

ISSN 0175-3495

Abhandlungen
aus dem
Westfälischen Museum
für Naturkunde

72. Jahrgang · 2010 · Heft 1

Britta Linnemann

Rekonstruktion eines
neolithischen Getreideackers
mit Untersuchungen zur
typischen Unkrautflora

LWL-Museum für Naturkunde
Westfälisches Landesmuseum mit Planetarium
Landschaftsverband Westfalen-Lippe
Münster 2010

Impressum

Abhandlungen aus dem Westfälischen Museum für Naturkunde

Herausgeber:

Dr. Alfred Hendricks

LWL-Museum für Naturkunde

Westfälisches Landesmuseum mit Planetarium

Sentruper Str. 285, 48161 Münster

Tel.: 0251 / 591-05, Fax: 0251 / 591-6098

Druck: DruckVerlag Kettler, Bönen

Schriftleitung: Dr. Bernd Tenbergen

© 2010 Landschaftsverband Westfalen-Lippe

ISSN 0175-3495

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Rekonstruktion eines neolithischen Getreideackers mit Untersuchungen zur typischen Unkrautflora*

Britta Linnemann, Drensteinfurt

Vorwort	5
1 Einleitung	7
1.1 Landwirtschaft im Neolithikum	10
1.2 Unkräuter früher und heute	16
1.2.1 Typische Unkräuter im Neolithikum	21
2 Zielsetzung der Arbeit	35
3 Konzeptentwicklung	36
3.1 Untersuchungsgebiet	36
3.1.1 Vorüberlegungen zur Flächenauswahl	36
3.1.2 Lage	43
3.1.3 Klima	46
3.1.4 Geologie, Böden	48
3.1.5 Potentielle natürliche Vegetation	49
3.2 Auswahl des Getreides	49
3.2.1 Vorüberlegungen	49
3.2.2 Triticum monococcum (Einkorn)	51
3.3 Auswahl der eingebrachten Unkräuter	55
4 Methoden	55
4.1 Zeitliche Koordination des Projektes	55
4.2 Bodenbearbeitung	56
4.3 Einsaat	57
4.4 Verteilung und Unterscheidung der Versuchsflächen	59
4.5 Dokumentation	63
4.6 Vegetationsaufnahmen	63
4.7 Bodenuntersuchungen	64
4.7.1 Voruntersuchungen des Bodens durch die Landwirtschaftskammer	64
4.7.2 Bodenuntersuchungen im Gelände	64
4.7.3 Bodenuntersuchungen im Labor	65

* Die Abhandlung ist die leicht gekürzte und aktualisierte Fassung einer Inaugural-Dissertation im Fachbereich Biologie der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster von 2009 (siehe LINNEMANN 2009)

5 Ergebnisse und Diskussion	66
5.1 Literaturlauswertung zu den Arten des Bromo-Lapsanetums	66
5.1.1 Zeigerwerte	66
5.1.2 Ökologische Zeigergruppen	73
5.1.3 Phytocoenologisches Verhalten	75
5.1.4 Samenbank	77
5.1.5 Nutzbarkeit	78
5.2 Vegetationsentwicklung auf den Versuchsflächen F1 bis F4	80
5.2.1 Versuchsfläche F1	80
5.2.2 Versuchsfläche F2	87
5.2.3 Versuchsfläche F3	88
5.2.4 Versuchsfläche F4	90
5.3 Entwicklung der Unkräuter	92
5.3.1 Hinweise auf Sommer- oder Winteranbau	92
5.3.2 Entwicklung der eingesäten Unkrautarten	96
5.4 Untersuchungen zum Einkornanbau und Ertrag	105
5.4.1 Entwicklung des Getreides auf der Rekonstruktionsfläche	105
5.4.2 Zeitaufwand bei der Feldbestellung und Ernte	115
5.4.3 Ertrag des Einkorns	119
5.4.4 Vergleich des Einkorn-Ertrages mit Literaturangaben	121
5.4.5 Energiegehalt des Ernteertrages	123
5.5 Bodenuntersuchungen	128
5.5.1 Bodenuntersuchungen auf der Rekonstruktionsfläche	129
5.5.2 Bodenanalysen im Labor	130
5.6 Vergleich mit anderen Rekonstruktionsversuchen zum Ackerbau	131
5.6.1 Kölner Versuche im Hambacher Forst	131
5.6.2 Feldflorareservat bei Luckau-Freesdorf	132
5.6.3 Versuche zum Wald-Feldbau in Forchtenberg	133
5.7 Zusammenführung der Teilaspekte	134
6 Darstellung im LWL-Museum für Archäologie - Westfälisches Landesmuseum in Herne	140
7 Zusammenfassung / Abstract	141
8 Danksagung	143
9 Literatur	144

Vorwort

Vor etwa 7.500 Jahren begann der Mensch in Mitteleuropa, sesshaft zu werden und Landwirtschaft zu betreiben. Die Umwelt wurde dadurch aktiv und nachhaltig verändert, wie archäologische und archäobotanische Untersuchungen aus der Zeit der ersten Ackerbauern belegen. Solche Untersuchungen lieferten immer mehr tiefgreifendere Kenntnisse zu diesen Veränderungen in der Landschaft.

Beim Betreiben von modernem, aktiven Umweltschutz, wie z. B. Lebensräume sichern, Biodiversität fördern oder alte Nutzungsformen aufrecht erhalten, ist es wichtig, auf die menschliche Einflussnahme in den Naturhaushalt in der Vergangenheit zurück zu blicken.

Die vorliegende Arbeit beschreibt einen Rekonstruktionsversuch eines Steinzeitackers nach neolithischem (bandkeramischem) Vorbild für Mitteleuropa. Sie beschäftigt sich also mit einer Epoche, in der die ersten großflächigen und bewussten Eingriffe des Menschen in die Natur stattfanden. Untersuchungen zur Unkrautflora stehen im Vordergrund der Auswertungen. Eigenschaften und Nutzungsmöglichkeiten von Ackerunkräutern werden dargestellt, um mögliche Gegebenheiten auf einem steinzeitlichen Getreidefeld zu beleuchten. Erstmals wurde in der Praxis versucht, eine Gruppe von Unkräutern, die für das Neolithikum regelmäßig mit Getreidefunden nachweisbar ist, in einem Acker nach neolithischem Vorbild auszusäen und die Entwicklung zu dokumentieren. Daneben wurden Ertragshochrechnungen des angebauten urzeitlichen Getreides und Zeitmessungen zu Arbeitsvorgängen durchgeführt. Das interdisziplinäre Projekt verknüpft Ergebnisse archäologischer und archäobotanischer Untersuchungen mit botanischen, bodenkundlichen, landschaftsökologischen und pflanzensoziologischen Gesichtspunkten. Vergleiche zu anderen Rekonstruktionsversuchen sowie zu heutigen Ertragsdaten werden gezogen.

Anlass für das Rekonstruktionsprojekt war die Idee, ein neuartiges Ausstellungsobjekt zum Neolithikum für das LWL-Museum für Archäologie - Westfälisches Landesmuseum Herne zu entwickeln. Um die Veränderung in der Lebensweise der Menschheit deutlich zu machen, sollte das zentrale Element, der Ackerbau und die daran gebundene Sesshaftigkeit mit all ihren Folgewirkungen, dem Museumsbesucher in Form einer Zeitrafferdokumentation nahe gebracht werden. Diese ist ein wichtiger Bestandteil der Dauerausstellung im LWL-Museum für Archäologie geworden. Bei der praktischen Durchführung bot sich die seltene Möglichkeit, in Form einer Dissertation an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster verschiedene Hypothesen insbesondere zur Aussagekraft typischer Ackerunkräuter im neolithischen Ackerbau in der Praxis zu erproben und zu hinterfragen. Eine leicht gekürzte und veränderte Fassung dieser Dissertation findet sich in der hier vorliegenden Veröffentlichungsreihe des LWL-Museums für Naturkunde, das freundlicherweise die Herausgabe übernommen hat.

Hervorzuheben ist, dass dies Projekt des Steinzeitackers nur durch interdisziplinäre Kooperation möglich wurde. Dank gilt dem Biolandwirt Johannes Deventer, der seine Ackerflächen und seine Erfahrung zur Verfügung stellte. Durch die einzigartig gut

gelungene Zusammenarbeit zwischen Archäologen, Biologen, Landwirten, Ausstellungsgestaltern und Szenographen entstand nicht nur ein wichtiger wissenschaftlicher Beitrag für die Forschung, sondern auch die Möglichkeit, wissenschaftliche Arbeit im Museum erlebbar und nachvollziehbar zu machen.

Dank und Kompliment geht an dieser Stelle an Frau Dr. Linnemann für die Beteiligung am Museumsprojekt „Steinzeitacker“ und die gelungene Forschungsarbeit. Die Zusammenarbeit hat allen Mitwirkenden viel Freude bereitet, inklusive der Familienmitglieder, die geerntet und gesät haben.

Münster, im Juli 2010

Landesrätin
Dr. Barbara Rüschoff-Thale

LWL-Kulturdezernentin

Prof. Dr. Fred J. A. Daniëls

Univ. Prof. a. D., Fachbereich
Biologie, Westfälische Wilhelms-
Universität, Münster

1 Einleitung

Etwa um 9.000 v. Chr., kurz nach dem Ende der letzten Eiszeit, setzte im Vorderen Orient ein Prozess ein, der die Lebensweise des Menschen tiefgründig und dauerhaft verändern sollte.

In diesem Zeitabschnitt, dem Neolithikum (Jungsteinzeit), begann der Übergang vom Jäger und Sammler zur produzierenden Wirtschaftsweise, also zum Ackerbau und zur Viehzucht. Bedingt durch die veränderte Lebensweise wurde der Mensch sesshaft. Dieser gravierende Schritt in der Menschheitsgeschichte wurde von Gordon Childe 1925 als „neolithische Revolution“ bezeichnet (UERPMANN 2007, WILLERDING 1983). Sie breitete sich vom Vorderen Orient nach Mitteleuropa aus.

Bis zu diesem Zeitpunkt hatte sich die Gattung *Homo* während des Paläolithikums (Altsteinzeit) über rd. 2 Millionen Jahre mit der aneignenden Wirtschaftsweise als Jäger und Sammler behauptet (LÜNING 2005, UERPMANN 2007). Auch im anschließenden Mesolithikum (Mittelsteinzeit) griff der Mensch in Mitteleuropa wenig in seine Umwelt ein und versorgte sich weiterhin recht gut durch die Jagd und das Sammeln von natürlich vorkommenden Ressourcen.

Im Gegensatz dazu stellten die Menschen im darauf folgenden Neolithikum ihre Grundversorgung durch den Anbau von Getreide sicher. Aus Wildgräsern verschiedener Regionen des Vorderen Orients hatten sich durch Selektion die ersten Kulturgetreide wie Einkorn, Emmer und Gerste herausgebildet und waren bis nach Mitteleuropa gelangt. Viele dieser frühen Feldfrüchte oder davon abgeleitete Formen werden heute noch angebaut.

Es entwickelten sich landwirtschaftliche Produktionsprinzipien, die mit der Zeit sehr krisenfest, zuverlässig und routiniert wurden. Zum Beginn des Neolithikums kannte man den Gebrauch von Metallen für Werkzeuge noch nicht und fertigte diese aus Stein, Holz, Horn oder Knochen. Jedoch darf man sich die Wirtschaftsweisen der jungsteinzeitlichen Menschen nicht primitiv vorstellen. Letztendlich hat sich von der Steinzeit bis zum Mittelalter in der Praxis der Landwirtschaft wenig Grundlegendes gewandelt (LÜNING 2000), wenn sich auch die Voraussetzungen in bezug auf Boden, Klima und zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln durchaus veränderten.

Der Anbau von Nutzpflanzen setzte voraus, dass die ursprüngliche Vegetation zurückgedrängt werden musste. Der Mensch griff z. B. durch Rodung von Waldflächen und Beweidung erstmals großflächig und aktiv in seine Umwelt ein und veränderte die natürlichen Gegebenheiten zunehmend. Neuartige Standorte für Pflanzen, z. B. Ackerflächen wurden geschaffen (KNÖRZER 1971).

Auch früher hatte die Menschheit die Natur schon beeinflusst. Die „prehistoric-overkill-Hypothese“ gibt beispielsweise Großwildjägern die Mitschuld am Aussterben des Mammuts und anderer Großsäuger (POTT 1997, 2005). Im Mesolithikum sind leichte Veränderungen der Vegetation teilweise durch Menschen verursacht. Der jungsteinzeitliche Bauer griff mit seiner Landwirtschaft aber erstmals sehr bewusst und großflächig in natürliche, klima- und sukzessionsbedingte Vegetationsfolgen in Mitteleuropa ein. Damit wurde die Grundlage unserer heutigen Kulturlandschaft gelegt (BURRICHTER 1976, LANG 1994, POTT 2005). Der Eingriff des Menschen wirkte sich nicht nur zerstörend auf Vegetation und Landschaft aus, sondern auch bereichernd und differenzierend

(BURRICHTER 1977). Möglichst genaue Kenntnisse über diese Zusammenhänge sind bei der Erforschung der dynamischen Abläufe der Landschaftsgenese und in der aktuellen ökologischen Planung wichtig. Viele heute bedrohte Lebensgemeinschaften sind von ehemaligen, traditionellen landwirtschaftlichen Nutzungsformen beeinflusst oder abhängig. Zum Verständnis der ökologischen Zusammenhänge und zum verantwortungsvollen Umgang mit der Erhaltung von Biodiversität ist die möglichst genaue Kenntnis der geschichtlichen Entwicklung der Landschaft und Landwirtschaft Grundvoraussetzung. Hierfür stellt die Archäobotanik eine wertvolle Informationsquelle dar. Bei archäologischen Untersuchungen werden pflanzliche, häufig verkohlte Großreste wie Samenkörner sichergestellt und zugeordnet. Pollenanalysen zeichnen ein Bild der regionalen, ehemals vorhandenen Vegetationsformen. Dendrochronologische Untersuchungen lassen oft eine exakte zeitliche Datierung von Funden zu. Die Interpretation der Pflanzenvorkommen bestimmter Zeitepochen und Regionen liefert Informationen zur natürlichen Umwelt und zu ihrer Nutzung durch den Menschen sowie indirekt zum Klima, Boden und zu Ausbreitungswegen.

Es zeigte sich, dass die ersten landwirtschaftlichen Nutzflächen in Nordrhein-Westfalen in Form von Getreideäckern etwa vor 7.500 Jahren entstanden sind. Der Mensch lebte nicht mehr nur mit und in der Natur, sondern arbeitete bewusst auch gegen die Natur. Unkräuter traten in Konkurrenz zu seinen Nutzpflanzen, wodurch der Begriff „Unkraut“ vermutlich erstmals in der Geschichte des Menschen eine Bedeutung bekam.

Die Unkrautflora eines Ackers lässt viele wichtige Rückschlüsse auf Standortverhältnisse wie den Boden und die Nährstoffversorgung zu. Außerdem kann sie auf Bewirtschaftungsmethoden hindeuten, wie z. B. die Intensität der Bodenbearbeitung, Sommer- oder Winteranbau oder die Erntemethode. Deshalb liefern Nachweise von Unkräutern in Getreidefunden bei archäologischen Ausgrabungen erstaunliche Informationen für die Wissenschaft. Eine verlässliche Interpretation solcher Pflanzenfunde ist jedoch oft schwierig, da sie meist nur auf Eigenschaften der nachgewiesenen Pflanzen unter heutigen Kulturmaßnahmen basieren kann. Zu abweichenden Klimaverhältnissen, Bodeneigenschaften, Anbaumethoden und Konkurrenzbedingungen gibt es zwar Anhaltspunkte, sie können aber nur mit Einschränkungen berücksichtigt werden.

In archäobotanischen Untersuchungen aus der Zeit des Neolithikums, insbesondere in der Bandkeramik, treten sehr regelmäßig 10 bis 14 Unkräuter in Fundkomplexen mit Getreidekörnern auf. KNÖRZER (1971, 1998) geht davon aus, dass dieses stetige Auftreten auf eine regelmäßige Anwesenheit dieser Pflanzen in Getreidefeldern hindeutet. Es gibt Vermutungen, dass die Arten zum Teil genutzt und mit dem Saatgut immer wieder ausgesät oder zumindest geduldet worden sind. Dadurch entwickelte sich wahrscheinlich ein regelmäßig in Getreidefeldern anzutreffender, recht gleichförmiger Unkrautbesatz, den KNÖRZER (1971, 1998) mit dem Namen „Bromo-Lapsanetum praehistoricum“ bezeichnete und als die erste „Ackerunkrautgesellschaft“ in Mitteleuropa darstellte. Da man natürlich archäobotanisches Fundgut nicht zur Beschreibung einer Pflanzengesellschaft im eigentlichen Sinne heranziehen darf, ist das „Bromo-Lapsanetum“ kein gültiger Name einer Pflanzengesellschaft (KÜSTER 1992), denn man kann archäobotanische Funde nicht mit Vegetationsaufnahmen gleichsetzen. Dieses „Bromo-Lapsanetum“ erfasst aber das immer wieder vorgefundene Muster von Unkrautfunden aus archäobotanischen Untersuchungen jungsteinzeitlicher Getreidereste gut. Deshalb wird hier unter Vorbehalt dieser Artenkomplex als hypothetische, konstruierte Ackerunkrautgesellschaft behandelt. Dabei kann es sich aber lediglich um ein Fragment der damaligen Ackerflora

handeln, da durch Saatgutreinigung, Erntemethode und viele andere Faktoren davon auszugehen ist, dass noch weitere Arten an der Unkrautvegetation beteiligt waren. Erstaunlicherweise tritt diese Artenkombination nach KNÖRZER (1998) über einen Zeitraum von bis zu 4.000 Jahren (im gut untersuchten Rheinland) recht regelmäßig auf, was stabile, gleichbleibende landwirtschaftliche Arbeitsmethoden vermuten lässt. Vergleicht man diesen Zeitraum von 4.000 Jahren mit dem Zeitmaß, in dem der Mensch in unseren Breiten überhaupt Ackerbau betreibt (ca. 7.500 Jahre), wird die Bedeutung für die Menschheitsgeschichte deutlich. Aber wie genau sahen die Produktionsprinzipien der damaligen Landwirtschaft aus? Dazu gibt es viele Hinweise, aber noch viel mehr Fragen und Hypothesen. Inzwischen teilt man Neolithisierungsprozess in Europa in drei Stadien, die sich jeweils in zwei Abschnitte aufgliedern lassen und sich deutlich chronologisch voneinander unterscheiden (SCHIER 2009). Regionale Unterschiede verfeinern das Bild. Aktuelle Forschungen beschäftigen sich intensiv mit diesem wichtigen Abschnitt der menschlichen Vergangenheit, z. B. mit Hilfe landwirtschaftlicher Rekonstruktionsversuche mit dem Schwerpunkt Brandwirtschaft und Bodenbearbeitung (RÖSCH 2002, 2005, EHRMANN et al. 2009). Brandfeldbau scheint im drittem Stadium der Neolithisierung mit extensiverem Anbau auf nur suboptimalen Standorten verbreitet gewesen zu sein (SCHIER 2009).

Auch mit dem hier beschriebenen Rekonstruktionsversuch eines neolithischen Ackers soll das Wissen zum Ackerbau im Neolithikum vertieft werden. Die Methoden und Ergebnisse dieser Rekonstruktion werden dargestellt und unter ökologischen Fragestellungen zur Unkrautflora ausgewertet.

Das Projekt diente neben der wissenschaftlichen Untersuchung als Ausstellungsobjekt für das 2003 eröffnete LWL-Museum für Archäologie - Westfälisches Landesmuseum, Herne. Das Ausmaß der „neolithischen Revolution“ und auch die im Vergleich zu den rd. 2 Millionen Jahren als Jäger und Sammler erst kurze Zeitdauer von rd. 7.500 Jahren Landwirtschaft ist den meisten Menschen heute nicht bewusst. Auch in Museen ist die Bedeutung dieses Schrittes selten herausgestellt. Eine neue Darstellungsweise sollte die schon damals vorhandene landwirtschaftliche Kompetenz der jungsteinzeitlichen Menschen, die Kontinuität des Ackerbaus und die Konsequenzen der daraus resultierenden, sesshaften Lebensweise verdeutlichen. Denn die neue bäuerliche Lebensweise revolutionierte das Zusammenleben der Menschen und schaffte die Grundlage für die Differenzierung von Gesellschaftsformen, von Dörfern, Städten, Ländern, von Handel, neuen Rechts- und Religionsformen, Schrift, Kultur und Wissenschaft (POTT 2005).

Zur Darstellung des Ursprungs dieser Neuerungen wurde die Rekonstruktion einer Ackerfläche unter möglichst wissenschaftlich fundierten „neolithischen“ Bedingungen durchgeführt, soweit dies überhaupt möglich, wissenschaftlich belegt und praktisch durchführbar war. Das Projekt wurde über ein Jahr lang von einer Kamera begleitet und als multimediales Ausstellungsobjekt für das Museum aufbereitet.

Die Dringlichkeit zur Untersuchung von botanischen Fragestellungen wurde bei vorbereitenden Gesprächen mit verschiedenen Experten der Vor- und Frühgeschichte deutlich. Erstmals sollte deshalb mit dem Rekonstruktionsversuch des neolithischen Ackers überprüft werden, ob sich die Artenzusammensetzung des Bromo-Lapsanetums in einem nach neolithischem (bandkeramischen) Vorbild bewirtschafteten Getreideacker wirklich entwickeln kann. Die theoretisch gezogenen Rückschlüsse bezüglich Einsaat und Erntemethoden sollten praktisch erprobt werden. Außerdem sollte der ökologische

Aussagewert der häufig nachzuweisenden Unkrautarten näher ausgewertet werden. Weiter wurden für die Rekonstruktionsfläche Daten zu landwirtschaftlichen Kenngrößen wie Ertrag oder Tausendkorngewicht auch im Vergleich zu einem Anbau desselben steinzeitlichen Getreides im heutigen, modernen Biolandbau auf der umliegenden Fläche ausgewertet. Derartige Ermittlungen von Getreideerträgen unter „steinzeitlichen“ Anbaubedingungen sind bisher selten durchgeführt worden (LÜNING 2000). Aktuelle Forschungsergebnisse der Getreidezüchtungsforschung mit alten Weizenarten und anderer Rekonstruktionsversuche (EHRMANN et al. 2009) ermöglichen Vergleiche von Erträgen. Daneben wurden Zeitmessungen zu Arbeitsvorgängen nach neolithischem Vorbild ausgewertet. Anzumerken bleibt, dass die tatsächliche Wirtschaftsweise im Neolithikum noch nicht ausreichend erforscht ist und verschiedene Modelle, Entwicklungsstadien und regionale Besonderheiten dazu angenommen werden müssen.

1.1 Landwirtschaft im Neolithikum

Mit dem Begriff Neolithikum, Jungsteinzeit, wird in der Archäologie der Zeitraum bezeichnet, in dem der Mensch anfang, seine Nahrungsgrundlage selbst zu produzieren (Meurers-Balke & Lüning 1990a). Im Vorderen Orient setzte dieser Vorgang vor etwa 10.000 Jahren ein, in unseren Breiten vor ca. 7.500 Jahren. Der Mensch begann mit Ackerbau und Viehzucht. Aus den umherziehenden Jägern und Sammlern wurden sesshafte Bauern.

Das Neolithikum datiert in seinem Anfang und Ende weltweit unterschiedlich, auch sind nicht in jeder Region alle für das Neolithikum als typisch bezeichnete Veränderungen gleichzeitig eingetreten. In der Levante (Küste und Hinterland von Syrien, Jordanien, Libanon, Israel und Palästina) soll die Nutzung von Wildgetreiden bereits 21.000 v. Chr. stattgefunden haben. Erste Hinweise auf die mögliche Domestizierung von Getreide (Roggen) fand man am syrischen Euphrat, sie werden auf ein Alter von ca. 13.000 Jahren geschätzt (Gronenborn 2006).

In Deutschland sind Funde von Frühmenschen aus dem Protoacheuléen (vor etwa 1,2 Millionen bis 600.000) bekannt (PROBST 1991). Aus Thüringen (Bilzingsleben) beispielsweise lassen Anhaltspunkte vermuten, dass *Homo erectus* vor rund 400.000 Jahren hier schon einfache Behausungen errichtet hat (ENGELEN 2007). Der moderne Mensch (*Homo sapiens sapiens*) wanderte erst in der zweiten Hälfte des letzten Glazials, vor etwa 40.000 bis 35.000 Jahren von Asien nach Europa ein (LANG 1994). Im Paläolithikum (Altsteinzeit, ca. 2.000.000 bis 10.000 v. Chr.) bis zum Ende der letzten Eiszeit und im anschließenden Mesolithikum (Mittelsteinzeit) hatte der Mensch zwar schon gebraten und gekocht. Die verwendeten Nahrungsmittel stammten aber direkt aus der Natur, durch Sammeln oder durch Jagd. Die Nahrungsbeschaffung geschah auch schon im Paläolithikum nicht zufällig, sondern war dem jahreszeitlich wechselnden Angebot der Umgebung, angepasst z. B. an umherziehende Großwildherden (MEURERS-BALKE & LÜNING 1990a). Später im Mesolithikum nahm die Anzahl jagdbaren Wildes in Mitteleuropa deutlich ab und die Jagdbedingungen wurden durch die zunehmende Bewaldung erschwert. KÜSTER (1999) schließt nicht aus, dass bereits im Mesolithikum die Menschen erst Schritte zur Förderung von bestimmten nutzbaren Pflanzen unternahmen, worauf die starke Zunahme der Hasel in dieser Zeitepoche u. a. zurückzuführen sein könnte. Die Haselnuss ist als sehr energiereiches Nahrungsmittel des Mesolithikums

häufig nachgewiesen (LANG 1994). Sie lässt sich gut transportieren, ist fettreich und haltbar. Sonst sind in Mitteleuropa für die Mittelsteinzeit nur relativ wenige verwendete Nahrungspflanzen nachzuweisen, z. B. *Chenopodium album* für frühmesolithische Jäger (KNÖRZER et al. 1999a).

Im Vorderen Orient wurden zu dieser Zeit natürlich vorkommende Wildgrasbestände bereits intensiv beerntet (LÜNING 2000). Später begann der Mensch erstmals damit, bestimmte Pflanzen in größerem Umfang zu pflegen und im Wuchs zu fördern, auszusäen und zu isolieren. Als Anlass dafür wird nach GRONENBORN (2006) und UERPMANN (2007) die Verbesserung des Klimas nach der letzten Eiszeit vermutet. Der Bereich des Fruchtbaren Halbmondes war während der letzten Eiszeit viel trockener als heute, war aber schon vom Menschen besiedelt. Das Gebiet wurde mit der ersten Erwärmung schlagartig durch erhöhte Niederschläge und zunehmende Temperaturen fruchtbarer, wobei sich zunächst schnell verbreitende Pflanzen wie Gräser entwickelten und erst allmählich die Laubbäume mit einer wesentlich langsameren Ausbreitungsgeschwindigkeit folgten. Bevor die Bewaldung zunahm, stand den Gräsern, darunter den Wildgetreiden, und auch den wilden Hülsenfrüchten ein riesiges Gebiet zur Verfügung. Für die dort lebenden Menschen musste dies nahezu „paradiesische“ Bedingungen bedeutet haben. Diese Wildgrasbestände brauchten nicht gesät und gepflegt werden, nur ein Einsammeln war nötig. Die erste Vorratshaltung bedingte die erste Sesshaftigkeit, ein Umherziehen wurde überflüssig. Es entstanden die ersten Dörfer, die ersten Haustiere wurden in diesem Gebiet gezähmt und die erste Kultivierung von Getreide ist für Bewohner des Fruchtbaren Halbmondes zu Beginn der Nacheiszeit nachgewiesen. Ob nun eine Klimaverschlechterung oder der Anstieg der Bevölkerung die Entwicklung aus diesen „Erntevölkern“ zu Ackerbauern notwendig gemacht hat, ist noch nicht eindeutig geklärt (UERPMANN 2007).

Der Gedanke der absichtlichen Aussaat ist der entscheidende Unterschied des Neolithikums zu den früheren Zeitepochen (LÜNING 2000). Dadurch bedingt, entwickelten sich durch spontane Mutation und bewusste oder unbewusste Auslese die ersten, genetisch veränderten Kulturpflanzen. Teilweise ging die ursprüngliche, verbreitungsökologische Selbständigkeit der Pflanzen durch die Nutzung verloren, Eigenschaften veränderten sich. So nahm z. B. die Brüchigkeit der Ährenspindeln der Getreide ab, nutzbare Organe vermehrten bzw. vergrößerten, Reifezeitpunkte verschoben sich (POTT 2005).

Die Techniken in Ackerbau wurden mit der Zeit verbessert, dazu gehörten z. B. die Bodenbearbeitung, die Bekämpfung von unerwünschten Unkräutern sowie das Einzäunen schützenswerter Bereiche. Man entwickelte Geräte zur Produktion und zur Verarbeitung, z. B. Gefäße, Dreschflegel, Mahlsteine und Siebe (MEURERS-BALKE & LÜNING 1990a).

Die Bestellung, Pflege und Beerntung der Felder war zeitaufwändig. Um die Landwirtschaft erfolgreich zu praktizieren, war, wie auch heute, ein umfangreiches Wissen erforderlich. Die Mithilfe der gesamten Familie war wahrscheinlich Voraussetzung zur Bewältigung von Arbeitsspitzen ohne technische Hilfsmittel im heutigen Sinne. Die Ackerflächen mussten für die Landwirtschaft zunächst gerodet, gebrannt oder eingeschlagen werden und waren gegen den Verbiss durch Wildtiere und das eigenen Vieh zu schützen. Für die schweren Arbeiten lernte man im Laufe der Zeit, die Kraft von Haustieren zu nutzen, z. B. durch Rinder vor dem Pflug. Die Erfindung des Rades wird auf etwa 3.300 v. Chr. datiert (HARF 2007). Für die Versorgung mit Fleisch wurden Haustiere gehalten. Auch eine Nutzung von Milchprodukten liegt nahe. Neben dieser Produktion von Nahrungsmitteln war das Sammeln und Jagen weiterhin üblich, spielte aber wohl

ehrer eine untergeordnete Rolle (LÜNING 2005). Zu Zeiten schlechterer Ernten, z. B. durch Klimaschwankungen, lässt sich während des Neolithikums in bestimmten Regionen eine Zunahme der Jagd und Sammelwirtschaft feststellen (LÜNING 2000).

Vom Vorderen Orient breitete sich die neolithische Wirtschaftsweise auf zwei Wegen aus. Auf dem Landweg kam sie über Griechenland und den Balkan. Um 6.600 v. Chr. sind die ersten Bauern in der Thessalischen Ebene nachweisbar (GRONENBORN 2007). SCHIER (2009) nennt ¹⁴C-calibrierte Daten der ältesten neolithischen Fundstellen auf europäischem Festland für 6.500-6.200 calBC in Griechenland, daran schloss sich 6.200 - 5.900 calBC die Neolithisierung der Balkaninsel an. Um 5.650 v. Chr. haben nach GRONENBORN (2007) zwei am Rande des durch Ackerbauern besiedelten Balkans lebende Wildbeutergruppen die neue Lebensweise übernommen, Dörfer gegründet und sich mit Saatgut und Vieh nach Nordwesten ausgedehnt. Diese Bevölkerungsgruppe (Linienbandkeramiker) breiteten sich von der westlichen Ukraine bis ins Rheinland und ins Pariser Becken aus, wobei ein erstaunliches Netzwerk an Siedlungen mit Verbindungen untereinander entstand. Genauere Beschreibungen der Ausbreitungs- und Stagnationsphasen der Neolithisierung sind z.B. bei SCHIER (2009) dargestellt.

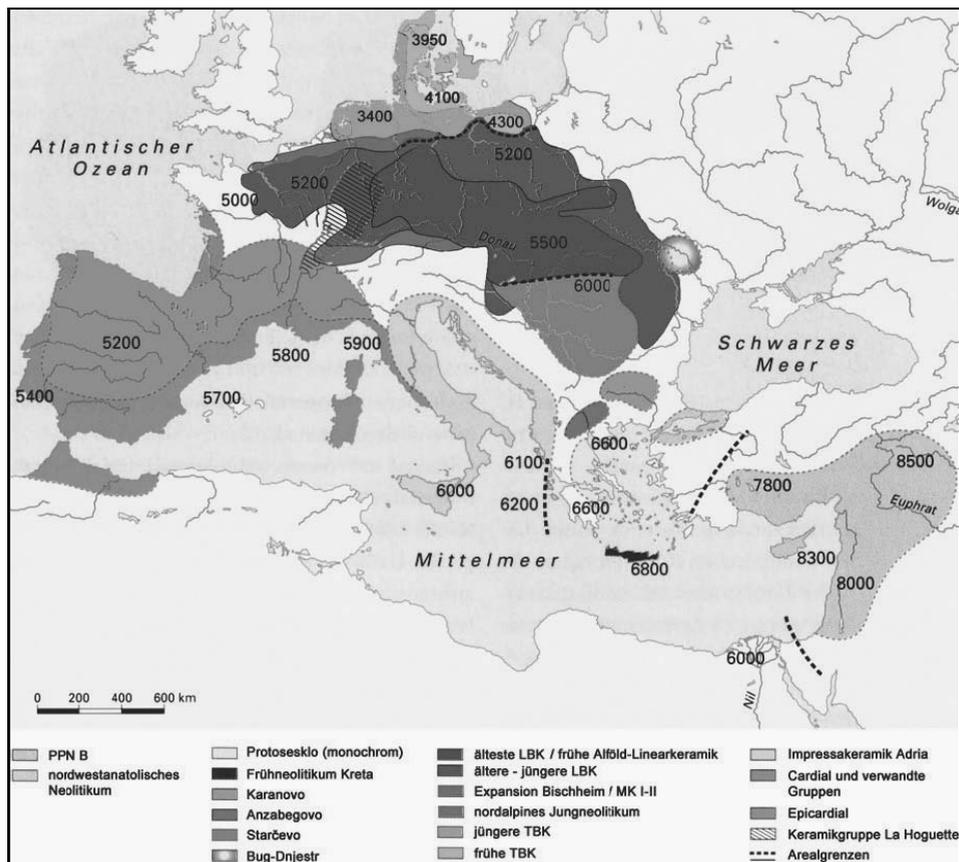


Abb. 1: Ausbreitung der neolithischen Wirtschaftsweise mit Angaben der Jahreszahlen BC (aus SCHIER 2009, dort farbig unterlegt).

Entlang der Mittelmeerküsten gelangte die bäuerliche Lebensweise auf einem zweiten Weg etwa zeitgleich nach Westeuropa. Von Südfrankreich aus verbreitete sich die neolithische Wirtschaftsform weiter nach Norden und vereinte sich etwa am Rhein mit der binneneuropäischen Route der Neolithisierung aus dem Osten (GRONENBORN 2007, LANG 1994, LÜNING 2000, SCHIER 2009). Abb. 1 zeigt eine Karte mit den Ausbreitungszeiträumen.

Die Epoche der ersten Ackerbauern in Mitteleuropa wird nach dem typischen bandförmigen Muster in ihren Keramiken als „(Linien-)Bandkeramik“ (=LBK) bezeichnet, die sich in verschiedenen Phase weiter unterteilen lässt (z.B. SCHIER 2009). Die Bandkeramiker, die vor ca. 7.500 Jahren die Landwirtschaft in Mitteleuropa begründeten, konnten bereits aus einem mehrere Jahrtausende alten Erfahrungsschatz schöpfen, den die Menschen mit dem Saatgut aus dem Vorderen Orient mitbrachten bzw. weitergaben. Die Überwindung der Entfernung vom ersten Auftreten der Landwirtschaft im europäischen Raum in Griechenland bis z.B. ins Rheinland dauerte immerhin rd. 1.000 bis 1.500 Jahre, was darauf hindeutet, dass die Bevölkerung sich nicht sehr schnell auf die neuen Lebensweisen umstellte (LÜNING 2005).

In anderen Regionen der Welt verlief die Entwicklung der Menschen anders. In Sibirien z. B. konnte man zur Zeit der ersten Ackerbauern Mitteleuropas zwar schon Keramiken herstellen, die Lebensweise der neolithischen Menschen dort ähnelte aber eher denen der mesolithischen Bevölkerung Mitteleuropas. Man lebte von der Jagd, ackerbauliche Tätigkeiten waren in weiten Teilen Eurasiens noch nicht verbreitet. Die Siedlungsreste deuten überwiegend auf nur zeitweise bewohnte, wahrscheinlich jurtenartige Behausungen hin (PARZINGER 2006). In Nordeuropa verzögerte sich der Beginn des Ackerbaus in Stufen bis auf 2.000 v. Chr. z. B. in Südschweden und Südfinnland (LANG 1994).

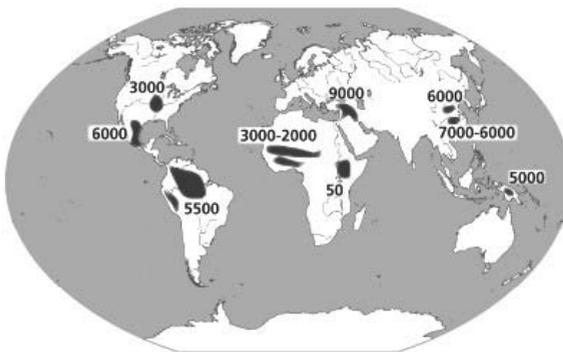


Abb. 2: Entstehungszentren des Bodenbaus (aus GRONENBORN 2006).

Abb. 2 zeigt die verschiedenen Entstehungszentren von Nutzpflanzenanbau, deren genaue Datierung je nach Autor teilweise leichte Abweichungen zeigt. Deutlich wird, dass im Bereich des Fruchtbaren Halbmondes weltweit wohl der erste Bodenbau stattfand.

Die Einführung des Ackerbaus von dort nach Mitteleuropa war wahrscheinlich auch deshalb so erfolgreich, weil zu diesem Zeitpunkt optimale und relativ stabile Klimaverhältnisse dafür herrschten (KNÖRZER et al. 1999b). Um etwa 6.000 v. Chr. begann die Klimaphase des Atlantikums, dem Klimaoptimum des Holozäns. Es war zeitweilig feuchter und wärmer als heute, genaue Aussagen zur Temperaturdifferenz zu heute werden noch diskutiert und sind sicherlich regional unterschiedlich (LÜNING 2000). Gegenüber heute lag in unseren Breiten die Jahresmitteltemperatur wahrscheinlich um etwa 1-2 °C höher, bei höheren Niederschlägen. Die alpine Waldgrenze stieg (LÜNING 2000). Typisch waren vermutlich warme Sommer und etwas mildere Winter. Es ist jedoch nicht geklärt, ob sich die 1-2°C höhere Durchschnittstemperatur des

Makroklimas nur durch angenehme warme, feuchte Sommer und milde Winter oder eventuell auch durch gelegentliche extreme Hitze und Dürre auswirkte. Auch Starkregenereignisse und Überschwemmungen sind denkbar. Auffällig ist, dass sich Besiedlungen der ersten bandkeramischen Phase meist in Gebieten nachweisen lassen, die heute als „Trockengebiete“ (mittl. Jahressumme Niederschlag < 600 mm) gelten (KREUZ 1990).

Die wichtigsten in Mitteleuropa bekannten Getreidesorten des Neolithikums *Triticum monococcum* (Einkorn), *Triticum dicoccum* (Emmer), Zwergweizen (wahrscheinlich *Triticum aestivo-compactum*) und *Hordeum vulgare* (Gerste) bildeten die kohlenhydratreiche Nahrungsgrundlage der bandkeramischen Bevölkerung. Besonders im Rheinland wurden hohe Anteile von *Bromus secalinus/arvensis* (Roggen-/Ackertrespe) zusammen mit Getreide gefunden. Angebaut wurden außerdem häufig die eiweißreichen Hülsenfrüchte *Pisum sativum* (Erbsen) und *Lens culinaris* (Linse), sowie *Linum usitatissimum* (Lein) und *Papaver setigerum* bzw. *Papaver somniferum* (Mohn) zur Ölgewinnung (KNÖRZER 1968, KNÖRZER et al. 1999b, LÜNING 2000, LÜNING 2005, RÖSCH 2007, WILLERDING 1983). Die wichtigsten Nutzpflanzen sind in Abb. 3 dargestellt.

Daneben wurden Wildpflanzen gesammelt, z. B. Beeren, Wildobst, Nüsse, Pilze, wilde Gemüse- und Salatpflanzen, z. B. Fenchel und Sellerie waren bekannt (JACOMET 1988, LÜNING 2005).

Nachgewiesene und vermutete Sammelpflanzen für das Neolithikum in Mitteleuropa (nach KNÖRZER 1971a, KÜSTER 1986, LÜNING et al. 1997, RÖSCH 2007) sind z.B.: *Chenopodium album*, *Corylus avellana*, *Allium ursinum*, *Daucus carota*, *Pastinaca sativa*, *Carum carvi*, *Cornus mas*, *Prunus spinosa*, *P. avium*, *P. padus*, *Fragaria vesca*, *Sambucus*, *Rosa*, *Trapa natans*, *Rubus ideaeus*, *R. caesius*, *R. fruticosus*, *Vaccinium spec.*

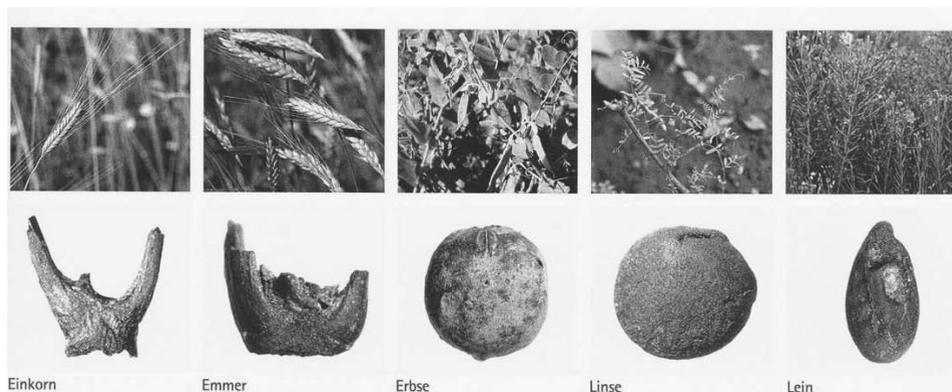


Abb. 3: Die wichtigsten Nutzpflanzen im Neolithikum und verkohlte Reste dieser Pflanzen (aus KREUZ 2006).

Der Fleischbedarf wurde durch die Haltung von den Haustieren Schaf, Ziege, Schwein und Rind und durch die Jagd gedeckt (KREUZ 1990, LÜNING 2000, MEURERS-BALKE & LÜNING 1990a). Der Anteil schwankte nach Region und Zeit und wird teilweise als Indikator für Klimaveränderungen herangezogen.

Der Beginn der Landwirtschaft lässt sich in Pollendiagrammen ablesen, wobei deutlich wird, dass sich die Landnutzung im Neolithikum nicht auf den Getreideanbau beschränkte, sondern die Wälder veränderte. Siedlungsanzeiger wie z.B. Getreidepollen, *Artemi-*

sia, *Plantago*, *Chenopodium* und *Rumex* deuten auf Veränderungen der Umwelt durch den Menschen hin (BURRICHTER 1976).

Nach Untersuchungen von BOGAARD (2004) kann man für die Linienbandkeramik nach aktuellem Forschungsstand von einer Intensivlandwirtschaft ausgehen, in der Kurzbrachen und Fruchtwechsel aber durchaus denkbar sind. Der Daueranbau, also der jährlich fortgesetzte Anbau von Feldfrüchten auf der gleichen Fläche erscheint möglich. Hierdurch kommt es bei fehlender Düngung zu einer Auslaugung des Bodens, was jedoch bei Lössböden zunächst nur wenig Auswirkungen zeigen würde. Ein weiteres Anbauverfahren könnte der ein- bis wenigjährige Anbau mit ein- bis wenigjährigen Unterbrechungen durch Kurzbrachen, vielleicht mit Beweidung, gewesen sein. Dieser ein- bis wenigjährige Anbau könnte aber auch von längeren Brachphasen unterbrochen worden sein, z. B. in Form einer Waldbrache (RÖSCH 2005), worauf Untersuchungen für das Jungneolithikum z.B. im nördlichen Alpenvorland hindeuten. Wiederholter Brand auf einer vorher durch Brandrodung urbar gemachten Ackerfläche, u.U. mit Holz von anderen Flächen, könnte Nährstoffentzug und Verunkrautung bei langdauernder Nutzung entgegenwirken (RÖSCH 2007, EHRMANN et al. 2009). Häufig finden sich, besonders im Spätneolithikum, Hinweise auf Brandrodung und Wald-Feldbau mit Brandverfahren (shifting cultivation, slash-and-burn) in Form von Holzkohle bzw. mikroskopischer Holzkohlenpartikel. Eine Zunahme der Pioniergehölze und eine Abnahme der hochwüchsigen, langlebigen Waldbäume könnten ein Hinweis sein, dass die Brandrodung kontinuierlich im Wechsel mit Ackernutzung und Wiederbewaldung durchgeführt wurde. Durch wiederholten Brand und Einschlag könnten demnach die neolithischen Naturwälder mit hochwüchsigen Schatthölzern in Schlagfluren bzw. Niederwälder oder Gebüsche umgewandelt worden sein (RÖSCH 2005, EHRMANN et al. 2009).

Zum Zeitpunkt der frühneolithischen Landnahme war die Waldvegetation nicht gleichförmig. Es überwogen dichte Eichen-Mischwälder, die Ulmen, Eschen und Linden in unterschiedlichen Anteilen enthielten. Die Lösslandschaften der Jülicher Börde waren beispielsweise mit Lindenwäldern bedeckt (KALIS 1988). Die Wälder im Osten waren floristisch mehr kontinental, im Westen mehr atlantisch geprägt, daneben gab es Auenwälder, in denen Ulmen und Eichen vorherrschten und auf trockeneren Bereichen Kiefernbestände. Später im Frühneolithikum kam stellenweise die Buche hinzu, deren Ausbreitung vermutlich durch den Menschen gefördert wurde (LÜNING 2000). In Nordrhein-Westfalen breitete die Buche sich etwa 4.000 bis 3.000 v.Chr. aus (POTT 1997). Um etwa 5.750 v.Chr. kam es zu einem drastischen Rückgang der Ulmenpollen, der als Ulmenfall bezeichnet wird. Die Ursache ist nicht hinreichend geklärt (POTT & HÜPPE 2001). Generell wird er aber als anthropogene Störung der Waldvegetation durch Schneiteln zur Laubgewinnung interpretiert, durch die sich eine Ulmenkrankheit ausgebreitet haben könnte (durch den Ulmensplintkäfer übertragenen Pilz *Ceratocystus ulmi*). Für Nord- und Nordwesteuropa ist dieser Ulmenfall recht synchron am Beginn des 4. Jahrtausend nachzuweisen (SCHIER 2009).

Im Rheinland verschob sich 5.300 v. Chr. das Pollenspektrum der Baumpollen deutlich zu Gunsten von lichtliebenden Baumarten wie Birke, Hasel und Esche. Gleichzeitig ging die Menge an Linden- und Eichenpollen zurück. Dies lässt sich durch starke Rodungsaktivitäten erklären. Die damals wahrscheinlich hauptsächlich durch Linden dominierten, ursprünglichen Waldbestände auf den Lössböden wurden für Ackerflächen dezimiert. KÜSTER (1999) vermutet, dass auf den Lössstandorten bedingt durch die naturgegebene Trockenheit die Bewaldung recht spät eingesetzt hatte und sich weniger dichte Wälder

dort ausgedehnt hatten, die vermutlich leichter zu roden waren. Dies begünstigte die Umwandlung in Ackerland.

Die Rodung erfolgte wahrscheinlich mit für die Bandkeramik nachgewiesenen quergeschäfteten Steinäxten, die eine Fällung der Bäume in Kopf- bis Brusthöhe ermöglichen (LÜNING 2005). Untersuchungen zum zeitlichen Aufwand der Rodung mit solchen Äxten sind bei EHRMANN et al. (2009) wiedergegeben. Die direkte Nutzung von Holz war für die damalige Bevölkerung von großer Bedeutung. Es diente als Brennmaterial, zum Bau von Häusern, zur Herstellung von Werkzeugen wie z. B. Hacken, Bögen, Beilen oder Spaten (KREUZ 1988, LÜNING 2005).

Grünland im heutigen Sinne gab es zur Zeit der Bandkeramiker noch nicht. Ausnahme waren vielleicht sogenannte Biberwiesen (KREUZ 1990). Erste Formen von Grünlandwirtschaft entstanden erst in der Bronze- und Eisenzeit (LANG 1994) und lassen sich z. B. für Brandenburg aus Pollendiagrammen für 3.200 - 800 v. Chr. ableiten (HAAS et al. 2003). Die Ernährungsgrundlage der Haustiere war die Waldweide und Laubfütterung, vielleicht auch eine Beweidung der Ackerbrachen. Das Vieh fand im Wald Gräser und Kräuter, Sträucher und den Jungwuchs der Bäume. Die Wälder überalterten, wurden aufgelichtet, die Artenzusammensetzung änderte sich, was sich mit Pollendiagrammen verfolgen lässt (LANG 1994).

KÜSTER (1999, 2003) gibt an, dass etwa 30-35 Hektar Wald gerodet werden mussten, um eine durchschnittliche jungsteinzeitliche Siedlung mit ca. 100 Personen mit den wenig ertragreichen Getreidesorten zu versorgen. Wenn man davon ausgeht, dass das gesamte Land in einem Radius von etwa 1.000 m im Umkreis um eine Siedlung innerhalb von ca. 15 Minuten erreichbar ist, nimmt die benötigte Ackerfläche etwa ein Zehntel dieses Kreises ein. Der Rest war vermutlich Wald zur Holzgewinnung, Brache, Viehweide, Wegfläche usw. LÜNING (2005) nimmt an, dass eine Familie mit 5-7 Personen wie in der früheren Neuzeit (16. – 18. Jahrhundert) etwa eine jährliche Getreideanbaufläche von 1,8 ha benötigte. Die würde bei einer angenommenen Größe von 100 Personen einer steinzeitlichen Siedlung etwa 30 ha Anbaufläche entsprechen und somit in der gleichen Größenordnung liegen wie die Aussagen bei KÜSTER (1999, 2003).

Der Kulturwandel vom Jäger zum Bauern vollzog sich rasch. Genetische Untersuchungen von BOLLONGINO et al. 2006 scheinen auf eine Vermischung der einwandernden Bauern mit den ansässigen Jägern und Sammlern hinzuweisen. Allerdings zeigen Vergleiche von BRAMANTI et al. (2009) von mitochondrialen DNA-Sequenzen von späten europäischen Jäger- und Sammlerskeletten, Skeletten früher (neolithischer) Bauern und modernen Europäern wenig Übereinstimmung. Daraus kann man schließen, dass die ersten Bauern eher eingewandert sind und nicht die Nachkommen der Jäger-Sammler in Mitteleuropa waren. GRONENBORN (2005) geht davon aus, dass sich die Bevölkerungsgruppen durch weitreichende, schon 1.000 Jahre vor Einführung des Ackerbaus bestehende Tauschnetzwerke kannten.

1.2 Unkräuter früher und heute

Als Unkraut werden Pflanzen der spontanen Begleitvegetation von Kulturpflanzenbeständen bezeichnet, die sich an die ökologischen Bedingungen der von Menschen geschaffenen Standorte anpassen können, wobei sie sich gegen menschliche Aktivitäten behaupten. Die Bezeichnung „Unkraut“ ist subjektiv, denn ohne den Menschen wäre jedes Unkraut eine normale Pflanze, weshalb teilweise stattdessen der Begriff „Wild-

kraut“ verwendet wird. Unkräuter sind meist unerwünscht, da aus Sicht des Betrachters ein wirtschaftlicher Schaden oder zumindest eine Störung des ästhetischen Empfindens durch ihr Vorhandensein eintreten könnte (KREUZ 1993).

Da das Vorhandensein von bestimmten Unkräutern auf gewisse menschliche Tätigkeiten, aber auch auf Boden- und Klimaverhältnisse schließen lässt, sind Unkrautfunde für die archäobotanische Forschung sehr aussagekräftig. Dabei sind besonders solche Arten interessant, deren Vorkommen und Einwanderung in ein zu untersuchendes Gebiet durch menschliche Aktivitäten (direkt oder indirekt) bedingt sind, die so genannten Anthropochoren. Man kann sie nach Einwanderungszeit, Einwanderungsweise und Einbürgerungsgrad klassifizieren (LANG 1994). Sind Pflanzen schon zu prähistorischen Zeiten (also z. B. zur Zeit der Bandkeramik) eingewandert, bezeichnet man sie als Archaeophyten. Einige Ackerunkräuter sind Neophyten, Zuwanderer aus der „neuen Welt“, also z. B. aus Nord- und Südamerika, deren Ausbreitung bis heute nicht abgeschlossen ist (POTT 1992). Manche typischen Unkräuter sind ohne menschliches Zutun in einem bestimmten Gebiet einheimisch (indigen), die so genannten Idiochoren. KREUZ (1990) bezeichnet als Idiochoren auch Pflanzen, die ohne das direkte oder indirekte Zutun des Menschen in ein Untersuchungsgebiet eingewandert sind, z. B. nach der letzten Eiszeit.

Die auf einem Acker vorkommenden Pflanzen lassen sich als Bioindikatoren z. B. für Bodenreaktion, Stickstoffgehalt oder Wasserhaushalt des Bodens benutzen. Dazu hat ELLENBERG et al. (2001) ein System mit Zeigerwerten entwickelt, das auf Erfahrungen zu typischen Standorten der jeweiligen Pflanze beruht. Jedoch ist Vorsicht geboten bei der Interpretation von prähistorischen Unkrautfunden. Die heutige, reale ökologische Amplitude einer Art ist häufig kleiner als die potentielle ökologische Amplitude (KNÖRZER 1971). Außerdem muss man veränderte Klima- und Bodenbedingungen, andere Kulturmaßnahmen sowie andere Konkurrenzverhältnisse (z. B. durch Neophyten) auf heutigen Kulturflächen im Vergleich zu früheren Zeitepochen berücksichtigen. Rückschlüsse auf Standorte, Bodenverhältnisse, Nährstoffversorgung usw. lassen sich, unter Vorbehalt, trotzdem aus archäobotanischen Funden ziehen.

Oft besiedelten heutige Unkräuter ursprünglich bestimmte ökologische Nischen, z. B. Waldlichtungen oder Flussufer und haben durch die Schaffung von neuen Lebensräumen durch den Menschen ihr Verbreitungspotential stark vergrößert (KREUZ 1993). Ackerunkräuter sind eng mit dem Kulturpflanzenanbau und seiner geschichtlichen Entwicklung verbunden. Die historische Geobotanik setzt die Zahl der für eine bestimmte Zeitepoche nachgewiesenen Segetalpflanzen in Bezug zur Vielfalt bzw. Monotonie der damaligen Ackerflächen (KÜSTER 1994). Viele Ackerunkräuter würden ohne das menschliche Zutun fehlen. Einige stammen aus nitrophilen Spülsäumen, andere aus dem mediterranen Raum, oder, wie die Wildformen unserer Getreide, aus den Steppen oder Gebirgen Vorderasiens. Die tatsächlichen Abläufe in der Geschichte der Ackerunkräuter sind sehr komplex. Die Zahl der nachgewiesenen Unkräuter steigt seit dem Einsetzen des Ackerbaus in Stufen an (s. Abb. 4) und wurde von WILLERDING (1986) untersucht. Für jede neue Epoche des Ackerbaus gibt es andere typische Getreideunkräuter, wobei bereits in der Jungsteinzeit viele der heute häufigen Arten in Mitteleuropa schon vorkamen (KÜSTER 1992).

Auffällig bei Untersuchungen der Wildkrautflora aus dem Neolithikum ist, dass die Gesamtartenzahl im Gegensatz zu späteren Zeitepochen sehr gering ist. Im Neolithikum und auch in der anschließenden Bronzezeit waren lange Zeit nur rd. 60 Arten (s. Abb. 4) von Wildpflanzen bzw. Getreideunkräutern nachzuweisen.

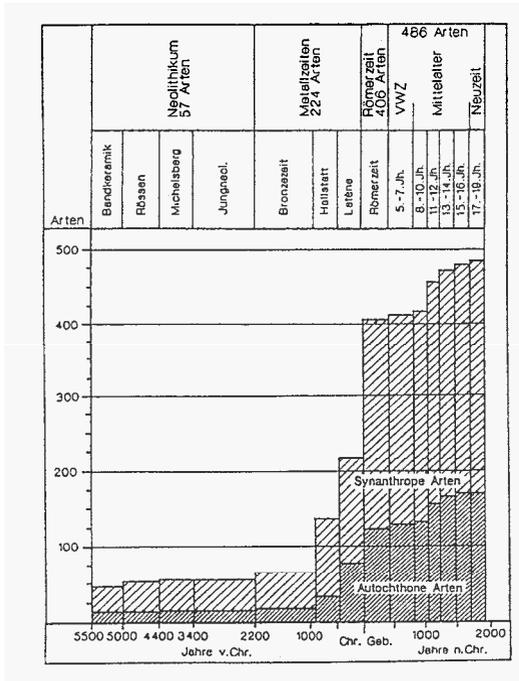


Abb. 4: Artenzahl nachgewiesener Wildkräuter vom Neolithikum bis zur Neuzeit (aus LÜNING 2000).

Dies spricht für relativ konstante Wirtschaftsmethoden und Umweltfaktoren über diesen langen Zeitraum. Neuere Untersuchungen, insbesondere von Feuchtböden, konnten durch die besseren Erhaltungsbedingungen die Anzahl an Arten leicht erhöhen und zeigen, dass während des Neolithikums schon Verschiebungen innerhalb der Unkrautflora deutlich wurden (z. B. KNÖRZER 1998, RÖSCH 2007). So schwankt z. B. die Zahl der Stickstoff- und Kalkzeiger und die Zahl der einjährigen Unkräuter gegenüber der mehrjährigen (LÜNING 2000). Unterschiedliche Voraussetzungen bei der Erhaltung der Unkräuter sind bei der Interpretation

zu beachten. In Feuchtsedimenten sind durch bessere Konservierungsbedingungen meist deutlich mehr Arten erhalten geblieben als in verkohlten Funden. KNÖRZER (1998) konnte aus einem neolithischen Brunnen insgesamt 137 Wildpflanzenarten nachweisen, von denen er 92 als einheimisch einstuft, da sie z.B. zur natürlichen Vegetation der Wälder, Staudenfluren und Gebüsche gehören. Von den 43 weiteren Arten nimmt er an, dass es sich um synanthrope Pflanzen handelt, die durch die Schaffung von wenig beschatteten Freiflächen durch die Einführung des Ackerbaus in das Rheinland gelangten.

Ab der Eisenzeit steigen die Artenzahlen nachweisbarer Unkräuter deutlich an (s. Abb. 4). Dies hat vermutlich mit neuen Wirtschaftsmethoden durch den zunehmenden Einsatz von Metallgeräten, Hinzunahme weiterer (schlechterer) Standorte für die Landwirtschaft und weiteren Veränderungen durch Eingriffe in die Umwelt zu tun. Daneben bedingten sich ausweitende Handelsbeziehungen eine aktive und passive Einschleppung von Arten. Bis zur Neuzeit steigert sich die nachweisbare Artenzahl der Wildkräuter auf etwa das zehnfache, nämlich auf etwa 650 Arten (WILMANN 1998). Aktuell ist allerdings eine zunehmende Verarmung der Wildpflanzenflora zu verzeichnen.

Mit dem Beginn des Ackerbaus war der Mensch gezwungen, die Unkräuter als Konkurrenten zu den angebauten Nutzpflanzen zu verdrängen. Die mechanische Bekämpfung durch Hacken, Pflügen und Jäten war für viele Jahrtausende die einzige Möglichkeit der Bekämpfung. Die moderne Landwirtschaft kennt seit etwa 1900 ätzende Düngesalze und etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts Herbizide zur Vernichtung der unerwünschten Platz- und Nährstoffräuber (WILMANN 1998). Dies führte zu einer Monotonisierung auf den Ackerstandorten (KÜSTER 1994).

Ackerunkräuter bereiten durch Nährstoff- und Wasserentzug, Beschattung, Erschwerung der Ernte durch windende Arten und als potentielle Wirtspflanze für Schädlinge Probleme. Sie können aber auch positive Effekte auf einen Ackerstandort haben. Sie fördern die Bodengare durch bessere Bodendurchwurzelung und Beschattung, wodurch sich nützliche Mikroorganismen und Tiere ansiedeln, können vor Erosion schützen und erhöhen z. B. in Obstgärten durch Förderung von Nützlingen die Wirkung biologischer Schädlingsbekämpfung (WILMANN 1998). Unkräuter sind ein Gen-Reservoir, das unbedingt erhaltenswert ist. Einige Arten sind wichtige, auch heute noch genutzte Heilpflanzen, z. B. der Spitzwegerich und die Kamille.

Auf einem Acker müssen die sich dort spontan ansiedelnden Pflanzen der Unkrautflora auf häufige Störungen einstellen können, z. B. durch Bodenbearbeitung, Jäten, chemische Herbizidbekämpfung und starke Schwankungen in der Nährstoffversorgung durch Düngung. Durch diese teilweise massive (Zer-) Störung entsteht eine große floristische Verwandtschaft zu einjährigen Ruderalgesellschaften, wie sie beispielsweise auf Schutt und an oft gestörten Plätzen zu finden sind. Ackerunkräuter zeigen verschiedene Anpassungsmechanismen, die man in drei Haupttypen von Strategien einteilen kann (WILMANN 1998).

Die erste Strategie ist die der Samenunkräuter. Diese Therophyten entwickeln bis zu 4 Generationen pro Jahr, haben eine kurze Generationsdauer und sind oft ganzjährig zur Keimung fähig. In milden Wintern können sie das ganze Jahr wachsen. Mehrere Generationen nebeneinander sind ebenso möglich wie gleichzeitig blühende und fruchtende Einzelpflanzen. Sie bilden viele Samen (z. B. *Amaranthus reflexus* bis zu 500.000 Samen pro Pflanze) mit langer Keimfähigkeit (teilweise bis zu 1.700 Jahre nachweisbar). Diese bleiben als Samenbank im Boden, bis sich geeignete Bedingungen bieten, um sich dann schnell bis zur Samenreife zu entwickeln (WILMANN 1998).

Die zweite Strategie stellen die Dauerunkräuter dar, die sich mit Hilfe von unterirdischen Rhizomen oder Wurzeln nach einer Störung schnell wieder regenerieren können. Gelegentliche Bodenbearbeitung kann durch Fragmentierung von Rhizomen die Vermehrung einiger dieser Arten sogar fördern. Typische Beispiele sind *Agropyron repens*, *Cirsium arvense* oder *Convolvulus arvensis*. Sie besitzen statt einer Samenbank eine Knospenbank (WILMANN 1998).

Die dritte Strategie ist die Angleichung oder Imitation der sogenannten „crop mimetics“. Die von Samenunkräutern abgeleiteten Spezialisten haben sich an die Morphologie bzw. den Lebenszyklus „ihrer“ Kulturpflanze so gut angepasst, dass sie nur schwierig eliminiert werden können. Reis wird z. B. durch *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola* vegetativ so täuschend imitiert, dass das Unkraut nicht gejätet wird (WILMANN 1998).

Man unterscheidet die Samenunkräuter nach ihrem Entwicklungszyklus, wobei eine Art aber auch mehrere Möglichkeiten der Entwicklung haben kann. Sommereinjährige Pflanzen sind oft Licht- oder Wärmekeimer und entwickeln sich im Sommerhalbjahr bis zur Samenreife. Die Samen überwintern im Boden und zeichnen sich häufig durch eine Dormanz (Samenruhe) aus. Wintereinjährige überdauern den Winter als Jungpflanze. Einige Ackerunkräuter stellen sich durch Heterocarpie (Bildung verschiedenartiger Früchte) an einer Pflanze auf potentiell verschiedene Möglichkeiten ein (POTT 1992, WILMANN 1998). Ein Beispiel dafür ist *Chenopodium album*, das in Kap. 1.2.1.1. dargestellt wird.

GRIME (2001) entwickelte für Pflanzen eine Einteilung in Strategietypen. Die C-Strategen (= Competitors) behaupten sich durch Konkurrenzstärke. Die S-Strategen (S=

Stress-tolerants) sind in der Lage, Stress in Form von Mangel (z.B. Licht, Nährstoffe, Wasser) zu ertragen. An neu entstandene Standorte sind die R-Strategen (R= Ruderals) angepasst. Ackerunkräuter sind oft als Übergangsformen anzusprechen, da ihr Standort durch häufige Störung, Stress und Konkurrenz durch die Nutzpflanzen verschiedene Anpassungsstrategien fordert. So werden z.B. *Chenopodium album* und *Galium aparine* von GRIME (2001) als competitive-ruderal eingestuft, die sich gegenüber Ruderals u.a. durch eine längere Wachstumsperiode abgrenzen.

Heute unterscheidet man Unkräuter gewöhnlich nach ihrem Wuchsort. Die Segetalpflanzen besiedeln vermehrt Äcker und Gärten, die Ruderalpflanzen findet man vorwiegend auf Wegen, Plätzen, Schutt, Müllablagerungen und Ruinen. Ob in der Bandkeramik bzw. im Neolithikum diese Trennung schon deutlich wurde, ist fraglich (KREUZ 1993).

Ackerunkräuter kommen häufig in typischen Artzusammensetzung vor, aus denen Ackerunkrautgesellschaften abgeleitet werden. Die heutigen sind wohl erst vor wenigen Jahrhunderten oder Jahrzehnten entstanden, wobei insbesondere die Bewirtschaftungsformen und die Konkurrenz neu hinzugekommener Arten wichtige Einflüsse hatten. Vollständige, intakte Artenkombinationen haben in der modernen, intensiven Landwirtschaft historischen Wert (KÜSTER 1985).

Ackerunkrautgesellschaften werden aktuell (nach HÜPPE & HOFMEISTER 1990) mit den Ruderalgesellschaften zusammengefasst zu der Klasse Stellarietea mediae. Im 20. Jahrhundert waren sie mehrfach neu gruppiert und unter verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt worden, z. B. durch Braun-Blanquet und Oberdorfer. Dabei war teilweise eine Trennung der Acker- und Ruderalgesellschaften auf Klassenebene in Secalietea und Chenopodietea erfolgt (HÜPPE & HOFMEISTER 1990, WILMANN 1998).

Nach dem gut belegten, anerkannten System nach HÜPPE & HOFMEISTER (1990) werden die Ackerunkrautgesellschaften in der Unterklasse *Violenea arvensis* von den einjährigen Ruderalgesellschaften, der Unterklasse *Sisymbrienea*, abgegrenzt.

Die Unterklasse *Violenea arvensis* wird gegliedert in folgende 2 Ordnungen mit 5 Verbänden (Nomenklatur nach HÜPPE & HOFMEISTER 1990):

Ordn. *Sperguletalia arvensis* (Spörgel-Gesellschaften, auf basenarmen Böden, Winter und Sommerfrucht):

- Verband 1 *Aperion spicae-venti* (Windhalm-Äcker, Wintergetreideäcker basenarmer Böden)
- Verband 2 *Digitario-Setarion* (Hirsens-Äcker, Hackfruchtäcker basenarmer, sommerwarmer Sandböden)
- Verband 3 *Polygono-Chenopodion-polyspermi* (Gänsefuß-Gesellschaften, Hackfruchtäcker kalkarmer frischer Lehm Böden)

Ordn. *Papaveretalia rhoeadis* (Klatschmohn-Gesellschaften, auf basenreichen Böden, Winter- und Sommerfrucht):

- Verband 1 *Fumario-Euphorbion* (Erdrauch-Gesellschaften, Hackfruchtäcker und Sommerfruchtgesellschaften basen- und nährstoffreicher Böden)
- Verband 2 *Caucalidion platycarpu* (Haftdolden-Gesellschaften, Wintergetreideäcker trockener Kalkböden)

Die Bodenverhältnisse sind zur Trennung auf Ordnungsebene von größerer Bedeutung als die Bewirtschaftungsform. Auf der Stufe der Verbände erfolgt die weitere Untergliederung in Hackfrucht- und Halm-, bzw. Sommer- und Winterfrucht-Unkrautgesell-

schaften. Es wurden 5 Verbände beschrieben, die sich in 20 Assoziationen untergliedern (HÜPPE & HOFMEISTER 1990, WILMANN 1998). Eine weitere Untergliederung sowie die Beschreibung der 20 einzelnen Assoziationen werden bei HÜPPE & HOFMEISTER (1990) dargestellt.

Im Vergleich mit der älteren, aber z.T. noch gebräuchlichen Gliederung entsprechen die Verbände 2 – 4 den bisherigen *Chenopodietalia albi* bzw. die Verbände 1 und 5 den bisherigen *Centauretalia cyani* (WILMANN 1998). Diese finden sich beispielsweise noch bei DIERBEN (1996) als Untergliederung der Klasse *Stellarietea mediae*. ELLENBERG et al. (2001) untergliedert ähnlich wie OBERDORFER (2001) auf eine noch andere Weise, wobei bereits auf Klassenebene getrennt wird.

1.2.1 Typische Unkräuter im Neolithikum

Aus der Zeit der Bandkeramik bzw. des Neolithikums liegen viele archäobotanische Untersuchungen zur Wildkrautflora vor. Das Rheinland, der Raum Aachen und das Alpenvorland (Seeufersiedlungen mit Feuchtsedimenten) sind besonders gut untersucht. In vielen dieser archäobotanischen Untersuchungen aus der Zeit der Bandkeramik und des späteren Neolithikums treten im Zusammenhang mit Getreidefunden immer wieder 10 bis etwa 14 typische Unkräuter (Arten bzw. Gattungen) hervor. Diese Konstanz deutet auf ein regelmäßiges Auftreten in Getreidefeldern hin. LÜNING & MEURERS-BALKE (1980) schließen aus der großen Einförmigkeit der gefundenen Unkräuter auf eine über mehrere Jahrhunderte routinierte, konstante Durchführung von Aussaat, Pflege und Ernte der Getreidefelder.

Obwohl die Zusammensetzung von Pflanzenmaterial aus archäobotanischen Funden nicht einer real existierenden Pflanzengemeinschaft entspricht (KALIS & MEURERS-BALKE 1993), kann man, unter Vorbehalt, eine regelmäßig auftretende Getreideunkraut-„Gesellschaft“ annehmen, die jedoch wohl nur in Fragmenten in den Getreidefunden erhalten geblieben sein wird. KNÖRZER (1971, 1971b, 1971c, 1997, 1998) spricht von der ersten *Secalietea*-Gesellschaft Europas, die von ihm den Namen Bromo-Lapsanetum erhält, häufig ergänzt durch den Zusatz „praehistoricum“, da sie in der vermuteten Zusammensetzung heute nicht mehr vorkommt. Diese Bezeichnung wird von verschiedenen Autoren erwähnt (z.B. JAKOMET & KREUZ 1999, Kreuz 1990, KÜSTER 1985, LÜNING 2000). Die Ableitung einer Pflanzengesellschaft im heutigen Sinne aus archäobotanischem Fundmaterial ist zu recht umstritten (KÜSTER 1985, 1992, EHRMANN et al. 2009). Die Pflanzenreste können auf vielfältige Weise rekombiniert und selektiert worden sein, z. B. bei der Ernte, beim Transport, bei der Verwendung oder bei der Ablagerung, so dass die ursprüngliche Pflanzengesellschaft nicht mehr erkennbar sein muss (LÜNING 2000). Manche Autoren sprechen von Thaphozönosen (Grabungsgesellschaften), Thanatozönosen (sekundäre Kombination von pflanzlichen Belegen), Paläobiozönosen (originale Artenkombination einer Pflanzengesellschaft, autochthon oder allochthon) oder Orytozönosen (Ausgrabungsgesellschaften) (LÜNING 2000, SOMMER 1991, WILLERDING 1988). Die Artenzusammensetzung des sogenannten Bromo-Lapsanetums scheint aber durch die Häufung der Funde die Flora auf einem neolithischen Getreideacker gut wiederzuspiegeln. Der Name dieser imaginären Pflanzengesellschaft soll deshalb hier für diese Artzusammensetzung unter dem Vorbehalt, dass es sich nicht um eine wirkliche, eindeutig beschriebene und vollständige Pflanzengesellschaft im heutigen Sinne handeln kann, beibehalten werden, um die regelmäßig gemeinsam

auf tretenden Arten zusammenzufassen. KREUZ (1990) stuft das Bromo-Lapsanetum als Besonderheit des Niederrheins und westlich anschließender Gebiete mit atlantisch getöntem Klima ein. Jedoch gibt es vergleichbare Funde z. B. für das Neckarland.

Der Name Bromo-Lapsanetum ergibt sich aus zwei typischen Vertretern dieser hypothetischen Pflanzengesellschaft, nämlich *Bromus sterilis* (bzw. *B. secalinus*) und *Lapsana communis*.

Durch zahlreiche archäobotanische Auswertungen geht KNÖRZER (1998) davon aus, dass das Bromo-Lapsanetum über einen Zeitraum von bis zu 4.000 Jahren in rheinischen Kornfeldern regelmäßig zu finden war. Er begründet das stetige Auftreten mit einer während der gesamten Jungsteinzeit gleich bleibenden Erntetechnik, wenngleich sich das Neolithikum in deutliche Phasen unterteilen lässt, die auch Unterschiede in den nachweisbaren Unkräutern zeigen. Er nimmt an, dass die beiden häufig angebauten Spelzgetreide Einkorn und Emmer durch ein verlustfreies Ährenpflücken geerntet wurden, wobei die reifen Ähren in Büscheln gegriffen und durch ein kurzes Abknicken vom Halm getrennt werden. Dabei können Samen von hochwüchsigen bzw. windenden Unkräutern mit erfasst werden, wenn diese sich in der Höhe der Getreideähren befinden (Abb. 5). Dafür spricht, dass Samen von heute niederwüchsigen Getreideunkräutern in den Getreidefunden aus der Bandkeramik weitestgehend fehlen. Diese nahmen in den Metallzeiten zu, als durch den Einsatz von Metallsicheln ein tieferer Schnitt wahrscheinlich wurde (KNÖRZER 1998, WILLERDING 1988). Dabei ist es nicht auszuschließen, dass weitere Unkräuter trotz fehlendem Nachweis stetig in neolithischen Getreideäckern vorkamen. Gründe hierfür könnten neben der Erntemethode sein, dass ihre Samen entweder leicht verbrennen statt zu verkohlen, dass sie klein oder vergänglich sind und deshalb übersehen werden oder dass die Vermehrung weniger über Samen, sondern vorwiegend vegetativ stattfand oder sie zu anderen Zeitpunkten fruchten. In einigen ausgewerteten Funden aus dem Neolithikum kommen auch niederwüchsige Unkrautarten in Form von Früchten oder Samen vor, z. B. bei Untersuchungen aus Hochdorf, Landkreis Ludwigsburg (KÜSTER 1992).

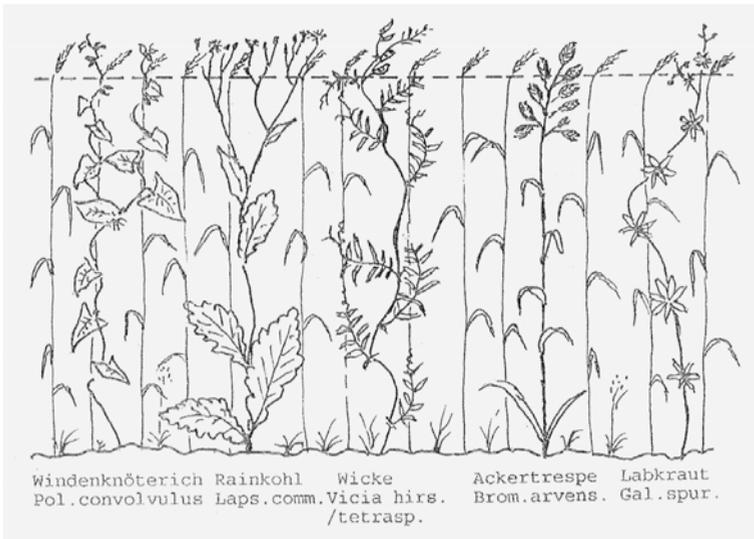


Abb. 5: Idealisiertes Wuchsverhalten von Getreide mit Unkräutern aus dem Bromo-Lapsanetum (aus KNÖRZER 1998). Die Früchte erreichen Ährenhöhe.

KÜSTER (1994) sieht als Ursache für die begrenzte Anzahl von nachgewiesenen Segetalpflanzen zur Zeit der Linienbandkeramik (s. auch Abb. 4) hauptsächlich die eingeschränkte Vielfalt von Ackerstandorten. Ackerbau wurde in Lösslandschaften betrieben, wodurch fast ausschließlich monotone Lössäcker existierten. Mit der zunehmenden Nutzung von Metall zu späteren Zeiten konnten die Menschen durch bessere Techniken bei der Bodenbearbeitung auch andere Böden ackerbaulich nutzen, wodurch eine größere Vielfalt an ökologischen Nischen entstand und somit auch ein größeres Spektrum an Ackerunkräutern nachgewiesen werden konnte.

KNÖRZER (1971c) hingegen sieht den Grund für eine Zunahme niederwüchsiger Unkräuter in der Eisenzeit in einer neuen Erntetechnik, da mit Metallsicheln ein tieferer Schnitt des Getreides möglich war, wodurch auch niederwüchsige Unkräuter erfasst wurden.

Für die jungneolithische Siedlung Hornstaad am Bodensee hat MAIER (1991, zit. nach LÜNING 2000) aus dem Unkrautspektrum eine Ernte im oberen bis mittleren Halmbereich abgeleitet und dazu eine Abbildung zur Wuchshöhe der Unkräuter und Getreide mit Stetigkeiten erstellt. Auch hier sind 7 Arten des Bromo-Lapsanetums in teilweise hoher Stetigkeit nachgewiesen worden und werden zu den hoch- bis mittelhohen Arten gezählt. Es wird jedoch nur von idealisierten, absoluten Wuchshöhen der Unkräuter und Getreide ausgegangen, ohne Variationen zu berücksichtigen.

Das hypothetische Bromo-Lapsanetum (nach KNÖRZER 1971, 1998 u.a.) setzt sich aus folgenden Arten zusammen, wobei sich bei einigen Gattungen die Arten nicht immer sicher zuordnen ließen (Nomenklatur nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998)):

Bromus secalinus, *B. sterilis*, *B. arvensis*

Chenopodium album

Fallopia convolvulus (Syn.: *Polygonum convolvulus*)

Galeopsis tetrahit, *G. segetum*

Galium spurium, *G. aparine*

Lapsana communis

Persicaria maculosa (Syn.: *Polygonum persicaria*)

Phleum pratense

Poa spec.

Rumex spec. (*sanguineus*, *acetosella*, *crispus* ?)

Vicia hirsuta, *V. tetrasperma*, *V. angustifolia*

Es gibt viele archäobotanische Untersuchungen anderer Autoren, bei denen mehrere Arten des Bromo-Lapsanetums für das Neolithikum nachgewiesen worden sind (z.B. BAKELS et al. (1993), HÜPPE (1987), KREUZ (1990, 1993), KÜSTER (1994), PIENING (1988), RÖSCH (2005), WILLERDING (1983, 1988)). Viele dieser Arten werden als typisch für das Neolithikum eingestuft, auch ohne in Zusammenhang mit dem sogenannten Bromo-Lapsanetum gebracht zu werden. Ihr regelmäßiges Auftreten macht sie für die Interpretation von Lebens- und Wirtschaftsweise in der Bandkeramik bzw. dem Neolithikum in jedem Fall bedeutungsvoll.

Die Arten des Bromo-Lapsanetums werden in den folgenden Kapiteln ausführlich vorgestellt. Dazu wurden aus der vorhandenen Literatur neben allgemeinen Eigenschaften der Arten insbesondere Daten zur Größe und Anzahl der Samen, zu Keimungsvoraussetzungen, zur Überlebensdauer im Boden und zur Herkunft der Pflanzen zusammengetragen. Weiterhin werden frühe archäobotanische Nachweise zeitlich eingeordnet und die Nutzungsmöglichkeiten zusammengestellt.

1.2.1.1 *Chenopodium album* (Weißer Gänsefuß)

C. album ist eines der am weitesten verbreiteten Acker- und Gartenwildkräuter überhaupt. Man findet die Art heute auf der ganzen nördlichen und südlichen Halbkugel (HANF 1990). Der Name leitet sich von einer silbrig-weißlichen Bemehlung (Blasenhaare) auf der Blattoberseite der Pflanzen ab, die sogar schon bei den Keimblättern erkennbar ist.

Die Wuchshöhe der aufrecht wachsenden Pflanze liegt zwischen 10 cm und 200 cm, je nach Wuchsbedingungen. Sie kann bis zu 1 m tiefe Wurzeln entwickeln (CREMER et al. 1991). Bei *C. album* handelt sich um eine sehr formenreiche Sippe, die oft in verschiedene Unterarten bzw. Varietäten unterteilt wird, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

Nach HANF (1990), OBERDORFER (2001) und WEBER (1995) ist *C. album* sehr häufig und besiedelt Äcker, Gärten, Ufer, Schläge, Wege und Ruderalfluren, auf Äckern mit Schwerpunkt in Blattfruchtkulturen und Sommergetreide, wobei hier durch Lichtmangel meist nur kleine Wuchshöhen ausgebildet werden.

Bevorzugt werden nährstoffreiche Böden, trocken bis frisch, die humos bis roh sein können. HANF (1990) beschreibt ein Auftreten hauptsächlich auf lockeren, nicht austrocknenden, stickstoffhaltigen, humosen Lehm- und Sandböden, denen die Pflanze besonders große Nährstoffmengen entzieht. Allerdings werden auch ungünstige Standorte besiedelt, wo sich *C. album* jedoch nur klein und unterentwickelt zeigen kann, aber meist trotzdem zur Samenreife gelangt. Bereits 10 cm hohe Pflanzen blühen und fruchten gelegentlich. Dies ist bei einem Aufkeimen im Herbst zu beobachten, wenn nur noch eine kurze Vegetationsperiode zur Verfügung steht.

Die Pflanze ist sommereinjährig und erfriert schnell. Die Keimtemperatur ist sehr variabel, sie liegt zwischen 2°C und 40 °C (CREMER et al. 1991). Die Keimung erfolgt meist in 0,5 cm bis 3 cm Tiefe, bei gut durchlüfteten, trockenen Böden auch bis zu 8 cm Tiefe. Hauptkeimzeit ist das späte Frühjahr (CREMER et al. 1991, HANF 1990).

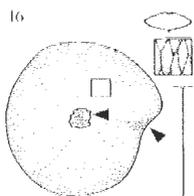
Bereits für das Spätglazial wurden Pollen von *C. album* nachgewiesen, wobei die Häufigkeit aber mit zunehmender Vegetationsdichte abnahm (HANF 1990). ARLT & EGGERS (1997) nennen als Herkunft für *C. album* Mitteleuropa oder Eurasien. Auch BONN & POSCHLOD (1998) erwähnen Nachweise aus vorneolithischer Zeit, wobei der primäre Lebensraum entlang von Flussläufen vermutet wird, in den nährstoffreichen, periodisch trockenfallenden Auen. Die Häufigkeit der Pflanzen nimmt mit der Einführung des Ackerbaus im Neolithikum stark zu. Wahrscheinlich kam *C. album* in der Jungsteinzeit als Kulturbegleiter verstärkt nach Mitteleuropa (HANF 1990, OBERDORFER 2001) oder hat sich von natürlichen Standorten in Gebiet auf die neu entstandenen Ackerstandorte ausgebreitet. Eine Nutzung als Sammelpflanzen schon während des Mesolithikums im Rheinland scheint nahe zu liegen (KNÖRZER et al. 1999b).

C. album kann als Gemüsepflanze, Salat und die Samen als Mehlfrucht genutzt werden. So beschreibt FRANKE (1981) aus Nordindien, das aus ihr stärkehaltiges Mehl gewonnen wird. Auch HANF (1990) erwähnt eine Nutzung der stärke-, fett- und eiweißreichen Samen aus Gebieten mit Höhenlagen um 2.000 m ü. NN. in Nordwestindien.

LÜNING (2000) beschreibt viele verkohlte Funde aus dem Neolithikum von *C. album* im unreifen Zustand, woraus er schlussfolgert, dass die Pflanze als Gemüse gegessen wurde. Er vermutet aber auch eine Nutzung der stärkehaltigen Samen. Der Weiße Gänsefuß ist für das Neolithikum die häufigste nachgewiesene Unkrautart, wobei man mehrfach reine Funde der Pflanze vorfand, was wahrscheinlich auf eine systematische Sammlung als Nahrungsmittel zurückzuführen ist. Neben sehr zahlreichen Funden im Rheinland ist sie

z. B. auch für das Neolithikum in Niederbayern, bei Ulm und am Bodensee nachgewiesen (LÜNING 2000). BOGAARD (2004) bezeichnet die Annahme einer Nutzung von *C. album* als weit verbreitet. WILLERDING (1983) nennt *C. album* als typisches Wildgemüse. Auch als Heilpflanze könnte es in Frage kommen. Außerdem könnte die Art als Farbstofflieferant genutzt worden sein. Mit dem Kraut kann man Gelb-Braun und Rot färben. WILLERDING (1986) erwähnt die Gewinnung von rotem Farbstoff zur Färbung von Leder aus den Blättern von *C. album*. Außerdem berichtet er von dem Vorhandensein von Samen dieser Pflanze im Mageninhalt von Moorleichen und über eine Nutzung der Samen zu Nahrungszwecken durch Schwarzfuß-Indianer Nordamerikas. Er beschreibt verschiedene Ursachen für das Vorhandensein von *C. album*-Samen in erhaltungsgünstige Ablagerungen. Die Samen waren nach Untersuchungen der Landwirtschaft um 1930 in Ackerboden, Getreidespreu, Druschabfällen, Dung verschiedener Tierarten, Reinigungsabfall und Heubodenkehricht in hohen Anzahlen vorhanden. Nach CREMER et al. (1991) besitzt der Weiße Gänsefuß zwei verschiedene Samentypen. Der erste Typ ist größer, rundlich, schwarz und glänzend, der zweite Typ kleiner, flach, hellbraun und matt. PODHAJSKA & RIVOLA (1992) ordnen diesen beiden Samentypen unterschiedliche Keimfähigkeiten zu. Die schwarzen, glänzenden, größeren Früchte keimen demnach schlecht, bleiben dafür aber viele Jahre keimfähig, nach CREMER et al. (1991) 40 Jahre nach längerer Keimhemmung. WILMANN (1998) berichtet von einer glaubhaft geprüften Keimfähigkeit der Samen von mehr als 1.700 Jahren, unter frühgeschichtlichen Ablagerungen. Der zweite Typ von Samen, der kleiner, matt und hellbraun ist, hat eine dünnere Schale, keimt dadurch gleich nach der Reifung, bleibt nicht lange keimfähig und stirbt schnell ab (PODHAJSKA & RIVOLA 1992).

Die Zahl der gebildeten Früchte (einsamige Nüsse) variiert stark mit der Pflanzengröße und der Nährstoffversorgung. Sie reicht von wenigen Samen bei kümmerlichem Wuchs bis zu einer Million (HANF 1990). CREMER et al. (1991) nennen als Größenordnung 3.000 bis 20.000 Früchte. Nach LÜNING (2000) liefert eine Pflanze von *C. album* mehr als 100.000 Nüsschen.



Bei CREMER et al. (1991) werden die Samen folgendermaßen beschrieben, wobei es sich hierbei um den größeren, lange keimfähigen Typus handelt: Die Farbe ist rotbraun bis schwarz und lackartig glänzend. Das Perikarp ist weißgrau. Das Samenkorn hat im Mittel eine Größe von etwa 1,40 x 1,41 mm. Das Tausendkorngewicht (TKG) beträgt 0,724 g und in 0,1g sind etwa 129-159 Samenkörner enthalten. Typisch für die Samen ist eine leicht zugespitzte nasenartige Vorwölbung, unterhalb mit einer seichten Furche (s. Abb. 6).

Abb. 6: Samen von *Chenopodium album* (aus CREMER et al. 1991).

1.2.1.2 *Bromus arvensis* (Acker-Trespe) / *Bromus secalinus* (Roggen-Trespe) / *Bromus sterilis* (Taubes Trespe)

Trespen sind durch ihre lockeren, meist überhängenden, ansehnlichen Rispen mit relativ großen Ährchen auffallende Gräser, die man häufig auf Kulturland und an Wegrändern findet. Sie traten schon im Neolithikum als regelmäßiger Begleiter von Getreide auf. Es wird diskutiert, ob die teilweise recht großen Samen der Unkräuter bewusst nicht aus

dem Erntegut entfernt wurden, da sie als Beifrucht den Energiegehalt der Ernte erhöhen konnten und Missernten vorbeugten. Hier werden besonders *Bromus secalinus* / *Bromus arvensis* mit relativ großen Körnern hervorgehoben (KNÖRZER et al. 1999b). Teilweise werden diese Arten sogar als Getreideart bzw. Nutzpflanze bezeichnet. KÜSTER (1992) widerspricht jedoch dieser Einstufung mit der Begründung, dass sich keine Anzeichen finden lassen, dass wie bei Einkorn und Emmer die Samen der Roggentrespe von den anderen Unkräutern getrennt wurden, um sie weiter zu verarbeiten.

Die Roggentrespe (*Bromus secalinus*) ist nach LÜNING (2000) regelmäßig in Emmer- und Einkornfunden aus der Zeit der Bandkeramik und Rössner Zeit besonders im Rheinland vertreten, wobei Anteile von einem Drittel bis zu zwei Dritteln der Körnerfunde erreicht werden. Die Früchte sind etwa haferkorngroß und somit größer als die der damaligen Hirse. Da die Roggentrespe eine gute Kältetoleranz zeigt, wird vermutet, dass man sie absichtlich mit auf die Getreidefelder säte, um Ertragsverluste abzuschwächen. LÜNING (2000) beschreibt, dass sowohl bei der Ernte als auch bei der Saatgutreinigung die Vermeidung der Trespenfrüchte relativ problemlos möglich wäre, was auf ein bewusstes Mitausbringen und Ernten hindeutet.

KNÖRZER (1998) nennt ähnliches für die Acker-Trespe *B. arvensis* und gibt den Trespenanteil des Getreides in 20 untersuchten **bandkeramischen** Siedlungen aus dem Rheinland mit etwa einem Drittel an. Nach seiner Beschreibung sind die Früchte von *B. arvensis* etwa so lang und breit wie Einkornkörner (s. Abb. 7), aber flacher, und erreichen ein TKG von 2-2,75g (Vergleich: Kolbenhirse hat ein TKG von 2 g). Bei tabellarischen Auflistungen stellt er *B. arvensis* zu den Getreidearten. Die Trespen besitzen von den mitteleuropäischen Wildgräsern die größten Früchte. Trotzdem war die Ausbeute im Vergleich zum Weizen gering. Zur Gewinnung von einem Gramm entspelzten Korns benötigte man bei Einkorn ca. 30 Körner, von der Roggentrespe etwa vier mal soviel, rd. 120 Körner (KNÖRZER et al. 1999b).

Bromus arvensis / *secalinus*

Triticum monococcum



Abb. 7: Größenvergleich von Früchten von *Bromus secalinus* / *arvensis* und *Triticum monococcum* (Abb. aus KNÖRZER et al. 1999b).

Für das Mittelalter und die frühe Neuzeit beschreibt LÜNING (2000) *B. secalinus* als ausdauerndes, lästiges Unkraut des Wintergetreides. Es behindert das Aufgehen von Roggenbrot, macht Brot bitter und kann Verdauungsstörungen hervorrufen.

Eine eindeutige Zuordnung von Trespenfunden zu einer Art scheint schwierig. KNÖRZER (1998) beschreibt für das Bromo-Lapsanetum *B. sterilis* als namensgebende Art, wäh-

rend er 1971 noch *B. secalinus* als Kennart für das Bromo-Lapsanetum nennt. Bei KNÖRZER et al. (1999b) wird für das Rheinland als Besonderheit ein regelmäßiges Auftreten von *B. secalinus* und *B. arvensis* beschrieben. Für bandkeramische Funde aus dem Rheinland werden die Acker- und die Roggentrespe gemeinsam beschreiben und die Arten nicht mehr aufgetrennt. WILLERDING (1986) bestätigt ein Vorkommen von *B. sterilis* und *B. secalinus* für das Neolithikum und beschreibt *B. secalinus* als typisch für das Bromo-Lapsanetum, während er *B. arvensis* erst ab der Bronzezeit als nachgewiesen nennt.

LÜNING (2000) geht davon aus, dass *B. secalinus* mit bandkeramischen Kulturpflanzen eingeführt worden ist, da sie stark von anthropogenen Standortbedingungen abhängig ist. Er nennt sie als eine der 15 typischen euhemerobe Anthropochoren, die die Bandkeramiker mitgebracht haben. Die Einwanderung von *B. sterilis* hingegen datiert er auf die Zeit der mittleren Bandkeramik und bringt sie in Verbindung mit dem Mohnanbau. Eine Vermischung von Getreide mit Trespenscheint eine Besonderheit des Rheinlandes für das Alt- und Mittelneolithikum zu sein, im Jungneolithikum fehlen Nachweise dazu (LÜNING 2000). Nach KNÖRZER (1971) kommt *B. sterilis* heute nur selten in Feldern vor und ist häufig an Wegrändern und Schuttplätzen zu finden, woraus er folgert, dass die Pflanzenfunde aus dem Neolithikum auf lückige Getreideäcker hindeuten.

Sicher ist, dass in neolithischen Einkornäckern häufig Trespenscheint zu finden waren. Über die genaue Zuordnung der Art gibt es, wie oben dargelegt, widersprüchliche Aussagen.

1.2.1.3 *Fallopia convolvulus* (Winden-Knöterich)

Synonyme: *Polygonum convolvulus* L., *Bilderdykia convolvulus* (L.) Dumort

Der Winden-Knöterich ist (nach HANF 1990) seit dem Neolithikum für Mitteleuropa nachgewiesen und heute in der ganzen Welt allgemein verbreitet, in Deutschland häufig. Er ist eines der häufigsten Unkräuter in Getreide, besonders in Sommergetreide. Man findet ihn auch in Kartoffel-, Rüben- und Maisäckern, in Weinbergen, auf Wegen, an Gebüschrändern und auf Schutt. Der Winden-Knöterich ist einjährig. Er stellt keine besonderen Boden- und Klimaansprüche und ist gegen Nährstoffmangel und Trockenheit durch tiefe Wurzel unempfindlich.

Der kantige, dünne Stängel ist meist rot überlaufen, die Pflanze wächst entweder am Boden liegend oder rankend. Der Winden-Knöterich erreicht nach CREMER et al. (1991) Wuchshöhen von 20 bis 120 cm.

Die unscheinbaren kleinen, weißgrünen Blüten treten von Juli bis Oktober zu 2 bis 6 in lockeren Scheinähren auf. Eine Pflanze produziert etwa 100 bis 1000 Samen, die bei geringen Saattiefen bis 4 cm keimen. CREMER et al. (1991) sprechen von ca. 200 Früchten pro Pflanze, die bis zu 20 Jahren keimfähig bleiben sollen. Die Früchte wurden früher gelegentlich oder in Notzeiten als „Wilder Buchweizen“ geerntet und verzehrt, worauf das manchmal verwendete Synonym *Fagopyrum convolvulus* hindeutet (HANF 1990).

Nach WILLERDING (1986) ist der Winden-Knöterich seit dem Früh-Neolithikum in Mitteleuropa allgemein verbreitet und gehört über die Zeitepochen hinweg zu den häufigsten Unkräutern. Nachweise aus dem Pleistozän legen nahe, dass der Windenknöterich zu den Idiochorophyten, den alteinheimischen Arten Mitteleuropas gehört.

Die Früchte erhalten sich unter verschiedenen Bedingungen sehr gut, was durch sehr viele Nachweise deutlich wird. Gelegentlich wurden größere Mengen der Samen gefunden, die auf eine gezielte Nutzung hindeuten scheinen. Literweise Reinfunde aus dem jungneolithischen Ehrenstein könnten sogar auf Anbau und Ernte des Windenknöterichs

als Hauptfrucht schließen lassen (LÜNING 2000). In Russland soll der Windenknöterich nach dem ersten Weltkrieg als Nahrungsmittel in Notzeiten zur Aussaat gelangt sein.

Nach CREMER et al. (1991) erreichen die Früchte des Winden-Knöterichs ein TKG von 4,72 g, pro 0,1 g werden 18 – 27 Früchte gezählt. Die Größe der Früchte im Mittel bei 4,07 x 2,94 mm.

WILLERDING (1983) weist auf eine mögliche Nutzung zu Färbezwecken hin. Mit dem Kraut kann man eine zitronengelbe bis braune Färbung erreichen.

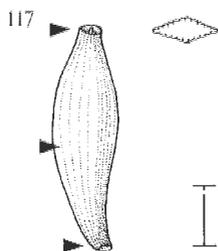
1.2.1.4 *Lapsana communis* (Rainkohl)

Lapsana communis wird von CREMER et al. (1991) als alter Kulturbegleiter eingestuft, der heute auf Äckern, Gärten, Obstanlagen, an Wegen und im Wald anzutreffen ist. Rainkohl ist einjährig-überwinternd, sommereinjährig oder ausdauernd und wird bis zu 120 cm hoch. Die Pflanze kommt in ganz Europa zerstreut bis verbreitet vor und bevorzugt frische bis feuchte, nährstoffreiche Standorte. ELLENBERG (1996) ordnet *L. communis* den heimischen Ruderalpflanzen zu, die also schon vor dem Eingreifen des Menschen zur Flora Mitteleuropas gehörten. Während der Bandkeramik hatte der Rainkohl einen Verbreitungsschwerpunkt im Westen.

KNÖRZER (1971) beschreibt *L. communis* als Halbschattenpflanze, die man heute im Saum von Hecken und Wäldern antrifft, und die ursprünglich wohl auf Waldlichtungen wuchs. Er vermutet deshalb, dass der Rainkohl auf den gerodeten Waldflächen vorhanden war oder dass die neolithischen Äcker durch Waldreste oder Hecken umgeben waren, die zu einer teilweisen Beschattung führten.

Während WILLERDING (1986) eine Verwendung des Rainkohls zu Ernährungszwecken ausschließt, berichten CREMER et al. (1991) von einer Nutzung zu Heilzwecken (wundheilend, antidiabetisch, abführend) und vermuten durch den Namen „Kohl“ bedingt auch eine Nutzung als Salatpflanze. Auch LÜNING (2000) vermutet eine Nutzung des Rainkohls als Salat. KREUZ (1990) beschreibt eine Verwendung des Milchsaftes zur Wundheilung bei Schnittwunden. HÜPPE (1987) schließt eine Verwendung der genießbaren Samen nicht aus.

Abb. 8: Archäne des Rainkohls (aus CREMER et al. 1991).



Besonders im Rheinland sind zahlreiche Nachweise der Pflanze aus dem Frühneolithikum bekannt (WILLERDING 1986). Nach KNÖRZER (1971) und WILLERDING (1986) machen die Fundverhältnisse deutlich, dass die Archänen vom Rainkohl wohl von Unkräutern auf Getreidefeldern stammen. In Siedlungsgruben ohne Getreide fehlen auch die Unkrautsamen, man findet sie nur in Schichten mit Getreideresten, vermehrt in Gruben mit viel Druschabfall. KNÖRZER

(1971, 1998) sieht aus diesen Gründen *L. communis* zusammen mit *Bromus (secalinus)* ?) als Kennart der hypothetischen Getreide-Unkraut-Gesellschaft rheinische Lössäcker zur Zeit des Neolithikums, des oben beschriebenen Bromo-Lapsanetums.

Bei den Früchten handelt es sich um Archänen, die leicht gerippt, länglich und strohgelb sind (s. Abb. 8). Eine Pflanze produziert nach CREMER et al. (1991) und HANF (1990) etwa 600-700 Samen, die im Boden über mehrere Jahre keimfähig bleiben können. Die Keimtemperatur liegt bei 2°C bis 25°C, wobei die Keimung meist im Winterhalbjahr bei

einer Auflauftiefe bis ca. 3 cm stattfindet. Nach CREMER et al. (1991) haben die Archänen ein TKG von 1,08 g und eine mittlere Größe von 3,86 x 0,99 mm.

1.2.1.5 *Galium spurium* (Acker-Labkraut oder Kleinfrüchtiges Kletten-Labkraut), *Galium aparine* (Kletten-Labkraut oder Klebkraut)

Der deutsche Name beider Labkrautarten weist auf die Eigenschaft hin, sich anzukletten bzw. zu kleben. Dies geschieht durch Borsten mit Haken auf nahezu allen Pflanzenteilen. Die Nutzungsmöglichkeit von *G. aparine* zur Lab-Gewinnung für die Käseherstellung ist ebenfalls schon im Namen angedeutet. Für *G. aparine* und *G. spurium* wird bei verschiedenen Autoren die Zusammenfassung der beiden Arten zu einer Sammelart *G. aparine* agg. diskutiert bzw. *G. aparine* ssp. *spurium* als Synonym geführt (WILLERDING 1986, OBERDORFER 2001). Oft werden aber auch zwei getrennte Arten abgegrenzt, die sogar noch in weitere Unterarten aufgespaltet werden. (OBERDORFER 2001), HANF (1990) und WILLERDING (1986) beschreiben die Vermutung, das *G. aparine* durch Selektion größerer Früchte, die mit Getreide immer wieder zur Aussaat gelangten, als eine neue Art aus dem kleinfrüchtigeren *G. spurium* entstanden ist. Die Unterscheidung der Früchte der beiden Arten in archäologischen Untersuchungen bereitet lt. WILLERDING (1986) Schwierigkeit, da sie sich neben der Größe durch typische widerhakige Borsten an den Früchten von *G. aparine* abgrenzen lassen (s. Abb. 9). Während eine Abgrenzung in frischem Zustand einfach ist, ist sie bei fossilisiertem Material unsicher, da durch Fossilisation die Borsten meist verloren gehen, was vermutlich oft zu ungenauer Einordnung von Fundstücken geführt haben wird (WILLERDING 1986). Lediglich die Größe und die etwas unterschiedliche Oberflächenstruktur dient dann der Unterscheidung.

Die Teilfrüchte von *G. aparine* sind im Mittel 2,78 x 2,66 mm groß und weisen ein recht hohes TKG von 7,40 g auf. Bei *G. spurium* erreichen die Teilfrüchte eine mittlere Größe von 2,00 x 1,89 mm und ein wesentlich geringeres TKG 2,67 g (CREMER et al. 1991).

G. aparine kann pro Pflanze 200 bis 400 Früchte mit Kletthaken produzieren, die in feuchtem Boden bis zu 8 Jahren keimfähig bleiben, unter trockenen Bedingungen aber schneller absterben. Die Keimtemperatur liegt optimal bei 3-5°C bzw. bei 15 °C, wobei die Keimung flach bis mitteltief, aber nie an der Oberfläche stattfindet. *G. spurium* keimt flach bei Temperaturen von 2-20°C (CREMER et al. 1991).

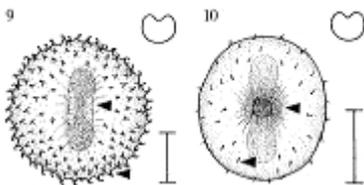


Abb. 9: Früchte von *Galium aparine* (links) und *Galium spurium* (rechts) (aus CREMER et al. 1991).

CREMER et al. (1991) beschreiben, dass die Verbreitung der beiden Arten sehr ähnlich ist und sie manchmal auf guten Böden gemeinsam auftreten, wobei *G. spurium* bezüglich der Bodenqualität etwas anspruchsvoller ist als *G. aparine*. Letzteres kann auf landwirtschaftlichen Nutzflächen sehr lästig sein und heutige Großmaschinen (wie Mähdröser) stark beeinträchtigen, wozu nach HANF (1999) schon eine Pflanze pro m² ausreicht.

Nach WILLERDING (1986) sind beide Arten seit dem Neolithikum u.a. aus folgenden Gründen häufig nachgewiesen: *G. aparine* wächst klimmend und ist hochwüchsig, so dass die Früchte beim Ernten von Ähren mit erfasst werden. Die relativ großen, schweren Teilfrüchte können beim Worfeln in den Korn-Anteil gelangen. Auch ein Festklammern der widerhakigen Früchte an Getreidekörner ist anzunehmen. Dadurch enthalten Vorräte, Nahrungsmittel und Druschabfälle häufig die Teilfrüchte des Klebkrautes. Durch die Kletteinrichtungen an Blättern, Stängel und Früchten gelangten die Pflanzen leicht durch Menschen und Tiere in Kulturschichten. Sie wuchsen vermutlich häufig in Siedlungsbereichen, da sie als Futterpflanze, bedingt durch die Widerhaken, verschmäht wurden und sich ausbreiten konnten.

Für das Kletten-Labkraut ist die Anwendung als Heilpflanze zur Wundheilung, gegen Geschwüre und als schleimlösendes und harntreibendes Mittel überliefert (WILLERDING 1986, CREMER et al. 1991). Sie enthält das Glycosid Asperuloin (PODHAJSKA & RIVOLA 1992).

1.2.1.6 *Rumex spec.* (Ampfer)

Zu der behandelten Gattung *Rumex* ist vorab anzumerken, dass sich *Rumex*-Früchte ohne Perigon häufig nur schwierig eindeutig bestimmen lassen (WILLERDING 1986). In den meist auswertbaren Getreidefunden aus dem Neolithikum sind die Samenkörner verkohlt und dadurch oft unvollständig und schwierig zu identifizieren.

Nach WILLERDING (1986) sind für das Neolithikum folgende Arten der Gattung *Rumex* nachgewiesen: *R. acetosella*, *R. crispus*, *R. obtusifolius*, *R. sanguineus*. Außerdem ist *R. acetosa* bereits für das Praeboreal nachgewiesen (KNÖRZER et al. 1999b).

Im Bromo-Lapsanetum kommt nach KNÖRZER (1971, 1998) *R. sanguineus* vor. In dem Sediment eines untersuchten bandkeramischen Brunnens bei Erkelenz-Kückhoven wurden außerdem Nachweise von *R. crispus* und *R. tenuifolius* gefunden (KNÖRZER 1998).

R. sanguineus wächst heute häufig in Auenwäldern, an feuchten Waldwegen oder Gräben, im Ufergebüsch auf sicker- bis grundwassernassen, nährstoffreichen Standorten. Er gilt als Halbschatten- bis Schattenpflanze und als Vernässungs- und Bodenverdichtungszeiger (OBERDORFER 2001). KNÖRZER (1971) gibt zu bedenken, dass es auf Grund der heute typischen Standorte schwer fällt, sich den Hain-Ampfer als Getreidebegleiter vorzustellen. Er vermutet, dass er auf teilweise beschatteten Ackerrändern gewachsen sein könnte. Die Artbestimmung hält er aber für recht sicher, da die subfossilen Samenkörner durch ihre Scharfkantigkeit und geringe Größe relativ gut bestimmbar gewesen sein sollen. RÖSCH (2007) stuft *R. sanguineus* in mittelnolithischen Funden aus Stuttgart als Ruderalart ein.

Heute sind die typischen Vertreter der Gattung *Rumex* für Ackerstandorte eher *R. obtusifolius*, *R. acetosella* und *R. crispus* (CREMER et al. 1991).

R. acetosella ist in Eurasien auf trockenen, kalk- und nährstoffarmen, teilweise lehmigen Sandböden verbreitet. Die geringe Wuchshöhe von 10 bis 40 cm lässt die Hypothese des Pflückens der Samen mit den Getreideähren eher unwahrscheinlich für diese Art erscheinen. Erst in der Römischen Kaiserzeit und im Mittelalter wurde er als Getreideunkraut häufiger nachgewiesen, was mit der geänderten Erntetechnik und dem tieferen Schnitt, aber auch mit anderen Bodenverhältnissen zusammenhängen kann. Nachweise sind seit dem Früh-Neolithikum aus Siedlungsbereichen bekannt. Es handelt sich um eine alleinheimische Art, da es auch frühere Nachweise aus dem Pleistozän aus natürli-

chen Ablagerungen gibt (WILLERDING 1986). Heute gilt *R. acetosella* als Säurezeiger, was ein regelmäßiges Vorhandensein auf den eher basenreichen Lössäckern zur Zeit des Neolithikums unwahrscheinlich macht. In Untersuchungen von RÖSCH (2007) wird *R. acetosella* als stetige Art für das Mittelneolithikum und die jüngere Linienbandkeramik beschrieben, während sie in der ältesten Linienbandkeramik fehlt. Jedoch gibt LÜNING (2000) zu dieser Art zu bedenken, dass sich im modernen Ackerbau konkurrenzschwache Arten auf schlechtere Standorte verdrängen lassen. Dies könnte auch für *R. acetosella* gelten, wodurch die Aussagefähigkeit der Zeigerwerte für ökologische Verhältnisse vor 7.000 Jahren fraglich sind. Auch genetische Anpassungen, beispielsweise durch Verdrängung durch zunehmende Konkurrenten, sind nicht auszuschließen.

R. crispus wächst heute in Unkrautfluren, an Ufern, in Gärten, auf Wiesen und Äckern, hier besonders in Dauerkulturen, da die bis zu 3 m tiefen Pfahlwurzeln empfindlich auf häufige Bodenbearbeitung reagiert (CREMER et al. 1991, OBERDORFER 2001). Die Art gilt als Bodenverdichtungs- und Stickstoffzeiger (OBERDORFER 2001). Der Name deutet auf die stark gewellten, krausen Ränder der großen Laubblätter hin. Eine Pflanze produziert ca. 5.000 Samen, die bis zu 70 Jahre (CREMER et al. 1991) oder 80 Jahre (OBERDORFER 2001) im Boden überlebensfähig bleiben. Die Pflanze ist als Futterpflanze ungeeignet und wird wegen ihrer harten, holzigen Achsorgane vom Vieh gemieden, was zu einer Förderung der Pflanze bei der Beweidung von Brachen führen kann. Die Blätter können jedoch wie die einiger anderer Ampfer-Arten, z. B. von *R. acetosa*, als Nahrungsmittel genutzt werden (WILLERDING 1986).

R. obtusifolius ist nach OBERDORFER (2001) heute in Unkrautfluren an Wegen, Zäunen, in dörflichen Siedlungen, auf Äckern und Wiesen als Pionierpflanze mit bis zu 2 m tiefen Intensivwurzeln anzutreffen. Es ist ein Stickstoffzeiger, der häufig grundfrische, humose oder rohe Lehm- und Tonböden besiedelt.

R. acetosa ist heute als Wiesenpflanze weit verbreitet. Bei KNÖRZER et al. (1999a) wird *R. acetosa* bereits für das Praeboreal nachgewiesen. Ein vielleicht annähernd wiesenartiger Charakter der neolithischen Äcker macht auch ein Vorkommen der ausdauernden und widerstandsfähigen Pflanze auf solchen Standorten nicht unwahrscheinlich.

Das TKG der Rumex-Samen ist gering (*R. crispus* 1,48 g, *R. obtusifolius* 1,23 g, *R. acetosella* 0,433 g, nach CREMER et al. (1991)).

Die Blätter von *R. acetosa* kann man als Gemüse und Salat zubereiten. Er ist sehr Vitamin-C-haltig. Die Blätter von *R. sanguineus* eignen sich zum Färben (braun). *R. acetosella* könnte zu Heilzwecke verwendet worden sein (WILLERDING 1983).

1.2.1.7 *Persicaria maculosa* (Floh-Knöterich)

Synonym *Polygonum persicaria*

Nachweise für *P. maculosa* liegen schon für das Pleistozän vor. Heute ist der Floh-Knöterich weit verbreitet in Ackerunkrautfluren, in Gärten, an Gräben und Ufern und auf Schuttplätzen. Er bevorzugt frische bis feuchte, nährstoffreiche Böden (OBERDORFER 2001, WILLERDING 1986). HÜPPE (1987) räumt für *P. maculosa* die Möglichkeit ein, dass die Pflanze aufgrund ihrer genießbaren Samen mit vielen enthaltenen Speicherstoffen zumindest zeitweise als Nahrungsergänzung genutzt wurde. Das gleiche vermutet er für *Lapsana communis*, *Chenopodium album*, *Chenopodium polyspermum* und *Polygonum lapathifolium*. Dabei hält er einen gezielten Anbau der Pflanzen für unwahrscheinlich, eher nimmt er an, dass sie durch Einsammeln auf Brachflächen oder aber als geduldete und damit geförderte Ackerunkräuter genutzt wurden. Auch WILLERDING (1983) nennt die Samen von *P. maculosa* als mögliche Notnahrung. Auch die Nutzung

zu Heilzwecken und zum Färben (braun) zieht er in Betracht. Die Frucht (s. Abb. 10) hat eine mittlere Größe von 2,71 x 1,84 mm und ein TKG von 1,388 g (nach CREMER et al. 1991).

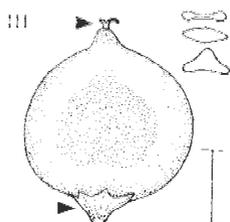


Abb. 10: Frucht von *Persicaria maculosa* (aus CREMER et al. 1991).

1.2.1.8 *Phleum pratense* (Wiesen-Lischgras)

Das Wiesen-Lischgras wächst heute in Fettwiesen und ist auch an Acker- und Wegrändern und in Saumgesellschaften zu finden. Es handelt sich um eine horstig wachsende Halbrosettenpflanze (Hemikryptophyt), die gelegentlich Sprossknollen ausbildet. Die indigene Art wird als sehr konkurrenzstark eingestuft (BIOFLOR 2010).

Bei KNÖRZER (1971) und WILLERDING (1986) wird *P. nodosum* als Unterart von *P. pratense* bzw. eigene Art erwähnt. Die Abgrenzung in historischen Funden scheint schwierig und teilweise wird sie gar nicht vorgenommen, z. B. bezeichnet WEBER (1995) *P. nodosum* als Synonym für *P. pratense*.

KNÖRZER (1998) nennt *P. pratense* als typisch für das Bromo-Lapsanetum.

WILLERDING (1986) beschreibt häufige Nachweise für das Wiesen-Lischgras ab dem frühen Neolithikum. Er vermutet dadurch einen hohen Wildgrasanteil auf den Äckern.

Die Karyopsen des Grases werden etwa 1 mm lang (KNÖRZER 1971), was eine Nutzung zu Nahrungszwecken unwahrscheinlich macht. WILLERDING (1986) nennt jedoch einen Nachweis von *Phleum pratense* aus dem Verdauungstrakt einer Moorleiche aus der Römischen Kaiserzeit.

1.2.1.9 *Poa spec.* (Rispengras)

KNÖRZER (1971) beschreibt die Karyopsen von *Poa* als klein, seitlich abgeplattet mit seitlich abgeflachter Bauchfläche. Die weitere Zuordnung zu den Arten erfolgt beispielsweise über die Größe oder die Oberflächenstruktur, ist jedoch in historischen Funden oft nicht möglich, wodurch häufig nur die Gattung *Poa* bestimmt werden kann. WILLERDING (1986) stellt aufgrund dieser Schwierigkeiten das Vorkommen von *Poa* als Gattung im Neolithikum nicht in Frage, wohl aber die Zuordnung des Vorkommens zu den einzelnen Arten.

KNÖRZER (1971) vermutet zunächst im Zusammenhang mit Getreidefinden eine Zugehörigkeit der vorgefundenen Karyopsen zu *P. nemoralis*, wobei er *P. trivialis* und *P. pratensis* nicht ausschließt. Bei der Untersuchung eines bandkeramischen Brunnens ergaben sich nach KNÖRZER (1998) Funde von *P. trivialis*, *P. cf. nemoralis* und *P. cf. pratensis* sowie von *Poa spec.* Bei der Auflistung von Pflanzen des Bromo-Lapsanetums zählt KNÖRZER (1998) dann *Poa spec.* ohne *P. nemoralis* auf. Eine weitere genaue Aussage über die Art wird nicht gemacht. Ob *P. nemoralis* aufgrund der heutigen Verbreitung in lichten Laubwäldern ausgeschlossen wird, ist nicht näher geklärt.

RÖSCH (2007) berichtet von Nachweisen von *P. annua* und *P. trivialis* (Typ) aus der jüngeren Linienbandkeramik.

Alle Arten von *Poa* haben nur relativ keine Ährchen und Karyopsen, wodurch eine Nutzung zu Nahrungszwecken nicht wahrscheinlich ist. Die Gräser haben aber für das Vieh einen sehr hohen Futterwert.

1.2.1.10 *Vicia hirsuta* (Rauhaarige Wicke), *V. tetrasperma* (Viersamige Wicke), *V. angustifolia* (Schmalblättrige Wicke)

V. hirsuta wird von WILLERDING (1986) als eines der häufigeren Unkräuter seit dem Neolithikum bezeichnet, wobei aufgrund der Fundsituationen ein Wuchs der Wicke in Getreidefeldern nahe liegt. Auch heute noch kann man die Rauhaarige Wicke in Getreidefeldern, in lückigen Rasengesellschaften, an Wegen, Wegrainen und Schutzplätzen häufig antreffen. Dabei bevorzugt sie als Standort warme, mäßig trockene, +/- nährstoff- und basenreiche Lehmböden (OBERDORFER 2001). Nach CREMER et al. (1991) meidet sie kalkhaltigen Boden. Eine Pflanze produziert etwa 250 Samen, die im Boden bis zu 10 Jahren lebensfähig bleiben. Diese haben eine mittlere Größe von 2,45 x 2,31 mm und ein TKG von 7,02 g. Während HÜPPE (1987a) *Vicia hirsuta* zu den Arten stellt, die aus dem Mittelmeerraum nach Westfalen eingewandert sind, berichtet KÜSTER (1985) von prähistorischen Nachweisen zwischen Elbe und Alpen. Bei BIOFLOR (2010) wird sie, ebenso wie *V. tetrasperma*, als indigen eingestuft, während *V. angustifolia* als fraglicher Archaeophyt und *Vicia sativa* sicher als Archaeophyt bezeichnet wird.

Auch *V. tetrasperma* ist ein häufiges Ackerunkraut seit dem frühen Neolithikum (WILLERDING 1986). Heute findet man sie in Getreideäckern (vor allem in Roggenbeständen), aber auch in Moorwiesen und Magerrasen, wobei mäßig frische, +/- nährstoffreiche, kalkarme, neutral- bis mäßig saure humose oder rohe Lehmböden als Standorte typisch sind (OBERDORFER 2001). Die Samen haben eine mittlere Größe von 1,87 x 1,87 mm bei einem TKG von 3,81 g (CREMER et al. 1991).

V. angustifolia wird bei OBERDORFER (2001), WILLERDING (1986) und WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998) in zwei Unterarten gegliedert (ssp. *angustifolia* und ssp. *segetalis*).

Vicia angustifolia ssp. *angustifolia* wächst zerstreut auf Sandfeldern, an Wegrainen und Böschungen. Sie bevorzugt Sand oder sandige Lehmböden auf warmen, trockenen, stickstoffbeeinflussten Standorten. *Vicia angustifolia* ssp. *segetalis* ist hingegen in Getreideäckern (besonders Wintergetreide) und an Wegen zu finden. Es werden meist frische, nährstoffreiche Lehmböden, aber auch Sand und Löss besiedelt. OBERDORFER (2001) bezeichnet die Unterart als alten Kulturbegleiter seit der Hallstattzeit.

V. angustifolia ist die Stammform der als Futterpflanze angebauten Saat-Wicke *V. sativa*, wobei nicht genau geklärt ist, seit wann diese Kulturform existiert. Sie wird vor allem mit Hafer und Klee als Grünfutter oder zur Samengewinnung angebaut, wobei frische, nährstoffreiche Lehmböden am besten geeignet sind (OBERDORFER 2001). Nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998) wird *V. angustifolia* dem *V. sativa* agg. untergeordnet. KNÖRZER (1971) und WILLERDING (1986) berichten von Schwierigkeiten der genauen Bestimmung von verkohlten Samen von *Vicia*, da die Samenschale und die Nabelfläche nicht immer vollständig erhalten sind. Die Gattung *Vicia* kann aber selbst dann, wenn nur Kotyledonen vorliegen, noch anhand von Keimlingsgruben eindeutig zugeordnet werden. Häufig ist nach KNÖRZER (1971) die Abgrenzung von den beiden kleinfrüchtigen Arten *V. hirsuta* und *V. tetrasperma* schwierig. CREMER et al. (1991) geben für Samen (s. Abb. 11) von *V. angustifolia* folgendes an: mittl. Größe 2,75 x 2,76 mm, TKG 15,82 g, für *V. sativa*: mittl. Größe 2,89 x 2,79 mm, TKG 13,71 g.

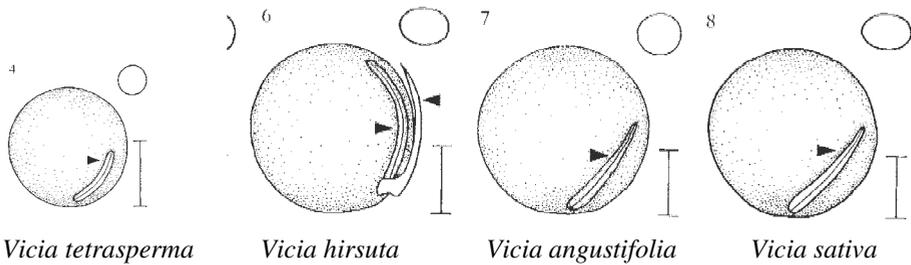


Abb. 11: Samen von verschiedenen Wicken-Arten (aus CREMER et al. 1991).

1.2.1.11 *Galeopsis segetum* (Gelber Hohlzahn), *Galeopsis tetrahit* (Gewöhnlicher Hohlzahn)

G. segetum tritt heute zerstreut in sonnigen Steinschuttfuren, an Waldrändern und auf steinigen Äckern, Viehlägern, in Waldschlägen, an Wegen und Zäunen auf und bevorzugt Böden, die mäßig frisch +/- nährstoffreich, kalkarm und mäßig sauer sind (Silikatgebirge). *G. tetrahit* kam schon seit dem Pleistozän in Mitteleuropa vor und ist für das frühe Neolithikum nachgewiesen (OBERDORFER 2001, WILLERDING 1986). Der Stickstoffzeiger bevorzugt nährstoffreiche, meist humose, lockere bis steinig-sandige Lehmböden, auch Torf (OBERDORFER 2001, WILLERDING 1986). Auffällig ist nach WILLERDING (1986), dass sich in archäobotanischen Untersuchungen ohne erkennbaren Grund häufig größere Mengen dieser Samen nachweisen lassen. Er schließt aus, dass sich durch besonders gute Bestimmbarkeit oder Erhaltungsqualität die Nachweise häufen, da hierzu keine Hinweise vorliegen.

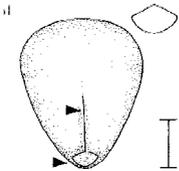


Abb. 12: Frucht von *Galeopsis tetrahit* aus CREMER et al. (1991).

Ein recht häufiges Vorhandensein in Siedlungsresten könnte sich aus der Klettverbreitung von *G. tetrahit* ergeben, da die Früchte durch Menschen oder Tiere von Wegrändern, Ruderalplätzen oder Waldlichtungen so gehäuft in die Siedlungen gebracht worden sein können. Die meisten Haustiere meiden bei freier Futterwahl den Stechenden Hohlzahn, was zu einer Förderung der Pflanze in Siedlungsnähe geführt haben wird. *G. tetrahit* ist als Heilpflanze bekannt. Sie enthält Saponine, Kieselsäure und Gerbstoffe und wird auch heute noch als Heilkraut gegen Erkältungen, Husten, Bronchitis, Appetitmangel und zur Blutreinigung empfohlen. WILLERDING (1986) berichtet von einer Verwendung gegen Asthma, Tuberkulose sowie Blut- und Milzerkrankungen. Im 19. Jahrhundert war nach seinen Angaben die Droge des Hohlzahns als Geheimmittel gegen Tuberkulose unter dem Namen „Liebersche Auszehrungskräuter“ bekannt. Schriftliche Belege aus dem Jahre 1837 weisen darauf hin, dass man aus den Samen von *G. tetrahit* Öl gepresst hat. Die Samen sind sehr fettreich, wodurch sie als Energie lieferndes Nahrungsmittel interessant sind. Reinfunde von größeren Mengen von Teilfrüchte von *G. tetrahit* auch aus dem Neolithikum lassen eine gezielte Nutzung der Pflanze annehmen (WILLERDING 1986). Nach CREMER et al. (1991) produziert eine Pflanze des stechenden Hohlzahns im Mittel 500 Samen, die eine bis zu 30 Jahre lange Keimfähigkeit im Boden haben. Die durchschnittliche Größe der Samen ist mit 3,10 x 2,40 mm recht groß, das TKG liegt bei 4,76 g (s. Abb. 12).

2 Zielsetzung der Arbeit

Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung der Konzipierung und die Auswertung der Rekonstruktion eines neolithischen Getreideackers unter verschiedenen Gesichtspunkten. Der Grundgedanke zu diesem Projekt entstand bei der Suche nach einem geeigneten Ausstellungsobjekt für das neu zu errichtende LWL-Museum für Archäologie in Herne. Somit war die optimale visuelle Darstellungsmöglichkeit bei dem Rekonstruktionsversuch ein vorgegebenes Ziel.

Da solch ein Rekonstruktionsversuch zum Ackerbau im Neolithikum in dieser Größenordnung und mit der gewählten Versuchsanordnung bisher nicht durchgeführt wurde, soll die wissenschaftliche Dokumentation und die Auswertung der Ergebnisse in dieser Arbeit erfolgen. Aspekte zur Ökologie und zur Produktivität von Getreideäckern aus der Epoche des Neolithikums, insbesondere aus der Bandkeramik, sollen beleuchtet werden. Ein Schwerpunkt liegt bei Untersuchungen zur Unkrautflora eines neolithischen Ackers. Vorüberlegungen mit Vergleichen von Aussagen über die ökologischen Verhältnisse auf einem neolithischen (schwerpunktmäßig bandkeramischen) Getreideacker in Mitteleuropa bezüglich Bodenverhältnissen, Bearbeitungsmethoden, Saatgut, Unkrautvegetation und Erntemethoden werden zusammengetragen. Eine Auswertung der Literatur zur Beurteilung der ökologischen Aussagefähigkeit der typischen Unkrautarten z. B. in Form von Zeigerwertanalysen, pflanzensoziologischer Betrachtung sowie deren Aussagefähigkeit bezüglich Sommer- und Winteranbau soll die möglichen Gegebenheiten auf einem neolithischen Acker näher erschließen.

Durch Auswertung von Vorratsfunden aus dem Neolithikum gibt es zur Unkrautflora von Ackerflächen Hypothesen, zu denen aber bisher keine Rekonstruktionsversuche vorlagen. Hier wird deshalb erstmals in der Praxis versucht, die nach KNÖRZER (1971, 1998) typische, hypothetische „Pflanzengesellschaft“ Bromo-Lapsanetum (s. Kap. 1.2.1) durch die Einsaat der entsprechenden Unkrautarten zu etablieren. Ziel ist es, das tatsächliche Wuchsverhalten auch im Verhältnis zum angebauten Getreide zu untersuchen, den Reifezeitpunkt der Unkräuter sowie die Möglichkeit der Erfassung der Samen bei der Ernte zu überprüfen. Vergleiche zur spontanen Unkrautflora sollen durchgeführt werden. Eine weitere Zielsetzung des Projektes ist die Ermittlung von landwirtschaftlichen Kenngrößen. Dazu sollen zunächst aktuelle Informationen zu dem im Versuch genutzten steinzeitlichen Getreide Einkorn (*Triticum monococcum*) zusammengetragen werden. Ertrag und Tausendkorngewicht von der Rekonstruktionsfläche sollen, begleitet von Bodenuntersuchungen und Klimaauswertungen, bestimmt werden. Die Aussaat von Einkorn im ökologischen Anbau auf der umliegenden Fläche unter fast identischen Bedingungen soll dazu Vergleichsdaten liefern. Durch eine Gegenüberstellung der ermittelten Erträge mit anderen Rekonstruktionsversuchen und aktuellen Forschungsergebnissen zum Einkornanbau sollen die ermittelten Daten überprüft werden.

Für das Neolithikum wird für Einkorn und Emmer (*Triticum dicoccum*) ein Misanbau diskutiert. Deshalb wurde Emmer auf einer angrenzenden Fläche unter gleichen Bedingungen wie Einkorn kultiviert (ökologischer Anbau), um die zeitliche Entwicklung der beiden Getreidesorten gegenüber stellen zu können.

Weitere Zielsetzungen sind Hochrechnungen zu benötigten Feldgrößen im Neolithikum anhand des ermittelten Getreideertrages sowie Zeitmessungen zu landwirtschaftlichen Arbeitsvorgängen nach neolithischem Vorbild mit Vergleichen zum bisherigen Forschungsstand.

3 Konzeptentwicklung

3.1 Untersuchungsgebiet

3.1.1 Vorüberlegungen zur Flächenauswahl

Rekonstruktionsversuche dienen häufig als Anschauungsobjekte z.B. in Museen, können aber auch dazu beitragen, Ergebnisse oder Vermutungen zu verifizieren oder zu widerlegen, die bei der Auswertung archäologischer oder archäobotanischer Untersuchungen entstanden sind. Bei der hier dargestellten Rekonstruktion eines neolithischen Ackers mussten zwei Gründe bei Durchführung berücksichtigt werden. Erstens sollten möglichst wissenschaftlich fundierte Bedingungen vorhanden sein, um Fragestellungen zur Unkrautflora und zur Ökologie eines neolithischen Ackers im Rahmen dieser Dissertation auswerten zu können. Zweitens sollte eine Zeitrafferdokumentation der Rekonstruktion als Ausstellungsobjekt für das LWL-Museum für Archäologie in Herne entstehen.

Voraussetzung für beides war, die Gegebenheiten des Neolithikums möglichst genau nachzustellen, soweit dies überhaupt praktisch durchführbar war und gesicherte Erkenntnisse dazu vorlagen. Es mussten viele Vorüberlegungen getroffen und Kompromisse eingegangen werden.

Trotzdem war es natürlich nicht möglich, einen neolithischen Acker zu imitieren, da viele Fakten noch völlig unklar sind. Das Klima hatte sich seit dem Atlantikum, der Klimaphase des Neolithikums, geändert, ebenso der Boden und die Vegetation (MEURERS-BALKE & LÜNING 1990a). Hier sei z. B. das Vorhandensein von Neophyten und der Fortschritt bodenbildender Prozesse über 7.500 Jahren erwähnt. Über das Spektrum von damaligen landwirtschaftlichen Geräten gibt es Hinweise und Vermutungen, die Praxis in der angemessenen Handhabung und der Erfahrungsschatz der Bandkeramiker ist jedoch heute nicht mehr vorhanden (MEURERS-BALKE & LÜNING 1990a). Letztendlich fehlte auch die Möglichkeit, die Entwicklung des Ackers über mehrere Jahre zu beobachten bzw. Wiederholungsexperimente durchzuführen.

Zu den wichtigen Auswahlkriterien für den Ort der Durchführung zählte beispielsweise der Boden, die vorherige Nutzung der Fläche, die umgebende Landschaft und die anthropogenen Einflüsse. Für die Verwendung der Dokumentation als Ausstellungsobjekt im Museum waren außerdem gute Beleuchtungsverhältnisse und Erreichbarkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Kompromisse waren notwendig, denn der kostenmäßige Aufwand des Projektes durfte einen gewissen Rahmen nicht überschreiten. Die Fotoaufnahmen und Pflegearbeiten mussten effizient durchgeführt werden können.

3.1.1.1 Flächengröße

Über die Größe von Feldern im Neolithikum ist wenig bekannt. Die weit verbreitete Vorstellung von kleinen, in den Wald eingestreuten Rodungsinseln, die durch schattenzeigende Unkräuter unterstützt wird, ist nicht unumstritten. Andere Theorien gehen davon aus, dass eine gruppenweise Zusammenlegung von Feldflächen am Rande der Siedlungen üblich war. Dafür sprechen z. B. die kürzeren, notwendigen Umzäunungslängen zum Schutz vor den Haustieren und Wildschäden. Zum anderen ergibt sich daraus eine effektivere Möglichkeit der Kontrolle. Für die Bandkeramik sind Zaunanlagen von bis zu 200 m Länge bekannt. Daraus ergäben sich bei rechteckigen bis quadratischen Äckern Feldgrößen von etwa 2 - 4 ha. Neben der Umzäunung wird eine Einfriedung durch die Anlage von Feldhecken diskutiert (LÜNING 2000).

Nach FRIES-KNOBLACH (2005) sind als Parzellenbegrenzung für das Neolithikum Zäune, Gräben, Terrassen und Wälle möglich, wobei Steinwälle aus dem 3. Jts. v. Chr. beispielsweise aus Shetland bekannt sind. Diese erreichen Seitenlängen bis zu 80 m in dreieckig-amorpher Struktur.

Für den Rekonstruktionsversuch war eine Größe von 2 – 4 ha, wie sie LÜNING (2000) vermutet, nicht zu realisieren. Hierfür wären regelmäßig zu viele Hilfskräfte notwendig gewesen, um die notwendigen Feldarbeiten wie Vorbereitung des Bodens, Aussaat, Unkrautbekämpfung und Ernte in Handarbeit durchzuführen. Es wurde schließlich eine Fläche von 144 m² (12 m x 12 m) als Rekonstruktionsfläche bestellt.

3.1.1.2 Lage der Fläche

Die Lage der Fläche war bezüglich verschiedener Faktoren von Bedeutung für den Rekonstruktionsversuch. Hier waren beispielsweise Beschattung, Exposition und Inklination, umgebende Vegetation, Mikroklima und störende anthropogene Einflüsse ausschlaggebend.

Für den Hintergrund der Fotoaufnahmen für die Ausstellung im Museum waren weitere Faktoren zu beachten. So durfte er z. B. keine größeren bzw. auffälligen Pflanzen enthalten, die zur Zeit des Neolithikums in Westfalen nicht vorhanden waren. Der Hintergrund durfte zudem keine oberirdischen Leitungen, keine Bauwerke, keine elektrischen Lichtquellen, somit auch keine Straßen und Autos zeigen.

Andererseits war für den Fotografen für die digitale Fotoausrüstung und den Laptop eine verlässliche Stromversorgung unumgänglich.

3.1.1.3 Auswahl des Bodens

Die ersten Bauern im Neolithikum hatten mit dem Wissen über den Ackerbau auch Kenntnisse über die Qualität von Ackerböden mitgebracht bzw. erworben. Die Bodenbearbeitung mit den zur Verfügung stehenden Werkzeugen und Geräten überwiegend aus Holz oder Horn war nur auf relativ leichten Böden ohne störende Steine möglich. Reine Sandböden lassen sich zwar einfach bearbeiten, haben aber viele Nachteile für die Landwirtschaft wie geringes Wasserhaltevermögen und schlechte Nährstoffversorgung. Am geeignetsten waren die damaligen Lössböden.

Die Wichtigkeit des vorhandenen Bodens spiegelt sich in der räumlichen Ausbreitung des neu aufkommenden Ackerbaus wieder. In Norddeutschland reicht die nachgewiesene Verbreitung der Linienbandkeramik nach Norden nur geringfügig über vorhandene pleistozäne und spätglaziale Lössablagerungen hinaus (KIERLEIS & WILLERDING 2008). Im Rheinland sind die ersten Ackerbaukulturen der Bandkeramik ab ca. 5.300 v. Chr. auf den fruchtbaren linksrheinischen Lössböden nachzuweisen (KNÖRZER et al. 1999b). Lössvorkommen bildeten das Zentrum neolithische Besiedlung, der Anteil variierte aber je nach Region und Zeit während der Bandkeramik beispielsweise zwischen 99 % im mittleren Neckarland und nur 35 % in Thüringen (LÜNING 2000).

Löss ist als äolisches Sediment ein Produkt früherer Winderosion. In den Eiszeiten wurde von den kaum mit Vegetation bedeckten, trockengefrorenen Flächen um die Gletscher herum Bodenmaterial vom Wind ausgeblasen. Besonders Feinsand- und Schluffteilchen wurden als „Staub“ über weite Strecken verfrachtet. Sie lagerten sich dann in teilweise mächtigen Schichten am Rande der Mittelgebirge bzw. im Windschatten von Hügeln ab (JEDICKE 1989). Daraus bildete sich das Lockergestein Löss, das aus

ca. 70 – 80 % Schluff besteht (HEINRICH & HERGT 1990) und einen Sandgehalt von weniger als 20 % hat. Übergänge zu stärker sandhaltigen Lösssandten sind vorhanden. Die Bodenart von Löss ist im Dreiecksdiagramm als schluffiger Lehm (uL) bis toniger Schluff (tU) einzuordnen. Je nach Klima, Vegetationsdecke und Einfluss von Wasser konnten sich daraus bis heute verschiedene Bodentypen bilden, z. B. Pseudogleye oder Parabraunerden. Löss ist für den Ackerbau ausgezeichnet geeignet. Er ist der typische Boden in den ertragreichen Bördelandschaften, z. B. der Soester Börde und der Magdeburger Börde.

Viele Autoren, z.B. WILLERDING (1983), KREUZ (1990), LÜNING (2000), KIRLEIS & WILLERDING (2008) gehen davon aus, dass zur Zeit der Bandkeramiker die besiedelten Lössböden von Schwarzerden bzw. Tschernosem bedeckt waren. Diese verfügten vermutlich über einen mächtigen Ah-Horizont aus lockerem Mull, der leicht zu bearbeiten und besonders fruchtbar war.

Zur Entstehung dieser Schwarzerden gibt es zwei verschiedene Theorien. Eine seit langen verbreitete Ansicht geht davon aus, dass es sich um Waldsteppen-Schwarzerden des zirkumherzynischen Trockengebietes handelte. Diese entstanden demnach während des Spätglazials bzw. frühen Holozäns in der frühen und mittleren Wärmezeit unter mehr oder weniger offenen Wäldern aus Löss-Rohböden. Eine Pararendzina ist als Zwischenstufe in der Bodenentwicklung denkbar. Mit dem Beginn des wärmeren humideren Atlantikums wurde dieser Bodenbildungsprozess beendet. Nur in kontinentaleren Gebieten (z. B. Steppengebiete Südosteuropas) setzte sich diese Entwicklung teilweise bis heute fort. Das Vorhandensein von Schwarzerden ist nicht in erster Linie von der Pflanzenformation (Steppe), sondern vielmehr von den klimatischen Verhältnissen abhängig. Die Vegetation und die typischen wühlenden Tierarten fördern eher indirekt die Bildung und Erhaltung von Schwarzerden. Jedoch zweifeln GERLACH et al. (2009) an, dass es nach der letzten Eiszeit vor dem Neolithikum Klimaphasen gegeben hat, die trocken genug waren (<500mm/a), damit sich eine an Steppenklima gebundene Schwarzerde hätte ausbilden können. Auf verschiedenen bodenkundlichen und archäologischen Untersuchungen der letzten Jahre stützt sich deshalb eine jüngere Theorie zur Entstehung der Schwarzerde. Pollenkurven zeigen, dass sich durch die postglaziale Wiedererwärmung eine Wiederbewaldung hin zum Eichenmischwald eingestellt hat. Ein deutliches Steppen-Stadium ist weder für die Entwicklung von Schwarzerden noch für die neolithische In-Kulturnahme der Landschaft zwingende Voraussetzung. Vielmehr scheint die Schwarzfärbung der Lössböden nicht auf die Umsetzung von humosen Stoffen, wie bei der klassischen Schwarzerde, zurück zu führen zu sein, sondern wird durch schwarze Überzüge bedingt, welche die tonige Matrix der Lössbelegte. Genauere Untersuchungen identifizieren die organische Bodensubstanz als erhebliche Menge von fein verteilten Pflanzenkohlen, also verkohlter Biomasse aus Vegetationsbränden (GEHRT et al. 2002). Diese haben einen hohen Anteil an organischen Kohlenstoffen und nur einen geringen Humusgehalt. Sie deuten auf flächige, häufige Vegetationsbrände hin. Da sich die kleinräumige Abgrenzung der Schwarzerden oft nicht mit klimatischen oder lithologischen Faktoren erklären lässt, steht als Hauptfaktor der anthropogene Einfluss in der Diskussion. Noch heute sind scharfe Grenzen innerhalb von Ackerschlägen auszumachen. Hochrechnungen für Südniedersachsen (GEHRT et al. 2002) anhand von vorhandenen Konzentrationen an aromatischen Verbindungen gehen davon aus, dass hier 40t/ha Auftrag verbrannter organischer Substanz erfolgt sind. Das entspräche 40 kg/ha über 1000 Jahre. Der Zusammenhang zwischen menschlicher Besiedlung und dem Vorhandensein von Schwarzerden scheint somit sehr komplex zu sein. Für Südnieder-

sachsen und die Kölner Bucht gilt, dass an Stellen, an denen bandkeramische Siedlungen nachgewiesen werden konnten, damals auch Schwarzerden vorhanden waren. Anhand von ^{14}C -Datierungen ließ sich aber kein absolutes Alter für den Beginn der Schwarzerdebildung allgemein ermitteln, es wurde aber deutlich, dass sie nicht gleich alt sein müssen und nicht zwingend mit der bandkeramischen Zeit in Verbindung stehen, wenn auch der Schwerpunkt der Entstehung der Schwarzerden für das Neolithikum nachweisbar ist (GEHRT et al. 2002). Auch wenn nicht überall die Entstehung von schwarzen Böden auf anthropogene Brände zurückgeführt werden darf, scheint der neolithische Mensch sehr wohl durch Brandrodung und eine noch nicht genau geklärte Form der Brandwirtschaft die Entstehung von Schwarzerden stark beeinflusst zu haben. Nach ECKMEIER et al. (2007) kann man für ganz Europa feststellen, dass nicht alle als Schwarzerde klassifizierten Böden als Steppen-Schwarzerden anzusprechen sind, sondern dass vermutlich oft anthropogene Aktivitäten und Vegetationsbrände damit in Zusammenhang stehen. GERLACH et al. (2006) konnten Böden, die früher teilweise als Schwarzerden ausgebildet, waren anhand einer 33 km langen Gaspipeline westlich von Köln untersuchen. Dabei datierten sie verschiedene Inhaltsstoffe, unter anderem Holzkohlen und das sogenannte Black Carbon (hocharomatische, resistente Kohlenstoffe) in den durch Bodenbildungsprozesse umgewandelten, früheren Schwarzerden. Feuer hatte die Böden demnach vom Mesolithikum (9.500-5.500 BC) bis zum Mittelalter (500 - 1.500 AD) beeinflusst. Der Schwerpunkt der Entstehung lag in der späten und Endneolithischen Phase (4.400-2.200 BC). Nach SCHIER (2009) und EHRMANN et al. (2009) könnte insbesondere für suboptimale Ackerstandorte eine Wald-Feld-Wechselwirtschaft mit Brandeinsatz vorteilhaft gewesen zu sein, wie es für das südwestdeutsche-schweizerische Jungmoränengebiet anzunehmen ist. Solche ackerbaulich schlechteren Standorte wurden aber erst im mittleren und jungen Neolithikum besiedelt, die ersten Ackerbauern beschränkten sich auf die fruchtbaren Lössbereiche, bei denen eine Brandwirtschaft nicht unbedingt notwendig gewesen sein wird. Hier ist die Hilfe von Feuer in erster Linie in Form von Brandrodung und eventuell zur Unkrautbekämpfung denkbar, eine Bodenverbesserung und Düngung war nicht zwingend erforderlich. Zur genauen Herkunft und Ursache der Schwarzfärbung der Lössböden gibt es noch viel Forschungsbedarf (s. u.a. ECKMEIER et al. 2007, GERLACH et al. 2006, SCHIER 2009), auch Landwirtschaftsmodelle werden noch sehr kontrovers diskutiert, zudem gibt es deutliche regionale Unterschiede (dazu z.B. BOGAART 2004, EHRMANN et al. 2009, SCHIER 2009).

Zum Zeitpunkt der Umwandlung in Ackerland im Neolithikum stockten auf Standorten mit Löss vermutlich lockere Eichenmischwälder oder Lindenwälder. In unseren Breiten setzte durch das humide Klima eine Degradation der Böden ein, die eine Entkalkung und Verbraunung bewirkte. So entstanden aus den ehemaligen Schwarzerden bis heute überwiegend Parabraunerden, teilweise mit Schwarzerderelikten, bei unterlagernden Stauschichten aus Decklehm Pseudogleye oder Podsol-Braunerden. Die damals vorhandenen Schwarzerden sind heute durch Erosion oder die bodenbildenden Prozesse verschwunden. Reste des ehemaligen schwarzen Horizonts findet man aber gelegentlich in tieferen, hellen Lössschichten in Tiergängen (Krotowinen) sowie als schwarzes Füllmaterial in Siedlungsgruben aus dieser Zeit. Insbesondere in Pfostenlöchern ist oft schwarzes Bodenmaterial anzutreffen. Der heute bei Lössböden häufig vorhandene Bt-Horizont mit seiner tonigen, schweren und dichten Beschaffenheit war zur Zeit der Bandkeramiker so noch nicht ausgebildet. Die Bodengüte im Neolithikum wird abhängig gewesen sein von der Mächtigkeit der Lössdecke (KREUZ 1990). Der krümelige Humus-

horizont stellt idealen Ackerboden dar (POTT & HÜPPE 2007). Die Tiefenwirksamkeit von einfachen Holzhacken-Pflügen war in den mächtigen, humosen Ah-Horizonten sicherlich viel größer als in heutigen tonigen Oberböden auf Lössstandorten (WILLERDING 1983).

Schwarzerden, wie sie vergleichbar im Neolithikum auf den Lössstandorten vorherrscht haben könnten, zeigen heute folgende Eigenschaften (nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002):

- Gut durchwurzelbar, gut belüftet, hoher Mittel- und Grobporenanteil (>50%), hohe nutzbare Speicherkapazität für Niederschläge im Oberboden, dadurch bei längeren Trockenperioden kein Schaden für die Pflanzen.
- Gute Versorgung mit pflanzenverfügbaren Mikronährstoffen (z. B. B, Cu, Mn, Mo, Zn)
- Tongehalt 15 – 20 %, Oberboden meist kalkfrei, meist schwach saure Reaktion, zunehmende Versauerung bei landwirtschaftlicher Nutzung.
- Hoher Humusgehalt, der jedoch durch Ackerbau (mikrobielle Aktivität) vermindert wird, gut benetzbar, hohe Austauschkapazität, enges C/N- und C/P-Verhältnis.
- Rasche Erwärmbarkeit im Frühjahr durch die dunkle Farbe, dadurch verlängerte Vegetationsperiode.
- Meist stabiles Bodengefüge mit reichem Bodenleben.

Für die Rekonstruktion des neolithischen Ackers wäre ein Standort auf Löss mit einer wenig degradierten Schwarzerde bei gleichzeitig humiden, atlantischen Klimabedingungen optimal gewesen. Dies ist aber in dieser Form heute kaum zu finden. Schwarzerden haben sich in Deutschland nur an recht wenigen Standorten erhalten, z. B. auf Fehmarn und im Oberrheingebiet (JEDICKE 1989).

Der heute anzutreffende Löss ist in seiner Beschaffenheit durch Bodenbildungsprozesse kaum mehr mit dem Löss des Neolithikums vergleichbar. Da der Aufwand für regelmäßige Pflegearbeiten und Kontrollen begrenzt werden sollte, wurde aus Ermangelung an Schwarzerde in erreichbarer Entfernung für die am Projekt beteiligten Personen ein akzeptabler Ersatzstandort gesucht. Ausgewählt wurde für die Rekonstruktion ein Standort auf Pseudogley mit lehmigem Sand (IS) bzw. sandigem Lehm (sL) bis sandigen Schluff (sU) aus Geschiebelehm mit Sandbeimengungen über Kalkmergel (GEOL. DIENST NRW 1977). Der Standort verfügt über eine gute Wasserversorgung durch relativ hoch anstehendes Grundwasser. Genauere Beschreibungen des Bodens mit Untersuchungsmethoden und Ergebnisse zu den Bodenverhältnissen finden sich in Kapitel 3.1.4, 4.7.1 und 5.5.

3.1.1.4 Bodenbearbeitung im Neolithikum

Zu Beginn des Neolithikums verfügten die Menschen noch nicht über Metallwerkzeuge. Die Gerätschaften zur Bearbeitung des Bodens bestanden aus Holz, Stein, Horn oder Knochen. Bereits im Altneolithikum gab es einen differenzierten Gerätebestand, z.B. Spaten und Hacken, wie Funde aus einem bandkeramischen Brunnen bei Erkelenz-Kückhoven belegen (LÜNING et al. 1997). Erste Metallbearbeitung ist zwar schon aus dem späteren Neolithikum nachzuweisen (überwiegend Kupfer), jedoch ist eine Verwendung für landwirtschaftliche Geräte kaum anzunehmen. Pflüge in Form von Ardern (aus Holz) sind für das frühe Neolithikum vorstellbar und werden durch neolithische Pflugspurbefunde untermauert. Diese finden sich beispielsweise unter neolithischen

Langhügeln oder im horizontalen Grabungsplanum in Form dunkler, paralleler oder gekreuzter Verfärbungen in Boden. Für den Vorderen Orient sind sie seit etwa 5.000 v. Chr. und für Mitteleuropa seit der ersten Hälfte des 4. Jts. v. Chr. nachweisbar (FRIES-KNOBLACH 2005). Für Nachweise von Furchen aus dem Neolithikum kann man durch die vorgefundenen Abstände und Furchentiefen bedingt davon ausgehen, dass es sich tatsächlich um Pflugspuren und nicht um Saatrillen handelt (TEGTMEIER 1993). Die wohl ältesten Nachweise über die Benutzung eines Pfluges ergeben sich aus bildlichen Darstellungen aus Mesopotamien ca. 3.000 v. Chr., in Form von dargestellten Ardern in piktographischer Schrift auf Tontäfelchen (TEGTMEIER 1993).

Ein Ard ist eine einfache Form eines Pfluges, der den Boden lediglich wühlt oder ritzt, aber nicht wendet (TEGTMEIER 1993). Er besitzt eine symmetrische Schar und kann von Menschen oder durch Zugtiere gezogen werden. Jedoch fehlt der Nachweis durch den Fund eines Pfluges bzw. Ardern aus dem frühen Neolithikum bisher, was dadurch zu begründen sein könnte, dass die überwiegend aus Holz gefertigten Gerätschaften sich nur zufällig unter Luftabschluss bis heute erhalten hätten (LÜNING 2005).

TEGTMEIER (1993) und LÜNING (2005) gehen davon aus, dass in Mitteleuropa der Pflugbau seit dem Beginn der ackerbaulichen Tätigkeiten, also seit dem frühen Neolithikum verbreitet war. Die damaligen Menschen übernahmen demnach nicht nur die Nutzpflanzen, sondern auch die dazugehörigen Anbaumethoden aus dem vorderen Orient. Jedoch liegen die bisherigen Nachweise von Pflugspuren aus dem Vorderen Orient bei 5.000 v. Chr., also zeitlich nachdem das Ackerbauerntum Mitteleuropa erreichte. Eindeutige Beweise für den Pflugbau im frühen Neolithikum fehlen bislang in Mitteleuropa (FRIES-KNOBLACH 2005).

Über den Zeitpunkt und die Häufigkeit des Einsatzes eines Pfluges im Neolithikum kann keine Aussage gemacht werden. Allgemein ist es in unseren Breiten üblich, im Herbst nach der Ernte die Stoppeln umzubrechen und den Boden aufzulockern, damit er im Winter durch Frost weiter gelockert wird und im Frühjahr schneller abtrocknet. Es kann aber auch schon im Herbst Wintergetreide eingesät werden oder der Acker über das Winterhalbjahr brachliegen bzw. als Viehweide genutzt werden. Vor der Einsaat ist das Saattiefen üblich, um Unkraut zu bekämpfen und den Acker für die Saat vorzubereiten. Dies kann auch mehrfach erfolgen (TEGTMEIER 1993). Ob auch Saattiefen mit einer Art von Pflug bzw. Ard gezogen worden sind, ist nicht geklärt. Versuche mit Emmer haben gezeigt, dass mit Saattiefen von 2,5 cm bis ca. 8 cm eine optimale Entwicklung des Getreides erreicht wird (TEGTMEIER 1993). Solche Saattiefen kann man in lockerem (Löss-) Boden auch mit Hilfe von einfachen Stöcken erreichen. Tatsächlich sind sogenannte Furchenstöcke oder Handhaken archäologisch nachgewiesen, die zu diesem Zweck recht gut geeignet erscheinen (LÜNING 2000, TEGTMEIER 1993), mit denen man aber auch kleinflächig von Hand pflügen kann (FRIES-KNOBLACH 2005).

Steinfreie Lössböden lassen sich gut mit Holzgeräten bearbeiten. Es gibt jedoch neolithische Pflugspuren, die zeigen, dass auch schwerere Lehm- und Kiesböden bestellt werden konnten (FRIES-KNOBLACH 2005). LÜNING et al. (1997) halten es für falsch, für das Neolithikum unzureichend bearbeitete Böden mit größeren Unkrautinseln anzunehmen. Vielmehr deuten rezente Beispiele auf die Möglichkeit hin, mit einem Ard ein gehäufeltes und flächig durchgearbeitetes Saatbeet herzustellen. SCHIER (2009) geht wie BOGAART (2004) für die Bandkeramik von permanent und intensiv bewirtschafteten Ackerflächen aus, die jedoch nicht mit dem Pflug, sondern mit Handhacken und Furchenstöcken bearbeitet wurden.

3.1.1.5 Vorherige Nutzung der Fläche

Für die Eignung des Standortes war die bisherige Nutzung der Fläche vor dem Rekonstruktionsversuch zu berücksichtigen, weil der Zustand des Bodens bezüglich Nährstoffgehalt, Bodenstruktur, Pflanzenschutzmittelrückständen, vorhandenen Diasporen usw. eine entscheidende Rolle auf die Auswertung haben konnte.

Man geht verbreitet davon aus, dass die Menschen in der Bandkeramik Waldbereiche rodeten und über einige Jahre bis Jahrzehnte bewirtschafteten. Zu den Bedingungen direkt nach der Rodung werden seit dem Jahr 1998 Brandrodungsversuche durchgeführt und ein neolithischer Wald-Feldbau rekonstruiert (EHRMANN et al. 2009, EHRMANN & RÖSCH 2005, RÖSCH 2002, RÖSCH 2005). Die Länge des Nutzungszeitraumes von Feldflächen im Neolithikum ist nicht geklärt. Hier gibt es Theorien von einer nur wenige Jahre dauernden Nutzung bis hin zu Pollendiagramm gestützten Zeiträumen von 30 bis 100 Jahren (LÜNING 2000). Dabei wird es regionale Unterschiede geben und sich innerhalb der langen Zeitepoche des Neolithikums vieles geändert haben, wozu es viele Untersuchungen gibt.

Ob schon das Prinzip der Düngung eingesetzt wurde, z. B. über Mist, ist für die Zeit der Bandkeramik nicht ausreichend bekannt. Bei einer nur vorübergehenden Nutzung von Lössböden ist eine Düngung nicht unbedingt erforderlich, da diese Böden im allgemeinen über eine gute Nährstoffversorgung verfügen. Eine leichte Verbesserung der Nährstoffgehalte des Bodens durch das Auftreiben von Vieh auf die Feldflächen nach der Ernte oder während Brachzeiten ist denkbar. Brandrodung führt durch die Asche ebenfalls zu einer kurzfristigen Freisetzung von Nährstoffen.

Nach LÜNING & MEURERS-BALKE (1980) ist z. B. für die neolithischen Siedlungen auf der Aldenhovener Platte (bei Jülich) ein extensiver Wanderfeldbau mit Waldbrache und Brandrodung eher unwahrscheinlich. Die langjährige, kontinuierliche Besiedlung hätte bei dieser Methode einen zu großen Flächenbedarf geführt. Hier wurde wahrscheinlich ein relativ stationärer Feldbau betrieben. LÜNING & MEURERS-BALKE (1980) zitieren langjährige Anbauversuche ohne Düngung. Dabei wurde für 60 Jahre (Göttinger Versuch, mit Fruchtwechsel) bzw. für 73 Jahre (Versuche im englischen Rothamsted, Weizen im Daueranbau) ohne Düngung angebaut. Die Ernterträge nahmen erst nach 20 – 30 Jahren ab und blieben danach noch jahrzehntelang auf einem Niveau von 60 – 80 % der Anfangsernte. Diese Versuche lassen vermuten, dass auf den fruchtbaren Lössflächen im Neolithikum auch ein kontinuierlicher, ertragreicher Anbau über viele Jahrzehnte ohne Düngung möglich war. Dabei darf man nicht vergessen, dass wir die heute verwendeten Getreidesorten bezüglich ihrer Ansprüche an den Boden und den Nährstoffgehalt nicht mit den neolithischen Getreiden gleichsetzen dürfen. Einkorn als typisches Getreide für das Neolithikum ist beispielsweise (auch in den heutigen Zuchtformen) wesentlich anspruchsloser als unser heute angebaute Saatweizen.

Zu dem gezielten Einsatz von Düngemitteln kommt in der heutigen Landwirtschaft der Eintrag von Nährstoffen, z. B. Stickstoff aus der Luft bzw. über Niederschläge hinzu. Diesen Dünger-Eintrag aus der Luft konnte man bei der Rekonstruktion des neolithischen Ackers nicht unterbinden. Um den Einsatz von Kunstdüngern und Pflanzenschutzmitteln in den letzten Jahren ausschließen, wurde eine zuvor ökologisch bewirtschaftete Fläche gesucht.

Ausgewählt wurde eine Fläche, auf der in den vier Jahren 1998 bis 2001 vor dem Projekt Kleegras bzw. Luzerne (ökologischer Anbau) standen. Somit war der Boden auch mindestens vier Jahre lang nicht tief gepflügt oder anderweitig intensiv technisch verändert worden. Ein sehr tiefes Umbrechen und insbesondere ein Wenden des Bodens,

wie es heute üblich ist, war im Neolithikum mit einfachen Holzpflügen oder Handhacken nicht möglich.

Neben den Getreiden sind für das Neolithikum auch die Nutzpflanzen Erbse und Linse bekannt. Für diese Leguminosen wird teilweise eine Fruchtfolge mit Einkorn und Emmer diskutiert (LÜNING 2000), u.a., weil Leguminosen Luftstickstoff fixieren können. Ähnliche Bedingungen sind durch Einsatz von Einkorn nach Klee gras bzw. Luzerne anzunehmen.

3.1.2 Lage

Die gewählte Fläche für den Rekonstruktionsversuch liegt in Nordrhein-Westfalen, südlich von Münster im Kreis Warendorf (s. Abb. 13). Naturräumlich liegt das Gebiet in der Westfälischen Tieflandbucht. Diese wird nach Norden, Osten und Süden von Randbereichen der nord- und westdeutschen Mittelgebirge abgegrenzt und geht nach Westen in die niederländisch-niederrheinische Landschaft über. Innerhalb der Westfälischen Bucht ist das Untersuchungsgebiet dem Kernmünsterland zuzuordnen. Kleinräumig wird das Untersuchungsgebiet zur „Drensteinfurter Platte“ gerechnet (MEISEL 1960), MÜLLER-WILLE (1955) ordnet das Gebiet der „Rinkeroder Lehmebene“ zu.

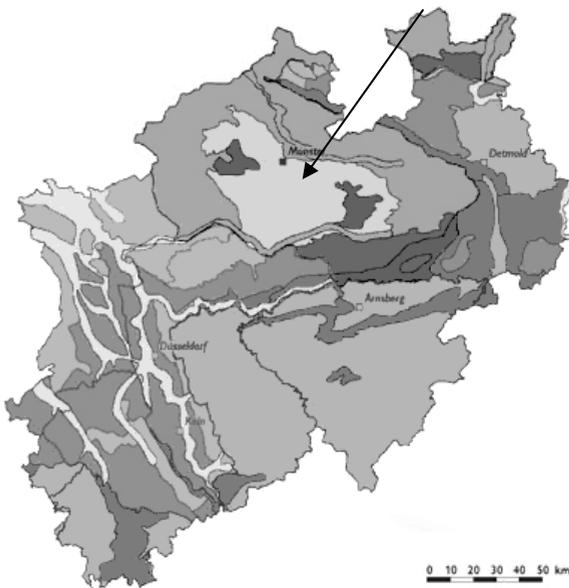


Abb. 13: Nordrhein-Westfalen, Lage der Untersuchungsfläche wird durch den Pfeil markiert (© LÖBF NRW 2001).

Die Fläche gehört zur Gemarkung Rinkerode, Flur 16, Flurstück 451 und liegt ca. 1 km nordwestlich des Dorfkerns von Rinkerode. Sie trägt die Bezeichnung „Rohr“. Die Gesamtgröße der Fläche beträgt ca. 1,8 ha. Die Höhenlage liegt bei ca. 57 m ü. NN. Auf Abb. 15 ist die Lage der Rekonstruktionsfläche im Umfeld durch einen Pfeil gekennzeichnet.

Die ausgewählte Fläche wurde nach Norden von einem Bach und einem Laubwaldbestand und nach Westen von Hecken und Feldgehölzen abgegrenzt, wie auf den Abb. 14 und 15 zu erkennen ist. Das Kleinklima ist dadurch ähnlich wie im Neolithikum auf vermutlich relativ kleinen Rodungsinseln im Wald mit heckenartigen Strukturen und aufgelichteten Bereichen einzustufen.

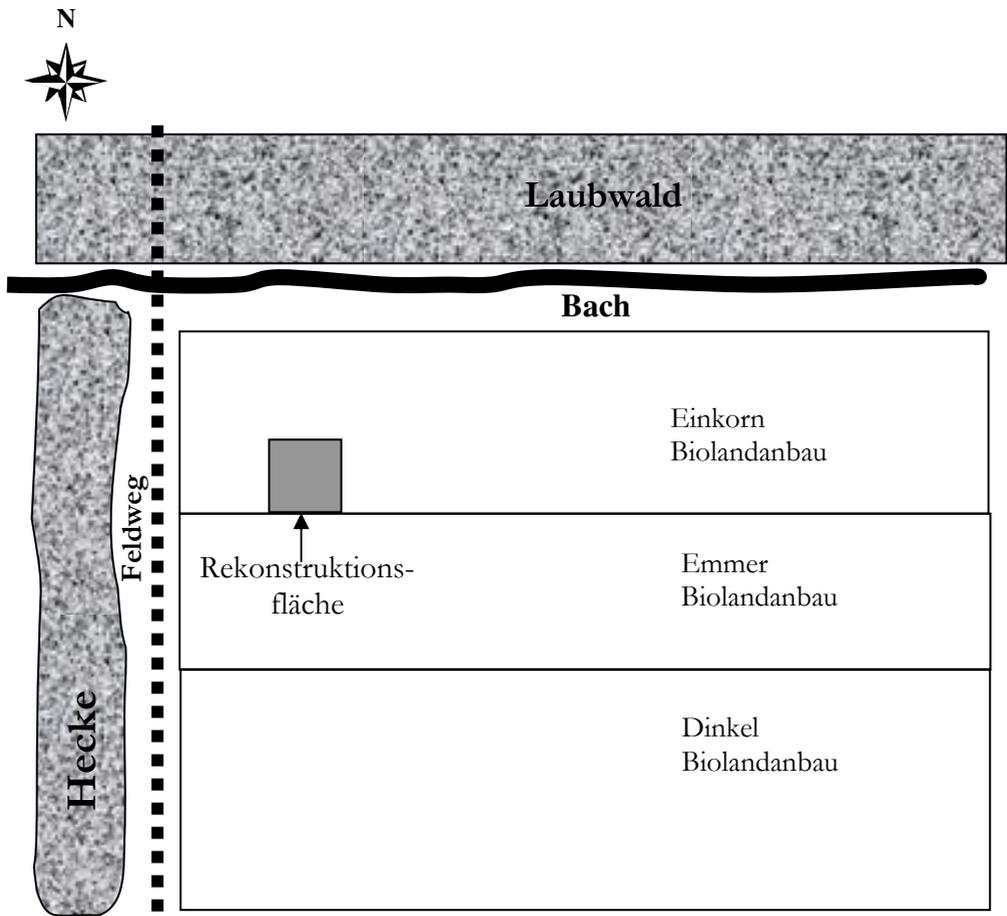


Abb. 14: Lage der Rekonstruktionsfläche, schematisch.



Abb. 15: Blick auf die ausgewählte Rekonstruktionsfläche (siehe Pfeil).

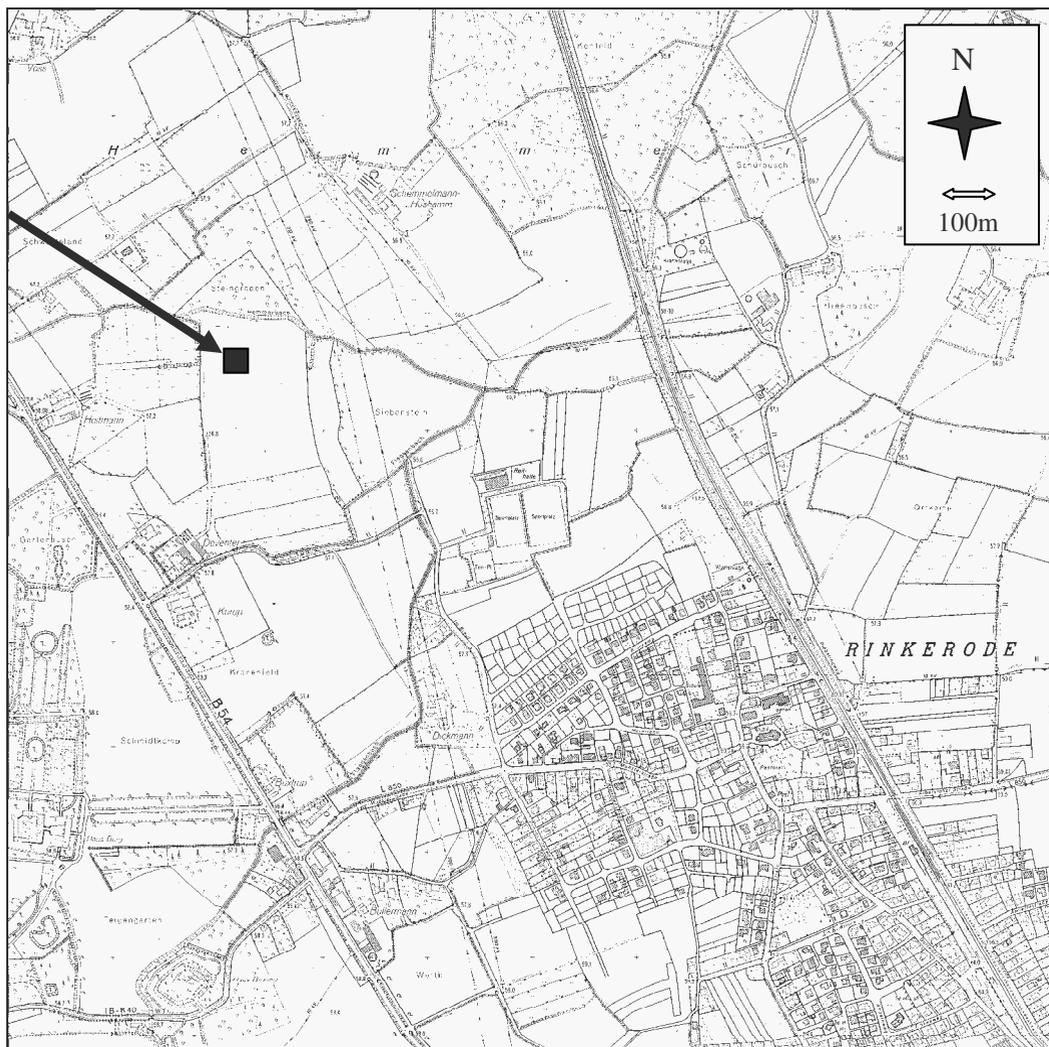


Abb. 16: Lage der Rekonstruktionsfläche ■ (Auszug aus DGK 5, Rinkerode).

Auf Abb. 16 ist die Lage der Rekonstruktionsfläche auf der DGK 5 nordwestlich von Rinkerode zu erkennen.

Zur Besiedlung des Untersuchungsgebietes im Neolithikum ist anzumerken, dass sich die bandkeramische Kultur entlang von Lössvorkommen ausbreitete. In der Westfälischen Bucht lassen sich bandkeramische Siedlungen etwa für die Mitte des 5. Jahrtausends v. Chr. im Lippegebiet, z. B. bei Werl in der Hellwegzone auf Lössböden, nachweisen (LINKE 1976). Das liegt etwa 30 - 40 km südlich vom Untersuchungsgebiet. Im Kleimünsterland direkt wurde wahrscheinlich erst 1.000 Jahre später von der neolithischen Trichterbecherkultur (nordische Megalithkultur) erstmals Ackerbau betrieben (HÜPPE 1987). Die Besiedlung der Westfälischen Bucht erfolgte schubweise, wobei die feuchten, schweren Böden des Kleimünsterlandes später als die Lössböden des Hellwegs besiedelt wurden (BURRICHTER 1976).

3.1.3 Klima

Klimatisch ist das Untersuchungsgebiet nach dem Klimaatlas NRW (MURL 1989) dem Klimabezirk „Westfälische Bucht“ zuzuordnen. Dieser zeichnet sich durch atlantisches Klima mit vorherrschenden Südwest- und Westwinden aus.

Für Drensteinfurt wird im Umweltbericht der Stadt Drensteinfurt von 1990 ein mittlerer Jahresniederschlag von ca. 750 mm angegeben.

Das Klima für die Stadt Münster (etwa 15 km nördlich) ist im folgenden Klimadiagramm (Abb. 17) wiedergegeben.

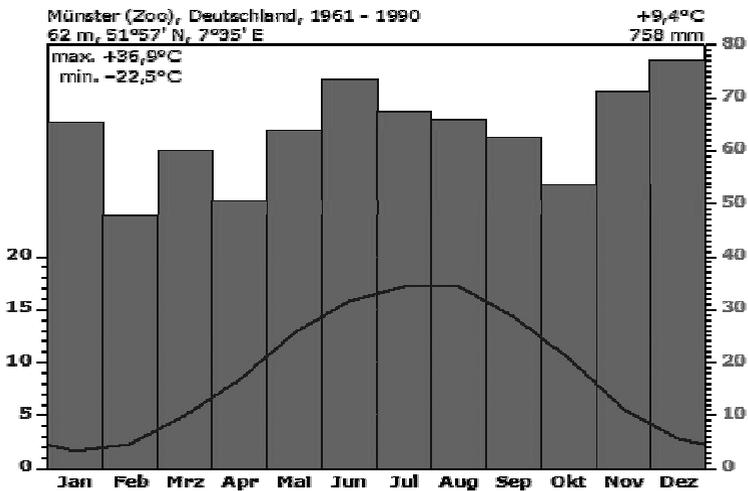


Abb. 17: Klimadiagramm der Stadt Münster, 1961 - 1990, (© 2007, Institut für Landschaftsökologie (ILÖK) Münster, Stand: 06.09.2006).

Für die Interpretation der Vegetationsentwicklung im Rekonstruktionsversuch ist der Witterungsverlauf im Versuchsjahr von größerer Bedeutung als das langjährige Mittel. In den folgenden Diagrammen (Abb. 18-20) finden sich Klimadaten als Monatsmittel aus dem Versuchsjahr 2002 im Vergleich zum langjährigen Mittel.

Die Monatsmittel der Temperatur und auch das Jahresmittel lagen für 2002 insgesamt über dem langjährigen Mittelwert. Jedoch fehlte für den Getreideanbau im Sommer 2002 eine ausreichende Sonnenscheindauer zur Reife, der deutlich unter dem Durchschnitt lag.

Die Niederschläge lagen im Jahr 2002 besonders in den Monaten Juli und August in der Region deutlich über dem langjährigen Mittelwert (s. Abb. 20). Dies war verbunden mit starker Bodenvernässung und wenig Sonnenschein für schwierige Ernteverhältnisse 2002 verantwortlich. Das Getreide trocknete und reifte schlecht ab. Die eher hohen Temperaturen begünstigten zusammen mit der Feuchte die Entwicklung von Pilzbefall. Späte Ernten, Verpilzung und ein häufiges Auskeimen auf dem Halm waren die Folge. Außerdem waren Starkregenereignisse und Hagel ein weiteres Problem, dass im Jahr 2002 großflächig zu niederliegendem Getreide geführt hat, was die Ernte erschwerte oder teilweise unmöglich machte.

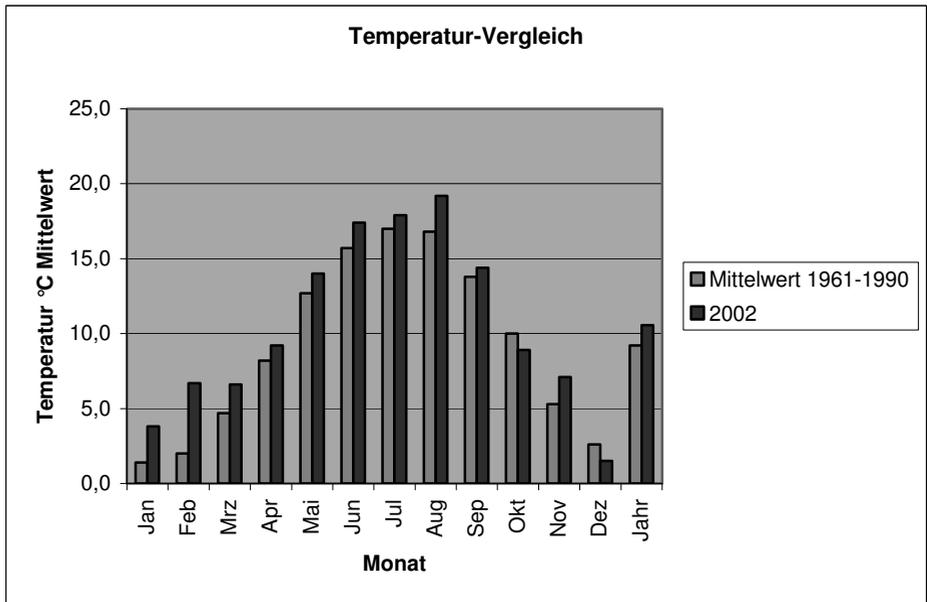


Abb. 18: Vergleich der Monatsmitteltemperatur 2002 mit dem langjährigen Mittel 1961 bis 1990 (Datengrundlage Deutscher Wetterdienst www.dwd.de, Station Münster).

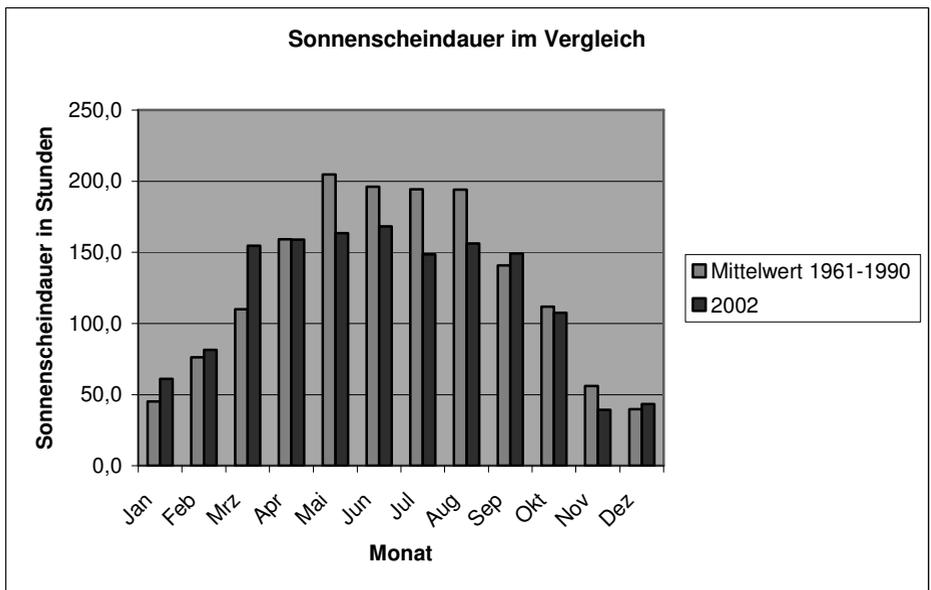


Abb. 19: Vergleich der Sonnenscheindauer 2002 mit dem langjährigen Mittel 1961 bis 1990 (Datengrundlage Deutscher Wetterdienst www.dwd.de, Station Münster).

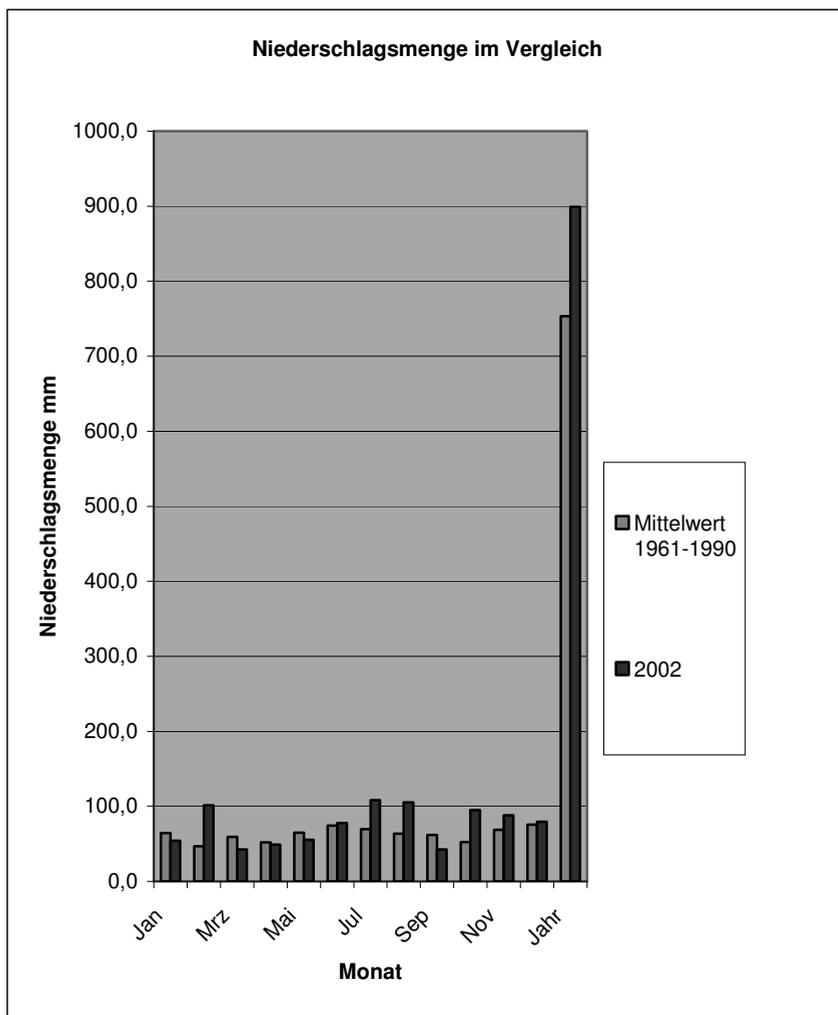


Abb. 20: Vergleich der Niederschläge (Summe pro Monat) 2002 mit dem langjährigen Mittel 1961 bis 1990 (Datengrundlage Deutscher Wetterdienst (www.dwd.de, Stationen Münster, Münster Hafen und Drensteinfurt, gemittelt).

3.1.4 Geologie, Böden

Die Westfälische Tieflandbucht ist aus geologischer Sicht eine nach Westen geöffnete Mulde aus Schichten der Oberkreide. Darüber befinden sich in unterschiedlicher Mächtigkeit und Zusammensetzung eiszeitliche und nacheiszeitliche Ablagerungen. Das Untersuchungsgebiet liegt im Kern- bzw. Kleimünsterland. Geologisch herrschen hier Sedimentgesteine aus dem Quartär (Geschiebemergel, -lehm, Kies, Sand) und kreidezeitliche Ablagerungen vor (TEMLITZ 1991). Auf mächtigen Kalkmergelschichten im

Untergrund haben sich überwiegend Braunerden, Pseudogleye und Mergelrendzinen als Bodenarten gebildet.

In der Bodenkarte 1:5.000 zur landwirtschaftlichen Standorterkundung vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen (GEOLOGISCHER DIENST NRW 1977) wird der Boden der Rekonstruktionsfläche als ein Pseudogley mit mittlerer bis teilweise starker Staunässe eingestuft, der aus Geschiebelehm bzw. Geschiebesand aus dem Pleistozän über einer Kalkmergelschicht aus der Oberkreide entstanden ist. Diese Kalkmergelschicht ist als Stauschicht für versickernde Niederschläge für die Pseudovergleyung des Bodens verantwortlich. Typisch für einen Pseudogley ist meist seitlich bewegliches Stau- bzw. Schichtwasser, das Schwankungen unterliegt und gelegentlich, im Gegensatz zu Grundwasser, völlig austrocknen kann. Der Wechsel von Nässe und Trockenheit bewirkt durch Sauerstoffmangel die Lösung von Eisen und Mangan, die sich als schwarze, graue oder rostbraune Konkretionen zusammenballen, wodurch die typische fleckige Färbung im Sw-Horizont entsteht. Der darunter liegende stauende Sd-Horizont ist durch Bleichung und Eisenanreicherung marmoriert.

Der eiszeitliche Geschiebelehm bzw. Geschiebesand ist starken Schwankungen in Bodenart und Bodenschichtung unterworfen, teilweise können im Gebiet auch Flugsande oder sandige Terrassenablagerungen kleinräumig beigemischt sein.

Die Bodenart in den ersten 3-6 dm wird am Standort als lehmiger Sand bis sandiger Lehm beschrieben. Darunter schließt sich sandiger bis toniger Lehm, stellenweise auch lehmiger Ton in einer Mächtigkeit von 2-8 dm an. Tiefer findet sich Kalkmergel, teilweise auch kalkhaltiger, lehmiger Ton, der in den Kalkmergel übergeht (GEOLOGISCHER DIENST NRW 1977).

Zur Zeit der Bodenuntersuchungen 1977 war der Standort zur Wiesennutzung empfohlen. Ackerbauliche Nutzung wurde nur nach Drainage befürwortet.

3.1.5 Potentielle natürliche Vegetation

Die potentielle natürliche Vegetation im Klei- oder Kernmünsterland im Bereich der Untersuchungsfläche ist das *Stellario-Carpinetum periclymenetosum* und *typicum*, der Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwald in einer vorwiegend artenarmen Ausprägung (BURRICHTER 1976, 1993, BURRICHTER et. al 1988). In der Westfälischen Bucht ist das *Stellario-Carpinetum* als azonale Waldgesellschaft anzusehen, das substratbedingt auf stau- und grundwasserfeuchten Böden, vorwiegend auf Pseudogleyen, anzutreffen ist (BURRICHTER 1976, 1993).

Eine häufige Ersatzgesellschaft nach BURRICHTER (1993) auf Äckern ist eine *Mentha arvensis*-reiche Ausbildung des *Alchemillo-Matricarietum* (entspricht dem *Aphano-Matricarietum* nach HÜPPE & HOFMEISTER (1990)). Diese Gesellschaft ist typisch für Pseudogleye und Braunerden und ist in Westfalen die am weitesten verbreitete Assoziation (HÜPPE 1986).

3.2 Auswahl des Getreides

3.2.1 Vorüberlegungen

Für die Rekonstruktion eines neolithischen Ackers sollte eine typische Getreideart verwendet werden, da die Untersuchungen der Unkrautflora sich auf Funde mit Getrei-

dekörnern stützen. Andere Feldfrüchte wie Hülsenfrüchte oder Mohn kamen deshalb für die Rekonstruktion nicht in Frage. Für die darzustellende Epoche des Altneolithikums (Bandkeramik ca. 5.500 – 5.000 v. Chr.) sind folgende angebaute Getreide regelmäßig nachgewiesen (u. a. nach JACOMET & KREUZ 1999, KNÖRZER et al. 1999b, KREUZ 1990, KREUZ 2006, LÜNING 2000, SCHIER 2009):

Triticum monococcum (Einkorn)

Triticum dicoccum (Emmer)

Hordeum spec. (Gerste)

Bromus arvensis/secalinus (Acker-/Roggentrespe), Anbau umstritten

Triticum aestivo-compactum (Zwergweizen).

Das Getreide sollte repräsentativ für die Bandkeramik sein. Die Auswahl für die Rekonstruktion gründet sich auf folgende Abwägungen:

Bromus arvensis/secalinus, eigentlich ein Wildkraut, war wahrscheinlich ein willkommenes Beikraut, das wegen seiner großen Körner mitgeerntet und ausgesät wurde. Eine Einstufung als Nutzpflanze ist umstritten (KÜSTER 1992). Es war vor allem im Rheinland stark verbreitet und erreicht hier Anteile bei Getreidefunden bis ca. 50 % (KNÖRZER 1997). Für den Rekonstruktionsversuch war es nicht geeignet.

Triticum aestivo-compactum spielt in den meisten archäologischen Funden mengenmäßig nur eine untergeordnete Rolle, so dass er für das Projekt nicht repräsentativ erschien.

Hordeum ist in der Bandkeramik nicht besonders häufig angebaut worden. Sie wurde nur etwa in einem Fünftel der auswertbaren Fundstellen nachgewiesen (KÖRBER-GROHNE 1994). Dabei war sowohl die Nacktgerste als auch eine bespelzte Form verbreitet, wobei beide dem mehrzeiligen, überwiegend vierzeiligen Gerstentypus angehörten.

Triticum monococcum und *T. dicoccum* treten in archäologischen Untersuchungen aus der Bandkeramik regelmäßig in den Vordergrund (z. B. LÜNING 2000, KNÖRZER 1997). KREUZ (1999) spricht von einer Dominanz dieser beiden Weizenarten, die sich durch die gesamte bandkeramische Zeit in ganz Mitteleuropa hindurch zieht.

Triticum monococcum ist ein robustes und anspruchsloses Getreide. Durch die zarten Halme und Ähren ist es von den modernen heutigen Getreidesorten auch für den Laien optisch zu unterscheiden.

Triticum dicoccum, zumindest in der verfügbaren modernen Form, sieht dem heutigen Weizen ähnlicher. Um dem Betrachter im Museum einen möglichst anschaulichen Kontrast zur heutigen Landwirtschaft zu bieten, war Einkorn visuell besser geeignet als Emmer. Nach Abwägung aller Gesichtspunkte wurde *Triticum monococcum* (Einkorn) für den Rekonstruktionsversuch ausgewählt.

Bei archäologischen Funden aus dem Neolithikum finden sich *Triticum monococcum* und *T. dicoccum* fast immer gemeinsam in Mischfunden. Dies lässt vermuten, dass beide Getreide teilweise zusammen angebaut und geerntet worden sind (z. B. WILLERDING 1983, KNÖRZER 1997, 1998). Jedoch gibt LÜNING (2000) zu bedenken, dass das häufig gemischte Auffinden von Einkorn und Emmer nicht unbedingt einen gemeinsamen Anbau voraussetzt. Er bemängelt den oft unpräzisen Einsatz des Ausdrucks „Vorratsfund“. Häufig handelt es sich um verkohlte Pflanzenreste, die nicht unbedingt am Fundort verkohlt sein müssen, sondern auch nachträglich nach einem Feuer an einem anderen Ort gemischt worden sein können. Teilweise kann man solche Funde eher der Abfallentsorgung als der Vorratshaltung zuordnen. Auch unterscheidet er „primäre“, „sekundäre“ und „tertiäre“ Vorräte, die nach der Ernte getrennter Getreidebestände unter

bestimmten Gesichtspunkte zusammengestellt worden sein können, z. B. zur unmittelbaren Speisebereitung.

REYNOLDS (1993) berichtet von ausführlichen Experimenten zur möglichen Herkunft verkohlter Getreidekörner in urgeschichtlichen Siedlungen. Er beschreibt dabei die Möglichkeit, dass es sich bei Ansammlungen von verkohlten, mit anderen Unkrautsamen durchsetzten Getreidekörnerfunden auch um Reste von Strohfeuern handeln kann, was auch experimentell untersucht wurde.

Ein gemischter Anbau von *Triticum monococcum* und *T. dicoccum* für die Rekonstruktion wurde zunächst überlegt, dann aber aufgrund unterschiedlicher Reifezeitpunkte der beiden Weizenarten nicht durchgeführt. In unserem heutigen Klima reift Einkorn meist später ab als Emmer. Im etwas wärmeren Klima des Altneolithikums kann eine gleichzeitige Reife und Ernte u. U. möglich gewesen sein, was jedoch von LÜNING (2000) angezweifelt wird. Es bleibt fraglich, in wie weit unsere heute bekannten Sorten in Ihren Eigenschaften wie Reifezeitpunkt usw. mit den damaligen Sorten übereinstimmen.

Direkt neben der Rekonstruktionsfläche mit Einkorn wurde unter fast identischen Bedingungen Emmer nach modernen, biologischen Anbaumethoden angebaut, um die Entwicklung von Einkorn und Emmer vergleichen und dokumentieren zu können.

3.2.2 *Triticum monococcum* (Einkorn)

Einkorn ist die zierlichste aller Getreidesorten, die Halme sind sehr dünn (s. Abb. 21). An den flachen kleinen Ähren sitzt beiderseits der Ährenspindel meist nur ein Korn. Daher leitet sich der deutsche und der wissenschaftliche Name ab. Selten sind zwei Körner pro Ährchen zu finden.



Abb. 21: Einkorn aus dem Rekonstruktionsversuch des neolithischen Ackers.

Einkorn ist wie Emmer und Dinkel ein Spelzgetreide. Die Körner bleiben beim Dreschen von den Spelzen umschlossen. Bei den meisten Einkorn-Sorten ist die Ähre sehr spröde und zerfällt leicht in die einzelnen Stufen der Ährenspindel zu einzelnen Spindelgliedern mit jeweils einem Ährchen, auch

Vesen genannt. Zur Gewinnung der Körner ist ein zusätzlicher Arbeitsgang, das Entspelzen, notwendig.

Einkorn wurde bereits von den frühesten Ackerbaukulturen im Vorderen Orient ab etwa 8.500 v. Chr. zunächst als Wildgetreide gesammelt und mit der Zeit domestiziert (GROENBORN 2006, MEISTER 2008). Einkorn gehört zu den ältesten Getreidearten überhaupt.

Das diploide Einkorn ist ein Verwandter unseres heutigen, weit verbreiteten hexaploiden Saatweizens, *Triticum aestivum*. Hierbei handelt es sich im Gegensatz zum Einkorn um ein sogenanntes Nacktgetreide, die Körner fallen beim Dreschen aus den Spelzen heraus. In der Gattung *Triticum* kann man eine Vermehrung der Chromosomenzahl, eine Polyploidisierung mit verschiedenen Genomen feststellen. Danach lässt sich *Triticum* in verschiedene genetischen Gruppen aufteilen (s. Tabelle 1). Das AA-Genom des Wild-einkorns und des Kultureinkorns ist in den wichtigsten Kulturweizenarten, z. B. in Emmer, Dinkel, Hartweizen und Saatweizen enthalten. Es entstammt vermutlich einem gemeinsamen Vorfahren dieser Getreidearten aus der Zeit von vor ca. 10.000 Jahren, der *Triticum boeoticum* (Wildeinkorn) sehr ähnlich gewesen sein muss (MÜLLER 2005). Die hinzukommenden Genome stammen vermutlich von *Aegilops spec.* (Gänsefußgräser). Ein dem Genom BB ähnliches Genom wurde in fünf verschiedenen *Aegilops*-Arten gefunden, die genaue Herkunft ist noch nicht abschließend geklärt. Das Genom DD stammt höchstwahrscheinlich von *Aegilops squarrosa* (Synonym *Triticum tauschii*) (JAKOMET & KREUZ 1999, KÖRBER-GROHNE 1994, MÜLLER 2005, ZOHARY & HOPF 1993). Dieses Gras neigt stark zum Bastardisieren.

Tab. 1: Genetische Einordnung der wichtigsten Weizen-Formen (nach FRANKE 1981, GRAU et al. 1990, JAKOMET & KREUZ 1999, KÖRBER-GROHNE 1994, MÜLLER 2005, POTT 2005, TRAUZ & JANTSCH 2001, verändert)

Genetische Gruppe	Wildform bespelzt, mit brüchiger Ährenachse	Kulturform bespelzt, teils mit brüchiger Ährenachse	Kulturform freidreschend, mit fester Ährenachse
I Einkorn-Reihe Diploid, n = 7 Genome AA	Ur-Wildeinkorn (<i>Triticum boeoticum</i>) Wildeinkorn (<i>Triticum urartu</i>)	Einkorn (<i>Triticum monococcum</i>) hervorgegangen aus <i>T. boeoticum</i>	Sinskaje-Einkorn (<i>Triticum Sinskaje</i>)
II Emmer-Reihe Tetraploid, n = 14 Genome AABB	Wildemmer (<i>Triticum dicoccoides</i>) hervorgegangen aus <i>T. urartu</i> oder <i>T. boeoticum</i> (AA) und <i>Triticum speltoides</i> (BB)	Emmer (<i>Triticum dicoccum</i>) hervorgegangen aus <i>T. dicoccoides</i>	Hartweizen (<i>Triticum durum</i>) Rauweizen (<i>Triticum turgidum</i>) Polnischer Weizen (<i>Triticum polonicum</i>)
III Dinkel-Reihe Hexaploid, n = 21 Genome AABBDD	keine hexaploiden Wildformen von <i>Triticum</i> bekannt	Dinkel (<i>Triticum spelta</i>)	Saat-Weizen (<i>Triticum aestivum</i>) hervorgegangen aus <i>T. boeoticum</i> (AA), <i>T. speltoides</i> (BB), <i>T. tauschii</i> (DD)

Am Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln wurde die geographische Verbreitung von *Triticum monococcum* ssp. *boeoticum* durch Vergleiche der Erbsubstanz aufgeklärt (POTT 2005). Unter mehreren Hundert wilden und kultivierten Linien des Einkorns fanden sich 11 wilde Linien aus den Karaca-Bergen (heutige Türkei), die den ersten kultivierten Formen sehr glichen. In den Ausgrabungsstätten Hatal Hüyük und Cayönu wurde ähnliches Saatgut von Einkorn von etwa 7.600 v. Chr. gefunden (POTT 2005).

Primäre natürliche Standorte des Wildeinkorns sind vermutlich ökologische Nischen wie z. B. Abhänge von Basaltfelsen. In der südwestlichen Türkei soll es bis in 2.000 m Höhe ü. NN. gedeihen. Wildeinkorn neigt stark zur Unkrautrolle und findet sich somit auf

sekundären Standorten wie Weg- und Feldrändern, in verlassenen Ortschaften und in Getreidefeldern (KÖRBER-GROHNE 1994). Man nimmt an, dass die Vorkommen des Wildeinkorns in Griechenland, im Süden von Jugoslawien und in Bulgarien nicht ursprünglich sind. Es ist vermutlich bei der Ausbreitung des kultivierten Einkorns durch altneolithische Ackerbaukulturen über den Balkan bzw. Griechenland bis nach Mitteleuropa mit eingeschleppt worden.

Erste Anbauggebiete des voll kultivierten Einkorns waren wahrscheinlich der Oberlauf des Euphrat, Nordsyrien und die südliche Türkei. Später taucht Einkorn zahlreich im Vorderen Orient, z. B. in der Türkei, in Jericho am Toten Meer, in Syrien und im Iran auf. In wahrscheinlich mehreren Einwanderungswellen wurde das Einkorn zusammen mit dem Emmer (*Triticum dicoccum*), z. T. auch mit der Gerste (*Hordeum vulgare*) über den Balkan bzw. Griechenland bis nach Mitteleuropa verbreitet (KÖRBER-GROHNE 1994).

In Mitteleuropa sind Einkorn und Emmer seit der Bandkeramik in zahlreichen Funden nachweisbar und die Grundlage für die älteste Ackerbaukultur. Auch im Mittel- und Jungneolithikum war der Anbau von Einkorn weit verbreitet. Jedoch gab es regionale Unterschiede in der Mengenverteilung zwischen Einkorn und Emmer. Die Bedeutung des Einkornanbaus nahm bereits in der Bronzezeit ab. Aus der vorrömischen Eisenzeit und der römischen Zeit sind nur wenige Funde bekannt. Seit dem frühen Mittelalter ist es nicht mehr in Bodenfunden nachgewiesen worden (KÖRBER-GROHNE 1994). Außerhalb von Kleinasien und Europa war Einkorn nahezu unbekannt (MÜLLER 2005).

Einkorn hat sich wahrscheinlich wegen seiner anspruchslosigkeit an verschiedenen Orten bis in die jüngste Vergangenheit gehalten. Bis zum 1. Weltkrieg soll der Einkornanbau in Jugoslawien größere Bedeutung gehabt haben. Im Vorarlberger Rheintal fand es sich noch 1928-1930, hier wurde sein elastisches Stroh zum Flechten von Bienenkörben benutzt. Berichte aus dem Jahr 1948 erwähnen Einkornanbau in der nördlichen Schweiz, in Baden und in Schwaben. In Italien wurde es 1984 noch als Schweinefutter in den höheren Lagen des Appenin angebaut (MÜLLER 2005). In Deutschland ist der Anbau bis in 60er Jahre, z. B. im Kreis Heilbronn, bekannt. Hier wurde das reißfeste und biegsame Stroh zum Anbinden von Weinreben und zum Flechten benutzt (KÖRBER-GROHNE 1994).

In den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts wurde *Triticum monococcum* in Deutschland fast überhaupt nicht mehr in der Landwirtschaft verwendet. Genutzt wird überwiegend *Triticum aestivum* (moderner Saatweizen). In Mitteleuropa gab es einige kleine, regionale Anbauggebiete in der Schweiz, in Italien und in der Tschechei (TRAUTZ & JANTSCH 2001). Auch in Spanien (Cordoba), in der Türkei (Anatolien), in Albanien, in Österreich und in Südfrankreich ist der Anbau von Einkorn und Emmer noch erhalten (NIGGEMANN 2003). Daneben gab es Saatgut in Genbanken, in der Getreidezüchtungsforschung sowie in einigen archäologischen Freilichtmuseen.

Seit etwa 1995 hat der Anbau von Einkorn im ökologischen Landbau in Deutschland wieder an Bedeutung gewonnen. Das dafür verwendete Saatgut stammte hauptsächlich aus Genbanken und wurde entsprechend vermehrt oder aus den genannten Restvorkommen entnommen (TRAUTZ & JANTSCH 2001). Im Jahr 2003 wurden Einkorn und Emmer auf ca. 150 ha in Franken, im Saarland und in Ostniedersachsen angebaut (NIGGEMANN 2003).

Ein Forschungsprojekt der Fachhochschule Osnabrück von 2000 bis 2002 hat sich mit verschiedenen Aspekten des Anbaus von Emmer und Einkorn beschäftigt. Dabei wurde

z. B. pflanzenbauliche Grundlagen, Kulturtechniken, ernährungsphysiologische Qualitäten in Abhängigkeit von unterschiedlichen Kulturmaßnahmen und Herkünften, Absetzbarkeit, Ertrag und Verwendung untersucht. Die Gesellschaft für goetheanische Forschung mit Sitz in Darzau besitzt die Sortenrechte der ersten drei Einkornsorten, die in Zusammenarbeit mit dem Demeter-Verband gezüchtet wurden (NIGGEMANN 2003). Diese werden u. a. über Öko-Korn-Nord vertrieben, woher schließlich auch das Saatgut für den neolithischen Einkornacker in ausreichenden Mengen bezogen werden konnte. Es handelte sich um die Einkornsorte „Albini“.

Einkorn ist außerordentlich klimahart und kann als Sommer- und Wintergetreide angebaut werden. Hierfür stehen heute unterschiedliche Sorten zur Verfügung, wobei in den letzten Jahrhunderten wohl Winteranbau überwog.

Bei Wintereinsaat zeichnet Einkorn sich durch eine enorme Bestockung aus. Aus einem Korn entwickeln sich bis zu 15 – 20 Halme (KÖRBER-GROHNE 1994). Deshalb sind bei der Aussaat im Herbst wesentlich geringere Saatgutmengen notwendig als bei der Aussaat im Frühjahr. Gesät wird Einkorn in Vesen, in nicht entspelztem Dreschgut, da durch das Entspelzen der Embryo verletzt werden kann, wodurch es zu verminderter Keimfähigkeit kommt (KÖRBER-GROHNE 1994).

Einkorn ist verwendbar für Grütze, als Mehl auch für Brot und Mehlspeisen. Außerdem galt es früher als gutes Pferdefutter. Auch Bier lässt sich aus Einkorn-Malz brauen (KÖRBER-GROHNE 1994).

Das Mehl hat eine gelbliche Farbe und ergibt ein relativ dunkles, schweres Brot. Zum Backen von Plätzchen oder Kuchen ist es wegen des relativ geringen Klebergehaltes besser geeignet als zum Brotbacken. Dies ist jedoch auch sortenabhängig, wie Versuchsreihen und Untersuchungen von MÜLLER (2007) zeigen.

Dem hauptsächlich aus Carotinoiden bestehenden Gelbpigmentgehalt wird wegen der antioxidativen Eigenschaften u. a. eine antikanzinogene Wirkung zugeschrieben. Auch der hohe Zinkgehalt (im Mittel 34,6 mg/kg, zum Vergleich Weizen 20,3 mg/kg) macht Einkorn ernährungsphysiologisch wertvoll. Außerdem enthält Einkorn mehr Mineralstoffe und Aminosäuren als Saatweizen und der Geschmack ist etwas herzhafter und nussiger. Das Mehl ist deutlich proteinreicher als das Mehl des Weizens oder Roggens, wodurch es auch besonders im Bioanbau in den letzten Jahren wieder für Aufmerksamkeit und erneuten Anbau gesorgt hat. Aufwändige Anbauversuche der Getreidezüchtungsforschung Darzau mit verschiedenen Herkünften von Einkorn sollen leistungsfähige Sorten herausfinden, die für den Bio-Anbau interessant und gut vermarktbar sind (MÜLLER 2007).

Durch die Zunahme von Allergien werden im Nahrungsmittelbereich allergenarme Produkte gesucht. Einkorn ist glutenarm, wodurch man sich verspricht, das einige Weizenallergiker mit Zölliakie Einkorn vertragen, wie es auch bei *Triticum spelta* (Dinkel) teilweise der Fall ist.

Die ökologische Landwirtschaft ist auf Sorten angewiesen, die gegen Krankheiten und Schädlinge möglichst resistent sind und bei einem geringen Stickstoffangebot gute Qualitäten liefern. Dies ist bei dem sehr anspruchslosen Einkorn gegeben.

Die Resistenz von Einkorn gegen viele Pilz-Krankheiten macht ihn interessant für die Pflanzenzüchtung. Durch Einkreuzungen von Einkorn wird versucht, resistente Weizensorten heranzuziehen. Verschiedene wissenschaftliche Einrichtungen beschäftigten sich in jüngster Zeit mit Einkorn (z. B. INRA (institut national de recherche agronomic, Paris), Max-Planck-Institut, Köln, Landesanstalt für Pflanzenbau, Forchheim, Universität

Hohenheim, Institut für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Aschersleben, Institut für Pflanzenbau und Züchtung, Wien, Fachhochschule Osnabrück, Getreidezüchtungsforschung Darzau (NIGGEMANN 2003)).

Die EU hat zur Förderung des Anbaus seltener Kulturpflanzen Einkorn und Emmer in die EU-Verordnungen mit aufgenommen, so dass sie, wie konventionelle Getreidesorten, prämienerberechtigt sind (NIGGEMANN 2003).

3.3 Auswahl der eingebrachten Unkräuter

Das für den Rekonstruktionsversuch gekaufte, moderne Einkornsaatgut war gereinigt, so dass je nach Versuchsansatz im Rekonstruktionsversuch die Unkräuter des Bromo-Lapsanetums gesondert beigemischt werden mussten.

Dazu war zunächst die Beschaffung des Saatgutes für die einzelnen Unkrautarten erforderlich, wobei zu der benötigten Menge keine Anhaltspunkte vorlagen.

Einige Arten sind weit verbreitet und das Saatgut konnte durch Sammeln in der Umgebung der Untersuchungsfläche gewonnen werden (autochthones Saatgut), dazu zählten: *Chenopodium album*, *Lapsana communis* (wenig Saatgut), *Rumex spec.* (hier *R. crispus*), *Vicia hirsuta* (wenig Saatgut), *Galium aparine*.

Das Saatgut folgender Unkräuter wurde der Verfasserin freundlicherweise vom Botanischen Garten in Göttingen für das Projekt zur Verfügung gestellt (Herkunft unbekannt): *Bromus arvensis*, *Phleum pratense*, *Persicaria maculosa*, *Galium spurium*, *Galeopsis segetum* (wenig Saatgut).

Auf die Einsaat von *Poa spec.* wurde verzichtet, da es von der Gattung *Poa* nur vage Zuordnungen zu Arten für das Neolithikum gibt. Saatgut von *Fallopia convolvulus* konnte aus Zeitmangel nicht beschafft werden.

Bei KNÖRZER et al. (1999b) wird statt *Bromus sterilis* für Einkorn- und Emmerfelder der Bandkeramik *Bromus secalinus* bzw. *Bromus arvensis* als typisch bezeichnet. Die eindeutige Zuordnung von verkohlten Samenresten von *Bromus* zu einer Art scheint häufig schwierig. Zur Einsaat bei dem vorliegenden Rekonstruktionsversuch wurde *B. arvensis* (zur Verfügung gestellt vom Botanischen Garten Göttingen) mit eingebracht, da sich für diese Art innerhalb der vorhandenen kurzen Zeit Saatgut beschaffen ließ. *Bromus arvensis* und *Bromus secalinus* stehen auf der Roten Liste.

Das Saatgut wurde auf verschiedenen Teilflächen in den rekonstruierten Acker mit eingesät und über eine Vegetationsperiode beobachtet. Die unterschiedlichen Untersuchungsflächen sind in Kapitel 4.4 näher dargestellt.

4 Methoden

4.1 Zeitliche Koordination des Projektes

Die Rekonstruktion musste in einem eng festgelegten, zeitlichen Rahmen erfolgen, da sie neben der wissenschaftlichen Auswertung auch als Ausstellungsobjekt für das LWL-Museum für Archäologie - Westfälisches Landesmuseum in Herne dienen sollte.

Während des Sommers 2001 wurde nach einem geeigneten Standort zur Durchführung des Projektes gesucht. Eine Wiederholung des Projektes war nicht möglich, da bereits im Frühjahr 2003 die Ausstellungseröffnung stattfinden sollte.

Im Herbst 2001 begannen die ersten Vorarbeiten und ab Oktober 2001 bis November 2002 wurde die Fläche durch Diplom-Designer Martin Maier, Firma Gegenlicht, aus Ludwigshafen regelmäßig photographisch dokumentiert.

Es wurde zunächst über eine Wintereinsaat nachgedacht, dann entschied man sich nach Abwägung der Vor- und Nachteile jedoch für die Einsaat im Frühjahr. Auf die ausgesuchte Fläche wurde, wie es im Neolithikum wahrscheinlich auch üblich war, im Herbst Vieh (hier Milchkühe) aufgetrieben. Danach lag die Fläche von etwa November 2001 bis März 2002 brach.

Die Einsaat erfolgte vom 05. bis 07. April 2002. Teilbereiche wurden aufgrund von Saatgutverlusten durch Vögel mehrfach nachgesät. Das eingesäte Getreide entwickelte sich nach diesen Startschwierigkeiten gut. Die Ernte wurde wegen hoher Feuchtigkeit und langsamer Abreife recht spät am 02. September 2002 durchgeführt.

Zu diesem Anlass wurde das Projekt auch der Öffentlichkeit vorgestellt. Es waren Presse, Radio und regionale Fernsehsender (WDR) geladen. Auch vorher hatte die Lokalpresse mehrfach über den Stand der Arbeiten berichtet. Vorsichtshalber wurde der genaue Standort des Versuches vor der Ernte nicht bekannt gegeben, um das Projekt ungestört durchführen zu können.

Nach der Ernte wurden wieder Milchkühe auf die Fläche getrieben. Die Fotoarbeiten setzten sich bis November 2002 fort. Damit war das Rekonstruktionsprojekt erfolgreich abgeschlossen. Die Bewirtschaftung der Fläche wurde wieder durch den Eigentümer, den Bioland-Landwirt Johannes Deventer, übernommen.

4.2 Bodenbearbeitung

Die Bodenbearbeitung auf dem nach neolithischem Vorbild anzulegenden Einkornacker sollte, soweit bekannt und durchführbar, den vermutlichen Gegebenheiten im Neolithikum so gut es ging entsprechen. Ein Pflügen des Ackerbodens auf dem für die Rekonstruktion ausgewählten Acker mit einem hölzernen Pflug, der für dieses Vorhaben extra hätte angefertigt werden müssen, war nicht möglich. Der Boden war relativ bindig und durch Beweidung im Herbst und lang anhaltenden Regen im Frühjahr fest, wodurch er schwer zu bearbeiten war. Außerdem war die Fläche vorher vier Jahre lang mit Klee gras und Luzerne eingesät gewesen, wodurch eine dichte Vegetationsdecke und viel Wurzelmasse entstanden war. Diese geschlossenen Vegetationsdecke wurde im Herbst nach der Beweidung und nochmals im Frühjahr kurz von der Einsaat mit einer Ackeregge mit



Hilfe eines Traktors aufgerissen. Dabei wurde nur die Oberfläche bis zu einer geringen Tiefe aufgelockert, der Boden wurde nicht gewendet (s. Abb. 22).

Abb. 22: Zustand des Bodens auf der Rekonstruktionsfläche vor der Bearbeitung per Hand (16.03.2002).

Auf der 144 m² großen Versuchsfläche wurde mit handelsüblichen Handhacken (aus Metall) in Handarbeit der Boden oberflächlich weiter gelockert. Der vorhandene Aufwuchs wurde per Hand entfernt, wie auf Abb. 23 deutlich wird. Probleme bereitet u. a. das Entfernen von Pflanzen, die im Neolithikum noch nicht in Mitteleuropa vorhanden waren. Dazu gehört auch die Luzerne, die als Futterpflanze auf der Rekonstruktionsfläche vier Jahre zuvor angesät worden war und eine starke Pfahlwurzel gebildet hatte. Diese Wurzeln wurden mit Hilfe eines Spatens (mit möglichst wenig Tiefenlockerung) aus gegraben.



Abb. 23: Vorbereitung des Bodens für die Einsaat in Handarbeit, allerdings mit modernen Metallgeräten unter Einsatz verschiedener Altersstufen bei den Helfern.

4.3 Einsaat



Abb. 24: Die Einsaat von Hand konnte nach einer fast vollständigen Unkrautbeseitigung beginnen.

Die Einsaat mit *Triticum monococcum* war für Mitte März 2002 geplant. Aufgrund schlechter Witterung mit hohen Niederschlägen im Frühjahr und kalten

Temperaturen zum angestrebten Aussaat-Zeitpunkt wurde der Aussaattermin auf Anfang April verschoben. Die Einsaat erfolgte vom 05. bis 07. April 2002 auf der Rekonstruktionsfläche per Hand.



Abb. 25: Die 12 x 12 m große Rekonstruktionsfläche im frisch eingesäten Zustand.

Es wurde zunächst eine Aussaat in Breitwurftechnik in Erwägung gezogen, da keine eindeutigen Belege für eine Saat in Reihen im Neolithikum bekannt waren. Bereits aus der Bronzezeit sind jedoch Abbildungen vorhanden, die eine Aussaat in Reihen nahe legen, wodurch diese auch schon für das Neolithikum nicht unwahrscheinlich erscheint (TEGTMEIER 1993). Die Saat in Reihen hat verschiedene Vorteile. In den Reihenzwischenräumen ist eine Unkrautbekämpfung möglich. Die Anbaubedingungen können besser kontrolliert werden, z. B. ist die genauere Einhaltung der optimalen Saattiefe und Saatlücke in Saatlücken möglich (LÜNING 2000). Für den Rekonstruktionsversuch wurde die Aussaat in Reihen vorgenommen. Vergleiche mit anderen Experimenten, die ebenfalls in Reihensaat durchgeführt wurden (z. B. LÜNING & MEURERS-BALKE 1980, RÖSCH 2005, MEYER 2007), werden dadurch aussagekräftiger.

Die Reihen hatten einen Abstand von 25 cm und eine Länge von 12 m entsprechend der Flächengröße von 12 m x 12 m und verliefen in Nord-Südrichtung. Der genaue Reihenabstand war später bei der Berechnung von Erträgen usw. hilfreich. Im konventionellen Anbau von Weizen ist der Reihenabstand heute geringer (meist 10 cm). Dort ist jedoch keine Handarbeit bei der Unkrautbekämpfung notwendig.

Die Saatlücken wurden mit Hilfe eines Stockes in den lockeren Boden gezogen. Zur Einhaltung des gewählten Abstandes und zur Verbesserung der Geradlinigkeit wurde entlang der Saatlücken eine Schnur gespannt. Die Einsaat der Getreidekörner und das Anhäufeln wurde per Hand durchgeführt (siehe Abb. 24). Das Saatgut wurde möglichst gleichmäßig gesät, aber nicht genau pro Reihe quantifiziert, da es keine direkten Vorgaben durch Nachweise von Saatlücken aus dem Neolithikum gibt. Auch Kinder halfen bei der Einsaat mit.

Bedingt durch nicht vorhandenen Kenntnisse in bezug auf die Qualität und Keimfähigkeit des Saatgutes wurde vorsorglich relativ dicht gesät. Insgesamt wurde auf der Rekonstruktionsfläche etwa 6 kg Saatgut ausgesät, dies entspricht rd. 400kg/ha (inklusive Nachsaat von Teilflächen). Es ist anzunehmen, dass Bauern im Neolithikum sparsamer mit dem Saatgut umgegangen sind. Im durchgeführten Rekonstruktionsversuch

stand neben der wissenschaftliche Auswertung noch eine optisch möglichst gute Entwicklung für die fotografische Aufbereitung für das Museum im Vordergrund. Eine Wiederholung des Experimentes im Folgejahr war nicht möglich. Hinzu kam, dass die Aussaat durch ein nasses, phasenweise kühles Frühjahr spät erfolgte, was eine mögliche Nachsaat zusätzlich erschwerte. Auch eine Reduzierung des Saatgutes durch Tiere (Mäuse, Vögel, Großwild) war nicht auszuschließen. Außerdem konnte sich das Einkorn durch die Sommeraussaat nicht so stark bestocken, wie es bei einer Winteraussaat typisch ist.

4.4 Verteilung und Unterscheidung der Versuchsflächen

Die gesamte 144 m² große Rekonstruktionsfläche wurde zunächst auf einheitliche Weise vorbereitet und mit dem Einkorn-Saatgut eingesät (s. Abb. 25). Zur genauern Untersuchung der Unkrautflora wurden 4 verschiedene Untersuchungsflächen, bezeichnet mit F1, F2, F3 und F4. angelegt. Auf diesen Flächen wurden teilweise die Unkräuter des Bromo-Lapsanetums mit eingesät. Die Flächen F1, F2 und F3 lagen innerhalb der Rekonstruktionsfläche, wo sie sich wie auf Abb. 26 verteilten, während die Fläche F4 außerhalb der 144 m² Versuchsfläche befand (siehe Abb. 27). F4 lag einige Meter östlich der Rekonstruktionsfläche auf dem angrenzenden Einkornacker, der nach dem heutigen Stand der Technik in biologischer Wirtschaftsweise durch den Landwirt Johannes Deventer maschinell bewirtschafteten wurde.

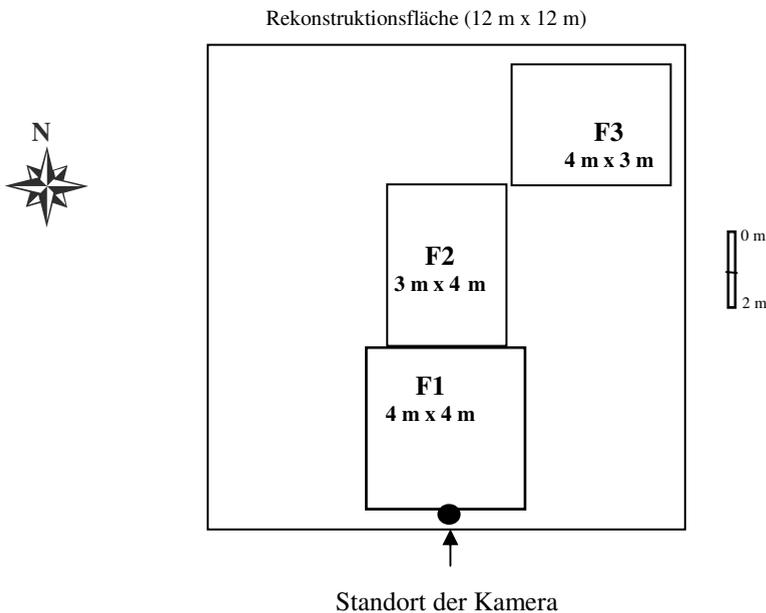


Abb. 26: Lage der Untersuchungsflächen F1, F2 und F3 in der Rekonstruktionsfläche.

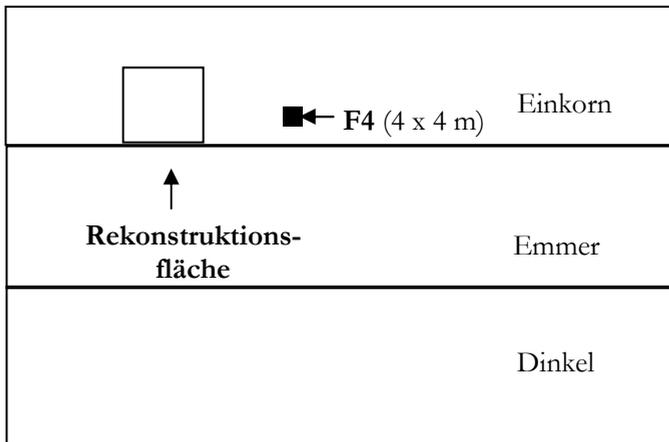


Abb. 27: Lage der Rekonstruktionsfläche (mit den Teilflächen F1 bis F3) innerhalb des Einkornackers und Lage der Untersuchungsfläche F4.

Auf den vier Untersuchungsflächen wurden mehrfach Vegetationsaufnahmen gemacht, deren Auswertung im Kapitel 5.2 erfolgt. Die Entwicklung der eingebrachten Unkräuter und des Einkorns wurde außerdem mit Fotos dokumentiert (s. Kapitel 5.3).

Ziel der unterschiedlichen Versuchsflächen war es, die von KNÖRZER (1971) als Bromo-Lapsanetum bezeichneten, hypothetischen Ackerunkrautgesellschaft unter annähernd neolithischen Bedingungen zu rekonstruieren und unter verschiedenen Gesichtspunkten zu untersuchen. Hierzu wurden die Flächen F1 und F2 angelegt, in denen ein Großteil der Arten des Bromo-Lapsanetums zusammen mit dem Einkorn eingesät wurde. Zur Kontrolle sollte die spontane Unkrautentwicklung ohne besondere, zusätzliche Einsaat bestimmter Arten im Anbau nach neolithischem Vorbild (Fläche F3) und bei modernen Biolandanbau (Fläche F4) verglichen werden.

Versuchsfläche F1

Die Fläche F1 sollte einen Einkornacker unter möglichst authentischen, „neolithischen“ Bedingungen widerspiegeln. Dazu wurden alle Pflegemaßnahmen des Getreideackers wie Bodenbearbeitung, Einsaat des Einkorns, Pflegemaßnahmen und Ernte in Handarbeit möglichst nahe am rekonstruierten neolithischen Vorbild durchgeführt, soweit dies sinnvoll erschien. Die Fläche diente als Vordergrund der Fotodokumentation für das Museum. Die Flächengröße betrug $4\text{ m} \times 4\text{ m} = 16\text{ m}^2$.

Da sich Samen der typischen Unkräuter des Bromo-Lapsanetums regelmäßig mit Getreidefunden nachweisen lassen, wird vermutet, dass diese auch regelmäßig im Saatgut vorhanden waren. Es wurden deshalb folgende Unkrautarten mit dem Getreide zusammen eingesät: *Bromus arvensis*, *Chenopodium album*, *Galeopsis segetum* (wenig Saatgut), *Galium aparine*, *Galium spurium*, *Lapsana communis* (wenig Saatgut), *Phleum pratense*, *Persicaria maculosa* (Syn. *Polygonum persicaria*), *Rumex crispus*, *Vicia hirsuta* (wenig Saatgut).

Die Fläche wurde bei Bedarf vorsichtig gepflegt. Sich zu stark entwickelnde Unkräuter, die dem Getreide zu viel Konkurrenz machen konnten, wurden in Handarbeit entfernt. Unkrautbekämpfung bei zu starker Konkurrenz ist auch für das Neolithikum anzunehmen. Pflanzen, die im Neolithikum nach aktuellem Forschungsstand nicht vorkamen,

z. B. Neophyten oder erst später nachgewiesene Arten, wurden soweit wie möglich entfernt. Dies sollte Konkurrenzbedingungen ausschließen, die im Neolithikum nicht vorhanden gewesen sein können. Falls solche Pflanzen zum Zeitpunkt einer Vegetationsaufnahme in der Fläche vorhanden waren, wurden sie mit aufgenommen, anschließend aber, soweit dies unter Schonung der anderen erwünschten Arten möglich war, beseitigt. Diese Arten, z. B. *Galinsoga ciliata*, werden in der Artenliste in Klammern gesetzt. Dies soll die nicht erwünschte Anwesenheit und die anschließende Dezimierung der Pflanze in der Fläche dokumentieren.

Versuchsfläche F2:

Die Fläche F2 sollte einen Einkornacker wiederspiegeln, der zwar unter annähernd neolithischen Bedingungen angelegt wurde, bei dem jedoch auch die Konkurrenz zu damals nicht vorkommenden, aber heute weit verbreiteten Unkräutern zugelassen wurde. Dazu wurden Einsaat und Pflege des Getreideackers wie bei Fläche F1 durchgeführt. Außerdem wurden folgende Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums mit dem Getreide-saatgut zusammen eingesät. Aus Mangel an Saatgut konnten nicht alle Arten wie auf der Fläche F1 eingesät werden. Eingesät wurden: *Bromus arvensis*, *Chenopodium album*, *Galium spurium*, *Phleum pratense*, *Persicaria maculosa* (Syn. *Polygonum persicaria*), *Rumex crispus*.

Die Fläche wurde nur bei sehr starkem Aufwuchs von Unkräutern mit der Hand vorsichtig gejätet, um eine zu starke Unterdrückung des Einkorns zu vermeiden. Dies war jedoch kaum notwendig, da das Einkorn recht konkurrenzkräftig war.

Keine Unkrautart wurden im Gegensatz zu Fläche F1 bewusst entfernt, die Neophyten wurden hier zugelassen.

Versuchsfläche F3:

Die Fläche F3 wurde wie beschrieben mit dem Einkorn von Hand eingesät. Es wurden keine zusätzlichen Unkrautsamen eingebracht und keine intensiven Pflegemaßnahmen durchgeführt, so dass sich hier die heutige, spontane Unkrautflora des Standortes unter „neolithischen Anbaubedingungen“ entwickeln konnte.

Versuchsfläche F4:

Die Fläche F4 wurde durch den Biolandwirt maschinell bestellt und gepflegt. Es wurde neben dem Einkorn-Saatgut keine Unkräuter direkt eingesät. Der Anbau erfolgt auf Dämmen mit einem Reihenabstand von 75 cm. Die Einsaatmenge betrug 120 kg/ha im Spelz. Die Fläche wurde durch den Landwirt mit einem Unkrautstriegel einmal zwischen den Dämmen von Unkraut befreit. Die Versuchsfläche wurde regelmäßig beobachtet und Vegetationsaufnahmen darauf erstellt. Durch den Anbau auf Dämmen war der Abstand der Reihen des Getreides breiter als eine Reihe im Rekonstruktionsversuch. Es wurden, gemäß den Grundsätzen des biologischen Anbaus, keine Herbizide und keine mineralischen Dünger auf der Fläche eingesetzt.

Die Versuchsanordnung in dem neolithischen Acker sollte Rückschlüsse zulassen auf

- die Artzusammensetzung und Entwicklung der Unkräuter
- das Wuchsverhalten innerhalb des Getreidebestandes, insbesondere die Wuchshöhe in Bezug auf die Ährenhöhe
- die Erfassbarkeit der Unkräuter bei der Ernte als mögliche Beifrukt
- das Konkurrenzverhalten zu anderen damaligen sowie auch zu heutigen neophytischen Unkräutern
- die Ertragshöhe eines Einkornackers mit Verunkrautung nach neolithischem Vorbild.

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Größe und die Unterscheidungen der vier Untersuchungsflächen bezüglich Einsaat und Pflege.

Tab. 2: Übersicht über Lage, Größe und Unterschiede der Versuchsflächen

Bezeichnung	F1	F2	F3	F4
Größe	4 m x 4 m	3 m x 4 m	3 m x 4 m	4 m x 4 m
Lage	innerhalb der Rekonstruktionsfläche	innerhalb der Rekonstruktionsfläche	innerhalb der Rekonstruktionsfläche	außerhalb der Rekonstruktionsfläche, auf dem Bioland-Einkornacker (moderne Methoden des ökologischen Landbaus)
Einsaat des Einkorns	von Hand	von Hand	von Hand	maschinell auf Dämmen
Einsaat von Unkräutern des <i>Bromo-Lapsanetums</i>	ja	ja (mit geringeren Saatgutmengen)	nein	nein
Entfernung von Aufwuchs, der im Neolithikum nicht vorhanden war (Neophyten)	ja	nein	nein	nein
Ernte	von Hand	von Hand	von Hand	maschinell

Nach der Einsaat wurde der Acker regelmäßig kontrolliert. Dies geschah in den ersten 4 Wochen fast täglich, danach wurde der Acker etwa einmal wöchentlich überwacht und wenn notwendig, Pflegemaßnahmen durchgeführt.

Zunächst wurde darauf geachtet, dass die Saat ausreichend auf lief. Dabei wurde festgestellt, dass besonders der von Hand eingesäte Bereich trotz seiner Lage mitten im Einkornacker des Biolandwirtes Tiere anlockte. Bereits nach zwei Tagen wurde deutlich, dass sich Vögel, allen voran ein Fasan, an dem Getreide gütlich taten, die Reihen aufkratzten und die Körner fraßen bzw. verteilten. Somit wurde auf einigen Teilbereichen eine Nachsaat notwendig. Besonders stark war der Schaden im Bereich der Versuchsfläche F1, direkt vor der Kamera, also in dem Bereich, der zusätzlich zum Einkorn mit den Samen der oben beschriebenen Unkräuter eingesät worden war. Ob dies an eventuell höheren Korndichten im Bereich vor der Kamera lag oder ob die Unkraut samen Tiere anlockten, kann nur vermutet werden. Nachdem zwei mal nachgesät worden war, wurden die frisch nachgesäten Bereiche nach der dritten Nachsaat kurzfristig mit Vlies abgedeckt, um den Körnern ein ungestörtes Auflaufen zu ermöglichen.

Nachdem die Saat erfolgreich und mit nur unerheblicher Zeitversetzung gekeimt war, stand die unterschiedliche Pflege der Teilflächen und die Dokumentation des Wachstumsverhaltens der Unkräuter und des Einkorns im Vordergrund. Während der Vegetationsperiode erfolgte keine Düngung, keine Bodenlockerung und natürlich kein Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Ein Entfernen von unerwünschten Unkräutern erfolgt, wenn überhaupt, durch vorsichtiges Ausreißen von Hand.

Die Ernte geschah entsprechend der unterschiedlichen Versuchsanordnungen von Hand bzw. mit dem Mähdrescher auf der Fläche F4. Bei der Handarbeit wurde das Ährenpflücken sowie der Einsatz einer nachgebauten Feuersteinsichel nach neolithischem Vorbild erprobt. Ergebnisse von Ertragsberechnungen, Zeitmessungen usw. finden sich in Kapitel 5.4.

4.5 Dokumentation

Auf den vier verschiedenen Versuchsflächen wurde neben zahlreichen weiteren Kontrollterminen mehrfach Vegetationsaufnahmen durchgeführt, um ein Vorhandensein bestimmter Unkrautarten und deren Deckungsgrade zu belegen. Außerdem wurde die Entwicklung des Einkorns und der Unkräuter fotografisch dokumentiert. Dies geschah (neben regelmäßigen Kontrollterminen ohne Dokumentation) an verschiedenen Daten (s. Tabelle 3). Die Höhe der Früchte im Vergleich zur Höhe der Einkornähren wurde dokumentiert, da dies ein Argument für die Möglichkeit ist, die Samen bei der Ährenernte mit zu erfassen. So könnten die Samen bei unzureichender Saatgutreinigung in das Saatgut für das Folgejahr gelangt sein.

Tab. 3: Zeitpunkte der Dokumentation

Datum	Zeitpunkt / Anlass	Vegetationsaufna hme	Fotodokumentation
16.03.2002	vor der Einsaat	ja	ja
05.04.2002	Vorbereitung Boden	nein	ja
06.04.2002	Einsaat	nein	ja
09.06.2002	Entwicklung	ja	ja
21.06.2002	Entwicklung	nein	ja
09.08.2002	Entwicklung	ja	ja
21.08.2002	Entwicklung	nein	ja
29.08.2002	Vollreife	nein	ja
02.09.2002	Ernte	nein	ja
21.09.2002	nach der Ernte	ja	ja
19.11.2002	Bodenprofil, Probenentnahme	nein	ja

4.6 Vegetationsaufnahmen

Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der allgemein verbreiteten Methode nach Braun-Blanquet zur Schätzung der Artmächtigkeit durchgeführt (vgl. z. B. DIERßen 1990, WILMANN 1998).

Die Nomenklatur der Pflanzenarten erfolgte nach WISSKIRCHEN & HAEUPLER (1998). Da sowohl in älterer als auch in aktueller archäobotanischer Literatur und Bestimmungsliteratur teilweise bekanntere, ältere Namen für einzelne Arten gebräuchlich sind, werden geläufige Synonyme mit angegeben.

Um die Ergebnisse nicht zu verändern, wurde möglichst darauf verzichtet, Pflanzen bzw. Pflanzenteile zur genaueren Artbestimmung aus den Versuchsflächen zu entnehmen. Dadurch konnten einige wenige Pflanzen nicht genau bestimmt werden, z. B. verschiedene Gräser, die gerade im Aufwuchs waren und nur wenige Halme zeigten. Dies hatte hier jedoch nur untergeordnete Bedeutung. Auch auf eine Bestimmung der Moose wurde verzichtet, weil davon ausgegangen werden musste, dass diese ursprünglich aus dem vorher auf der Fläche vorhandenen Grünland stammten. Auf der umgebrochenen brachliegenden Grünlandfläche hatten sich im Herbst 2001 verschiedene Moose stark ausgebreitet, die jedoch wenig bis keine Aussagekraft für den rekonstruierten Acker gehabt hätten.

4.7 Bodenuntersuchungen

Vor der Einsaat wurden im Auftrag des Landwirts Bodenuntersuchungen von der Fläche beim Untersuchungslabor der Landwirtschaftskammer Münster (LUFÄ) durchgeführt.

Außerdem wurden eine Profilgrabung und Bohrstockprofile direkt auf der 144 m² großen Rekonstruktionsfläche nach der Ernte des Einkorns untersucht. Dabei wurden Bodenproben zu weiteren Analysen entnommen und im Labor ausgewertet.

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Methoden der durchgeführten Bodenuntersuchungen nur kurz dargestellt und die Ergebnisse im Zusammenhang mit der Vegetation auf der Rekonstruktionsfläche erläutert.

4.7.1 Voruntersuchungen des Bodens durch die Landwirtschaftskammer

Am 07.02.2002 wurden durch einen Probennehmer der Landwirtschaftskammer aus Münster von der gesamten ca. 1,8 ha großen Fläche „Rohr II“ Bodenproben aus dem Oberboden entnommen. Die Probennahme erfolgt bei derartigen Untersuchungen als über die Fläche verteilte Mischprobe. Bestimmt wurden die Bodenart, die Hauptnährstoffe und der pH-Wert (s. Tabelle 4). Daraus lässt sich zusammen mit der Kenntnis der Fruchtfolge aus dem Vorjahr und dem kommenden Jahr der Bedarf an Dünger ermitteln.

Tab. 4: Bodenuntersuchungen durch die LUFÄ (Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Herrn J. Deventer)

Fläche: Rohr II
Bodenart: IS (lehmiger Sand), sU (sandiger Schluff)
Jahresniederschlag: 700 mm

	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
		mg/100 g		
Prüfergebnis	6,8	17	11	4
Versorgungsstufe	-	C	C	C

Die Prüfung der Parameter erfolgt bei der LUFÄ üblicherweise nach dem VDLUFÄ Methodenbuch Band 1, 1991 bzw. 1997.

Zur Düngempfehlung werden die Gehalte der einzelnen Nährstoffe in Versorgungsstufen unterteilt. Versorgungsstufe A bedeutet sehr niedrig, Versorgungsstufe E bedeutet sehr hoch versorgt. Die hier vorliegende Versorgungsstufe C bedeutet, dass die anzustrebende Versorgungsstufe erreicht ist. Es muss lediglich der durch die Ernte zu erwartende Entzug auf der Fläche ergänzt werden.

Der Landwirt düngte die Fläche mit organischem Dünger in Anlehnung an den ermittelten Bedarf vor der Einsaat. Somit ist im Rekonstruktionsversuch von einer guten bis optimalen Versorgung der Pflanzen auszugehen.

4.7.2 Bodenuntersuchungen im Gelände

Nach der Ernte des Einkorns wurde zur besseren Interpretierbarkeit der Vegetationsaufnahmen am 19.11.2002 der Boden direkt auf der Rekonstruktionsfläche untersucht. Dazu wurde eine Profilgrabung (P) bis zu einer Tiefe von ca. 65 cm und drei Bohrstockprofile (B1 bis B3) erstellt. Zur Zeit der Grabung war der Boden durch hohe Niederschläge

relativ stark vernässt. Der Untergrund (Kalkmergel aus der Oberkreide) führte zu Stauansäure. Die Lage der Probestellen in der 144 m² großen Rekonstruktionsfläche ist in Abb. 28 durch Kreise markiert. Die Profilgrabung wurde erst nach Beendigung des Rekonstruktionsversuches durchgeführt, um keine partielle Tiefenlockerung auf der Fläche entstehen zu lassen.

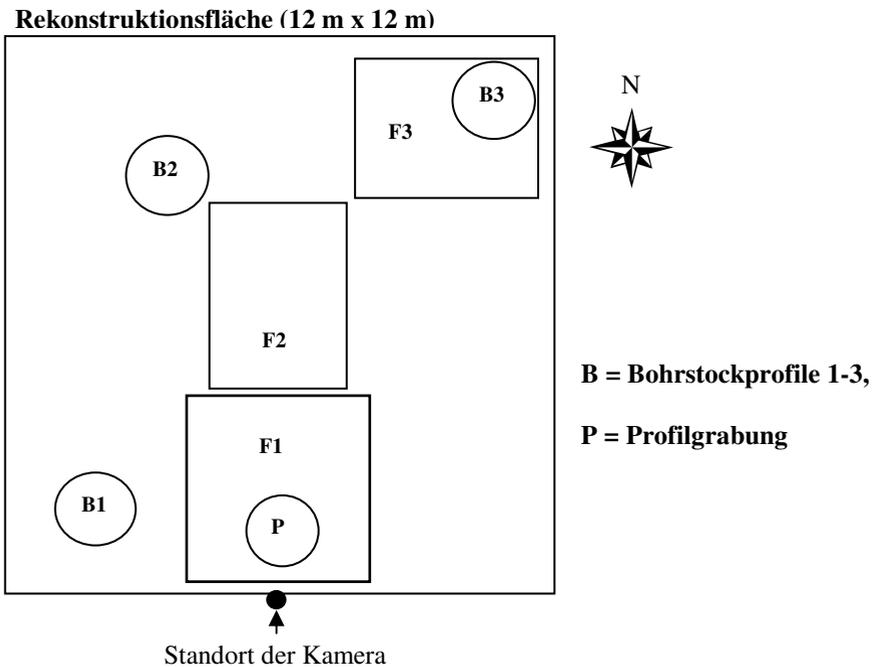


Abb. 28: Lager der Profilgrabung und der Bohrstockprofile.

4.7.3 Bodenuntersuchungen im Labor

Aus dem freigelegten Bodenprofil P vom Standort des neolithischen Ackers wurden Bodenproben für Laboranalysen entnommen. Die Proben wurden entsprechend der einzelnen Horizonte des Bodenprofils 1 (als Horizontmischproben) mit den Bezeichnungen Probe 1 bis Probe 5 benannt (s. Kap. 5.5). Probe 1 ist aus dem Oberboden gewonnen worden, die weiteren Proben 2 bis 5 repräsentieren die nachfolgenden, tieferen Horizonte. Genauere Angaben zu Untersuchungsmethoden sind bei LINNEMANN (2009) wiedergegeben. Folgende Parameter wurden untersucht:

- pH-Wertes (in CaCl₂)
- Leitfähigkeit (in µS)
- Nitrat- und Nitritgehalt
- Phosphatgehalt (P₂O₅)
- Kalium (K₂O), Natrium (Na)
- Magnesium (Mg)
- Calcium (Ca)
- Humusgehalt

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Literaturlauswertung zu den Arten des Bromo-Lapsanetums

5.1.1 Zeigerwerte

ELLENBERG et al. (2001) ordnen den Pflanzenarten Mitteleuropas Zahlenwerte bezüglich ihres ökologischen Verhaltens zu, die als Zeigerwerte für bestimmte Standortfaktoren benutzt werden. Das ökologische Verhalten der Arten des Bromo-Lapsanetums nach ELLENBERG et al. (2001) soll im Folgenden zu den wichtigsten Standortfaktoren zusammengestellt und interpretiert werden. Vorab sei angemerkt, dass es sich um Zeigerwerte unter den heutigen Bedingungen hinsichtlich Klima, Konkurrenz usw. handelt, die mit den neolithischen Bedingungen nicht genau übereinstimmen. Die Werte beruhen häufig auf Erfahrungswerten und langjährigen Beobachtungen der Autoren und sind selten durch exakte Messreihen oder ähnliche Untersuchungen belegt. Es ist durchaus möglich, dass die potentielle Anpassungsfähigkeit einer Art viel größer ist, als der heute typische Verbreitungsschwerpunkt vermuten lässt. Es ist auch nicht auszuschließen, dass sich die ökologische Potenz, also die genetische Veranlagung einer Art, einen Lebensraum besiedeln zu können, in der Zeitentwicklung über mehrere Tausend Jahre seit dem Neolithikum durch Mutation verändert bzw. angepasst hat.

DIERSCHKE (1994) weist darauf hin, dass man den Zeigerwertzahlen nach Ellenberg nicht unkritisch begegnen darf und eine Nacheichung erwünscht ist, besonders als gebietsbezogene Korrektur. In einer Tabelle für den Stickstoffzeigerwert N mit Ackerunkräutern aus Südniedersachsen/Nordhessen listet er beispielsweise Arten wie *Chenopodium album* und *Vicia hirsuta* auf, die gebietsmodifizierte Abweichungen zeigen. Nach ökologischen Messungen und pflanzensoziologischen Aufnahmen liegt der Stickstoffwert N für diese beiden Arten höher als bei ELLENBERG et al. (2001). *Vicia hirsuta* hat den Stickstoff-Wert 5 statt 4 und *Chenopodium album* 8 statt 7. *Galium aparine* verhält sich bei den gebietsspezifischen Untersuchungen indifferent, während es bei ELLENBERG et al. (2001) für N die Zahl 8 erhält. Dies deutet darauf hin, dass es auch bei einer Anwendung der Zeigerwerte für Arten, die vor mehreren Tausend Jahren existiert haben, sicherlich Grenzen und Abweichungen gibt.

WILMANN (1988) geht davon aus, dass sich für Pflanzen unserer Flora die genetische Konstitution in den letzten 10.000 Jahren nur wenig verändert hat. Änderungen und Anpassungen treffen wahrscheinlich nicht den Kern der genetischen, ökologisch wirksamen Konstitution der Arten. Jedoch machen Anpassungen von Pflanzen auch in relativ kurzen Zeiträumen (z. B. Herbizidresistenzen) deutlich, dass sich eine Art mit ihrer ökologischen Valenz auf geänderte Gegebenheiten anpassen kann. Daher ist eine Verschiebung von Zeigerwerten innerhalb großer Zeitspannen gekoppelt mit Klima- und Bodenveränderungen nicht auszuschließen.

Es gibt experimentelle Untersuchungen von LANGE & ILLIG (1990) zu Grenzen und Aussagemöglichkeiten von Zeigerwerten nach Ellenberg für die Auswertung ethnobotanischer Funde. Dabei wurde untersucht, ob die in Getreidevorräten befindlichen Unkrautsamen, die z. B. durch die Erntemethoden oder durch Erntereinigung per Windfege einen deutlichen Artenschwund gegenüber der tatsächlichen Feldflora aufweisen, überhaupt aussagefähig für den Standort des Ackers sind. Der Artenschwund beträgt bei

den Untersuchungen in der Sommerung im Mittel 63%, ist also sehr hoch. Trotzdem zeigte sich, dass die ökologischen Zeigerwerte der im gereinigten Getreide verbliebenen Unkräuter die ökologischen Gegebenheiten auf dem Versuchsacker sehr gut widerspiegeln. Diese Ergebnisse unterstützen die Aussagefähigkeit der Zeigerwerte der Arten aus dem hypothetischen Bromo-Lapsanetum, auch wenn es sich hierbei lediglich um ein Fragment der neolithischen Ackerflora handeln wird.

Um Anhaltspunkte zu den Standortfaktoren speziell auf neolithischen Ackerflächen zu erhalten, folgt in den beiden nachfolgenden Tabellen 5 und 6 für die Arten des Bromo-Lapsanetums eine Zusammenstellung des ökologischen Verhaltens sowie der Extrem- und Mittelwerten. Bei nicht genau bestimmbar Arten einer Gattung werden alle wahrscheinlich vorkommenden mit aufgeführt, z. B. für die Gattung *Bromus*: *B. secalinus*, *B. arvensis* und *B. sterilis*.

Tab. 5: Zusammenstellung der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) für Arten des Bromo-Lapsanetums

Art	Zeigerwerte für					
	L	T	K	F	R	N
<i>Bromus arvensis</i>	6	6	4	4	8	4
<i>Bromus secalinus</i>	6	6	3	X	5	X
<i>Bromus sterilis</i>	7	6	4	4	X	5
<i>Chenopodium album</i>	X	X	X	4	X	7
<i>Fallopia convolvulus</i>	7	6	X	5	X	6
<i>Galeopsis segetum</i>	7	6	2	4	3	3
<i>Galium aparine</i>	7	6	3	X	6	8
<i>Galium spurium</i>	7	X	5	5	8	5
<i>Lapsana communis</i>	5	6	3	5	X	7
<i>Phleum pratense</i>	7	X	5	5	X	7
<i>Persicaria maculosa</i>	6	6	3	5	7	7
<i>Rumex acetosa</i>	8	X	X	X	X	6
<i>Rumex crispus</i>	7	5	3	7~	X	6
<i>Rumex obtusifolius</i>	7	5	3	6	X	9
<i>Rumex sanguineus</i>	4	6	2	8	7	7
<i>Vicia angustifolia</i>	5	6	3	X	X	X
<i>Vicia hirsuta</i>	7	6	5	4	X	4
<i>Vicia tetrasperma</i>	6	6	5	5	5	5

Tab. 6: Übersicht über Minimum, Maximum und Mittelwert von Zeigerwerten der Arten des Bromo-Lapsanetums

	L	T	K	F	R	N
Minimum	4	5	2	4	3	3
Mittelwert	6,4	5,9	3,5	5,1	6,1	6,0
Maximum	8	6	5	8	8	9

WILLERDING (1983) erstellte eine Zusammenstellung der Zeigerwerte für alle nachgewiesenen Unkräuter und Wildpflanzen aus bandkeramischen Fundkomplexen. Dabei fasst er ebenfalls wie in Tabelle 6 die Extremwerte und den Mittelwert für die einzelnen Zeigerwerte aller nachgewiesenen Arten zusammen. Die Ergebnisse der Zeigerwerte von Arten aus dem Bromo-Lapsanetum (Tab. 5 und 6) werden mit den in Tabelle 7 wiedergegebenen Untersuchungen von WILLERDING (1983) verglichen.

Tab. 7: Zeigerwerte für nicht kultivierte, bandkeramisch nachgewiesene Pflanzen (nach WILLERDING (1983), Werte nach ELLENBERG (1979), s. auch ELLENBERG et al. (2001))

	L	T	K	F	R	N
Minimum	4	5	2	2	2	1
Mittelwert	6,6	5,6	4,0	4,9	6,4	5,8
Maximum	9	7	7	8	8	8

WILLERDING (1983) schließt aus den in Tabelle 7 wiedergegebenen Ergebnissen, dass bandkeramische Äcker auf frischen, neutralen bis kalkhaltigen Böden lagen. Dies deckt sich mit der archäologisch belegten Lage bandkeramischer Äcker auf Lössböden. Durch die anscheinend recht gute Stickstoffversorgung (5,8 entspricht mäßig stickstoffreich bis stickstoffreich) geht er davon aus, dass eine oft diskutierte Verlegung von bandkeramischen Äckern wegen Bodenverarmung auszuschließen ist. Jedoch gibt ELLENBERG et al. (2001) dazu zu bedenken, dass Stickstoffzeiger (N über 5) auch aus unmittelbarer Siedlungsnähe stammen könnten und Stickstoff-Mangelzeiger (N 1 – 3) auch auf eine zeitweilig erschöpfte Ackerfruchtbarkeit hindeuten könnten.

Da es sich bei den Arten des Bromo-Lapsanetums höchstwahrscheinlich um Pflanzen handelt, die direkt von neolithischen Ackerstandorten stammen, werden hierbei Pflanzen von z. B. nährstoffreichen Bereichen in Siedlungsnähe oder anderen Standorten nicht mit berücksichtigt, wie es ELLENBERG et al. (2001) für die Auswertungen von WILLERDING (1983) zur Diskussion stellt.

Ein weiterer Unterschied der zu vergleichenden Zusammenstellungen ist die zeitliche Spanne, in der die Pflanzen nachgewiesen sind. WILLERDING (1983) geht von Pflanzen der Bandkeramik aus, also dem frühesten, etwa 500 Jahre andauernden Teilabschnitt des sich insgesamt wesentlich länger ausdehnenden Neolithikums. Das *Bromo-Lapsanetum* lässt sich hingegen nach KNÖRZER (1998) zumindest regional für einen bis zu 4.000 Jahre andauernden Zeitraum innerhalb des Neolithikums annehmen. Es ist in der typischen Zusammensetzung aber auch schon für die Bandkeramik nachweisbar.

Zu besseren Vergleichbarkeit sind die Minimum-, Maximum- und Mittelwerte beider Zusammenstellungen in Abb. 29 als Übersicht graphisch dargestellt. Darin wird deutlich, dass die Mittelwerte der beiden ausgewerteten Pflanzengruppen eine sehr ähnliche Tendenz aufweisen. Insgesamt ist die Spannbreite der Werte bei den allgemein aus der Bandkeramik nachgewiesenen Pflanzen deutlich größer als bei den Arten des Bromo-Lapsanetums. Letztere stammen wahrscheinlich von einem recht einheitlichen Ackerstandort, während die Gesamtheit der Pflanzen der Bandkeramik natürlich auch viele völlig andere Standorte, z. B. Wälder, Siedlungs- und Wegeflächen, Gewässerränder usw. beinhaltet. Deshalb ist die größere Spannweite zu erwarten.

Die Spannen der Pflanzen des Bromo-Lapsanetums liegen immer innerhalb der Werte der Bandkeramik. Lediglich bei der Stickstoffversorgung N ist mit einem Wert von 9 eine Pflanze (*Rumex obtusifolius*) außerhalb der bandkeramischen Werte. Die Art ist laut WILLERDING (1986) erst für das etwas spätere Neolithikum nachgewiesen, aber nicht für die Bandkeramik.

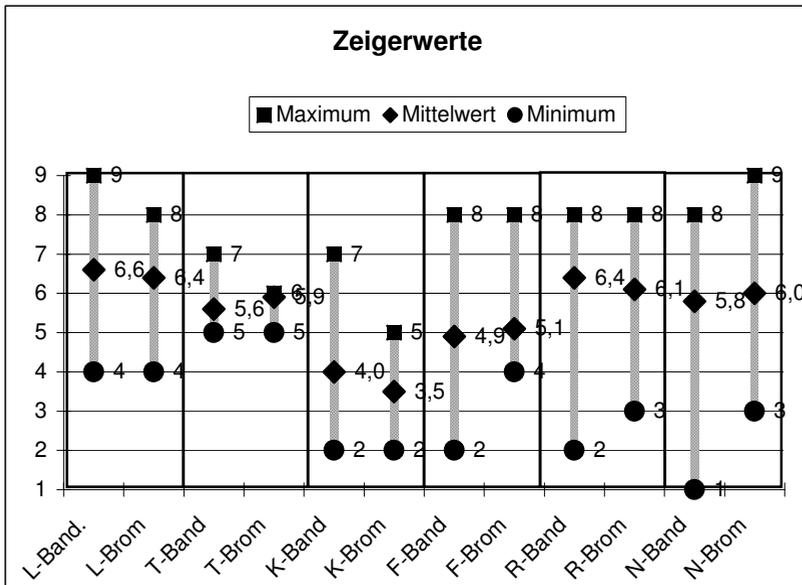


Abb. 29: Minimum-, Maximum- und Mittelwerte der Zeigerwerte Band (=für die Bandkeramik allgemein (nach WILLERDING 1983)) und für Brom (=das Bromo-Lapsanetum nach ELLENBERG et al. (2001)).

Die **Stickstoffwerte N** liegen für die Ackerunkrautarten zwischen 3 und 9, deuten also auf eine recht gute bis sehr gute Versorgung der neolithischen Getreideäcker mit Stickstoff hin. Diese Vermutung, die WILLERDING (1993) schon wie oben beschrieben aus den allgemeinen bandkeramischen Werten abgeleitet hatte, wird durch diese Ergebnisse noch verstärkt. Magerkeitszeiger mit Werten von 1 und 2 fehlen bei den Arten, die zusammen mit Getreidekörnern regelmäßig nachgewiesen werden konnten. Lediglich eine Art (*Galeopsis segetum*) weist mit einem Zeigerwert von 3 für N auf einen stickstoffarmen Standort hin. Für diese Versorgungsstufe N=3 heißt es bei ELLENBERG et al. (2001, S. 69) wörtlich: „3 auf stickstoffarmen Standorten häufiger als auf mittelmäßigen und nur ausnahmsweise auf reicheren Standorten“, wodurch ein Vorkommen auf nährstoffreichen Standorten also nicht auszuschließen ist. Außerdem könnte durch den starken Eingriff des Menschen auf Ackerstandorten durch Kulturmaßnahmen und Wiederaussaat von Unkräutern hier eine besondere Situation abweichend vom natürlichen Standort der Pflanze entstanden sein. *Galeopsis segetum* ist ein hochwirksames Heilkraut, wodurch eine aktive Aussaat und Förderung begründet gewesen sein könnte. Aus den allgemein recht hohen Werten für N kann man schlussfolgern, dass die bestellten Ackerflächen gut mit Nährstoffen versorgt waren. Der Mittelwert für N liegt mit 6,0 im Bereich mäßig stickstoffreich bis stickstoffreich und etwas oberhalb des Mittelwertes für N mit 5,8 für die Bandkeramik allgemein.

Da im Neolithikum fast ausschließlich Lössstandorte zur Anlage von Äckern benutzt wurden, ist auch bei längerer Nutzung nicht von einer starken Bodenermüdung auszugehen. Jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Ackerstandorte zeitweilig zur Regeneration als Brache oder zur Beweidung offen gelassen wurden. Eine Bodenverarmung würde durch Magerkeitszeiger angezeigt, die in der regelmäßig auftretenden Unkrautflora der neolithischen Äcker, den Arten des Bromo-Lapsanetums, fehlen. Somit wird die diskutierte Verlegung neolithischer Ackerfluren aufgrund von Bodenverarmung oder ein Wanderfeldbau durch die allgemein gut angezeigte Stickstoffversorgung der Pflanzen des Bromo-Lapsanetums nicht unterstützt.

Auf eine gute Stickstoffversorgung der Böden im Neolithikum deuten auch Auswertungen von RÖSCH (2005) hin. Dabei wurde der mittlere N-Wert von Pflanzen aus Fundkomplexen verschiedener Zeitepochen miteinander verglichen. Es handelt sich überwiegend um Unkräuter aus mittelalterlichen und prähistorischen Getreidefunden. Für die Linienbandkeramik wurden kennzeichnende Wildpflanzen zu Grunde gelegt.

Es zeigte sich, dass die Stickstoffversorgung der Böden im Neolithikum deutlich höher war als in späteren Epochen. Durch Auslaugung der Böden, Zunahme weniger guter Standorte zur landwirtschaftlichen Nutzung und Intensivierung der Landwirtschaft nahm der Stickstoffgehalt der Böden in späteren Zeiten anscheinend kontinuierlich ab. Die von RÖSCH (2005) ermittelten Werte werden im folgenden Diagramm mit dem mittleren Stickstoffwert des Bromo-Lapsanetums verglichen. Der Stickstoffzeigerwert liegt für die Bandkeramik und das Jungneolithikum nach RÖSCH (2005) sogar noch höher als für die Arten des Bromo-Lapsanetums, wie die Abb. 30 zeigt. Es ist also von einer wirklich sehr guten Stickstoffversorgung jungsteinzeitlicher Äcker auszugehen.

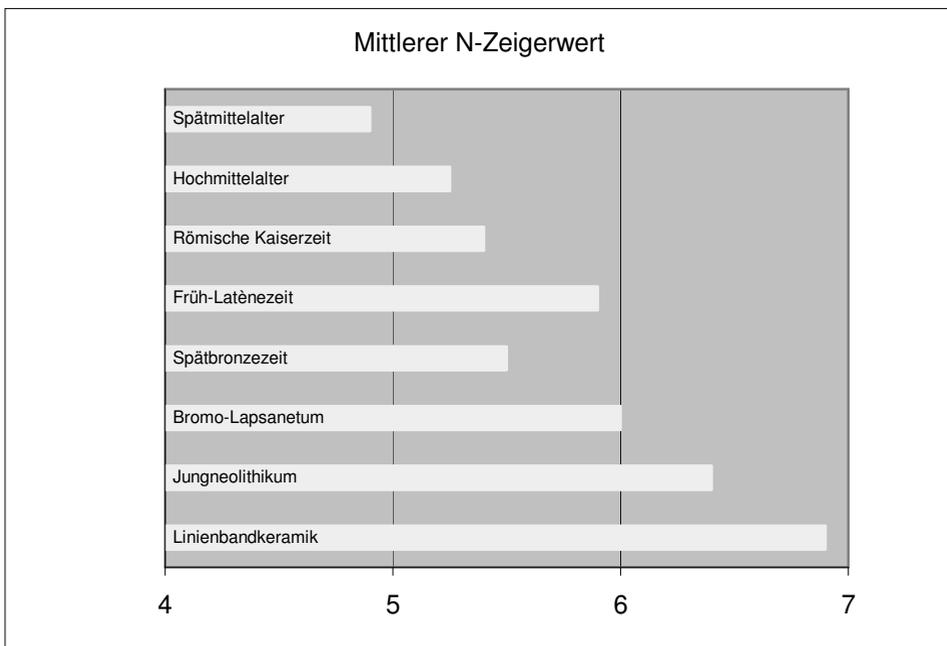


Abb. 30: Mittlere Stickstoff-Zeigerwerte (überwiegend aus Getreidevorratsfunden) verschiedener Zeitepochen (nach RÖSCH (2005), verändert) im Vergleich zum mittleren Stickstoff-Zeigerwert des Bromo-Lapsanetums.

Deutliche Abweichungen zwischen den verglichenen Werten der Bandkeramik nach WILLERDING (1983) und des Bromo-Lapsanetums finden sich bei den Zeigerwerten für Temperatur T, Kontinentalität K und Feuchte F. Die Spannweiten sind bei den Pflanzen des Ackerstandortes deutlich enger.

Bei der **Temperatur T** liegen alle Werte für das Bromo-Lapsanetum bei 5 oder 6, sind also sehr einheitlich und bilden die engste Spannweite, während sich für die Bandkeramik auch Werte von 7 finden. Bei näherer Betrachtung liegen, von indifferenten Werten abgesehen, alle Arten des Bromo-Lapsanetums mit nur zwei Ausnahmen einheitlich bei einem Wert von $T = 6$. Der Mittelwert mit 5,9 liegt sogar noch höher als der Mittelwert für die Bandkeramik allgemein mit 5,6. Ein Wert von $T = 6$ bedeutet nach ELLENBERG et al. (2001) etwa Mäßigwärmezeiger bis Wärmezeiger und deutet auf planar bis collin verbreitete Arten hin. Im Zusammenhang mit einem Getreideacker lässt er auf eine recht gute Bodenerwärmbarkeit schließen, die für Lössstandorte mit Schwarzerden anzunehmen ist. Auch eine mögliche Einwanderung von Arten aus wärmeren Gebieten, z. B. dem Mittelmeerraum oder dem Nahen Osten ließe sich hierdurch unterstützen. Außerdem lag im Neolithikum die Durchschnittstemperatur vermutlich ca. 1-2 °C über der heutigen, was wärmeliebende Arten begünstigte. Deshalb ist wohl die Spanne von 5 – 7 der Werte für T der allgemein für die Bandkeramik nachgewiesenen Arten recht eng.

Auch die **Kontinentalität K** zeigt für Arten des Bromo-Lapsanetums eine relativ enge Spannweite über nur drei Stufen von $K = 2$ bis $K = 5$, der Mittelwert liegt bei 3,5. Dies bedeutet nach ELLENBERG et al. (2001) eine ozeanische bzw. subozeanische bis intermediäre Ausbreitung (schwach subozeanisch bis schwach subkontinental). Hier wären u. U. auch Arten mit mehr kontinentaler Ausbreitung zu erwarten gewesen, da man zunächst annehmen könnte, dass die Unkräuter mit dem Getreidesaatgut aus den kontinentaler geprägten Ursprungsbereichen stammen könnten. Tatsächlich haben sich aber wohl einige Arten wie *Lapsana communis*, *Persicaria maculosa*, *Fallopia convolvulus*, *Chenopodium album* und *Galeopsis tetrahit* aus der in Mitteleuropa heimischen Flora an die neu geschaffenen Standorte angepasst.

Für die gesamte Bandkeramik erstrecken sich die Werte für K von 2 (ozeanisch) bis 7 (subkontinental bis kontinental). Die Bandbreite ist größer, der Mittelwert liegt für K bei 4,0 (entspricht subozeanisch). Somit waren zur Zeit der Bandkeramik vermutlich tendenziell in der gesamten Flora geringfügig mehr subozeanisch bis subkontinental geprägte Arten vorhanden als auf den Getreideäckern.

Auch für die **Feuchtezahl F** ist die Spannweite der auftretenden Werte der Arten des Bromo-Lapsanetums enger ($F = 4 - 8$) als für die gesamte bandkeramische Flora ($F = 2 - 8$). Dies ist wiederum mit der großen Standortvariabilität der gesamten Flora im Gegensatz zu einem Ackerstandort zu erklären.

Für den Acker liegen die Zeigerwerte im Bereich Trockenheits- bis Frischezeiger ($F = 4$) bis Feuchte- bis Nässezeiger ($F = 8$). Der Mittelwert für F liegt mit 5,1 im Bereich der Frischezeiger. Demnach waren die Ackerstandorte frisch, was eine gute Wüchsigkeit des angebauten Getreides erwarten lässt. Im Neolithikum wurden nur gut geeignete Böden, Löss vermutlich mit Schwarzerde, in Ackerflächen umgewandelt. Die heute meist als eher trocken einzustufenden Lössböden neigten demnach im feuchten Atlantikum durch hohe Niederschläge weder zu Staunässe, noch zu Trockenheit, sondern waren nach den Ergebnissen der Zeigerwerte ausreichend feucht.

Die Werte für Licht L und Reaktion R liegen für die Bandkeramik bzw. das Bromo-Lapsanetum dicht beieinander. Die größere Variationsbreite der allgemeinen bandkeramischen Flora bedingt hier wieder erwartungsgemäß die größere Spannweite.

Für die **Lichtzahl L** ergeben sich bei den Arten des Bromo-Lapsanetums Werte von $L = 4$ bis 8 mit dem Mittelwert $6,4$. Der Wert 4 entspricht dabei einer Schatten- bis Halbschattenpflanze, der Wert 8 einer Lichtpflanze, der Mittelwert $6,4$ einer Stellung zwischen Halbschatten- und Halblichtpflanze mit Tendenz zur letzteren.

Auf einem offenen Ackerstandort würde man eher Lichtpflanzen vermuten, wobei natürlich durch das wachsende Getreide auch auf einem Acker zeitweise am Boden Schatten herrscht. Das Auftreten von Halbschattenzeigern in der Unkrautflora neolithischer Äcker könnte auf Beschattung durch angrenzende Heckenstrukturen, Einzelbäume auf den Ackerstandorten oder kleinparzellig in Waldflächen eingestreute Ackerflächen hindeuten. Solche Vermutungen wurden vielfach widersprüchlich diskutiert und mit anderen Untersuchungsergebnissen in Verbindung gebracht, ohne jedoch eindeutige Ergebnisse zu liefern. Die Analyse der Zeigerwerte gibt hierzu keine weiteren klärenden Hinweise. WILMANN (1988) bewertet das Auftreten von Halbschattenarten wie *Lapsana communis* in Äckern nicht als Hinweis auf Beschattung der Äcker, sondern hält den Schattenwurf durch das Getreide selbst durchaus für ausreichend, solche Arten aufkommen zu lassen.

Das Vorhandensein von Halbschattenzeigern könnte auch auf den Winteranbau des Getreides hindeuten. Unkräuter haben im Wintergetreide über das ganze Frühjahr weniger Licht zur Verfügung als im Sommergetreide, da der Boden ja bereits im Herbst durch das keimende Getreide teilweise beschattet wird. Typische Unkräuter der Sommerung sind häufig Lichtkeimer, die im Frühjahr nicht gut Schatten vertragen.

Die **Reaktionszahl R** zeigt für das Bromo-Lapsanetum eine Spanne von $R = 3$ bis 8 und einen Mittelwert von $6,1$. $R = 3$ entspricht einem Säurezeiger, $R = 8$ einer meist auf Kalk wachsenden Pflanze. Der Mittelwert für R mit $6,1$ deutet auf Bodenverhältnisse im neutralen bis leicht sauren Bereich, nach ELLENBERG et al. (2001) etwa stehend zwischen Mäßigsäurezeiger (selten auf stark sauren oder neutral bis alkalischen Böden) und Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger (nicht auf stark sauren Böden). Die Lössböden verfügen meist über einen hohen Carbonatgehalt. Bei süddeutschen Lössen lag der Carbonatgehalt anfänglich bei ca. 35% , bei mitteldeutschen Lössen bei $5 - 20\%$ (SCHEFFER & SCHACHTSCHNABEL 2002). Nach der Eiszeit setzten bodenbildende Prozesse ein, die eine Verlagerung des Carbonates in tiefere Schichten und eine zunehmende Versauerung der Böden bewirkten. Solche und weitere bodenbildende Vorgänge waren im Neolithikum nicht so weit fortgeschritten wie heute. Durch die hohen Niederschläge wird schon im Neolithikum bereits eine Verlagerung des Kalks in tiefere Schichten und eine beginnende Versauerung eingesetzt haben. Der Nährstoffentzug durch die Ernte wird den natürlichen Kalkgehalt der Lössäcker langsam aber stetig reduziert haben. Somit sind für neolithische Äcker leicht saure bis leicht basische Verhältnisse möglich, die die Zeigerwerte der Pflanzen des Bromo-Lapsanetums widerspiegeln. Lediglich eine Pflanze, *Galeopsis segetum*, deutet auf einen sauren Standort durch den Zeigerwert $R = 3$ hin. Diese Art stellte auch schon bei der Stickstoffversorgung den auffällig niedrigsten Zeigerwert. Es ist nicht auszuschließen, dass sich das ökologische Verhalten von *Galeopsis segetum* durch Klimaänderungen und andere Konkurrenzverhältnisse heute anders darstellt als im Neolithikum oder aber der starke menschliche Einfluss auf einem damaligen Ackerstandort sowie die aktive Wiederaussaat die Pflanze begünstigte (Heilpflanzen).

In neueren Untersuchungen von Unkräutern aus dem Neolithikum tritt häufig *Rumex acetosella* (RÖSCH 2007) auf. Die Art gilt als Säurezeiger und deutet mit $R=2$ auf deutliche Bodenversauerung hin.

Allgemein ist anzumerken, dass sich bezüglich der Bodenreaktion (R) 10 von 18 möglichen untersuchten Arten des Bromo-Lapsanetums indifferent verhalten. Die Aussagekraft der Werte für R nehmen hierdurch ab, da nur 44% der Arten ein Zeigerwert zugeordnet werden kann. Regelmäßig im Bromo-Lapsanetum anzutreffende (und namengebende) Arten wie *Chenopodium album*, *Bromus sterilis*, *Lapsana communis*, *Phleum pratense*, *Fallopia convolvulus* und *Vicia hirsuta* gehören zu den nach ELLENBERG et al. (2001) indifferent eingestufteten Arten. RÖSCH (2007) bezeichnet hingegen *Lapsana communis* als säurehold, ebenso *Bromus secalinus*.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Auswertung der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) insgesamt die Vermutungen sowie die auf andere Weise erlangten Erkenntnisse zu den ökologischen Gegebenheiten auf einem neolithischen Acker bestätigen. Die Schlussfolgerungen von WILLERDING (1993), die auf den Zeigerwerten der allgemein nachgewiesenen, bandkeramischen Flora wild wachsender Pflanzen beruhen, konnten durch eine Auswertung der Ackerunkräuter unterstützt und verfeinert werden. Die Äcker waren vermutlich gut mit Nährstoffen versorgt, Magerkeitszeiger wurden nicht nachgewiesen. Die Böden waren wahrscheinlich frisch und leicht sauer bis neutral. Bezüglich der Bodenreaktion ist das ökologische Verhalten überwiegend indifferent, wodurch die Aussagefähigkeit der wenigen Zeigerwerte abnimmt. Es herrschten wärmeliebende Pflanzen vor, die Hinweise auf halbschattige bis halblichte Verhältnisse geben. Bei der Kontinentalität überwiegen im Mittelwert subozeanische eingestufte Pflanzen, die teilweise aus Mitteleuropa stammen.

5.1.2 Ökologische Zeigergruppen

Für jede Art des Bromo-Lapsanetums wird im Folgenden die ökologische Gruppe nach HOFMEISTER & GARVE (2006) benannt. Diese ökologischen Gruppen setzen sich aus Zeigerpflanzen für bestimmte Standortparameter (z. B. Säurezeiger, Stickstoffzeiger) zusammen und sind nach einem typischen Vertreter benannt. Teilweise geben sie einen Hinweis auf die Zugehörigkeit zu bestimmten pflanzensoziologischen Syntaxa. Die Anwesenheit einer Zeigerpflanze auf einer Fläche liefert Hinweise auf die ökologischen Standortfaktoren wie Stickstoffversorgung, pH-Wert, Wasserhaushalt, Bodenart usw. Sie geben ähnliche Auskünfte wie die Zeigerwerte nach Ellenberg. Für viele Arten mit einer weiten ökologischen Amplitude ist eine Zuordnung zu einer ökologischen Gruppe nicht möglich.

Die Auswertung der ökologischen Gruppenzugehörigkeit nach HOFMEISTER & GARVE (2006) der oben beschriebenen Pflanzen in Tabelle 8 erscheint z. T. widersprüchlich. Neben einem typischen Säurezeiger (Gruppe 1) gibt es noch weitere fünf säurebevorzugende Arten (Gruppe 3 insgesamt dreimal, Gruppe 6 insgesamt zweimal). Daneben gibt es einen Kalkzeiger (Gruppe 9) und dreimal Stickstoffzeiger mit weiter ökologischer Amplitude (Gruppe 11). Zwei Arten weisen auf Staufeuchte hin (Gruppe 15). Insgesamt 6 Arten können keiner ökologischen Gruppe zugeordnet werden. Das Vorhandensein eines Kalkzeigers im Gegensatz zu 5 säurebevorzugenden Arten und eines Säurezeigers ist u.U. damit zu erklären, dass die Pflanzen unter den Klima- und Konkurrenzbedingungen des Neolithikums andere ökologische Nischen besetzt haben könnten.

Tab. 8: Zugehörigkeit der Arten des Bromo-Lapsanetums zu ökologischen Gruppen nach HOFMEISTER & GARVE (2006)

Art	Nr.	Gruppe	Ökologische Aussage
<i>Galeopsis segetum</i>	1	Knäuel-Gruppe	Säurezeiger auf nährstoffarmen Sand- und Gesteinsverwitterungsböden
<i>Vicia hirsuta</i>	3	Windhalm-Gruppe	säurebevorzugende Arten auf schwach sauren bis sauren Sand- und Lehm Böden
<i>Vicia tetrasperma</i>	3	Windhalm-Gruppe	säurebevorzugende Arten auf schwach sauren bis sauren Sand- und Lehm Böden
<i>Vicia angustifolia</i>	3	Windhalm-Gruppe	säurebevorzugende Arten auf schwach sauren bis sauren Sand- und Lehm Böden
<i>Lapsana communis</i>	6	Stechhohlzahn-Gruppe	säurebevorzugende Arten unter humiden Klimabedingungen
<i>Galeopsis tetrahit</i>	6	Stechhohlzahn-Gruppe	säurebevorzugende Arten unter humiden Klimabedingungen
<i>Galium spurium</i>	9	Rittersporn-Gruppe	Kalkzeiger auf nährstoffreichen Kalkverwitterungsböden
<i>Chenopodium album</i>	11	Vogelmieren-Gruppe	Stickstoffzeiger mit weiter ökologische Amplitude
<i>Persicaria maculosa</i> (Syn. <i>Polygonum persicaria</i>)	11	Vogelmieren-Gruppe	Stickstoffzeiger mit weiter ökologische Amplitude
<i>Galium aparine</i>	11	Vogelmieren-Gruppe	Stickstoffzeiger mit weiter ökologische Amplitude
<i>Rumex crispus</i>	15	Kriechhahnenfuß-Gruppe	Staufeuchtezeiger, auf (wechsel-) feuchten Böden mit mangelnder Durchlüftung
<i>Rumex obtusifolius</i>	15	Kriechhahnenfuß-Gruppe	Staufeuchtezeiger, auf (wechsel-) feuchten Böden mit mangelnder Durchlüftung
<i>Fallopia convolvulus</i> (Syn. <i>Polygonum convolvulus</i>)	x		weite ökologische Amplitude
<i>Bromus arvensis</i>	x		weite ökologische Amplitude
<i>Bromus sterilis</i>	x		weite ökologische Amplitude
<i>Bromus secalinus</i>	-		nicht angegeben
<i>Phleum pratense</i>	-		nicht angegeben
<i>Rumex acetosa</i>	-		nicht angegeben

Die aktive Aussaat durch den Menschen, bewusst oder unbewusst, könnte ebenso wie eine mögliche Nutzung und Förderung, bei der Verbreitung der Arten eine Rolle gespielt

haben. Auch eine genetisch fixierte Weiterentwicklung der Arten ist über den langen Zeitraum denkbar. Ähnliche Ergebnisse mit einer großen Differenz bei der Reaktionszahl R lieferten schon die Untersuchungen der Zeigerwerte nach Ellenberg. Schwankungen zwischen $R=3$ bei *Galeopsis segetum* und $R=8$ bei *Bromus arvensis* und *Galium spurium* zeigen die ähnlich weite ökologische Spanne in Bezug auf den Säure-Basenhaushalt (siehe Kapitel 5.1.1).

Die Schlussfolgerungen aus der Zugehörigkeit der Arten zu ökologischen Gruppen geben ähnliche Hinweise wie die im vorherigen Kapitel 5.1.1. durchgeführten Auswertung der Zeigerwerte nach Ellenberg. Der neolithische Getreideacker war vermutlich gut bis sehr gut mit Nährstoffen versorgt und zeigte einen wahrscheinlich leicht sauren pH-Wert, da säurebevorzugende Arten überwiegen.

5.1.3 Phytocoenologisches Verhalten

Die Zuordnung von Pflanzenarten aus archäobotanischen Untersuchungen zu Vegetationstypen, die heute einen bestimmten pflanzensoziologischen Rang oder ein Syntaxon bilden, ist nur unter Vorbehalt durchzuführen. Die Artenzusammensetzungen solcher Funde sind nur in Ausnahmefällen im Verbund ihrer Lebensgemeinschaft zu interpretieren und bilden somit nur einen Ausschnitt der damaliger Vegetation. Die phytocoenologische Amplitude einer Art kann bei unterschiedlichen Bedingungen schwanken. Nach WILMANN (1988) ist der pflanzensoziologische Aussagewert einer Art häufig abhängig von der Landnutzung und kann deshalb je nach Zeitepoche eines Fundes variieren.

Die phytocoenologische Einordnung ist für die Ackerunkräuter in der aktuellen Literatur nicht einheitlich. Schon auf Klassenebene gibt es bei der Ackerunkrautvegetation unterschiedliche Einteilungen (siehe Kapitel 1.2). HÜPPE & HOFMEISTER (1990) legten eine Einteilung der Vegetation oft gestörter Plätze (inklusive der Ackerstandorte) vor, erstellt anhand von rd. 10.000 Vegetationsaufnahmen, der auch POTT (1992) und WILMANN (1998) folgen. DIERBEN (1996) übernimmt zwar die Klasse *Stellarietea mediae* aus dieser Einteilung, untergliedert aber nach anderem Prinzip. OBERDORFER (1994, 2001) und ELLENBERG et al. (2001) halten an einer älteren Einteilung mit zwei Klassen (*Chenopodietae* und *Secalietea*) fest, wobei ELLENBERG et al. (2001) hierbei jedoch Anmerkungen macht, das diese u. U. so nicht mehr haltbar und fragwürdig ist.

In den letzten Jahrzehnten hat sich vieles in der Zusammensetzung der Ackerunkräuter verändert. Die Bedingungen auf einem modernen, konventionell bewirtschafteten Acker sind durch den Einsatz von modernen Maschinen, Herbiziden, HochleistungsSaatgut und Mineraldüngern mit den Gegebenheiten vor 50 oder 100 Jahren kaum vergleichbar. Ältere Systematiken berücksichtigen vermutlich Ackerstandorte, die bezüglich der Produktionsprinzipien dem Neolithikum zumindest noch etwas näher standen als die heutigen, modernen Anbaumethoden. Deshalb wird versuchsweise auch eine Einordnung in die ältere Auffassung der Systematik der Ackerunkrautgesellschaften (in Ansätzen) für die Arten des Bromo-Lapsanetums untersucht. Die heutige Gleichförmigkeit der Äcker und die heute effizienten Verfahren zu Unkrautbekämpfung lassen eine Zuordnung der Arten des Bromo-Lapsanetums zu einer heutigen pflanzensoziologischen Assoziation kaum erwarten. Die verschiedensten Rahmenbedingungen haben sich seitdem zu deutlich geändert, z.B. der Boden und das Klima. Über die Jahrtausende sind sowohl durch Einwanderung von konkurrierenden Arten als auch durch Einführen neuer Techniken wie z.B. dem Wendepflug oder der Dreifelderwirtschaft bei der Ackerunkrautvegetation Veränderungen eingetreten (HÜPPE 1987a).

Tab. 9: Arten des Bromo-Lapsanetums als Charakterarten in der Systematik der Unkrautgesellschaften nach verschiedenen Autoren

Art	HÜPPE & HOFMEISTER (1990)	DIERBEN (1996)	ELLENBERG et al. (2001)	OBERDORFER (2001)	HOFMEISTER & GARVE (2006)
<i>Fallopia convovulus</i>	UKC <i>Violenea arvensis</i>	KC Stellarietea mediae	3.4 Secalietea	KC Secalietea, OC Centauretalia cy.	UKC <i>Violenea arvensis</i>
<i>Vicia hirsuta</i>	VC Aperion spicae-venti	VC Scleranthion annui	3.4 Secalietea	OC Centauretalia cyani	VC Aperion spicae-venti
<i>Vicia tetrasperma</i>	UVC Aphanion arvensis		3.421 Aphanion arvensis	AC Alchemillo-matricarietum	VC Aperion spicae-venti
<i>Vicia angustifolia</i>	VC Aperion spicae-venti	VC Scleranthion annui	-	KC Secalietea (ssp. <i>segetalis</i>)	VC Aperion spicae-venti
<i>Bromus secalinus</i>	-	OC Chenopodieta albi	3.42 Aperetalia	VC Aperion	KC Stellarietea mediae
<i>Galeopsis tetrahit</i>	AD Holco-Galeopsietum	KC Stellarietea mediae	-	-	AD Holco-Galeopsietum, Begl.
<i>Galium spurium</i>	-	VC Caucalidion platycarpi	3.4 Secalietea	AC Silenolinetum (ssp. <i>spurium</i>)	VC Caucalidion platycarpi
<i>Lapsana communis</i>	AD Holco-Galeopsietum	-	3.532 Alliarion	VC Alliarion	AD Holco-Galeopsietum, Begl.
<i>Persicaria maculosa</i>	UKC. <i>Violenea arvensis</i>	-	3.31 Polygono-Chenopodieta	OC Polygono-Chenopodieta	UKC <i>Violenea arvensis</i>
<i>Chenopodium album</i>	KC Stellarietea mediae	KC Stellarietea mediae	3.3 Chenopodieta	KC Chenopodieta	KC Stellarietea mediae
<i>Bromus arvensis</i>	VC Sisymbriion (POTT 1992)	KC Stellarietea mediae	3.3 Chenopodieta	KC Chenopodieta	KC Stellarietea mediae
<i>Bromus sterilis</i>	OC Sisymbrietalia, VC Sisymbriion (POTT 1992)	OC Sisymbrietalia	3.331 Sisymbriion	VC Sisymbriion	KC Stellarietea mediae
<i>Galeopsis segetum</i>	-	-	4.461 Galeopsion segetum	AC Galeopsietum seg.	DA Teesdalio-Arnoseridetum
<i>Galium aparine</i>	-	-	3.5 Artemisietea	KC Artemisietea	Begleiter
<i>Phleum pratense</i>	-	-	5.423 Cynosurion	VC Cynosurion	-

Bedeutung der Graustufen:

Graustufe	Zugehörigkeit
	Acker- (Getreide-) Unkrautgesellschaften
	Ackerunkrautgesellschaften u. verwandte Ruderalgesellschaften
	Hackunkraut- und Ruderalgesellschaften

Aus verschiedenen syntaxonomischen Ansätzen wurde für die einzelnen Arten des Bromo-Lapsanetums, soweit überhaupt möglich, eine Übersicht in Bezug auf ihre Rolle als Charakterart in Ackerunkrautgesellschaften in Tabelle 9 erstellt und mit Graustufen

unterlegt. Einige Arten lassen sich nicht zuordnen, weil sie sich z. B. indifferent verhalten oder heute überwiegend andere Biotope, z. B. Grünland besiedeln.

Mit aktueller Bestimmungsliteratur (z. B. HOFMEISTER & GARVE 2006, SCHUBERT et al. 2001) kommt man erwartungsgemäß zu keiner eindeutigen Zugehörigkeit zu einer bestimmten Pflanzengesellschaft. Es zeigt sich dennoch, dass sich die Mehrzahl der Arten des Bromo-Lapsanetums auch heute noch auf stark anthropogen beeinflussten Standorten finden lassen. 13 von 15 Arten werden zumindest bei einem der verschiedenen Autoren auch heute als Charakterart für Ackerunkrautgesellschaften bzw. der dazu gehörenden höhere Syntaxa eingestuft. Ein Vorkommen der Arten in neolithischen Getreideäckern scheint somit durch die heutigen typischen Wuchsorte der Arten sehr wahrscheinlich.

5.1.4 Samenbank

Auf dem Wuchsort Acker sollten Pflanzen in der Lage sein, sich in jeder Vegetationsperiode aus einer Diasporenbank regenerieren zu können, um langfristig zu existieren. Diese Diasporenbank kann aus generativen Früchten oder Samen sowie aus vegetativen Wurzel- oder Sprossstücken bestehen. Bei archäobotanischen Untersuchungen werden überwiegend die Früchte und Samen nachgewiesen, so dass sich die weiteren Aussagen auf die sogenannte Samenbank beschränken. Untersuchungen zur Samenbank in einem Boden können mit verschiedenen Methoden erfolgen, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll. Genauere Informationen hierzu und auch die Unterscheidung der verschiedenen Typen von Samenbanken sind z. B. bei THOMPSON et al. (1997) zu finden. Bei den hier ausgewerteten archäobotanischen Untersuchungen handelt es sich meist um Vorratsfunde und nicht um Analysen aus dem Ackerboden. Anhand der maximal nachzuweisenden Überdauerungszeit der Samen der typischen neolithischen Unkräuter könnte man aber Vermutungen zur Wirtschaftsform formulieren.

Die Samen einiger Ackerunkräuter sind kurzlebig und bleiben nur ein bis wenige Jahre keimfähig, andere können nachweislich sogar mehrere Jahrhunderte überdauern. Die Keimung eines Samens kann artspezifisch auf verschiedenen Wegen eingeleitet werden. Oft wird die Keimung z. B. durch Belichtung, bestimmte Keimtemperaturen oder Bodenfeuchte induziert.

In Tabelle 10 wird eine Übersicht über die maximal in der Literatur angegebene Überdauerungszeit von Samen der Arten des Bromo-Lapsanetums gegeben.

Dabei zeigen 8 Arten des Bromo-Lapsanetums nachgewiesene Überdauerungszeiten von mehr als 20 Jahren auf, sechs Arten von etwa 2 bis 8 Jahren, zwei sind nur temporär keimfähig (*Bromus secalinus*, *B. arvensis*) und für zwei Arten waren keine Aussagen zu finden. Somit scheinen die meisten der Arten also einen mittel- bis langfristige Samenbank aufzuweisen. Dies könnte die große Kontinuität im Auftreten der Arten im Neolithikum gefördert haben. Selbst wenn sie nicht regelmäßig mit dem Saatgut ausgebracht wurden, können sie sich aus der Samenbank des Bodens viele Jahre lang regenerieren. Die meisten sind durch eine langlebige Samenbank in der Lage, auch längere Brachezeiten zu überdauern. Bei nur geringer Bodenbearbeitung könnten sie sich nach vielen Jahren wieder entwickeln, wenn beispielsweise ein Aufreißen des Bodens an der Stelle, an dem der Samen seit der letzten Bearbeitung ruhte, dessen Keimruhe unterbricht.

Lediglich die Trespen scheinen auf eine regelmäßige Mitaussaat angewiesen zu sein. Dies unterstützt die These, dass *Bromus arvensis* und *Bromus secalinus* vielleicht als willkommene Beifrucht bewusst mit ausgesät und geerntet wurden.

Tab. 10: Maximale Überdauerungszeiträume von Samen der Arten des Bromo-Lapsanetums als Samenbank im Boden, absteigend geordnet nach Dauer

Art	nach OBERDORFER (2001)	nach THOMPSON et al. (1997), max. angegebene Überdauerung	nach CREMER et al. (1991)
<i>Chenopodium album</i>	sehr langzeitig, mehrere 100 Jahre	> 660 Jahre	40 Jahre
<i>Rumex crispus</i>	langzeitig, über 80 Jahre	bis zu 80 Jahren	bis 70 Jahre
<i>Persicaria maculosa</i>	langzeitig, über 50 Jahre	bis zu 50 Jahren	bis 30 Jahre
<i>Fallopia convolvulus</i>	langzeitig, über 40 Jahre	bis zu 40 Jahren	bis 20 Jahre
<i>Poa pratensis</i>	kurz-langzeitig, über 30 Jahre	> 39 Jahre	-
<i>Vicia hirsuta</i>	langzeitig, über 25 Jahre	> 25 Jahre	bis 10 Jahre
<i>Galeopsis tetrahit</i>	langzeitig, über 20 Jahre	> 24 Jahre	mehr als 30 J.
<i>Phleum pratense</i>	meist langzeitig, über 20 Jahre	bis zu 21 Jahre	-
<i>Lapsana communis</i>	kurz-langzeitig, über 5 Jahre	> 6 Jahre	mehrere Jahre
<i>Rumex sanguineus</i>	-	> 5 Jahre	-
<i>Bromus secalinus</i>	meist temporär, 1 - 5 Jahre	bis zu 1 Jahre	-
<i>Galium. aparine</i>	meist kurzzeitig, über 3 Jahre	> 3 Jahre	bis zu 8 Jahren
<i>Vicia tetrasperma</i>	unterschiedlich	-	wenige Jahre
<i>Vicia angustifolia</i>	-	-	wenige Jahre
<i>Poa trivialis.</i>	temporär - langzeitig, über 2 Jahre	bis zu 2 Jahren	-
<i>Bromus sterilis</i>	temporär, unter 1 Jahr	-	-
<i>Bromus arvensis</i>	temporär, unter 1 Jahr	0 J.	-
<i>Galium spurium</i>	?	-	-
<i>Galeopsis segetum</i>	?	-	-

5.1.5 Nutzbarkeit

Die nachfolgende Zusammenstellung in Tab. 11 zeigt, dass fast alle Arten aus dem Unkrautspektrum des Bromo-Lapsanetums einen gewissen Nutzen haben können, z. B. als Beifrukt oder Notnahrung, als Gemüse, Heilpflanze, als Futterpflanze oder Färbepflanze. Informationen zur Nutzbarkeit der einzelnen Arten finden sich bereits in der Artbeschreibung unter Kapitel 1.2.1 und werden hier als Übersicht noch mal zusammengefasst.

Tab. 11: Übersicht über Nutzungsmöglichkeiten der Unkräuter aus dem Bromo-Lapsanetum (nach CREMER et al. (1991), FRANKE (1981), GRAU et al. (1990), HART (1996), KNÖRZER et al. (1999a, b), KREUZ (1990), LÜNING (2000), WILLERDING (1983, 1986))

Art	Nahrung	Heilzwecke	Färbemittel	Nutzungswahrscheinlichkeit im Neolithikum
<i>Chenopodium album</i>	stärkehaltige Samen, Gemüse, Salat	entzündungshemmend, gegen Darmreizungen, Würmer, Rheuma, Wunden, bei Hautproblemen	braun, gelb, rot	sehr hoch, Reinfunde nachgewiesen, Nutzung / Reinanbau in Notzeiten der letzten Jahrhunderte belegt
<i>Bromus sterilis</i> , <i>B. secalinus</i> , <i>B. arvensis</i>	stärkehaltige Samen, haferkorn groß	n.b. (= nicht bekannt)	n.b.	sehr hoch, Funde häufig, Anteil bei Getreidefunden teilweise über 50 %
<i>Fallopia convolvulus</i> (Syn. <i>Polygonum convolvulus</i>)	stärkehaltige Samen	bei Blutungen, Husten, Blasen- u. Nierenproblemen, Rheuma, Gicht	zitronengelb, braun	sehr hoch, Reinfunde nachgewiesen
<i>Persicaria maculosa</i> (Syn. <i>Polygonum persicaria</i>)	genießbare, nahrhafte Samen	gegen Rheuma, astringierend	braun	fraglich, aber gut möglich
<i>Lapsana communis</i>	Salatpflanze, Wildgemüse, genießbare Samen	wundheilend, antidiabetisch, abführend, bei Drüenschwellungen	n.b.	fraglich, aber gut möglich
<i>Galium spurium</i> , <i>G. aparine</i>	Tee, Gemüsesuppe, geröstete Früchte als Kaffeeersatz, Lab zu Herstellung von Käse und Quark möglich	Wundheilung, schleimlösend, harntreibend, gegen Geschwüre, Hautkrankheiten, Ohrenscherzen, Schlangen- / Spinnenbisse, Kropf	rot für Textilien	fraglich, aber gut möglich
<i>Rumex crispus</i> , <i>R. acetosa</i>	Salat, Gemüse Vitamin-C-haltig	blutbildend, bei Hautproblemen, Skorbut, Fieber, Frauenbeschwerden, Verdauungsproblemen	n.b.	fraglich
<i>Rumex sanguineus</i>	n.b.	n.b.	braun	fraglich
<i>Rumex acetosella</i>	Salat, Gemüse, Tee, Nudeln aus getrockn. Wurzel	Diuretikum, entgiftend, gegen Geschwüre und Krebs	n.b.	fraglich
<i>Galeopsis tetrahit</i> , <i>G. segetum</i>	Ölhaltige Samen	Wundmittel, schleimlösend, bei Tuberkulose, Blutarmut, Magen-Darmkatarrhen	n.b.	fraglich, aber gut möglich
<i>Phleum pratense</i>	gutes Futtergras	n.b.	n.b.	
<i>Poa spec.</i>	gute Futtergräser	n.b.	n.b.	
<i>Vicia hirsuta</i> , <i>V. tetrasperma</i> , <i>V. angustifolia</i>	<i>V. hirsuta</i> , <i>V. tetr.</i> menschl. Nahrung, <i>V. ang.</i> Stammform d. Saatwicke (gute Futterpflanze)	n.b.	n.b.	

Eine tatsächliche Nutzung dieser Ressourcen ist für das Neolithikum jedoch oft schwer nachweisbar. Für einige Arten ist eine Nutzung recht sicher anzunehmen, da es von

in sehr hohen Anteilen im Getreide vorlagen (*Bromus secalinus/arvensis*). Die stärkehaltigen Samen dieser Arten dienten mit großer Wahrscheinlichkeit als Ergänzung zum Getreide. Ein geduldetes Auftreten dieser Arten im Getreideacker konnte vielleicht Missernten mildern. Wenn durch verschiedene Gründe das Getreide schlecht stand, hatten die Un- oder Beikräuter weniger Konkurrenz und entwickelten sich u.U. gut. Die Ernte ihrer Samen könnte Notzeiten abgemildert haben.

Für die Heilpflanzen ist eine Anwendung nicht nachzuweisen. Betrachtet man die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der verschiedenen Arten, kann man schon fast von einer „Apotheke auf dem Acker“ sprechen. Es wäre gut möglich, dass die Menschen, die ja auf Naturheilmittel angewiesen waren, einen Teil der Heilwirkungen kannten und nutzten.

Eine Nutzung von Lab aus *Galium aparine* kann ebenfalls nur vermutet werden. Mit Lab kann man aus Milch Quark und Käse herstellen und somit die Milch länger haltbar machen. Erbgut-Analysen an mittel- und jungsteinzeitlichen Skeletten deuten darauf hin, dass sich die Möglichkeit, Laktose im Erwachsenenalter zu verdauen, erst mit der Zeit herausgebildet hat (DÖRING 2007). Nach LÜNING (2000) liegen keine eindeutigen archäologischen Nachweise für die Milch- und Käsegewinnung vor. Jedoch berichtet er von Untersuchungen zur Herdenstruktur an Schaf- und Ziegenherden zu Beginn der Domestikation aus dem Vorderen Orient, die als primäre Funktion eine Milcherzeugung nahe legen. Eine in Mitteleuropa fast durchgängige Laktosetoleranz der Menschen, die in abgeschwächter Form auch in Südosteuropa verbreitet ist (LÜNING 2000), legt eine lange Tradition der Milchnutzung nahe. Somit könnte also auch *Galium aparine* eine wertvolle Pflanze für die jungsteinzeitlichen Menschen gewesen sein.

Auch ein Nachweis der Nutzung verschiedener Pflanzen als Färbemittel kann man kaum archäologisch belegen.

5.2 Vegetationsentwicklung auf den Versuchsflächen F1 bis F4

Bei der praktischen Durchführung der Rekonstruktion des neolithischen Getreideackers wurden Versuchsflächen zur Unkrautflora unterschiedlich behandelt und näher untersucht. Die genauen Unterschiede bezüglich Einsaat, Ernte, Pflege usw. sind im Kapitel 4.4 erläutert.

5.2.1 Versuchsfläche F1

In der Versuchsfläche F1 wurden Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums absichtlich mit eingesät und die Fläche möglichst nah am neolithischen Vorbild bestellt, gepflegt und beerntet. In der Tabelle 12 ist das Ergebnis von vier Vegetationsaufnahmen von der Versuchsfläche F1 während einer Vegetationsperiode wiedergegeben. Dabei wurde das Einkorn und die eingesäten Unkrautarten gesondert aufgeführt, um deren Entwicklung in der Fläche deutlich herauszustellen. Außerdem wurden die Arten nach ihrem Vorkommen im Bromo-Lapsanetum und nach ihrer Nachweisbarkeit aus der Zeit des Neolithikums sortiert. Ist die Artmächtigkeit in Klammern gesetzt, wurden diese Pflanzen nach der Vegetationsaufnahme entfernt (s. Kap. 4.4).

Tabelle 12 zeigt, dass auf der 16 m² großen Fläche im Laufe einer Vegetationsperiode mindestens 30 höhere Pflanzen und diverse Moose anzutreffen waren. 10 Unkraut-Arten (s. Kap. 3.2) und das Getreide Einkorn waren auf der Fläche eingesät worden. Alle eingesäten Arten bis auf *Lapsana communis* zeigten sich zumindest vorübergehend im Pflanzenbestand.

Tab. 12: Entwicklung der Fläche F1

Datum der Aufnahme	16.03.02 vor der Einsaat	09.06.02	09.08.02	21.09.02 nach der Ernte
eingesätes Getreide / Deckung	0%	45%	50%	15-20%
<i>Triticum monococcum</i>		3b	3b	2b
eingebraachte Unkräuter des Bromi-Lapsanetums				
<i>Bromus arvensis</i>			2m	2a
<i>Chenopodium album</i>		2m	2m	
<i>Galeopsis segetum</i>			r	
<i>Galium aparine</i>			+	
<i>Galium spurium</i>		2m	+	
<i>Phleum pratense</i>		2m	2m	2a
<i>Persicaria maculosa</i>		r	2m	2a
<i>Rumex crispus</i>	+	+	+	+
<i>Vicia cf. hirsuta</i>		r		
spontan entwickelte Arten des Bromo- Lapsanetums				
<i>Fallopia convolvulu.</i>		r	+	
sonstige Arten (nachgewiesen für Neolithikum)				
<i>Arabidopsis thaliana</i>		+		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		2m	2m	
<i>Cirsium arvense</i>		+	+	+
<i>Lamium purpureum</i>	+	2m	2a	
<i>Matricaria recutita</i>		r	+	
<i>Medicago lupulina</i>		2m	2m	+
<i>Papaver rhoeas</i>		r	r	
<i>Poa spec.</i>		2m	2m	
<i>Polygonum aviculare</i>		r	r	
<i>Polygonum spec.</i>		+		
<i>Sonchus oleraceus</i>			+	+
<i>Stellaria media</i>		r	+	
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	+	r	+	+
<i>Trifolium pratense</i>			2a	+
<i>Trifolium repens</i>	+		+	+
<i>Veronica hederifolia</i>	2a	2m	2m	+
<i>Viola arvensis</i>		r	r	
sonstige Arten (nicht nachgewiesen für das Neolithikum)				
diverse Moose	2a			
diverse Poaceae	2m			
<i>Galinsoga ciliata</i>		(2m)	(2m)	(2a)
<i>Medicago sativa</i> agg.		(r)		
insgesamt Anzahl mind.	7	24	26	12

Die weitere Entwicklung verlief unterschiedlich bei den einzelnen Arten. Neben den eingesäten Arten des Bromo-Lapsanetums waren in den Aufnahmen von Juni und August mindestens 12 bzw. 14 weitere Arten anzutreffen. Diese entwickelten sich aus im Boden vorhandenen Samen oder anderen Überdauerungsorganen, aus Verunreinigungen im eingebrachten Saatgut sowie durch spontane Ansiedlung über verschiedene Ausbreitungsmechanismen. Auch für Unkrautarten, die eingesät wurden, ist es nicht auszuschließen, dass sie sich aus vorhandenen Diasporen spontan entwickelten und nicht aus dem aktiv eingebrachten Saatgut. *Galium spurium* ist in Fläche F1 aber mit großer Sicherheit aus dem Saatgut hervor gegangen, da es im Untersuchungsgebiet sehr selten bis gar nicht anzutreffen ist (WEBER 1995).

Bei der in der Fläche F1 vorhandenen Luzerne handelte es sich um *Medicago sativa* ssp. *flacata* x ssp. *sativa* (Bastardluzerne), die eine Kreuzung zwischen der Sichelluzerne und der Saatluzerne ist und nach der äußeren Erscheinung im vorliegenden Fall der Saatluzerne relativ nahe stand. Zum Anbau wird fast ausschließlich diese Bastardluzerne genutzt, da sie z. B. toleranter gegen tiefe Temperaturen ist als die Saatluzerne (GEISLER 1991). Die Pflanzen auf der Aufnahme fläche stammen aus der Vornutzung der Ackerfläche, auf der vier Jahre lang Luzerne und Klee zur Heugewinnung angebaut worden war. Die Tabelle 12 zeigt, dass die Arten von der nach KNÖRZER (1971, 1998) vermuteten neolithischen Ackerunkrautgesellschaft Bromo-Lapsanetum durchaus in einem Einkornfeld nach neolithischem Vorbild gedeihen, wenn sie mit dem Saatgut zusammen eingebracht werden. Die Artenzusammensetzung der damaligen typischen Ackervegetation wird vermutlich durch weitere Arten ergänzt worden sein, die jedoch niederwüchsig sind oder nicht in Ährenhöhe fruchten, sondern sich z. B. am Boden über Rhizome oder Ausläufer ausbreiten können (s. Kap. 3.3).

Im vorliegenden Rekonstruktionsversuch haben sich die Unkräuter nicht immer optimal entwickelt, so dass teilweise relativ wenig neues Saatgut entstehen konnte. Diese schlechte Entwicklung kann mit verschiedenen Faktoren zusammenhängen, z. B. mit dem seit dem Neolithikum veränderten Klima oder mit dem anderen Boden (kein Löss), mit dem Witterungsverlauf im Versuchsjahr, mit dem Zeitpunkt der Einsaat (Sommeranbau) oder der Herkunft und Qualität der Unkrautsamen. Einige Unkräuter auf der Fläche F1 waren zum Zeitpunkt der Getreideernte noch nicht voll ausgereift, was aber im etwas wärmeren Neolithikum anders gewesen sein kann. Hier ist zu bedenken, dass der Sommer 2002 extrem feucht und arm an Sonnenstunden war, also die Bedingungen im besser klimatisch gestellten Neolithikum vermutlich eher schlecht widerspiegeln. Außerdem ist es nicht unwahrscheinlich, dass die neolithischen Bauern ihr Getreide als Winterung angebaut haben, wodurch auch für die Entwicklung einiger Unkräuter längere Entwicklungszeiten vorhanden gewesen wären.

Das gemeinsame Ernten von Getreideähren und Samen der Unkräuter war aber z.T. möglich und wurde experimentell an einigen Beispielen erprobt. Die Entwicklung der einzelnen eingesäten Unkräuter und die Möglichkeit, die Samen bei der Ernte mitzuerfassen ist im Kapitel 5.3 dargestellt.

Die Unkräuter zeigten im Rekonstruktionsversuch nicht die gleichmäßige Reifephase wie das Getreide. Es gab neben reifen Samen schlechter entwickelte Pflanzen mit noch unreifen Samen oder im noch nicht fruchtenden Zustand. Gleichzeitig gab es aber auch schon Pflanzen, deren Samen bereits zu Boden gefallen waren. Dies unterstützt die These, dass sich einige der Unkrautarten auch durch Selbstausaat auf einem neolithischen Acker etablieren konnten, wenn dieser auch im folgenden Jahr wieder mit Getreide bestellt wurde. Vollständige Unkrautbekämpfung bei der Feldbestellung war damals,

im Gegensatz zu heute, sicherlich nicht möglich bzw. üblich. Dies legt nahe, dass einige Arten nicht regelmäßig mit dem Saatgut ausgesät worden sein müssen, sondern sich selbst auf der vorhanden Fläche wieder aussäen konnten. Dazu wäre eine wiederholte Nutzung der Fläche, vielleicht über viele Jahre hinweg, vorteilhaft. Jedoch können Samen von einigen Unkräutern auch sehr lange Brachzeiten im Boden überdauern. Aussagen zur Samenbankausbildung der Arten sind in Kapitel 5.1.4 dargestellt.

Es gibt Versuche zur Brandrodung im Neolithikum und wiederholtem Brand auf einer Ackerfläche, die teilweise eine vollständig Zerstörung der Unkrautflur und teilweise auch der Überdauerungsorgane ergaben (EHRMANN & RÖSCH 2005). Bei der räumlichen Ausdehnung des Ackerbaus durch Neurodung von Flächen, besonders bei Brandrodung, ist deshalb die Ausbreitung der Unkräuter über Diasporen im Saatgetreide anzunehmen. Beide Formen der Ausbreitung nebeneinander, die Einsaat über verunreinigtes Getreide-saatgut und die Selbstaussaat, ist für viele Arten anzunehmen.

Neben den eingesäten Arten waren auf der Fläche F1 spontan entwickelte Arten anzutreffen. Diese gehören überwiegend zur heutigen Unkrautflora von Äckern, Brachland und Grünland und stammten meist aus der Vornutzung der Fläche. Sie werden zusammen mit den Arten des Bromo-Lapsanetums in der nächsten Tabelle 13 nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten nach ELLENBERG et al. (2001) und OBERDORFER (2001) geordnet. In Tabelle 14 wird eine Einordnung nach HÜPPE & HOFMEISTER (1990) vorgenommen, außerdem die ökologische Gruppenzugehörigkeit sowie die Zeigerwerte nach Ellenberg untersucht.

Tab. 13: Einordnung der Arten von Versuchsfläche F1 nach soziologischem Verhalten nach ELLENBERG et al. (2001) und OBERDORFER (2001)

Fläche F1	Soziol. Verhal. nach ELLENBERG	16.03.02	09.06.02	09.08.02	21.09.02	Soziologisches Verhalten nach OBERDORFER
Art	3. Krautige Vegetation oft gestörter Plätze					
<i>Cirsium arvense</i>	3.		+	+	+	Secalietea- u. Pol.-Chenopodieta Ges.
<i>Veronica hederifolia</i>	3.	2a	2m	2m	+	Aperion-Ver.-Char. , Polyg.-Chenopodion
	3.3 Chenopodieta					
<i>Bromus arvensis</i>	3.3			2m	2a	Chenopodieta-Kl.Char., Secalietea
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	3.3		2m	2m		Chenopodieta-Kl.Char. Polyg.-Chenopodieta, Sisymbion Polyg. avicularis
<i>Chenopodium album</i>	3.3		2m	2m		Chenopodieta-Kl.-Char. P.-Chenopodietalia, Sisymbrietalia,
<i>Sonchus oleraceus</i>	3.3			+	+	Chenopodieta-Kl.-Char., Sisymbion
<i>Stellaria media</i>	3.3		r	+		Polyg.-Chenopodietalia-Ordn.-Char., Secalitea, Bidentetea
	3.3.1 Polygono-Chenopodieta (Polygono-Chenopodion)					
<i>Galinsoga ciliata</i>	3.31		2m	2m	2a	Chenopodietalia-Ord.-Char., Chenopodion rubri
<i>Lamium purpureum</i>	3.31	+	2m	2a		Polyg.-Chenopodietalia-Ordn.-Char., Sisymbion
<i>Persicaria maculosa (Polygonum persicaria)</i>	3.31		r	2m	2a	Polyg.-Chenopodietalia-Ordn.-Char., Sisymbion, Bidentetalia
	3.4 Secalietea					
<i>Galium spurium</i>	3.4		2m	+		Verbr. ungenügend bekannt

<i>Papaver rhoeas</i>	3.4		r	r		Secalietea-Kl.Char., Caucaledion, Aperion, Chenopodietea
<i>Fallopia (Polygonum) convolvulus</i>	3.4		r	+		Secalietea-Kl.Char., Centauretalia Cyani-Ord.-Char., Poly.-Chenopodietea, Sisymbriion
<i>Vicia cf. hirsuta</i>	3.4		r			Centauretalia cyani-Ord.-Char., Sisymbriion, Sedo-Sclerantetea, Origanetalia
<i>Viola arvensis</i>	3.4		r	r		Centauretalia cyani-Ord. Char., Poly.-Chenopodietea
3.421 Aphanion arvensis						
<i>Matricaria recutita</i>	3.421		r	+		Char. Alchemillio-Matricarietum Chenopodietea, Plantaginetea
3.5 Artemisietea						
<i>Galium aparine</i>	3.5			+		Artemisietea-Kl.-Char., Secalietea
3.711 Polygonion avicularis						
<i>Polygonum aviculare</i>	3.711		r	r		Polygonion avicu., Chenopodietea, Secalietea
3.811 Agropyro-Rumicion						
<i>Rumex crispus</i>	3.811	+	+	+		Agrop.-Rumicion Verb. Char., Molinio-Arrhenatheretea-Ges.
4.461 Galeopsis segetum						
<i>Galeopsis segetum</i>	4.461			r		Char. D. Galeopsietum seg., Amoseridenion
5.21 Sedo-Scleranthetalia						
<i>Arabidopsis thaliana</i>	5.21		+			Sedo-Scleranthetalia-Ord.-Char.,Aperion, Dig.-Setarienion
5.322 Mesobromion						
<i>Medicago lupulina</i>	5.322		2m	2m	+	Mesobromion-Verb.-Char., Arrhenatheretalia, Fum.-Euphorbion, Sisymbriion
5.4 Molinio-Arrhenatheretea						
<i>Trifolium pratense</i>	5.4			2a	+	Mol-Arrhenatheretea-Kl.-Char., Arrhenatheretalia, Calthion
5.423 Cynosurion						
<i>Phleum pratense</i>	5.423		2m	2m	2a	Cynosurion-Ver.-Char.
<i>Trifolium repens</i>	5.423	+		+	+	Cynosurion-Ver.-Char., Arrhenatheretalia, Plantaginetea
indifferente / nicht einzuordnende Arten						
<i>Medicago sativa</i> agg.			(r)			verwildert
<i>Taraxacum officinale</i>	x	+	r	+	+	Arrhenatheretalia, Plantaginetea, Artemisietea, Agropyretea
diverse <i>Moose</i>		2				
diverse <i>Poaceae</i>		2				
<i>Poa</i> spec.			2m	2m		
<i>Polygonum</i> spec.			+			
<i>Triticum monococcum</i>			3b	3b	2b	

Die pflanzensoziologische Einordnung der Arten der Versuchsfläche F1 nach ELLENBERG et al. (2001) bzw. OBERDORFER (2001) in Tab. 13 zeigt deutlich, dass die Mehrzahl der Arten typisch ist für die Vegetation oft gestörter Plätze. Dabei sind sowohl Arten der Klasse Chenopodietea (ein- und zweijährige Hackunkraut- und Ruderalgesellschaften) als auch der Klasse Secalietea (Getreideunkraut-Gesellschaften) recht häufig. Diese beiden Klassen werden nach HÜPPE & HOFMEISTER (1990) zur Klasse Stellarietea mediae zusammen gefasst.

Auch einige Arten der Stickstoff-Krautfluren (Artemisietea) und Mähwiesen- und Weidegesellschaften (Molinio-Arrhenatheretea) sind anzutreffen. Da es im Neolithikum keine Mähwiesen und Weiden im heutigen Sinne gab, müssen diese Arten damals in anderen Pflanzengesellschaften vorgekommen sein.

Eine eindeutige Zuordnung des Vegetationsbestandes der Fläche F1 zu einer Gesellschaft ist erwartungsgemäß nicht möglich.

Die Tabelle 14 zeigt, dass ein großer Anteil der Arten aus der Versuchsfläche F1, inklusive der eingesäten Arten, typisch ist für die Klasse Stellarietea mediae bzw. die Unterklasse der Ackerunkrautgesellschaften *Violenea arvensis* (nach HÜPPE & HOFMEISTER 1990). Eine weitere Zuordnung, z. B. zu einer speziellen Ackerunkrautgesellschaft ist dagegen schwierig, was jedoch durch die Vornutzung der Fläche als Grünland mit Luzerne und die absichtliche Einsaat von Unkrautarten auch zu erwarten war. Am ehesten könnte man die Artzusammensetzung als Fragment der Kamillen-Gesellschaft, dem Aphano-Matricarietum *chamomillae* ansprechen. Für diese Assoziation sind neben der namensgebenden Kamille auch die in der Fläche F1 vorhandene *Veronica hederifolia* und *Vicia hirsuta* typisch, daneben weitere Vertreter der *Violenea arvensis* und *Stellarietea mediae*. Die typische, häufige Tieflandgesellschaft ist u.a. auf feuchten bis staunassen, oft lehmigen Böden mit mittlerer bis guter Nährstoffversorgung zu finden (HOFMEISTER & GARVE 2006). Sie wird von BURICHTER (1993) als häufige Ersatzgesellschaft für die potentielle natürliche Vegetation für Pseudogleystandorte im Kernmünsterland angeführt. Dies würde zu dem vorhandenen Bodenverhältnissen der Rekonstruktionsfläche passen.

Die errechneten Mittelwerte der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001) geben folgende Auskünfte:

- R = 6,5 Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger (R=7), also etwa neutrale Bodenreaktion, dies entspricht dem gemessenen pH-Wert im Oberboden von pH 6,8 (siehe Kapitel 5.5)
- N = 6,2 mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreiche Standorte, entspricht den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen durch die Landwirtschaftskammer mit dem Ergebnis: Stickstoffversorgung im anzustrebenden Bereich (siehe Kapitel 5.5)
- F = 4,7 Frischezeiger mit Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden, dies spiegelt die eher feuchten und teilweise staunassen Gegebenheiten nicht vollständig
- T = 5,7 Mäßigwärmezeiger, von tiefen bis in montane Lagen, dies entspricht der Lage im Münsterland mit einer Höhenlage von etwa 60 m ü. NN.

Als häufigste ökologische Gruppe nach HOFMEISTER & GARVE (2006) ist die Gruppe 11, Vogelmieren-Gruppe, insgesamt sechs mal vertreten, in der Stickstoffzeiger mit weiter ökologische Amplitude zusammengefasst sind. Jeweils zwei Arten gehören zu der Gruppe 5 (Kamillen-Gruppe, säurebevorzugend, auf mittleren bis gut versorgten Standorten) und der Gruppe 13 (Erdrauch-Gruppe, Stickstoffzeiger auf basenreichen Standorten). In die Gruppen 1, 2, 3, 7, 9 und 15 lässt sich jeweils eine Art zuordnen, wodurch kaum Aussagekraft besteht. Insgesamt 11 Arten verhalten sich indifferent oder lassen sich gar keiner Gruppe zuordnen. Generell lässt sich aus der Zuordnung zu den ökologischen Gruppen eine weit verbreitete Vorliebe für Nährstoffreichtum ableiten, der durch Bodenanalysen für den Standort nachweisbar ist. Auch die Zeigerwertanalysen korrelieren mit diesem Ergebnis.

Tab. 14: Einordnung der Arten der Versuchsfläche F1 nach der pflanzensoziologischen Gliederung von HÜPPE & HOFMEISTER (1990) mit Zeigerwerten nach ELLENBERG et al. (2001) und ökol. Gruppen u. soziologischer Rang nach HOFMEISTER & GARVE (2006)

	Zeigerwerte				ökol. Gruppe	soziol. Rang
	R	N	F	T		
KC Stellarietea mediae						
<i>Bromus arvensis</i>	8	4	4	6	x	KC
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	x	6	5	x	11	KC
<i>Chenopodium album</i>	x	7	4	x	11	KC
<i>Sonchus oleraceus</i>	8	8	4	6	11	KC
<i>Stellaria media</i>	7	8	x	x	11	KC
UKC Violaenea arvensis						
<i>Persicaria maculosa</i>	7	7	5	6	11	UKC
<i>Lamium purpureum</i>	7	7	5	5	13	UKC
<i>Galinsoga ciliata</i>	6	7	4	6	13	UKC
<i>Fallopia convolvulus</i>	x	6	5	6	x	UKC
<i>Viola arvensis</i>	x	x	x	5	x	UKC
DO Sparguletalia arvensis						
<i>Arabidopsis thaliana</i>	4	4	4	6	2	DO1
OC Papaveretalia rhoeadis						
<i>Papaver rhoeas</i>	7	6	5	6	7	OC2
VC Aperion spicae-venti						
<i>Vicia hirsuta</i>	x	4	4	6	3	VC 1.1
UVC Arnoseridenion minimae						
<i>Veronica hederifolia</i>	7	7	5	6	5	UVC 1.1
DA Teesdalia-arnoseridetum minimae						
<i>Galeopsis segetum</i>	3	3	4	6	1	DA 1.1.1
AC Aphano-Matricarietum chamomillae						
<i>Matricaria recutita</i>	5	5	5	6	5	AC 1.1.3
VC Caucalidion platycarpi						
<i>Galium spurium</i>	8	5	5	x	9	VC 2.2
Begleiter						
<i>Cirsium arvense</i>	x	7	x	5	x	B
<i>Galium aparine</i>	6	8	x	6	11	B
<i>Medicago lupulina</i>	8	x	4	5	x	B
<i>Polygonum aviculare</i>	x	6	4	6	x	B
<i>Rumex crispus</i>	x	6	7~	5	15	B
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	x	8	5	x	x	B
Sonstige						
<i>Phleum pratense</i>	x	7	5	x		
<i>Trifolium pratense</i>	x	x	5	x		
<i>Trifolium repens</i>	6	6	5	x		
<i>Medicago sativa</i> agg.	7	x	4	6		
Mittelwert des Zeigerwertes	6,5	6,2	4,7	5,7		
	R	N	F	T		

5.2.2 Versuchsfläche F2

Die Ergebnisse sind denen der Fläche F1 relativ ähnlich. Deshalb unterbleibt für diese Versuchsfläche auch eine ausführliche pflanzensoziologische Betrachtung und Analyse der Zeigerwerte. Die Ergebnisse der Vegetationsaufnahmen finden sich in Tabelle 15.

Tab. 15: Entwicklung der Versuchsfläche F2

Datum der Aufnahme	16.03.02 vor der Einsaat	09.06.02	09.08.02	21.09.02 nach der Ernte
Art				
ingesätes Getreide / Deckung	0%	45%	50%	15- 20%
<i>Triticum monococcum</i>		3b	3b	2b (Stop- peln)
eingebrachte Unkräuter des Bromo-Lapsanetums				
<i>Bromus arvensis</i>		+		
<i>Phleum pratense</i>		+	+	
<i>Persicaria maculosa</i>		+	+	+
<i>Rumex crispus</i>	+	+	+	+
sonstige Arten (nachgewiesen für Neolithikum)				
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		+		
<i>Medicago lupulina</i>		+	2a	+
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	+	2a	2a	2a
<i>Trifolium pratense</i>		2a	+	
<i>Trifolium repens</i>	+	2a	2a	2a
<i>Veronica hederifolia</i>		+		
sonstige Arten (nicht nachgewiesen für Neolithikum)				
diverse Moose	2a			
diverse Poaceae	2a	+	2m	2m
<i>Galinsoga ciliata</i>		+	2m	3b
<i>Medicago sativa</i> agg.	+		+	+
insgesamt Anzahl mind.	6	13	11	9

Auf der 12 m² großen Versuchsfläche F2 wurden im Laufe der Vegetationsperiode 2002 mindestens 15 Arten von höheren Pflanzen und diverse Moose aufgefunden. Die Artenzahl schwankte je nach Zeitpunkt der Untersuchung von mindestens 6 bis mindestens 13 Arten. 5 der insgesamt 7 eingesäten Pflanzenarten (einschließlich des Getreides *Triticum*

monococcum) waren aufgelaufen. Zwei der eingesäten Unkrautarten (*Galium spurium* und *Chenopodium album*) hatten sich auf der Fläche F2 nicht entwickelt, obwohl sie in der Versuchsfläche 1 gekeimt waren und das Saatgut von der gleichen Herkunft war. Jedoch war die Menge des Unkrautsaatgutes auf der Fläche F2 geringer. Über vorhandene Diasporen im Boden können keine Aussagen gemacht werden. Da sich *Chenopodium album* auch an anderen Stellen des Einkornacker außerhalb der Versuchsflächen, auch im Bereich mit Bio-Anbau, fand, könnten die Exemplare in F1 auch aus der Samenbank des Bodens stammen.

Insgesamt ist es auffällig, dass sich auf der Fläche F2 deutlich weniger Arten entwickelt haben, als auf der Fläche F1. Zum einen liegt das daran, dass insgesamt 4 Arten weniger eingesät wurden. Jedoch ist auch bei den sich spontan entwickelten Unkräutern eine deutlich geringere Artenzahl vorhanden, obwohl die Fläche von der Bearbeitung, der Bodenbeschaffenheit, der kleinklimatischen Verhältnisse, der Exposition, dem Getreidesaatgut usw. der Fläche F1 entspricht. Jedoch haben hier keine Nachsaaten wie auf der Fläche F2 stattgefunden. Außerdem war die Fläche etwas kleiner (4 m² bzw. 25% kleiner) als Fläche 1. Sie wurde u.a. deshalb kleiner gewählt, weil für die eingesäten Unkräuter nur wenig Saatgut vorhanden war. Ein weiterer Unterschied war die Zulassung von Konkurrenz durch nicht neolithische Arten wie z. B. *Galinsoga ciliata*, dass sich besonders nach der Ernte stark entwickelte, aber auch schon ab Juni in der Fläche anzutreffen war. In den ersten Wochen der Untersuchung war sie allerdings nur mit geringem Flächenanteil vertreten, so dass sie bis dahin keine starke Konkurrenz für die eingesäten Arten darstellte.

Auch die aus der vorausgegangenen Nutzung der Ackerfläche vorhandene Luzerne war auf der Versuchsfläche F2 anzutreffen. Sie wurde hier nicht gezielt entfernt und entwickelte sich aus noch vorhandenen Wurzeln. Sie erlangte jedoch keine nennenswerte Deckung auf der Versuchsfläche F2, die Konkurrenz für andere Arten war somit gering. Die pflanzensoziologische Einordnung für den Artenbestand der Fläche F2 wurde nicht durchgeführt, da dieser Bestand, teilweise spontan angesiedelt, teilweise eingesät, kaum brauchbare Ergebnisse liefern würde. Die Einordnung fast aller vorkommenden Arten wurde bereits am Beispiel der Versuchsfläche F1 vorgenommen.

5.2.3 Versuchsfläche F3

Die Versuchsfläche F3 wurde genau wie die Flächen F1 und F2 größtenteils in Handarbeit vorbereitet und eingesät. Es wurden aber im Gegensatz zu F1 und F2 keine Unkräuter mit eingebracht. Die vorkommenden Arten stammen aus der Samenbank des Bodens, aus der Regeneration unvollständig entfernter Pflanzen, Saatgutverunreinigungen sowie aus spontaner Ansiedlung. Tabelle 16 gibt die vorgefundenen Arten auf der Versuchsfläche F3 bei den Vegetationsaufnahmen an.

Auffällig ist im Gegensatz zu den Untersuchungsflächen F1 und F2, dass die Gesamtartenzahl geringer ist. Dort waren mindestens 14 Arten inklusive des eingesäten Einkorns vorzufinden. Die Artenzahl auf der Fläche F3 mit 12 Arten lag also erwartungsgemäß niedriger als in den beiden vorher beschriebenen Versuchsflächen, da hier keine Unkrautarten absichtlich eingesät worden waren. Die vorgefundene Artenzahl schwankte auf F3 nur leicht von 8 bis 12 Arten, die Spannweite war hier deutlich geringer als auf den Flächen F1 und F2.

Tab. 16: Entwicklung der Versuchsfläche F3

Datum der Aufnahme	16.03.02 vor der Einsaat	09.06.02	09.08.02	21.09.02 nach der Ernte
Art				
eingesätes Getreide / Deckung	0%	45%	50%	20%
<i>Triticum monococcum</i>		3b	3b	2b (Stop- peln)
spontan entwickelte Unkräuter des Bromo-Lapsanetums				
<i>Rumex crispus</i>	+	+	+	+
sonstige Arten (nachgewiesen für Neolithikum)				
<i>Anagallis arvensis</i>		+	+	
<i>Lamium purpureum</i>	+			
<i>Medicago lupulina</i>		2a	2a	2a
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	+	2a	+	2a
<i>Trifolium pratense</i>		2a	2a	2a
<i>Trifolium repens</i>	+	2a	2b	2b
<i>Veronica hederifolia</i>	2a	+	+	+
<i>Viola arvensis</i>		+		
sonstige Arten (nicht nachgewiesen für Neolithikum)				
diverse Moose	2b			
diverse Poaceae	2b	2a	2a	2m
<i>Galinsoga ciliata</i>		3a	3a	3a
<i>Medicago sativa</i> agg.	2a	+	2b	+
insgesamt Anzahl mind.	8	12	11	10

Die durchgeführte Bodenbearbeitung und Handeinsaat hatte nicht zur spontanen Ansiedlung von Arten des Bromo-Lapsanetums geführt. Lediglich *Rumex crispus* war auf der Fläche vorhanden, jedoch ist es nicht sicher, ob *Rumex crispus* oder eher eine andere Art dieser Gattung *Rumex* wirklich zum Bromo-Lapsanetum gehörten (s.o.). Da der Versuch nur ein Jahr lang durchgeführt werden konnte, hat er bezüglich der sich spontan ansiedelnden Arten in einem Einkornacker kaum Aussagekraft. Einige zum Bromo-Lapsanetum gehörige Arten kommen heute in der regionalen Flora des Versuchsstandortes gar nicht vor, konnten sich deshalb natürlich auch nicht spontan auf der Fläche einfinden. Die meisten Arten stammten noch aus der Artenzusammensetzung der vorausgegangenen Bewirtschaftung als Luzerne-Klee-Wiese.

Mindestens 5 der 14 Arten traten in allen vier Vegetationsaufnahmen der Fläche F3 auf. Dabei handelt es sich überwiegend um Arten, die über ihre Wurzeln in der Lage sind,

Bodenbearbeitung zu überstehen, wenn diese nicht zu gründlich und tiefgreifend erfolgt. Beispiele sind hierfür *Taraxacum officinale* agg., *Rumex crispus* oder *Medicago sativa*. Bei der überwiegend in Handarbeit durchgeführten Bodenbearbeitung waren die Überdauerungsorgane dieser Pflanzen nicht vollständig entfernt worden, so dass sie sich daraus sehr schnell auf der Fläche regenerierten. Dies unterstreicht die Vermutung, dass sich auf neolithischen Ackerflächen auch ausdauernde Pflanzen mit hartnäckigen Überdauerungsorganen gegen die vermutlich nicht sehr tiefgreifende und intensive Bodenbearbeitung behaupten konnten. Von den Arten des Bromo-Lapsanetums sind nur wenige wirklich ausdauernd (siehe Kapitel 5.3), so dass sich viele der Arten aus Samen entwickelt haben müssen, deren Herkunft aus dem Boden, aus Saatgutverunreinigung oder spontaner Ansiedlung stammen kann.

5.2.4 Versuchsfläche F4

Die Versuchsfläche 4 lag außerhalb der Rekonstruktionsfläche auf dem großflächigen Einkornacker, in den die Rekonstruktionsfläche eingebettet war. Er wurde nach ökologischen Gesichtspunkten im Biolandbau auf Dämmen unter Einsatz moderner Maschinen bestellt, gesät und geerntet

Tab. 17: Entwicklung der Versuchsfläche F4

Datum der Aufnahme	16.03.02 vor der Einsaat	09.06.02	09.08.02	21.09.02 nach der Ernte
Art				
ingesätes Getreide				
<i>Triticum monococcum</i>		2b	2b	2a (Stoppeln)
spontan entwickelte Unkräuter des Bromo-Lapsanetums				
<i>Rumex crispus</i>	+	+	+	+
sonstige Arten nachgewiesen für das Neolithikum				
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	2a	+		
<i>Trifolium repens</i>		2a	2a	2a
<i>Veronica hederifolia</i>	2a			
sonstige Arten nicht nachgewiesen für das Neolithikum				
diverse Moose	+			
diverse Poaceae	2b	+	+	
<i>Galinsoga ciliata</i>		3a	3b	3b
<i>Medicago sativa</i>	+	2b	2b	2b
insgesamt Anzahl mind.	6	7	6	5

Bei der Betrachtung der Tabelle 17 fällt auf, dass die Artenzahl der Unkräuter deutlich geringer ist als auf der Anbaufläche nach neolithischem Vorbild. Es wurden inklusive des Einkorns auf der Fläche F4 nur ca. 8 verschiedenen Arten angetroffen. Diese zeigten jedoch eine teilweise massenhafte Ausbreitung. *Galinsoga ciliata* erreicht Deckungen bis zu fast 50%. Dabei wuchs das Franzosen-Kraut sowohl in Reihenzwischenräumen als auch im Getreidebestand auf den Dämmen. Der Einsatz des Unkrautstriegels zeigt gegen diese Art keine dauerhafte Wirkung. Auch andere Unkrautarten entwickelten sich üppig und überragten häufig das Getreide. Das Einkorn stellte sich als recht konkurrenzstark und standhaft heraus. Auch durch kletternde bzw. windende Arten zeigte es keine Lagerung.

Da der Einkornbestand im Biolandanbau ca. 1,8 ha Fläche hatte, wäre auch eine größere Aufnahme­fläche problemlos möglich gewesen. Für Vegetationsaufnahmen vor Ackerunkrautgesellschaften wird ein Minimumareal von 25 m² empfohlen (HOFMEISTER & GARVE 2006). Die Aufnahme­fläche wurde bei der Untersuchung der Fläche F4 mit 4 m x 4 m = 16 m² aber ebenso klein gewählt wie die Aufnahme­flächen F 1 bis F 3 auf der Rekonstruktionsfläche, um eine bessere Vergleichbarkeit zu haben. Es zeigte sich aber, dass in der kleinen Aufnahme­fläche einige typische Unkräuter fehlten, die sonst häufig im umliegenden Einkornacker anzutreffen waren. Folgende häufige Arten sollen deshalb hier zusätzlich aufgezählt und berücksichtigt werden: *Chenopodium album*, *Fallopia* (Syn. *Polygonum*) *convolvulus*, *Sonchus oleraceus*, *Myosotis arvensis*, *Medicago lupulina*, *Lamium purpureum*, *Galium aparine*

Eine Zuordnung der in den Vegetationsaufnahmen nachgewiesenen und ansonsten häufigen Arten erfolgt mit Hilfe der Bestimmung der ökologischen Gruppen bzw. des soziologischen Ranges nach HOFMEISTER & GRAVE (2006) in Tabelle 18.

Tab. 18: Ökologische Gruppen und soziologischer Rang der häufigen Arten aus dem Einkornacker im Biolandanbau nach HOFMEISTER & GRAVE (2006)

Name	ökologische Gruppe	pflanzensoziologischer Rang
<i>Galinsoga ciliata</i>	13 Erdrauch-Gruppe	UKC Violenea arvensis
<i>Lamium purpureum</i>	13 Erdrauch-Gruppe	UKC Violenea arvensis
<i>Sonchus oleraceus</i>	11 Vogelmieren-Gruppe	OC Sperguletalia arvensis
<i>Chenopodium album</i>	11 Vogelmieren-Gruppe	KC Stellarietea mediae
<i>Galium aparine</i>	11 Vogelmieren-Gruppe	Begleiter
<i>Veronica herderifolia</i>	5 Kamillen-Gruppe	UVC Aperion spicae-venti
<i>Rumex crispus</i>	15 Kriechhahnenfuß-Grup.	Begleiter
<i>Fallopia convolvulus</i>	x	UKC Violenea arvensis
<i>Myosotis arvensis</i>	x	UKC Violenea arvensis
<i>Medicago lupulina</i>	x	Begleiter
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	x	Begleiter
<i>Trifolium repens</i>	-	-

Wie aus der vorstehenden Tabelle 18 deutlich wird, sind eine Klassencharakterart, vier Unterklassencharakterarten, eine Ordnungscharakterart (Sperguletalia arvensis) und eine

Unterverbandcharakterart (*Aperion spicae-venti*) auf dem Bio-Einkornacker anzutreffen. *Rumex crispus* deutet auf staunasse Verhältnisse hin. Die Art *Trifolium repens* ist im Einkornacker vermutlich deshalb häufig anzutreffen, weil sie aus der vorher auf dem Standort vorhandenen Grünlandfläche überdauern konnten. Die übrigen Arten sind typische Arten der Ackerunkrautflora, teilweise sogar Charakterarten für verschiedene Syntaxa.

Eine Einordnung dieser Artenzusammensetzung zu einer Pflanzengesellschaft bleibt aber schwierig. Ausgehend von Boden und Bewirtschaftung könnte man folgende Zuordnungen (nach HÜPPE & HOFMEISTER 1990) annehmen:

Ordnung Papaveretalia rheadis (Klatschmohn-Gesellschaften, auf basenreichen Böden), Verband Fumario-Euphorbion (Erdrauch-Gesellschaften, Hackfruchtäcker und Sommerfruchtgesellschaften basen- und nährstoffreicher Böden).

Eine eindeutige Zuordnung zu einer Assoziation der Ackerunkrautgesellschaften lässt sich jedoch kaum aus den vorhandenen Arten ableiten.

Man könnte die Artenzusammensetzung als Fragment der Assoziation *Thlaspio-Fumarietum officinalis* (Erdrauch-Gesellschaft) vermuten. Diese Assoziation ist weit verbreitet auf frischen, lehmigen, gut mit Nährstoffen versorgten Äckern, z. B. auch Sommergetreideäckern. Die typischen Kennarten wie *Fumaria officinalis* (AC), *Thlaspi arvense* (OC) oder *Veronica persicaria* (OC) fehlen in den Vegetationsaufnahmen zwar, die Assoziation ist aber vor allem negativ durch das Fehlen anderer Assoziationskennarten gekennzeichnet (HOFMEISTER & GRAVE 2006). Eine eindeutige Zuordnung ist aber nicht möglich, was vielleicht auch mit der Vornutzung des Standortes zusammenhängt.

Die Zuordnung zu ökologischen Gruppen (s. Tabelle 18) kann Aussagen über die Standorteigenschaften ergeben. Die ökologische Gruppe 13, die Erdrauch-Gruppe, findet man auf nährstoff- und basenreichen Böden. In ihr sind Stickstoff- und Basenzeiger zusammengefasst (HOFMEISTER & GRAVE 2006). Ihr Vorkommen ist auf dem vorhandenen, gut nährstoffversorgten Boden mit Kalkmergel als Ausgangssubstrat zu erwarten. Es sind zwei Vertreter dieser Gruppe vorhanden.

Die ökologische Gruppe 11 (Vogelmieren-Gruppe, dreimal vorhanden) setzt sich aus Stickstoffzeigern zusammen, die in Bezug auf andere Standortfaktoren eine weite, ökologische Amplitude haben. Die ökologische Gruppe 5, die Kamillen-Gruppe, ist auf Böden mit mittlerer bis guter Nährstoff- und Basenversorgung anzutreffen. Aus dieser Gruppe ist eine Art anzutreffen. Ebenfalls eine Art ist aus der Gruppe 15, der Kriechhahnenfuß-Gruppe, vorhanden. Dies deutet auf Staunässe des Bodens (HOFMEISTER & GRAVE 2006).

Insgesamt zeigen die vorkommenden Unkrautarten einen gut bis sehr gut basen- und nährstoffversorgten Standort an, was sich in den durchgeführten Bodenuntersuchungen (siehe Kapitel 5.5) bestätigte.

5.3 Entwicklung der Unkräuter

5.3.1 Hinweise auf Sommer- oder Winteranbau

Sommer- bzw. Winteranbau von Nutzpflanzen zeichnen sich vor allem durch unterschiedliche Zeitpunkte von Arbeitsvorgängen, besonders der Bodenbearbeitung, aus. Dadurch entstehen u.a. verschiedene Konkurrenzbedingungen für die sich darauf ansiedelnden Unkrautarten. Deshalb kann das Vorhandensein bestimmter Unkräuter auf einem Acker Informationen zur Bewirtschaftungsform liefern. Ob heutige typische

Unkräuter der Winterung schon unter neolithischen Bedingungen ebenfalls für den Winteranbau bezeichnend gewesen sind, ist nicht eindeutig zu belegen.

Im Winteranbau werden Felder im Herbst bestellt, wodurch sich eine Begleitflora einstellt, die ebenfalls im Herbst keimt und den Winter als Jungpflanze überdauert. Keimen Unkräuter im Frühjahr, haben sie wenig Chancen gegen die bereits heranwachsenden Nutzpflanzenbestände. Die Begleitflora des Winteranbaus muss mit dem raschen Frühjahrswachstum der Kulturpflanzen schritt halten können. Als weitere Strategie von Unkräutern in der Winterung ist eine sehr kurze Vegetationszeit während der ersten Frühjahrswochen möglich, die bis zur Reifung der Samen noch vor dem konkurrenzstarken Wachstum der Kulturen abgeschlossen ist (HANF 1990).

Im Sommeranbau ist die Variationsbreite der Kulturen heute größer als im Winteranbau. Neben den Getreiden Sommerweizen, Sommergerste und gelegentlich Hafer hat in Deutschland heute Mais den größten Flächenanteil der als Sommerung angebauten Kulturpflanzen. Daneben gibt es Kartoffeln, Rüben, Hülsenfrüchte und Feldgemüse im Sommeranbau. Trotz der Vielzahl der Kulturpflanzen der Sommerung ist der Einfluss auf die Begleitflora in vielen Punkten ähnlich. Die Feldbestellung erfolgt im Frühjahr, wodurch im Herbst gekeimte Unkräuter durch entsprechende Kulturmaßnahmen und Bodenbearbeitung zunächst weitgehend eliminiert werden. Die Kulturen zeichnen sich durch ein langsames Anfangswachstum und oft weiten Reihenabstand aus. Frühjahrskeimer werden durch viel Licht, gute Nährstoffversorgung und häufig gute Bodenerwärmbarkeit begünstigt. Die anfänglichen Konkurrenzbedingungen sind für Unkräuter günstiger als in Feldern der Winterung (HANF 1990).

Eine strikte Trennung von Unkräutern in Sommer- und Winterung lässt sich kaum vornehmen. Gelegentlich können typische Herbstkeimer auch noch im Frühjahr einen Keimpuls bekommen und sich in Sommerungen entwickeln. Genauso können in milden Wintern frostempfindliche Pflanzen nach einer Keimung im Herbst ausnahmsweise den Winter überstehen. Auch Frühjahrskeimer haben unter bestimmten Umständen gelegentlich in Winterungen die Chance, sich gegen die Konkurrenz durchzusetzen. Deshalb sind die Grenzen zwischen der Begleitflora der Sommerung und der Winterung fließend (HANF 1990), zumal einige Unkräuter auch mehrere Vermehrungsstrategien verfolgen können.

Es gibt für den Anbau von Getreide im Neolithikum sowohl Argumente für den Winterwie auch für den Sommeranbau. LÜNING (2000) schließt sich verschiedenen Autoren (z. B. WILLERDING 1988) an, die der Auffassung sind, dass nach dem entstehungsgeschichtlichen Ansatz für den Getreideanbau ein Winteranbau wahrscheinlicher ist als eine Aussaat im Frühjahr.

Die Getreidearten, die in Mitteleuropa seit dem Frühneolithikum angebaut wurden, stammten aus ostmediterranen Regionen, in denen im Sommer Dürre herrschte und der Winter mild und feucht war. Deshalb wurden sie dort vermutlich, dem natürlichen Vegetationsrhythmus folgend und wie in Winterregengebieten üblich, als Winterung angebaut. Bei der Weitergabe von Saatgut und Wissen auf dem Weg nach Mitteleuropa wird deshalb vermutlich auch die typische Herbstaussaat als Bewirtschaftungsform vermittelt worden sein. Beim Winteranbau können die Erträge an Getreide bis zu 30 % höher ausfallen als bei der Sommerung. Jedoch wird dies relativiert durch manchmal notwendige Nachsaaten im Frühjahr. Hierfür muss zusätzliches Saatgut bereitgehalten werden. Außerdem können bei Winteranbau die Felder im Herbst nicht als zusätzliche Viehweide genutzt werden, wie es im Sommeranbau möglich ist (LÜNING 2000, WILLERDING 1988).

Für eine Sommeraussaat könnten noch weitere Gründe sprechen. Im ohnehin schon arbeitsreichen Herbst sind bei einer Herbstsaat aufwändige Bodenbearbeitungen und die zeitaufwändige Einsaat notwendig. Bei der Frühljahrsaussaat kann die Bodenbearbeitung im zeitigen Frühjahr erfolgen, wenn weniger andere Arbeiten in der Landwirtschaft anfallen als im Herbst. Ein einfacherer Fruchtwechsel auf den Anbauflächen mit anderen, sicherlich schon im Neolithikum als Sommerfrucht angebauten Nutzpflanzen wie Mohn, Erbsen oder Linsen ist bei Sommeranbau des Getreides möglich. Die Nutzung der Ackerflächen für das Weidevieh von Herbst bis Frühjahr hatte vermutlich gewisse positive Effekte bei der Unkrautbekämpfung durch Verbiss sowie durch den Eintrag von Dünger (LÜNING 2000).

Historisch wurde in Mitteleuropa Emmer meist als Sommerfrucht und Einkorn meist als Winterfrucht angebaut, was einen gemeinsamen Anbau im Neolithikum aber nicht widersprechen muss, da für beide Getreide heute sowohl Sorten zum Sommeranbau als auch zum Winteranbau vorliegen (LÜNING 2000, MÜLLER 2007).

In wie weit es anhand der Artenzusammensetzung des Bromo-Lapsanetums möglich ist, auf Sommeranbau oder Winteranbau von Getreiden im Neolithikum zu schließen, wurde z. B. von LÜNING (2000) diskutiert, wobei verschiedene Vermutungen zu widersprüchlichen Ergebnissen führten. Deshalb werden hier die Strategien der einzelnen Unkräuter bezüglich Überwinterung, Keimzeitpunkt, heutiger Verbreitung usw. genauer betrachtet (siehe auch Artenbeschreibungen in Kap. 1.2.1).

RÖSCH (2007) berichtet von Untersuchungen bei Stuttgart von 43 bankkeramischen Ackerunkräutern im weiteren Sinne, wobei fast alle Arten des Bromo-Lapsanetums enthalten sind. Von den 43 Arten wachsen nach seinen Angaben nur 10 überwiegend im Wintergetreide, während die übrigen indifferent sind oder auf Sommerfrucht- oder Hackfruchtfeldern vorkommen.

WILLERDING (1983, 1986) schließt aus dem Unkrautspektrum des Neolithikums eher auf Sommeranbau oder auf lückige Getreidebestände mit unzureichender Bodenbearbeitung. KREUZ (1990) spekuliert hingegen aufgrund der vorhandenen typischen Hackfruchtunkräuter auf eine recht intensive Bodenbearbeitung.

Ein mehrjähriges Vorhandensein / Überwintern von einigen Arten des Bromo-Lapsanetums auf einem neolithischen Acker ist neben der regelmäßigen Aussaat nicht auszuschließen. Folgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die Lebensdauer (nach GARKE (1972), HANF (1990), SCHMEIL (1993)) der Arten des Bromo-Lapsanetums, wobei Mehrfachnennungen vorkommen, da einige Arten diesbezüglich variabel sind:

ausdauernd bzw. mehrjährig (Perennierende):

Phleum pratense

Lapsana communis (jedoch meist sommerannuell / winterannuell)

Poa spec. (trivialis)

Rumex spec. (sanguineus / crispus / acetosa)

Galium aparine (nach HANF (1990) meist einjährig in Äckern, gelegentlich mehrjährig z. B. in Gebüsch)

einjährig überwinternd (Winterannuelle):

Bromus sterilis / *B. secalinus* / *B. arvensis* (auch sommerannuell, s.u.)

Fallopia convolvulus (in milden Wintern nach CREMER et al. 1991)

Lapsana communis (Keimung überwiegend im Winterhalbjahr)

einjährig (Sommerannuelle)

Bromus sterilis / *B. secalinus* / *B. arvensis*

Chenopodium album

Fallopia convolvulus

Persicaria maculosa

Lapsana communis

Galium spurium / *G. aparine*

Galeopsis tetrahit / *G. segetum*

Vicia hirsuta / *V. tetrasperma* / *V. angustifolia*

Die meisten Arten des Bromo-Lapsanetums sind als Sommerannuelle einzustufen. Nur wenige Arten sind mehrjährig oder winterannuell. Dies lässt ebenfalls eine regelmäßige jährliche Neuaussaat der sommerannuellen Pflanzen auf den neolithischen Äckern vermuten, wie sie durch das Auffinden der entsprechenden Unkrautsamen in archäobotanisch untersuchten Getreidefunden unterstützt wird. Jedoch ist auch eine Selbstaussaat und Keimung im Frühjahr möglich. Bei BURRICHTER et al. (1993) und HÜPPE (1987a) wird davon ausgegangen, dass im Neolithikum eine prähistorische Feldgraswirtschaft mit vielen mehrjährigen Arten in einer geschlossenen, grünlandartigen Vegetation mit langen Brachezeiten vorherrschte. Diese These wird durch die überwiegend sommerannuellen Arten des Bromo-Lapsanetums nicht unterstützt.

Tab. 19: Übersicht über die Einstufung einiger Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums aus heutiger Sicht bezüglich Sommer- oder Winterung (nach HANF 1990)

heute typisch für Winterung	heute typisch für Sommerung	typisch für Gemüsegelder und Gärten
<i>Vicia angustifolia</i>	<i>Chenopodium album</i>	<i>Lapsana communis</i>
<i>Vicia hirsuta</i>	<i>Galeopsis segetum</i>	
<i>Vicia tetrasperma</i>	<i>Fallopia</i> (Syn. <i>Polygonum</i>) <i>convolvulus</i> (nach WILLERDING (1988) typisch für Wintergetreide)	
<i>Bromus</i> ssp.	<i>Persicaria maculosa</i> (Syn. <i>Polygonum persicaria</i>)	
<i>Poa trivialis</i>		
<i>Galium aparine</i>		
<i>Galium spurium</i>		
<i>Lapsana communis</i> (Keimung überwiegend im Winterhalbjahr)		

Die vorangegangenen Überlegungen und Tabelle 19 machen deutlich, dass sich aus den Arten des Bromo-Lapsanetums keine Aussage ableiten lässt, die eindeutig auf Winteranbau oder Sommeranbau der Getreide im Neolithikum schließen lässt. Die Arten stellen ein Gemisch aus heute für Sommerung und Winterung typischen Arten dar. Dabei überwiegen auf den ersten Blick allerdings die Arten, die eher in der Winterung vorkommen. Ob die heutigen Gegebenheiten bezüglich der landwirtschaftlichen Methoden und des Klimas aber überhaupt Rückschlüsse auf die damaligen Verhältnisse zulassen, bleibt fraglich. Bodenbearbeitung, Bodenparameter, Klima, Konkurrenz und Kulturpflanzen haben sich geändert (LÜNING 2000). Im anschließenden Kapitel wird mit der Beschreibung der Entwicklung der im Rekonstruktionsversuch eingesäten Unkrautarten nochmals ihre Aussagefähigkeit für die jeweilige Art zu Sommer- und Winteranbau aufgegriffen.

5.3.2 Entwicklung der eingesäten Unkrautarten

Die meisten auf den Versuchsflächen absichtlich eingesäten Unkrautarten entwickelten sich bis zur Fruchtreife. Einige Exemplare trugen ihre Früchte auf der Höhe der Einkornähren, wobei hier anzumerken ist, dass die Höhe der Getreideähren große Variabilität zeigte. Viele Arten erreichten nicht die Höhen der obersten Ähren, sondern fruchteten etwas tiefer. Da für das Neolithikum als Erntemethode das verlustfreie Ährenpflücken oder der Schnitt mit einer Erntesichel unterhalb der Ähren am wahrscheinlichsten erscheint, könnten diese weniger hoch anzutreffenden Unkrautsamen mit den niedrigeren Ähren mit erfasst worden sein. Das gemeinsame Ernten von Getreideähren und Samen der Unkräuter ist also möglich und wurde experimentell an einigen Beispielen erprobt. Auf der Versuchsfläche F1 ließen sich die Samen von *Phleum pratense*, *Chenopodium album*, *Bromus arvensis*, *Fallopia convolvulus*, *Galium aparine* und *Persicaria maculosa* beim Abbrechen der Ähren mit den Händen gelegentlich mit erfassen. Auch bei der Ernte mit Hilfe der rekonstruierten steinzeitlichen Feuersteinsichel gelangten Samen von Unkräutern ins Entegut. Für weitere Arten wird ein Miternten durchaus für möglich gehalten.

Im Folgenden wird die Entwicklung der einzelnen Arten in der Rekonstruktionsfläche beschrieben.

Lapsana communis kann sommerannuell, winterannuell und ausdauernd vorkommen und vermehrt sich ausschließlich über Samen, die mehrere Jahre im Boden lebensfähig bleiben (CREMER et al. 1991). Somit kann auch bei dieser Pflanze eine Aussaat mit dem Sommer- und dem Wintergetreide sowie eine mehrjährige Existenz und eine Selbstausaat auf einem neolithischen Acker zu einem regelmäßigen Auftreten in den neolithischen Saatgutbefunden geführt haben. Im Rekonstruktionsversuch entwickelten sich keine Pflanzen von *Lapsana communis*, was u.U. auf eine geringe Saatgutmenge, schlechte Qualität des Saatgutes und eine starke Konkurrenz zurückzuführen sein kann.

Pflanzen der Gattung *Rumex* verfügen meist über eine Pfahlwurzel oder lange, flache Rhizome, die eine vegetative Vermehrung und ein ausdauerndes Wachstum erlauben. Gegen intensive Bodenbearbeitung sind sie empfindlich, jedoch darf man für das Neolithikum davon ausgehen, dass die Bodenbearbeitung mit dem Ard nicht intensiv genug war, um Pflanzen dieser Gattung immer vollständig aus dem Boden zu entfernen. Deshalb ist neben der Wiederaussaat mit dem Getreidesaatgut bzw. der Selbstausaat für *Rumex* ein mehrjähriges Wachstum auf den Getreidefeldern anzunehmen. In der Rekonstruktionsfläche F1 war ein Exemplar von *Rumex crispus* ständig vorhanden. Hierbei entwickelte sich eine Pflanze aus den Resten einer auf der Fläche verbliebenen Wurzel, die trotz der Bodenbearbeitung weiter wuchs (ausdauerndes Wachstum). Außerdem konnten sich einige weitere Pflanzen, entwickeln, die jedoch kleinwüchsig blieben und unterdrückt wurden. Vermutlich keimten sie aus dem eingebrachten Saatgut, da sie direkt zwischen den Einkornpflanzen wuchsen. Es wäre bei unzureichender Bodenbearbeitung denkbar, dass sich diese *Rumex*-Pflanzen im Folgejahr auf dem Acker gut entwickeln können. Bei nicht zu intensiver Bodenbearbeitung könnten Pflanzen der Gattung *Rumex* also im Sommer- wie im Wintergetreide zu finden gewesen sein.

Chenopodium album ist heute typischerweise in Sommergetreide oder Blattfruchtkulturen anzutreffen, kann aber auch im Winteranbau existieren. Die Hauptkeimzeit ist das späte Frühjahr (HANF 1990). Die Pflanze verfügt über zwei Samentypen (s. Kap. 1.2.1) Der kleinere, braune Samentyp kann sofort keimen, der zweite, größere, schwarze



Abb. 31: Die Aufnahme vom 21.08.02 zeigt *Chenopodium album* fruchtend auf Ährenhöhe.



Abb. 32: Am 21.06.02 überragt *Phleum pratense* deutlich den Einkornbestand.

Samentyp läuft erst nach einer längeren Keimruhe auf. Der Weiße Gänsefuß erfriert bei den ersten Frösten. Das Auftreten der Pflanze zusammen mit Getreidekörnern würde zunächst die Vermutung des Getreideanbaus als Sommerung unterstützen. Jedoch ist es auch möglich, dass nach einer Herbstsaat die Samen von *Chenopodium album* durch ihre typische Keimruhe erst im Frühjahr auflaufen. Auch Selbstsaat ist denkbar.

Im Rekonstruktionsversuch wurden von *Chenopodium album* Samen des größeren, schwarzen Samentyps verwendet. Einige Pflanzen entwickelten sich gut und waren zur Zeit der Getreideernte ebenfalls reif. Die Entwicklung ist auf den Abbildung 31 zu sehen.

Das Miternten der relativ großen Samen war problemlos möglich. Nach der Ernte waren auf der Versuchsfläche F1 keine Pflanzen von *Chenopodium album* mehr vorzufinden, da sie bei der Ernte komplett mit herausgerissen bzw. abgeschnitten worden waren.

Auch auf vielen weiteren Stellen im Einkornacker (ebenfalls Sommeranbau) außerhalb der Rekonstruktionsflächen war *Chenopodium album* anzutreffen. Somit ist nicht sicher, ob sich die Pflanzen in der Fläche F1 tatsächlich aus dem mit eingebrachten Saatgut oder spontan, z. B. aus Samen, die bereits im Boden vorhanden waren, entwickelten.

Phleum pratense ist ausdauerndes Gras und bildet einen Horst. Mit den neolithischen Methoden der Bodenbearbeitung scheint eine vollständige Entfernung der Horste unwahrscheinlich. Somit wird es vermutlich auch mehrjährig in den Getreideäckern gestanden haben. Das Gras blüht von Juni bis August, so dass die Erfassung der Samen bei der Getreideernte möglich ist, wie sich durch praktische Versuche bei der Rekonstruktion bestätigen ließ. Bei der durchgeführten Aussaat mit dem Getreide im April kamen die Pflanzen zumindest teilweise rechtzeitig zur Getreideernte zum Fruchten. Das Gras entwickelte sich gut auf der Versuchsfläche F1 und war durchgehend nach dem Auflaufen des Samens bis nach der Ernte des Getreides vorhanden, wie auf den Abbildungen 32 und 33 zu erkennen ist. Für *Phleum pratense* ist sowohl die Überdauerung auf der Ackerfläche, Selbstsaat als auch die jährliche neue Einsaat (Winterung oder Sommerung) denkbar.

Die drei schon vorgestellten *Bromus*-Arten werden bei HANF (1990) als Pflanzen der Winterung klassifiziert. Besonders *Bromus secalinus* ist ein ausgesprochener Herbstkeimer, der keine Samenruhe braucht. Die Art zeigt Kulturpflanzeigenschaften (große Samenkörner; Samenreife synchron mit der Deckfrucht, Ausfallen der Samen erst beim Dreschen, fehlender Keimverzug (DIERBEN 1996)). Eine absichtliche Aussaat für diese höchstwahrscheinlich im Neolithikum auch als Beifrukt genutzte Art wird teilweise angenommen, wobei dies nicht unumstritten ist und besonders für das Rheinland während des Alt- und Mittelneolithikums gegolten haben mag (LÜNING 2000). Eine Mitnutzung ist aber nicht nur in Winterungen möglich, auch in Sommerungen kann die Pflanze sich entwickeln, wie der durchgeführte Rekonstruktionsversuch (für *Bromus arvensis*) zeigte. Daneben ist eine Selbstsaat möglich. Die Ährchen der Ackertrespe waren zum Erntezeitpunkt noch nicht so weit ausgereift wie das Getreide, die Wuchshöhe war geringer als der Durchschnitt des Einkorns, jedoch hoch genug, um bei der Ernte zusammen mit niederwüchsigen Ähren erfasst zu werden, wie Abb. 34 und 35 verdeutlichen. Auf der Versuchsfläche war das eingesäte *Bromus arvensis* im August und September auch in fruchtendem Zustand zu finden. Ein Fehlen in der Vegetationsaufnahme vom Juni ist wahrscheinlich auf die schlechte Bestimmbarkeit und Auffindbarkeit der jungen Graspflanze zwischen dem jungen Getreide zurückzuführen.



Abb. 33: Aufnahme vom 16.07.02, *Phleum pratense* fruchtend auf Ährenhöhe. Die Einkornpflanzen haben nach einer arttypischen Stagnation im Wachstum aufgeholt.



Abb. 34: *Bromus arvensis* im Detail von der Versuchsfläche F1 (21.08.02).



Abb. 35: Foto vom 09.08.02, *Bromus arvensis* neben einer herabhängenden Einkornähre.



Abb. 36: *Fallopia convolvulus* fruchtet hier in der Höhe von mittleren bis niedrigen Einkornähren (Bild vom 16.07.02)

Arten der Gattung *Poa* sind mit wenigen Ausnahmen (z. B. *Poa annua*) mehrjährig. Auch sie könnten dauerhaft auf einem neolithischen Getreideacker vorhanden gewesen bzw. regelmäßig durch Aussaat oder Selbstaussaat wieder neu ausgesät worden sein. Die ist sowohl bei Sommer- als auch bei Winteranbau möglich. Eine Aussaat erfolgte nicht, weil eine eindeutige Zuordnung vieler neolithischer Funde zu einer bestimmten Art unsicher ist.

Fallopia convolvulus (Syn.: *Polygonum convolvulus*) ist einjährig. Es stellte sich u. a. auf der Versuchsfläche F1 ohne direkte Einsaat ein. Die Samen des heute weit verbreiteten Unkrautes stammen höchstwahrscheinlich aus dem Boden der Fläche. Dies unterstützt die Aussage, dass sich die Pflanzen des Bromo-Lapsanetums neben der Einsaat über das Saatgetreide vermutlich auch über die Selbstaussaat als stabile Begleitflora in den neolithischen Äckern etablieren konnten. *Fallopia convolvulus* klimmt auf dem Einkorn-Acker an den Getreidehalmen empor und fruchtet auch in der Höhe von Getreideähren (s. Abb. 36 und 37), was eine Miternte möglich macht, wie experimentell belegt werden konnte. Heute wird es als typisches Unkraut der Sommerung eingestuft.

Persicaria maculosa (Syn.: *Polygonum persicaria*) entwickelte sich im Rekonstruktionsversuch nicht bis zu Fruchtreife. Dies wird kaum durch die relativ kurze Vegetationsperiode (Sommeranbau) bedingt gewesen sein. Die Art fruchtet normalerweise von Juli bis September.

Galium aparine und *Galium spurium* sind in Äckern meist sommerannuell, wodurch für das Neolithikum eine regelmäßige Aussaat mit dem Getreide bzw. eine Selbstaussaat anzunehmen ist. Sie werden jedoch oft (z. B. HANF 1990) als typische Unkrautart für den Winteranbau bezeichnet. Einige Autoren stufen sie ausdauernd ein, andere einjährig. Ein Vorkommen in Sommergetreiden wird ebenfalls nicht ausgeschlossen. Im Rekonstruktionsversuch konnte sich das eingesäte *Galium spurium* im Sommergetreide gut entwickeln, wie Abb. 38 zeigt. Die erreichten Wuchshöhen waren jedoch eher niedrig, so dass ein Miternten mit den Getreideähren kaum möglich war (s. Abb. 39). *Galium aparine* war auf der Rekonstruktionsfläche selbst nicht vorhanden, aber in umgebenden Einkornacker im Bioanbau, wo es durchaus klimmend bis in Ährenhöhe anzutreffen war. Ähnliches wie für *Galium spurium* und *G. aparine* gilt für die im Bromo-Lapsanetum vorkommenden Arten der Gattungen *Galeopsis* und *Vicia*. Alle diese Pflanzen können heute auch ohne das aktive Eingreifen des Menschen durch eigene Aussaat fortbestehen. Im Neolithikum kamen sie aber teilweise in der ursprünglichen Flora nicht vor. So sind z. B. *Vicia hirsuta* und *Galeopsis segetum* wahrscheinlich durch Speirochorie (Ausbreitung mit dem Saatgut von Nutzpflanzen) im Neolithikum nach Mitteleuropa gekommen (BONN & POSCHOLD 1998). Auf der Versuchsfläche F1 entwickelten sich diese Arten nicht sehr gut. *Vicia hirsuta* und *Galeopsis segetum* waren nur kurzzeitig vorhanden und in einer Vegetationsaufnahme anzutreffen. Ein Miternten der Samen auf der Rekonstruktionsfläche war deshalb im Experiment nicht möglich. Vermutlich wurden sie durch die starke Konkurrenz zurückgedrängt. Auf dem umgebenden Einkornacker im Bioanbau war *Vicia hirsuta* aber gelegentlich auch in Ährenhöhe fruchtend anzutreffen (s. Abb. 40). Das heute weit verbreitete Unkraut hatte sich dort spontan angesiedelt.



Abb. 37: *Fallopia convolvulus* erreicht die Höhe der höchsten Einkornähren (16.07.02).



Abb. 38: *Galium spurium* am 09.06.2002 in der Versuchsfläche F1.



Abb. 39: *Galium spurium* zeigt bereits am 21.06.02 Fruchtbildung, jedoch in geringer Höhe.



Abb. 40: 16.07.02 *Vicia hirsuta* blühend und fruchtend auf Höhe der Ähren im Einkornbestand des Biolandwirtes (spontane Ansiedlung). Ein Erfassen der Samen bei einer Ähren-ernte ist denkbar.

Vicia angustifolia, *Vicia hirsuta* und *Vicia tetrasperma* werden bei HANF (1990) als typische Arten der Winterung eingestuft. Arten der Gattungen *Fallopia* (*Polygonum*) und *Galeopsis* werden hingegen zu den typischen Vertretern von Unkräutern in Sommerungen gestellt. Auch bei diesen Arten ist eine eindeutige Aussage in bezug auf Sommer- oder Winteraussaat im Neolithikum nicht möglich.

Im Folgenden findet sich eine Übersichtstabelle, in der die Entwicklung der einzelnen eingesäten Unkrautarten auf den Versuchsflächen F1 und F2 zusammengefasst wird.

Folgende Beobachtungen sind dabei wichtig:

- tatsächliche Entwicklung der Arten bei Einsaat mit dem Getreide
- Stadium der Entwicklung zum Erntezeitpunkt des Getreides, Reifestadium der Früchte
- Höhe der Früchte in Bezug auf die Getreideähren

Tab. 20: Entwicklung der Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums im Rekonstruktionsversuch

gesäte Art	Auflaufen des Saatgutes	zum Erntezeitpunkt vorhanden	Fruchtreife zum Erntezeitpunkt	Früchte auf unterer Ährenhöhe	Früchte auf oberer Ährenhöhe
<i>Bromus arvensis</i>	ja	ja	ja	ja	nein
<i>Chenopodium album</i>	ja (u.U. spontane Entwickl.)	ja	ja	ja	ja
<i>Galeopsis segetum</i>	ja	nein	nein	nein	nein
<i>Galium aparine</i>	ja	ja	ja	ja	ja
<i>Galium spurium</i>	ja	ja	ja	nein	nein
<i>Lapsana communis</i>	nein	nein	nein	nein	nein
<i>Phleum pratense</i>	ja	ja	ja	ja	ja
<i>Persicaria maculosa</i>	ja	ja	ja	ja	nein
<i>Rumex crispus</i>	ja	ja	ja	ja	ja
<i>Vicia hirsuta</i> (außerhalb F1/F2)	ja	ja	ja	ja	ja
<i>Fallopia convolvulus</i> (spontan entw.)	nicht gesät	ja	ja	ja	ja
Anzahl gesamt	10 (9)	9	9	8	6

Die Tabelle 20 zeigt, dass fast alle eingesäten Unkräuter zunächst aufgelaufen sind und sich fast alle im Getreideacker bis zur Getreidereife behaupten konnte. Zum Erntezeitpunkt hatten 9 der 11 Arten reife Früchte ausgebildet. Davon waren 8 auf der Höhe von tiefer wachsenden Ähren und lediglich 6 Arten im Bereich der obersten Ährenhöhe fruchtend.

Alle auf Ährenhöhe fruchtende Arten könnten bei einer Ährenernte mit erfasst werden und ins Getreide gelangen.

5.4 Untersuchungen zum Einkornanbau und Ertrag

5.4.1 Entwicklung des Getreides auf der Rekonstruktionsfläche



Abb. 41: 09.06.02 Die Verunkrautung der Rekonstruktionsfläche stellt eine Konkurrenz für die Getreidepflanzen dar. Hier u.a. das eingesäte *Galium spurium* und spontan entwickelt *Taraxacum officinale* agg.

Die Einsaat erfolgte am 05. – 07. April 2002 (s. auch Kap. 4). Das Einkorn entwickelte sich nach einigen anfänglichen Problemen

durch das Wegfressen der Saat recht gut. Die Aussaatmenge wurde „nach Gefühl“ gewählt, wodurch nach der Keimung eine deutliche Variation in der Fläche entstand. Neolithische Bauern werden durch jahrelange Erfahrungen sicher mehr „Gefühl“ für derartige Arbeiten und die richtigen Mengenverhältnisse gehabt haben, als die an der Rekonstruktion beteiligten Wissenschaftler. Insgesamt wurde sehr dicht gesät, umgerechnet rd. 400 kg/ha. Anfang Juni, am 09.06.2002, zwei Monate nach Aussaat, betrug die Höhe des Einkorns auf der Rekonstruktionsfläche im Mittel etwa 20 - 30 cm. Dichte und Wuchshöhe auf der Fläche wiesen sichtbare Differenzen und einige kleine Fehlstellen auf. Dies ist durch Nachsaaten, Fraßschäden, ungleichmäßige Saatchichten und -tiefe zu erklären. Die Unkräuter waren eine Konkurrenz für die Getreidepflanzen. Der Acker machte einen relativ verunkrauteten Eindruck (s. Abb. 41 - 42). Pflegemaßnahmen wurden bis zu diesem Zeitpunkt nur auf der Versuchsfläche F1 durchgeführt.



Abb. 42: *Capsella bursa-pastoris* und verschiedene Gräser überragen bereits am 09.06.02 das Getreide



Abb. 43: Die filigranen hellgrünen Ähren des Einkorns.

Wenige Einkornpflanzen begannen Anfang Juni bereits mit dem Schieben der Ähren (Abb. 43). Typisch für Einkorn ist vor dem Ährenschieben eine Stagnation im Wuchs. Einige Unkrautarten hatten sich schneller als das Einkorn entwickelt (s. Abb. 46). Manche waren schon deutlich höher, z. B. *Rumex crispus*, der sich aus einer im Boden verbliebenen Wurzel ausbildete. Solche schnellwüchsigen Konkurrenten sind auch für neolithische Ackerflächen nicht auszuschließen. Einige Therophyten hatten sich entweder aus den absichtlich ausgesäten oder aus sonstigen auf der Fläche vorhandenen Samenkörnern ebenfalls schnell entwickelt und blühten oder fruchteten bereits.



Abb. 44: Getreideacker des Biolandwirtes (09.06.02), in den die Rekonstruktionsfläche eingebettet war (rotes Oval markiert die etwas heller erscheinende Rekonstruktionsfläche).

Auf Abb. 44 erkennt man im Hintergrund links oben als hellgrünen Bereich die 12 x 12 m große Rekonstruktionsfläche, die durch rote Umrandung hervorgehoben wird. Die Reihen der Rekonstruktionsfläche waren im rechten Winkel zu denen des gesamten übrigen Ackers im Bioanbau angeordnet. Im Vordergrund inklusive der Reihe mit dem Eisenstab und links davon war Einkorn, rechts Emmer in Biolandbau auf Dämmen im Abstand von 75 cm angebaut. Emmer entwickelte sich auf den Flächen schneller und war zu diesem Zeitpunkt schon deutlich höher als das Einkorn.

In den Bereichen zwischen den Dämmen im Biolandbau war Anfang Juni mechanisch Unkraut bekämpft worden. Auf den Fotos ist zu erkennen, dass aber auch in den Getreidebeständen auf den Dämmen Unkraut vorhanden war, das mit dem Unkrautstriegel nicht erfasst werden konnte. Das Einkorn auf dem Acker des Biolandwirtes, das am gleichen Tag eingesät worden war wie das auf der Rekonstruktionsfläche, war durchweg besser entwickelt. Gründe dafür dürften die Unterschiede in der Bodenbearbeitung bzw. der Anbau auf Dämmen sein. Der zu Staunässe neigende Boden war durch die Anhäufung der Dämme sicherlich trockener und lockerer.

Der Einkornbestand auf der Rekonstruktionsfläche entwickelte sich in den nachfolgenden Wochen gut. Bereits am 21.06.02 hatte er Ähren geschoben, wie man auf Abb. 45 erkennt. Jedoch geschah dies nicht so gleichmäßig, wie man es von konventionell angebautem, modernem Weizen gewohnt ist, sondern zunächst vereinzelt. Dies kann mit der schon oben beschriebenen inhomogenen Entwicklung des Bestandes zusammen hängen.



Abb. 45: Blick in den Einkornbestand auf der Rekonstruktionsfläche am 21.06.02. Die unterschiedlich weite Entwicklung und Höhe der Pflanzen werden hier deutlich.



Abb. 46: Das Einkorn auf der Rekonstruktionsfläche mit fast flächendeckendem Unkrautbesatz



Abb. 47: Anbau des Einkorns auf Dämmen durch den Biolandwirt (16.07.2002) mit typischen Arten des Bromo-Lapsanetums, hier spontan angesiedelt.

Bezüglich der Unkräuter zeigte sich das Einkorn auf der Rekonstruktionsfläche recht konkurrenzstark (siehe Abb. 46), auch wenn keine Pflegemaßnahmen durchgeführt wurden. Neben vielen therophytischen Un-

kräutern (s. Abb. 47) zeigte sich im Einkornbestand des Biolandwirtes die Luzerne, die vorher vier Jahre lang auf der Fläche angebaut worden war, als besonders störend und konkurrenzstark. Ihre tief reichenden Wurzeln waren auch durch die maschinelle Bodenbearbeitung nicht vollständig entfernt worden. Dies war auf der Rekonstruktionsfläche, so gut wie möglich, durch ein Ausgraben der Wurzeln in Handarbeit geschehen. Mitte Juli stand der Einkornacker in voller Blüte. Auffällig war die hellgrüne Farbe des gesamten Ackers, die für Einkorn typisch ist (s. Abb. 48). Die Höhe der Ähren zeigte starke Schwankungen, wie man auf Abb. 49 bis 50 erkennt. Anfang August hatte sich die Färbung des Einkorns von hellgrün nach grüngelb verschoben. Die Reifung setzte ein (s. Abb. 51). Direkt im Vordergrund der Abb. 51 befindet sich die Versuchsfläche F1. Trotz der Einsaat von Unkräutern ist der Einkornbestand gut und dicht ausgebildet. Nur wenige Unkräuter sind in diesem dichten Bestand Anfang August bis in die Höhe der Einkornähren gewachsen.



Abb. 48: Übersicht über die Rekonstruktionsfläche am 16.07.2002. Das Getreide zeigte eine gute Entwicklung trotz Verunkrautung und neigte nicht zur Lagerung. Die Höhe der Ähren war sehr uneinheitlich.



Abb. 49: Blick in die Rekonstruktionsfläche vom Standort der Kamera aus am 09.08 2002.



Abb. 50: Unterschiedliche Reifestadien und Wuchshöhen des Einkorns.



Abb. 51: Aufnahme vom 29.08.02: Zwischen dem reifen Einkorn auf der Rekonstruktionsfläche haben sich am Boden die Unkräuter flächendeckend ausgebreitet.



Abb. 52: Am 09.08.02 ist deutlich zu erkennen, dass das Reifestadium des Emmerbestandes (rechts) weiter fortgeschritten war als beim Einkorn.



Abb. 53: Aufnahme vom 21.08.02. Links des Fluchtstabes liegt die Rekonstruktionsfläche. Der Emmer wurde bereits geerntet.



Abb. 54: Am Einkorn waren teilweise leichte, dunkle Verfärbungen festzustellen.



Abb. 55: Pilzbefall an einer Einkornähre, deutlich durch die orange-graue Verfärbung.

Unterschiedliche Wuchshöhen der Ähren blieben auch mit zunehmender Reife erhalten (s. Abb. 50). Eine Angleichung erfolgte nicht. Dies lässt sich durch das zeitliche versetzte Ährenschieben des Einkornbestandes erklären. Es sind verschiedenen Reifestadien nebeneinander zu beobachten.

Die Abbildung 52 zeigt den Emmerbestand, der in seiner Reife schon deutlich weiter fortgeschritten ist als der Einkornbestand. Es sind noch vereinzelt weniger reife, grüne Ähren zu erkennen, die auch noch aufrecht stehen. Auch beim Emmer ist somit eine leichte Varianz im Reifezeitpunkt erkennbar. Der Emmer konnte rd. 3 Wochen früher als das Einkorns geerntet werden. Die Reifung war unter heutigen Klimabedingungen zumindest in den verwendeten Sorten nicht gleichzeitig, (s. Abb. 52 und 53). Das haben auch Anbauversuche im Archäologischen Freilichtmuseum Oerlinghausen über mehrere Jahre gezeigt. Emmer und Einkorn treten, wie bereits oben erwähnt, in neolithischen

Fundsituationen häufig gemeinsam als Gemisch auf, wodurch ein Mischanbau der beiden Getreidearten von einigen Wissenschaftlern angenommen wird. Ein zunächst überdachter gemeinsamer Mischanbau von Einkorn und Emmer für diesen Rekonstruktionsversuch hätte wie vermutet zu Problemen mit dem Erntezeitpunkt geführt. Die Entscheidung erwies sich als richtig, keinen gemeinsamen Anbau für die Rekonstruktion durchzuführen. Es kann durch diesen Versuch jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass im Neolithikum ein gemeinsamer Anbau von Einkorn und Emmer üblich war. Innerhalb einer Getreideart kann es bei verschiedenen Sorten durchaus starke Schwankungen in der Dauer der Reifung geben. Somit ist es nicht auszuschließen, dass die neolithischen Bauern Sorten benutzten, bei denen der Reifezeitpunkt soweit identisch war, dass sich bei der Ernte keine Probleme hierdurch ergaben. Auch bei einem Anbau als Wintergetreide kann sich der Erntezeitpunkt verschieben.

Bei der Betrachtung der Abb. 53 sind keine deutlichen Unterschiede im Wuchs des Einkorns im Biolandanbau bzw. nach neolithischem Vorbild (am Fluchtsstab) erkennbar, Höhe und Dichte sind ähnlich. Der Emmer war zu diesem Zeitpunkt bereits abgeerntet. Rechts im Bild erkennt man zwischen den stehen gebliebenen Stoppeln des Emmerfeldes eine starke Verunkrautung am Boden. Diese ist mit der Verunkrautung im Einkornbestand im Bioanbau vergleichbar.

Das Einkorn erreichte die Vollreife am 29.08.2002.

Nur wenige Unkräuter stiegen tatsächlich bis in die Höhe der Ähren auf. Ein Miternten von großen Samenmengen der Unkräuter des Bromo-Lapsanetums bei der Ernte der Ähren konnte nicht bestätigt werden. Gelegentlich war ein Miternten der Unkrautsamen aber möglich (s. Kap. 5.3.3). Es kommt darauf an, wie tief unterhalb der Ähren der Halm geschnitten oder abgeknickt wird. Dabei ist die große Differenz in den Wuchshöhen der Ähren vielleicht ausschlaggebend. Der Schnitt musste recht tief erfolgen, um alle Ähren ernten zu können. Auch Samen der Unkräuter in mittlere Höhe konnten dabei gelegentlich mit erfasst werden. Es ist außerdem nicht auszuschließen, dass sich die Wuchsverhältnisse zwischen Unkraut und Getreide unter tatsächlichen neolithischen Bedingungen, bei anderem Boden oder im Winteranbau noch anders verhalten haben.

Die Klimabedingungen im Sommer 2002 waren für den Getreideanbau allgemein ungünstig. Die Niederschläge lagen im Jahr 2002 besonders in den Monaten Juni, Juli und August in der Region deutlich über dem langjährigen Mittelwert. Starke Bodenvernässung und wenig Sonnenschein waren für die schwierigen Ernteverhältnisse 2002 verantwortlich. Getreide wurde im Allgemeinen nicht trocken, reifte schlecht ab und zeigte sehr starke Verpilzungen. Späte Ernten und ein häufiges Auskeimen auf dem Halm bei konventionellem Weizenanbau waren die Folge. Starkregenereignisse und Hagel führten im Jahr 2002 großflächig zu Lagerung, also zu niederliegendem Getreide, was die Ernte erschwerte oder teilweise unmöglich machte. Der Weizen in der konventionellen Landwirtschaft wurde meist zu feucht geerntet und bedurfte zusätzlicher Trocknung.

Der Einkornacker (und auch der benachbarte Emmerbestand) hatte wenig Probleme mit dieser ungünstigen Witterung. Verpilzung trat kaum auf. Lediglich vereinzelt zeigte das ansonsten sehr robuste Einkorn Pilzbefall. In Abb. 54 deuten dunkle Stellen auf Schwärzepilze hin, die orange-graue Färbung (Abb. 55) lässt einen Befall mit *Fusarium* vermu-

ten. Jedoch war dies im Versuchsjahr auf konventionellen Weizenäckern trotz Fungizid-behandlungen deutlich stärker ausgeprägt.



Abb. 56: Frau Dr. Rüschoff-Thale erklärt den bei der Ernte anwesenden Journalisten die Erntesichel.

Obwohl Einkorn laut Literatur zur Lagerung neigt, stand der Einkornbestand recht gut, auch nach stärkeren Sturm- und Regenereignissen. Die Ernte wurde aber aufgrund der hohen Feuchtigkeit erst recht spät durchgeführt. Erntetermin war der 02. September 2002. Die Witte-

rung war schon einige Tage zuvor günstig, es war nach einer langen Regenperiode für einige Tage warm und trocken. Das Einkorngetreide bedurfte daher keiner zusätzlichen Trocknung. Auch der umliegende Einkornacker des Biolandwirtes wurde am gleichen Tag maschinell geerntet.



Abb. 57: Handhabung der Sichel bei der Getreideernte.

Die Ernte wurde unter Beteiligung der Öffentlichkeit durchgeführt (Abb. 56). Kinder verschiedener Altersstufen beteiligten sich an der Ernte (s. Abb. 57) und konnten produktiv mithelfen. Es wurden verschiedene Erntemethoden erprobt und dazu Zeitmessungen durchgeführt (s. Kap. 5.4.2). Zwei verwendete Erntesicheln waren nach neolithischem Vorbild von einem Mitarbeiter des Westfälischen Landesmuseums nachgebaut worden. Die Schneide bestand aus scharfen Flintsteinklingen, die mit Birkenpech in eine Holzsichel eingearbeitet worden sind.

5.4.2 Zeitaufwand bei der Feldbestellung und Ernte

Bei der Durchführung von Feldbestellung und Ernte nach neolithischem Vorbild wurde bei der archäologischen Rekonstruktion des Einkornackers der Zeitaufwand für verschiedene Tätigkeiten erfasst und auf einen Hektar Fläche hochgerechnet.

Die Ergebnisse der Zeitmessungen können aus verschiedenen Gründen nur grobe Anhaltspunkte für die tatsächlichen Gegebenheiten im Neolithikum darstellen. Genauere Beschreibungen der Methoden und Berechnungen sind bei LINNEMANN (2009) dargestellt.

5.4.2.1 Ergebnisse der Zeitmessungen bei der Feldbestellung

Die Feldbestellung und Einsaat dauerte auf der 144 m² großen Rekonstruktionsfläche drei Tage. Während dieser drei Tage waren mindestens zwei, höchstens 6 Personen in die Arbeit eingebunden. Bei den mitwirkenden Personen handelte es sich um zwei Männer, zwei Kinder im Alter vom 5 und 9 Jahren und zwei Frauen. Insgesamt wurden für die 144 m² 47 Arbeitsstunden benötigt (Männer 9 h, Kinder 4 h, Frauen 34 h).

Für 1 ha benötigte man umgerechnet 3.264 Arbeitsstunden, dies entspricht für eine Arbeitskraft bei einem 9h-Arbeitstag rund einem Jahr tägliche Arbeit (ohne freie Tage)!

In dieser Zeit wurde der Boden von Hand (mit Metallgeräten) gelockert und von Unkraut fast vollständig befreit. Auch auf einem neolithischen Acker ist davon auszugehen, dass durch tief wurzelnde, schwierig zu entfernende Unkräuter und u. U. Gehölzwurzeln die Vorbereitung des Saatbeetes ebenfalls viel Zeit in Anspruch genommen hat. Wie intensiv die Bodenbearbeitung damals tatsächlich war, ist nicht eindeutig zu sagen.

Die Einsaat erfolgte in Reihen, wobei in diesem Rekonstruktionsversuch aus verschiedenen Gründen der Reihenabstand genau vermessen wurde, was eine gewisse Zeit in Anspruch nahm. Durch die kleine Versuchsfläche mussten Unkraut und Saatgut nicht weit transportiert werden, was zu Zeitersparnis führte.

Als Vergleich kann man den Zeitaufwand zur Bestellung von 20 Feldern mit insgesamt 180 m² bei einem Versuch von 1979/1980 im Hambacher Forst heranziehen (LÜNING & MEURERS-BALKE 1980). Auch hier wurde neolithischer Ackerbau rekonstruiert, allerdings mit einer anderen Zielsetzung, anderen Voraussetzungen, anderen Getreidearten, anderem Boden usw., wodurch die Vergleichbarkeit nur ansatzweise gegeben ist. Vier Personen benötigten 2 Tage, was in etwa 3.555 Arbeitsstunden für einen Hektar Fläche entspräche (im Jahr 1979) und noch über dem hier benötigten Zeitaufwand liegt. Im Jahr 1980 brauchten 6 Personen einen Tag für 90 m², was mit 5.333 Arbeitsstunden pro ha nochmals deutlich über dem Zeitbedarf des Vorjahres sowie des hier beschriebenen Versuches lag.

EHRMANN et al. (2009) nennen umgerechnet auf 1ha für die Bodenbearbeitung bei Versuchen zum neolithischen Ackerbau im Nachbau ohne Feuereinsatz einen Zeitbedarf von 230 Tagen mit Holzhacken und 90 Tagen mit Eisenhacken. Dieser Zeitbedarf ist deutlich geringer als im vorliegenden Versuch. Allerdings ist hier die reine Bodenbearbeitung ohne Einsaat gemessen worden.

JAKOMET et al. (1998) rechnen für die Feldbestellung mit einem Zeitaufwand von 15 Minuten pro m², somit bräuchte man nach dieser Berechnung für 1ha 2.500 Arbeitsstunden, was ebenfalls sehr hoch erscheint.

Wie bereits in Kapitel 1.2 erwähnt, geht LÜNING (2005) davon aus, dass eine Familie mit 5-7 Personen im Neolithikum etwa eine jährliche Getreideanbaufläche von 1,8 ha benötigen. Die würde bei einer angenommenen Größe von 100 Personen einer steinzeitlichen Siedlung etwa 30 ha Anbaufläche entsprechen.

Legt man den im vorliegenden Experiment ermittelten Zeitaufwand zugrunde, würde eine Familie mit durchschnittlich 6 Personen für 1,8 ha einen Zeitaufwand für die Feldbestellung und Einsaat von 98 Arbeitstagen haben. Dies erscheint viel zu hoch. Es ist kaum praktisch realisierbar, so lange für die Feldbestellung zu benötigen. Die Einsaat muss in einem relativ kurzen Zeitfenster erfolgen, um optimale Erträge zu erwirtschaften. Eine vorbereitende Bodenbearbeitung ist bei Sommeranbau schon im zeitigen Frühjahr möglich, teilweise auch schon im Herbst oder in mildem Winter, wodurch ein Teil der Arbeit auf das weniger arbeitsintensive Winterhalbjahr verlegt werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass der im Experiment gemessene Zeitaufwand viel zu hoch ist. Dies lässt sich durch folgendes erklären.

Durch die kleine Fläche waren einige Arbeitsvorgänge weniger rationell als auf einer großen Fläche. Die durchführenden Menschen im Experiment waren an derartige Arbeiten nicht gewöhnt und hatten keine Übung darin. Da der Ackerbau für die Menschen im Neolithikum Lebensgrundlage war, waren sie durch jahrelange Erfahrung und Übung wesentlich effektiver. Außerdem kann davon ausgegangen werden, dass man sich die Kraft von Haustieren zu nutze machte und Ochsen vor den Pflug spannte. TEGTMEIER (1993) geht von einer Tagespflugleistung von 1.000 m² aus, was bei 1,8 ha Fläche 18 Arbeitstagen entsprechen würde, die durchaus realistisch erscheinen.

Der zu bearbeitende Lössboden der neolithischen Bauern war leichter und damit schneller zu bearbeiten als der Boden der Rekonstruktionsfläche. Über die Intensität der Unkrautentfernung und einen Einsatz von Feuer gibt es noch keine genauen Erkenntnisse. Außerdem fielen einige bereits oben beschriebene zusätzliche Arbeiten an, die für das Neolithikum in dieser Form nicht anzunehmen sind, z. B. das genaue Ausmessen der Reihenabstände. Alles in allem scheint die gemessene Zeit für die Feldbestellung nicht repräsentativ für das Neolithikum und sicherlich viel zu hoch.

5.4.2.2 Zeitmessungen bei der Ernte



Abb. 58: Feuersteinsichel.

Bei der Ernte wurden zwei verschiedene Methoden in Handarbeit erprobt und verglichen, das Ährenpflücken und die Ernte mit der rekonstruierten Feuersteinsichel. Es wurden Zeitmessungen in Teilbereichen durchgeführt und hochgerechnet. Es handelt sich also bei den folgenden Messungen um isoliert betrachtete Tätigkeiten und nicht um einen so komplexen Arbeitsvorgang wie bei Feldbestellung und Einsaat.

Ernte mit der Feuersteinsichel

Für die Ernte mit der Feuersteinsichel (Abb. 58) wurde drei parallele Versuche von zwei Männern durchgeführt (Abb. 59). Die beiden Versuchspersonen hatten sich vor der

Zeitmessung kurz mit er Handhabung der Sichel vertraut gemacht, aber sicherlich wesentlich weniger Übung als ein neolithischer Bauer. Sie schnitten das Getreide unterhalb der Ähren vom Stroh ab und sammelten die Ähren auf einem Haufen in direkter Nähe zur beernteten Reihe.



Abb. 59: Ernteversuche mit der Feuersteinsichel.

Es ergab sich ein Mittelwert von ca. 425 h/ha für 1 Person.

Der Arbeitsaufwand für eine 6-köpfige Familie läge für die Ernte von 1,8 ha benötigter Fläche bei 128 h

Bei einem Arbeitspensum von 10 h täglich entspräche dies etwa 13 Tagen Erntearbeit für die ganze Familie, um das gesamte benötigte Getreide für ein Jahr einzubringen. Die Größenordnung des gemessenen Zeitaufwandes scheint durchaus möglich zu sein. Es kann jedoch auch bei diesen Werten davon ausgegangen werden, dass die neolithischen Bauern durch jahrelange Übung noch effektiver und schneller arbeiten konnten und deshalb wohl auch noch einen kürzeren Zeitraum für die Ernte benötigt haben werden.

LÜNING (2000) berichtet von Versuchen aus Prag, bei dem ein Schnitter mit ein bis zwei Helfern (Bergen und Wegtragen des Getreides) für die Ernte von 1 ha Getreide 14-17 Tage benötigte.

EHRMANN et al. (2009) geben zu den durchgeführten Versuchen zum jungneolithischen Wald-Feldbau für 400 kg Getreide einen Zeitaufwand von rd. 11 Arbeitstagen zur Ernte mit einer Sichel an. Das würde umgerechnet bei 40 dt/ha Ertrag im dort durchgeführten Versuch etwa 110 Arbeitstagen pro ha entsprechen. Da die Ertragsmenge deutlich höher liegt als im hier durchgeführten Rekonstruktionsversuch, ist der Zeitaufwand kaum vergleichbar. Versuche bei EHRMANN et al. (2009) zur Ernte mit dem Messer und von Hand zeigten bei letzterem noch deutlich längere Arbeitszeiten.

Ernte durch Pflücken der Ähren

Das Pflücken der Ähren war einfacher, aber nicht schneller durchzuführen als die Ernte mit der Feuersteinsichel. Nachteil war, dass man häufig mit dem Stroh die Wurzeln mit ausriss. Das Stroh des Einkorns ist bekannt für seine Elastizität und Zähigkeit, es eignet sich gut zum Flechten und Anbinden. Deshalb lässt es sich auch nur schwierig abknicken und durchreißen. Die Wurzeln mit dem daran haftenden Boden verursachten eine Verunreinigung des Erntegutes. Dadurch könnte die Haltbarkeit beeinträchtigt werden und es wäre vor dem Verzehr eine Reinigung notwendig. Jedoch ist eine vollständige Beseitigung der Erde aus den Körnern und Ähren wahrscheinlich schwierig und arbeitsaufwändig.

Der Zeitaufwand des Pflückens wurde durch eine Person (Mann) ermittelt. Die Ähren wurden durch die Versuchsperson abgepflückt und in einen bereitstehenden Korb gelegt. Hochgerechnet ergaben sich 486 h/ha für 1 Person. Somit liegt die Hochrechnung etwas über dem Zeitaufwand für das Ernten mit der Feuersteinsichel.

Die Methode (ohne Zeitmessung) wurde auch von weiteren Versuchspersonen ausprobiert. In dem noch sehr nassen Boden hatten die Wurzeln zu wenig Halt. Ein Lösen der Ähre ohne ein leichtes Reißen am Halm nur durch Abkicken war nicht immer möglich. Dies funktionierte auch dann nicht zuverlässig, wenn die Bruchstelle oberhalb des letzten Ährchens lag, so dass die Ährenspindel und nicht der Halm geteilt werden musste. Wahrscheinlich war durch die lange, feuchte Witterung und die hohe Feuchtigkeit im Boden die Einkornspflanze nicht trocken und damit nicht spröde genug für diese Erntemethode. Außerdem zeigten die Ähren deutlich unterschiedliche Wuchshöhen, wodurch ein Abknicken an der „Sollbruchstelle“ für viele Ähren gleichzeitig schwierig wurde.

Für andere Bodenverhältnisse und andere Feuchtverhältnisse ist eine effektive Ährenernste aber nicht auszuschließen. Vielleicht hatten neolithische Einkornsorten eine deutlichere Sollbruchstelle unterhalb der Ähren, wie KNÖRZER (1997) sie nennt, oder oberhalb des ersten Ährchens (Müller mündlich 2007). KNÖRZER (1971) berichtet von Ernteversuchen an Einkorn und Emmer, bei denen ein Abknicken unterhalb der reifen Ähren leicht und ohne Kornverlust möglich war. Auch LÜNING (2005) beschreibt den Einsatz von Erntesichel als zeitaufwändiger und schwieriger als ein „Abknipsen“ der Halme bei einem Versuchsfeld mit Einkorn und Emmer. Es ist möglich, dass im vorliegenden Rekonstruktionsversuch die Reife noch nicht weit genug fortgeschritten war oder eine Sorte verwendet wurde, die sich vielleicht durch ihre Zähigkeit des Strohs auszeichnet. MÜLLER (2007 mündlich) berichtet aus einer mehrjährigen Erfahrung mit verschiedenen Einkornsorten davon, dass das Stroh immer sehr elastisch ist, aber ein Abknipsen der Ähren bei ausreichender Reife mit der Hand fast immer gut möglich ist, wenn man das erste Ährchen am Halm belässt.

Bei den von EHRMANN et al. (2009) beschriebenen Versuchen zum jungneolithischen Wald-Feldbau zeigte sich, dass die Sichelernste deutlich effektiver war als die Ernte von Hand. Allerdings wird nicht dargestellt, um welche Getreide es sich beim Versuch handelte. Neben Einkorn wurden dort auch Emmer, Weizen und Gerste in verschiedenen Versuchen angebaut.

Für das Neolithikum ist es denkbar, dass beide Methoden, das Schneiden mit der Feuersteinsichel und das Pflücken, parallel durchgeführt wurden. Der Aufwand, eine Erntesichel herzustellen, ist nicht unerheblich. Vorstellbar wäre es, dass nicht für jede helfende Person jederzeit eine scharfe Sichel zu Verfügung stand.

5.4.3 Ertrag des Einkorns

5.4.3.1 Ährenlänge

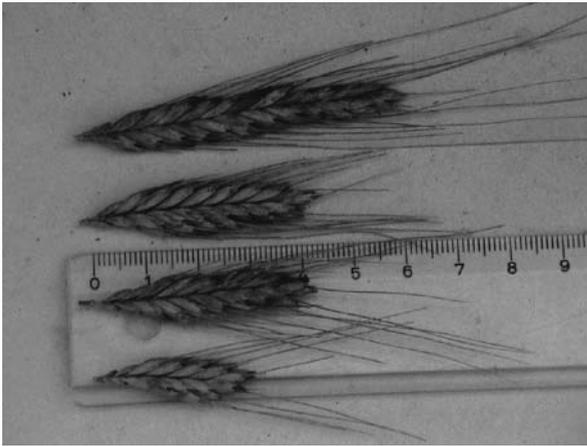


Abb. 60: Variation in der Länge der Einkornähren.

Nicht nur die Höhe der Einkornähren, auch die Größe der einzelnen Ähren des angebauten Einkorns variierte stark. Zur Ermittlung eines mittleren Gewichts und einer mittleren Größe wurden 200 zufällig ausgewählte Ähren vom neolithischen Rekonstruktionsacker gemessen und gewogen.

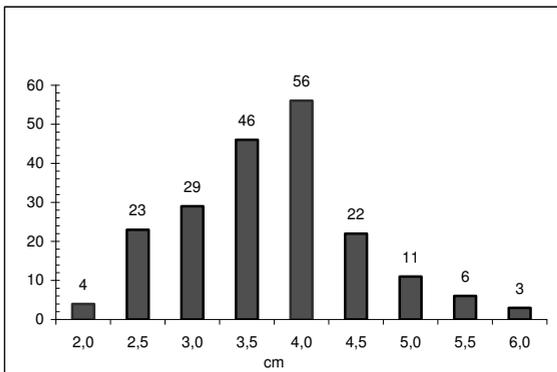


Abb. 61: Größenverteilung bei 200 Einkorn-Ähren.

Gemessen wurde dabei die Länge vom Ährenansatz am Halm bis zum Ansatz der Grannen. Die Größenvarianz zeigt Abb. 60. Die gemessenen Werte ergeben sich aus der Abb. 61.

5.4.3.2 Ährengewicht, Korngewicht im Spelz, Tausendkorngewicht

Die Methoden zur Ermittlung eines durchschnittlichen Ährengewichtes und Tausendkorngewicht (TKG) aus Tabelle 21 sind bei LINNEMANN (2009) dargestellt.

Tab. 21: Vergleich von Ährengewicht, TKG und mittlerer Kornzahl pro Ähre

	mittl. Ähre Gewicht	TKG im Spelz	TKG ohne Spelz	mittl. Kornzahl pro Ähre
Rekonstruktionsfläche	0,45 g	37,2 g	25,3 g	12,2
Biolandanbau	0,57 g	37,2 g	25,3 g	15,8
Saatgut	-	50,0 g	39,5 g	-

JAKOMET et al. (1989) geben für Einkorn nach verschiedenen Quellen ein TKG von 50 g (ohne Spelz) im Winteranbau und 41 g im Sommeranbau an. Es ist relativ wahrscheinlich, dass das Saatgut aus dem Winteranbau stammt, wodurch neben anderen Ursachen vielleicht ein höheres TKG zustande kommen könnte als im Sommeranbau auf der Versuchsfläche

Zum Vergleich: das heutige durchschnittliche TKG von modernem Saatweizen liegt bei rd. 49 g. Noch vor etwa 50 Jahren lag es bei ca. 34 bis 39 g. Dabei hat eine moderne Weizenähre heute ca. 40 bis 50 Körner, während es vor 50 Jahren etwa 30 Körner pro Ähre waren. Ertragssteigerungen von damals 20 bis 30 dt/ha auf heute teilweise über 100dt/ha wurden erzielt. Dies wurde durch neue, ertragreiche Sorte, intelligente Düngestrategien und moderne Pflanzenschutzmaßnahmen erreicht. Außerdem wurden die gebräuchlichen Reihenabstände von 20 cm auf 12 cm reduziert, da eine mechanische Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen durch Herbizideinsatz in der konventionellen Landwirtschaft überflüssig wurde (INDUSTRIEVERBAND AGRAR 2007).

5.4.3.3 Anzahl der Ähren pro Meter / Hochrechnung auf Ertrag pro Hektar

Einkorn ist für seine starke Bestockung bekannt. Aus einem Samenkorn können sich besonders bei Anbau als Winterfrucht eine große Anzahl Halme entwickeln (15 bis 20 Stück nach KÖRBER-GROHNE 1994). Im vorliegenden Rekonstruktionsversuch wurde Einkorn als Sommergetreide angebaut. Zur Ermittlung des Ertrages wurde in einige Reihen im Biolandanbau und auf der Rekonstruktionsfläche die Anzahl der Ähren pro laufenden Meter in der Reihe ausgezählt. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle 22 wiedergegeben:

Tab. 22: Ergebnisse der Ährenauszählung zur Ertragsermittlung

Anzahl Ähren ausgezählt	auf Meter (Reihenlänge)	Anbauart	Anzahl Ähren umgerechnet auf m Reihe	Anzahl Ähren umgerechnet auf ha
77	0,5	neolith. Acker	154	6.160.000
79	0,5	neolith. Acker	158	6.320.000
97	0,5	neolith. Acker	194	7.760.000
1443	10	neolith. Acker	144	5.760.000
	Mittelwert	neolith. Acker	163	6.520.000
114	0,5	Biolandanbau	228	3.032.400
86	0,5	Biolandanbau	172	2.287.600
139	0,5	Biolandanbau	278	3.697.400
	Mittelwert	Biolandanbau	226	3.005.800

Mit Hilfe des oben ermittelten, durchschnittlichen Gewichtes einer Ähre kann man ungefähr auf den Ertrag der beiden Anbaumethoden schließen. Es ergibt sich folgende Berechnung:

Neolithischer Acker, durchschnittliche Werte:

6.520.000 Ähren/ha x 0,3096g/Ähre = ca. **20 dt/ha** Ertrag (Korn entspelzt)
(mit Spelz ca. 29 dt/ha)

Biolandanbau

3.005.800 Ähren/ha x 0,3988g/Ähre = ca. **12 dt/ha** Ertrag (Korn entspelzt)
(mit Spelz ca. 18 dt/ha)

Zu beachten ist hierbei, dass der Anbau auf Dämmen mit einem Abstand von 75 cm stattgefunden hat, was den deutlich geringeren Ertrag pro ha erklären könnte. Auf dem Neolithischen Acker war der Reihenabstand mit 25 cm deutlich geringer. Außerdem war die Saatmenge mit 120 kg/ha auf dem Biolandacker deutlich geringer als auf dem Neolithischen Acker mit ca. 400 kg/ha.

Die Hochrechnung für den Biolandanbau entspricht den tatsächlichen Ernterträgen des Landwirtes J. Deventer. Nach seinen Angaben erzielte er auf der Gesamtfläche einen durchschnittlichen Ertrag von 18 dt/ha (mit Spelz). Da die experimentell ermittelten Erträge nach Hochrechnung so genau mit den tatsächlich ermittelten übereinstimmen, ist auch die Hochrechnung für den neolithischen Acker als repräsentativ einzustufen.

5.4.4 Vergleich des Einkorn-Ertrages mit Literaturangaben

Zum Vergleich mit den Ernteergebnissen aus dem Rekonstruktionsversuch bzw. aus dem Biolandanbau auf Dämmen dienen Untersuchungen zu Einkornserträgen von Müller aus den Anbaujahren 1998/1999 (MÜLLER 2001) und 2005/2006 (MÜLLER 2007). Bei MÜLLER (2001) wurden 29 verschiedene Einkornsorten als Winterung auf 5 m² großen Versuchspartzellen nach modernen Methoden angebaut und mit Winterweizen, Winterdinkel und Winteremmer verglichen.

Es handelte sich bei der Anbaufläche der Versuche von MÜLLER (2001) um eine ökologisch bewirtschaftete Fläche auf sandigem Boden im östlichen Niedersachsen. Ausgesät wurden 350 Körner/m². Ausgewertet wurden für die Sorten u. a. der Korn- und Strohertrag, die Wuchshöhe, das Tausendkorngewicht, Halme/m², Körner/Ähre, prozentualer Spelzanteil sowie verschiedene Inhaltsstoffe.

Die im Rekonstruktionsversuch verwendete Sorte „Albini“ war bei den Untersuchungen von MÜLLER (2001) nicht vertreten. Die Sorte „Haller“, als die das Saatgut beim Erwerb fälschlicherweise bezeichnet wurde, war bei den Testungen dabei und ist vermutlich ebenso wie das genutzte Saatgut tatsächlich „Albini“ (MÜLLER mündlich 2008). Eine Einkornsorte (Selektion Agrippa) ist unbespelzt und wird deshalb nicht in den weiteren Vergleich mit einbezogen.

In Tabelle 23 werden die Erträge der Sorte „Haller“ und „Albini“, die Mittelwerte aus den 28 Sorten und die Minimal- und Maximalwerte (nach MÜLLER 2001, 2007) zu den jeweiligen Untersuchungsparametern wiedergegeben. Deutlich wird, dass sowohl des TKG als auch der Ertrag des rekonstruierten Ackers als hoch einzustufen sind.

In den Anbauversuchen mit Einkorn aus den Jahre 2005/2006 (nach MÜLLER 2007) wurden 60 Muster von Einkorn auf verschiedenen, ökologisch bewirtschafteten Standorten auf Ertrag, Winterhärte, Standfestigkeit, Bodenbedeckung, Wuchshöhe sowie Reifezeitpunkt untersucht. Um Hinweise zu Eignung für Back- und Teigwaren zu erhalten, wurde in der Getreidezüchtungsforschung Darzau Proben der 60 Muster u.a. auf Spelzengehalt, Kornmasse, Soft Weath Gluten Index (zur Schätzung der Klebviskosität) und Gelbpigmentanteil sowie auf Teigwareneignung und Backfähigkeit untersucht. Auch für die Menschen im Neolithikum dürfte die Backfähigkeit von Getreide schon Bedeutung gehabt haben, da neben Fladenbrot und Brei auch das Backen von Brot und Kleingebäck nachgewiesen ist (LÜNING 2000, DÖRING 2007).

Der Anbau der 60 verschiedenen Sorten erfolgte im Jahr 2006 an vier verschiedenen Standorten, die sich in Klima, Höhenlage, Boden usw. deutlich unterschieden.

Tab. 23: Erträge aus dem Rekonstruktionsversuch und dem Biolandbau 2002 im Vergleich zum Ertrag verschiedener Einkornsorten (nach MÜLLER 2001, 2007)

Sorte	dt/ha Korn (ohne Spelz)	dt/ha Stroh	Halme/m ²	Körner/Ähre	TKG (mit Spelz)	% Spelz
Albini 2002 neol. Rekonstr.	20	n.b.	652	12,2	37,2	31,9
Albini 2002 Biolandbau	12	n.b.	301	15,8	37,2	31,9
Haller (Albini?) (MÜLLER 2001)	18,9	38,9	496	12,9	30,2	37,6
Albini (MÜLLER 2007)	4-40 (Vesenertrag)	-	-	-	32,8 (ohne Spelz)	28,6
Mittelwert aus 28 Sorten	17,1	32,8	481	13,4	26,8	39,5
Minimalwert aus 28 Sorten	12,0	22,9	388	9,5	22,2	34,9
Maximalwert aus 28 Sorten	21,0	38,9	639	17,6	33,8	50,1

Im Jahr 2005 wurde nur an einem Standort (Darzau, Niedersachsen) ein Anbauversuch durchgeführt. Die weiteren Standorte waren Kleinhohenheim (bei Stuttgart), Reinschhof (bei Göttingen) und Rimpersweiler (Bodensee). Weitere Details zu Boden, Höhenlage, Klima, Witterungsbedingungen in dem entsprechenden Anbaujahr usw. sind MÜLLER (2007) zu entnehmen. Festzuhalten ist, dass die verschiedenen Einkornmuster je nach Standort, Witterung, Boden, Vorfrucht usw. sehr uneinheitliche Ertragshöhen lieferten. Dies soll die folgende Tabelle 24 verdeutlichen.

Tab. 24: Einkornertrag (in Vesen) aus verschiedenen Erntejahren und Anbaugesenden (aus MÜLLER 2007, verändert)

Anbaugesend	Jahr	Durchschnittsertrag dt/ha	Spannbreite dt/ha
Darzau	2005	19,7	12,0 – 27,5
Darzau	2006	4,9	1,7 – 8,2
Reinschhof	2006	41,0	35,3 – 47,3
Kleinhohenheim	2006	27,8	20,3 – 32,8
Rimpersweiler	2006	26,8	16,2 – 33,0

Die Ertragsspanne reicht von 1,7 dt/ha bis zu 47,3 dt/ha. Ob diese große Spanne an den Versuchsbedingungen liegt oder der Ertrag von Einkorn als Folge unterschiedlicher Parameter (Boden, Witterung, Saatgut usw.) wirklich solchen Schwankungen unterliegt, bleibt offen. Einkorn könnte auf weniger gute Anbaubedingungen mit deutlich kleineren Körnern reagieren, wie sich aus dem Vergleich des TKG des Saatgutes und des geernteten Einkorns im Rekonstruktionsversuch ableiten ließe. Allerdings ist nicht nachvollziehbar, ob das Saatgut aus Sommer- oder Winteranbau stammt, was wiederum auch Einfluss auf das TKG haben kann. Solche Unklarheiten machen es schwierig, einen

Durchschnittsertrag zu benennen, der repräsentative Aussagekraft hätte. Ob auch die Erträge im Neolithikum starke Schwankungen aufwiesen, ist nicht zu beantworten. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Bauern im Neolithikum über sehr viel Erfahrung und Wissen zum Anbau ihrer Nahrungsgrundlage, dem Getreide, verfügten, das deshalb wahrscheinlich recht zuverlässigere Erträge lieferte. Außerdem waren durch Selektion im Neolithikum leistungsfähige, zuverlässige und an den Standort angepasste Sorten entstanden.

LÜNING (2000) berichtet von Ertragsberechnungen bei Emmer im Daueranbau auf schlechtem Boden mit durchschnittlich 1.650 kg Korngewicht pro ha.

JAKOMET et al. (1989) nennt nach unterschiedlichen Quellen Ertragshöhen für Einkorn aus dem 19. Jh. von 645 kg/ha (Sommerfrucht) und 835 kg/ha (Winterfrucht) sowie einen heutigen Ertrag von 1200-1800 kg. Es ist nicht erkenntlich, ob die Erträge mit oder ohne Spelz berechnet sind und ob die heutigen Erträge sich auf Sommer- oder Winteranbau beziehen.

Bei experimentellen Rekonstruktionen zum jungneolithischen Waldfeldbau 1999 - 2008 (EHRMANN et al. 2009) zeigten sich je nach Bearbeitungsmethode, Bodenqualität und Getreideauswahl starke Schwankungen in den Erträgen. Sommereinkorn zeigte die schlechtesten Erträge aller angebauten Getreidearten. Wintereinkorn auf guten Böden hatte Erträge von ca. 9 bis 27 dt/ha.

Festzuhalten ist, dass für den hier beschriebenen rekonstruierten Einkornacker der ermittelte Ertrag von 20 dt/ha Einkorn (ohne Spelz) die Erwartungen übertroffen hat. Der unerwartet hohe Ertrag stellte sich ein, obwohl nicht völlig ideale Bedingungen vorhanden gewesen sind und somit sogar noch höhere Erträge durch günstigeren Witterungsverlauf oder Winteranbau angenommen werden können.

5.4.5 Energiegehalt des Ernteertrages

Die Ernährung der neolithischen Bevölkerung basierte vermutlich größtenteils auf Getreide. Daneben wurden, wie bereits in den einleitenden Kapiteln beschrieben, Hülsenfrüchte und Ölfrüchte angebaut und Sammelfrüchte genutzt. Die Fleischversorgung wurde durch die Haltung von Haustieren und die Jagd von Wild abgedeckt. Auch ein Verzehr von Milchprodukten liegt nahe.

Der Bedarf an Getreide pro Jahr einer durchschnittlichen neolithischen Familie ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dabei spielen die Größe und Zusammensetzung der Familie und die Verwendung anderer Nahrungsquellen eine Rolle. Für die Bandkeramik wurden zum Getreideverbrauch u.a. folgende Schätzungen aufgestellt.

LÜNING (2005) beschreibt für die frühere Neuzeit für einen Hof mit 5-7 Personen eine jährlich benötigte Getreideanbaufläche von 1,8 ha mit einem Ertrag von 3.330 kg (18,5 dt/ha). Die benötigte Saatgutmenge liegt bei 190 kg/ha, also für 1,8 ha bei 342 kg Getreide. Diese Werte nimmt er auch für die Bandkeramik an. Bei den Gewichtsangaben handelt es sich vermutlich um Angaben im Spelz.

In einer anderen Berechnung geht LÜNING (2005a) von einem Verbrauch an Getreide zum Verzehr von 1.200 kg/Jahr für eine 5 bis 7-köpfige Familie aus.

EHRMANN et al. (2009) gehen bei Bedarfsrechnungen davon aus, dass im Jungneolithikum eine Person einen Getreidebedarf von 200 kg pro Jahr hatte und dass je Arbeitskraft

400 kg pro Jahr produziert werden mussten, da pro Arbeitskraft eine weitere Person mitversorgt werden musste.

Aus Untersuchungen einer jungneolithischen Siedlung zeigt sich, dass hier nur 6 ha Nutzungsfläche für rd. 35 Personen (7 Häuser mit je 5 Personen) zu Verfügung gestanden haben könnten, was offenbar ausreichte (JAKOMET et al. 1989). Dies entspricht rd. 1 ha für 6 Personen.

TEGTMEIER (1993) postuliert aus Vergleichen mit gemischt-bäuerlichen Betrieben des 18. Jh. in Deutschland (vorindustrielle Zeit) einen jährlichen pro Kopf Verbrauch an Essgetreide von 250 kg, also von 1.500 kg/Jahr für eine 5-7 Personen umfassenden Familie. Dabei wird ein Ertrag an Essgetreide von 600 kg/ha angenommen, wodurch 2,5 ha Anbaufläche notwendig wären.

Angemerkt sein hier, dass sich diese Berechnungen der benötigten Feldgrößen oft auf Erträge aus dem Mittelalter und der frühen Neuzeit stützen. Im Mittelalter arbeiteten Bauern auf Böden, die über mehrere Jahrtausende ausgelaugt worden waren bzw. oftmals nicht den idealen Ackerboden bezüglich Tiefgründigkeit, Wasserhaushalt, Bearbeitbarkeit usw. darstellten. Landwirtschaftliche Nutzflächen waren im Mittelalter nicht im Überfluss vorhanden. Die Bandkeramiker hingegen hatten mit den Schwarzerden aus Löss Böden in vermutlich ausreichender Menge zur Verfügung, die eine gute Bearbeitung zuließen, tiefgründig waren, einen ausgeglichenen Wasserhaushalt aufwiesen und langanhaltende, sehr gute Nährstoffversorgung der Nutzpflanzen bedingten. Gute Nährstoffversorgung liefert im Allgemeinen gute Erträge, falls diese nicht durch andere Faktoren reduziert werden. In Anbetracht der Tatsache, dass die Bauern auf erprobtes Saatgut zurückgreifen konnten, sich landwirtschaftliche Produktionsprinzipien bereits seit vielen Jahrhunderten entwickelt hatten, außerdem das Klima und die Böden für den Getreideanbau sehr gut geeignet waren, darf man für die Bandkeramik sicherlich mit höheren Erträgen als im Mittelalter rechnen.

Auf die gute Nährstoffversorgung bandkeramischer Äcker weisen auch die mit der Zeit kontinuierlich abnehmenden mittleren Stickstoffzahlen von Wildpflanzen von Ackerstandorten von der Bandkeramik bis zum Mittelalter hin, die nach RÖSCH (2005) in Abb. 31 dargestellt wurden. Nicht zuletzt deuten die Untersuchungen der Zeigerwerte und ökologischen Gruppen der Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums (siehe Kapitel 5.1) ebenfalls auf eine gute Stickstoffversorgung hin.

Aus den Hochrechnungen der Ernte aus dem Rekonstruktionsversuch ergeben sich Erträge von ca. 2.000 kg/ha Getreide (entspelzt) bzw. 2.900 kg/ha im Spelz. Diese Menge gelangte im Neolithikum aber nicht vollständig zum Verzehr. Ein Teil der Ernte dient als Saatgut für das nächste Jahr. Die weitere Verarbeitung des Getreides bis zur Nahrungsaufnahme bringt Verluste mit sich, die von dieser Erntemenge abgezogen werden müssen. Zur Höhe von Verlusten durch verschiedene Arbeitsvorgänge, z. B. das Entspelzen, wurde bereits verschiedene Versuche durchgeführt (z. B. LÜNING 2005, MEURERS-BALKE & LÜNING 1990). Die zu erwartenden Verluste in Prozent sind für die weiteren Berechnungen entweder der angegebenen Literatur entnommen oder werden geschätzt. Folgende Arbeitsgänge / Abzüge müssen sicherlich berücksichtigt werden:

Transport vom Acker

Der Transport von großen Getreidemengen in kleineren Teilmengen ist vermutlich mit Verlusten verbunden. Wie genau dieser Transport im (frühen) Neolithikum stattfand, ist ungewiss. Möglich wären z. B. Körbe oder Säcke, auch von Haustieren transportiert, später auch durch Einsatz von Wagen.

Dabei ist nicht nur das Gewicht, sondern auch das Volumen der Ährchen zu berücksichtigen. Nach LÜNING (2005) liegt das Verhältnis von einem Kilogramm Korn zum Speichervolumen in Ährchen bei Spelzgetreide bei 1 : 2,25. Somit nimmt ein Kilogramm Getreide ein Volumen von 2,25 Liter ein, das in dieser Form transportiert und gespeichert werden muss. Der Transport von 2.000 kg geerntetem Einkorn pro ha auf der Rekonstruktionsfläche würde einem Transportvolumen von 4.500 l in Ährchen entsprechen. Der Transport erfolgte aber wahrscheinlich vor dem Dreschen der Ähren zu einzelnen Ährchen, vielleicht sogar in Form der Ähren am (abgeschnittenen) Halm, wodurch das Volumen nochmals höher ist. Der Verlust bei Transport vom Acker wird auf mindestens 2 % geschätzt.

Trocknen / Dreschen / Reinigen

Vor der Lagerung ist es sinnvoll, die Ähren zu Ährchen zu dreschen, wenn man das Getreide in Erdgruben lagern will, wie es für das Neolithikum zumindest teilweise angenommen wird. Die Lagerungsdichte wird größer und ein späteres Zusammensacken und undicht werden der Silos wird vermindert (LÜNING 2005). Ob eine Trocknung und Reinigung des Getreides notwendig war, ist von den jeweiligen Ernte- und Reifebedingungen, eventuell auch von Verunreinigungen durch Unkräuter, abhängig.

Der Verlust durch Dreschen und Reinigen wird auf mindestens 1-2% geschätzt.

Lagerung

Lagerung in Erdsilos ist mit nur wenigen Prozent Verlust möglich, wie Versuche von LÜNING (2005) zeigen: Das Getreide wird in Erdlöchern versenkt, die luftdicht und gegen Eindringen von Oberflächenwasser mit Lehm abgeschlossen werden. An der Kontaktschicht zwischen dem Korn und den Wänden des Silos keimt durch die Feuchtigkeit im Boden eine wenige cm dicke Schicht des Getreides aus, bildet einen dichten Filz und reduziert den Sauerstoffgehalt im Silo, wodurch Schädlinge und Mikroorganismen ferngehalten werden. Im Inneren bleibt das Getreide trocken. Weitere Möglichkeiten zur Speicherung könnte eine Lagerung in Tongefäßen, Holzkisten, Körben oder auf Schüttböden sein. Vorratsschädlinge wie die Maus oder der Kornkäfer sind bereits für das Neolithikum nachweisbar (LÜNING 2005).

Für die Lagerung wird ein Verlust von 5-10 % geschätzt, im Mittel 7,5 %, inklusive Schädlingsbefall.

Saatgutentnahme

Zur Einsaat auf dem Acker im Biolandbau wurde eine Aussaatmenge von 120 kg/ha (im Spelz) von der Bezugsquelle (Bohlsener Mühle) empfohlen. Bei der Rekonstruktionsfläche wurden ca. 400 kg/ha eingesät. Bei Anbauversuchen verschiedener Einkornsorten von MÜLLER (2001) wurden im Durchschnitt 94 kg/ha ausgesät (350 Körner pro m² bei mittl. TKG von 26,8 g ohne Spelz) entsprechend etwa 130 kg/ha im Spelz. LÜNING (2005) geht, wie oben schon erwähnt, von 190 kg/ha Bedarf an Saatgetreide aus. Ob dabei schon Verluste durch Lagerung berücksichtigt sind, ist unklar. Die Saatmenge ist abhängig davon, ob man Sommer- oder Wintergetreide anbaut, außerdem von der Saatechnik. Einkorn bestockt besonders im Winteranbau sehr gut (bis 600 Ähren/m²), das Saatgut ist leicht und klein, aktuelle Kulturanleitungen für Einkorn gehen von 100-130 kg/ha mit Spelz aus.

Für die weiteren Berechnungen wird ein mittlerer Betrag von 150 kg im Spelz angenommen.

Entspelzen / Reinigen

Spelzgetreide muss vor dem Verzehr von den Spelzen in einem gesonderten Arbeitsgang befreit werden. Die geschieht praktischerweise kurz vor dem Zubereiten der Speisen, da

das entspelzte Getreide schneller verdirbt und sich auch zur Aussaat nicht mehr eignet. Bei Versuchen zum Entspelzen von Spelzgetreide (MEURERS-BALKE & LÜNING 1990b) hat sich unter Verwendung von Holzmörsern bei Emmer ein Verlust von 6 % ergeben, der hier für weitere Berechnungen verwendet wird. Versuche mit Schiebmöhlen aus Stein ergaben deutlich höhere Verluste.

Mahlvorgang

Nach TEEGEN et al. (1990) war bei Mahlversuchen mit Weizen je nach Versuchsperson und Rauheit der Mahlsteine ein Verlust von 1,04 bis 2,60 % mit einem Mittelwert von 1,75 % zu verzeichnen. Dieser wird bei der folgenden Berechnung zu Grunde gelegt.

Tab. 25: Schätzung des möglichen Verlustes von der Ernte bis zum Verzehr (nach LÜNING (2005), MEURERS-BALKE & LÜNING (1990b), TEEGEN et al. (1990) sowie nach Schätzungen)

			im Spelz	ohne Spelz
Erntemenge Rekonstruktion kg/ha ca.			2.900	2.000
	Verlust in	Verlust in	verbleibende Menge	
Arbeitsvorgang	% ca.	kg/ha	im Spelz	ohne Spelz
Transport	2%	58	2.842	
Trocknung/Dreschen	2%	57	2.785	
Lagerung	7,5%	209	2.576	
Saatgutentnahme kg		150	2.426	
Entspelzen/Reinigen	6%	146	2.281	
sonstige Verluste	2%	46	2.235	
Mahlvorgang	1,75%	39	2.196	1.514

Nach der Berechnung in Tabelle 25 kommt von den rund 2.000 kg/ha geerntetem Getreide (ohne Spelz) tatsächlich nur etwa 1.500 kg/ha zum Verzehr. Somit ist die verwertbare Ausbeute nach der vorliegenden geschätzten Berechnung ca. 75% der Erntemenge.

Bei JAKOMET et al. (1989) wird beispielsweise nur von 600 kg verwertbaren Getreides pro ha ausgegangen, wobei die Berechnungen zur notwendigen Feldgröße sowie die zur Verfügung stehende Ackerfläche allerdings auf höhere Erträge hindeuten.

Ein Kilogramm Einkorn enthält ein Energiepotential von etwa 3.000 kcal.

Der tägliche Energieverbrauch eines Menschen ist abhängig von Alter, Geschlecht und Leistung bzw. körperlicher Arbeit. Man kann davon ausgehen, dass die Menschen im Neolithikum recht hart gearbeitet haben. Im Mittel könnte man etwa einen Energiebedarf von 2.500 kcal/Tag/Kopf ansetzen. Dieser wird zum größten Teil aus Getreide gedeckt worden sein. Es wird zur weiteren modellhaften Berechnung angenommen, dass ca. 2.000 kcal/Tag für jeden Bewohner durchschnittlich aus Getreideprodukten zur Verfügung stehen sollten. Der übrige Energiebedarf könnte über den Verzehr von Fleisch, Milch, Hülsenfrüchten, Ölfrüchten, Nüssen, Gemüse usw. gedeckt worden sein. Somit wäre der Energiebedarf aus Getreide einer 6-köpfigen Familie im Jahr etwa mit 4.380.000 kcal anzusetzen.

Bei einem durchschnittlichen Energiegehalt von 3.000 kcal/kg Getreide ergibt sich ein **Jahresverbrauch einer sechsköpfigen Familie von 1.460 kg Getreide.**

Dies entspricht der Berechnung von TEGTMEIER (1993) mit 1.500 kg.

Somit würde eine sechsköpfige Familie nach den Ernteergebnissen des hier durchgeführten Rekonstruktionsversuches und nach den vermuteten Verlusten durch Verarbeitung, Lagerung usw. mit dem Anbau von rd. einem Hektar Getreide (entsprechend rd. 1.500 kg) ausreichend versorgt gewesen sein. Dies ist vergleichbar mit Ergebnissen von JAKOMET et al. (1989), wo rd. 35 Personen 6 ha Nutzfläche zur Verfügung hatten. Jedoch fehlen dann Anbauflächen für Früchte wie Erbse, Linse, Mohn und Lein, von denen einige Autoren aber annehmen, dass sie eher in gartenähnlichen Strukturen auf kleinerem Raum angebaut wurden. KREUZ (1990) erwägt die Möglichkeit, dass Erbse und Linse innerhalb der Getreidefelder angebaut worden sind und die Halme zum Ranken nutzten.

Ob die damaligen Getreidesorten und Anbaubedingungen wirklich vergleichbare Ernteergebnisse wie im Rekonstruktionsversuch zuließen, ist nicht gesichert nachzuweisen. Die Bestellung und Beerntung eines 1 ha großen Ackers von Hand (u.U. mit Pflug und der Kraft von Haustieren) scheint jedoch im Rahmen des Möglichen für eine Familie zu liegen. Jedoch wird die edaphische Qualität, das Kleinklima, Zeitraum der Nutzung, das aktuelle Klima, das Saatgut und nicht zuletzt die Kenntnisse, Erfahrungen und Geschicklichkeit der Bauern eine deutliche Rolle beim tatsächlichen Ertrag gespielt haben.

Ebenfalls ist bei solchen Berechnungen zu bedenken, dass die Erträge starken Schwankungen unterliegen können. Schlechte Witterung, Hagel, Pilz- oder Schädlingsbefall, Verunkrautung, Fraß durch Mäuse, Brand, Verbiss durch Wild- oder Haustiere usw. können den Ertrag erheblich reduzieren. Versuche von MÜLLER (2007) zum Anbau von 60 Einkorn-Sorten verschiedener Herkunft zeigen sehr starke Ertragsschwankungen von Jahr zu Jahr und auch von Standort zu Standort. Die Erträge (s. Tab. 24) liegen zwischen rund 2 dt/ha und 48 dt/ha, je nach Anbaujahr und Lage, wobei Faktoren wie Wildverbiss, Brand usw. noch nicht einmal eine Rolle bei den schlechten Ertragsergebnissen spielten. Hier war der Ertrag eher durch ungünstige Witterungsverhältnisse und Getreidekrankheiten wie Schmachtkorn und Spelzenbräune reduziert. Auch die unterschiedlichen Böden werden eine Rolle gespielt haben. MÜLLER (mündlich 2007) geht nach mehrjährigen Erfahrungen im Anbau mit Einkorn davon aus, dass man im Durchschnitt vielleicht Einkornenerträge von ca. 8 – 12 dt/ha mit neolithischen Methoden erreichen könnte. Dabei sind nach seiner Aussage die Tiefe der Bodenbearbeitung und die Konkurrenz durch Unkräuter sowie Witterungsverlauf und die Sorte von großer Bedeutung für die Höhe der Erträge. Über diese Faktoren gibt es aber aus dem Neolithikum nur sehr vage Erkenntnisse.

Im vorliegenden Versuch hatte die Intensität der Bodenlockerung keinen Einfluss auf das TKG des Erntegutes. Im durchgeführten Versuch wurden Körner aus einem Biolandanbau mit maschineller, tiefgründiger, mehrfacher Bodenvorbereitung mit Pflug und ein Anbau in Handarbeit nach neolithischem Vorbild verglichen. Das TKG entsprach sich bei den beiden Anbaumethoden. Das Gewicht einer Ähre war zwar im modernen Bioanbau durch leicht erhöhte Körneranzahl pro Ähre etwas höher, der Gesamtertrag lag aber durch wesentlich größere Reihenabstände im Biolandanbau (auf Dämmen) bzw. unterschiedliche Saatgutmengen unter dem Ertrag in Handarbeit mit nur geringfügiger Bodenlockerung nach neolithischem Vorbild ohne Wenden der Ackerscholle.

Versuche aus Baden-Württemberg (EHRMANN & RÖSCH 2005) zum neolithischen Ackerbau mit Emmeranbau auf frisch gerodeten Waldstandorten zeigen eine hohe Anfälligkeit für Mehltau, wahrscheinlich durch die hohe Luftfeuchtigkeit. Außerdem wurde eine Problematik durch Mäuse deutlich, die aus dem nahe liegenden Wald in die

Felder vordrangen und erheblichen Schäden anrichteten. Es hat sich gezeigt, dass die Erträge auf frisch brandgerodeten Flächen bedeutend höher ausfallen als auf denselben Flächen in den Folgejahren. Die Asche, die gute Bodenerwärmbarekeit und der geringe Unkrautdruck direkt nach einer Brandrodung lassen im ersten Jahr sogar ohne weitere Bodenbearbeitung gute Erträge auf einem ehemaligen Waldboden erzielen. Einkorn zeigte im Gegensatz zu Emmer bei den Anbauversuchen nach Brandrodung Schwierigkeiten, es neigte zum Umfallen (RÖSCH 2007, mündlich). EHRMANN et al. (2009) stellen bei Ergebnissen dieser Versuche dar, dass Einkorn besonders auf guten Böden nach Brand lagert, schimmelt und taube Ähren ausbildet. Diese Probleme tauchten trotz guter Nährstoffversorgung und schwieriger Klimabedingungen im Versuchsjahr bei dem hier dargestellten Rekonstruktionsversuch nicht auf. Dies könnte u.a. an einer anderen Sortenwahl liegen.

Die Menschen im Neolithikum verfügten bereits über Kenntnisse zur längerfristigen Lagerung von Getreide. Nach LÜNING (2000) ist eine Lagerung in Erdsilos in Lössböden über 10 Jahre unproblematisch, unter trockenen Bedingungen kann die Lagerung auch über mehrere Jahrzehnte möglich sein.

Um Hungerzeiten vorzubeugen, werden die Bauern im Neolithikum sicherlich versucht haben, mehr anzubauen, als unbedingt notwendig war und eventuelle Überschüsse für Notzeiten einzulagern. Die großen Schwankungen im Ertrag, die auf vielen Faktoren beruhen, machen es besonders schwer, trotz Experimenten Schätzungen zu der benötigten Feldflächengröße für eine neolithische Familie abzugeben. Jedoch scheinen die Größenangaben von ca. 1,8 ha, die verschiedene Autoren (s.o.) vorgeschlagen haben, auch nach den in diesem Versuch ermittelten Erträgen durchaus realistisch. Nach den hier ermittelten Ergebnisse hätte auch eine Fläche von ca. 1 ha ausgereicht, jedoch ohne die Bildung von Rücklagen und Missernten zu berücksichtigen. Die Nährstoffversorgung des Bodens war im Rekonstruktionsversuch sehr gut, das Klima des Versuchsjahres hingegen schlecht für den Weizenanbau. Man könnte also von einem mittleren bis guten Ertrag ausgehen.

Der Anteil an Nahrung aus Jagd, Fleisch, Milch sowie anderen Feld- und Sammelfrüchten wurde hier nur grob geschätzt. Es gibt viele Untersuchungen zu Herdenstrukturen oder Anteilen der Jagdbeute, die zeitliche und regionale Unterschiede aufzeigen, auf die hier nicht näher eingegangen wurde.

5.5 Bodenuntersuchungen

Im Kapitel 4.7.1 wurden der Zustand und die Nährstoffversorgung des Bodens für den Rekonstruktionsversuch nach amtlich ermittelten Kenngrößen der Landwirtschaftskammer bereits beschrieben. Diese Ergebnisse werden hier mit den selbst durchgeführten Bodenuntersuchungen nach der Kultur verglichen.

In den vier Jahren vor dem Rekonstruktionsversuch war die Fläche mit Klee gras und Luzerne zur Grünfutt ergewinnung bestellt gewesen. Davor hatte einige Jahre Getreideanbau, u.a. mit Dinkel stattgefunden. Der Anbau erfolgte nach den Richtlinien für Biologische Landwirtschaft. Durch die ackerbauliche Nutzung wurde der Oberboden verändert. Insbesondere durch das Pflügen entstand ein sogenannter AP-Horizont, der zum Zeitpunkt einer Bodenkartierung 1977 (GEOL. DIENST NRW 1977) wahrscheinlich in dieser Form nicht vorhanden gewesen sein wird.

5.5.1 Bodenuntersuchungen auf der Rekonstruktionsfläche

Die entnommenen Horizontmischproben 1 bis 5 (s. Tabelle 26) wurden im Labor weiter untersucht (Ergebnisse s. Tabelle. 27). Bei LINNEMANN (2009) sind weitere Beschreibungen und Fotos zur Horizontabfolge und Vernässung im Untergrund wiedergegeben.

Tab. 26: Bodenprofil P, Gesamttiefe 65 cm

Tiefe (cm)	Beschreibung	Probe Nr.
0 – 27	Ap Ackerhorizont lehmiger Sand bis sandiger Lehm, dunkelbraun bis graubraun, durch pflügen entstanden, dunkel gefärbt durch organische humose Bestandteile, aus Geschiebesand bzw. Geschiebelehm (Pleistozän)	1
28 – 45	schluffiger bis lehmiger Sand, mittelbraun, Geschiebesand bzw. Geschiebelehm (Pleistozän), eventuell auch holozäner Flug- oder Terrassensand beigemischt	2
46 – 53	Sand, dunkelbraun, wassergesättigt, (Stauwasser), vielleicht auch Grundwassereinfluss (Bachau)	3
54 – 59	lehmiger Sand, rostbraun (Sd Oxidationshorizont)	4
ab 60	fahlgrauer Lehm, tonig, Kalkmergel aus der Oberkreide, vermutlich Grundwasseranschluss, (Sw Reduktionshorizont)	5

Auf der Rekonstruktionsfläche wurden drei weitere Bodenuntersuchungen durch Bohrstockprofile durchgeführt, die alle sehr ähnliche Bodenverhältnisse ergaben. Der Oberboden ist als typischer Pflughorizont einzustufen. Die Tiefe der Pflugsohle reicht gleichmäßig auf der ganzen Fläche etwa 25 bis 27 cm tief. Der humose Oberboden ist als lehmiger Sand bis sandiger Schluff bis Lehm anzusprechen. Etwas tiefer schließt sich ein weniger humoser, sandiger Horizont an. Dieser Sand kann u. U. als Flugsand hier abgelagert worden sein. Im Gebiet sind kleinflächigen Flugsandansammlungen sowie größere Sand- und Kiesrücken verbreitet. Möglich ist auch eine Herkunft aus früheren Überschwemmungen eines nahegelegenen, jetzt begradigten Bachlaufes in Form von Terrassensanden. Die Mächtigkeit dieses Horizontes variiert in den Bohrstockprofilen leicht.

Etwa 50 bis 60 cm unter Flur zeigt sich eine deutliche Vernässung des Bodens mit Merkmalen von Oxidations- und Reduktionsvorgängen. Der Boden ist als Pseudogley anzusprechen, was auch den Aussagen der Bodenkarte (GEOL. DIENST NRW 1977) entsprechen würde. Ein Einfluss von Grundwasser ist nicht auszuschließen, da in der Nähe ein Bach verläuft, der einen hohen Grundwasserstand im Einzugsgebiet bedingen könnte. Die Vernässung war sowohl bei der Profilgrabung als auch bei den Bohrstockproben deutlich, wobei in letzteren die Oxidationsvorgänge, angezeigt durch Rostflecken im Boden, kaum deutlich wurden.

Das Ausgangsgestein bilden Kalkmergelschichten aus der Oberkreide. Darauf weisen die deutlich tonigeren, kalkreichen Schichten in tieferen Bereich des Bodenprofils hin.

Der Boden ist für den Ackerbau nutzbar, neigt aber zu Vernässung. Im konventionellen Anbau würde der Standort vermutlich drainiert werden. Für die ackerbauliche Nutzung wurde dies in den Erläuterungen zur Bodenkarte für diesen Standort angeraten. Der hohe Lehmanteil des relativ bindigen Bodens und die tiefer liegende Kalkmergelschicht sowie das hohe Grundwasser verhindern ein schnelles Versickern von Niederschlägen. Andererseits trocknet der Boden nicht schnell aus. Bedingt durch die hohen Niederschläge im Sommer 2002 ergab sich eine starke Vernässung des Rekonstruktionsstandortes. Dies führte in Verbindung mit der nur wenig tiefen Bodenlockerung wahrscheinlich zeitweise zu Sauerstoffmangel im Boden und bedingte so zusammen mit der geringen Sonnenscheindauer die schlechte Entwicklung und Kleinheit der Körner der Einkornnähren. Auch ein leichter Pilzbefall und die späte Reife hängen vermutlich mit diesen edaphischen und klimatischen Gegebenheiten zusammen.

Für das Neolithikum ist das Vorhandensein solcher Probleme wenig wahrscheinlich. Das mildere Klima wird die Reifung und Entwicklung des Getreides eher begünstigt haben. Jedoch könnten durch die damals hohen Niederschläge ebenfalls Problemen mit Pilzbefall entstanden sein. Der im Neolithikum fast ausschließlich genutzte Lössboden wird jedoch kaum zu Vernässung geneigt haben. Diese sehr guten Bodenbedingungen wurden bei dem rekonstruierten Acker nicht erreicht. Jedoch war die Nährstoffversorgung gut und wahrscheinlich ähnlich gut wie im Neolithikum.

5.5.2 Bodenanalysen im Labor

Die im Labor untersuchten Proben 1 bis 5 stammen aus den verschiedenen Horizonten des Bodenprofils der Rekonstruktionsfläche (s. Tabelle 26). Sie wurden nach der Ernte im Herbst 2002 entnommen. Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind in Tabelle 27 zusammengefasst. Eine genauere Interpretation der Ergebnisse ist bei LINNEMANN (2009) wiedergegeben.

Zum Vergleich ist dort nochmals die Untersuchungsergebnisse der Voruntersuchungen durch die Landwirtschaftskammer Münster (LUFA), die bereits in Kap. Kapitel 4.7.1 erläutert wurden, mit aufgeführt. Dabei handelt es sich um eine Bodenmischprobe der Gesamtfläche des Flurstückes vor dem Getreideanbau vom Frühjahr 2002.

Tab. 27: Ergebnisse der Bodenanalysen

Probe	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Na	Ca	Leitfähigkeit	Nitrat/ Nitrit	Org. Subst.
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	μS/cm		%
1	7,00	12,1	8,4	4,4	3,3	253	77,8	n.n.	3,1
2	6,82	1,8	1,9	1,7	4,9	71	37,0	n.n.	0,8
3	6,85	0,5	2,9	2,1	5,0	72	28,0	n.n.	1,1
4	7,35	-	9,3	4,5	5,0	400	60,2	n.n.	2,0
5	7,45	-	10,2	6,0	6,4	621	68,9	n.n.	2,2
LUFA	6,8	17	11	4					

Die Bodenuntersuchungen zeigen, dass die Versuchsfläche ausreichend mit den erforderlichen Hauptnährstoffen versorgt gewesen ist. Die Stickstoffversorgung war durch organische Düngung und den vorherigen mehrjährigen Anbau von Leguminosen sicherlich gut. Dies wird durch starkes Auftreten stickstoffliebender Unkräuter auf der Fläche

unterstrichen. Negative Einflüsse durch Nährstoffmangel im Boden sind nicht zu erwarten. Das Getreide hatte gute bis optimale Voraussetzungen zum Wachstum, die im Neolithikum, besonders in späteren Zeitepochen nach langjährigem Anbau, vielleicht nicht immer so gut waren, da nicht bekannt ist, ob Düngung, Brache oder Fruchtwechsel genutzt wurden. Allerdings waren die im Neolithikum bestellten Lössböden sicherlich zu Beginn des Ackerbaus sehr fruchtbar. Dies ist bei der Interpretation der Ertragshöhe zu berücksichtigen. Im Rekonstruktionsversuch ist eine Ertragsminderung durch Bodenverwässerung und das sonnenstundenarme und nasse Klima 2002 sowie dadurch bedingten Pilzbefall zu erwarten. Dadurch könnte eine Relativierung der tendenziell eher zu guten Nährstoffgehalte auf das Ertragsergebnis stattgefunden haben.

5.6 Vergleich mit anderen Rekonstruktionsversuchen zum Ackerbau

Experimentell-archäologische Versuche zum Ackerbau im Neolithikum und besonders zur Bandkeramik sind nicht häufig durchgeführt worden (LÜNING 2000). Die Rekonstruktion kleinerer Feldflächen in Freilichtmuseen (z. B. Archäologisches Freilichtmuseum Oerlinghausen) oder Botanischen Gärten zur Demonstration alter Nutzpflanzen gibt es gelegentlich. Dabei werden selten wissenschaftliche Untersuchungen durchgeführt. Die Flächen dienen dazu, dem Besucher die damals angebauten Feldfrüchte zu zeigen und manchmal zur Erhaltung des Saatgutes. Einige Versuche, deren Resultate in Bezug zu den Ergebnissen der hier dargestellten Rekonstruktion interessant sind, werden im Folgenden kurz beschrieben. Nicht weiter eingegangen wird auf bekannte Versuche zur steinzeitlichen Landwirtschaft von Reynolds (z. B. REYNOLDS 1993 u.a.), da die Versuchsanordnungen bzw. verwendeten Getreidesorten nicht gut mit den hier gewählten Bedingungen vergleichbar waren.

5.6.1 Kölner Versuche im Hambacher Forst

Ein gut dokumentierter Versuch zum neolithischen Getreidebau gab es im Rheinischen Braunkohle-Tagebau-Gebiet in den Jahren ab 1979 durch die Aldenhovener Forschungsgruppe (LÜNING & MEURERES-BALKE 1980a). Es wurden experimentelle Untersuchungen zum Anbau verschiedener historischer Feldfrüchte durchgeführt. Der Standort war ein Eichen-Hainbuchen-Wald auf Löss mit einer Pseudogley-Parabraunerde. Dieser wurde gerodet, in kleine Parzellen (9 m²) unterteilt, und in düngerloser Monokultur mit immer der gleichen Getreideart bestellt. Es wurde Einkorn, Emmer, Dinkel und Gerste angebaut. Dabei wurde ein minimaler Ertrag angestrebt, der im Neolithikum jedenfalls zu übertreffen gewesen sein musste. Die Flächen wurden mit Wildschutz- und Kaninchenzäunen sowie einem Vogelschutznetz geschützt. Trotzdem gab es deutliche Ertragsminderungen durch Mäuse. Versuche zum Pflügen mit einem rekonstruierten Ard und zur Brandrodung wurden kleinflächig durchgeführt. Bei Einkorn betrug 1979 die Aussaatmenge 33 kg /ha (Saatgutmangel), was etwa 1/6 der Aussaatmenge des 17. Jahrhunderts entsprechen sollte. Geerntet wurden lediglich 80 kg/ha, hochgerechnet ohne Mäuseschaden 120 kg/ha. Diese 120 kg/ha entsprechen etwa der heutigen Empfehlung für die Aussaatmenge, sind also sicherlich als Erntemenge nicht repräsentativ, was u.a. auf die zu geringe Aussaatmenge von 33 kg/ha zurückzuführen ist. Das TKG des Einkorns betrug bei dem Versuch im Hambacher Forst 19,9 g (inkl. Spelzen). Der durchschnittliche Kornertrag pro Ähre lag bei 12,8 Körnern. Es wurde

eine Mischung aus verschiedenen Landsorten verwendet. Die Erträge der anderen eingesäten Weizenarten lag deutlich höher, bei ca. 6 bis 13 dt/ha. Interessant war ein Ergebnis zu Ertragshöhen mit und ohne Unkrautbekämpfung. Auf der Fläche mit Unkraut lag der Ertrag nur ca. 10 % unter dem Ertrag auf der zumindest gelegentlich gejäteten Versuchsfläche, manche Versuchsfelder zeigten fast gar keine Ertragseinbußen (LÜNING & MEURERES-BALKE 1980a). Bei den Unkräutern dominierten ausdauernde Arten.

Im Vergleich ist festzuhalten, dass die Ertrags-Ergebnisse im 2002 durchgeführten, vorliegenden Rekonstruktionsversuch wesentlich höher lagen. Das Tausendkorngewicht betrug 25,3 g, der Ertrag (hochgerechnet) ca. 20 dt/ha (ohne Spelz), also etwa die 8-fache Menge der Versuche aus dem Hambacher Forst, jedoch auch bei viel höherer Einsaatmenge (ca. 400 kg/ha im Spelz). Die durchschnittliche Anzahl der Körner pro Ähre lag im Versuch von 2002 auf der nach neolithischem Vorbild bewirtschafteten Fläche bei 12,3, war somit fast identisch mit dem Ergebnis aus dem Hambacher Forst. Jedoch waren die Versuchsbedingungen wie Saatgut und Boden, die Zielsetzung, die Durchführung und nicht zuletzt die Größendimension völlig unterschiedlich, so dass es nicht sinnvoll erscheint, aus diesem Vergleich der Erträge weitere Schlussfolgerungen zu ziehen.

Das Ergebnis bei LÜNING & MEURERES-BALKE (1980a), dass Unkräuter nur wenig Einfluss auf die Ertragshöhe haben, ist jedoch für die Interpretation von Unkrautsamen in prähistorischen Getreidefunden im Zusammenhang mit dem vorliegenden Versuch zum Bromo-Lapsanetum interessant. Bedenkt man, dass durch absichtlich mit eingesäte Unkräuter der Ertrag durch Nutzung der Unkrautsamen erhöht und das Risiko von Missernten verringert wurde, ist ein geminderter Ertrag von 10% oder weniger des angebauten Getreides durchaus hinnehmbar. Dadurch wird die Hypothese der absichtlichen Einsaat und Duldung bestimmter Unkräuter unterstützt (vgl. z.B. auch KNÖRZER 1971, 1998, LÜNING 2000).

5.6.2 Feldflorareservat bei Luckau-Freesdorf

LANGE & ILLIG (1988) berichten von Anbauversuchen u.a. mit Landsorten von Dinkel und Hafer unter extensiven Anbaumethoden in Handarbeit, die jedoch nicht in Zusammenhang mit neolithischem Ackerbau durchgeführt wurden. Ziel dieser Versuche war eine Erhaltung oder Wiederansiedlung von seltenen oder aussterbenden heutigen Ackerunkräutern, die auf extensive Bewirtschaftung angewiesen sind. Dabei wurden einige Unkräuter mit eingesät, darunter auch *Bromus arvensis* und *Bromus secalinus*. Beide entwickelten sich sowohl im Sommer- als auch im Winteranbau, wobei die Artmächtigkeiten in der Winterung höher ausfielen. *Bromus secalinus* ließ sich im Erntegut mit hohen Mengenanteilen nachweisen.

Für die Ergebnisse des 2002 durchgeführten Rekonstruktionsversuches zum neolithischen Ackerbau lässt sich daraus ableiten, dass sich vielleicht im Winteranbau *Bromus arvensis* noch besser entwickelt hätte. Gleichzeitig kann man aber auch schlussfolgern, dass ein Vorhandensein von *Bromus* in neolithischen Getreidefunden nicht zwangsläufig auf einen Winteranbau hindeuten muss, da die Art sich auch im Sommeranbau entwickeln kann, wie sowohl der Versuch von LANGE & ILLIG (1988) als auch der hier dargestellte Rekonstruktionsversuch zeigen.

5.6.3 Versuche zum Wald-Feldbau in Forchtenberg

Ein aktuell durchgeführtes archäologisches Experiment zum neolithischen Ackerbau mit einem Schwerpunkt auf extensivem Brandfeldbau wird seit 1994 in Forchtenberg, nahe Stuttgart durchgeführt (RÖSCH 2002, 2005, 2007 mündlich, EHRMANN et al. 2009). An diesem interdisziplinären Projekt arbeiten verschiedene Institute und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachgebiete gemeinsam an Versuchen zum neolithischen Ackerbau und zur mittelalterlichen Dreifelderwirtschaft. Beteiligt sind z. B. die Universitäten Hohenheim, Würzburg und Freiburg mit verschiedenen Instituten, das Hohenloher Freilandmuseum, das Max-Planck-Institut für Feuerökologie und das Landesdenkmalamt Baden-Württemberg. Untersucht werden die Auswirkung von Brandrodung und von wiederholten Überbrennen von Flächen mit und ohne Brachezeiten auf die Anbaubedingungen der Ackerflächen. Für das Neolithikum ist davon auszugehen, dass die Bauern zunächst durch Rodung des vorhandenen Waldes Ackerflächen schaffen mussten. In welcher Form die Rodung stattfand (Brandrodung, Einschlagen der Bäume, Verbleib oder Entfernung der Wurzel), ist nicht hinreichend geklärt. Noch interessanter ist die Frage, was mit den Flächen nach der Rodung passierte. Es ist möglich, die Flächen dauerhaft als Ackerflächen zu bestellen, Brachzeiten oder Beweidung einzubauen oder nach wenigen Jahren der Nutzung eine Wiederbewaldung zuzulassen. In den Brachephase bzw. durch die Wiederbewaldung kann sich der Boden, der durch die landwirtschaftliche Nutzung ausgelaugt wird, erholen und neue Nährstoffe akkumulieren. Es ist möglich, dass sich so eine Mosaiklandschaft aus Niederwald bzw. Gebüsch eingestellt hat, in die kurz- oder mittelfristig genutzte Ackerflächen eingebettet waren. Ein regelmäßiges Abbrennen der bestehenden Ackerflächen unter Hinzunahme von (Schwach-) Holz anderer Herkunft ist zur Unkrautbekämpfung und Düngung denkbar und wurde experimentell erprobt (RÖSCH mündlich 2007, EHRMANN et al. 2009).

Holzkohlenfunde in neolithischen Fundschichten und Pollendiagrammen, oft in mikroskopischer Größe, können auf Brandrodung und Brandfeldbau hindeuten. Insbesondere für das Jungneolithikum im Alpenvorland ist ein Wald-Feldbau mit Brandverfahren anzunehmen. Durch Getreidepollen ist für das Spätneolithikum ein umfangreicher Ackerbau belegt, der mit viel Flugholzkohle, aber verhältnismäßig wenigen Gräser- und Kräuterpollen korreliert. Zugleich verschieben sich die Baumpollen zugunsten von Hasel und Birke als Pioniergehölze. Bei den Ackerunkräutern zeigen sich in Getreidefunden (oft anspruchsvoller Hartweizen) bei eher schwacher Verunkrautungstendenz die schon aus der Linienbandkeramik bekannten Arten, die fruchtbare Böden vermuten lassen (EHRMANN et al. 2009).

Über 10 Jahre wurden von 1998 bis 2008 nach dem Einschlag von Wald auf Versuchsflächen verschiedene Getreide angebaut, wobei zur Unkrautunterdrückung und Nährstoffmineralisation z.T. ein Überbrennen mit Schwachholz durchgeführt wurde. Der Anbau fand 1 - 3 Jahre lang statt, dann wurde z.T. eine Waldentwicklung wieder zugelassen (zu genaueren Versuchsanordnungen und Versuchszielen siehe EHRMANN et al. 2009). Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass sich beim Anbau direkt nach dem Brand die besten Erträge erzielen lassen, und zwar ohne aufwändige Bodenbearbeitung, die sogar durch Bodenbewegung den Unkrautdruck wieder erhöhen würde (Lichtkeimer). Unkräuter sind durch die hohen Temperaturen nahezu vollständig verschwunden. Bereits im Folgejahre steigt der Unkrautdruck jedoch erheblich und führt zu schlechten Erträgen. Dabei sind überwiegend Unkräuter zu finden, die typisch sind für Wald- und Kahlschlagvegetation. Typische Ackerunkräuter sind selten (RÖSCH 2002, 2005, 2007 mündlich). Es überwoogen auch nach 10 Jahren die ausdauernden Arten auf den Äckern,

da vermutlich die Zeit zu kurz war, damit sich die typischen Unkräuter im Saatgut etablieren konnten. Die Getreideerträge variieren sehr stark zwischen 12 und 79 dt/ha (Gerste und Weizenarten). Der Ertrag des Sommereinkorn fiel am geringsten aus, da das Getreide üppig wuchs, dann aber lagerte, schimmelte und teilweise taube Ähren ausbildete. Der erste Anbau nach Brand zeigte immer wesentlich höhere Erträge als nach der Bearbeitung mit der Hacke, der zweite Anbau nach Brand lag teilweise noch niedriger. Dies wirkte sich besonders auf schlechten und mittleren Böden aus. Wintereinkorn hatte nach Brand auf gutem Boden im ersten Jahr (2005) einen Ertrag von ca. 26 dt/ha, im zweiten Jahr (2006) 21 dt/ha und im dritten Jahr (2007) rd. 18 dt/ha. Beim Anbau ohne Brand mit Hacke ebenfalls auf guten Böden lag der Ertrag im ersten Jahr (2005) mit etwa 15 dt/ha und im zweiten Jahr (2006) mit rd. 10 dt/ha deutlich niedriger. Bei EHRMANN et al. (2009) sind die Ergebnisse dieser Versuche genauer nachzulesen. Im Vergleich zur hier durchgeführten Rekonstruktion eines neolithischen Ackers lässt sich festhalten, dass der erzielte Ertrag (Sommereinkorn auf mittlerem bis gutem Boden ohne Brand) etwa dem des Wintereinkorns unter optimalen Bedingungen (guter Boden, erster Anbau nach Brand) entsprach.

COLES (1973) beschreibt einen traditionellen Ackerbau auf frisch gebrannten Waldflächen aus Nordrussland. Hier wurde dem Boden oft ebenfalls nur ein Erntejahr abgefordert, da in den Folgejahren der Ertrag erheblich zurückging. Es wurde nur geringe oder gar keine Bodenbearbeitung durchgeführt und in die warme Asche gesät. Nach der Ernte schloss sich eine 20 bis 40 Jahre dauernde Brache an, in der sich zunächst Birken- und Weidenschösslinge entwickelten, später Wurzelschösslinge von Hasel, Pappel und Linde. Bei Versuchen zu diesen Anbaumethoden aus Dänemark (LINNARD 1970 und STEENBERG 1955, zitiert nach COLES 1973) hat sich gezeigt, dass sich auf den abgebrannten Flächen andere Unkräuter einstellen als auf lediglich gerodeten Flächen. Auf letzteren entwickelte sich die vor der Rodung vorhandene walddtypische Krautschicht aus Seggen, Gräsern und Farnen durch den zusätzlichen Lichteinfall sehr üppig, auf den abgebrannten Flächen stellten sich völlig neue Pflanzen wie Löwenzahn, Gänseblumen, Wegerich und Disteln ein.

Bei den Rodungs- und Anbauversuchen in Forchtenberg überwiegen die Unkrautarten der Waldvegetation, obwohl sich auch einige Ackerunkräuter einfinden. Diese scheinen den typischen Wald- und Kahlschlagarten aber unterlegen zu sein. Die Arten des Bromo-Lapsanetums überwiegen in den Flächen nicht (RÖSCH mündlich 2007). Daraus könnte man schlussfolgern, dass die neolithischen Getreidefunde mit den typischen Unkrautbeimengungen eher von Ackerflächen stammen, die nicht frisch dem Wald abgerungen worden sind, sondern schon langfristiger genutzt wurden. Typische Unkräuter der Wald- und Kahlschlagfluren sind in den betrachteten neolithischen Funden zwar auch nachweisbar, aber eher selten. Lediglich die Halbschattenart *Lapsana communis* kann bedingt als Waldart eingestuft werden. Somit würde das stetige Auftauchen der Arten eher für eine längerfristige Nutzung von Ackerflächen im Neolithikum sprechen bzw. eine deutliche Beimengung an Unkrautsamen im Saatgut voraussetzen.

5.7 Zusammenführung der Teilaspekte

Die Untersuchungen zu den Arten des hypothetischen Bromo-Lapsanetums ergeben, dass sie heute überwiegend auf gut nährstoffversorgten Böden vorkommen. Viele sind in der modernen, durch optimales Nährstoffangebot geprägten Landwirtschaft häufiger als

z. B. im Mittelalter, als nährstoffarme Standorte überwogen. Einen Schwerpunkt auf gut versorgten Standorten ergab die Betrachtung der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (2001), der ökologischen Gruppen (nach HOFMEISTER & GARVE 2006) sowie die allgemeinen Beschreibungen der typischen Standorte der einzelnen Arten (siehe Kap. 1.2.1). Daraus lässt sich folgern, dass auf neolithischen Getreideäckern keine Nährstoffarmut vorlag. Magerkeitszeiger fehlen bei den typischen Arten. Die im Neolithikum für den Ackerbau verwendeten Lössböden scheinen erwartungsgemäß zumindest während der Bandkeramik sehr gut mit Nährstoffen versorgt gewesen zu sein. Es ist anzunehmen, dass über eine gewisse Zeit auch ohne Düngung eine ausreichende Nährstoffversorgung bestand und gute Erträge erwirtschaftet werden konnten. Eine kontinuierliche Anwesenheit der nährstoffliebenden Unkrautarten über mehrere Jahrhunderte, regional wahrscheinlich sogar über Jahrtausende (KNÖRZER 1998) lässt Überlegungen zu, dass die Fruchtbarkeit und gute Nährstoffversorgung des Bodens schon damals durch geeignete Maßnahmen unterstützt wurde. Denkbar ist der Eintrag von Dung durch Beweidung, Brachphasen, deren Länge und Form aber fraglich bleibt, Fruchtwechsel, teilweise mit Stickstoff bindenden Leguminosen (Linse und Erbse) und ein regelmäßiges Brennen der Flächen, u. U. mit Holz von fremden Standorten. Große Anteile von feinen Pflanzenkohlen in den Schwarzerden scheinen auf häufige Brände hinzudeuten. Auch ein kontinuierlicher Anbau ohne Düngung über Jahrzehnte ist auf den nährstoffreichen Lössböden nicht auszuschließen. Bei Untersuchungen zum Auftreten von Unkräutern während der verschiedenen Phasen des Neolithikums zeigt sich, dass die Mittelwerte der Stickstoffzahl von der Bandkeramik bis zum Endneolithikum abnehmen (RÖSCH 2007). Jedoch gehören viele Arten des Bromo-Lapsanetums weiterhin zu den stetig nachweisbaren Unkräutern.

Die meisten Arten des Bromo-Lapsanetums gedeihen am besten auf leicht sauren, teilweise auch auf neutralen Böden. Löss ist ein äolisches Sediment mit hohem Kalkgehalt. Es ist also davon auszugehen, dass durch bodenbildende Prozesse von der letzten Eiszeit bis zum Neolithikum bereits eine Kalkverlagerung in tiefere Bodenschichten eingesetzt hatte, die zu neutralen bis leicht sauren Verhältnissen im Oberboden geführt haben könnten.

Die Bodenverhältnisse auf der Rekonstruktionsfläche können den Gegebenheiten im Neolithikum natürlich nicht entsprechen. Die damals genutzten Lössböden sind in dieser Form in unseren Breiten inzwischen durch bodenbildende Prozesse stark verändert. Bezüglich der zu erwartenden Bodenfruchtbarkeit und Ertragsmenge ist der für die Rekonstruktionsfläche genutzte Boden aber den angenommenen neolithischen Verhältnissen nicht ganz unähnlich. Es handelt sich um einen Pseudogley, der aus Geschiebelehm bzw. Geschiebesand aus dem Pleistozän über einer Kalkmergelschicht aus der Oberkreide entstanden ist. Die Nährstoffversorgung mit den Hauptnährstoffen war als optimal einzustufen, wodurch diesbezüglich mit guten Erträgen gerechnet werden konnte. Auch für die neolithischen Ackerflächen darf man, wie bereits beschrieben, von einer guten Nährstoffversorgung ausgehen. Der pH-Wert auf der Rekonstruktionsfläche im Oberboden lag bei 6,8 bis 7,0, also im neutralen bis leicht sauren Bereich. Auf einen ähnlichen oder etwas geringeren pH-Wert auf neolithischen Feldern deuten auch die Auswertungen der Zeigerwerte der Pflanzen des Bromo-Lapsanetums hin. Das Vorhandensein von Stauwasser war hingegen für neolithische Äcker wahrscheinlich untypisch. Durch den relativ hohen Lehmanteil war der bindige Boden der Versuchsfläche sicher-

lich schwieriger zu bearbeiten als die steinfreien Lössböden in der Bandkeramik. Die Bearbeitung auf der Rekonstruktionsfläche wurde mit Hacken und Spaten aus Metall durchgeführt, aber überwiegend in Handarbeit und ohne eine tiefe Bodenlockerung oder ein Wenden der Ackerscholle. Auf eine Bearbeitung mit Hilfe von rekonstruierten Holzgeräten wurde verzichtet, weil hierzu gesicherte Fundstücke aus der Zeitepoche des frühen Neolithikums weitestgehend fehlen und der lehmige Boden der Rekonstruktionsfläche ungeeignet für die Bearbeitung mit Holzwerkzeugen schien. Lediglich zur Ernte wurden zwei nach neolithischem Vorbild rekonstruierte Erntesicheln mit Feuersteinen eingesetzt. Die dabei durchgeführten Versuche und Zeitmessungen zum Erntevorgang ergaben, dass sich das Schneiden mit dem Erntemesser, nach einer gewissen Einarbeitungsphase, recht gut und effektiv durchführen ließ.

Das Ährenpflücken stellte sich im vorliegenden Rekonstruktionsversuch als schwierig heraus. Die Ähren ließen sich häufig kaum vom Stroh abtrennen. Man riss Wurzeln mit aus, die das Erntegut mit Erde verdreckten. Dies könnte mit der feuchten Witterung des Sommers 2002 zusammengehangen haben. Es ist denkbar, dass der bindige, teilweise staunasse Boden zu feucht war, wodurch die Ähren zum Abknicken nicht trocken genug waren. Es könnte auch mit der verwendeten Einkornsorte zusammenhängen, jedoch lassen sich nach MÜLLER (2007, mündlich) durchweg alle Einkornsorten direkt unter der Ähre oder oberhalb des ersten Ährchens gut abbrechen, wenn sie ausreichend trocken sind. Eine sehr ungleichmäßige Höhenentwicklung des Einkorns erschwerte weiterhin das gezielte Abknicken an einer Sollbruchstelle, wenn man mehrere Ähren gleichzeitig erfasste.

Zeitmessungen zu Arbeitsvorgängen nach neolithischem Vorbild bei der Feldvorbereitung und Ernte stellten sich als nur bedingt aussagekräftig heraus. Den Versuchspersonen fehlte es an Übung und Routine in den auszuführenden Tätigkeiten. Außerdem waren viele Kompromisse einzugehen, nicht zuletzt durch die weitere Zielsetzung des Projektes als Ausstellungsobjekt für das LWL-Museum in Herne.

Das sehr regnerische Wetter im Rekonstruktionsommer 2002 mit nur geringen Sonnenscheindauern sorgte zusammen mit dem zu Staunässe neigenden Boden vermutlich dafür, dass sich das Einkorn nicht völlig optimal entwickelte. Deutlich wurde dies bei dem Vergleich des Tausendkorngewichtes des eingesäten und des später geernteten Einkorns. Das Saatgut hatte mit 39,5 g (ohne Spelz) ein deutlich höheres TKG als das später geerntete Getreide mit 25,3 g (Sommeranbau). Es ist nicht nachvollziehbar, ob das Saatgut aus Sommer- oder Winteranbau stammt. Im Winteranbau sind höhere TKG zu erwarten. Überraschend war, dass das TKG von der Rekonstruktionsfläche in Handarbeit und aus maschinellen Bioanbau von der umliegenden Fläche identisch war. Die Intensität der Bodenbearbeitung bzw. die Tiefe der Bodenlockerung haben sich nicht auf die Korngröße ausgewirkt. Auch der geringere Einfluss von Stauwasser durch den Anbau auf Dämmen zeigte keinen positiven Einfluss auf das TKG. Die übrigen Parameter, Zeitpunkt von Einsaat und Ernte, Nährstoffversorgung des Bodens, Saatgut usw. waren auf den Flächen identisch.

Trotz dieser im Verhältnis zur Saatgut geringen Korngewichte ergaben sich Erträge, die deutlich über den üblichen Erträgen z. B. des Mittelalters lagen. Der Ertrag auf der nach neolithischem Vorbild rekonstruierten Fläche lag hochgerechnet bei 20 dt/ha (ohne Spelz). Dieser Ertrag wurde trotz geringer, nur oberflächlicher Bodenbearbeitung, großem Konkurrenzdruck durch Unkräuter und ungünstigen Witterungsbedingungen erzielt. Hätte das TKG des geernteten Getreides dem des Saatgutes entsprochen, wären

die Erträge nochmals deutlich höher ausgefallen (hochgerechnet theoretisch etwa 31 dt/ha). In aktuellen Anbauversuchen mit verschiedenen Einkornlinien sind Erträge bis zu 47 dt/ha erzielt worden, allerdings unter Einsatz moderner landwirtschaftlicher (biologisch-ökologischer) Produktionsprinzipien (MÜLLER 2007). Solch hohe Erträge sind für das Neolithikum jedoch kaum anzunehmen. Der gute Ertrag des Rekonstruktionsversuches bei dem relativ primitiven Anbauverfahren nach neolithischem Vorbild zeigt, dass wahrscheinlich schon im Neolithikum trotz starker Verunkrautung gute Erträge erwirtschaftet werden konnten. Diese könnten deutlich über den Erträgen des Mittelalters gelegen haben. Hohe Erträge könnten die Ausbreitung der bäuerlichen Lebensweise so erfolgreich gemacht haben. Die gute Nährstoffversorgung der damals verwendeten Böden, das günstige Klima und damit das gute Potential für erfolgreichen Ackerbau zeigen die Unkräuter des hypothetischen Bromo-Lapsanetums in den Untersuchungen jedenfalls deutlich an.

Ausgehend von dem im Rekonstruktionsversuch ermittelten Ertrag von rd. 20 dt/ha kann man mit Hilfe weiterer Ergebnisse verschiedener Rekonstruktionsversuche zur Verarbeitung und Lagerung auf die notwendige Feldgröße im Neolithikum eine Hochrechnung wagen. Abzüglich vieler Verluste z. B. durch Transport, Lagerung, Drusch und Entspelzung, Zubereitung, Schädlingsbefall und Entnahme des Saatgutes wurde, unter Vorbehalt, eine Menge von ca. 15 dt/ha errechnet, die dem neolithischen Landwirt und seiner Familie tatsächlich zum Verzehr zur Verfügung stehen könnten. Rund ein Viertel des Getreideertrages ging demnach verloren oder wurde anderweitig, z. B. als Saatgetreide, genutzt. Dabei könnte eine 5- bis 7-köpfige Familie vermutlich mit etwa diesen 1.500 kg als Nahrungsgrundlage im Jahr zurechtkommen, wenn ein Teil der Nahrung durch andere Feldfrüchte, tierische Produkte oder Sammelpflanzen abgedeckt würde. Eine Feldgröße von 10.000 m² scheint durchaus im Rahmen der Möglichkeiten, um sie in Handarbeit, eventuell mit Hilfe von Zugtieren und Pflug, mit einer sechsköpfigen Familie bestellen, pflegen und beernten zu können.

Besonders in schlechten Jahren könnte eine Mitnutzung der Unkräuter aus den Getreidefeldern eine Rolle bei der Ernährung gespielt haben. Steht das Getreide schlecht, können sich die konkurrenzstarken und anpassungsfähigen Unkräuter besser entwickeln und als zusätzliche Notversorgung genutzt werden. Hierbei ist besonders an *Bromus secalinus/arvensis*, *Fallopia* (Syn. *Polygonum*) *convolvulus* und *Chenopodium album* zu denken. Die nahrhaften Samen der *Bromus*-Arten erreichen etwa die Größe von Haferkörnern. Für *Chenopodium album* und *Fallopia convolvulus* ist eine Nutzung der stärkereichen Samen als Notnahrung für spätere Zeiten bekannt und Reinfunde für das Neolithikum nachgewiesen. Somit kann die typische, in Teilen vielleicht sogar absichtlich eingesäte oder geduldete Unkrautflora neolithischer Äcker hierdurch einen beabsichtigten Nutzen gehabt haben. Die anderen Arten des Bromo-Lapsanetums können größtenteils ebenfalls genutzt werden, sei es zu Heilzwecken, als Färbepflanze, als Salat oder Wildgemüse oder als gutes Viehfutter (siehe Tab. 11). *Galeopsis segetum* zeigte sich bei den Untersuchungen der Zeigerwerte nach Ellenberg und der ökologischen Gruppen als deutlicher Säurezeiger mit einem Wert von R=3. Solch saure Verhältnisse sind aber für neolithische Getreideäcker kaum anzunehmen. Heute ist die Art überwiegend auf sauren Silikatschuttböden anzutreffen. Hier könnte eine Verschiebung der ökologischen Nische durch andere Konkurrenzbedingungen oder genetisch bedingte Veränderungen der Art stattgefunden haben. Es ist aber auch nicht auszuschließen, dass

die Art zu Heilzwecken bewusst gefördert oder absichtlich gesät wurde. Sie eignet sich beispielsweise zur Behandlung von Erkältungskrankheiten und Tuberkulose (WILLERDING 1986). Außerdem lässt sich aus den recht großen Früchten von *Galeopsis tetrahit* bzw. *segetum* Öl pressen.

Aus *Galium aparine* kann man Lab gewinnen, das zur Käserherstellung genutzt werden kann. Ob dies auch schon im Neolithikum bekannt war, ist nicht sicher geklärt. Die Beispiele zeigen, dass die im Neolithikum verbreiteten Ackerunkräuter keinesfalls nur lästig, sondern teilweise überaus nützlich waren, was eine Duldung und aktive Miteinsaat unterstützen würde (s. Tabelle 11). Vielleicht wird der Begriff „Un“-Kraut hier teilweise zu unrecht verwendet.

Im durchgeführten Rekonstruktionsversuch konnten sich viele der absichtlich eingesäten Unkrautarten mit dem Getreide zusammen bis zur Fruchtreife entwickeln und bei der Ernte mit erfasst werden (s. Tabelle 20). Einige nicht eingesäte Arten des Bromo-Lapsanetums fanden sich sogar spontan im rekonstruierten Einkornacker ein, da sie heute, in der modernen Landwirtschaft, immer noch weit verbreitet sind.

Bei einer genaueren Beobachtung wurde deutlich, dass sich die Unkräuter nicht so gleichmäßig entwickelten wie das Getreide. Verschiedenen Reifestadien, teilweise nebeneinander an der gleichen Pflanze, lassen vermuten, dass sich die Unkräuter neben einer gelegentlichen Mitaussaat mit dem Saatgut des Vorjahres auch durch Selbstaussaat in einem neolithischen Getreidefeld etablieren konnten. Manche Arten haben eine erstaunlich lange Keimfähigkeit über mehrere Jahre und Jahrzehnte (*Chenopodium album* nachweisbar 1700 Jahre, nach WILMANN 1998). Somit können Diasporen u. U. längerfristige Brachen überdauern.

Einige Arten des Bromo-Lapsanetums fruchteten im Rekonstruktionsversuch zur Erntezeit des Getreides auf Höhe der Getreideähren. Ein Erfassen der Samen war sowohl bei der Ernte von Hand durch Ährenpflücken als auch bei der Ernte mit der Feuersteinsichel oft leicht möglich (s. Tabelle 20). Ein gezieltes Einsammeln bzw. Vermeiden der Unkräuter war bei starkem Unkrautbesatz einfacher als bei geringerem Unkrautauftreten. Jedoch ist dies abhängig von der jeweiligen Pflanzenart. Neolithische Reinfunde von Unkrautsamen, z. B. von *Chenopodium album* oder *Galeopsis tetrahit* sind bekannt. Isolierte Funde könnten sogar auf Reinanbau dieser Arten hindeuten, was aber eher unwahrscheinlich scheint. Jedoch wäre es nicht auszuschließen, dass sich durch jahrhundertelange Nutzung „Sorten“ von Unkräutern gebildet haben, die sich dem Rhythmus der damaligen Nutzpflanzen angepasst haben. Heute kann man beispielsweise schnelle Anpassung von Unkrautarten an neue Pflanzenschutzmittel innerhalb weniger Jahre beobachten (HOLZNER & GLAUNINGER 2005).

Der Anbau des Einkorns wurde im vorliegenden Rekonstruktionsversuch aus verschiedenen Gründen als Sommerung durchgeführt. Für das Neolithikum wird von vielen Autoren durch den Ursprung des Ackerbaus im Vorderen Orient, einem Winterregengebiet, ein Winteranbau angenommen. Jedoch ist auch ein Sommeranbau für Mitteleuropa möglich. Besonders Unkräuter der Linienbankkeramik deuten kaum auf Winteranbau hin (RÖSCH 2007). Die Untersuchung der Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums ergab keine eindeutigen Aussagen, die eher für Winter- oder Sommeranbau im Neolithikum sprechen würden (s. Tabelle 19). Beides kann nicht ausgeschlossen werden, vielleicht war auch beides nebeneinander je nach Bedarf und zur Verfügung stehender Fläche oder Arbeitskraft üblich. Für die Nutzpflanzen Erbse und Linse ist jedenfalls auch für das

Neolithikum von einem Sommeranbau auszugehen, so dass diese Methode auf jeden Fall bekannt gewesen sein muss. Heute bzw. in den letzten Jahrhunderten wurde Einkorn überwiegend als Wintergetreide angebaut, während Emmer eher als Sommerung üblich war. Es gibt aber für beide Getreidearten heute Sommer- und Winterformen.

Direkt neben dem Einkornacker wurde mit gleichem Aussaattermin Emmer im modernen, biologischen Anbau gesät. Emmer und Einkorn finden sich in neolithischen Fundsituationen sehr oft gemeinsam, so dass häufig ein Misanbau angenommen wird. Auch für die vorliegende Rekonstruktion wurde zunächst ein gemeinsamer Anbau in Erwägung gezogen. Aufgrund von Vorerfahrungen wurde davon abgesehen, da die Abreife der beiden Getreide heute unterschiedlich verläuft. Dies zeigte sich auch ganz deutlich bei dem Vergleich im vorliegenden Rekonstruktionsversuch. Emmer war etwa drei Wochen früher reif als Einkorn. Die Entwicklung der beiden Weizenarten unterliegt einer anderen Rhythmik. Einkorn zeigt eine typische Stagnation im Wuchsverhalten einige Zeit nach dem Auflaufen vor dem Ährenschieben, während Emmer ein regelmäßigeres Größenwachstum hat. Da ein ähnliches Wuchsverhalten auch von anderen Einkorn- und Emmersorten bekannt ist (aus einer Tätigkeit im Archäologischen Freilichtmuseum Oerlinghausen), muss die Sortenwahl nicht unbedingt eine Rolle spielen. Ob diese Unterschiede im Wuchs- und Reifeverhalten auf die Sorten im Neolithikum unter den damaligen Klima- und Bodenbedingungen übertragbar sind und deshalb gegen einen gemeinsamen Anbau sprechen, kann nicht experimentell ermittelt werden. Sortenspezifische Reifungszeitpunkte kann man sicherlich nicht rekonstruieren. Auch im Winteranbau könnten sich andere Ergebnisse zeigen.

Der Rekonstruktionsversuch zeigte, dass sich die meisten Arten des hypothetischen Bromo-Lapsanetums in einem Einkornacker nach neolithischem Vorbild gut durch Einsaat etablieren lassen (s. Tabelle 20). Die Entwicklung der Unkräuter, hier im Sommeranbau, lässt sowohl eine Selbstaussaat als auch das Miternten der Samen und eine Wiederaussaat zu. Ein ähnlicher Versuch und der Vergleich mit Emmeranbau wäre im Winteranbau interessant. Eine mehrjährige Wiederholung der Rekonstruktion, auch mit einer genauen Erfassung und Wiederaussaat der tatsächlich geernteten Unkrautsamen würde weitere Informationen liefern. Dabei könnten zusätzliche Untersuchungsaspekte wichtige Aufschlüsse zu Erntemethoden, Unkrautbesatz, Sommer- und Winteranbau, Fruchtwechsel, Ertragshöhen und Brachen ergeben. Aktuell werden interdisziplinäre, von verschiedenen wissenschaftlichen Institutionen unterstützte, mehrjährige Versuche zum neolithischen Ackerbau in Forchtenberg durchgeführt (RÖSCH 2005, EHRMANN et al. 2009). Der Schwerpunkt dieser Versuche liegt beim Thema Brandwirtschaft und Bodenbearbeitung und ihre Auswirkung auf Anbaubedingungen, Boden und Ertrag. Dabei wird selten Einkorn, sondern überwiegend Emmer als beispielhaftes neolithisches Getreide benutzt, da Einkorn in den Versuchen in Forchtenberg zur Lagerung neigt.

Alte Nutzpflanzen werden immer weiter verdrängt, finden aber gleichzeitig in der Wissenschaft wieder vermehrte Beachtung. Einkorn, ein bis vor wenige Jahre fast völlig in Vergessenheit geratenes Getreide, wird aktuell sehr intensiv auf seine Eignung für den ökologischen Anbau (MÜLLER 2007) und aufgrund seiner Resistenzen gegen verschiedene Pilze untersucht (LIND 2006). Im Zuge von Extensivierungsmaßnahmen in der Landwirtschaft, z. B. im modernen Vertragsnaturschutz, könnte der Einsatz dieses

robusten, anspruchslosen, und wie sich im Rekonstruktionsversuch zeigte, gegen Unkräuter konkurrenzstarken Getreides wieder interessant werden.

Es sei noch einmal abschließend erwähnt, dass es bei Rekonstruktionen nicht möglich ist, völlig authentische Bedingungen zu schaffen. Klimaänderungen und Bodenentwicklung sind nicht rückgängig zu machen. Viele Kompromisse müssen eingegangen werden, und letztendlich werden die ausführenden Personen als Menschen des heutigen Industriezeitalters mit Tätigkeiten konfrontiert, die für sie völlig ungewohnt sind (MEURERS-BALKE & LÜNING 1990a). Neben der wissenschaftlichen Auswertung war hier auch der Aspekt der visuellen Darstellung im Museum zu berücksichtigen. Man darf bei der Auswertung der Ergebnisse, wie bei den meisten archäologischen und archäobotanischen Experimenten, nicht vergessen, dass es sich um den Versuch einer Rekonstruktion handelt, der nur auf unvollständigen Kenntnissen beruht.

6 Darstellung im LWL-Museum für Archäologie - Westfälisches Landesmuseum in Herne

Wie bereits dargestellt wurde, diente der Rekonstruktionsversuch nicht nur der wissenschaftlichen Forschung, sondern sollte fotografisch als Ausstellungsobjekt für das LWL-Museum für Archäologie in Herne aufbereitet werden.

Das ehemals in Münster angesiedelte Museum wurde im Jahr 2003 nach Herne verlegt. Für die dort entstehende, völlig neu zu konzipierende Ausstellung zur Archäologie in Westfalen benötigte man zeitgemäße, innovative Ausstellungsobjekte.

Dem Museumsbesucher sollte mit Bildern eines rekonstruierten neolithischen Getreideackers ein Gefühl für die Lebensweise und den Arbeitsalltag der ersten sesshaften Menschen in Westfalen vor rd. 7.500 Jahren vermittelt werden. Denn dieser wichtige Schritt in der Menschheitsgeschichte, die „neolithische Revolution“ mit dem Beginn des Ackerbaus und der Sesshaftwerdung, bedingte die Gründung von Siedlungen, wodurch die Wurzeln unserer heutigen Kultur entstanden. Er leitete die Umwandlung der Naturlandschaft in unsere heutige Kulturlandschaft ein.

Der Ackerbau, Lebensgrundlage der Menschen in der Jungsteinzeit, zeichnete sich schon durch ein sehr professionelles und weit entwickeltes Konzept aus, wie man es vielleicht unter steinzeitlichen Bedingungen nicht vermuten würde. Die neue, permanent notwendige Präsenz des Menschen an einem Ort und die dadurch bedingte Sesshaftigkeit sollte im Jahresverlauf dokumentiert werden.

Die Darstellung im Museum in Herne erfolgt durch Zeitrafferaufnahmen. Ein Fotograf machte über ein Jahr lang einmal monatlich, jeweils zum Zeitpunkt des Vollmondes, Fotos von der rekonstruierten Ackerfläche. Diese Fotos, die alle 30 Sekunden über einen Zeitraum von 24 h aufgenommen wurden, ergaben pro Drehtag einen zweiminütigen Kurzfilm. Diese Kurzfilme entstanden an 13 aufeinanderfolgenden Vollmond-Tagen (Oktober 2001 bis November 2002). Der Tag des Vollmondes wurde zum einen ausgewählt, um die Bedeutung des Mondes für die damaligen Menschen herauszustellen. Zum anderen waren natürlich die nächtlichen Lichtverhältnisse bei Vollmond für die Fotoaufnahmen vorteilhaft.

Die dreizehn entstandenen Kurzfilme werden im Museum auf 13 Monitoren, die im Kreis angeordnet sind, zeitgleich gezeigt. So wird dem Museumsbesucher ein Bild von

der jährlich wiederkehrenden, praktisch endlosen Arbeit auf einem Acker vermittelt. Diese 13 Monitore befinden sich in der Dauerausstellung des Museums in einem gesonderten Kubus (s. Abb. 62). In diesem Kubus ist es bis auf die Monitore fast völlig dunkel. Nur eine Lichtleiste am Boden erhellt den Raum, so dass man sich voll auf die Eindrücke von den Bildschirmen konzentrieren kann. Als zusätzliches Ausstellungsobjekt ist im Boden des Kubus, abgedeckt durch eine Kunststoffscheibe, ein Originalfund von verkohltem Einkorn und Emmer etwa aus der Zeit 4.900 bis 4.800 v. Chr. (aus Borgentreich-Großeneder) eingelassen. Zum Vergleich dazu ist originales Erntegut aus dem Rekonstruktionsversuch mit ausgestellt (unverkohlt).



Abb. 62: Monitore mit Zeitrafferaufnahmen im Inneren des Kubus im Museum in Herne.

7 Zusammenfassung / Abstract

Inhalt dieser Arbeit ist die Darstellung und Auswertung eines Rekonstruktionsversuchs zum neolithischen, schwerpunktmäßig bandkeramischen Ackerbau. Als Getreide wurde *Triticum monococcum* (Einkorn) ausgewählt. Die Rekonstruktionsfläche von 144 m² wurde, soweit bekannt und praktikabel, nach neolithischem Vorbild angelegt und bearbeitet. Sie lag eingebettet in einen Einkornacker im modernen Bioanbau.

Um Ökologie, Standortbedingungen und Produktionsprinzipien neolithischer Ackerflächen besser verstehen zu können, war die zentrale Fragestellung eine Überprüfung der diesbezüglichen Aussagekraft von typisch neolithischen Unkrautarten. Erstmals erfolgte dabei die Einsaat von Arten des sogenannten „Bromo-Lapsanetums“, um deren Entwicklung in der Praxis zu untersuchen. Für die typische Artzusammensetzung, die KNÖRZER (1971, 1998) aus dem regelmäßigen Nachweis einiger Unkrautarten in neolithischen Getreidefunden im Rheinland als stetig auftretende Ackerunkrautgesellschaft bezeichnet, ist die Zuordnung zu einer pflanzensoziologischen Einheit zwar umstritten, sie liefert

aber für die Interpretation der ökologischen Bedingungen eines neolithischen Getreideackers wertvolle Grundlagen. Informationen wie z. B. die heutige Verbreitung, erste Nachweisbarkeit und Herkunft, die Zeigerwerte nach Ellenberg, Aussagen zu Sommer- oder Winteranbau, Keimbedingungen, Samenbank, Nutzbarkeit und die phytocoenologische Bindung der Arten wurden aus der Literatur zusammengetragen und analysiert. Dabei ergab sich u. a., dass die Unkräuter auf gute Stickstoffversorgung und neutrale bis leicht saure Bodenverhältnisse für das Neolithikum schließen lassen. Eine eindeutige Zuordnung zum Sommer- oder Winteranbau und eine Einordnung in das heutige pflanzensoziologische System waren nicht möglich. Sehr viele der Arten waren nutzbar, z. B. als Nahrungs-, Heil- oder Färbepflanze.

Auf verschiedenen Versuchsflächen wurde im Rekonstruktionsversuch erstmals die tatsächliche Etablierungsmöglichkeit der Unkrautarten des Bromo-Lapsanetums durch Einsaat überprüft und parallel die spontane Unkrautflora untersucht. Ein zentrales Ergebnis der Einsaatversuche ist die tatsächliche Entwicklung der meisten Arten in einer Ackerfläche, die nach neolithischem Vorbild bewirtschaftet wurde. Die meisten Unkräuter zeigten (bei Sommeranbau) überwiegend reife Samen zum Erntezeitpunkt. Ein Miternten und somit eine potentielle Mitnutzung war oft möglich, obwohl das tatsächliche Wuchsverhalten deutlich von der idealisierten Vorstellung abwich. Die Samen erreichten zwar nicht immer den oberen Ährenbereich, eine hohe Varianz in der Höhe der Einkornähren macht aber ein Erfassen niedrigerer Samen wahrscheinlich.

Die Einkorn-Ernte im Rekonstruktionsversuch fiel trotz starker Verunkrautung und ungünstiger Witterung im Versuchsjahr mit rd. 20 dt/ha entspelzten Korn überraschend hoch aus. Dies liegt deutlich über den Erträgen, die bisher für neolithischen Ackerbau vermutet wurden. Daraus könnte man auf eine Feldfläche von rd. 1 ha Größe zur Versorgung einer neolithischen Familie (6 Personen) mit Getreide schließen. Vergleiche der ermittelten Ertragshöhe erfolgten mit Ertragsdaten der umliegenden Einkornfläche im Bioanbau (mit intensiverer Bodenbearbeitung) sowie zu aktuellen Forschungsergebnissen zum Anbau von Einkorn (MÜLLER 2005, 2007). Zeitmessungen zur Feldbestellung und Ernte ergaben einen sehr hohen Arbeitsaufwand. Die Ernte mit einer nachgebauten Feuersteinsichel zeigte sich effektiver als ein Ährenpflücken von Hand.

Darüber hinaus wurde ein Versuch zum vielfach diskutierten Mischanbau von Einkorn und Emmer im Neolithikum durchgeführt. Zur Darstellung der phänologischen Entwicklung wurden die beiden Getreide im modernen Bioanbau unter identischen Bedingungen neben der Rekonstruktionsfläche angebaut. Emmer reifte schneller ab und wurde drei Wochen früher geerntet. Diese heutige zeitversetzte Abreife könnte gegen einen Mischanbau im Neolithikum sprechen.

Abstract

Reconstruction of a Neolithic grain field and analysis of its accompanying weed flora

This paper explains the conception and evaluation of an experimental reconstruction of a Neolithic, mainly Linear pottery culture, grain field. *Triticum monococcum* (einkorn wheat) was selected for sowing. The reconstruction area of 144 m² was cultivated according to the Neolithic model, as far as this was established and possible. The area

was surrounded by a field with einkorn which was cultivated with modern organic agricultural techniques.

To advance our understanding of the ecology, growing conditions and principles of the agriculture of Neolithic grain fields, the central question of the study was evaluating the indicator value of a typical Neolithic weed species. For the first time, species of the so-called "Bromo-Lapsanetum" were sown to study their growth in a field study. For this typical species composition established by KNÖRZER (1971, 1998), the assignment to a phytosociological unit is controversial. However, it provides valuable basic knowledge for the interpretation of the ecological conditions of a Neolithic grain field. Information on today's species distribution areas, the indicator values according to Ellenberg, indicators for a summer or winter cultivation, germination conditions, seed banks, usability of the species and their phytocoenological preferences were gathered from the available literature and analyzed. These pointed towards the weeds indicating a good nitrogen supply and towards neutral to slightly acidic ground conditions for the Neolithic period. An unequivocal assignment to the summer or winter cultivation and a classification into the modern phytosociological system were not possible. Many of the weeds were usable as food, medicine or for dyeing.

On several subplots of the experimental reconstruction area it was tested if the weeds of the Bromo-Lapsanetums can be established by sowing. The wild-growing weed flora was also examined for comparison. It showed that most disseminated weed species could be established by being sown on a field cultivated according to the Neolithic model. During summer cultivation they predominantly developed up to ripening stage. Harvest and potential utilization of the seeds, together with *Triticum*, was often possible, although the actual growth characteristics clearly deviated from the idealized expectations. Although the seeds did not always reach the upper ear height, a large variance of ears' heights enabled the harvest of weed seeds closer to the ground.

With about 20 dt grain (without husk) per ha the einkorn harvest in the reconstruction experiment was unexpectedly high in spite of strong weed growth and unfavorable weather. This is clearly above the yields that have been estimated for the Neolithic period up until now. From this result, it may be concluded that a field of the size of about one ha could have been sufficient for providing a Neolithic family of 6 with grain.

Yields were compared with the harvest from the einkorn field surrounding the reconstruction area (with intensive organic soil tillage) as well as with recent results from cultivation experiments of einkorn (MÜLLER 2005, 2007). Time measurements taken during farming and harvesting proved a very high work load. Harvesting with a reconstructed flint stone sickle was more effective than picking the ears by hand.

Additionally, an experiment of mixed cultivation of einkorn and emmer, which is often discussed for the Neolithic period, was carried out. To demonstrate the phenological development both crops were cultivated under identical conditions in a modern organic agriculture environment next to the reconstruction area. Emmer matured faster and could be harvested three weeks earlier. The observed time-displaced maturity might argue against a mixed cultivation in Neolithic period.

8 Danksagung

Die Durchführung des Rekonstruktionsversuches, die Erstellung meiner Dissertation und diese Veröffentlichung wären ohne die Hilfe verschiedener Personen nicht möglich gewesen. Ihnen allen, auch den hier nicht ausdrücklich genannten, gilt mein herzlichster

Dank. Im Speziellen möchte ich mich zuerst bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Fred J. A. Daniëls bedanken, denn er sorgte mit wertvollen Ratschlägen für das Gelingen der Arbeit. Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitgliedern des Arbeitskreises des Instituts für Ökologie der Pflanzen, insbesondere bei meiner Freundin Ortrun Lepping. Dr. Barbara Rüschoff-Thale möchte ich ebenfalls meinen Dank für die Anregung und archäologische Betreuung des Projektes, das entgegengebrachte Vertrauen und die gute Teamarbeit bei der praktischen Durchführung der Rekonstruktion aussprechen, bei der neben viel Arbeit auch eine Menge Spaß angefallen ist. Ebenfalls danke ich hier den Mitarbeitern des LWL, die in ihrer Freizeit in die Rolle eines neolithischen Bauern geschlüpft sind und tatkräftig die Feuersteinsichel geschwungen haben. Dem Biolandwirt Johannes Deventer gilt mein besonderer Dank, denn er hat nicht nur seine Flächen und sein Fachwissen zu Verfügung gestellt, er hat sich auch vom Forschergeist anstecken lassen und das Projekt auf verschiedenste Weisen unterstützt. Großer Dank geht natürlich an meine Familie, ganz besonders an meinen Mann Sascha, der mich stets bestärkt hat, mir den Rücken frei gehalten hat und nicht nur ebenfalls tatkräftig bei der Feldbestellung geholfen, sondern auch viele EDV-Probleme gelöst hat. Außerdem danke ich Herrn Dr. Tenbergen vom LWL-Museum für Naturkunde in Münster für die Hilfsbereitschaft und Geduld bei der Veröffentlichung in der hier vorliegenden Form.

9 Literatur

- ARLT, K. & T. EGGERS (1997): Natürliche Vegetation - Ackerunkraut-Vegetation. - Schriftenreihe d. BML: Angewandte Wissenschaft **465**: 20-28.
- BAKELS, C. C., M. J. ALKEMADE & C. E. VERMEEREN (1993): Botanische Untersuchungen in der Rössener Siedlung Maastricht-Randwijck. - *Archaeo-Physika* **13**: 35-48.
- BIOFLOR (2010): <http://www.ufz.de/biolflor/index.jsp>. Aktualisierungsdatum 03.04.2010.
- BOGAARD, A. (2004): Neolithic farming in Central Europe - An archaeobotanical study of crop husbandry practices. - Routledge, London.
- BONN, S. & P. POSCHLOD (1998): Ausbreitungsbiologie der Pflanzen Mitteleuropas. Grundlagen und kulturhistorische Aspekte. - UTB, Wiesbaden.
- BLUM, W. (2007): Bodenkunde in Stichworten. Hirts Stichwortbücher.- Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- BOLLONGINO, R., J. BURGER & W. HAAK (2006): DNA-Untersuchungen bei Menschen und Rindern. - In: *Archäologie in Deutschland*. 3/2006: 24-25.
- BRAMANTI, B., M. G. THOMAS, W. HAAK, M. UNTERLAENDER, P. JORES, K. TAMBETS, I. ANTANALIS-JACOBS, M. N. HAIDLE, R. JANKAUSKAS, C.-J. KIND, F. LUETH, T. TERBERGER, J. HILLER, S. MATSUMURA, P. FORSTER, J. BURGER (2009): Genetic Discontinuity Between Local Hunter-Gatherers and Central Europe's First Farmers. - *Science* Vol. **326**, no. 5949: 137-140.
- BROLL, G. & P. FELIX-HENNINGSSEN (1992): Skript zum Laborpraktikum Bodenökologie I. - Institut für Landschaftsökologie, 1. Aufl., Münster.
- BROLL, G. & C. ERBER (2000): Bodenkundliches und bodenökologisches Laborpraktikum. - Institut für Geographie, Abt. Landschaftsökologie, korr. Fassung 2000, Münster.
- BURRICHTER, E. (1976): Vegetationsräumliche und siedlungsgeschichtliche Beziehungen in der Westfälischen Bucht. - *Abhandl. a. d. Landesmuseum f. Naturk. Münster* **38**, Heft 1, 3-14.
- BURRICHTER, E. (1977): Vegetationsbereicherung und Vegetationsverarmung unter dem Einfluss des prähistorischen und historischen Menschen. - *Natur u. Heimat* **37**: 46-51.
- BURRICHTER, E. (1993): Die potentielle natürliche Vegetation in der westfälischen Bucht. - *Erläuterungen zur Übersichtskarte 1.200.000, Siedl. u. Landschaft in Westf.* **8**, Hrsg.: Geogr. Kommission Westf., Münster.

- BURRICHTER, E., R. POTT & H. FURCH (1988): Potentielle Natürliche Vegetation. - Geographische Kommission f. Westfalen (ed.): Geogr. Landesk. Atlas Westfalen. Themenbereich II - Landesnatur-, Lfg. 4, Dppl.bl. 1. - Aschendorff, Münster.
- BURRICHTER, E., J. HÜPPE & R. POTT. (1993): Agrarwirtschaftlich bedingte Vegetationsbereiche und -verarmung in historischer Sicht. - *Phytocoenologia* **23**: 427-447.
- COLES, J. (1973): Erlebte Steinzeit - Experimentelle Archäologie. - Bertelsmann, München, Gütersloh, Wien.
- CREMER, J., M. PARTZSCH, G. ZIMMERMANN, C. SCHWÄR & H. GOLTZ (1991): Acker- und Gartenwildkräuter - ein Bestimmungsbuch. - DLV, Berlin.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. - Ulmer, Stuttgart.
- DIERBEN, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie. - Akademie-Verlag, Berlin.
- DIERBEN, K. (1996): Vegetation Nordeuropas. - Ulmer, Stuttgart.
- DÖRING, C. (2007): Was in der Steinzeit auf den Tisch kam. - Die Steinzeit. GEOkompakt **13**: 74.
- ECKMEIER, E., R. GERLACH, E. GEHRT & M. W. I. SCHMIDT (2007): Pedogenesis of Chernozems in Central Europe - A review. - *Geoderma* **139**: 288-299.
- EHRMANN O. & M. RÖSCH (2005): Experimente zum neolithischen Wald-Feldbau in Forchtenberg: Einsatz und Auswirkung des Feuers, Erträge und Probleme des Getreidebaus. - Materialhefte zur Archäologie **73**: 109-140.
- EHRMANN O., M. RÖSCH & W. SCHIER (2009): Experimentelle Rekonstruktion eines jungneolithischen Wald-Feldbaus mit Feuereinsatz - ein multidisziplinäres Forschungsprojekt zur Wirtschaftsanschäologie und Landschaftsökologie. - *Prähistorische Zeitschrift* **84**: 44-72.
- ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - 2. Aufl. Scripta Geobotanica **9**, Göttingen.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. - 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG, H., H. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH & W. WERNER (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - 3. Aufl.- Scripta Geobotanica **18**; Göttingen.
- ENGELEN, H. (2007): Von der Höhle zum Haus. - Die Steinzeit. GEOkompakt **13**: 6-17.
- FRANKE, W. (1981): Nutzpflanzenkunde. - 2. Aufl., Thieme, Stuttgart, New York.
- FRIES-KNOBLACH, J. (2005): Neolithische Pflüge und Ackerfluren aus archäologischer Sicht. - Materialhefte zur Archäologie **73**: 27-44.
- GARKE, A. (1972): Illustrierte Flora. Deutschland und angrenzende Gebiete. - 23. Aufl., Parey, Berlin, Hamburg.
- GEHRT, E. M. GESCHWINDE & M. W. I. SCHMIDT (2002): Archäologisches Korrespondenzblatt **32**: 21- 30.
- GEISLER, G. (1991): Farbatlas landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. - Ulmer, Stuttgart.
- GEOLOGISCHER DIENST NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (1977): Bodenkarte zur landwirtschaftlichen Standorterkundung, Verfahren LA242 Rinkerode. - Maßstab 1:5000, mit Erl.; Berab.: Elbert L. (1977), Krefeld. [Unveröff.].
- GERLACH, R., H. BAUMEWERD-SCHMIDT, K. VAN DEN BORG, E. ECKMEIER & M. W. I. SCHMIDT (2006): Prehistoric alteration of soil in the Lower Rhine Basin, Northwest Germany - archaeological, ¹⁴C and geochemical evidence. - *Geoderma* **136**: 38-50.
- GERLACH, R., J. MEURERS-BALKE, C. WYGASCH, S. SCHAMUHN U. GEILENBRÜGGE (2009): Pedologie und Geoarchäologie im Rheinland. - *DBG Mitteilungen*, Bd. **112**: 136-146.
- GRAU, J., B. KLIHN, B. KREMER, B. MÖSELER, G. RAMBOLD & D. TRIEBEL (1990): Gräser. Die farbigen Naturführer. - Mosaik, München.
- GRIME, J. P. (2001): Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. - 2. Auflage. Wiley, Chichester.
- GRONENBORN, D. (2005): Bauern - Priester - Häuptlinge. Die Anfänge der Landwirtschaft und die frühe Gesellschaftsentwicklung zwischen Orient und Europa. - Kat. z. Niederösterreich. Landesausstellung 2005: 115- 123.
- GRONENBORN, D. (2006): Letzte Jäger - erste Bauern. - *Archäologie in Deutschland* **3/2006**: 18-23.
- GRONENBORN, D. (2007): Vom Rand der Wüste bis an den Rand der Antarktis. - *Damals. Das Magazin für Geschichte und Kultur*. 2/2007: 40-44.

- HAAS, J. N., T. GIESECKE & S. KARG (2003): Die mitteleuropäische Subsistenzwirtschaft des 3. und 2. Jahrtausends v. Chr. aus paläoökologischer Sicht.- URL www.jungsteinzeit.de, Artikel vom 01. Juli. 2003: 1-8. Aktualisierungsdatum 20.02.2008.
- HANF, M. (1990): Farbatlas Feldflora: Wildkräuter und Unkräuter. - Ulmer, Stuttgart.
- HARF, R. (2007): Zeitleiste. - Die Steinzeit. GEOkompakt **13**: 153.
- HART, H. (1996): Die große Kräuterfibel. Heilpflanzen und ihre Anwendung. - Pabel-Moewig, Rastatt.
- HEINRICH, D. & M. HERGT (1990): Atlas zur Ökologie. - dtv, München.
- HOFMEISTER, H. & E. GARVE (2006): Lebensraum Acker. - Reprint d. 2. Aufl. Kessel, Remagen.
- HOLZNER, W. & J. GLAUNINGER (2005): Ackerunkräuter-Bestimmung-Biologie -Landwirtschaftliche Bedeutung. - Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart.
- HÜPPE, J. (1986): Kurze Übersicht über die Pflanzengesellschaften der Äcker in Westfalen. - Abhandl. Westf. Museum für Naturkunde **48**, Heft 2/3: 209-221.
- HÜPPE, J. (1987): Die Ackerunkrautgesellschaften in der Westfälischen Bucht. - Abhandl. Westf. Museum für Naturkunde **49**, Heft 1, Münster.
- HÜPPE, J. (1987a): Zur Entwicklung der Ackerunkrautvegetation seit dem Neolithikum. - Natur- und Landschaftskunde **23**: 25-33.
- HÜPPE, J. & H. HOFMEISTER (1990): Syntaxonomische Fassung und Übersicht über die Ackerunkrautgesellschaft der Bundesrepublik Deutschland. - Ber. d. Reinh. Tüxen-Ges. **2**, Hannover: 61-82.
- INDUSTRIEVERBAND AGRAR E.V. (2007): Weizenanbau - in 50 Jahren den Ertrag/Hektar verfünffacht. - Profil online, URL: <http://www.profil.iva.de>, Aktualisierungsdatum: 13.11.2007.
- JACOMET, S. (1988): Pflanzen mediterraner Herkunft in neolithischen Seeufersiedlungen der Schweiz. - Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg **31**: 205-212.
- JAKOMET, S., C. BROMBACHER & M. DICK (1989): Archäobotanik am Zürichsee -Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich. - Züricher Denkmalpflege, Monographien **7**. Verlag Orell Füssli, Zürich.
- JACOMET, S. & A. KREUZ (1999): Archäobotanik: Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschung. - Ulmer, Stuttgart.
- JEDICKE, E. (1989): Boden: Entstehung, Ökologie und Schutz. - Maier, Ravensburg.
- KALIS, A. J. (1988): Zur Umwelt des frühneolithischen Menschen: ein Beitrag der Pollenanalyse. - Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg **31**: 125-138.
- KALIS, A. J. & J. MEURERS-BALKE (1993): Rezent-geobotanische Überlegungen zur natürlichen Waldvegetation im Subboreal. - Archäo-Physika **13**: 49-61.
- KIERLEIS, W. & U. WILLERDING (2008): Die Pflanznereste aus der linienbandkeramischen Siedlung von Rosdorf-Mühlengrund, Ldkr. Göttingen, im südöstlichen Niedersachsen. - Prähistorische Zeitschrift **83**: 133-178.
- KNÖRZER, K.-H. (1968): 6000jährige Geschichte der Getreidenahrung im Rheinland. - Decheniana **119**, Heft 1/2: 113-124.
- KNÖRZER, K.-H. (1971): Urgeschichtliche Unkräuter im Rheinland. - Ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Segetalgesellschaften. - Vegetatio **23**: 89-111.
- KNÖRZER, K.-H. (1971a): Genutzte Wildpflanzen in vorgeschichtlicher Zeit. - Bonner Jahrbücher **171**: 1-8.
- KNÖRZER, K.-H. (1971b): Pflanzliche Großreste aus der rössenerzeitlichen Siedlung bei Langweiler, Kreis Jülich. - Bonner Jahrbücher **171**: 9-33.
- KNÖRZER, K.-H. (1971c): Eisenzeitliche Pflanzenfunde im Rheinland. - Bonner Jahrbücher **171**: 40-58.
- KNÖRZER, K.-H. (1997): Botanische Untersuchungen von 16 neolithischen Siedlungsplätzen im Bereich der Aldenhovener Platte, Kr. Düren und Aachen. - In: LÜNING, J. (1997) Hrsg.: Studien zur Besiedlung der Aldenhovener Platte und ihrer Umgebung: 647-685.
- KNÖRZER, K.-H. (1998): Botanische Untersuchungen am bandkeramischen Brunnen von Erkelenz-Kückhofen. - In: H. Koschick (Hrsg.) (1998): Brunnen der Jungsteinzeit. Mat. Bodendenkmalpflege Rheinland **11**: 229-246.

- KNÖRZER, K.-H., J. MEURERS-BALKE & R. GERLACH (1999a): Die frühholozäne Flora des Rheintales bei Neuss und der Erfttaue bei Hombroich. - Decheniana-Beiheft **38**, Bonn.
- KNÖRZER, K.-H., R. GERLACH, J. MEURERS-BALKE, A. KALIS, U. TEGTMEIER, W. BECKER, & A. JÜRGENS (1999b): PflanzenSpuren. Archäobotanik im Rheinland: Agrarlandschaft und Nutzpflanzen im Wandel der Zeiten. - Mat. z. Bodendenkmalpflege im Rheinland **10**, Hrsg.: Harald Koschik, Köln.
- KÖRBER-GROHNE, U. (1994): Nutzpflanzen in Deutschland. Kulturgeschichte und Biologie. - Theiss, Stuttgart.
- KREUZ, A (1988): Holzkohle-Funde aus ältestbandkeramischen Siedlungen Friedberg-Bruhenbrücken: Anzeiger für Brennholz-Auswahl und lebende Hecken?. - Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg **31**: 139-153.
- KREUZ, A. (1990): Die ersten Bauern Mitteleuropas – Eine archäobotanische Untersuchung zu Umwelt und Landwirtschaft der ältesten Bandkeramik. - Analecta Praehistorica Leidensia **23**: 1-248.
- KREUZ, A. (1993): Einheimisch oder fremde Pflanzen? Ein Überblick zur Herkunft „potentieller Unkräuter“ und ihrer Verbreitung zur Zeit der Bandkeramik. - Archaeo-Physika **13**, 23-33.
- KREUZ, A. (2006): Bandkeramische Landwirtschaft - Tradition und Innovation. - Archäologie in Deutschland. **3/2006**: 26-27.
- KÜSTER, H. (1985): Herkunft und Ausbreitung einiger Secalietea-Arten.- Tuexenia **5**: 89-98.
- KÜSTER, H. (1986): Sammelfrüchte des Neolithikums - Abhandl. Westf. Museum f. Naturkunde; **48** Heft 2/3: 433-440.
- KÜSTER, H. (1992): Die Geschichte einiger Ackerunkräuter seit der Jungsteinzeit. - Flora und Fauna der Äcker und Weinberge. - Stiftung Naturschutz Hamburg: 29-35.
- KÜSTER, H. (1994): Vielfalt und Monotonie von Ackerstandorten und deren Auswirkungen auf die Unkrautflora. - Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg Sonderheft **1/1994**, Naturschutz in der Agrarlandschaft: 4-7.
- KÜSTER, H. (1999): Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa. Von der Eiszeit bis zur Gegenwart. - Beck, München.
- KÜSTER, H. (2003): Geschichte des Waldes. Von der Urzeit bis zur Gegenwart. - 1. Auflage 1998, Sonderaufgabe 2003, Beck, München.
- LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Deutschlands. - Gustav Fischer, Jena, Stuttgart, New York.
- LANGE, E & H. ILLIG (1988): Das Feldflorareservat bei Luckau-Freesdorf - seine Bedeutung für Florenschutz und Paläo-Ethnobotanik.- Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden- Württemberg **31**: 53-64.
- LANGE, E & H. ILLIG (1990): Paläo-ethnobotanische Befunde aus dem Feldflorareservat bei Luckau-Freesdorf/Niederlausitz. - In: Fansa (1990): Experimentelle Archäologie in Deutschland: 143-148.
- LIND, V. (2006): Verbesserung der Resistenz gegen den Erreger des Braunrostes (*Puccinia triticina*) in Weizenformen des ökologischen Landbaus, Einkorn (*Triticum monococcum*), Emmer (*Triticum dicoccum*) und Dinkel (*Triticum spelta*) - URL <http://orgprints.org/7830/>, Aktualisierungsdatum 23.02.2008.
- LINKE, W. (1976): Frühstes Bauerntum und geographische Umwelt. - Schöningh, Paderborn.
- LINNEMANN, B (2009): Beitrag zur Ökologie neolithischer Ackerflächen - Rekonstruktion eines Getreideackers mit Untersuchungen zur typischen Unkrautflora. Inaugural-Dissertation an der westfälischen Wilhelms-Universität Münster. – URL <http://miami.uni-muenster.de/servlets/DocumentServlet?id=4822>.
- LÖBF NRW (2001): Westfälische Bucht und Westfälisches Tiefland. - Bearbeitung: D. & U. Lischewski, 23.08.2001. URL http://www.lanuv.nrw.de/static/infosysteme/rlpflges/a_gl_0003.htm, Aktualisierungsdatum: 24.02.2008.
- LÜNING, J. (2000): Steinzeitliche Bauern in Deutschland. Die Landwirtschaft im Neolithikum. - Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, Bd. **58**, Habelt, Bonn.

- LÜNING, J. (2005) (Hrsg.): Die Bandkeramiker. Erste Steinzeitbauern in Deutschland. - Leihdorf, Rahden/Westfalen.
- LÜNING, J. (2005a): Die Bandkeramiker im 21. Jahrhundert. - Symposium in der Abtei Brauweiler bei Köln 2002. Hrsg.: Jens Lüning, Christiane Frirdich, Andreas Zimmermann.
- LÜNING, J. & J. MEURERS-BALKE (1980): Experimenteller Getreidebau im Hambacher Forst, Gemeinde Elsdorf, Kr. Bergheim/Rheinland. - Bonner Jahrbücher **180**: 305-344.
- LÜNING, J., A. JOCKENHÖVEL, H. BENDER & T. CAPELLE (1997): Deutsche Agrargeschichte - Vor- und Frühgeschichte. - Ulmer, Stuttgart.
- MAIER, U (1991): Botanische Untersuchungen in Hornstaad-Hörnle IA. Neue Ergebnisse zur Landwirtschaft und Ernährung einer jungsteinzeitlichen Uferrandsiedlung. - Ber. RGK **71**, 1990 (1991): 110-135.
- MEISEL, S. (1960): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 97 Münster. - In: Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung (Hrsg.): Geographische Landesaufnahme 1:200.000. Naturräumliche Gliederung Deutschlands. 1960. Bonn-Bad Godesberg.
- MEISTER, M. (2008): Am Anfang waren die Tempel. - Geo 01/2008: 146-176.
- MEURERS-BALKE, J. & J. LÜNING (1990a): Experimente zur frühen Landwirtschaft - Ein Überblick über die Kölner Versuch in den Jahren 1978-1986. - In: Fansa (1990): Experimentelle Archäologie in Deutschland: 82-92.
- MEURERS-BALKE, J. & J. LÜNING (1990b): Experimente zur Verarbeitung von Spelzgetreide. - In: Fansa (1990): Experimentelle Archäologie in Deutschland: 93-112.
- MEURERS-BALKE, J. & U. TEGTMEIER (2001): Archäobotanik im Ruhrgebiet - eine Zwischenbilanz. - In: ...nicht nur Kraut und Rüben. Klartext-Verlag, Essen: 9-53.
- MÜLLER, K.-J. (2001): Ergebnisse einer Studie zur Formulierung eines arteigenen Profils von Einkorn. - In: Reents, H.J. (Hrsg.): Von Leit-Bildern zu Leit-Linien. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 6. – 8. März 2001, Freising-Weihenstephan: 245-248.
- MÜLLER, K.-J. (2005): Einkorn - Ein Korn vom Feinsten. - Getreidezüchtungsforschung Darzau. URL <http://www.darzau.de/de/projekte/einkorn.htm>, Aktualisierungsdatum 22.02.2008.
- MÜLLER, K.-J. (2007): Einkorn mit optimierten Qualitätsmerkmalen für Back- und Teigwaren aus ökologischem Anbau. - Getreidezüchtungsforschung Darzau, Neu Darchau. URL <http://www.darzau.de>, Aktualisierungsdatum 22.02.2008.
- MÜLLER-WILLE, W. (1955): Der Landkreis Münster. - In: Die Landkreise in Westfalen, Band 2. Aschendorff, Münster.
- MURL (1989): Klimaatlas NRW. - Hrsg.: Der Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.
- NIGGEMANN, C. (2003): Emmer und Einkorn; Botanik und Qualität mit Berücksichtigung und Auswertung von gezielten Evaluierungsversuchen. - Diplomarbeit Fachhochschule Nürtingen, August 2003.
- OBERDORFER, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. - 8. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- PARZINGER, H. (2006): Die frühen Völker Eurasiens. Vom Neolithikum bis zum Mittelalter. - Beck, München.
- PIENING, U. (1988): Neolithische und hallstattzeitliche Pflanzenreste aus Freiberg-Greisingen (Kreis Ludwigsburg). - Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg **31**: 213- 228.
- PODHAJSKA, Z. & M. RIVOLA (1992): Die große Enzyklopädie der Wildpflanzen. - Karl Müller, Prag.
- POTT, R. (1992): Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. - Ulmer, Stuttgart.
- POTT, R. (1997): Von der Urlandschaft zur Kulturlandschaft - Entwicklung und Gestaltung mitteleuropäischer Kulturlandschaften durch den Menschen. - Verhandl. d. Ges. f. Ökologie **27**: 5-26.
- POTT, R. (2005): Allgemeine Geobotanik - Biogeosysteme und Biodiversität. - Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

- POTT, R. & J. HÜPPE (2001): Flussauen- und Vegetationsentwicklung an der mittleren Ems - Zur Geschichte eines Flusses in Norddeutschland. - Abhandl. a. d. Westf. Museum f. Naturkunde **63**, Heft 2.
- POTT, R. & J. HÜPPE (2007): Spezielle Geobotanik, Pflanze - Klima - Boden. - Springer, Berlin, Heidelberg.
- PROBST, E. (1991): Deutschland in der Steinzeit. - Bertelsmann, München.
- REYNOLDS, J. P. (1993): Zur Herkunft verkohlter Getreidekörner in urgeschichtlichen Siedlungen - Eine alternative Erklärung. - Archaeo-Physika **13**: 187-206.
- RÖSCH, M. (2002): Eine steinzeitliche Miniatur-Kulturlandschaft in Hohenlohe. Denkmal früherer Landnutzung aus der Retorte. - Denkmalpflege in Baden-Württemberg **31/2**: 68-73.
- RÖSCH, M. (2005): Anbauversuche in Hohenlohe - Fragestellung, wissenschaftlicher Ansatz. - In: Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.): Materialhefte zur Archäologie **73**: 109-140.
- RÖSCH, M. (2007 unveröffentlicht): Vorgeschichtliche Pflanzenreste vom Viesenhäuser Hof, Stadtteil Mühlhausen, Stuttgart. - mit: Ökologische Gesamtliste, Pflanzenreste. - URL http://dna.fürstentum.de/dna_media/MR-Vorgesc41fe2b578c951.pdf, Aktualisierungsdatum: 05.07.2007.
- ROWELL, D. L. (1997): Bodenkunde; Untersuchungsmethoden und ihre Anwendung. - Springer, Berlin, Heidelberg.
- RUNGE, F. (1994): Die Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. - 12./13. Aufl., Aschendorff, Münster.
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHSCHABEL (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. - 15. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- SCHIER, W. (2009): Extensiver Brandfeldbau und die Ausbreitung der neolithischen Wirtschaftsweise in Mitteleuropa und Südkandinavien am Ene des 5. Jahrhunderts v. Chr. - Prähistorische Zeitschrift **84**: 15-43.
- SCHLICHTING, E., H.-P. BLUME, & K. STAHR (1995): Bodenkundliches Praktikum. Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, insbesondere Land- und Forstwirte, und für Geowissenschaftler. - Blackwell; Berlin, Wien.
- SCHMEIL, O. (1993): Schmeil Fischen, Flora von Deutschland und angrenzender Länder. - 89. Aufl., Quelle & Meyer, Heidelberg.
- SCHUBERT, R., W. HILBIG & S. KLOTZ (2001): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands. - Spektrum Akademischer Verlag, Gustav Fischer, Heidelberg Berlin.
- SOMMER, U. (1991): Zur Entstehung archäologischer Fundgesellschaften. Versuch einer archäologischen Taphonomie. - In: Studien zur Siedlungsarchäologie. Universitätsforsch. Prähist. Arch. **6**: 53-193.
- STADT DRENSTEINFURT (1990): Umweltbereich 1990. - Druck: Stadt Drensteinfurt.
- TEEGEN, W.-R., E. HELLMICH & G. SCHULZ (1990): Getreidemahlen auf einer Trogmühle. - In: Fansa (1990): Experimentelle Archäologie in Deutschland: 113-121.
- TEGTMAYER, U. (1993): Neolithische und Bronzezeitliche Pflugspuren in Norddeutschland und den Niederlanden. - Archäologische Bereiche **3**, Deutsche Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, Bonn.
- TEMLITZ, K. (1991): Geologie und Paläogeographie. - In: Geographische Kommission f. Westfalen (ed.): Geogr. Landesk. Atlas Westfalen. Themenbereich II -Landesnatur-, Lfg. **6**, Dppl.bl. 2. - Aschendorff, Münster.
- THOMPSON, K., J. P. BAKKER & R. M. BEKKER (1997): The soil seed banks of north west Europe: methodology, density and longevity. - University Press, Cambridge.
- TRAUTZ, D. & P. JANTSCH (2001): Einführung von Einkorn (*Triticum monococcum*) und Emmer (*Triticum dicoccum*) im ökologischen Landbau - Anbau, Ertrag, Qualität. - Online-Infomappe zum Projekt der Fachhochschule Osnabrück: 1-6. Aktualisierungsdatum 20.02.2008.
- UERPMMANN, H.-P. (2007): Ernten, wo man nicht gesät hat? - Damals. Das Magazin für Geschichte und Kultur. 2/2007: 14-19.
- WEBER, H. E. (1995): Die Flora von Südwest-Niedersachsen und dem benachbarten Westfalen. - Wenner, Osnabrück.

- WILLERDING, U. (1983): Zum ältesten Ackerbau in Niedersachsen. - Archäol. Mitt. aus Nordwest deutschland., Beiheft **1**: 179-219.
- WILLERDING, U. (1986): Zur Geschichte der Unkräuter Mitteleuropas. - Karl Wachholtz Verlag, Neumünster.
- WILLERDING, U. (1988): Zur Entwicklung von Ackerunkrautgesellschaften im Zeitraum vom Neolithikum bis in die Neuzeit. - Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg **31**: 31-41.
- WILMANN, O. (1988): Säume und Saumpflanzen - ein Beitrag zu den Beziehungen zwischen Pflanzensoziologie und Paläoethnobotanik. - Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg **31**: 21-30.
- WILMANN, O. (1998): Ökologische Pflanzensoziologie: eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas. - 6. Auflage, UTB, Heidelberg, Wiesbaden.
- WISSKIRCHEN, R. & H. HAEUPLER (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. - Eugen Ulmer, Stuttgart.
- ZIMMERMANN, A. (2002): Der Beginn der Landwirtschaft in Mitteleuropa. - In: Menschen, Zeiten, Räume - Archäologie in Deutschland. Hrsg.: Menghin W. & D. Plank, Konrad Theiss, Stuttgart: 133-134.
- ZOHARY, D. & M. HOPF (1993): Domestication of Plants in the Old World. The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. - Clarenton Press, Oxford.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Britta Linnemann
 Pferdekamp 35
 48317 Drensteinfurt
 E-Mail: info@brittalinnemann.de

