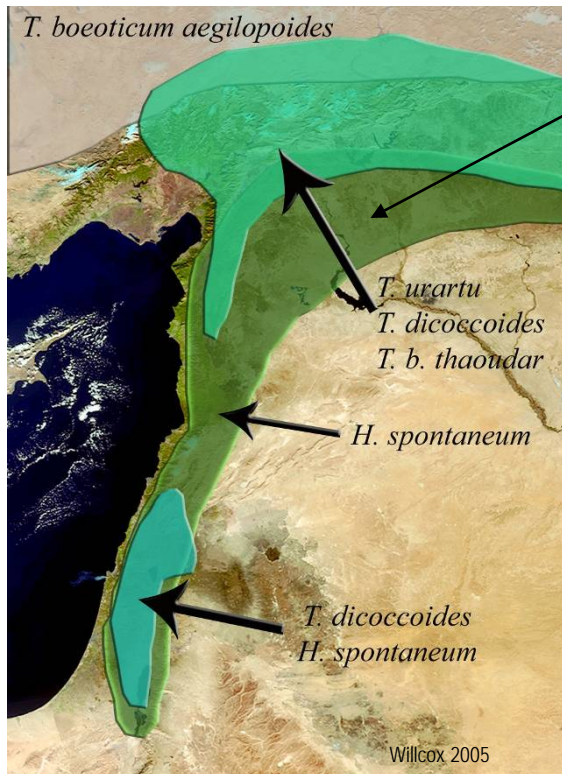
Bsp. Von Ganj Dareh, Spindelglied, *H. distichum*, Kulturgerste, 2-z. PPNB spät, van Zeist & Bakker-Heeres 1985

Wildform: Wildgerste (*Hordeum spontaneum* C. Koch): Verbreitung, Habitate



Wildgerste: 2-zellige Gerste bespelzt, mit brüchiger Rachis, Winterannuell

Literatur: Zohary et al. 2012, 53-54; Willcox 2005, Morrell & Clegg 2007, Sakuma et al. 2011, Ren et al. 2013



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

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

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

Klimatische Amplitude der Wildgerste im fruchtbaren Halbmond: eher kälteempfindlich (nur selten oberhalb 500 m vorkommend), deshalb auf den Hochflächen von Zentralanatolien und des Iran fehlend)

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

Verbreitungsgebiet von Wildgerste:



Das Areal der Wildgerste reicht bis nach Ostasien (heutiges Kirgisistan, Afghanistan und West-Pakistan, bis in den Himalaya; ausserdem auch Nordafrika usw.; Abbildung aus Ren et al. 2013). Es lassen sich genetisch 3 Gruppen der Wildgerste abgrenzen: gelb = SW-asiatisch; rot = zentralasiatisch; grün = tibetisch (blau = chinesische Kulturgersten). Diese Unterschiede in der Allelzusammensetzung müssen alt sein.

Kulturformen der Gerste und deren Entstehung

Genetische Fakten (nach Komatsuda et al. 2007, Sakuma et al 2011, Zohary et al. 2012)

Zweizeilige Gerste (*Hordeum distichum*) entstand direkt aus der Wildgerste durch Mutation von 2 Genen, Btr1 und Btr2, auf dem kurzen Arm von Chromosom 3H. Diese bewirken eine feste Rachis (Ährenspindel), wenn sie von dominant zu rezessiv mutieren. Die meisten europäischen und westasiatischen Gersten haben den Genotyp btr1Btr2 (ostasiatische: Btr1btr2).

Mehrzeilige Gerste (*Hordeum vulgare*) entstand durch Mutation einer 2-zeiligen Kulturgerste, welche Fertilität der Seitenährchen bewirkt. Dabei sind 2 Gene involviert: V: "kernel rows" und I "Lateral floret fertility". Bei der mehrzeiligen Gerste mutiert i von rezessiv zu dominant I, bei v passiert das Gegenteil (von dominant V zu rezessiv v) Genotyp einer zweizeiligen Gerste ist VVii, derjenige einer mehrzeiligen Gerste vvII.

Eine Kurzährigkeit (6-zeil. Gersten) wird durch weitere pleiotrope Gene (QTL's) bewirkt.

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

Kulturgerste entwickelte sich aus der Wildgerste im Lauf des entwickelten Protoneolithikums. Eine **Übersicht über die archäobotanischen Funde** aus dem fraglichen Zeitraum gibt die folgende Tabelle:

Was sagen die archäobotanischen Daten?

1. Südlevante

Taxa→	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	<i>Hordeum vulgare</i> /spontaneum
Süd-Levante / Southern Levant				
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	x ^{wd}
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L	x
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L	x
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	x
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L	x
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	x ^{wd}
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	x ^{wd}
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	x ^{wd}
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E PPNB	S-L	x ^{wd}
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^{wd}
Tell Qarassa North	8400 (8700-8200)	E PPNB	S-L	x ^D
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^{wd}
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M PPNB	S-L	
Hemmeh	7700 (7800-7600)	E-M PPNB	S-L	x ^D
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M PPNB	S-L	x ^D
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L	x ^D
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D
Basta	7400 (7550-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D
Azraq 31	7500-7200	M-L-PPNB	S-L	x ^D
Ain Ghazal	7200 (8300-6600)	E-PPNB-PPNC	S-L	x ^D
Tell Ramad	7100 (7300-6650)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x ^D
Wadi Fidan A	7100 (7300-6750)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x ^D
Wadi Jilat 13	6700 (7050-6600)	PPNBfin	S-L	x ^{wd}

- Frühe Funde von Gerste gibt es aus **allen** Teilen des fruchtbaren Halbmondes (**siehe auch auf der nächsten Seite**), Wildgerste wurde überall gesammelt, schon im Paläolithikum; dies entspricht dem heute beobachteten, grossen Verbreitungsareal.
- In der Fundstelle Gilgal I (in der Südlevante) gibt es einen sehr grossen Vorratsfund von Wildgerste.

x=vorhanden, ohne Zusatz: wild oder höchstwahrscheinlich wild

x^D: vorhanden, domestiziert

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

Tabelle archäobotanisch untersuchter Fundstellen des Nahen Ostens, mit Nachweisen von Wildgerste, sowie früheste domestizierte Funde (Ausschnitt aus Tab. S. 67; nach Fuller et al 2012 (J. Exp. Bot., Tabelle S1 und JXB online), ergänzt)

Domestikation von Getreide (34): Gerste (*Hordeum*) (7)

Was sagen die archäobotanischen Daten?

2. Nordlevante und Anatolien inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dreieck) und 3. Östlicher fruchtbarer Halbmond

Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dreieck)				
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,400)	Epipal	N-L-An	
Körtik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	x
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	x
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	x
Mureybet I-III	9400 (9700-8500)	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	x
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	x
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	x ^{wd}
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	x
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x ^{wd}
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	x
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	x
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x
Hacılar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D
Sabi Abyad II	7650-6750	M-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
Tell Halula	7650 (7800-7300)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D
Cafer Höyük III-VIII	7600 (8300-7450)	E-M-PPNB	C-A	x ^D
Aşıklı Höyük	7600 (7800-7500)	M-PPNB	N-L-An	x ^{wd}
Can Hasan III	7600 (7800-6500)	M-L-PPNB-PPNB	N-L-An	x ^D
Abu Hureyra 2A-C	7400 (7800-7000)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D
Ras Shamra	7200 (7600-6000)	M-L-PPNB-PPNC	N-L-An	x ^D
Tell Bouqras	7100 (7500-6300)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
Çatalhöyük East	6900 (7100-6400)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
El Kowm II	6600 (7100-6350)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D
Zypern / Cyprus				
Kissonerga-Mylouthkia	8700-8200	E-PPNB	Z	x ^D
Sillourokambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z	x ^{wd}
Kalavassos Tenta	8000-6500	M-PPNB-PPNBfin	Z	x, Status?
Ais Yorkis	7590-7490	M-PPNB	Z	x ^D
Östlicher fruchtbarer Halbmond / Eastern Fertile Crescent				
Sheikh-e Abad (Trench 1)	9800-9250	Epipal-PPNA	E-F-C	x ^{wd}
Qermez Dere	9200 (10,100-8800)	Epipal-PPNA	E-F-C	x
M'lefaat	9200 (9500-8800)	PPNA	E-F-C	x
Chogha Golan XI-VIII *1	8900 (>9100-8600)	PPNA	E-F-C	x-x ^{wd}
Nemrik	8400 (10,200-8200)	Epipal-E-PPNB	E-F-C	
Chogha Golan VII-V *1	8300 (8600-8000)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^{wd}
Ganj Dareh	8100 (8250-7850)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D
Tepe Abdul Hosein	8000 (8300-7800)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D
Chia Sabz	8000 (8550-7600)	E-M-PPNB	E-F-C	x
Sheikh-e Abad (Trench 1)	7950	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D
Chogha Golan IV-I *1	7800 (8000-7600)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D
Jarmo	7700 (8000-7400)	M-L-PPNB	E-F-C	x ^{wd}
Sheikh-e Abad (Trench 1)	7600	M-L-PPNB	E-F-C	x ^D
Bestansur	7600	M-L-PPNB	E-F-C	x ^D
Ali Kosh (B M ph.)	7300 (7650-6800)	M-L-PPNB	E-F-C	x ^D
Chogha Bonut	7250 (7600-6900)	M-L-PPNB	E-F-C	x ^D
Tell Maghzaliyeh	6700 (7100-6300)	L-PPNB-PPNBfin	E-F-C	x ^D

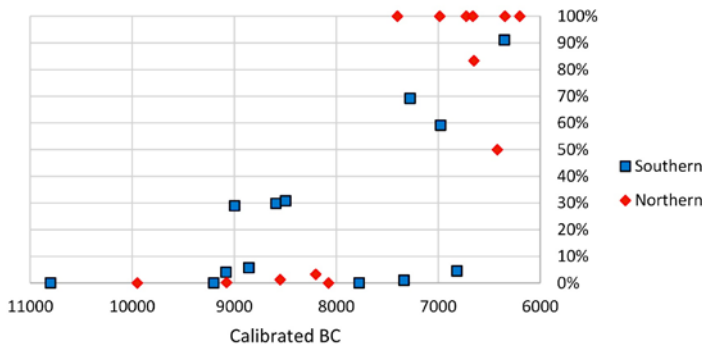
- Nach Zypern hingegen wurde mindestens halbdomestizierte Gerste eingeführt (ab PPNB).
- Früheste gesicherte Funde von domestizierter 2-zeiliger Gerste gibt es ab PPNB (Mitte 9. Jt. v. Chr)
- Früheste Nachweise mehrzelliger Gersten gibt es auch ab PPNB (z. Bsp. Catal Hüyük, Zentralanatolien, ab ca. 7500 v. Chr.)(siehe Zohary et al. 2012, 56 f.)
- Nacktgerste ab ca. 7000 v. Chr.

Domestikation von Getreide (35): Gerste (*Hordeum*) (8)

Site	Latitude	Longitude	median age (cal.BC)	shattering %	non-shattering %	total n (det. Rachis)	excluded indet. Rachis.	primary source
Iraq ed-Dubb (Natufian)	32.32	35.67	10800	100%	0%	59	-	Colledge, 2001
Mureybet (Ia)	36.02	38.15	9950	100%	0%	6	-	van Zeist and Bakker-Heeres 1984; Willcox 2008
Iraq ed-Dubb (PPNA)	32.32	35.67	9200	100%	0%	59	-	Colledge, 2001
Netiv Hagdud	31.98333	35.45	9080	96.00%	4.00%	3277	0	Kislev, 1997
Jerf el-Ahmar	36.40	38.22	9075	99.80%	0.20%	3333	-	Tanno and Willcox, 2012
Zahrat Adh-Dhra 2	31.25522	35.56624	8995	71.10%	28.90%	38	89	Edwards et al., 2004
el-Hemmeh (PPNA)	30.96735	35.73034	8855	94.30%	5.70%	53	32	White and Makarewicz, 2012
Aswad (I)	33.40415	36.55006	8590	70.20%	29.80%	114	14	van Zeist and Bakker-Heeres, 1985; Tanno & Willcox 2012
Dja'de	36.67	38.18	8550	98.70%	1.30%	155	-	Tanno and Willcox, 2012
Tell Qarassa North	32.7	36.3	8495	69.23%	30.77%	13	0	Arranza-Otaegui et al 2016
Chogha Golan	33.39109	46.27476	8200	96.70%	3.30%	30	-	Weide et al., 2015
East Chia Sabz	33.3224	47.17014	8075	100%	0%	22	-	Riehl et al., 2013
Jilat 7	31.50	36.42	7775	100%	0%	85	19	Colledge, 2001
Abu Hureyra (2B)	35.87	38.40	7400	0%	100%	1	13	de Moulins, 1997
Azraq 31	31.80	36.82	7335	99.00%	1.00%	3	-	Colledge, 2001
Wadi Fidan A	30.82999992	35.50	7275	30.80%	69.20%	13	12	Colledge, 2001
Seker al-Aheimar (PPN)	36.819	41.138	6985	0%	100%	61	-	Tanno and Willcox, 2012
Ramad	33.42924	36.09087	6975	40.90%	59.10%	455	84	van Zeist and Bakker-Heeres 1985; Colledge, 2001
Jilat 13	31.50	36.42	6815	95.50%	4.50%	23	-	Colledge, 2001
El Kowm 2	35.20301	38.85349	6725	0%	100%	65	0	de Moulins, 1997
Çatalhöyük East	37.66587	32.82689	6660	0%	100%	96	40	Fairbairn et al., 2002
Mazgaliyeh	36.398	42.324	6650	16.70%	83.30%	6	-	Willcox, 2006
Ain el-Kerkh (EPN)	35.82385	36.4674	6420	50.00%	50.00%	4	15	Tanno and Willcox 2012
Wadi Fidan C	30.62	35.50	6350	8.90%	91.10%	90	57	Colledge, 2001

(Allaby et al. 2017)

Barley non-shattering

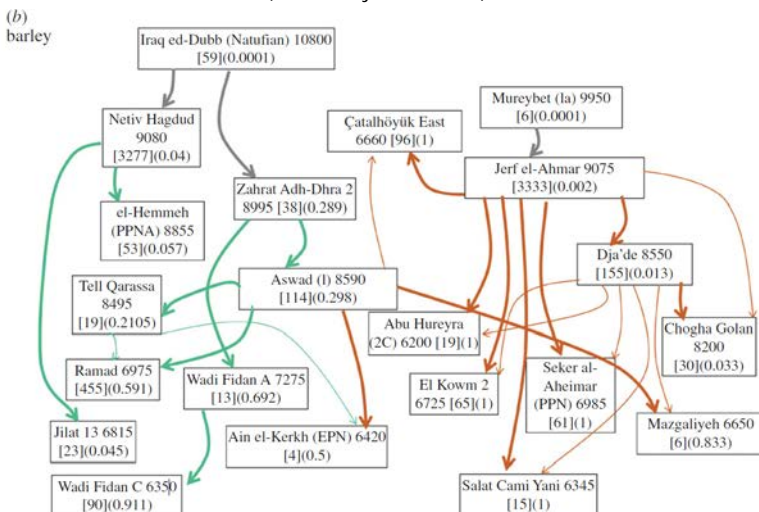


Ergebnisse der Selection chains Analysen

(Allaby et al 2017):

Im Gegensatz zu Einkorn und insbesondere Emmer gibt es aus verschiedenen Regionen des fruchtbaren Halbmondes zahlreiche quantitative Daten zu Druschresten (Spindelgliedern) domestizierter und wilder Gerste. Die Grafik links oben zeigt, dass sich der Selektionsdruck zwischen 9000 und 8000 cal. BC deutlich erhöhte. Gerste wurde sehr wahrscheinlich mehrmals domestiziert, wie die Ergebnisse der selection chains Analyse zeigt (Grafik links unten). In der Nordlevante könnte dieser Prozess in der Region von Jerf el-Ahmar angefangen haben, von wo aus eine weitere Ausbreitung in der Nordlevante und Anatolien ausging (rote Pfeile). Fast gleichzeitig könnte es 2 Anfangspunkte in der Südlevante gegeben haben: Netiv Hagdud und Zahrat Adh-Dhra 2. Es scheint, dass sich dann die Domestikationslinie dieser letzteren Fundstelle (*also Zahra*) in der Südlevante weiter verbreitet hat (grüne Pfeile)

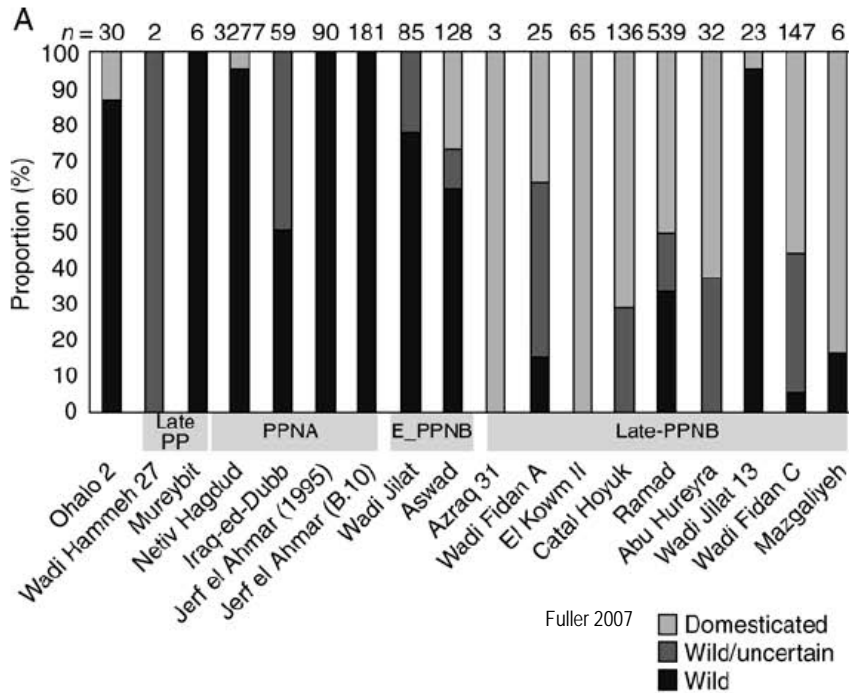
Anteil der Ärchengabeln von domestizierter Gerste in nord- und südlevantinischen Fundstellen im Lauf der Zeit (aus Allaby et al. 2017)



Kulturformen der Gerste und deren Entstehung: archäologische Fakten (Forts.)

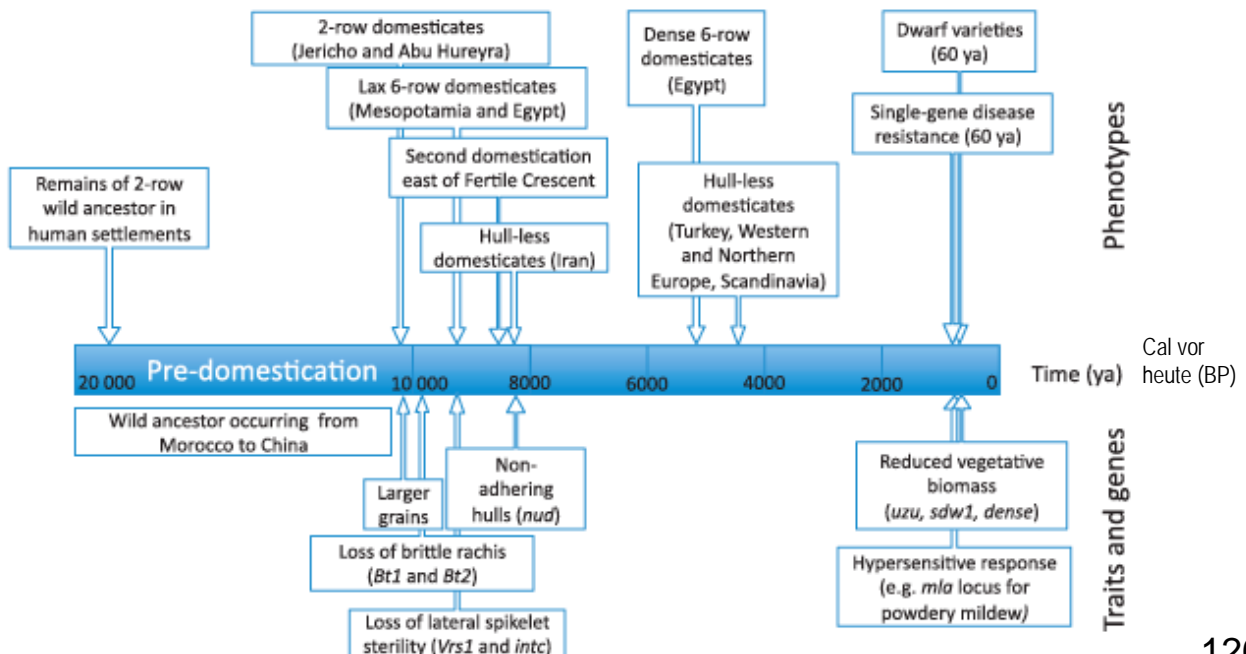
Fazit: archäologische Funde der Gerste:

- 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.
- Wie beim Weizen beobachtet man, dass es **lange** dauert, bis sich domestizierte Formen im Fundmaterial durchsetzen können (man spricht auch hier von „protracted domestication“). Dies illustriert die folgende Grafik:



Dargestellt sind die Anteile von Spindelgliedern im Fundmaterial. Zur Problematik der Bestimmung siehe S. 119-120.

Zusammenfassende Darstellung der Domestikation der Gerste (aus Meyer et al. 2012)



Domestikation von Getreide (37): Gerste (*Hordeum*) (10)

Genetische Ergebnisse zur Gersten-Domestikation

Wie auf S. 122 dargestellt, hat die **Wildform** ein sehr grosses Verbreitungsareal (neben West-, Zentral- und Ostasien auch in Nordafrika, Äthiopien). Während südwestasiatische Gersten eher kälteempfindlich sind, sind z. Bsp. tibetische Wildgerstenvarietäten sehr gut an Kälte angepasst. Morrell & Clegg (2007) untersuchten 45 verschiedene Herkünfte der Wildgerste genetisch. Sie stellten fest, dass es zwei unterschiedliche Typen von Wildgerste gibt. Die grössten genetischen Differenzen gab es zwischen dem fruchtbaren Halbmond und dem Gebiet östlich des Zagros.

In der Zwischenzeit haben Ren et al. (2013) festgestellt, dass es eine dritte genetische abgrenzbare Wildgerste gibt, von der die chinesischen Kulturgersten abstammen. Sie ist im Hochland von Tibet verbreitet (Abb. S. 122).

Gerste muss aufgrund der Haplotypenverteilung der Wildformen und Kultivare **3x 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)
- 3) Im Raum China, unklar, wann.

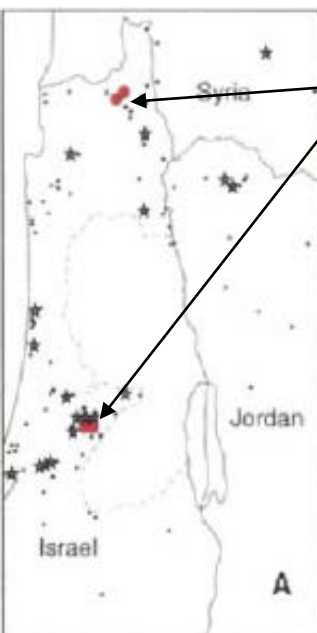
Wie die genetische Zusammensetzung der Kultivare zeigt, muss es später (sekundär) **zu Vermischungen zwischen den östlichen und westlichen Kultivaren** gekommen sein, sowie zu Rückkreuzungen mit Wildformen.

(nach Morrell & Clegg 2007; Saisho & Purugganan 2007; Azhaguvel & Komatsuda 2007; Ren et al. 2013)

Koinzidenzen zwischen Gerstendomestikation und der Domestikation versch. Tiere

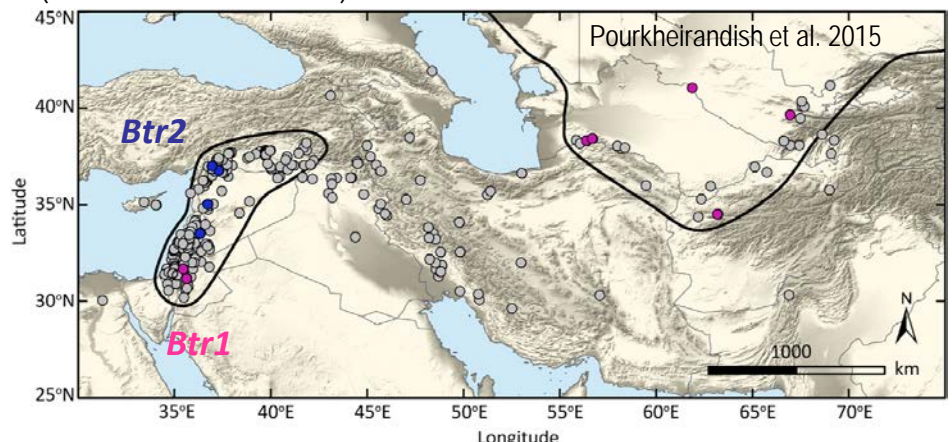
Neueste Ergebnisse zur Tierdomestikation zeigen auch die Existenz divergierender "lineages" von z. Bsp. Rindern (je eine asiatische und eine europäische). Diese Tiere müssen demzufolge auch 2x unabhängig voneinander domestiziert worden sein. Unabhängige Domestikation zeigt, dass entweder das Wissen um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

Ort der Domestikation der "westlichen" Gerste aufgrund genetischer Fakten



Bis vor Kurzem wiesen genetische Untersuchungen darauf hin, dass die Orte, wo die zu heutigen domestizierten Formen ähnlichsten Wildformen von Gerste vorkommen im **heutigen Israel, also in der südlichen Levante**, liegen (nach Badr et al. 2000, Kilian et al. 2006).

Neuere Untersuchungen zeigen ausserdem, dass sich die Gene *Btr1* und *Btr2* unabhängig entwickelt haben (zuerst erschienen die *Btr1*-Typen); diese wurden durch die Domestikation gefördert (Pourkheirandish et al. 2015).



Eine Studie von H. Jones et al. (2008) bestätigt die Herkunft der westlichen Gersten aus der südlichen Levante (untersucht wurden Genloci, die für die Photoperiodizität verantwortlich sind): Heutige europäische Landrassen stammen von Wildpopulationen im westl. Teil des fruchtbaren Halbmondes ab. Ein Teil der europäischen Landrassen weist allerdings ein von diesen Ausgangspopulationen abweichendes Photoperiodizitäts-Gen auf (die Langtag-Version!). Unterschiedliche Ausbildungen der Photoperiodizitäts-Gene gibt es schon bei Wildgerste: Langtag-Formen sind allerdings auf Wildpopulationen des Zagros beschränkt, gehören also zu östlichen Haplotypen. Wie und wann diese "Langtag-Gene" in die europäischen Landrassen gelangt sind, ist Gegenstand laufender Forschungen (neu z. Bsp. G. Jones et al. 2012).

Wieso wurden mind. 2 Getreidegattungen domestiziert?

Eine Antwort liegt vielleicht in deren **unterschiedlichen ökologischen Ansprüchen** sowie ihren **unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten** (teils nach Zohary et al. 2012):

Ökologie

• Gerste

- Kurze Vegetationszeit (Sommergerste 90-112 Tage)
- salztolerant
- Trockenheitsresistent
- → Gerste geeignet für ökologische Randgebiete (Alpen, nördliche Breiten), anspruchslos!

Weizen

- Längere Vegetationszeit (Sommerweizen durchschn. 125 Tage)
- stellt oft höhere Ansprüche an die Bodengüte
- empfindlich gegen Salz
- meist empfindlicher gegen Trockenheit
- → Nur einzelne Weizenformen (z. Bsp. Einkorn, Dinkel) sind geeignet für ökologische Randgebiete

Inhaltsstoffe und Verwendung

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

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.

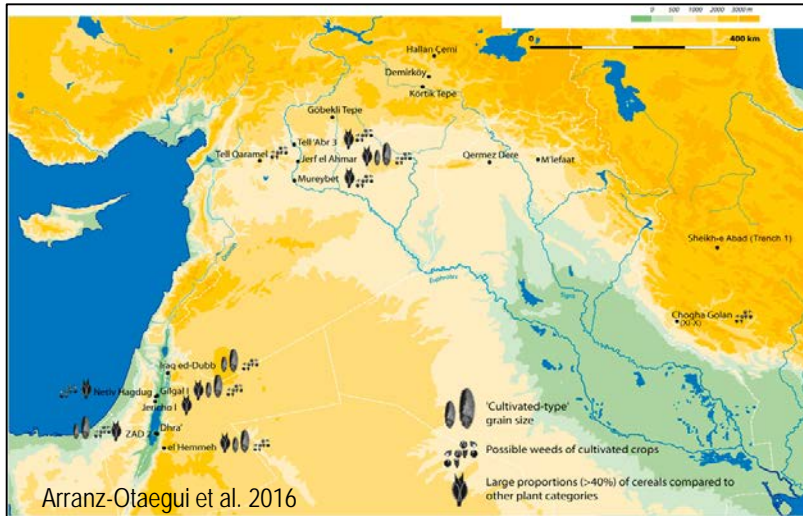
Wieso Gerste? Vielleicht sollten (im Mittelalter!) Weizen und Roggen **als Brotgetreide geschont** werden? Prinzipiell sind sie aber auch zum Bierbrauen geeignet, wenn auch wegen ihres höheren Eiweissgehaltes weniger gut.

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.

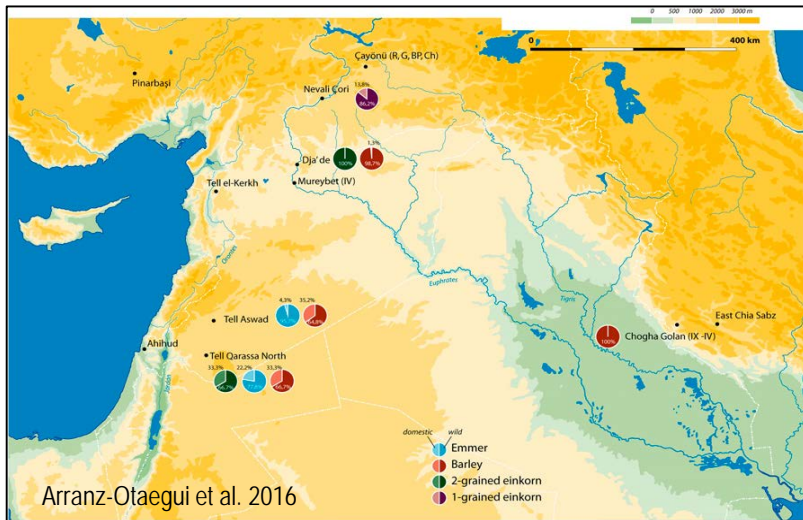
Bierbrauerei ist **sicher uralt**. Sicher nachgewiesen ist sie z.B. aus Altägypten (Samuel, 1996) und Mesopotamien (Sumerer), ab dem 3. Jt. v. Chr. Dort sind Biere aus Gerste und Emmer belegt. Vermutlich ist aber Bierherstellung viel älter, so alt, wie die Nutzung von Getreide, nur ist sie nicht ganz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

Was, wo, wann? Ein Überblick



Arranz-Otaegui et al. 2016

Fundstellen (zwischen 11.7–10.7 kJ Cal BP (PPNA in der Levante) mit publizierten archäobotanischen Untersuchungen. Hinweise zur Kultivierung von Wildgetreide



Arranz-Otaegui et al. 2016

Fundstellen (zwischen 10.7–10.2 kJ Cal BP (EPPNB in der Levante). Anteile von Druschresten von domestizierten und wilden Getreiden.



Arranz-Otaegui et al. 2016

Fundstellen (zwischen 10.2–8.3 kJ Cal BP (M/LPPNB in der Levante). Anteile von Druschresten von domestizierten und wilden Getreiden.

Arranz-Otaegui et al. haben vor Kurzem die archäobotanischen Daten aus dem Zeitraum PPNA bis LPPNB zusammengefasst, was einen aktuellen Überblick über den Domestikationsprozess im Gebiet des Fruchtbaren Halbmondes erlaubt, bevor wir uns anderen Gruppen domestizierter Pflanzen zuwenden.

Hinweise zur **Kultivierung von Wildgetreide** findet man im Westen des Fruchtbaren Halbmondes ab dem **PPNA** (11.7-10.7 kJ cal BP). Zwar gibt es nicht genügend Beweise für Ackerbau, aber man findet grössere Getreidekörner sowie typische Unkräuter und beobachtet oft eine gewisse Spezialisierung auf Getreide. Solche Hinweise gib es vor allem aus der Levante (und Jerf el Ahmar in der Nordlevante). Im Osten des Fruchtbaren Halbmonds und in der Türkei waren die Gesellschaften dagegen noch auf andere Pflanzenarten fokussiert (kleinsamige Süßgräser, Hülsenfrüchte, usw.) (auch zusammengefasst in Weide et al. 2018)

Während des **EPPNB** (10.7-10.2 kJ cal BP) hat man nun eindeutige Hinweise auf **Ackerbau mit domestizierten Formen von Getreide** (2-körniges **Einkorn** und **Gerste**) aus der Südlevante. In anderen Gebieten findet man eher noch Hinweise auf eine Kultivierung von Wildformen oder gar keine Belege für Kultivierung (in z.B. in gewissen Fundstellen in Anatolien). In der Nordlevante (sowie in Ahihud) sieht man eine Fokussierung auf kleinsamige Süßgräser und v.a. Hülsenfrüchte, was ein Unterschied zum PPNA ist. Auch in der SE-Türkei sieht man eine ähnliche Tendenz.

Erst ab 10.3-10.2 kJ cal BP tauchen domestizierte Formen von Getreide auch in der SE-Türkei auf. Ab dem **MPPNB** (10.2-9.5 kJ cal BP) findet man Druschreste von **domestiziertem Getreide überall im Nahen Osten**.

Emmer, Einkorn und Gerste (sowie erste Belege von Nacktweizen ca. 9.8-9.3 kJ cal BP) findet man in Anatolien und der Nordlevante, **Gerste** in der Südlevante (schon früher vorhanden) und **Emmer** im Zagros (ca. 9.8 kJ cal BP). Die auf Pflanzen basierenden Subsistenzstrategien waren unterschiedlich in den verschiedenen Teilen des Nahen Ostens, aber alle resultierten in der Kultivierung von domestizierten Getreidearten.

Die Daten weisen darauf hin, dass die Domestikation ein langer Prozess war, der in mehreren Gebieten parallel stattfand. Nicht überall verlief er im gleichen Tempo. Kultivierte Getreidearten konnten ausserdem in verschiedenen Stadien (als Wildpflanzen, oder gemischte Populationen, sowie auch als domestizierte Formen) verhandelt werden, und neue Hybridisierungen könnten sich dann in anderen Gebieten entwickelt haben.

Ausserdem wurden wohl Wildstandorte von Getreide lange Zeit genutzt, was eine Verlängerung des Domestikationsprozesses zur Folge hatte.

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; Fairbairn et al. 2014). Auf „kleinsamige“ stärkehaltige und proteinreiche Gräser scheint man sich nur im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes erst 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 höchst-wahrscheinlich 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**: es ist relativ 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** 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 2000). 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 (siehe ausführlich: Hornsey 2012).

In Teil 6 zitierte und weitere wichtige Literatur:

Allaby, R.G., Stevens, C., Lucas, L., Maeda, O., Fuller, D.Q. (2017) Geographic mosaics and changing rates of cereal domestication. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372: 20160429.

Arranz-Otaegui, A., Colledge, S., Zapata, L., Teira-Mayolini, L. C., und Ibáñez, J. J. (2016) Regional diversity on the timing for the initial appearance of cereal cultivation and domestication in southwest Asia. *PNAS Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 113 (49), 14001-14006.

Asouti, E. und Fuller, D. Q. (2012) From Foraging to Farming in the southern Levant: the development of Epipalaeolithic and Pre-Pottery-Neolithic plant management strategies. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 149-162

Azhaguvel, P. und Komatsuda, T. (2007) A phylogenetic Analysis Based on Nucleotide Sequence of a Marker Linked to the Brittle Rachis Locus Indicates a Diphyletic Origin of Barley. *Annals of Botany* 100, 1009-1015.

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.

Bothmer, R., Jacobsen, N., Baden, C., Jorgensen, R. and Linde-Laursen, I. (1995) In: *An Ecogeographical Study of the Genus Hordeum*. IBPGR, Rome.

Bouby, L. (2001) L'orge à deux range (*Hordeum distichum*) dans l'agriculture Gallo-Romaine: Données archéobotaniques. *Revue d'Archéométrie* 25, 35-44.

Fairbairn, A.S., Jenkins, E., Baird, D., Jacobsen, G. (2014) 9th millennium plant subsistence in the central Anatolian highlands: new evidence from Pınarbaşı, Karaman Province, central Anatolia. *Journal of Archaeological Science* 41, 801-812.

Fuller, D. (2007) Contrasting patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. *Annals of Botany* 2007, 1-22.

Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012) Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. *Journal of Experimental Botany* 63/2, 617-33.

Hervey-Murray, C. G. (1980) *The Identification of Cereal Varieties*. Cambridge.

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.

Hornsey, I.S. (2012) *Alcohol and its Role in the Evolution of Human Society*. RSC Publishing, Cambridge.

- Jones, H., Leigh, F. J., Mackay, I., Bower, M. A., Smith, L. M. J., Charles, M. P., Jones, G., Jones, M. K., Brown, T. A. und Powell, W. (2008) Population-based resequencing reveals that the flowering time adaptation of cultivated barley originated east of the fertile crescent. *Molecular Biology and Evolution* 25/10, 2211-2219
- Jones, G., Jones, H. Charles, M.P., Jones, M.K., Colledge, S., Leigh, F.J., Lister, D.A., Smith, L.M.J., Powell, W., Brown, T.A. (2012) Phylogeographic analysis of barley DNA as evidence for the spread of Neolithic agriculture through Europe. *Journal of Archaeological Science* 39, 3230-3238.
- Kilian, B., Özkan, H., Kohl, J., von Haeseler, A., Barale, F., Deutsch, O., Brandolini, A., Yucel, C., Martin, W. und Salamini, F. (2006) Haplotype structure at seven barley genes: relevance to gene pool bottlenecks, phylogeny of ear type and site of barley domestication. *Molecular Genetics and Genomics* 276, 230-241.
- Komatsuda, T., Pourkheirandish, M., He, C., Azhaguvel, P., Kanamori, H. und Perovic, D. et al. (2007) Six-rowed barley originated from a mutation in a homeodomain-leucine zipper I-class homeobox gene. *PNAS Proc. Natl Acad. Sci. USA* 104: 1424–1429.
- Lucas, L., Colledge, S., Simmons, A. und Fuller, D. Q. (2012) Crops introduction and accelerated island evolution: archaeobotanical evidence from 'Ais Yiorkis and Pre Pottery Neolithic Cyprus. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 117-129.
- 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.
- Meyer, R. S., DuVal, A. E. und Jensen, H. R. (2012) Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist* 196/1, 29-48.
- Morrell, P.L., Toleno D.M., Lundy K.E. und Clegg M.T. (2005) Low levels of linkage disequilibrium in wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) despite high rates of self-fertilization. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 102: 2442–2447.
- Morrell, P. J. und Clegg, M. T. (2007) Genetic evidence for a second domestication of barley (*Hordeum vulgare*) east of the Fertile Crescent. *PNAS* 104/9, 3289-3294.
- Pourkheirandish, M., Hensel, G., Kilian, B., Senthil, N., Chen, G., Sameri, M., Azhaguvel, P., Sakuma, S., Dhanagond, S., Sharma, R., Mascher, M., Himmelbach, A., Gottwald, S., Nair, S.K., Tagiri, A., Yukuhiro, F., Nagamura, Y., Kanamori, H., Matsumoto, T., Willcox, G., Middleton, C.P., Wicker, T., Walther, A., Waugh, R., Fincher, G.B., Stein, N., Kumléhn, J., Sato, K. und Komatsuda, T. (2015) Evolution of the Grain Dispersal System in Barley. *Cell* 162, 527-539.
- Ren, X., Nevo, E., Sun, D. und Sun, G. (2013) Tibet as a Potential Domestication Center of Cultivated Barley of China. *PLOS ONE* | www.plosone.org, May 2013 | Volume 8 | Issue 5 | 7 Seiten.
- Riehl, S., Benz, M., Conard, N. J., Darabi, H., Deckers, K., Nashli, H. F. und Zeidi-Kulehparcheh, M. (2012) Plant use in three Pre-Pottery Neolithic sites of the northern and eastern Fertile Crescent: a preliminary report. *Vegetation History and Archaeobotany* 21/2, 95-106 .
- Riehl, S. (2013) Emergence of Agriculture in the Foothills of the Zagros Mountains of Iran. *Science* 341, 65-67.
- Sakuma, S., Salomon, B. und Komatsuda, T. (2011) The Domestication Syndrome Genes Responsible for the Major Changes in Plant Form in the Triticeae Crops. *Plant Cell Physiology* 52(5): 738–749.
- Saisho, D. und Purugganan, M. D. (2007) Molecular Phylogeography of Domesticated Barley Traces Expansion of Agriculture in the Old World. *Genetics* 177, 1765-1776.
- Samuel, D. (1996a) Archaeology of Ancient Egyptian beer. *Journal of the American Society of Brewing Chemistry* 54/1, 3-12.
- Samuel, D. (1996b) Investigation of Ancient Egyptian baking and brewing methods by correlative microscopy. *Science* 273, 488-490.
- Tanno, K.-I. und Willcox, G. (2012) Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 107-115.
- 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, Ghoraiife, 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.
- 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.
- Weide, A., Riehl, S., Zeidi, M., Conard, N.J. (2018) A systematic review of wild grass exploitation in relation to emerging cereal cultivation throughout the Epipalaeolithic and aceramic Neolithic of the Fertile Crescent. *PLOS ONE* 13, e0189811.

Literatur (Forts.)

White, C. E. und Makarewicz, C. A. (2012) Harvesting practices and early Neolithic barley cultivation at el-Hemmeh, Jordan. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 85-94.

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.

Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012) *Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin.* 4th Edition. Oxford.

Inhalt:

- Hülsenfrüchte (oder Leguminosen) generell:
 - Systematik, Eigenschaften
 - Archäologische Funde: Morphologie, Bestimmungskriterien
 - Domestikationsmerkmale und deren Sichtbarkeit im archäobotanischen Fundgut
- Linse (*Lens culinaris*)
 - Generelles
 - Wildform (Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate)
 - Domestikation: archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse
- Erbse (*Pisum sativum*)
 - Generelles
 - Wildform (Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate)
 - Domestikation: archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse
- Kichererbse (*Cicer arietinum*)
 - Generelles
 - Wildform (Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate)
 - Domestikation: archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse
- Ackerbohne (*Vicia faba*)
 - Generelles
 - Wildform (Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate)
 - Domestikation: archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse
- Hinweise auf weitere Hülsenfrüchte
- Fazit: Domestikation Hülsenfrüchte; Getreide und Hülsenfrüchte im Vergleich
- Öl- und Faserpflanzen
 - Generelles, Domestikationsmerkmale
- Lein oder Flachs (*Linum usitatissimum*)
 - Generelles
 - Wildform (Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate)
 - Domestikation: archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse
- Schlafmohn (*Papaver somniferum*)
 - Generelles
 - Wildform (Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate)
 - Domestikation: archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse
- Fazit Domestikation kurzlebige Pflanzen
- Ausbreitung des Ackerbaus nach Europa
- Kulturpflanzengeschichte Mitteleuropas (Kurzübersicht)

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (1): Hülsenfrüchte Generell

Systematik

Familie: Fabaceae

Unterfamilie: Faboideae

Tribus: Viciae

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

Lens (Linse), *Pisum* (Erbsen), *Vicia* (Acker-Bohne*); diese gehören – zusammen mit der Kichererbse und weiteren Arten – zu den sog. „first wave domesticates“, wurden also sehr früh in Kultur genommen (Zohary et al. 2012, 75 ff.).

*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 in Europa keine Bedeutung.

Eigenschaften (u.a. nach Zohary et al. 2012)

Food Nutrients in Grams per 100 g Edible Protein				
	Calories	Protein	Fat	Carbohydrate
Hillman et al. 1989				
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

Proteinreiche Samen: 20 - 27% Eiweissgehalt (siehe Tabelle links); v.a. wichtig sind: Lysin, Tryptophan = essentielle Proteine.

Leguminosen spielen bis heute eine wichtige Rolle als Fleischersatz, vor allem in armen Ländern der dritten Welt.

Hülsenfrüchte bilden ernährungswissenschaftlich betrachtet eine wichtige Ergänzung zu den kohlenhydratreichen Getreiden. In allen Domestikationszentren weltweit (siehe S. 35 ff.) beobachtet man von Anfang an die Kombination von kohlenhydrat- und eiweissreichen pflanzlichen Nahrungsmitteln.

Bodenverbesserer: *Rhizobium*-Bakterien in den Wurzelknöllchen binden Luft-Stickstoff. Dies hat einen Düngeeffekt („Gründüngung“). Mischanbau von Hülsenfrüchten und Getreide wirkt sich positiv auf den Ertrag von Getreide aus.

Frühe 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.

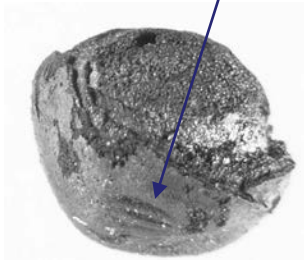
Archäologische Funde: Morphologie, Bestimmungskriterien

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

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

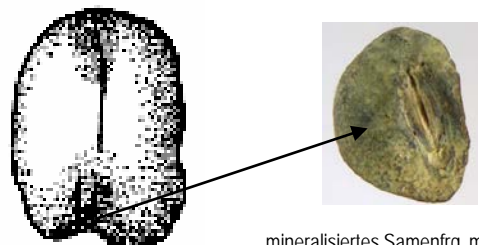
(nur unter speziellen Erhaltungsbedingungen (Feuchtbodenerhaltung) werden auch Hülsen bis hin zu ganzen Pflanzen gefunden (z. Bsp. Körper-Grohne 1967); leider fehlen solche sehr gut erhaltenen Funde in den Ursprungsgebieten des Ackerbaus im Nahen Osten)

Bsp. Erbse: Form kugelig; Nabel kurz, oval



verk. Same, Arbon Bleiche 3, neolithisch, um 3380 v. Chr., Durchmesser ca., 4mm (Hosch & Jacomet 2004)

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 (Jacomet 2003)

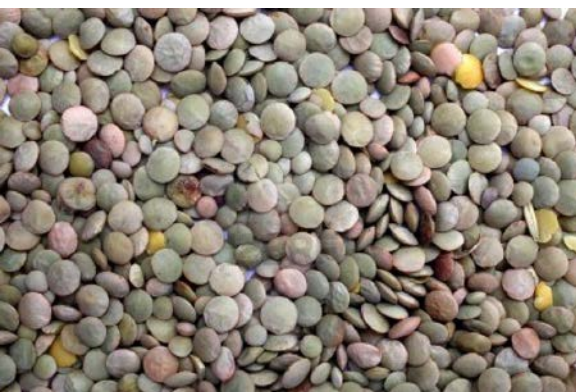
- **Verschwinden der Keimruhe** (seed-dormancy): einziges grundlegendes Domestikationsmerkmal! (Abbo et al. 2014). Keimruhe ist bei wilden Hülsenfrüchtlern sehr ausgeprägt – nur etwa 10% der Samen keimen ohne Keimruhe (Abbo et al. 2013)! Sobald aber Hülsenfrüchtlern angesät und durch Ausreissen abgeerntet werden, gibt es eine positive Selektion in Richtung solcher Mutanten, die keine oder nur eine kurze Keimruhe aufweisen (Zohary et al. 2012, 120).
- **Hülsen bleiben geschlossen**: kann durch einzelne Mutation von dominant zu rezessiv bewirkt werden.
- **Samen werden grösser +**: aber: der Anstieg erfolgt sehr langsam, Formen mit deutlich grösseren Samen gibt es erst nach 2000-4000 Jahren Kultivierung (Fuller 2007) (sog. improvement trait nach Abbo et al. 2014)
- **Samenschale wird glatt und dünner (+)**, und dadurch wasserdurchlässiger, was wiederum zur Reduktion der Keimruhe führt.
- Anteil **giftiger Inhaltsstoffe** der Samen wird **reduziert**, wobei bei manchen Hülsenfrüchten eine Vorbehandlung durch Wässern, Fermentierung oder Kochen nötig ist, um sie als Nahrung geniessbar zu machen.
- **Sprosse werden robuster** und aufrechter, Fähigkeit zu klettern wird reduziert. +=im archäologischen Material sichtbar

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



Lens culinaris Medik.

Linsenhusch in grünem Zustand



Linsensamen (modern) grossamige grüne Linse

Generelles:

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 Pflanzen mit kleinen, hellblau angehauchten Blüten und kleinen, meist 2-samigen Hülsen. Es gibt eine sehr grosse Diversität an Kultivaren (Landrassen) mit einer recht grossen morphologischen Variabilität, sowohl, was das Aussehen der Pflanzen als auch, was die Grösse und Farbe der Samen anbetrifft. Alle Landrassen sind aber interfertil. Heute werden sie in 2 Gruppen unterteilt:

ssp. *microsperma* (kleinsamige Linsen): Samen mit 3-6 mm Durchmesser
ssp. *macrosperma* (Grossamige Linsen): Samen mit 6-9 mm Durchmesser
Die Grossamigen Linsen sind abgeleiteter und erscheinen erste im 1. Jt. V. Chr.

Erträge: sind rel. niedrig: 500-1500 kg/ha.

Proteingehalt der Samen beträgt um 25%

Lebensform: annuelle Pflanze (einjährig)

Genetik, Bestäubungsbiologie:

Diploid, $2n=14$, weitgehend autogam (Selbstbestäuber)

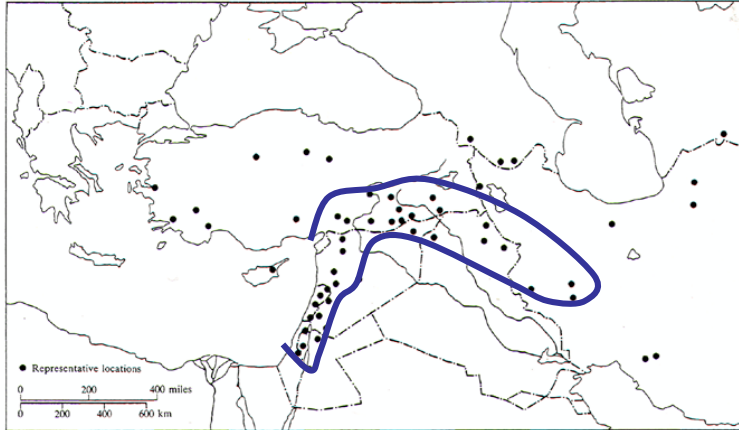
Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (3): Linse (2)

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

Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate

Im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes gibt es eine ganze Reihe von Wildlinsen. Morphologisch, cytologisch und genetisch ist die ssp. *orientalis* der Kulturform am ähnlichsten, Hybriden sind interfertil.

Die *orientalis*-Wildlinse ist wie die Kulturlinse Diploid, hat $2n=14$ Chromosomen, und ist weitgehend autogam (Selbstbestäuber). Verbreitet ist die *orientalis*-Wildlinse vor allem im Gebiet des fruchtbaren Halbmondes, ihr Verbreitungsgebiet reicht aber bis hin nach Zentralasien (West- und Nordiran bis Afghanistan). Wildlinsen sind genetisch variabel; der Kulturform am ähnlichsten sind heutige Wildlinsen-Populationen aus SE-Anatolien und Nordsyrien.



Zohary & Hopf 2000



Die **Habitate** der *orientalis*-Wildlinse sind ähnlich wie jene von Wildgetreide: Sie wächst auf flachgründigen, **steinigen** Böden, auf steinigen Abhängen, in steppenartigen Habitaten; gerne auch sekundär z.B. auf Lesesteinhaufen. Laut Abbo et al. 2009, 32 auf Hart-Kalk, metamorphen Gesteinen und Basalt. Wie wilde Weizen ist *Lens orientalis* nicht sehr häufig („scattered colonies“). Nur lokal bildet sie ausgedehntere Bestände, z. Bsp. an den steinigen Abhängen des Hermon-Bergs, im Anti-Libanon, in der Eichen-Parkwaldzone in der Südtürkei und den westlichen Ausläufern des Zagros (in 1200-1600 m ü.M.). De facto ist Wildlinse viel seltener als Getreide, das doch dort – wo es vorkommt – grössere Kolonien bilden kann.



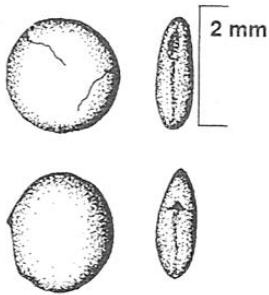
Die *orientalis*-Wildlinse sieht aus wie eine Miniaturausgabe der Kulturlinse. Es handelt sich um kleine, niederliegende, **unscheinbare** Pflanzen mit kleinen Hülsen und Samen. Die Hülsen öffnen sich bei Samenreife und die Samen werden ausgestreut. Sie verschwinden dann zwischen den Steinen. Ein effizientes Ernten ist also nur möglich, wenn sich noch nicht alle Hülsen geöffnet haben.

Domestikation: archäologische Funde und genetische Ergebnisse

Funde: Samen (verkohlt); Form: **linsenförmig!** Der Nabel sitzt an der Schmalseite; Linsen sind deshalb an ihrer Samenform **leicht** zu erkennen.

Wildlinsensamen:

<3mm im Durchmesser!



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

In frühen Fundstellen sind Wild- und Kulturlinsen kaum zu unterscheiden, da die Samen nur allmählich grösser werden. Leider ist aber die Samengrösse die einzige Möglichkeit, archäologisch Wild- und Kulturlinsen zu unterscheiden. D.h.: es gibt archäobotanisch keine sichere Nachweismöglichkeit für den Beginn der Domestikation!

Erstmals grössere Samen (>4mm) ab dem 6. Jt. 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. 139

Linsen sind sehr eng vergesellschaftet mit dem Beginn der Weizen- und Gerstendomestikation im Nahen Osten, sie gehören zu den sog. „founder crops“ im fruchtbaren Halbmond. Sie wurden seit dem Mittelpaläolithikum gesammelt. Die ältesten Funde stammen aus Moustérien-Schichten der Kebara Höhle in Israel (Mt. Carmel) und datieren auf 50'000-60'000 Jahre vor heute (Lev et al. 2005).

Linsen kommen ab dem (Epi)paläolithikum (resp. frühen Protoneolithikum) immer mit Wildgetreide zusammen vor, und zwar **sehr regelmässig** (siehe Tabelle S. 139).

Ab PPNB wird Linse sehr regelmässig und z.T. in **grösserer Menge** gefunden, so etwa in Aswad, Abu Hureyra, Jericho, Cayönü und Ali Kosh (normalerweise beschränkt sich die Fundzahl auf wenige Stück). Die Samen sind meist **immer noch sehr klein 2,5-3 mm**, liegen also klar im Bereich von Wildlinsen. Sie sind jetzt allerdings vergesellschaftet mit domestiziertem Weizen und domestizierter Gerste. Man vermutet deshalb mindestens Kultivierung, von manchen Wissenschaftlern werden sie schon als domestiziert betrachtet (siehe Tab. S. 139).

Eine Grosse Menge von Linsen gibt es aus **Yiftah-el aus Israel (PPNB)**: Die Fundmenge (7,4 kg, was ca. 1 Mio 400'000 Samen entspricht) sowie die Vergesellschaftung mit dem typisches Linsenunkraut *Galium tricornutum*, weisen darauf hin, dass man es hier mit angebaute (vermutlich domestizierter) Linse zu tun hat, obwohl die Samen unter 3mm klein sind (siehe Kislev 1985; Garfinkel et al. 1988).

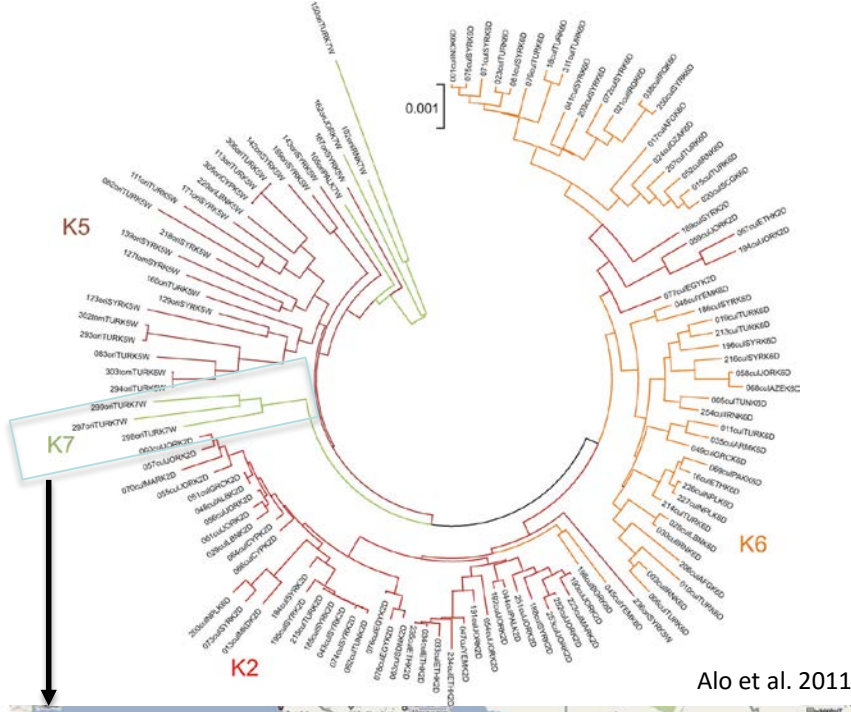
Eindeutige, also gross-samige Kulturlinsen, z.T. in grösserer Menge, tauchen erst deutlich **nach 7000 v. Chr.** (>4,2 mm) auf (z.Bsp. Tell Ramad, keram. Phasen von Hacilar, Girikihacyan, Tepe Sabz).

Früh gelangten Linsen schon nach Zypern, das europäische Festland, nach Ägypten aber auch weiter nach Osten in Richtung Kaspisches Meer (dazu siehe Zohary et al. 2012, 80 ff.)

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (5): Linse (4)

Genetische Ergebnisse zur Domestikation:

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 (siehe Sonnante et al. 2009).



Ganz gesichert ist dieses Ergebnis aber nicht, denn eine neuere Analyse von 308 modernen Akzessionen von wilden und domestizierten Linsen erbrachte ergänzende Daten (Alo et al. 2011). Statistische Analysen (STRUCTURE) erlaubten die Unterscheidung von 8 Gruppen (zwei Kulturformen und 6 Wildformen). Man konnte nicht prüfen, ob diese zwei Kulturformen die grossamigen und kleinsamigen Gruppen von Linsen entsprechen.

Drei der Wildlinsengruppen sind in Zentralasien verbreitet, vor allem Gruppe K4 (siehe Bild links, unten). Diese Gruppe wies eine grössere genetische Distanz zu domestizierten Linsen auf und man geht deshalb davon aus, dass sie keine Rolle bei der Domestikation von Linsen spielte.

Eine detailliertere Analyse der Gruppen K5 und K7 (wild) sowie K2 und K6 (domestiziert) (siehe Abbildung links) erlaubte die

Abgrenzung von 3 Akzessionen, die genetisch am nächsten bei den domestizierten Linsen sind. Diese Akzessionen wurden als *Lens culinaris* subsp. *orientalis* bestimmt. Es bestätigt sich also, dass diese Unter-Art der Vorfahr der Kulturlinse ist. Das Verbreitungsgebiet dieser Akzessionen liegt in **Süd- und Südost-Anatolien** (siehe Kartierung links), zu einem guten Teil ausserhalb des sogenannten Kern-Gebietes.

Dies heisst allerdings auch hier nicht, dass die Linse in einem dieser Gebiete domestiziert wurde. Die Autoren der Studie meinen, dass man weitere Analysen durchführen sollte, mit mehr Akzessionen von Wildlinsen (Alo et al. 2011).



Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (6): Übersicht frühe Funde

Taxa →				Lens culinaris	Psium sativum	Cicer arietinum	Vicia faba	Vicia ervilla
				Linse	Erbse	Kichererbse	Ackerbohne	Linsewicke
Sud-Levante / Southern Levant	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code					
Ohalo II	21000	Palaol	S-L	x	x			
el-Wad Cave	13000-11000	Epipal	S-L	x			x	
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L					
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L					
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L				x?	
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L					
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	x				x
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	x	?			
Hemhah	9100-8600	PPNA	S-L	x				x
Jericho I (PPNA)	8700 (9150-8350)	PPNA / E-PPNB	S-L	x ^{wd}	x ^{wd}	?	x	
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E-PPNB	S-L	x ^D	x ^D			x
Tell Qarassa North	8400 (8700-8200)	E-PPNB	S-L	x	x		x	x
Ahihud	8200 (8400-7900)	E-PPNB	S-L	x ^D	x		x ^D	
Nahal Zippori 3	8000 (8200-7800)	E-PPNB	S-L	x ^D			x ^D	
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M-PPNB	S-L	x ^D		x ^D		x
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M-PPNB	S-L			?		
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M-PPNB	S-L	x ^D			x	
Hemhah	7700 (7800-7600)	E-M-PPNB	S-L	x				x
Jericho II (PPNB)	7700 (8200-7500)	E-M-PPNB	S-L	x ^D	x ^D	x ^D	x	
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L					
Ghoraife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D	x ^D			x
Basta	7400 (7550-7050)	M-L-PPNB	S-L	x ^D	x ^D			x
Azraq 31	7500-7200	M-L-PPNB	S-L					
Ain Ghazal	7200 (8300-6600)	E-PPNB-PPNC	S-L	x ^D	x ^D	x ^D	x	
Tell Ramad	7100 (7300-6650)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x ^D	x ^D	x ^D		
Wadi Fidan A	7100 (7300-6750)	L-PPNB-PPNBfin	S-L					
Wadi Jilat 13	6700 (7050-6600)	PPNBfin	S-L					
Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dreieck, SE-Anatolien-Nordlevante)								
Abu Hureyra I	10.600(11.150-10.450)	Epipal	N-L-An	x				x
Kortik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	div. Fabaceae				
Tell Qaramel	9700 (10.300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	x				x
Hallan Cemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	x	?			x
Mureybet III	9400 (9700-8500)	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x				x
Tell Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	x				
Demirkoy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	x				
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	x	x			x
Gobekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A					
Dia'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	x	x		x	x
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	x	x			?
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	x		x ^{D(w?)}	x	x
Çayönü (RP, GP, Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x	x ^D	x	x	x
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	x	x ^D	x ^{wd}	x	x
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	x ^D	x		x	x
Haclar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	x ^D				
Sabi Abyad II	7650-6750	M-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D				
Tell Halula	7650 (7800-7300)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D	x		x	x
Cafer Höyük III-VIII	7600 (8300-7450)	E-M-PPNB	C-A	x ^D				
Aşkılı Höyük	7600 (7800-7500)	M-PPNB	N-L-An	x	x ^D	x ^{wd}		x
Can Hasan III	7600 (7800-6500)	M-L-PPNB-PPN	N-L-An	x ^D	x ^D			x
Abu Hureyra 2A-C	7400 (7800-7000)	M-L-PPNB	N-L-An	x ^D	?	x ^D	x	?
Ras Shamra	7200 (7600-6000)	M-L-PPNB-PPN	N-L-An	x ^D	x ^D			
Tell Bouqras	7100 (7500-6300)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D	x ^D			
Çatalhöyük East	6900 (7100-6400)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x ^D	x ^D	x ^D		x
El Kowm II	6600 (7100-6350)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An					x
Zypern / Cyprus								
Kissonerga-Mylouthkia	8700-8200	E-PPNB	Z	x				
Silloukambos	8250-7350	E-M-PPNB	Z	x				
Kalavassos Tenta	8000-6500	M-PPNB-PPNBfin	Z					
Ais Yerkis	7590-7490	M-PPNB	Z	x	cf		cf Vicia	
Östlicher fruchtbarer Halbmond / Eastern Fertile Crescent								
Sheikh-e Abad (Trench 1)	9800-9250	Epipal-PPNA	E-F-C					
Qermaz Dere	9200 (10.100-8800)	Epipal-PPNA	E-F-C	x				x
Mlefaat	9200 (9500-8800)	PPNA	E-F-C	x				x
Choghga Golan XI-VIII *1	8900 (>9100-8600)	PPNA	E-F-C	x-x ^{wd}				
Nemrik	8400 (10.200-8200)	Epipal-E-PPNB	E-F-C	x	x			
Choghga Golan VII-V *1	8300 (8600-8000)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^{wd}				
Ganj Dareh	8100 (8250-7850)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^{wd}	x			
Tepe Abdul Hosein	8000 (8300-7800)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^D				
Chia Sabz	8000 (8550-7600)	E-M-PPNB	E-F-C	x	x*4			
Sheikh-e Abad (Trench 1)	7950	E-M-PPNB	E-F-C	x	x			x
Choghga Golan IV-1 *1	7800 (8000-7600)	E-M-PPNB	E-F-C	x ^{wd}				
Jarmo	7700 (8000-7400)	M-L-PPNB	E-F-C	x ^D	x ^D			
Sheikh-e Abad (Trench 1)	7600	M-L-PPNB	E-F-C	x				x
Bestansur	7600	M-L-PPNB	E-F-C	x?*				
Ali Kosh (B M ph.)	7300 (7650-6800)	M-L-PPNB	E-F-C					
Choghga Bonut	7250 (7600-6900)	M-L-PPNB	E-F-C	x ^D				
Tell Maghazaliyeh	6700 (7100-6300)	L-PPNB-PPNBfin	E-F-C	x ^D				

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

x^D: vorhanden, domestiziert

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

Erbse (*Pisum sativum* L.)



Generelles:

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. 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 22%).

Heute gibt es hunderte von Landrassen, die morphologisch sehr variabel sind (es gibt kletternde Formen, aber auch niedrige-aufrechte, und sehr viele verschiedene Blütenfarben). Auch die Samengrößen und -farben sind extrem variabel. Alle Formen sind interfertil.

Heute häufig gebaute Kulturerbse:

- Gartenerbse (*P. sativum* ssp. *sativum*): weisse Blüten, grosse Samen, kürzere Triebe
- Ackererbse, Felderbse (*P. sativum* ssp. *arvense*): farbige Blüten, kleinere Samen, längere Triebe

Erbsen sind sowohl an ein warmes, mediterranes Klima, als auch an kühl-humide Klimate nördlicher Breiten und höherer Lagen angepasst.

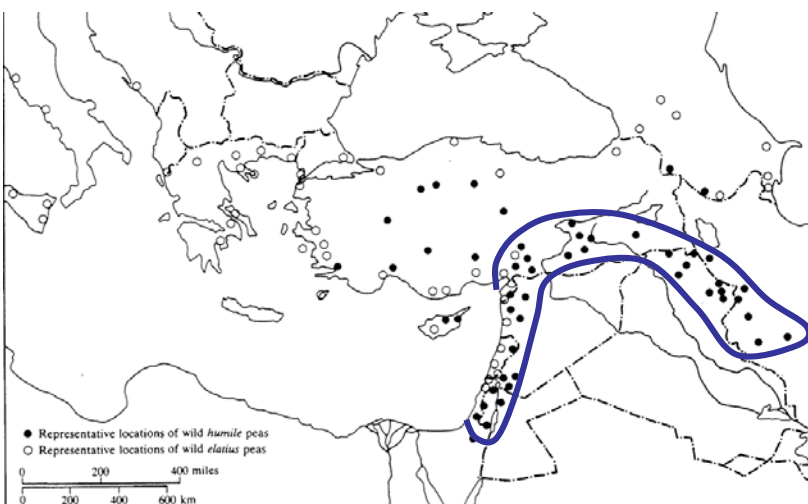
Die Erbse gehört zusammen mit der Linse zu den **ältesten** domestizierten Hülsenfrüchten. Von Anfang an ist sie zusammen mit Weizen und Gerste vergesellschaftet.

Genetik, Bestäubungsbiologie:

Diploid, $2n=14$, weitgehend autogam

Wilderbse: *Pisum humile* Boiss. & Noë (syn. *P. syriacum* (Berger) Lehm); *P. sativum* L. var. *pumilio* Meikle

Genetik, Verbreitung



Die Wilderbse hat wie die Kulturerbse $2n = 14$ Chromosomen, und ist interfertil mit Kulturform.

Das Verbreitungsareal der Wilderbse (siehe die folgende Seite) zeigt die Abbildung links. Humle-Wilderbse kommen vor allem im fruchtbaren Halbmond vor. Genetisch wurde eine grosse Ähnlichkeit von *humile*-Populationen aus Israel (Hermon-Berg) mit den Kulturformen festgestellt: Vermutlich wurden sie also dort erstmals domestiziert (oder zumindest wurde dort die Domestikation „vollzogen“).

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (8): Erbse (2)

Wilderbse: Aussehen, Habitate (Forts.)

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

- eine schlanke, hohe Macchienform: *Pisum elatius* M. Bieb.: gesamt-mediterrane Verbreitung, Kletterpflanze in Macchienformationen, sek. auch an hecken und Ackerterrassenrändern.
- eine niedrige, v.a. im fruchtbaren Halbmond vorkommende Form: *Pisum humile*. In der Literatur als „steppe type“ bezeichnet, an trockenere Habitate angepasst.

Pisum humile ist der Kulturform am nächsten.



Blühende Wilderbse mit unreifen Hülsen
(Internet)



Wilderbse mit offenen Hülsen (Abbo et al.
2014)



Habitat von humile-Wilderbsen im heutigen
Israel (Abbo et al. 2013)

Habitat von *P. humile*: Kommt natürlich in parkartigen Eichenwäldern (sommergrüne Eichen) vor sowie in offenen, steppigen Habitaten, also in ähnlichen Habitaten wie Wildgetreide; *sekundär* in Getreidefeldern als Unkraut. Für eine detaillierte Habitatbeschreibung siehe Abbo et al. 2013.

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

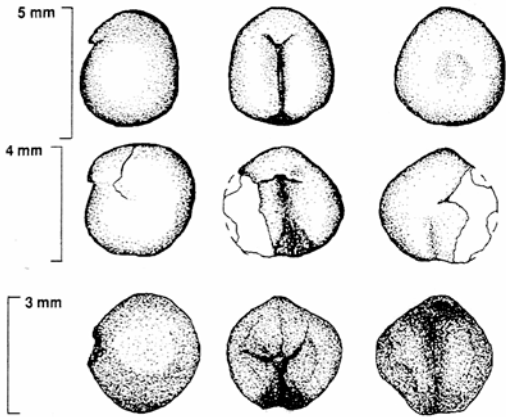
Humile-Erbse sehen morphologisch sehr ähnlich wie Kulturerbse aus: Sie weichen nur durch ihre **rauhe** (tuberculate; Fuller 2007; Abbo et al., diverse Publikationen), **dicke Samenschale** ab, **kleinere Samen** sowie durch die sich **selbst öffnenden Hülsen**.

Zu Erträgen gesammelter Wilderbsen und weiteren Überlegungen früher Inkulturnahme: siehe Abbo et al. 2008, 2009, 2013.

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (9): Erbse (3)

Domestikation: archäologische Funde ((und genetische Ergebnisse))

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



Samenform: kugelig, Nabel kurz

Samengröße:

3-4 mm: Wilderbsen und frühe Kulturformen

Später auf **6-8 mm** steigend

Das Erkennen der Kulturformen ist genauso schwer wie bei der Linse: In frühen Funden **überschneiden** sich die Samengrößen von wilden und domestizierten Linsen; ein deutlicher Anstieg der Samengröße ist erst relativ spät zu sehen, er erfolgt allmählich.

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

Wilderbse: **rau, granulär, dick**

Domestizierte Erbse: **glatt, dünner**

Nie erhalten sind Hülsen (zumindest nicht im Nahen Osten); bei der Kulturform bleiben sie geschlossen (dies wirkt durch eine Mutation von rezessiv zu dominant).

Frühe Funde: siehe Tabellen Seite 139!

Wilde Erbsen wurden seit dem Paläolithikum gesammelt.

Früheste Erbsenfunde aus dem Zeitraum der Domestikation im Nahen Osten datieren ins **entwickelte Protoneolithikum** (z. Bsp. Tell Aswad). Oft werden nur **wenige** Stücke gefunden (Erhaltungsproblematik hoch).

Bei einem epipaläolithischen Fund aus der **Franchti** Höhle in Griechenland handelt es sich höchstwahrscheinlich um *Pisum elatius*, also die mediterran verbreitete Wildform. Ähnliche jungpaläolithische Funde gibt es auch aus dem westlichen Mittelmeerraum.

Wesentlich **regelmässiger** kommen Erbsen **ab dem PPNB** vor: Es sind meist kleinsamige sog. „Übergangsformen“ (die aber oft bereits als „domestiziert“ betrachtet werden, da sie zusammen mit domestiziertem Getreide vorkommen). Aus Cayönü gibt es solche Erbsen ab 8250 v. Chr., ihre Samenschale ist selten erhalten und weist noch eine raue Oberfläche auf, es handelt sich also noch um Wildformen. Solche Samen mit rauhen Oberflächen der Samenschalen erscheinen auch noch viel später (um 6200 v. Chr. in Hacilar beispielsweise). Glatte Samenschalen treten aber ab dem 7. Jt. auf, z. B. in Cayönü (1 Same...), mehr Funde dann ab rund 6700 v. Chr. in Catal Hüyük, Can Hasan I, Tell Bouqras (in letzterer Fundstelle ev. früher).

Domestizierte Erbsen mit Samengrößen von deutlich über 4mm gibt es ab dem keramischen Neolithikum, ab ca. 6500 v. Chr. (meist 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.

Ab spätestens dem 7. Jt. v. Chr. erfolgt die Ausbreitung der Erbse, u.a. nach Europa.



deletion
- + **comb**
□
△
▽
○ ●
◇

Auch bei der Erbse wurde versucht, auf genetischem Weg die am nächsten zur domestizierte Erbse liegenden Wildpopulationen zu finden. Gewisse Marker, die sich im KernDNA, in der mitochondrialen und Chloroplasten DNA, finden, erlaubten es, **D 4 Gruppen** innerhalb des Genus *Pisum* zu unterscheiden („comb“ auf der Kartierung links). Die Vorfahren sollten zu **Gruppe B** gehören.

Zaytseva und andere haben ausserdem herausgefunden, dass alle domestizierten Formen von Erbse, eine **8-bp Deletion** (bp: base pairs) in psbA-trnH spacer (eine Region im Chloroplasten, die zwischen einem Gen psbA und trnH kodiert für eine transfer RNA) haben (Zaytseva et al. 2012). Deshalb kann man davon ausgehen, dass der wilde Vorfahr die gleiche Deletion haben sollte. Sie haben diese in Wilderbsen gesucht und nur 2 Akzessionen (dunkle Kreise auf der Kartierung oben) in **Bulgarien und Georgien** gefunden (Zaytseva et al. 2016). Die Akzession aus Georgien hat auch den gleichen Blütentyp wie die Kulturformen und ist deshalb die beste Kandidatin.

Diese Ergebnisse sind allerdings noch nicht ganz gesichert und wir müssen auf neuere Analysen an mehr Akzessionen von Wilderbse warten... **142**

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (10): Kichererbse

Kichererbse (*Cicer arietinum* L. ssp. *arietinum*)

Generelles:



Die Kichererbse ist heute die dritt wichtigste 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 Proteingehalt der Samen beträgt um die 20%.

Der Anbau von Kichererbse in Mitteleuropa ist aus klimatischen Gründen nicht möglich (zumindest nicht in grossem Stil): Kichererbse braucht grosse Sommerwärme. Ausserdem ist sie empfindlich gegen Nässe (Pilzbefall; siehe Kerem et al. 2007). (Prä-) historische Funde von Kichererbse in Mitteleuropa sind deshalb Importe aus dem mediterranen Raum, denn die Kichererbse ist an mediterranes bis subtropisches Klima gebunden.

Die Kultivare sind sommerannuell, werden also nach der winterlichen Regenzeit ausgesät, um Pilzbefall zu vermeiden (Abbo et al. 2002; 2003; Kerem et al. 2007). Dies steht im Gegensatz zu den Wildformen, welche eine Keimruhe aufweisen, während der sie Kälte ausgesetzt sein müssen. Der Verlust dieser Wildpflanzeigenschaften ist eine der wichtigsten genetischen Veränderungen, die mit der Domestikation stattfand.

Die Hülse hat 2 Samen.

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

Heutige Kultur-Kichererbse (Kabuli-Typ)

Heute gibt es zahlreiche Kultivare (Landrassen), die eine grosse morphologische Variabilität zeigen. Sie sind aber alle interfertil. Sie lassen sich in 2 Gruppen einteilen (Zohary et al. 2012, 87), die genetisch unterscheidbar sind (Graphik S. 139 unten):

- Grosssamige Varietäten (sog. **Kabuli-Typ**): cremefarbene Blüten, grosse Samen, Samenschale glatt: vor allem im Mittelmeerraum und in SW-Asien
- Kleinsamige Varietäten (sog. **Desi-Typ**): dunkelrote bis rosa Blüten, kleine Samen, Samenschale runzelig: vor allem in Indien, Afghanistan, Pakistan, Äthiopien.

Das folgende Bild zeigt die Variationsbreite der Samengrössen der Kultivare (unten) und deren Verhältnis zu Samen der Wildform (*Cicer reticulatum*) (oben) (aus Abbo et al. 2014). Bei den Kulturformen ist ein phänotypisches Kontinuum zu erkennen.



Wildform: *Cicer arietinum* L. ssp. *reticulatum* (syn. *Cicer reticulatum* Ladiz.) (Δ auf der Karte auf der folgenden Seite)



Aussehen

Bild links: Wilde Kichererbse, SE-Anatolien (Karacadag-Region), Foto A. Schlumbaum:

Unscheinbare, niedrigwüchsige Pflanze (bis 20 cm hoch).

Winterannuell. Es gibt 2 Formen (Zohary et al. 2012, 87):

- Solche mit sich öffnenden Kapseln, Samen werden verstreut
- Solche mit geschlossen bleibenden, aufgeblasenen Kapseln, die dann durch den Wind verbreitet werden.

Samen sind klein (um die 3mm) haben eine runzelige, reticulate Oberfläche (Foto links aus Tanno & Willcox 2006).

Verbreitung, Habitate, Genetik

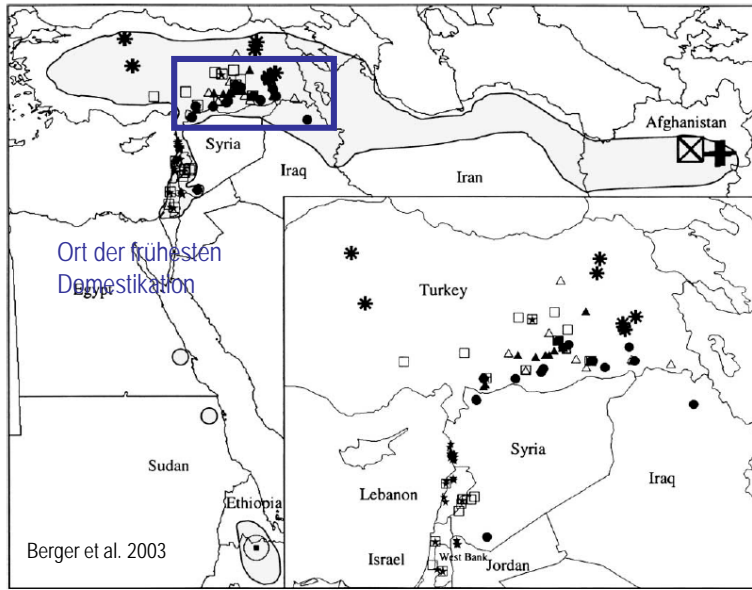


Fig. 1. Distribution of annual wild *Cicer* (and the wild perennial, *C. anatolicum*) germplasm held in the world collection. Symbols as follows: *C. anatolicum* (v), *C. bijugum* (●), *C. chorsanicum* (⊗), *C. cuneatum* (○), *C. echinospermum* (▲), *C. judaicum* (*), *C. pinnatifidum* (□), *C. reticulatum*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

Die heutige Verbreitung von *C. reticulatum* ist auf **SE Anatolien** beschränkt (△ auf der Karte links). Sie ist selten, und bildet keine grösseren, zusammenhängenden Bestände. Heute sind nur 18 Fundorte bekannt. Das ursprüngliche Verbreitungsareal reichte wohl weiter nach SW.

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

Genetik: diploid, $2n=16$, autogam, voll interfertil mit der Kulturform. Genetische Studien (Sethy et al. 2006 (Microsatelliten) und Nguyen et al. 2004 (AFLP)) belegen klar, dass *Cicer reticulatum* die Wildform ist (sie ist voll interfertil mit der Kulturform). Deshalb müssen Wild- und Kulturform als gleiche Art angesehen werden.

Domestikation: Archäologische Funde und genetische Ergebnisse

Eine Übersicht über die Funde gibt die Tabelle S. 139. Man sieht, dass Funde von Kichererbsen-Samen seltener sind als jene von Linse und auch Erbse. Ausserdem sind die Fundzahlen sehr klein, wie die untenstehende Tabelle aus Tanno & Willcox (2006) zeigt (für Datierungen siehe Tabelle S. 139, in der Publikation sind leider unkalibrierte Daten angegeben).

Site	Identification	Number
<i>Cicer arietinum</i>		
Tell el-Kerkh	<i>Cicer arietinum</i>	138
Çayöntü (basal pits)	<i>Cicer sp.</i>	1
Jericho	<i>Cicer arietinum</i>	? ("frgts?")
Nevalı Çori	cf. <i>Cicer sp.</i>	1
Çayöntü (channelled building)	<i>Cicer sp.</i>	2.5
Aşıklı Höyük	cf. <i>Cicer sp.</i>	1
Ain Ghazal	<i>Cicer cf. arietinum</i>	3
Çayöntü (cell building)	<i>Cicer sp.</i>	7.5
Ghoriife	<i>Cicer cf. arietinum</i>	3
Jericho (trench D phase ⁴ ?)	<i>Cicer arietinum</i>	2
Wadi Jirat 7 (trench B)	cf. <i>Cicer sp.</i>	1
Çatalhöyük	<i>Cicer cf. arietinum</i>	88
Çatalhöyük	<i>Cicer sp.</i>	4
Abu Hureyra 2 (trench E, phase 6)	<i>Cicer arietinum</i>	8
Ramad	<i>Cicer sp.</i>	27.5

Tanno & Willcox 2006

Einige neue Aufschlüsse betreffend die Domestikation der Kichererbse brachten die archäobotanischen Untersuchungen aus einer **neuen Grabung in Nordsyrien (Tell el-Kerkh)**, die heute 260 km vom westlichsten vorkommen (Kreuze auf der Karte unten links) der wilden Kichererbse entfernt liegt. Geht man aber von einer weiteren ehemaligen Verbreitung aus, so dürfte diese Fundstellen am Beginn des Holozäns im Verbreitungsgebiet gelegen haben.

C14-Datierungen von Tell el-Kerkh (cal.): 8750-8290 v. Chr (frühes PPNB).

Durch welche Faktoren ist die Seltenheit bedingt? Die neuen Untersuchungen vom Tell el Kerkh zeigen, dass dies am ehesten mit der hohen **Zerbrechlichkeit** der verkohlten Samen zusammenhängt (dies gilt für alle grössersamigen Leguminosen, also auch die Erbse und die Ackerbohne). Sie gehen sogar bei schonenden Aufbereitungsmethoden wie Flotation kaputt. In Tell el-Kerkh wurden sie zum grössten Teil vor dem Schlämmen der Proben von Hand ausgelesen (da sie gross sind, sieht man sie vergleichsweise gut).

Ein anderer Grund für die Seltenheit könnte sein, dass Kichererbsen – wie zum Teil auch heute noch – **grün gegessen** wurden (Hinweis in Abbo et al. 2009)



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

Domestikation: Archäologische Funde und genetische Ergebnisse (Forts.)

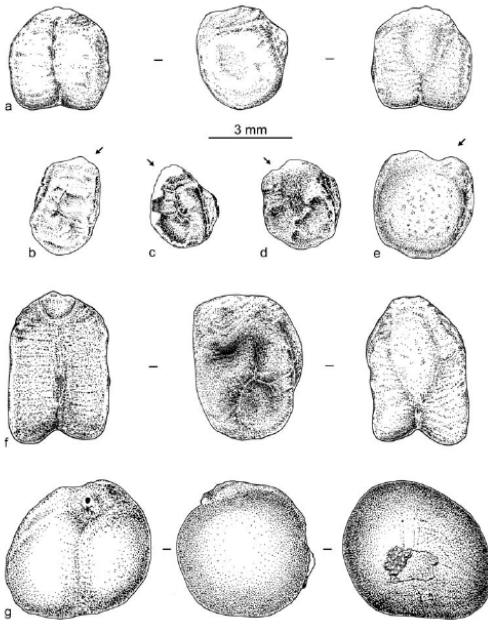
Domestikationsmerkmale sind: grössere Samen (gradueller Anstieg von ca. 3.5 auf 6mm), und die Entwicklung einer glatten Samenschale (Zohary et al. 2012, 87). Die Schwierigkeit, frühe Funde hinsichtlich Domestikationsgrad zu beurteilen, zeigt die neue Studie vom Tell el-Kerkh (Tanno & Willcox 2006) in Syrien, frühes PPNB. Wie die Tabelle auf der vorherigen Seite zeigt, wurde in dieser Fundstelle die grösste Menge an Kichererbsen aus dem entwickelten Protoneolithikum gefunden (>100 Stk.). Allerdings waren nur sehr wenige ganze erhalten, wie die Tabelle unten zeigt, und dies trotz schonendster Aufbereitungsmethoden:

Table 2 Number of seeds found at Tell el-Kerkh

	Number
<i>Cicer arietinum</i>	
Whole	11
Half	65
Fragment	62
Total	138

Grössen der Kichererbsensamen von Tell el-Kerkh:

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



Die am besten erhaltenen Samen zeigt die Abbildung links: Die Testa (Samenschale) ist kaum je erhalten (bei b, c und f in sehr kleinen Resten vorhanden: zeigt typische runzelige“ Oberflächen der Wildform *reticulatum*). Die Samen sind klein, allerdings gibt es vereinzelte grössere (Ausmasse siehe Tabelle oben), und entsprechen damit anderen frühen Funden. Die Samen haben eine grosse morphologische Variabilität. Die länglichen entsprechen eher der Wildform, die rundlichen eher der Kulturform. Möglicherweise sind hier also frühe Kulturformen erfasst (die Autoren sprechen von „intermediate stage“ zwischen Wild- und Kulturform.

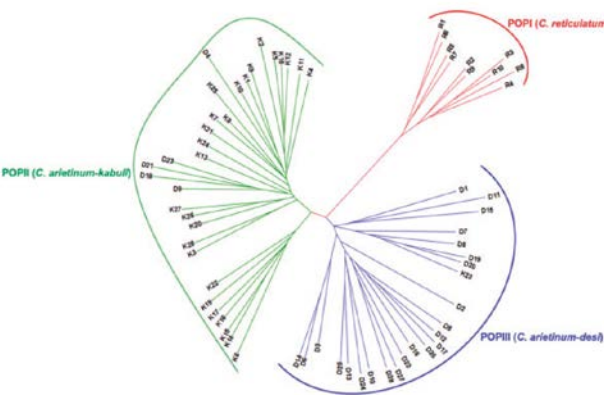
Fig. 2 *Cicer arietinum* from early PPNB levels at Tell Ain el-Kerkh. a shows the most common type, b–e are lateral views to show morphological variation from more wild forms to more domestic forms arranged from left to right. The wrinkling which is often seen in *C. a. reticulatum* can be seen in

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

Tanno & Willcox 2006

Mit frühester domestizierter Kichererbse ist also ab PPNB zu rechnen (siehe auch Tabelle S. 139). Ab etwa 8000 v. Chr. (also mittleres PPNB) tritt die Kichererbse auch ausserhalb des Areals ihrer Wildform auf, so z. Bsp. in der südlichen Levante in den Fundstellen Jericho, Ain Ghazal, Tell Ramad (bei Damaskus). Von Jericho kennt man Funde mit glatten Samenschalen. Aus jüngeren Epochen (keramisches Neolithikum, 6350-6050 v. Chr.) gibt es zum Bsp. eine grössere Menge Samen von Höyücek in der SW-Türkei (>500 Samen mit glatter Samenschale, also eindeutig domestizierte Kichererbse; Martinoli & Nesbitt 2003)

Zu weiteren frühen Funden und der frühen Ausbreitung siehe Zohary et al. 2012, 88f.



Genetische Studien zum Ort der Domestikation: Eine AFLP-Studie von Sudupak et al. (2004) belegt, dass das westlichste heutige *Cicer reticulatum* Vorkommen die am nächsten mit der Kulturform verwandte ist (sie liegt in der Nähe der wichtigen archäologischen Fundstelle von Tell el Kerkh, siehe oben). Man geht deshalb davon aus, dass die **Domestikation** wohl auch bei der Kichererbse im **Gebiet SE-Anatolien-Nordsyrien** stattgefunden hat. Gupta et al. (2016) meinen, dass *C. reticulatum* näher beim desi-Typ *Cicer* als der kabuli-Typ steht (Grafik links). Der desi-Typ *Cicer* ist in Zentralasien und Indien verbreitet. Man kann dieses Ergebnis dahingehend werten, dass *Cicer reticulatum* ursprünglich weiter verbreitet war, bevor es domestiziert wurde, und erst später entstanden beide domestizierte Formen (desi-Typ und kabuli-Typ); dies könnte auf einen Domestikationsprozess an 2 Orten (SE-Türkei und Zentralasien) hinweisen. Das würde zu der Hypothese passen, dass die Domestikation von Kichererbsen länger als bei anderen Arten dauerte, wegen des nötigen und schwierigen Wechsels auf Sommerkultivierung (Abbo et al. 2003). 145

Ackerbohne (*Vicia faba* L.)



Generelles:

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. Die Ackerbohne ist und war immer ein wertvolles Tierfutter - daher auch die anderen volkstümlichen Namen Pferdebohne oder Saubohne. Sie diente aber auch als Grundnahrungsmittel für Menschen und ist dies heute noch, vor allem in Drittweltländern (Nahrung v.a. für die ärmeren Bevölkerungsschichten). Im Mittelmeerraum werden vor allem die Hülsen in grünem Zustand konsumiert, dort sieht man sie heute noch häufig in Gärten und auf Märkten.

Die Ackerbohne ist eine **aufrechte, robuste** Pflanze (siehe Bild links unten). Die Hülsen haben sehr **grosse** Samen, dadurch ergibt sich ein hoher Ertrag. Der Proteingehalt der Samen 20-25% (siehe Liste S.120: horsebean).

Heute gibt es zahlreiche Varietäten (Landrassen), die durch ihre Morphologie, die Form und Grösse der Hülsen sowie die Grösse und Farbe der Samen in 3 interfertile Kultivar-Gruppen eingeteilt werden können:

- *var. minor*: kleinsamige Form, Samen rundlich-oval, meist 6-13 mm lang
- *var. paucijuga*: im Gegensatz zur *var. minor* ist das Blatt meist nur einpaarig gefiedert, Blüten sind klein. Samen auch klein (ähnlich wie bei *var. minor*), heute v.a. in Indien, Afghanistan, Pakistan verbreitet.
- *var. major*: mit grossen, flachen Samen (15-20 mm lang, 12-15 mm breit, 5-8 mm dick): diese grossamigen Formen entwickelten sich erst spät unter Kulturbedingungen (wohl erst 1000 AD; siehe Angabe in Tanno & Willcox 2006)

Alle archäologischen Funde in Europa bis zur Römerzeit: gehören zu *var. Minor*.

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 kurzlebigen Pflanzen!

Meistes nach Zohary et al. 2012, 89 ff.

Wildform?

Die Wildform der Ackerbohne ist bis heute nicht bekannt. Morphologisch sehr ähnlich sind:

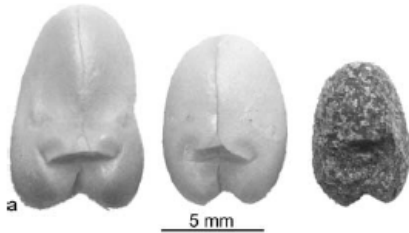
Vicia narbonensis L. und *Vicia gallea* Plitm. & Zoh. Letztere ist ein SW-asiatisches Element und dort, aber auch in anderen teilen des Mittelmeerraumes weit verbreitet.

Die genannten Taxa (und auch einige weitere verwandte Wildformen) haben $2n=14$ Chromosomen, sind also **genetisch abweichend** von *V. faba* und **NICHT** mit dieser **kreuzbar**. Sie werden heute deshalb auch in eine eigene Sektion innerhalb der Gattung *Vicia* eingeteilt (Sect. *Narbonensis*; siehe weiteres dazu in Zohary et al. 2012, 90). Heute steht deshalb fest, dass die Wicken der Sect. *Narbonensis* nicht als Vorfahr für *V. faba* in Frage kommen. Auch genetische Untersuchungen bestätigen dies (Zitate siehe Zohary et al. 2012, 90).

Die Wildform ist bis heute **nicht entdeckt** – sie könnte auch ausgestorben sein. Falls man die Funde von Tell el-Kerkh als Anhaltspunkt für die natürlichen Habitate der Wildform nimmt, so müsste diese eher feuchten, lehmigen Untergrund bevorzugt haben – solche Standorte waren selten und sind heute meist ganz verschwunden (Tanno & Willcox 2006).

Archäologische Funde, Unterscheidung von Wild- und Kulturformen

Gefunden werden auch hier die **Samen**, sie sind tonnenförmig, und oft am Hilum-Ende dicker (also leicht „keilförmig“; siehe Abb. Unten). Wie üblich fehlt die Samenschale meistens. Leider haben Samen von *Vicia faba* sehr grosse Ähnlichkeit mit Samen der anderen Vertreter der Sect. *Narbonensis*. Der einzige Unterschied ist die (nicht immer vorhandene) leicht keilförmige Form. Man kann solche Samen *de facto* in protoneolithischen (und früheren) Fundstellen **nicht sicher bestimmen**. Korrekt muss deshalb die Bestimmung „*faba-like*“ (oder *Vicia cf. faba*) lauten (Zohary et al. 2012: 91). (cf steht für lat. *Confere*, frei zu übersetzen als „sieht ähnlich aus wie“). Eine Übersicht über die archäologischen Nachweise aus dem Zeitraum der Domestikation gibt die Tabelle S. 124. Bsp.: Funde von Tell el-Kerkh datieren kalibriert ins frühe PPNB, um 8500 v. Chr. (Tanno & Willcox 2006)



Als Ackerbohne bestimmter Same 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

Die frühesten Funde stammen von **el-Wad Cave** in Mount Carmel, Israel (Caracuta et al. 2016). **6 Samen** wurden bestimmt und datiert (ca. **12-11.8 kj cal BC**). Man kann leider nicht sagen, zu welcher Art sie gehören, da der Vorfahr von Ackerbohne nicht bekannt ist. Diese Reste sind aber ein guter Hinweis für die Präsenz eines solchen Vorfahrs in der Süd-Levante. Am **Mount Carmel** findet sich noch heute einer des grössten Genpools von Ackerbohne in Asien (Caracuta et al. 2016).

Die Fundzahlen sind wie bei der Kichererbse sehr niedrig. Davon gibt es nur wenige Ausnahmen.

Vom **Tell el Kerkh** (Syrien) stammt der bisher früheste umfangreichere Fund von *V. cf. faba*. mit 437 Samen, aus dem frühen PPNB. Mindestens einige der Samen weisen Keilform auf, so dass sie als Ackerbohne angesehen werden können. Mehr oder weniger gleich alt sind die zahlreiche (>6000 Samen) Funde von **Ahihud** in der Süd-Levante (Caracuta et al. 2015)

Etwas später (mittl. PPNB) datieren die Vorratsfunde von Nahal Zippori 3 (Caracuta et al. 2015) und Yiftah-el (Israel; Kislev 1985). Dort wurden neben den vielen Linsen (siehe S. 123) auch recht zahlreiche grosse Samen gefunden, die als Ackerbohnen identifiziert wurden. Die Bedingungen in der Umgebung dieser Fundstellen (in der Nähe von Flussauen) waren offenbar geeignet für den Anbau von Hülsenfrüchten! *Vicia faba* könnte in diesem Gebiet domestiziert werden sein.

Ab dem mittl. PPNB gibt es auch Ackerbohnen aus Jericho (7900 – 7550 v. Chr.), Tell Abu Hureyra, Nevali Cori (usw.) (siehe Zohary et al. 2012 und Tabelle S. 139). Ab dem frühen Neolithikum sind sie auch in Südeuropa vorhanden.

FAZIT: Die Ackerbohne gehört auch zu den nahöstlichen „founder crops“; neue Funde weisen auch hier auf ein Domestikationszentrum in Südlevante hin.

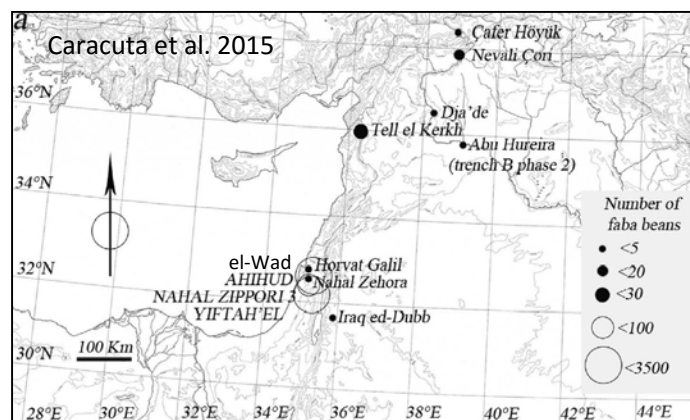
Häufige und sichere Nachweise domestizierter Ackerbohnen gibt es dann erst wieder ab dem 3. und dann dem 2. Jt. v. Chr., und zwar auf der Iberischen Halbinsel, in der Schweiz und in Oesterreich, in Norditalien und im ostmediterranen Raum.

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



klein: L max. 5,5 mm lang

Form länglich und auch hier oft keilförmig, zum Teil relativ flach, d.h. von wilden Ackerbohnenverwandten der Sect. *Narbonensis* leicht abweichend (Form dort länglich-tonnenförmig): deshalb wurde sie als *Vicia faba* bestimmt



Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (15): Weitere Hülsenfrüchte, Fazit Hülsenfrüchte

Es gibt eine grössere Zahl weiterer Hülsenfrüchte, die früh in Kultur genommen wurden, auf die aber hier nicht näher eingegangen werden kann. Ich verweise auf Zohary et al. 2012, 92 ff. Sie spielten in Mitteleuropa allenfalls eine untergeordnete Rolle oder tauchten erst spät – mit/nach der Römerzeit - auf. Wichtig sind vor allem:

Linsenwicke (*Vicia ervilia* (L.) Willd.)

Verkohlte Samen werden seit dem Protoneolithikum regelmässig gefunden (siehe Tabelle S. 139). Sie wurde wohl auch ab PPNB domestiziert, und wird von einigen Forschern auch zu den „founder crops“ im Fruchtbaeren Halbmond gezählt. Eine grosse Rolle spielte sie im Endneolithikum und in der Bronzezeit beispielsweise in Griechenland und Bulgarien. Aus Mitteleuropa gibt es nur wenige Funde, sie taucht ab und zu in bronzezeitlichen Fundstellen häufiger auf.



Abb. Nevali Cori, PPNB, Pasternak 1998

Saat-Platterbse (*Lathyrus sativus* L.)

Ab PPNB regelmässig vorhanden. „A minor pulse crop of traditional agriculture in the Mediterranean basin ...“ (Zohary et al. 2012, 95 f.).



Abb. Nevali Cori, PPNB, Pasternak 1998

Weitere erwähnenswerte Taxa sind:

Vicia sativa L. (Reste seit Natufien, also seit dem Protoneolithikum vorhanden)

Lathyrus clymenum L. (selten gefunden und erst spät auftauchend, ab Frühbronzezeit in der Türkei)

Trigonella foenum-graecum L. (Bockshornklee; Samen vor allem als Gewürz gebraucht, für Brote, Suppen usw.; taucht ebenfalls erst relativ spät auf, im Nahen Osten um 4000 v. Chr.)

Lupinus albus L. (traditionelle mediterrane Hülsenfrucht; früheste Funde aus Ägypten aus der prädynastischen Zeit, um 3500 v. Chr.)

Fazit: Die Domestikation von Getreide und Hülsenfrüchten im Vergleich

Hülsenfrüchte wurden gleich früh in Kultur genommen wie Weizen und Gerste, und auch im gleichen geographischen Raum. Die archäologischen Funde deuten auch bei den Hülsenfrüchten auf eine „protracted domestication“ (Purugganan & Fuller 2009), also einen Prozess, der sich über längere Zeit hinzog. Dies wird – insbesondere im Fall der Hülsenfrüchte – von einigen Forschern bestritten (Abbo et al. 2013, 2014). Tatsächlich gibt es zwischen Hülsenfrüchten und Getreide viele Differenzen, die zu denken geben (siehe Tabelle auf der folgenden Seite aus Abbo et al. 2009, ergänzt aus Abbo et al. 2013).

Besonders stark ins Gewicht fällt, dass 90% der Wild-Leguminosen-Samen eine lange Keimruhe (seed dormancy) aufweisen: Sät man sie aus, so keimen nach kurzer Zeit nur 10%, bei Getreide immerhin 50% (siehe Bild unten, aus Abbo et al. 2014).

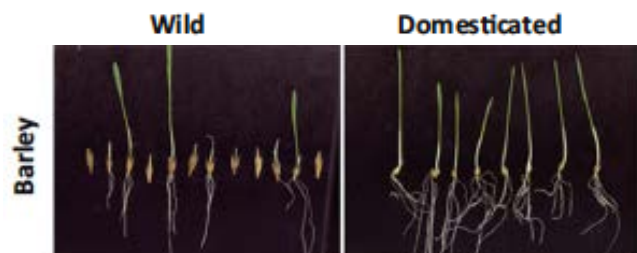


TABLE 1

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	Awmed 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

Samen werden über einen längeren Zeitraum hin reif

Reife ± synchron

Bildet keine ausgedehnten Bestände – Ernte aufwendig

Bildet ausgedehnte Bestände, die leicht abzuerten sind

Abbo et al. 2009, ergänzt aus Abbo et al. 2013



Eine bessere Keimrate erreicht man nur, wenn man die Wild-Samen einritz, was enorm aufwendig ist. Trotzdem steht fest, dass (Wild-)Getreide einfacher kultivierbar sind als (Wild-)Hülsenfrüchte.

Ein weiterer Unterschied ist, dass bei wilden Hülsenfrüchten kaum Erträge voraussagbar sind (siehe Ernteexperimente von Abbo et al. 2013, über 6 Jahre hinweg). Ausserdem sind die Erträge meist sehr niedrig.

Wieso wurden angesichts dieser Problematiken dennoch Hülsenfrüchte gleich früh domestiziert wie Getreide? Abbo et al. 2013 vermuten ein fokussiertes und zielgerichtetes Handeln – was aber schwer vorstellbar ist, angesichts der Tatsache, dass den Leuten damals das Resultat nicht bekannt war (nämlich eine domestizierte Pflanze). Meines Erachtens kann man eher 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. Sie kannten die Eigenschaften aufgrund von Erfahrungswerten, die über viele Generationen weiter gegeben worden waren (schon die Neandertaler sammelten übrigens wilde Hülsenfrüchte, wie die erwähnten Funde aus der Kebara Höhle belegen). Die damals lebenden Menschen hatten sicher sehr genaue floristische und ökologische Kenntnisse; sie suchten auch unscheinbare Pflanzen zur richtigen Jahreszeit gezielt. Dies kennt man heute noch aus ethnografischen Zusammenhängen. Trotz Keimruhe muss man sie kultiviert haben; somit konnten Mutanten, die keine Keimruhe haben, rasch gefördert werden ((Es gibt auch die Möglichkeit, dass Leguminosen zuerst mit Getreide zusammen abgeerntet wurden und so in den „Domestikationskreislauf“ gelangten – dies ist aber reine Spekulation)).

Möglicherweise kann man das gezielte Suchen von wilden Hülsenfrüchten mit **ernährungsphysiologischen** Aspekten in Zusammenhang bringen (Literatur zu diesem Thema: Kerem et al. 2007; Eshed et al. 2004; Wadley & Martin 2000):

Getreide → **Kohlenhydrate**

Hülsenfrüchte → **Proteine** (v.a. Lysin)

Ölpflanzen (siehe S. 150 ff.) → essentielle **Fettsäuren** (z.B. Linolsäure)

Auch aus heutiger Sicht ist dies eine **ideale Kombination von essentiellen Nährstoffen**. Die Menschen damals besaßen offensichtlich die Erfahrung, diese Dinge zu kombinieren.

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (17): Öl-/Faserpflanzen

Generelles, Domestikationsmerkmale

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 (neu zu Geschichte des Hanfes und anderer Aspekte siehe Clarke & Merlin 2013).

Domestikationsmerkmale (Zohary et al. 2012):

- *geschlossen bleibende Kapseln
- *Ausbildung grösserer Samen * = im archäologischen Material sichtbar
- Erhöhung des Ölgehaltes der Samen
- Ausbildung dünnerer Samenschalen
- (*) bei Faserpflanzen: Entwicklung hoher, aufrechter, unverzweigter Pflanzen

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



Generelles:

Heute ist Lein eine wichtige Weltwirtschaftspflanze, einerseits wegen der medizinischen und technischen Eigenschaften der Samen (Leinöl), andererseits wegen seiner Fasern. Heute wird er vor allem entlang der Atlantikküste Europas, im Baltikum, Russland, Indien und an anderen Orten weltweit angebaut. Bis in die Zeit der industriellen Revolution waren Flachsfasern das wichtigste Rohmaterial für Textilien (sie sind stärker als Baumwoll- oder Wollfasern). Ab den Zeiten der industriellen Revolution geriet Flachs mehr und mehr in den Hintergrund und wurde von Baumwolle abgelöst (und später durch Kunstfasern) (Zohary et al. 2012, 101 ff.). Heute erlebt er in der Mode wieder eine Renaissance.

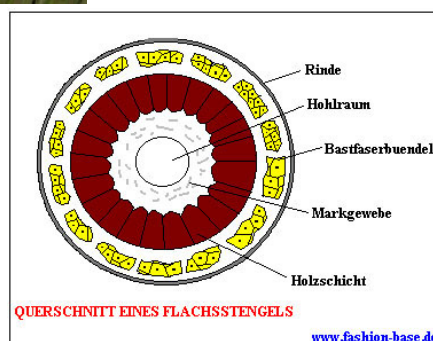
Die Blüten des Leins sind himmelblau (Bild links oben). Das Bild links Mitte zeigt (fast) reife Kapseln, in denen die Samen sitzen (10 pro Kapsel).

Genetik: diploid, $2n=30$ Chromosomen, autogam

Kulturformen: heute gibt es 2 Hauptzuchtlinien:

a) Öllein: kleine, 30-70 cm hohe Pflanzen, rel. stark verzweigt, grossamig (für Samengewinnung = Ölgewinnung angebaut). Same enthält etwa 40% Öl. Leinöl ist ein wertvolles Speiseöl, ausserdem wichtiger Bestandteil von Farben und Firnissen.

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.



Bilder links:

links aussen: Abgeerntete Leinstengel, vorbereitet für die Fasergewinnung

Links: Querschnitt durch den Leinstengel: die Fasern (Bastfaserbündel) sind in der Rinde.

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (18): Lein (2)

Wildform: Aussehen, Verbreitung, Habitate, Genetik

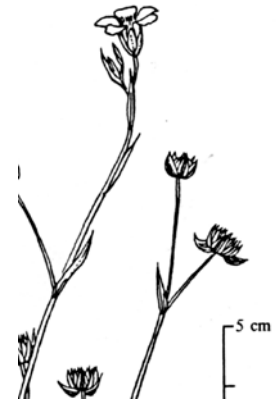


Abb. aus Zohary & Hopf 2000

Im Ganzen gibt es über 200 wilde Leinarten. Die dem Kulturlein am nächsten verwandte und sehr ähnlich aussehende Wildart ist *Linum angustifolium* Huds. (syn. *Linum bienne* Mill.) (Zohary et al. 2012). Genetische Untersuchungen haben *Linum bienne* als Wildform bestätigt (u.a. Diederichsen & Hammer 1995; Fu & Allaby 2010).

Die Blüten von *Linum bienne* sind ebenfalls himmelblau (selten weisslich, Bilder oben links und Mitte). Die Kapseln öffnen sich bei der Samenreife (siehe Bild oben rechts).

Genetik : diploid, $2n=30$, Selbstbestäuber (autogam), voll interfertil mit Kultivaren. Im Grunde müsste man Kultur- und Wildlein in eine Art zusammenfassen.

Verbreitung der Wildform:



Zohary & Hopf 2000

Wildlein hat ein grosses Verbreitungsgebiet: Westeuropa; ganzer Mittelmeerraum; N-Afrika; W- und S-Asien; Kaukasus

Habitat: primär: feuchte Orte wie Umgebung von Quellen, Nass-Wiesen, oft auf tonreichen Böden; selten (sekundäre) auch als Unkraut.

(Zohary et al. 2012 103)

Domestikation: Archäologische Funde sowie genetische Ergebnisse

Die **archäologische Auffindbarkeit** der **Samen** von Lein oder 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 (aus Funden in Feuchtbodenablagerung kann man in etwa berechnen, dass nur maximal 5 % der abgelagerten Reste in verkohltem Zustand erhalten sind). Ihre Nachweischancen in verkohltem Zustand sind deshalb eingeschränkt. Wenn verkohlte Samen gefunden werden, kann man auf eine grosse Bedeutung des Leins schliessen.

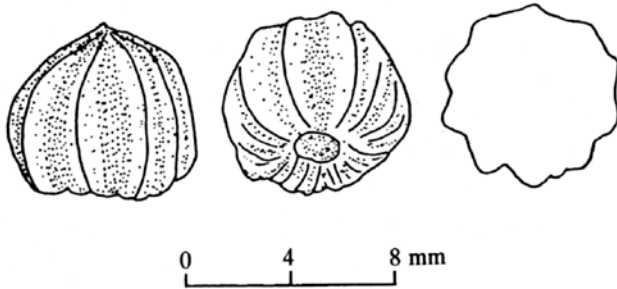
Noch seltener sind Funde der **Fasern oder von Geweben**. Trotzdem kann man sagen, dass Flachs vermutlich die älteste zur Fasergewinnung genutzte Kulturpflanze ist, denn auch Gewebe aus Lein werden seit dem PPN gefunden. Vermutlich wurde schon Wildlein zur Fasergewinnung genutzt, denn es gibt Leinfasern aus einer Höhle in Georgien, die 30'000 Jahre alt sind.

Der Lein gehört zu den „founder crops“ im Nahen Osten! Samen werden seit dem Protoneolithikum regelmässig gefunden.

Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (19): Lein (3), Archäologie, Genetik

Archäologische Funde

Kapseln: wenn geschlossen → Kulturform!



Flachskapsel aus Jericho, Bronzezeit (Zohary et al. 2012)

Samen: wenn >3 mm lang: Kulturform

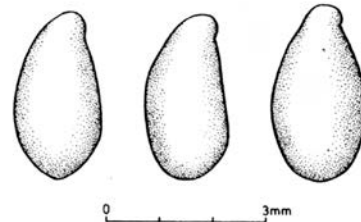


Fig. 20. *Linum usitatissimum*, Ramad.

Samen vom Kulturflachs vom Tell Ramad Late PPNB 6700-6600 v. Chr. (van Zeist & Bakker-Heeres 1985)

Taxa →				Linum bienne / usitatissimum
	cal. BC (range)	Kulturstufe	Region Code	Lein
Süd-Levante / Southern Levant				
Ohalo II	21000	Paläol	S-L	
Wadi Hammeh 27	12200-11600	Epipal	S-L	
Wadi Faynan 16	10600-8200	Epipal-E-PPNB	S-L	
Iraq ed-Dubb	9300 (9700-8800)	PPNA	S-L	
Gilgal I	9300 (9400-9100)	PPNA	S-L	
Netiv Hagdud	9200 (9300-8850)	PPNA	S-L	
Zahrat adh-Dhra' 2	8800 (9150-8650)	PPNA	S-L	
Hemmeh	9100-8600	PPNA	S-L	
Jericho I ('PPNA')	8700 (9150-8350)	PPNA / E-PPNB	S-L	x
Tell Aswad I	8400 (8700-8200)	E-PPNB	S-L	
Beidha	7900 (8300-7550)	E-M-PPNB	S-L	
Wadi Jilat 7	7800 (8200-7500)	E-M-PPNB	S-L	
Yiftahel	7800 (8200-7650)	E-M-PPNB	S-L	
Jericho II ('PPNB')	7700 (8200-7500)	E-M-PPNB	S-L	x
Nahal Hemar	7700 (8000-7050)	M-PPNB	S-L	
Ghoroife	7500 (7800-7050)	M-L-PPNB	S-L	x
Basta	7400 (7550-7050)	M-L-PPNB	S-L	
Azraq 31	7500-7200	M-L-PPNB	S-L	
Ain Ghazal	7200 (8300-6600)	E-PPNB-PPNC	S-L	x
Tell Ramad	7100 (7300-6650)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	x
Wadi Fidan A	7100 (7300-6750)	L-PPNB-PPNBfin	S-L	
Wadi Jilat 13	6700 (7050-6600)	PPNBfin	S-L	

Die Tabelle links (Ausschnitt aus der Tabelle S. 61) zeigt die Nachweise von verkohlten Leinsamen aus dem Zeitraum der Domestikation im Fruchtbaren Halbmond (es wird nicht zwischen Wild- und Kulturform unterschieden). Nach Fuller et al. 2012, ergänzt (Zitate siehe S. 67).

Im Epipaläolithikum und Protoneolithikum sind Nachweise des Leins sehr selten. Nachweise von **Wildlein** gibt es vom Tell Abu Hureyra, Phase 1 (auf Hillman et al. 1989). Dieser Nachweis wird in Zohary et al. 2012, 103 aber nicht mehr erwähnt (Grund?), stattdessen soll der älteste Wildleinnachweis vom Tell Mureybet (PPNA) stammen.

Erste Hinweise auf domestizierte Formen: kommen aus dem PPNB. In Jericho II wurden geschlossene Kapseln gefunden, die auf 7900-7500 v. Chr. datieren. Größere Samen von >3mm Länge gibt es erst später, um 6700 v. Chr., aus Late PPNB-Schichten des **Tell Ramad** in Syrien (van Zeist & Bakker Heeres 1985, siehe Abb. oben).

Ab dem PPNB gibt es also eindeutigen Kulturflachs. grosse Samen von >3mm sind dann ab dem 7./6. Jt. v. Chr. bereits häufig.

Gewobene Textilien gibt es auch schon ab dem Ende des PPNB (7. Jt. v. Chr.). Diese sind dank dem ariden Wüstenklima trocken erhalten geblieben, so in der Höhle Nahal Hemar, Israel (am südlichen Ende des Toten Meeres) (Zohary et al. 2012, 105 f.).

Ort der Domestikation:

Neue genetische Daten (Fu 2005, Allaby et al. 2005, Fu & Allaby 2010, Fu 2011) weisen darauf hin, dass der Lein wohl nur einmal domestiziert wurde, wo wissen wir allerdings nicht genau (möglicherweise in der Türkei). Die genetischen Daten geben auch Hinweise, dass diese Domestikation im Hinblick auf den **Lein als Ölpflanze** geschah, also im Hinblick auf geschlossen bleibende Kapseln.

Nordlevante und Anatolien / Northern Levant/ Anatolia inkl. "Kerngebiet" / "Core Area" (Goldenes Dn				
Abu Hureyra I	10,600(11,150-10,450)	Epipal	N-L-An	x
Körtik Tepe	9700-9250	PPNA	C-A	
Tell Qaramel	9700 (10,300-8850)	Epipal-PPNA	N-L-An	
Hallan Çemi	9500 (9700-9300)	PPNA	C-A	
Mureybet I-III	9400 (9700-8500)	PPNA-E-PPNB	N-L-An	x
Tell 'Abr 3	9350 (9500-9200)	PPNA	N-L-An	
Demirköy	9350 (9450-9300)	PPNA	C-A	
Jerf el Ahmar	9300 (9450-8700)	PPNA	N-L-An	
Göbekli Tepe	8800 (9200-8600)	PPNA	C-A	
Dja'de	8500 (8700-8250)	E-PPNB	N-L-An	
Mureybet IV	8400 (8750-7950)	E-M-PPNB	N-L-An	
Tell el-Kerkh	8400 (8550-8300)	E-PPNB	N-L-An	
Çayönü (RP,GP,Ch.H)	8300 (8700-8000)	E-M-PPNB	C-A	x
Nevalı Çori	8300 (8600-7950)	E-M-PPNB	C-A	
Cafer Höyük IX-XIII	8100 (8300-7800)	E-M-PPNB	C-A	
Haçilar	7800 (8200-7550)	E-M-PPNB	N-L-An	
Sabi Abyad II	7650-6750	M-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x
Tell Halula	7650 (7800-7300)	M-L-PPNB	N-L-An	
Cafer Höyük III-VIII	7600 (8300-7450)	E-M-PPNB	C-A	
Aşıklı Höyük	7600 (7800-7500)	M-PPNB	N-L-An	
Can Hasan III	7600 (7800-6500)	M-L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	
Abu Hureyra 2A-C	7400 (7800-7000)	M-L-PPNB	N-L-An	x
Ras Shamra	7200 (7600-6000)	M-L-PPNB-PPNC	N-L-An	x
Tell Bouqras	7100 (7500-6300)	L-PPNB-PPNBfin	N-L-An	x

Schlafmohn (*Papaver somniferum* L.)



Generelles (nach Zohary et al. 2012, Merlin 1984, 2003):

Schlafmohn wird wie Lein zu 2 verschiedenen Zwecken angebaut:

- Schlafmohn ist die Quelle von Opium / Morphin, und damit eine Quelle für Heilmittel und Drogen (Bilder unten)

- Die Samen sind schmackhaft und liefern ein wertvolles Öl

Deswegen gibt es auch beim Schlafmohn 2 Gruppen von Kultivaren:

- ssp. *somniferum* Corb. Für die Nutzung als Opiumquelle

- ssp. *hortensis* (Hussenot) Corb. Für die Nutzung der Samen als Nahrungs- und Ölquelle

Es gibt sehr zahlreiche Landrassen, die sich unter anderem durch die Farbe ihrer Blüten unterscheiden (2 Beispiele Bilder links)

Genetik: Die meisten Kultivare sind diploid, $2n=22$ Chromosomen, Selbstbestäuber (autogam).



Wildform: Genetik, Aussehen, Verbreitung, Habitate



Der wilde Vorfahr des Schlafmohns ist *Papaver setigerum* DC. Es gibt diploide und tetraploide Formen. Die diploiden Formen (mit $2n=22$ Chromosomen) sind voll interfertil mit den Kulturformen. Deshalb wurde der taxonomische Rang von *P. setigerum* geändert, es ist jetzt eine Unterart von *P. somniferum* (*Papaver somniferum* ssp. *setigerum* (DC.) Corb.

Wilder Schlafmohn sieht sehr ähnlich aus wie Kulturmohn, er ist etwas kleiner, auch die Kapsel. Die Blüten sind meist lila. Siehe Bild links.

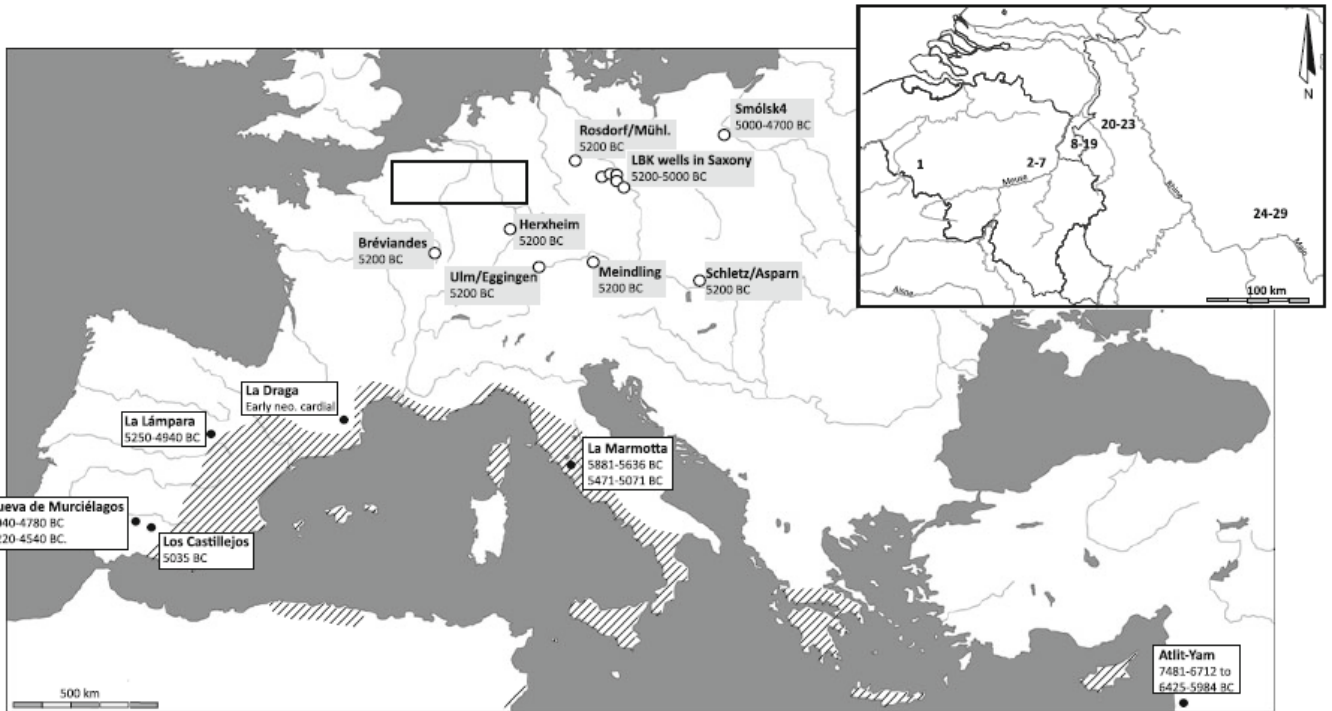
Verbreitung und Habitate (Karte auf der folgenden Seite):

Papaver setigerum wächst in küstennahen Regionen. Der Schwerpunkt der Verbreitung liegt im westlichen Mittelmeerraum. Der frühe Fund von der israelischen Küste (Atlit Yam, siehe folgende Seite) könnte bedeuten, dass die Verbreitung früher weiter nach Osten reichte.

P. Setigerum wächst ursprünglich in offenen Garrigue-artigen Formationen. Heute findet man es vor allem sekundär als Unkraut.

Auch aus dem wilden Schlafmohn kann man Opium gewinnen!

Wildform: Verbreitung; frühe Funde von Schlafmohn



□ 1: Aubechies-Coron Maton (Bakels in Constantin et al 2010b) 2-7: Oleye-Al Zèpe, Waremme-Vinàve (Jadin and Heim 2003); Remicourt-En Bia Flo II, Remicourt-Fond de Momalle (Salavert 2010b); Vaux-et-Borsset-Gibour (Heim and Hauzeur 2002); Alleur (Dambon 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, Lammersdorf, Aldenhoven, Laurenzberg 7 (Knörzer 1971, 1988, 1997, 1998) 20-23: Garsdorf, Kückhoven, Oekoven, Wanlo (Knörzer 1971, 1988, 1997, 1998) 24-29: Fauerbach, Usingen, Nieder-Mörlen, Bruchenhütten, Mittelbuchen, Fechenheim (Kreuz 1990; Kreuz et al 2005) ○ Breviandes (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 (Buxó 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 area (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)
Aus: Salavert 2011 (Vegetation History and Archaeobotany 20)

Domestikation und Ausbreitung: archäologische Funde

Domestikationsmerkmale: grössere Kapseln – geschlossen bleibende Kapseln (Poren unterhalb der Narbenstrahlen bleiben geschlossen). Tendenziell werden auch die Samen grösser, doch gibt es einen grossen Überschneidungsbereich – de facto sind Samen von Wild- und Kulturmohn nicht unterscheidbar (Fritsch 1979). Aus diesem Grund weiss man auch bei frühen Funden nicht sicher, ob es sich um Wild- oder Kulturmohn handelt!

Auffindungschancen: grundsätzlich gilt für die Samen ähnliches wie beim Lein gesagt – ihre Auffindungschancen bei Mineralbodenerhaltung sind schlecht (wesentlich schlechter als bei Lein). Kapseln werden noch viel seltener gefunden, und meist nur Fragmente des Kapseldeckels mit Narbenstrahlen. Diese sind bezüglich Domestikationsgrad nicht aussagekräftig. Aufgrund einer kürzlichen zusammenfassenden Darstellung von Salavert (2011) lässt sich zur **frühen Geschichte des Schlafmohnes** folgendes sagen (ergänzt):

Der früheste Fund stammt aus einem Brunnen vor der israelischen Küste (Atlit Yam, PPNC, Kislev et al. 2004). Nicht ganz zufällig stammt dieser Fund aus Feuchtbodenerhaltung. Ob dieser Fund ein Hinweis auf eine frühe Inkulturnahme des Schlafmohns im Nahen Osten ist, lässt sich nicht sagen – in den zahlreichen umfangreichen Untersuchungen der letzten 15 Jahre hätte man eigentlich Schlafmohn finden müssen. Es ist allerdings nicht ganz ausser Acht zu lassen, dass die grösste Diversität wilder Mohnarten im Nahen Osten oder noch weiter östlich liegt (etwa im Iran 30 Arten). Die Rolle von Zentralasien und dem Kaukasus ist also nicht ganz zu ignorieren, wenn man die Herkunft des Mohns betrachtet. Unglücklicherweise gibt es aber aus diesen Gebieten keine archäologischen Nachweise. Hier sind zukünftige Analysen abzuwarten....!

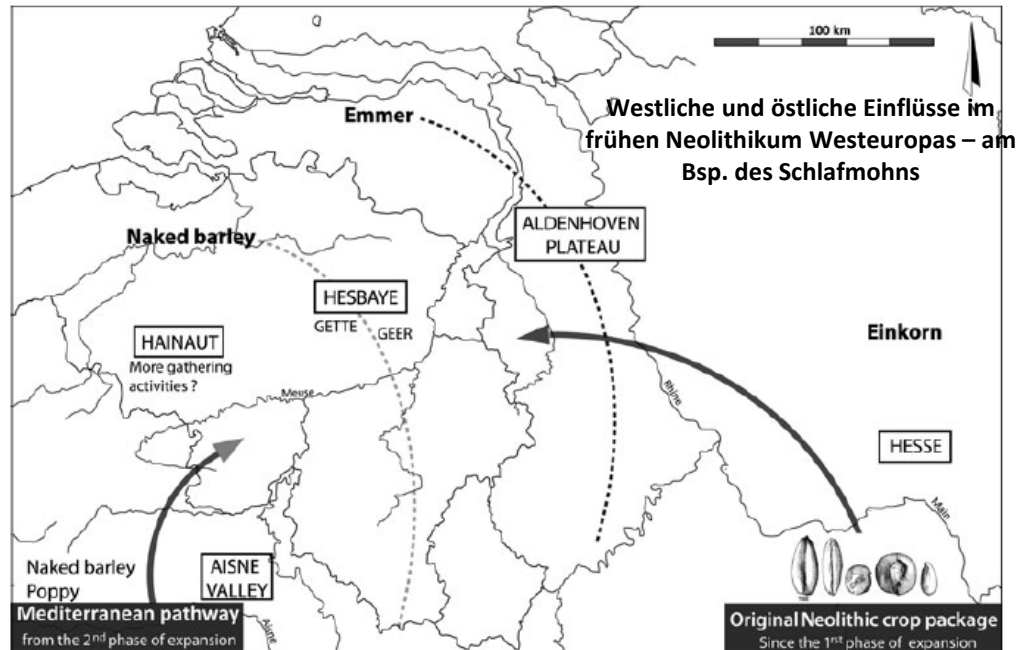
Domestikation von Hülsenfrüchten und Öl- sowie Faserpflanzen (22): Schlafmohn (3) sowie Fazit

Weitere frühe Funde (allerdings rund 1000 Jahre jünger als jener aus Israel) gibt es aus dem westmediterranen Raum, aus frühneolithischen Fundstellen wie La Marmotta oder La Draga. Beide Fundstellen sind Seeufersiedlungen, datieren meist nach 5500 v. Chr. Sie lieferten zahlreiche unverkohlte Mohnsamen; aus La Draga gibt es auch verkohlte Kapselragmente (neu Antolin 2013 zu La Draga). Ebenfalls von der iberischen Halbinsel gibt es weitere frühneolithische Funde, z. Bsp. aus Höhlen (Cueva de los Murcielagos).

Schlafmohn taucht sodann sehr früh in Mitteleuropa in Bandkeramischen (frühneolithischen) Fundstellen auf (ca. ab 5200 v. Chr.) – siehe Karte auf der vorhergehenden Seite). Man wertet dessen Vorkommen im allg. als westmediterranen Einfluss (z. B. schon Bakels 1982; siehe Abbildung unten). Ob er als Unkraut nach Mitteleuropa gelangte und dort erstmals kultiviert wurde, lässt sich meines Erachtens nicht sicher sagen. Die zahlreichen Funde z. Bsp. aus La Draga lassen eher den Schluss zu, dass Mohn schon im westmediterranen Frühneolithikum angebaut wurde – und vielleicht schon als Kulturpflanze dorthin gelangt ist, oder aber dort in Kultur genommen wurde.

Über eine mögliche Verwendung als Droge oder Heilmittel ist leider nichts bekannt (es wurden bisher keine angeritzten Mohnkapseln gefunden), eine solche ist aber sehr wahrscheinlich (dazu Merlin 2003)!

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)

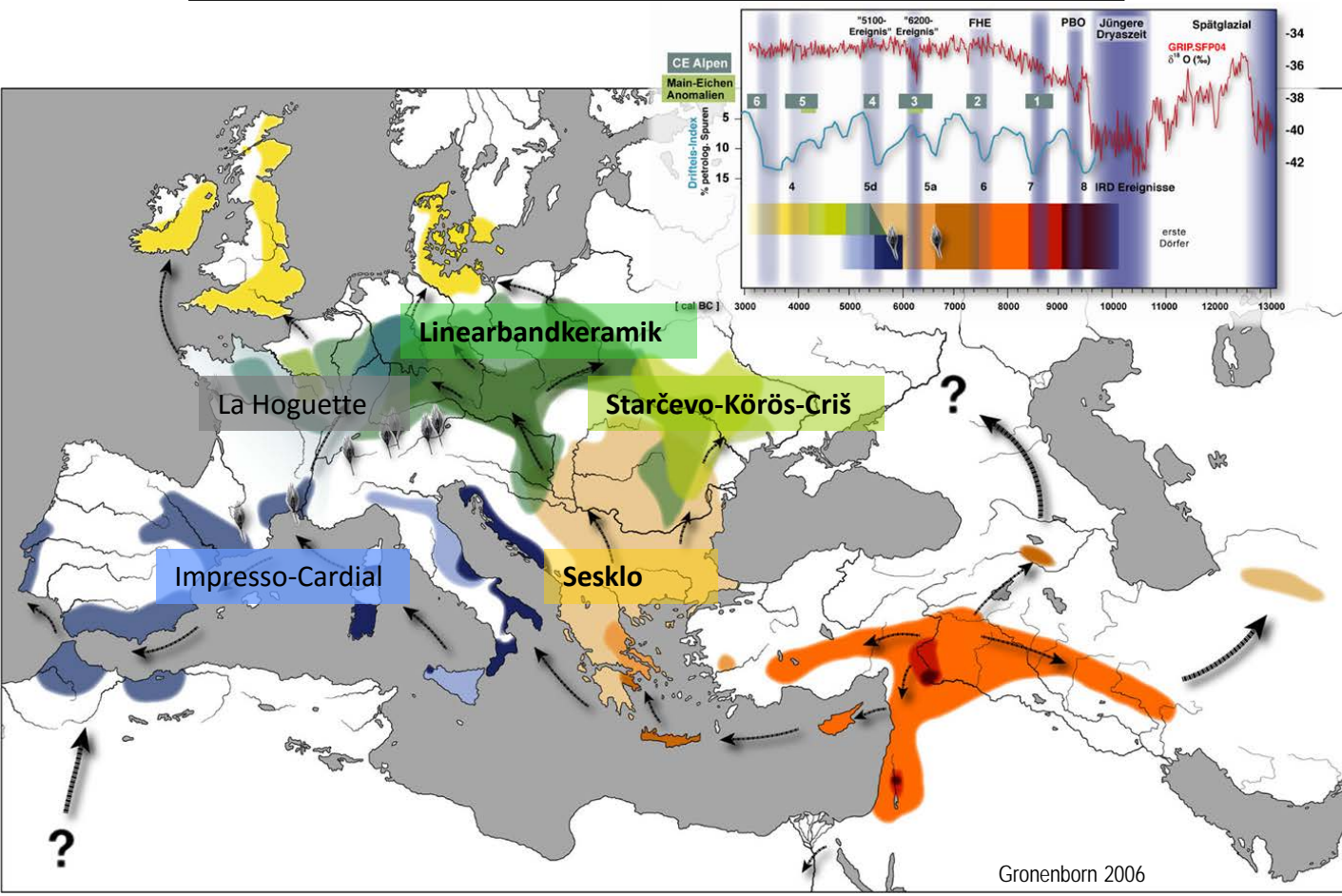


Salavert 2011

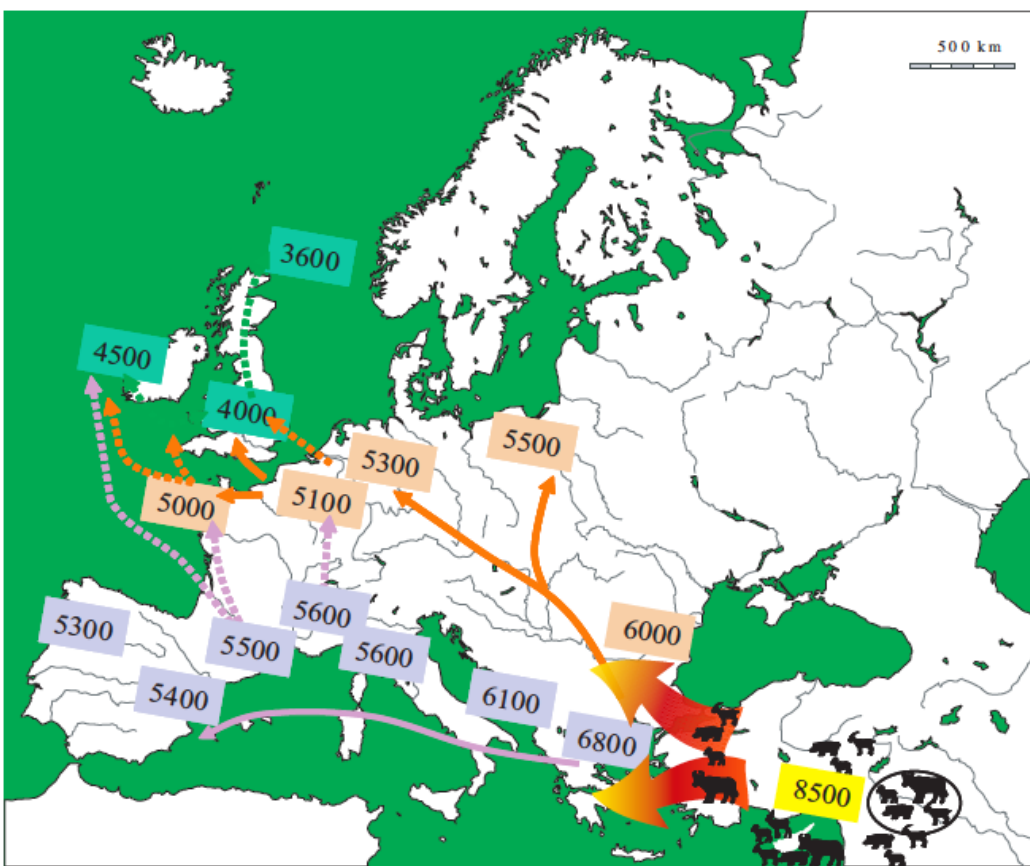
Zusammenfassung (Domestikation kurzlebiger Taxa)

- **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 verlangsamt
- 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



Gronenborn 2006



Chronology and main routes of dissemination of domesticates in Europe during the Neolithic (Tresset & Vigne 2011)

Ausbreitung des Ackerbaus nach Europa (2), Kulturpflanzengeschichte Mitteleuropas (Übersicht)

Weitere Literaturhinweise zur Ausbreitung des Neolithikums nach / in Europa: King & Underhill 2002 , Richards 2003 , Price et al. 2001 , Bentley et al. 2003 , Gkiasta et al. 2003, Colledge et al. 2004, Zeder 2008; Oliveira et al. 2011; Gronenborn 2008 und 2009

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

Zusammenstellung S. Jacomet (nach U. Willerding, aktualisiert; nach div. Literatur, aus Skript Vorlesung „Einführung in die Archäobotanik“)

Zitierte und weitere wichtige Literatur:

- Abbo, S., Lev-Yadun, S. und Galwey, N. (2002) Vernalization response of wild chickpea. *New Phytologist* 154, 695-701.
- Abbo, S., Shtienberg, D., Lichtenzweig, J., Lev-Yadun, S. und Gopher, A. (2003) The Chickpea, Summer Cropping, and a new Model for Pulse Domestication in the Ancient Near East. *The Quarterly Review of Biology* 78/4, 435-448.
- 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.
- 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., Izezak, I., Zehavi, Y., Schwartz, E., a, Lev-Yadun, S. und Gopher, A. (2013) Six seasons of wild pea harvest in Israel: bearing on Near Eastern plant domestication. *Journal of Archaeological Science* 40: 2095-2100.
- Abbo, S., Pinhasi van-Oss, R., Gopher, A., Saranga, Y., Ofner, I. und Peleg, Z. (2014) Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes . *Trends in Plant Science* in press.
- 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.
- Alo, F., Furman, B.J., Akhunov, E., Dvorak, J. und Gepts, P. (2011) Leveraging Genomic Resources of Model Species for the Assessment of Diversity and Phylogeny in Wild and Domesticated Lentil. *Journal of Heredity* 102, 315-329.
- Antolin, F. (2013) Of cereals, poppy, acorns and hazelnuts. Plant economy among early farmers (5500-2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula. An archaeobotanical approach. PhD Dissertation, Dept. of Prehistory, Universitat Autònoma de Barcelona, <http://hdl.handle.net/10803/128997>
- Bakels, C. C. (1982) Der Mohn, die Linearbandkeramik und das westliche Mittelmeergebiet. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 12, 11-13.
- 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.
- Berger, J., Abbo, S. und Turner, N. C. (2003) Ecogeography of annual wild *Cicer* species: to poor state of the world collection. *Crop Science* 43, 1076-1090.
- Caracuta, V., Barzilai, O., Khalaily, H., Milevski, I., Paz, Y., Vardi, J., Regev, L. und Boaretto, E. (2015) The onset of faba bean farming in the Southern Levant. *Scientific Reports* 5, 14370.
- Caracuta, V., Weinstein-Evron, M., Kaufman, D., Yeshurun, R., Silvent, J., Boaretto, E. (2016) 14,000-year-old seeds indicate the Levantine origin of the lost progenitor of faba bean. *Scientific Reports* 6, 37399.
- Clarke, R.V. und Merlin, M.D. (2013) Cannabis. Evolution and Ethnobotany. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- Colledge, S., Conolly, J. und Shennan, S. (2004) Archaeobotanical evidence for the spread of farming in the Eastern Mediterranean. *Current Anthropology* 45 Suppl., 35-58.
- Diederichsen, A. und Hammer, K. (1995) Variations of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L. ssp. *usitatissimum*) and its wild progenitor pale flax (susp. *angustifolium* (Huds.) Thell.). *Genetic Resources and Crop Evolution* 42, 262-272.
- 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.
- Fritsch, R. (1979) Zur Samenmorphologie des Kulturmohns (*Papaver somniferum* L.). *Kulturpflanze* 27, 217-227.
- Fu, Y.-B. (2005) Geographic Patterns of RAPD variation in cultivated flax. *Crop Science* 45, 1084-1091.
- Fu, Y.-B. (2011) Genetic evidence for early flax domestication with capsular dehiscence. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58/8, 1119-1128.
- Fu, Y.-B. und Allaby, R. G. (2010) Phylogenetic network of *Linum* species as revealed by non-coding chloroplast DNA sequences. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57/5, 667-677.
- Fuller, D. (2007) Contrasting patterns in Crop Domestication and Domestication Rates: Recent Archaeobotanical Insights from the Old World. *Annals of Botany* 2007, 1-22.
- Fuller, D. Q., Willcox, G. und Allaby, R. G. (2012) Early agricultural pathways: moving outside the 'core area' hypothesis in Southwest Asia. *Journal of Experimental Botany* 63/2, 617-33.
- Fuller, D. Q., Asouti, E. und Purugganan, M. D. (2012) Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 131-145.
- Garfinkel, Y., Kislev, M. E. und Zohary, D. (1988) Lentil in the pre-pottery Neolithic B Yiftah'el: Additional evidence of its early domestication. *Israel Journal of Botany* 37, 49-51.
- Gkiasta, M., Russel, T., Shennan, S. und Steele, J. (2003) Neolithic transition in Europe: the radiocarbon record revisited. *Antiquity* 77/295, 45-62.
- Gronenborn, D. (2006) Letzte Jäger - erste Bauern. *Archäologie in Deutschland*/3, 18-23.
- Gronenborn, D. (2008) Early pottery in Afroeurasia - Origins and possible routes of dispersal. *Berichte der Römisch-Germanischen Kommission* 89, 59-88.
- Gronenborn, D. (2009) Transregional culture contacts and the Neolithization process in Northern Central Europe. In: Jordan, P. und Zvebil, M. (Hrsg.) *Ceramics before farming: the dispersal of pottery among prehistoric Eurasian hunter-gatherers*. Walnut Creek CA, 527-550.

- 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.
- Hosch, S. und Jacomet, S. (2004) Ackerbau und Sammelwirtschaft. Ergebnisse der Untersuchung von Samen und Früchten. In: Jacomet, S., Schibler, J. und Leuzinger, U. (Hrsg.) Die neolithische Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3: Wirtschaft und Umwelt. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, 112-157.
- Jacomet, S. (2003) Und zum Dessert Granatapfel - Ergebnisse der archäobotanischen Untersuchungen. In: Hagendorn, A., Doppler, H. W., Huber, A., Hüster-Plogmann, H., Jacomet, S., Meyer-Freuler, C., Pfäffli, B. und Schibler, J. (Hrsg.) Zur Frühzeit von Vindonissa. Auswertung der Holzbauten der Grabung Windisch-Breite 1996-1998. Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 18. Brugg, 48-79; 173-229; 482-492.
- 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.
- King, R. und Underhill, P. A. (2002) Congruent distribution of Neolithic painted pottery and ceramic figurines with Y-chromosome lineages. *Antiquity* 76/293, 707-714.
- Kislev, M. E. (1985) Early Neolithic Horsebean from Yiftah'el, Israel. *Science* 228, 319-320.
- Kislev, M., Hartmann, A. und Galili, E. (2004) Archaeobotanical and archaeoentomological evidence from a well at Atlit-Yam indicates colder, more humid climate on the Israeli coast during the PPNC period. *Journal of Archaeological Science* 31, 1301-1310.
- Körber-Grohne, U. (1967) Geobotanische Untersuchungen auf der Feddersen Wierde. Wiesbaden.
- Kosterin, O. E. und Bogdanova, V.S. (2008) Relationship of wild and cultivated forms of *Pisum* L. as inferred from an analysis of three markers, of the plastid, mitochondrial and nuclear genomes. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 735-755
- Kosterin, O. E., Zaytseva, O.O., Bogdanova, V.S. und Ambrose, M. (2010) New data on three molecular markers from different cellular genomes in Mediterranean accessions reveal new insights into phylogeography of *Pisum sativum* L. subsp. *elatius* (Bieb.) Schmalh. *Genetic Resources and Crop Evolution* 57: 733-739.
- Ladizinsky, G. (1999) Identification of the lentil's wild genetic stock. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46, 115-118.
- Lev, E., Kislev, M.E. und Bar-Yosef, O. (2005) Mousterian vegetal food in Kebara Cave, Mt. Carmel. *Journal of Archaeological Science* 32, 475-484.
- Martinoli, D. und Nesbitt, M. (2003) Plant Stores at Pottery Neolithic Höyücek, southwest Turkey. *Anatolian Studies* 53, 17-32.
- Merlin, M. D. (1984) On the Trail of the Ancient Opium Poppy. Fairleigh Dickinson University Press, Rutherford.
- Merlin, M. D. (2003) Archaeological evidence for the tradition of psychoactive plant use in the old world. *Economic Botany* 57/3, 295-323.
- Nguyen, T.T., Taylor, P.J.W., Redden, R.J. und Ford, R. (2004) Genetic diversity estimates in *Cicer* using AFLP analysis. *Plant Breeding* 123, 173-179.
- Oliveira, H. R., Jones, H., Leigh, F. J., Lister, D. L., Jones, M. K. und Pena-Chocarro, L. (2011) Phylogeography of einkorn landraces in the Mediterranean basin and Central Europe: population structure and cultivation history. *Archaeological and Anthropological Sciences* 3, 327-341.
- 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.
- 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.
- Richards, M. (2003) The Neolithic Invasion of Europe. *Annual Reviews of Anthropology* 32, 135-162.
- Salavert, A. (2011) Plant economy of the first farmers of Central Belgium (*Linearbandkeramik*, 5200-5000 B.C.). *Vegetation History and Archaeobotany* 20/5, 321-332.
- Sethy, N.K., Choudary, S., Shokeen, B. und Bathia, S. (2006) Identification of microsatellite markers from *Cicer reticulatum*: molecular variation and phylogenetic analysis. *Theoretical and Applied Genetics* 112, 347-357.
- Sonnante, G., Galasso, I. und Pignone D. (2003) ITS sequence analysis and phylogenetic inference in the genus *Lens* Mill. *Annals of Botany* 91, 49-54.
- Sonnante, G., Hammer, K. und Pignone, D. (2009) From the cradle of agriculture a handful of lentils: History of domestication. *Rendiconti Lincei* 20, 21-37.
- Sudupak, M. A., Akkaya, M. S. und Kence, A. (2004) Genetic relationships among perennial and annual *Cicer* species growing in Turkey assessed by AFLP fingerprinting. *Theoretical and Applied Genetics* 108, 937-944.
- Tanno, K.-I. und Willcox, G. (2006) The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L.: Early finds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10th millennium B.P. *Vegetation History and Archaeobotany* 15, 197-204.
- Tresset, A. und Vigne, J.-D. (2011) Last hunter-gatherers and first farmers of Europe. *C. R. Biologies* 334, 182-189
- 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, Ghorafe, Ramad. *Palaeohistoria* 24, 165-256.
- 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.
- Zaytseva, O.O., Bogdanova, V.S. und Kosterin, O. E. (2012) Phylogenetic reconstruction at the species and intraspecies levels in the genus *Pisum* (L.) (peas) using a histone H1 gene. *Gene* 504, 192-202.

- Zaytseva, O.O., Bogdanova, V.S., Mglinets, A.V. und Kosterin, O.E. (2016)** Refinement of the collection of wild peas (*Pisum L.*) and search for the area of pea domestication with a deletion in the plastidic psbA-trnH spacer. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 1-14.
- Zeder, M. (2008)** Domestication and early agriculture in the Mediterranean basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS* 105/33, 11597-11604.
- 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. 3rd. Edition. Oxford.
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012)** Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin. 4th Edition. Oxford.

Inhalt:

➤ Einleitendes

- Unterschiede bei der Kultivierung und Domestikation von kurz- und langlebigen Pflanzen
- Techniken der vegetativen Vermehrung
- Archäologischer (und sonstiger) Nachweis von Fruchtgehölzen
- Generelles zur frühen Geschichte von fruchttragenden Gehölzen
- Zur Geschichte vegetativer Vermehrungstechniken (u.a. Pfropfen)
- Alter von Klonen
- Bestäubungsbiologie
- Domestikationsmerkmale

➤ Domestikation der Weinrebe (als Beispiel für fruchttragende Gehölze)

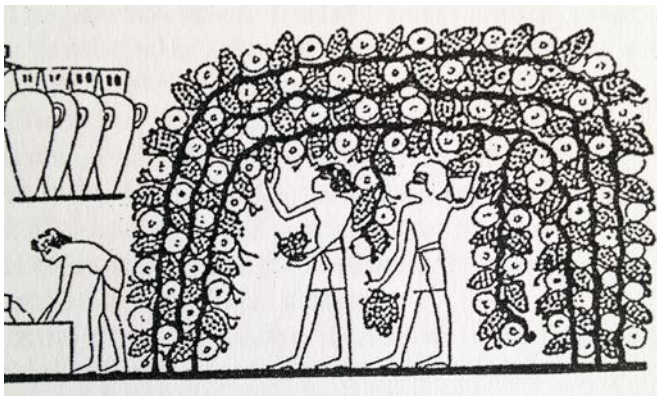
- Generelles
- Wildrebe: Morphologie, Reproduktionsbiologie, Genetik, Verbreitung, Habitate
- Kulturrebe: Morphologie, Reproduktionsbiologie, Genetik
- Zur Geschichte des Rebbaus anhand archäologischer Funde von Traubenkernen, Traubenholz und anderen Funden und Befunden

➤ Literaturhinweise

Einleitendes:

Die folgenden Ausführungen wurden folgender Übersichts-Literatur entnommen: Janick 2005; Miller & Gross 2011; Zohary et al. 2012, 114 ff.; Meyer et al. 2012.

„... comparatively little is known about perennial plant domestication...“ (Miller & Gross 2011) Dieses Zitat illustriert, dass über die Domestikation von Gehölzen weniger bekannt ist, als über jene der annualen Pflanzen, die bisher behandelt wurden. Dies liegt zum einen an ihrer Reproduktionsbiologie (Fremdbestäuber! siehe unten): dies macht die Interpretation genetischer Analysen sehr kompliziert. Zum anderen liegt es daran, dass sie oft in Weltgegenden in Kultur genommen wurden, die bisher archäobotanisch kaum erforscht sind (z. Bsp. zentralasiatische Länder). Ausserdem ist die Erhaltungschance entscheidender Pflanzenteile wie z. Bsp. Stecklinge gleich Null. Über die Geschichte der Gehölze im Vorderasien und dem Mittelmeerraum weiss man erst mehr, als schriftliche und ikonografische Quellen einsetzen (siehe Bilder unten).



Traubenernte, Wandmalerei Theben (Ägypten) 1500 v. Chr.

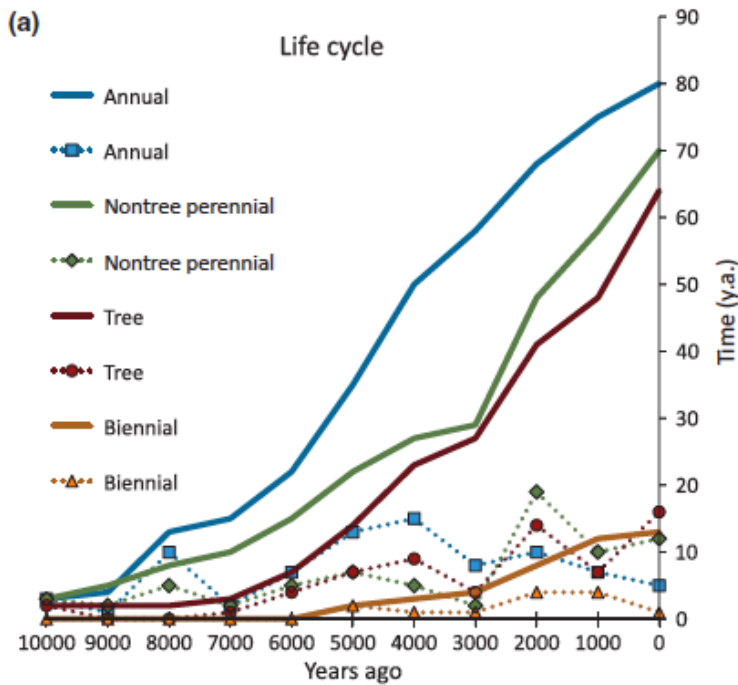


Olivenernte, Malerei auf eine antiken Amphore aus Griechenland, 520 v. Chr.

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

Die Domestikation der fruchttragenden Bäume erfolgte (zumeist, mögliche Ausnahme siehe unten) später als jene annualer Pflanzen. Dies zeigt die Grafik auf der folgenden Seite sehr schön (blaue Kurve = annuelle, dunkelrote Kurse = Gehölze).

Teil 8: Domestikation von GEHÖLZEN (als. Bsp. für langlebige Pflanzen) (2)



The number of occurrences of life cycle types and domestication syndrome traits for 203 food crops as a function of the time at which domestication occurred. (a) The number of occurrences of different life cycles are shown both cumulatively (solid lines) and by interval within each 1000 yr period (dotted lines), from the earliest domestication events until the present. Temporal trends in the distribution of the different life cycles show that the appearance of domesticated annuals increases from 9000 to 4000 yr ago (ya), and then starts to slow. The broad dissemination and adoption of early domesticated grains, such as barley, corn and wheat, may have relaxed selection intensities on local cereals. An increase in the cultivation and domestication of trees and nontree perennials coincides with the decline in addition of new annuals in the last 3000 yr, and the two periods of sharp increase 6000 and 3000 ya coincide with innovations such as vegetative propagation through cuttings and later scion grafting. The first domesticated biennials appear in our dataset only in the last 5000–6000 yr, and their rise between 1000 and 3000 ya corresponds with the peak of trade and activity of the Roman empire throughout the Mediterranean, where many biennials were domesticated. Aus Meyer et al. 2012

Unterschiede bei der Kultivierung und Domestikation von kurz- und langlebigen Pflanzen

Der Anbau der meisten* Gehölze erfordert eine **andere Technologie**, denn Gehölze sind **langlebige** Pflanzen (es sind sog. „long investment crops“ – sie tragen frühestens nach 3-8 Jahren Früchte, und erste mehrere Jahre danach liefern sie den vollen Ertrag). Die Domestikation von fruchttragenden Gehölzen erfordert eine **künstliche Veränderung ihrer Reproduktionsbiologie**, indem man auf die **vegetative Vermehrung** wechseln muss. 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.

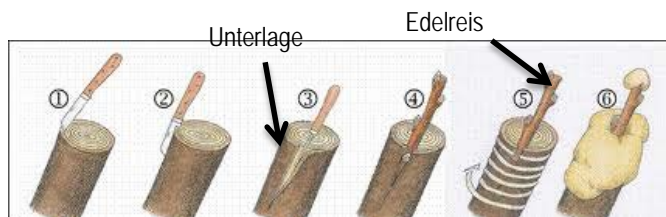
Die Aufspaltung in zahlreiche Linien, darunter vielen mit unerwünschten Eigenschaften, versucht man durch die vegetative Vermehrung zu verhindern, man will möglichst **reine Linien (=Klone)** mit bestimmten **erwünschten Eigenschaften** erhalten (u.a. nach Miller & Gross 2011). *Ausnahmen = Mandel, Walnuss,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

Techniken der vegetativen Vermehrung (Bischof 2001; Schmid 2003)

1. **Stecklinge stecken**: aus Zweigen (engl. cuttings) oder aus Stockausschlägen (engl. suckers) (Bild unten links)
2. **Pfropfen** (engl. grafting) (Bild unten Mitte und rechts)

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

- a) spezielle Individuen ((oder Teile von Individuen, die durch somatische Mutation verändert sind)), die **erwünschte Eigenschaften** haben, aus einer Menge von Gehölzen mit nicht so vorteilhaften Eigenschaften auswählen (natürlich entstandene Mutanten mit vorteilhaften Eigenschaften können so leicht vermehrt werden)
- b) die ausgewählten Typen **vermehren (klonen)**, und so genetisch identische Junggehölze (Genotypen) zu züchten.



Teil 8: Domestikation von GEHÖLZEN (als. Bsp. für langlebige Pflanzen) (3)

Archäologischer (und sonstiger) Nachweis von Fruchtgehölzen

- Funde von **Samen/Früchten/Fruchtstandteilen** (oder Holz) mit von der Wildform abweichender Morphologie (Domestikationsmerkmale wie grössere oder anders geformte Früchte, Samen, siehe Tab. 1 in Miller & Gross 2011); grosse Mengen
- Auffinden von typischen **Geräten** wie z.B. Rebmessern
- Auffinden von **Einrichtungen zur Aufbereitung der Ernte** wie z. Bsp. Quetschen, Pressen, Kelteranlagen
- Ikonographische und schriftliche Quellen (siehe Bilder S. 161)

Generelles zur frühesten Geschichte von fruchttragenden Gehölzen

Die Frage nach dem Zeitpunkt und dem Ort der Inkulturnahme der fruchttragenden Gehölze ist alles andere als gelöst. Heute ist man sich im allg. einig, dass man gemäss ihrer Herkunft 3 Gruppen eurasiatischer Kulturgehölze unterscheiden kann:

1. Im Mittelmeerraum und an diesen östlich angrenzenden Gebieten in Kultur genommene Gehölze, als da sind:

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

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

Datteln (*Phoenix dactylifera*)

Feigen (*Ficus carica*)

Granatapfel (*Punica granatum*)

Nussbaum (Walnuss, *Juglans regia*)

Vermutlich im Nahen Osten wurde schon früh die Feige in Kultur genommen (siehe Kislev 2006, Funde von Gilgal, PPNA, 9400-9200 v. Chr.; dies sollen durch Stecklinge vermehrte Feigenbäume sein, Deutung umstritten). In grösserem Umfang treten im **östlichen Mittelmeerraum** 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, **zwischen 5000 und 4000 v. Chr. ca.**) In der **Bronzezeit** (in Nahost ab etwa 3500 v. Chr.) dann gehören Oliven, Trauben und Feigen bereits zu den ganz wichtigen Grundnahrungsmitteln im ostmediterranen Raum. Datteln werden in Nordafrika angebaut.

Manches deutet darauf hin, dass der Kaukasus bei der Domestikation einiger Gehölze eine wichtige Rolle spielte; dort wurden erste fruchttragende Gehölze seit dem 5. Jt. v. Chr. in Kultur genommen (z. Bsp. Weintraube).

Die vegetative Vermehrung der genannten früh domestizierten Gehölze ist relativ einfach, sie erfolgt m.H. von **Stecklingen** :

- Weintrauben, Feigen, Sycomoreneife 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

2. In Zentralasien in Kultur genommen:

Apfel (*Malus*), Birne (*Pyrus*), Quitte (*Cydonia*) (Unterfamilie Maloideae der Rosaceae), Mandeln (*Prunus dulcis* = *P. amygdalus*), Aprikosen (*Prunus armeniaca*), Kirschen (*Prunus avium*, *cerasus*), Pflaumen und Zwetschgen (*Prunus domestica* und Verwandte) (Unterfam. Prunoideae der Rosaceae)

3. In Ostasien (China) in Kultur genommen:

Pfirsich (*Prunus persica*), Zitrusfrüchte (*Citrus*),

((unter 2 und 3 sind nur solche Gehölze aufgezählt, die in Mitteleuropa spätestens ab der Römerzeit eine wichtige Rolle spielen, sei dies, dass sie ab dort lokal angepflanzt wurden oder dass sie als Früchte importiert wurden.))

Bei den zentral- und ostasiatischen Kulturgehölzen ist eine vegetative Vermehrung komplizierter, denn eine Vermehrung ist nur durch **Pfropfen** möglich. Wann genau die Inkulturnahme dieser Gehölze erfolgte, liegt grösstenteils im Dunkeln; es muss vermutlich vor 3000 v. Chr. gewesen sein (siehe unten, Geschichte vegetative Vermehrungstechniken).

Generelles zur frühesten Geschichte von fruchttragenden Gehölzen (Forts.)

Im **Mittelmeerraum** erscheinen definitive Hinweise (schriftliche Quellen!) auf die Kultivierung der Gruppe 2. und 3. Gehölze erst im 1. Jt. v. Chr. und ihr allg. Einbezug in den Gartenbau scheint erst in der klassischen Antike vonstatten gegangen zu sein (Theophrast, lebte 371-286 v. Chr., beschrieb als erster die Okulation und das Pfropfen im Mittelmeerraum, siehe unten). Eine entscheidende Rolle spielten dabei möglicherweise intensivierte Fernostkontakte durch die Feldzüge Alexanders des Grossen im 4. Jh. v. Chr. Aber schon vorher, im Lauf der Bronzezeit, gab es solche Kontakte.

(Sehr moderne Kulturgehölze sind z. Bsp. Heidelbeeren, Brombeeren usw.: erst 19./20. Jh. AD)

(Neben der eingangs S. 161 zitierten allg. Literatur wurden hier ausserdem berücksichtigt: Kislev 2006; Cannepele & Kohler-Schneider 2008 und dort zitierter Literatur; Miller 2008; Pagnoux et al. 2013).

Zur Geschichte vegetativer Vermehrungstechniken: Pfropfen

„It is not clear, when and where ... grafting was invented“ (Zohary et al. 2012)

Wie oben erwähnt, waren die alten Griechen und Römer vertraut mit dieser Technik, wie uns zahlreiche schriftliche Quellen überliefern (die älteste Erwähnung stammt von Theophrast aus dem 4. Jh. v. Chr.). 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) (ob dies allerdings solche waren, die durch Pfropfen vermehrt wurden, ist völlig unklar, ist aber anzunehmen). Eine sehr alte Quelle ist ein Keilschrifttext aus Mari in Mesopotamien, der auf 1800 v. Chr. datiert (Janick 2005, 262); darin geht es um den Import von budwood (also Edelreis). In Homer's Odyssee (also vor 1000 v. Chr.) wird die Pfropftechnik auch erwähnt.

Die Technik muss also vor dem 2. Jt. v. Chr. erfunden worden sein, wo und wann ist allerdings nicht klar. Dies scheint ausserhalb des Mittelmeerraumes gewesen zu sein, und manches deutet darauf hin, dass die Technologie aus **China** stammt. Janick 2005, 262 erwähnt eine chinesische Quelle von 1650 v. Chr., laut Zohary et al. 2012 gibt es sichere Quellen allerdings erst aus dem 2. Jh. v. Chr.

Alles in allem kann man davon ausgehen, dass Gehölze, welche durch Pfropfen vermehrt werden müssen, vermutlich im zentral- und ostasiatischen (südasiatischen?) Raum in Kultur genommen worden sein müssen; für manche erscheint das auch deswegen plausibel, weil durch Feldforschungen der letzten rund 20 Jahre mehr und mehr klar wird, dass die Wildformen einiger ihrer Vorfahren eine besonders hohe Diversität in Zentralasien (Kazachstan, Kirgisien u.ä.m.) aufweisen. Über ihre früheste Geschichte wissen wir allerdings immer noch sehr wenig (bis nichts), und sie mag auch schon ins Neolithikum zurückreichen. Weitere Untersuchungen – insbesondere archäobotanische – sind abzuwarten.

Alter von Klonen

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

Dies kommt auch in ihrer **Oekologie** zum Ausdruck: Die klimatischen Ansprüche der Kultivare weichen kaum von jenen ihrer wilden Vorfahren ab. Dies steht im Gegensatz zu den kurzlebigen Samenpflanzen, bei denen Selektion über Tausende von Generationen stattfand, und wo dadurch Formen gezüchtet wurden, welche heute in Gegenden wachsen, die klimatisch sehr stark von denen ihrer Herkunftsgebiete abweichen (nach Zohary et al. 2012).

Bestäubungsbiologie

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

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

- 1) Aufgabe der Selbstinkompatibilität (v.a. Steinobst, aber auch Rebe)
- 2) Diözie, Fremdbestäubung → Monözie, Selbstbestäubung (Rebe)
- 3) Monözie → Diözie (z. Bsp. Pfeffer)

Bestäubungsbiologie, Fortsetzung

4) Entwicklung von Parthenokarpie (also Fruchtproduktion ohne Bestäubung, z.B. Birnen, Bananen, Feigen) (siehe hierzu gute Übersicht in Miller & Gross 2011 und Tab. 8, S. 116 in Zohary et al. 2012)

Domestikationsmerkmale

"Trees were domesticated at a slower rate, and exhibit significantly fewer domestication syndrome traits, compared with annuals" (Meyer et al. 2012). Wegen der enormen Diversität fruchttragender Gehölze ist es nicht einfach, generelle Domestikationsmerkmale zu nennen. Wichtig sind:

- **Entwicklung grösserer und schmackhafterer Früchte**
- Züchtung von Wuchsformen, die man einfacher abernten kann Sichtbar im archäologischen Material
- Veränderungen der Bestäubungsbiologie (siehe oben)

Leider gibt es kaum Analogien zu den Domestikationsmerkmalen von annualen Pflanzen (z.B. glatte/gezackte Abbruchstellen bei Getreide) die archäologisch verwendbar wären, denn die sehr variable Morphologie der Samen/Früchte erlaubt keine «einfache» Erkennung von Kriterien. Neue Untersuchungen mit Geometric Morphometrics könnten aussagekräftigere Ergebnisse bringen.

Domestikation der Weinrebe (meist nach Zohary et al. 2012, ergänzt)

Generelles:

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!

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

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

Heute gibt es eine unendliche Vielfalt von Sorten von Reben (über 10'000 Sorten beschrieben, siehe Alleweldt 1997). Auf http://www.ps-wein.de/wein_info/rebsorten/rebsorten.htm sind 600 beschrieben.



Einlagerung von getrockneten Weintrauben, Grab aus Beni Hasan (Ägypten), um 1900 v. Chr.

Wildrebe: Reproduktionsbiologie, Genetik, Morphologie, Verbreitung und Habitate:

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

Es gibt nur **eine Wildrebenart** in Europa und dem westlichen Asien. Weitere (nahe verwandte) Arten der Gattung *Vitis* gibt es in Nordamerika und Ostasien.

Reproduktionsbiologie, Genetik:

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

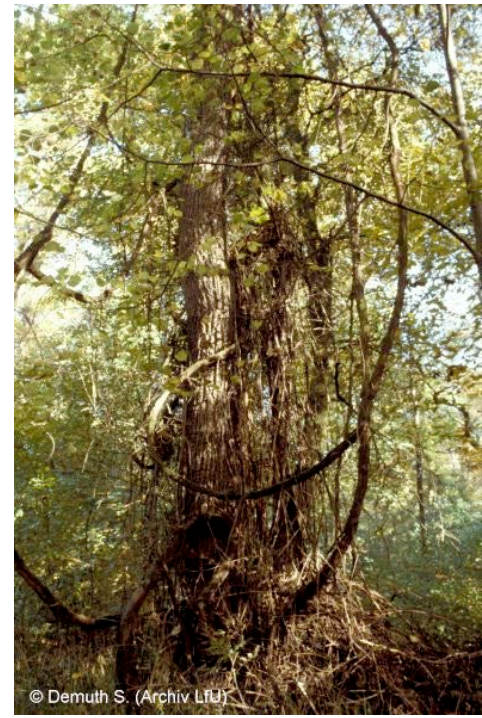
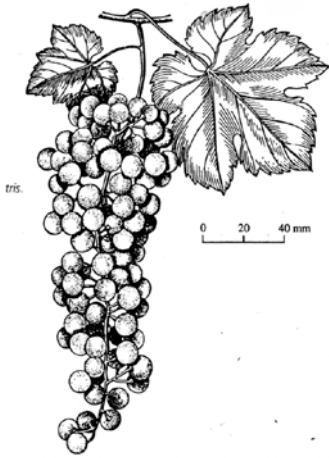
Trotz der seit der Inkultur stark abgewandelten Verbreitungsbiologie sind **Kultur- und Wildform interfertil**, spontane Hybriden wurden mehrfach beobachtet, wo *V. sylvestris* in Nähe von Rebbergen wuchs. Deshalb werden Wild- und Kulturrebe heute als eine Art betrachtet. Da es heute viele verwilderte Formen gibt, ist die genaue Verbreitung der Wildformen kaum mehr rekonstruierbar (sie sind auch morphologisch – zumindest vegetativ - kaum von der Kulturform zu unterscheiden).

Teil 8: Domestikation von GEHÖLZEN (als. Bsp. für langlebige Pflanzen) (6) Weinrebe (2)

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

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

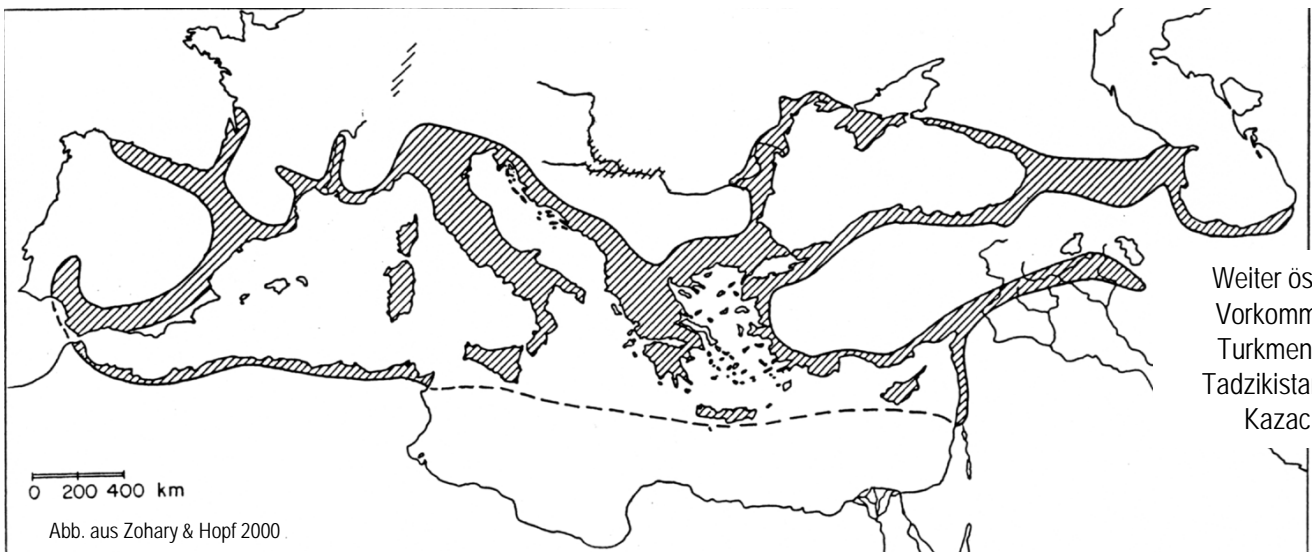
Die Wildrebe ist eine waldbewohnende Liane. In Mitteleuropa ist sie eine charakteristische Art der Hartholzhaue, z. Bsp. am Oberrhein und an der Donau (z.Bsp. Wiener Gegend). Die meisten dieser Standorte sind in den letzten 200 Jahren als Folge von Flusskorrekturen verloren gegangen. Heute ist sie sehr selten geworden, da ihre Standorte reduziert wurden. Sie bevorzugt wärmeres Klima.



© Demuth S. (Archiv LfL)

Abb. aus Zohary & Hopf 2000

Vermutliche Verbreitung der Wildrebe



Weiter östliche Vorkommen in Turkmenistan, Tadschikistan und Kasachstan

Abb. aus Zohary & Hopf 2000

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

Entlang von Rhein und Donau ist die Wildrebe als Bestandteil von Auenwäldern (Hartholzhaue) weit ins Innere Europas vorgedrungen.

Teil 8: Domestikation von GEHÖLZEN (als. Bsp. für langlebige Pflanzen) (7) Weinrebe (3)

Kulturrebe: *Vitis vinifera* L.

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

Reproduktionsbiologie

Die Weitrebe hat als Folge der Domestikation ihre Reproduktionsbiologie verändert: Fast alle Kultivare besitzen – im Gegensatz zu der Wildform – Zwitterblüten und sind Selbstbestäuber (durch eine Mutation des Su^m -Allels in Su^+ , dadurch entwickelt sich ein Pistill und Antheren in derselben Blüte).

Eine Fruchtproduktion setzt 3 Jahre nach dem Pflanzen ein.

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

Häufigste botanische Funde: Samen

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

- Wildrebensamen sind rundlich

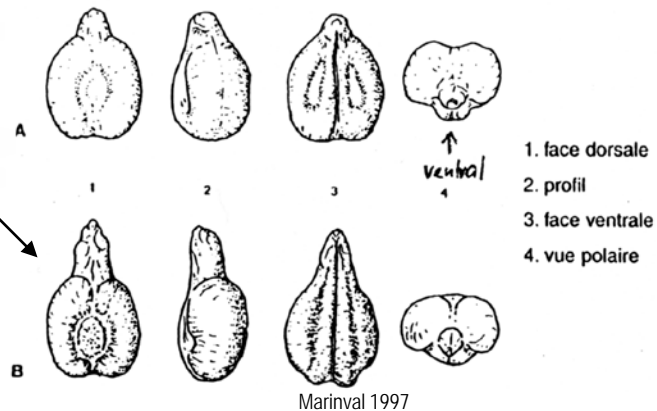
- Kulturrebensamen sind länglich, mit verlängertem „Schnabel“

Immer gibt es aber eine ganze Reihe intermediärer Formen, so dass die Unterscheidung im Einzelfall problematisch ist. Es gibt auch Kultivare mit runden Samen (z.B. die Sorte Barbera). Auf alle Fälle braucht es komplexe morphometrische Studien, um Kultur- und Weinreben, oder auch Kultivare unterschieden zu können (z. Bsp. Terral et al. 2010; Orrù et al. 2013; Uccesu et al. 2016). Funde unterentwickelter Samen deuten auf Kulturrebe (Kroll 1999).

Seltener Funde:

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

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



Neueste Ergebnisse zur Morphometrie siehe Terral et al. 2010

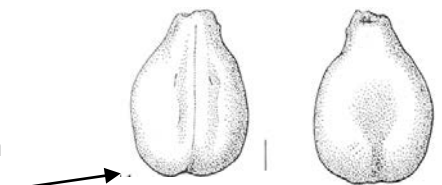
Weiterhin wichtig für den Nachweis des Weinbaus sind:

- andere archäologische Befunde wie Traubenpressen, Kelterbecken, Rebmesser....

- Holz (in Form von subfossilem Holz oder Holzkohle)

- off-site Nachweise: Anstieg der %-Anteile von *Vitis*-Pollen in Pollendiagrammen (Unterscheidung wild-domestiziert ist aber nicht möglich).

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



Jacomet, Brombacher, Dick 1989

Frühe Funde domestizierter Reben (siehe dazu Zohary et al. 2012; Miller 2008)

Diese stammen aus chalkolithischen (kupferzeitlichen = spät-/endneolithischen; zwischen ca. 5000 und 4000 v. Chr.) und mehreren frühbronzezeitlichen (4. Jt. BC) Stationen in Palästina, Syrien und der Ägeis (**ostmediterran**). Zahlreiche Kerne und auch Beeren kommen aus dem **frühbronzezeitlichen Jericho**, sie datieren ins 4. Jt. v. Chr. (in Zohary et al. 2012, S. 124-126, werden weitere Funde aufgezählt, siehe auch Miller 2008). Obwohl die Kerne rundlich sind und einen kurzem Schnabel haben, handelt es sich wohl um die **Kulturform**, da es in Jordanien und Judaea **keine wilden *Vitis*** gibt. Aus Arad gibt es zudem verkohltes Rebenholz, was ganz klar für einen Anbau spricht. Obwohl also die bis heute bekannten frühen Funde aus dem Nahen Osten stammen, müssen Reben dort schon als Kultivare eingeführt worden sein, und zwar vermutlich aus **Transkaukasien**. 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. wurden Mesopotamien, Ägypten und Südgriechenland erreicht, von da aus weitere Ausbreitung in den westlichen Mittelmeerraum (siehe weiter S. 168)

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 (Spätbronzezeitlich; 1600-1000 v. Chr.) von Kastanas. In den helladischen und minoischen (um 2500 v. Chr.) Kulturen gibt es weitere Hinweise auf Weinanbau, durch Funde von Weinpressen und spezifischen Weinkrügen und Weintrinkgefäßen.

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

Nach **Mitteleuropa** gelangte der Weinbau nach neuesten Erkenntnissen (Cannepele & 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 spätromischer Zeit (4. Jh. n. Chr.) gibt es Nachweise von Keltereien an der Mosel (Piesport, nahe Trier).

Ergebnisse genetischer und morphometrischer Untersuchungen

Ergebnisse genetischer Untersuchungen waren bis vor kurzem **widersprüchlich** (Labra et al. 2002, Arroyo-Garcia et al 2002, 2006, Sefc et al 2000), da offensichtlich schon früh Kultivare verhandelt wurden und es dadurch zu Vermischungen kam! Mehrere Hinweise deuten auf eine Domestikation der Rebe im Transkaukasien oder Anatolien ca. vor 8000 Jahren hin. Georgien hat bis zu 500 Landrassen von Kulturreben, während Anatolien bis 800 und Aserbaidschan 250 haben. Die Populationen dieser Länder sind ausserdem gut genetisch abgrenzbar, was auf mehrere Domestikationsereignisse deuten könnte (Zitate in Estreicher 2017). Vouillamoz et al. untersuchten 116 moderne Reben-Akzessionen aus Armenien, **Georgien** und der Türkei, sowie 4 Sorten aus West Europa. Die europäischen Sorten lagen genetisch näher zu den georgischen, was für eine Domestikation im letzteren Gebiet hinweisen könnte (Vouillamoz et al 2006).

Eine neuere Studie von Myles et al. 2011 untersuchte das Genom von 950 *vinifera* (Kulturrebe) und 59 *sylvestris* (Wildrebe)-Herkünften aus der Sammlung des US Dept. of Agriculture (dort gibt es die weltweit grösste Sammlung von Reben). Diese Publikation bestätigt ganz klar die Ergebnisse von Labra et al. 2002 und Vouillamoz et al. 2006, dass nämlich die Kulturrebe aus dem Osten stammt (siehe Abb. Rechts; alle Kulturreben liegen im Bereich der östlichen Wildrebe in der Grafik). Allerdings muss es – nach der Einführung der Weinrebe in den westmediterranen Raum – dort zu **Introgressionen aus westlichen Wildreben** gekommen sein (deshalb liegen sie näher bei Wildreben in der oberen Grafik). Aus diesem Grund liegen auch die Kulturreben aus Westeuropa (grüne Punkte) näher an westeuropäischen Wildreben als die anderen Kulturreben (Abb. rechts oben).

Verschiedene Wildreben-Populationen der iberischen Halbinsel (ES) zeigen eigenartige Charakteristiken in der gleichen Grafik. Die Analysen von De Andrés et al. 2012 (Abb. rechts unten) zeigen, dass die Wildpopulationen der Rebe auf der iberischen Halbinsel, die geographisch voneinander entfernt liegen, genetisch gut abgrenzbar sind. Das könnte darauf hindeuten, dass es dort seit dem Pleistozän isolierte Populationen gab. Das beweisen die Analysen des Genoms (Chloroplasten DNA) von Wild- und Kulturreben von Arroyo-García et al. (2006). 8 Chloroplastentypen wurden bestimmt. Typ A ist besonders typisch für Wild- und Kulturrebe im W-Mittelmeerraum, und wurde nicht im Nahen Osten oder in Zentralasien gefunden. Es sieht so aus, als ob die Wildreben in der **iberischen Halbinsel** viel zu der Kulturform beigetragen haben, was nach der Meinung der Autoren auf eine **lokale Domestikation** zurückgehen dürfte.

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

Next Generation Sequencing Analysen könnten eventuell interessante neue Informationen bringen. Voraussetzung dafür sind Funde unverkohelter (subfossiler) Traubenkerne mit guter Erhaltung, wie erste erfolgreiche Analysen gezeigt haben (Bacillieri et al. 2017).

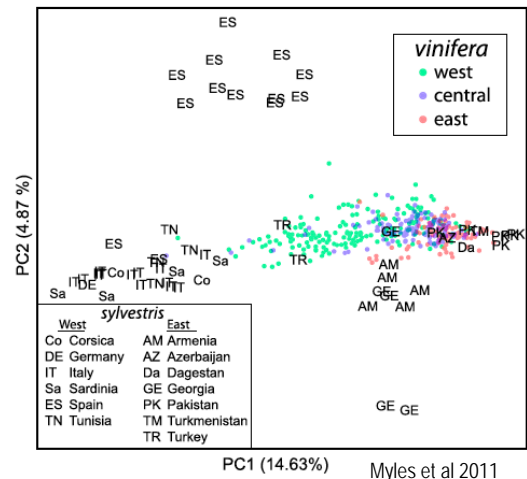


Fig. 4. Visualization of genetic relationships among *sylvestris* and *vinifera*. PC axis 1 (PC1) and PC2 were calculated from 59 *sylvestris* samples, and 570 *vinifera* samples were subsequently projected onto these axes. The proportion of the variance explained by each PC is shown in parentheses along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

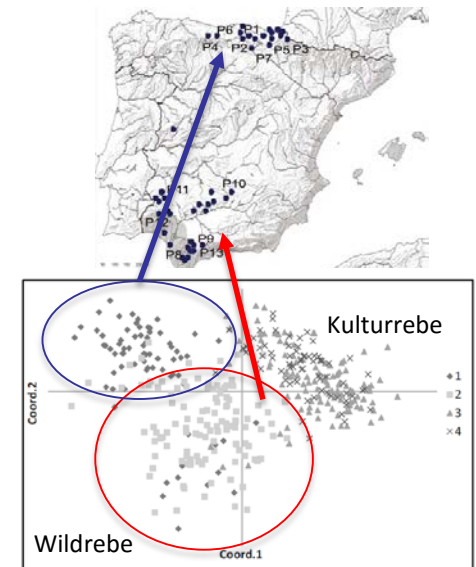


Abb. Populationen von Wildreben, die untersucht wurden (Oben) und Ergebnisse der PCA Analysen basierend auf SSR Loci von Genotyp Daten, aus De Andrés et al. 2012.

Seit wann gibt es Wein?

Wein muss nicht unbedingt aus Kulturreben hergestellt werden. **Wein aus Wildreben** dürfte am ehesten das erste alkoholische Getränk gewesen sein, denn er sehr einfach zu produzieren ist (einfacher als Bier!). Man muss die Trauben ausdrücken und den Saft in Kontakt mit der Hefe, die in der Traubenhaut vorhanden ist, stehen lassen (Garnier und Valamoti 2016). Dies ist aus Funden von Kernen allein aber 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. Wichtige **Indikatoren** sind Weinsäure – tartaric acid auf Englisch- (aber Achtung, das muss nicht unbedingt Wein sein! Man findet sie auch in u.a. Essig, Rosinen, Trauben, Traubensaft, usw.), sowie DNA von *Saccharomyces cerevisiae* (Hefe) (Estreicher 2017). Die **ältesten Hinweise** auf Weinstein datieren auf das 6. Jt. v. Chr. in Georgien (McGovern et al. 2017). Aus dem 5. Jt. v. Chr. gibt es weitere Belege (u.a. Weinsäure, sowie Fermentationshinweise wie Bernsteinsäure und Brenztraubensäure) für die Herstellung von Wein in der spätneolithischen Fundstelle von Dikili Tash im Nord-Griechenland (Garnier und Valamoti 2016), sowie in der Areni 1 Höhle in Armenien (Barnard et al. 2011). Hinweise aus dem 4. Jt. v. Chr. gibt es etwa aus einem grossen Gefäß von Godin Tepe (Westiran), wo auf chemischem Weg Weinstein festgestellt wurde. Dies ist ein Hinweis auf Weinproduktion in der späten Uruk-Periode (Badler 1995). Ab etwa dem 3. Jt. v. Chr. werden frische Trauben, Rosinen und Wein auch in frühen Keilschrifttexten erwähnt.

Linguistische Studien haben gezeigt, dass das älteste Wort für Wein aus Transkaukasien/Ost-Anatolien kommt. Es handelt sich um das protoindoeuropäische Wort *woi-no*, wovon das Wort Wein abgeleitet wird.

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

Zur frühen Geschichte des Weines siehe auch McGovern et al. 1995; McGovern 2003; Hornsey 2012; Estreicher 2017.

Weitere Hinweise siehe oben, unter früheste Funde!

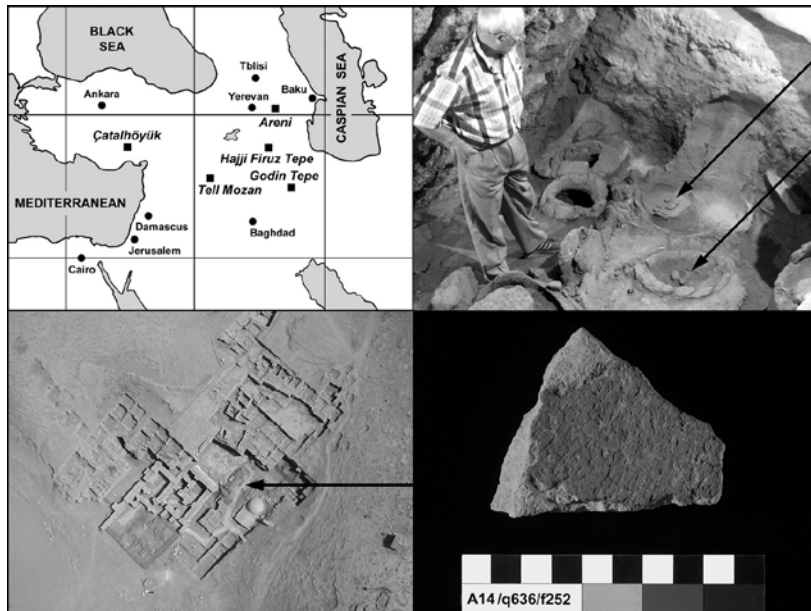


Abb. Links: Herkunft der untersuchten Proben (Fragmente von Keramikgefäßen) von **Areni 1 (Armenien)**. Oben rechts sieht man die Plattform mit den Installationen, die sehr wahrscheinlich dem Auspressen der Trauben dienen. Der Saft wurde in Gefäßen, die teilweise in in den Boden eingegraben waren, aufgefangen. Aus Barnard et al. 2011



Abb. Oben: Verkohlte Reste von ausgepressten Trauben von Dikili Tash (Griechenland) (Garnier und Valamoti 2016)

Domestikation des Olivenbaums (meist nach Zohary et al. 2012, ergänzt)

Generelles:

Der Olivenbaum (*Olea europaea* L.) ist seit Urzeiten (mindestens aber seit der klassischen Antike) bis heute das wichtigste Kulturgehölz im Mittelmeerraum. Wie bereits erwähnt, gehört er zu den am frühesten in Kultur genommen Gehölzen. Er liefert wertvolles, lagerfähiges Öl und essbare Früchte. Olivenöl hat man zum Essen, Kochen, als Beleuchtung sowie Balsam gebraucht. Seit der Bronzezeit haben sich die mediterranen Gesellschaften mit dem Olivenbaum-Anbau beschäftigt. Brot und Oliven sind heute noch ein sehr traditionelles mediterranes Mahl. Olivenöl war schon früh ein wichtiges Handelsprodukt.

Wieso hat man den Olivenbaum domestiziert? Man vermutet, dass in erster Linie das Ziel war, Bäume mit grösseren und öltreicheren Früchten zu produzieren, sowie solche mit besonders geschmackvollen Früchten.

Wilder Olivenbaum: Reproduktionsbiologie, Genetik, Morphologie, Verbreitung und Habitate:

Olea europaea L. var. *sylvestris*

Es gibt nur eine wilde Olivenbaumart, die eigentlich keine Art ist sondern eine Varietät (*Olea europaea* var. *sylvestris*). Wildformen sind interfertil mit den Kulturformen und Kreuzungen kommen häufig vor. Die Frucht ist eine Steinfrucht. Oliven enthalten im Durchschnitt ca. 50% Wasser, 22% Öl, 19.1% Kohlenhydrate, 5.8% Zellulose, 1.6% Protein und 1.5% Mineralien (Kaniewski et al. 2012). Die Früchte von wilden Olivenbäumen sind kleiner, haben also weniger Fruchtfleisch und liefern deshalb weniger Öl. Jede Frucht enthält einen Kern. Olivenkerne von wildwachsenden Bäumen sind aber nicht unbedingt kleiner als jene der Kulturform, was die deren Unterscheidung auf morphologischem Weg erschwert. Man hat Oliven ausserdem als Brennholz genutzt und (die Zweige) als Tierfutter gesammelt (Margaritis 2013)

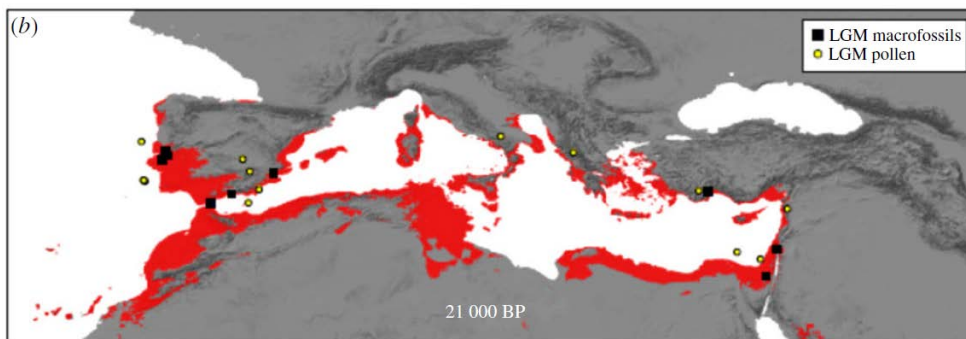
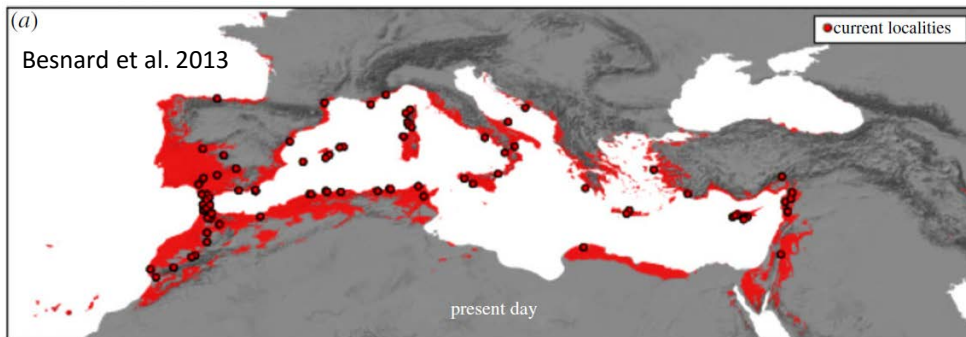
Weltweit werden jährlich ca. 15 Mio. Tonnen Oliven produziert (FAO 2014).

Reproduktionsbiologie, Genetik:

Fremdbestäubt, Diploid ($2n = 46$ Chromosomen)

Verbreitung durch Samen. Sehr grosse genetische Variabilität.

Vermutliche Verbreitung der wilden Olivenbaums



Der wilde Olivenbaum wächst typischerweise in Macchien und Garriguen, unter mediterranen Klimabedingungen. Es ist frostempfindlich (die Durchschnittstemperatur des kältesten Monats sollte nicht unter 6° C liegen). Laut neuen genetischen Analysen gab es 3 Refugien, wo die Wildformen des Olivenbaums während der Kaltzeiten des Pleistozäns überlebt haben: im Nahen Osten (inkl. Zypern), der Ägäis und in Gibraltar. In der Abb. links sieht man unten die modellierte Verbreitung von wilden Olivenbäumen vor 21000 Jahren (LGM = Last Glacial Maximum = kälteste Periode der letzten Eiszeit) und heute (mehr zu diesem Thema in: Carrión et al. 2010; Besnard et al. 2013).

Olivenbaum: *Olea europaea* L.

Domestizierte Oliven haben Steine, die eine grosse Vielfalt an Formen aufweisen können. Hunderte von Varietäten sind bekannt. Man unterscheidet zwischen Ölvarietäten (>20% Ölgehalt) und Essvarietäten (=Tafeloliven) (weniger ölerich).

Eine Fruchtproduktion setzt 5-6 Jahre nach dem Pflanzen ein und ein Baum kann über Jahrhunderte produktiv sein!!

Reproduktionsbiologie

Unter Kulturbedingungen hat sich die Reproduktionsbiologie verändert. Um reine Linien zu erhalten, werden Olivenbäume vegetativ, durch Stecklinge aus Stockausschlägen (*uovuli*) vermehrt.

Zur Geschichte des Olivenbaus anhand archäologischer Funde von Olivensteinen, Artefakten und Befunden

Wie erwähnt sind Steine von Wild- und Kulturformen mit traditionellen morphometrischen Methoden nicht unterscheidbar. Die Höhe des Steines reduziert sich mit der Domestikation. Neue Untersuchungen mit Hilfe von Geometric Morphometrics haben gute Ergebnisse geliefert, aber bisher liegt der Anteil der sicher zuweisbaren Steine noch unter 60% (e.g. Terral et al. 2004; Newton et al. 2014).

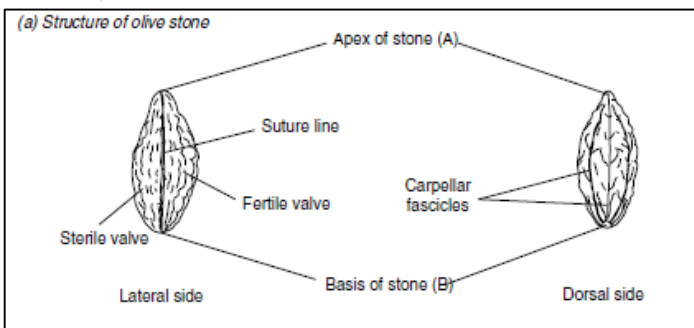
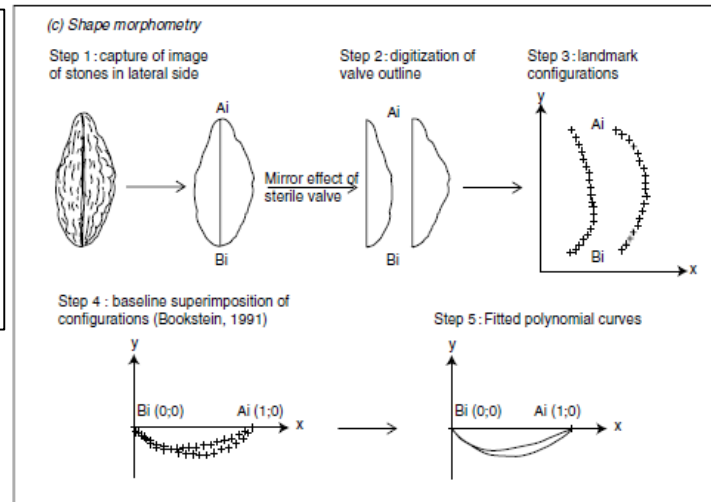


Figure 1 Morphological structure of the olive stone (a) and methodological protocols of traditional (b) and geometrical morphometric analyses (c).



Terral et al. 2004

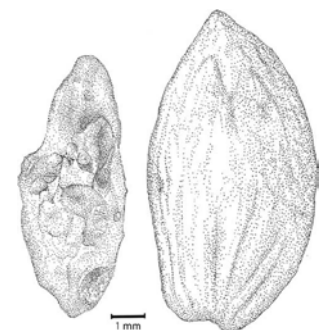
Archäologischer Nachweis des Olivenbaus:

- (Meist) verkohlte und (selten) unverkohlte Steine
- (Meist verkohltes) Holz

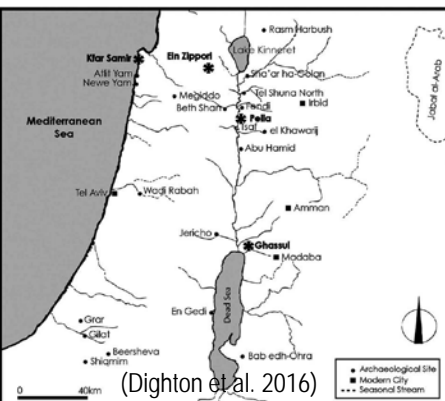
Wildformen

Paläolithikum (z.B. aus dem Nahen Osten: Gesher Benot Ya'akov (Goren-Inbar et al. 2000); Ohalo II (Kislev et al. 1992), aber auch Sizilien (Grotta dell Uzzo).

Neolithikum: Ca. 6000 v. Chr. in Nahal Zehora und Kfar Samir (Mount Carmel), und Pella in Jordanien (Dighton et al. 2016). In Kfar Samir hat man durch Lipidanalysen bewiesen, dass dort Olivenöl hergestellt wurde (Zitaten in Dighton et al. 2016). Die zahlreichen Fragmente von Olivensteinen in Pella betrachtet man auch als einen der ersten Beweise der Produktion von Öl (Dighton et al. 2016).



Same (links) und Stein (rechts) von Oliven aus Tel Yarmouth (Salavert 2008)

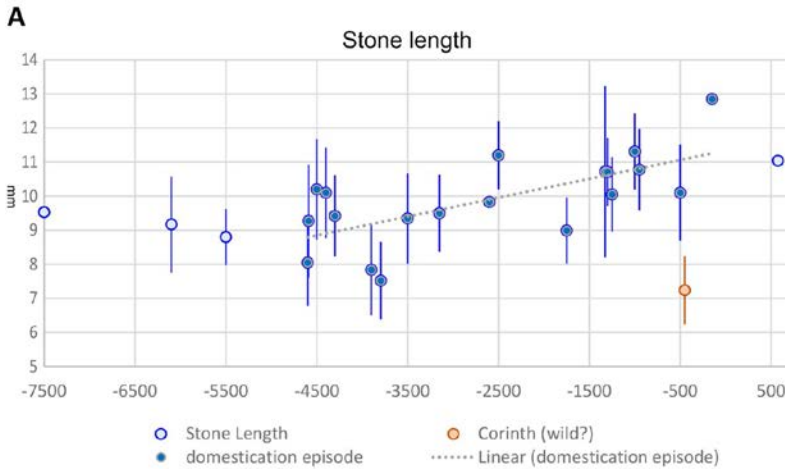


Früheste Funde domestizierten Olivenbaums

Der Olivenbaum ist höchstwahrscheinlich das erste domestizierte Gehölz. Kupferzeitliche Fundstellen im Nahen Osten (Israel und Jordanien), zB. Tuleilat Ghassul (ca. 4400-4300 cal. v. Chr.), liegen deutlich ausserhalb des Verbreitungsareals des wilden Olivenbaums, so wie auch weitere Fundstellen im Jordantal wie Tell Saf, Tell Shuna North, Tell Abu Hamid, wo massenweise zerbrochene Kerne gefunden wurden (als Abfall der Herstellung von Öl interpretiert).

Morphometrische Analysen mit Geometric Morphometrics können diese Reste allerdings noch nicht der domestizierten Form zuweisen. Ausserhalb dieses Gebiets sind Funde selten. Erst ab der Mittel- bis Spätbronzezeit war der Anbau von Olivenbäumen sehr verbreitet rund ums Mittelmeer herum. Basierend auf archäobotanischen Resten wäre die Süd-Levante das Domestikationszentrum des Olivenbaums. Dem widersprechen genetische Analysen...

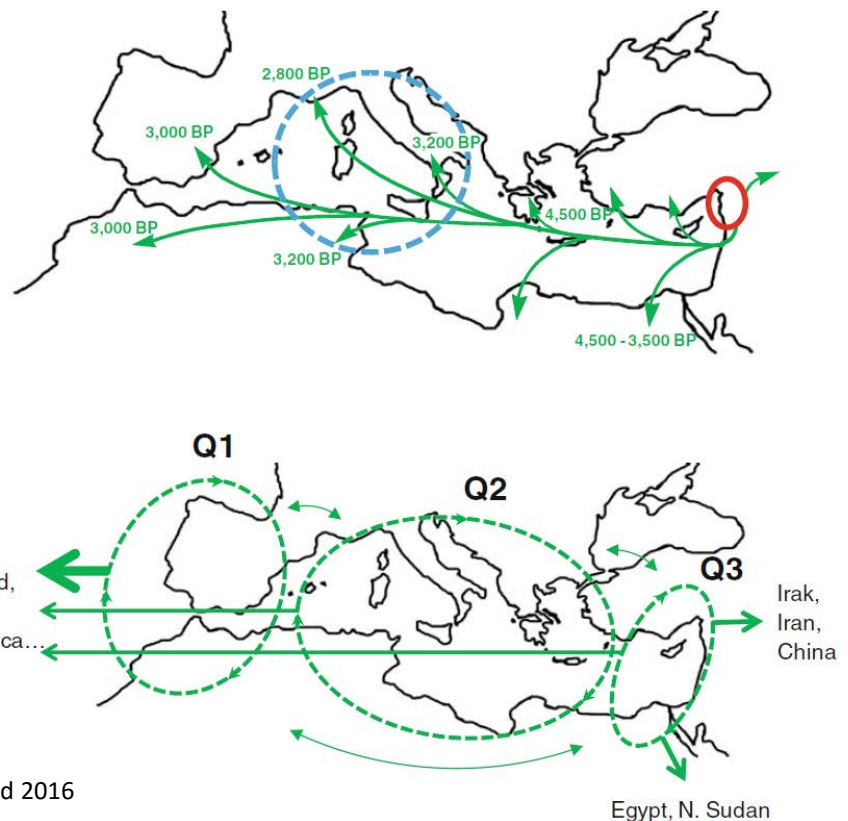
Ergebnisse genetischer und morphometrischer Untersuchungen



Fuller 2017

Fuller (2017) hat eine beachtliche Menge von Messungen von Olivensteinen (aus Zypern, Ägypten, Griechenland, Israel und Jordan) zusammengestellt (N=984). Er beobachtete, dass eine Zunahme ihrer Länge ab dem 5. Jt. v. Chr. bis zur Eisenzeit erkennbar ist (siehe Grafik links). Fuller meint deshalb, dass – auch nach der Domestikation - bis ca. 2000 BC - keine vegetative Vermehrung stattfand. Das Fokus lag offensichtlich auf der Züchtung immer grösserer Früchte. Dies würde bedeuten, dass Olivenbäume aus (grossen!) Steinen gezogen wurden, anstatt Klone von bestimmten Bäumen mit Hilfe von Stecklingen herzustellen. **Fraglich!!**

Neuere DNA-Analysen (von mehr als 1200 Akzessionen von Wildformen und 500 von domestizierten Formen) haben gezeigt, dass der Olivenbaum in der Nord-Levante domestiziert wurde und dann von dort aus nach W verbreitet wurde. Während dieser Verbreitung ist es zur mehreren Hybridisierungen mit Wildformen gekommen (Besnard et al. 2013) (Abb. unten). Heutige Kulturformen gehören zu 3 Haupt-Gen-Pools: (Q1 im westlichen, Q2 im zentralen und Q3 im östlichen Mittelmeerraum (Zitate in Besnard 2016). Andere ForscherInnen glauben aber, dass es auch ein Domestikationszentrum in Zentralen Mittelmeerraum (aus dem Bereich des Q2 Genpools) gibt (Díez et al. 2015). Um zwischen primären und sekundären Domestikationszentren zu unterscheiden, braucht man sehr umfangreiche Datenbanken, was laut Besnard noch nicht der Fall ist (Besnard und Rubio de Casas, 2016). Diese letzteren Autoren kritisieren vor allem die kleine Menge von Akzessionen von Wildformen (<100), die in der Studie von Díez et al. 2015 analysiert wurden, sowie die Tatsache, dass diese Ergebnisse auch nicht zu den archäologischen Daten passen.



Besnard 2016

Fig. 3 Scenario on the primary domestication and secondary diversification of the olive [modified from Besnard and Rubio de Casas (2016)]. **a** The red circle indicates the region of initial domestication in the northern Levant during the Holocene, maybe during the Pre-Pottery Neolithic B period (Kaniewski et al. 2012; Besnard et al. 2013b). Green arrows indicate the subsequent human-mediated diffusion of the crop throughout the whole Mediterranean basin (approximate dates are given and deduced from archaeological data that attested for the development of oleiculture and olive oil trade; from Terral 1997). The dotted blue circle indicates a putative independent domestication in the Central Mediterranean

as posited by Díez et al. (2015). **b** Three main regions (dotted circles) of cultivated olive diversification (with possible, but limited admixture) are recognized as inferred by genetic analyses (Hauwane et al. 2011; Belaj et al. 2012; Díez et al. 2012, 2015; Besnard et al. 2013a). The three gene pools (Q1, Q2, and Q3) are named according to Díez et al. (2015). Arrows indicate the spread of each gene pool and notably out of the native area. A possible new diversification has occurred or is ongoing in these new areas (Hosseini-Mazinani et al. 2014), particularly in contact with other wild relatives (subsp. *cuspidata*) in Africa, Asia, or Australia (Besnard et al. 2014)

Zitierte und weitere wichtige Literatur:

- Alleweldt, G. (1997)** Genetics of grapevine breeding. *Progress in Botany* 58, 441-454.
- 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.
- Badler, V. R. (1995)** The archaeological evidence for wine making, distribution and consumption at Protohistoric Godin Tepe, Iran. In: McGovern, P., Fleming, S. T. und Katz, S. H. (Hrsg.) *The origins and ancient history of wine*. Philadelphia, S. 45-65.
- Bacilieri, R., Bouby, L., Figueiral, I., Schaal, C., Terral, J.-F., Breton, C., Picq, S., Weber, A., Schlumbaum, A. (2017)** Potential of combining morphometry and ancient DNA information to investigate grapevine domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 26, 345-356.
- Barnard, H., Dooley, A.N., Areshian, G., Gasparyan, B., Faull, K.F. (2011)** Chemical evidence for wine production around 4000 BCE in the Late Chalcolithic Near Eastern highlands. *Journal of Archaeological Science* 38, 977-984.
- Besnard, G. (2016)** Origin and Domestication, in: Rugini, E., Baldoni, L., Muleo, R., Sebastiani, L. (Eds.), *The Olive Tree Genome*. Springer International Publishing, Cham, pp. 1-12.
- Besnard, G., Khadari, B., Navascues, M., Fernandez-Mazuecos, M., El Bakkali, A., Arrigo, N., Baali-Cherif, D., Brunini-Bronzini de Caraffa, V., Santoni, S., Vargas, P. and Savolainen, V. (2013)** The complex history of the olive tree: from Late Quaternary diversification of Mediterranean lineages to primary domestication in the northern Levant. *Proceedings of the Royal Society* 280, Feb. 2013.
- Besnard, G., Rubio de Casas, R. (2016)** Single vs multiple independent olive domestications: the jury is (still) out. *New Phytologist* 209, 466-470.
- Bischof, H. (2001)** *Schnitt und Veredelung von Obstgehölzen*. Stuttgart.
- Caneppele, A. und Kohler-Schneider, M. (2008)** Ein Nachweis von Kulturwein aus dem Heiligtum der keltischen Siedlung bei Roseldorf. In: Lauerer, E. und Trebsche, P. (Hrsg.) *Heiligtümer der Druiden. Opfer und Rituale bei den Kelten*. Asparn an der Zaya, 84-89.
- Carrión, Y., Ntinou, M., Badal, E. (2010)** *Olea europaea* L. in the North Mediterranean Basin during the Pleniglacial and the Early-Middle Holocene. *Quaternary Science Reviews* 29, 952-968.
- Cornille, A., Gladieux, P., Smulders M.J.M., Roldan-Ruiz, I., Laurens, F., Le Cam, B., Nersesyan, A., Clavel, J., Olonova, M., Diez, C.M., Trujillo, I., Martinez-Urdiroz, N., Barranco, D., Rallo, L., Marfil, P., Gaut, B.S. (2015)** Olive domestication and diversification in the Mediterranean Basin. *New Phytologist* 206, 436-447.
- Dighton, A., Fairbairn, A., Bourke, S., Faith, J.T., Habgood, P. (2016)** Bronze Age olive domestication in the north Jordan valley: new morphological evidence for regional complexity in early arboricultural practice from Pella in Jordan. *Vegetation History and Archaeobotany*, DOI: 10.1007/s00334-016-0601-z.
- Feugey, L., Gabrielyan, I., Zhang, X.-G., Tenailon, M.I., und Giraud, T. (2012)** New Insight into the History of Domesticated Apple: Secondary Contribution of the European Wild Apple to the Genome of Cultivated Varieties. *PLoS Genetics* | www.plosgenetics.org; May 2012 | Volume 8 | Issue 5 | e1002703
- Curdy, P., Paccolat, O. und Wick, L. (2009)** Die ersten Weinbauern im Wallis. *Archäologie Schweiz* 32/3, 2-19.
- Estreicher, S.K. (2017)** The beginning of wine and viticulture. *Physica Status Solidi C*, 1700008-n/a.
- Fuller, D.Q. (2017, on-line first)**. Long and attenuated: comparative trends in the domestication of tree fruits. *Vegetation History and Archaeobotany*.
- Garnier, N., Valamoti, S.M. (2016)** Prehistoric wine-making at Dikili Tash (Northern Greece): Integrating residue analysis and archaeobotany. *Journal of Archaeological Science* 74, 195-206.
- Goren-Inbar, N., Feibel, C.S., Verosub, K.L., Melamed, Y., Kislev, M.E., Tchernov, E., Saragusti, I. (2000)** Pleistocene Milestones on the Out-of-Africa Corridor at Gesher Benot Ya'aqov, Israel. *Science* 289, 944-947.
- Hornsey, I.S. (2012)** *Alcohol and its Role in the Evolution of Human Society*. RSC Publishing, Cambridge.
- Jacomet, S., Brombacher, C. und Dick, M. (1989)** *Archäobotanik am Zürichsee*. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich. Ergebnisse von Untersuchungen pflanzlicher Makroreste der Jahre 1979-1988. Zürcher Denkmalpflege, Monographien 7. Zürich.
- Janick, J. (2005)** Origins of Fruits, Fruit Growing and Fruit Breeding. *Plant Breeding Reviews* 25, 255-320.
- Kislev, M. E., Nadel, D. und Carmi, I. (1992)** Epipalaeolithic (19000 BP) cereal and fruit diet at Ohalo II, Sea of Galilee, Israel. *Review of Palaeobotany and Palynology* 73, 161-166.
- Kaniewski, D., Van Campo, E., Boiy, T., Terral, J.F., Khadari, B., Besnard, G. (2012)** Primary domestication and early uses of the emblematic olive tree: palaeobotanical, historical and molecular evidence from the Middle East. *Biological Reviews* 87, 885-899.
- Kislev, M. E. (2006)** Early Domesticated Fig in the Jordan Valley. *Science* 312/2 June 2006, 1372-1374
- Kroll, H. (1999)** Vor- und frühgeschichtliche Weinreben - wild oder angebaut? Eine abschliessende Bemerkung. *Trierer Zeitschrift für Geschichte und Kunst des Trierer Landes und seiner Nachbargebiete* 62, 151-153.
- 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.
- 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.
- 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.
- McGovern, P., Jalabadze, M., Batiuk, S., Callahan, M.P., Smith, K.E., Hall, G.R., Kvavadze, E., Maghradze, D., Rusishvili, N., Bouby, L., Failla, O., Cola, G., Mariani, L., Boaretto, E., Bacilieri, R., This, P., Wales, N. und Lordkipanidze, D. (2017) Early Neolithic wine of Georgia in the South Caucasus. Proceedings of the National Academy of Sciences 114, E10309-E10318.
- Meyer, R. S., DuVal, A. E. und Jensen, H. R. (2012) Patterns and processes in crop domestication: an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. New Phytologist 196/1, 29-48.
- Miller, A. J. und Gross, B. L. (2011) From Forest to Field: Perennial Fruit Crop Domestication. American Journal of Botany 98/9, 1389-1414.
- Miller, N. (2008) Sweeter than wine? The use of the grape in early western Asia. Antiquity 82, 937-946.
- Myles, S., Boyko, A. R., Owens, C. L., Brown, P. J., Grassi, F., Aradhya, M. K., Prins, B., Reynolds, A., Chia, J. M., Ware, D., Bustamante, C. D. und Buckler, E. S. (2011) Genetic structure and domestication history of the grape. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 108/9, 3530-3535.
- Newton, C., Lorre, C., Sauvage, C., Ivorra, S., Terral, J.-F. (2014) On the origins and spread of *Olea europaea* L. (olive) domestication: evidence for shape variation of olive stones at Ugarit, Late Bronze Age, Syria—a window on the Mediterranean Basin and on the westward diffusion of olive varieties. Vegetation History and Archaeobotany 23, 567-575.
- Orrù, M., Grillo, O., Lovicu, G., Venora, G., Bacchetta, G. (2013) Morphological characterisation of *Vitis vinifera* L. seeds by image analysis and comparison with archaeological remains. Vegetation History and Archaeobotany 22, 231-242.
- Pagnoux, C., Celant, A., Coubray, S., Fiorentino, G. und Zech-Matterne, V. (2013) The introduction of *Citrus* to Italy, with reference to the identification problems of seed remains. Vegetation History and Archaeobotany 22, 421-438.
- Salavert, A. (2008) Olive cultivation and oil production in Palestine during the early Bronze Age (3500–2000 b.c.): the case of Tel Yarmouth, Israel. Vegetation History and Archaeobotany 17, 53-62.
- Schmid, H. (2003) Veredeln, Pfropfen und Okulieren. Stuttgart.
- 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.
- Tengberg, M., Battesti, V. und Newton, C. (2013) Le Palmier dattier. Origine et culture en Egypte et au Moyen Orient. Revue d'Ethnoécologie 4. (online erhältlich auf: <http://ethnoecologie.revues.org/1216>)
- Terral, J.-F., Alonso i Martínez, N., Buxo i Capdevila, R., Chatti, N., Fabre, L., Fiorentino, G., Marival, P., Pérez Jordá, G., Pradat, B., Rovira i Buendia, N., Alibert, P. (2004) Historical biogeography of olive domestication (*Olea europaea* L.) as revealed by biological and archaeological material. Journal of Biogeography 31, 63-77.
- Terral, J.-F., Tabard, E., Bouby, L., Ivorra, S., Pastor, T., Figueiral, I., Picq, S., Chevance, J.-B., Jung, C., Fabre, L., Tardy, C., Compan, M., Bacilieri, R., Lacombe, T. und This, P. (2010) Evolution and history of grapevine (*Vitis vinifera*) under domestication: new morphometric perspectives to understand seed domestication syndrome and reveal origins of ancient European cultivars. Annals of Botany 105, 443-455.
- Ucchesu, M., Orrù, M., Grillo, O., Venora, G., Paglietti, G., Ardu, A., Bacchetta, G. (2016) Predictive Method for Correct Identification of Archaeological Charred Grape Seeds: Support for Advances in Knowledge of Grape Domestication Process. PLOS ONE 11, e0149814.
- Tolar, T., Jacomet, S., Velušček, A. und Čufar, K. (2011) Plant economy at a late Neolithic lake dwelling site in Slovenia at the time of the Alpine Iceman. Vegetation History and Archaeobotany 20/3, 207-222.
- Van der Veen, M. (2005) Gardens and fields: the intensity and scale of food production. World Archaeology 37/2, 157-163.
- Vouillamoz, J.F., McGovern, P.E., Ergul, A., Söylemezoğlu, G., Tevzadze, G., Meredith, C.P., Grando, M.S. (2006) Genetic characterization and relationships of traditional grape cultivars from Transcaucasia and Anatolia. Plant Genetic Resources 4, 144-158.
- 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. 3rd. Edition. Oxford.
- Zohary, D., Hopf, M. und Weiss, E. (2012) Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of domesticated plants in South-West Asia, Europe and the Mediterranean Basin. 4th Edition. Oxford.
- Zohary, D. und Spiegel-Roy (1975) Beginning of fruit growing in the Old World. Science 187, 319-327.