

JENS LÜNING und JUTTA MEURERS-BALKE

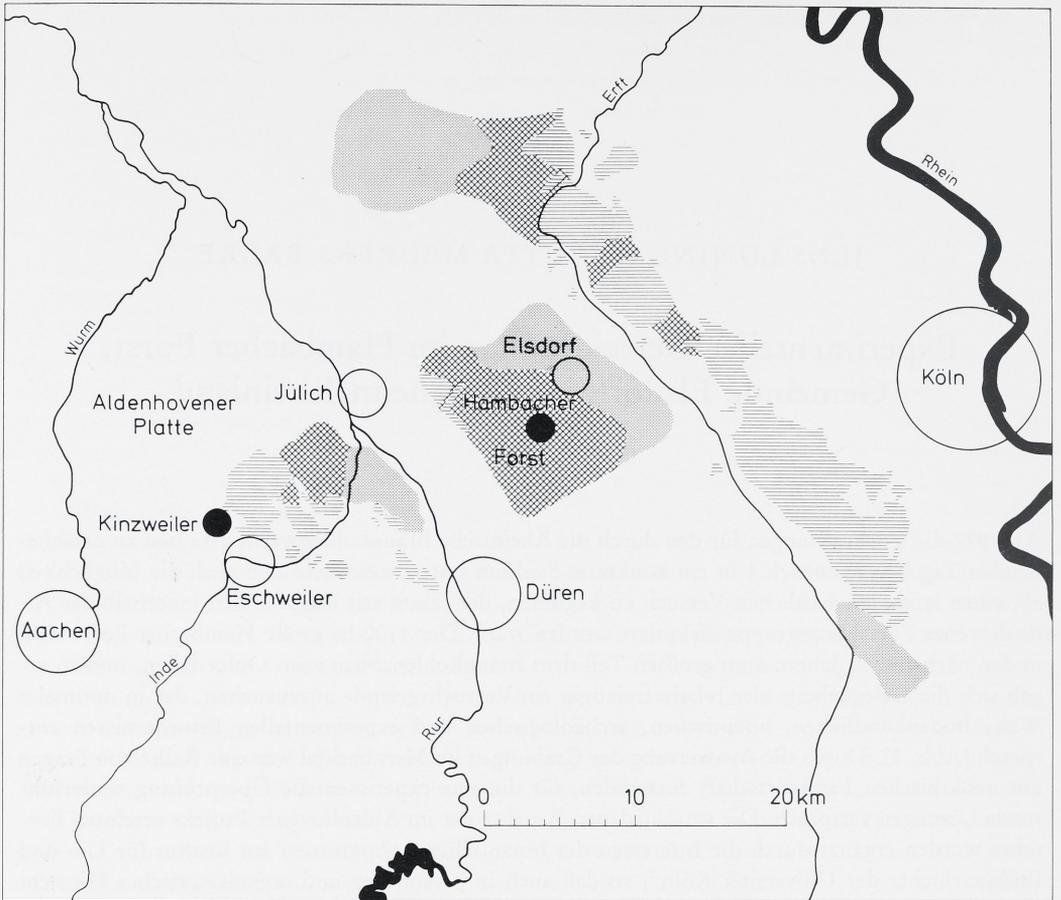
Experimenteller Getreideanbau im Hambacher Forst, Gemeinde Elsdorf, Kr. Bergheim/Rheinland

Als 1977 die Vorbereitungen für den durch die Rheinische Braunkohlenwerke AG neu zu erschließenden Tagebau Hambach 1 in ein konkretes Stadium traten, zeichnete sich auch die Möglichkeit ab, einen landwirtschaftlichen Versuch zu beginnen, der schon seit längerer Zeit innerhalb der Aldenhovener Forschungsgruppe diskutiert worden war¹. Der 4100 ha große Hambacher Forst wird in den nächsten 40 Jahren zum größten Teil dem Braunkohlenabbau zum Opfer fallen, und so ergab sich die Gelegenheit, hier relativ freizügig ein Versuchsgelände auszusuchen, das in optimaler Weise bodenkundlichen, botanischen, archäologischen und experimentellen Erfordernissen entsprach (Abb. 1). Durch die Auswertung der Grabungen im Merzbachtal war eine Reihe von Fragen zur neolithischen Landwirtschaft entstanden, für die eine experimentelle Überprüfung weiterführende Lösungen versprach. Die verschiedenen Aspekte der im Aldenhovener Projekt vereinten Forscher wurden ergänzt durch die Interessen der botanischen Laboratorien am Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Köln², so daß auch in personeller und organisatorischer Hinsicht eine ausreichende Basis für ein Langzeitexperiment vorhanden war, das in Anlage und Durchführung einen beträchtlichen Zeitaufwand und nicht unerhebliche Kosten verursacht.

Vorbemerkung: Herr Oberforstmeister L. Dilla vom Forstamt der Rheinischen Braunkohlenwerke AG förderte das Projekt von Anfang an. Der zuständige Revierförster, Herr K. Greifenstein, begleitete den Versuch mit freundschaftlichem Rat und vielfältiger Hilfe, von der Suche nach einem geeigneten Gelände und der Rodung des Waldes bis zur Errichtung des Wild- und Vogelschutzzaunes und zur Herstellung eines Holzpfluges. Beiden Herren gilt unser Dank. – Die am Bericht beteiligten Wissenschaftler sind: J. Schalich, Geolog. Landesamt NRW, Krefeld (S. 317 ff.); W. Lohmeyer, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bonn (S. 320 ff.); B. Urban, Inst. für Bodenkunde der Rhein. Friedrich-Wilhelmsuniversität, Bonn (S. 319 f.); H. U. Thiele, Zoolog. Inst. der Univ. Köln. Physiologische Ökologie (S. 327 f.); B. Weischer, Inst. für Nematologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Münster (S. 328 f.). – In der Vorbereitungsphase während des Jahres 1978 erhielten wir vielerlei Anregungen durch Diskussionen und Korrespondenz mit folgenden Kollegen: Prof. Dr. U. Jensen, Botan. Inst. der Univ. Köln; Forstdirektor Dr. Naumann, Höhere Forstbehörde Rheinland in Bonn; Prof. Dr. K.-R. Schultz-Klinken, Deutsches Landwirtschaftsmus. Stuttgart-Hohenheim; Prof. Dr. O. Timmermann, Geogr. Inst. der Univ. Köln; Prof. Dr. W. Trautmann, Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie in Bonn; Landesmuseumsdirektor Dr. A. Zippelius, Rheinisches Freilichtmus. Kommern.

¹ Der Versuch steht unter Leitung von J. Lüning und J. Meurers-Balke, die auch diesen Bericht erstatten. Mehrere Spezialbeiträge anderer Autoren sind eingefügt. – Der Versuch ist bereits kurz erwähnt worden (Bonner Jahrb. 179, 1979, 438 f.). Hier sei nach dem ersten Arbeitsjahr eine ausführliche Darstellung gegeben. Vgl. einen Bericht in: Revier u. Werk. Zeitschr. f. d. Betriebe d. Rhein. Braunkohlenbergbaus, H. 160, April 1980.

² J. Meurers-Balke leitet das Labor für Vegetationsgeschichte, B. Schmidt das Labor für Dendrochronologie.



1 Das Rheinische Braunkohlenrevier mit den Versuchseinrichtungen in Kinzweiler (vgl. Anm. 18) und Elsdorf.

Bemerkungen zum Forschungsstand über den Ackerbau im Neolithikum

Ausgangspunkt ist die Diskussion über das Wanderbauerntum der bandkeramischen Zeit, das angeblich durch eine rasche Erschöpfung der Böden verursacht worden sein soll. Dieser These hat zuletzt P. J. R. Modderman energisch widersprochen und u. a. darauf hingewiesen, daß die Lößböden in damaliger Zeit erheblich reicher an Nährstoffen waren als heute und daß wir über die Intensität des bandkeramischen Ackerbaus ebensowenig wissen wie über das Betriebssystem und die Agrartechnik³. Da im Gegensatz zu früheren Forschungen weder in Niederländisch-Limburg noch auf der Aldenhovener Platte Argumente für eine häufige Unterbrechung der Siedlungstätigkeit auf den bandkeramischen Plätzen gefunden werden können, sondern im Gegenteil Kontinuitäten über viele Hausgenerationen hinweg erkennbar sind⁴, entfällt auch das Argument der nur temporären,

³ P. J. R. Modderman, Bandkeramiker und Wanderbauerntum. Arch. Korrb. 1, 1971, 7–9.

⁴ J. Lüning, Ein neues Modell zur Siedlungsweise der Bandkeramik. IX. Congrès Union Internationale des Sciences Préhistoriques Nizza (1976) 291 f.; R. Kuper, H. Löhr, J. Lüning, P. Stehli u. A. Zimmermann, Der bandkeramische Siedlungsplatz Langweiler 9, Gemeinde Aldenhoven, Kr. Düren. Rhein. Ausgr. 18 (1977).

unsteten Siedlungen, das gerne als Stütze für die Wanderbauernhypothese herangezogen worden ist.

Geht man von permanenten Siedlungen aus, so könnten immerhin die Anbauflächen im Umkreis der Siedlungen verlegt worden und damit 'gewandert' sein, vorausgesetzt, daß hierfür genug Wirtschaftsland zur Verfügung gestanden hat. Dessen Größe läßt sich auf der Aldenhovener Platte eingrenzen, und man kann zeigen, daß hier ein extensiver Wanderfeldbau etwa in der Art einer Waldbrache mit Brandwirtschaft, d. h. mit großem Flächenbedarf, nicht möglich war, sondern daß eher mit einem relativ stationären Feldbau gerechnet werden muß.

Das wirft Fragen des Ertrages und des Bedarfs auf und zu ersteren insbesondere die Frage nach den Anbautechniken⁵. Arbeitsgeräte wie Grabstöcke, Pflanzstöcke, Hacken, Spaten, Harken und Pflüge sind aus der ältesten mitteleuropäischen Landwirtschaft nicht erhalten geblieben⁶. Die ersten Pflugspuren treten nach neueren C¹⁴-Daten in der Mitte des 4. vorchristlichen Jahrtausends auf; verglichen mit älteren Forschungsergebnissen erstaunlich früh, aber dennoch erst 1000 C¹⁴-Jahre nach dem Beginn der Bandkeramik. Originale Feldreste sind im Löß durch Erosion und spätere Überackerung zerstört.

Immerhin läßt sich erkennen, daß der Getreideanbau in bandkeramischer Zeit bei der Erzeugung der Grundnahrungsmittel einen festen Platz innegehabt haben muß, denn die große Einförmigkeit der Arten- und Unkrautmischung zeigt, daß bei Aussaat, Pflege und Ernte nach einem erprobten Verfahren routiniert vorgegangen worden sein muß, und das über mehrere Jahrhunderte⁷.

Man kann die Form dieses Getreideanbaus auf mehreren Wegen einzugrenzen versuchen. Eine Möglichkeit liegt im Vergleich mit dem vorindustriellen, frühneuzeitlichen und mittelalterlichen Ackerbau. Dieser stellt eine bäuerliche Mischwirtschaft auf der Basis des Pflugbaus dar und entspricht hierin den Verhältnissen in vielen prähistorischen Perioden, allerdings weichen die sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen in jeder Hinsicht ab. Dennoch lassen sich gewisse Richtwerte für Erträge und Ertragsschwankungen sowie für den bäuerlichen Bedarf gewinnen⁸.

Ein anderer Weg besteht darin, die agrarwissenschaftliche Literatur nutzbar zu machen. Es sind mehrere Langzeitversuche mit 'ewigem Getreideanbau' bekannt, wobei es vor allem um die Wirkung der verschiedenen Düngergaben geht. Dabei ist auch Anbau ohne jede Düngung betrieben worden, und diese primitivste, raubbauartige Anbauform hat erstaunliche Ergebnisse erbracht. Abb. 2 zeigt die Entwicklung der Weizenenerträge über 73 Jahre in der englischen Versuchsstation Rothamsted und über 60 Jahre in einem Göttinger Versuch⁹. In Rothamsted wurde Daueranbau von Weizen betrieben, in Göttingen erfolgte ein neun- bis achtgliedriger Fruchtwechsel mit zuletzt 37,5 % Getreide (Roggen, Mais, Pfauegerste), 25 % Hülsenfrüchten, 25 % Hackfrüchten und 12,5 % Ölfrucht¹⁰.

In Rothamsted blieb der Ertrag die ersten 20 Jahre fast unverändert und schwankte in den nächsten 50 Jahren zwischen 60–80 % der Anfangsernte. Der letzte Abschnitt (1922–1925) umfaßt nur vier Jahre und ist wohl nicht repräsentativ. In Göttingen ist der Abfall in den ersten 25 Jahren

⁵ Vgl. hierzu und zum folgenden: J. Lünig, Bandkeramische Pflüge? Festschr. U. Fischer (im Druck).

⁶ Zum Stand unserer Kenntnisse vgl. H. Jankuhn, Vor- und Frühgeschichte. Vom Neolithikum bis zur Völkerwanderungszeit, in: G. Franz (Hrsg.), Deutsche Agrargeschichte 1 (1969) 21 ff.; E. Ennen u. W. Janssen, Deutsche Agrargeschichte. Vom Neolithikum bis zur Schwelle des Industriezeitalters (1979).

⁷ K.-H. Knörzer, Pflanzliche Großreste des bandkeramischen Siedlungsplatzes Langweiler 9, in: Langweiler 9 (vgl. Anm. 4) 279–303, besonders 303.

⁸ W. Abel, Geschichte der deutschen Landwirtschaft vom frühen Mittelalter bis zum 19. Jahrhundert, in: G. Franz (Hrsg.), Deutsche Agrargeschichte 2 (1962); F.-W. Henning, Bauernwirtschaft und Bauerneinkommen in Ostpreußen im 18. Jahrhundert. Jahrb. Albertus-Univ. Königsberg/Pr. Beih. 30 (1969).

⁹ F. C. Bawden (Hrsg.), Rothamsted. Experimental Station. Report 1968, 2. The Broadbalk wheat experiment (1969); O. Tornau, Der Dauerdüngungsversuch des Göttinger E-Feldes. Ein Sammelbericht. Maschschr. Ms. Göttingen (1959); Inst. für Bodenkunde.

¹⁰ Vgl. die ausführliche Darstellung dieser Versuchsreihen bei J. Lünig, Getreideanbau ohne Düngung. Arch. Korrb. (im Druck).

(1893–1917) gering. Der Ertrag sank dann auf 80 % ab (1918–1922). Die beiden nächsten Abschnitte zeigen wegen dreier nasser Jahre (1924, 1926, 1927) zunächst ein Minimum und wegen zweier günstiger Jahre (1931, 1934) wieder ein extremes Maximum (1928–1935), so daß als Mittelwert 84 % der Anfangsernten produziert wurden. In den beiden letzten Abschnitten (1936–1948) machten sich wegen zunehmender Überbauung der Umgebung immer stärkere Sperlingsschäden bemerkbar, so daß diese Erträge nicht mehr auswertbar sind.

Insgesamt sinkt in beiden Versuchsreihen der Ertrag erst nach 20–30 Jahren merklich ab, bleibt aber dann noch über Jahrzehnte mit 60–80 % der Anfangsernten erstaunlich hoch. Steht somit außer Zweifel, daß auf heutigen Lößböden Getreide ohne jede Düngung über Jahrzehnte mit Erfolg angebaut werden kann, und zwar sogar im Daueranbau, so hat die Landwirtschaft in historischer Zeit dennoch mit guten Gründen Fruchtwechsel betrieben und Brachen eingeschaltet. Letzteres geschah nicht zuletzt, um während der Brache Zeit für eine intensivere Bodenbearbeitung zu finden, um so das Unkraut besser bekämpfen zu können.

Die geschilderten landwirtschaftlichen Versuche sind mit Wendepflügen durchgeführt worden, was auch für große Teile des frühneuzeitlichen und mittelalterlichen Pflugbaus gilt, nicht jedoch für die vorrömische Landwirtschaft, in der es nur den Wühl- bzw. Rührpflug (Haken, Ard) gegeben hat. Die Bodenbearbeitung war also weniger intensiv als mit Wendepflügen, was nicht nur die Produktivität des Bodens negativ beeinflusste, sondern auch den Grad der Unkrautbekämpfung verminderte, weil zwischen den Hakenspuren stets ungestörte Unkrautherde bestehen blieben¹¹. Es wäre also durchaus nützlich, Langzeitexperimente mit prähistorischen Bodenbearbeitungsgeräten zu unternehmen. Außerdem sind die obigen Versuche mit neuzeitlichen Landsorten durchgeführt worden, so daß über die Produktivität von primitiven Getreiden keine exakten Zahlen vorliegen.

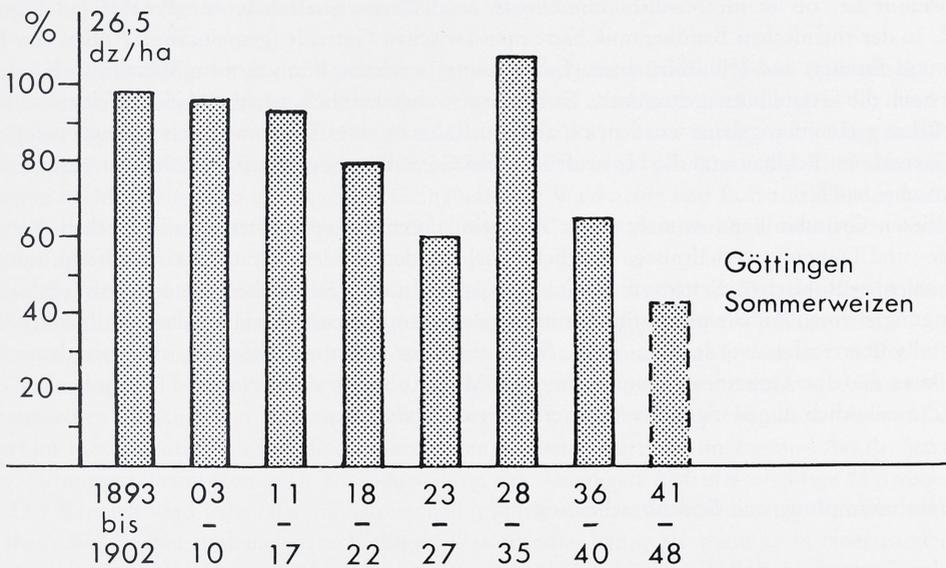
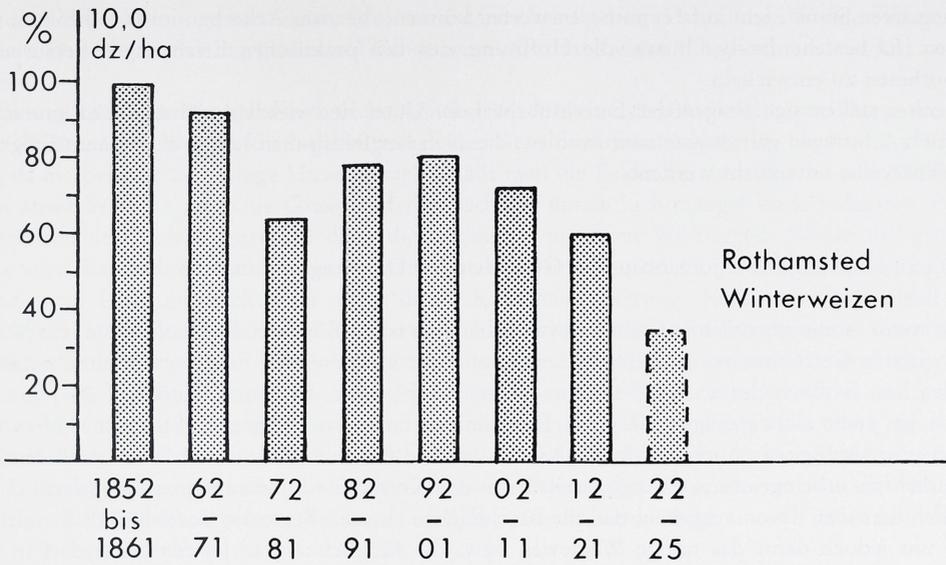
Archäologische Versuche sind daher ein dritter Weg, um die Bedingungen für den prähistorischen und speziell den neolithischen Ackerbau besser einzuengen¹². Die Zahl der agrarischen Experimente ist nicht groß. Abgesehen von Versuchen zu speziellen Themen wie zur Technik des Pflügens, Erntens, Getreidemahlens und Getreidespeicherns sind drei Anbauversuche zu nennen, über die eine ausführliche Beschreibung vorliegt: Es handelt sich um zwei Projekte an der Nordseeküste, in der außendeichs gelegenen, ungeschützten Marsch, nämlich bei Cuxhaven und bei Groningen, und um ein Versuchsgelände in Südwestjütland¹³. Die Projekte liefen jeweils 2–3 Jahre. Entsprechende Erfahrungen auf dem ältesten Ackerboden Mitteleuropas, auf dem Löß, fehlen bisher ganz.

Vor diesem hier kurz umrissenen forschungsgeschichtlichen Hintergrund und angesichts der speziellen Fragestellungen, die sich aus den Untersuchungen auf der Aldenhovener Platte ergaben, erschien es sinnvoll, die günstige Gelegenheit zu nutzen, in unmittelbarer Nähe der Grabungsgebiete ein Versuchsgelände anlegen zu können.

¹¹ K.-R. Schultz-Klinken, Ackerbausysteme des Saatfurchen- und Saatbettbaues in urgeschichtlicher und geschichtlicher Zeit sowie ihr Einfluß auf die Bodenentwicklung. *Die Kunde* N. F. 26–27, 1975–1976, 5–68, bes. 24 f.: Die Unkrautherde können je nach Intensität des Pflügens 10–25 % und mehr der Gesamfläche umfassen.

¹² Vgl. allgemein J. Coles, *Archaeology by Experiment* (1973); deutsch: *Erlebte Steinzeit. Experimentelle Archäologie* (1973); D. Ingersoll, J. E. Yellen u. W. Macdonald, *Experimental Archaeology* (1979).

¹³ U. Körber-Grohne, Geobotanische Untersuchungen auf der Feddersen Wierde: Anbauversuche von Kulturpflanzen im Außendeichsland von Cappelersiel (Weser-Elbegebiet), in: W. Haarnagel (Hrsg.), *Feddersen Wierde 1* (1967) 209–231. – W. van Zeist, T. C. van Hoorn, S. Bottema u. H. Woldring, *An Agricultural Experiment in the Unprotected Salt Marsh*. *Palaeohistoria* 18, 1976, 111–143. – Südwestjütland: A. Steensberg, *Draved, an Experiment in Stone Age Agriculture. Burning, sowing and harvesting* (1979).



2 Weizen-Anbauversuch ohne Düngung von Rothamsted (1852–1925) und Göttingen (1893–1948).

Ziele des Versuchs

Es ist nicht das Ziel dieses Versuchs, den neolithischen Getreideanbau zu imitieren. Dazu fehlen zu viele Informationen über die damalige Landwirtschaft, dazu fehlen den Experimentatoren aber auch die Erfahrung und die Arbeitszeit der neolithischen Bauern. Schließlich haben sich Klima, Vegetation und Boden seit dem Atlantikum in vieler Hinsicht geändert, auch wenn der allgemeine 'atlantische' Charakter erhalten geblieben ist. Es ist vielmehr das Ziel, unter bekannten und kontrollierten Bedingungen einige Arbeitsprozesse und Vegetationsabläufe durchzuführen, die im positiven oder

im negativen Sinne Licht auf Hypothesen werfen können, die zum Ackerbau im Neolithikum existieren. Es besteht darüber hinaus die Hoffnung, aus den praktischen Erfahrungen heraus neue Hypothesen zu entwickeln.

Als erstes stellen sich Fragen der Durchführbarkeit. Unter den vielen denkbaren und sinnvollen Versuchsrichtungen galt es jene auszuwählen, die auch langfristig realisierbar erscheinen. Folgende Aspekte sollen untersucht werden:

Ertragsentwicklung bei Daueranbau von Getreide ohne Düngung und in Monokultur

Auch wenn es aus allgemeinen Gründen wahrscheinlich ist, daß bereits im Neolithikum ein Wechsel zwischen Getreideanbau und Brache, etwa im Sinne einer 'wilden Feldgraswirtschaft', stattgefunden hat, ist doch dessen Rhythmus und Dauer unbekannt. Da der Versuch auf 20 Jahre begrenzt ist, steht nicht genügend Zeit für Experimente mit verschiedenen Zyklen von Anbau und Brache zur Verfügung. Auch würde der Arbeitsaufwand für die dafür erforderlichen größeren Flächen nicht zu erbringen sein, ganz abgesehen von den Kosten für Einzäunung und Vogelschutz. Sicherlich darf man davon ausgehen, daß die Brachflächen ehemals beweidet worden sind. Langfristig fehlt uns jedoch dafür das nötige Weidevieh bzw. die Möglichkeit, es jeweils bei Bedarf in den Hambacher Forst treiben zu können.

Unbekannt ist, ob es im Neolithikum bereits eine Wechselwirtschaft mit Fruchtfolge gegeben hat¹⁴. In der rheinischen Bandkeramik hätte man zwischen Getreide (gemeinsamer Anbau von Einkorn und Emmer) und Hülsenfrüchten (Erbse, Linse) wechseln können, vom Mittelneolithikum an wäre noch die Gerste hinzugekommen. Es läßt sich wahrscheinlich machen, daß Getreide und Hülsenfrüchte getrennt angebaut wurden, ob aber im Rahmen eines Fruchtwechsels oder ob nicht eher das Getreide im Feldebau und die Hülsenfrüchte im Gartenbau angepflanzt wurden, ist vorerst nicht zu entscheiden¹⁵.

Aus diesen Gründen kann es nicht unser Ziel sein, unter nur vermutbaren neolithischen Anbau-, Weide- und Düngungsverhältnissen möglichst viel aus dem Boden 'herauszuwirtschaften', um den maximalen neolithischen Ertrag zu erhalten. Es ist vielmehr realistischer, unter relativ schlechten Bedingungen einen Anhaltspunkt für den minimalen Ertrag anzustreben, der dann im Neolithikum jedenfalls übertroffen worden sein muß. Wir haben uns daher entschlossen, auf stets demselben Feld stets dieselbe Getreideart anzubauen, also Monokultur in düngerlosem Daueranbau zu treiben, die sicherlich ungünstigste Form einer Getreideproduktion.

Unkrautbekämpfung und Bodenbearbeitung

Für den Ernteertrag sind diese beiden Faktoren von großer Bedeutung. Das Unkraut konnte im Neolithikum durch eingeschaltete Gras-, Busch- oder Waldbrachen, durch Brandwirtschaft und Beweidung oder durch Hacken und Pflügen bekämpft werden. Um eine vergraste und verkrautete Fläche wieder in Kultur zu nehmen, bedarf es einer intensiven Bodenbearbeitung, die hinsichtlich des Arbeitsaufwandes sicherlich in Richtung des modernen Grünlandumbruches geht. Mit Hacke und Spaten können so pro Person nur relativ kleine Flächen betrieben werden, so daß wohl allen-

¹⁴ Ein Nachweis einer Fruchtfolge von Weizen/Gerste – Roggen – Hirse liegt erst aus slawischer Zeit vor: K.-D. Jäger, Die pflanzlichen Großreste aus der Burgwallgrabung Tornow, Kr. Calau, in: J. Hermann (Hrsg.), Tornow und Vorberg. Ein Beitrag zur Frühgeschichte der Lausitz (1966) 164 ff., bes. 174 mit Abb. 1.

¹⁵ Vgl. zum Ackerbau in bandkeramischer Zeit: C. C. Bakels, Four Linearbandkeramik Settlements and their Environment: A Paleoecological Study of Sittard, Stein, Elsloo and Hienheim (1978) 58–71.

falls die Größenordnung eines Gartenbaus mit entsprechend geringen absoluten Erträgen zustandekommt. Die Alternative mit größeren Flächen wäre nur durch einen Pflugbau mit dem Ard zu erreichen.

Beweidung stört den Wurzelbereich nicht, sondern fördert eher die Bestockung und damit die Bewuchsdichte. Dasselbe gilt für das Abbrennen der Gras- und Krautschicht im Herbst oder Frühjahr, da hierbei eine zu geringe Hitze entsteht. Läßt man die Felder bis zum Busch- oder Waldstadium zuwachsen, so wird die Gras- und Krautschicht durch Lichtmangel stark reduziert. Beim Verbrennen des Holzes entstehen dann die bekannten positiven Wirkungen: Wegen der großen Hitze wird die oberste Bodenschicht von Unkrautsamen und Ungeziefer gereinigt. Zugleich hat die Asche einen Düngungseffekt, vor allem durch Kaliumanreicherung. Eine derartige Anbauform setzt, wie erwähnt, große Betriebsflächen voraus. Für den stationären Feldbau spielt die Brandwirtschaft nur am Anfang unmittelbar bei der Waldrodung eine Rolle, für die spätere Dauernutzung der Felder ist sie unwichtig. Beim Experiment soll daher keine langfristige Brandwirtschaft stattfinden, sondern es wird nur in einem Nebenversuch auf einer kleinen Fläche zu Kontroll- und Vergleichszwecken entsprechend vorgegangen. Im Hauptversuch soll die Ertragsentwicklung einerseits ohne jede Unkrautkonkurrenz und andererseits mit einer Unkrautvegetation, die nur mit den Mitteln 'neolithischer' Bodenbearbeitung bekämpft wird, untersucht werden (vgl. unten Fläche A und B).

Veränderungen bei der Umwandlung von Wald in Ackerland

Bei der Erstbesiedlung durch die bandkeramischen Ackerbauern und bei jedem späteren Landesausbau wurde Wald in Ackerland verwandelt. Das brachte erhebliche Umstellungen für die Flora und Fauna sowie für den Boden mit sich. Der Hambacher Forst, bzw. richtiger der 'Bürgewald', ist seit karolingischer Zeit als Teil eines größeren Waldgebietes zwischen Maas und Rhein bezeugt¹⁶. Er diente im Mittelalter den umliegenden Gemeinden als Waldweide und Rohstofflieferant und war ein wesentlicher Faktor im damaligen Wirtschaftssystem, darin durchaus prähistorischen Verhältnissen vergleichbar¹⁷.

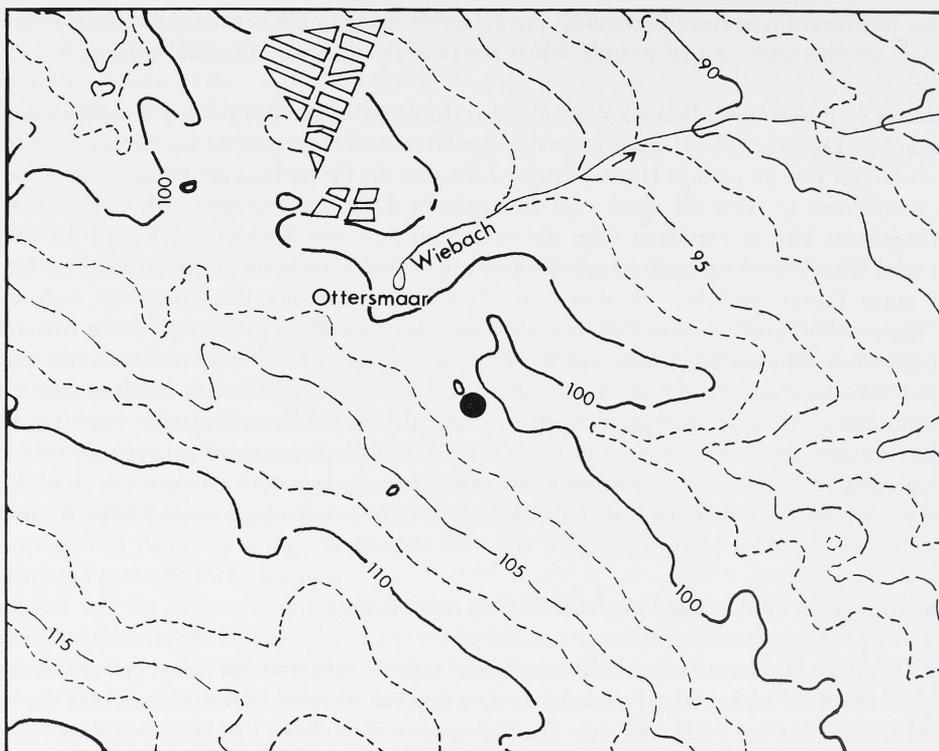
Wichtig ist, daß hier mindestens seit karolingischer Zeit kein Ackerbau mehr stattgefunden hat, so daß die 'Landnahme' durch das Versuchsgelände mancher historischen und prähistorischen Landnahme vergleichbar ist. Daher fand der Versuch auch das eigenständige Interesse von Botanikern und Zoologen, die heute in unserer Region kaum Gelegenheit finden, eine derartige Umwandlung zu beobachten. Auch wenn Boden, Vegetation und Klima während der bandkeramischen Landnahme im Hochatlantikum zweifellos anders waren als heute, dürften Umfang und Art der jetzigen Umwandlungserscheinungen auch zur Beurteilung des damaligen Ablaufes wichtige Hinweise geben. Der Versuch wird jedenfalls prähistorischen und historischen Verhältnissen gerechter, wenn er auf altem Waldboden und in einem Waldgebiet stattfinden kann, als wenn er in einer modernen Feldflur durchgeführt werden müßte.

Praktische Erfahrungen mit prähistorischen Techniken

Der Zwang zu einem vollen agrarischen Jahreszyklus macht viele Probleme sichtbar, die bei nur theoretischer Betrachtung allzu leicht unbedacht bleiben. Da beim Aldenhovener Projekt eine möglichst umfassende Rekonstruktion des Wirtschafts- und Sozialsystems vorgesehen ist, kommt es auf jede Erweiterung unserer diesbezüglichen Detailkenntnisse an. Um den eigentlichen Anbauversuch entwickelt sich daher eine Serie weiterer Experimente zu Techniken der Waldrodung, des Pflügens,

¹⁶ H. Kaspers, *Comitatus nemoris. Die Waldgrafschaft zwischen Maas und Rhein* (1957).

¹⁷ P. H. Schläger, *Der Bürgewald. Beitr. Heimatkd. Kr. Bergheim* (1950).



3 Hambacher Forst. Geländereief in der Umgebung des Versuchsgeländes (nach Betriebskarte Rhein-Braun). Maßstab 1 : 50 000.

der Aussaat, der Ernte, der Verarbeitung des Getreides und der Gerätherstellung und Gerätbenutzung¹⁸.

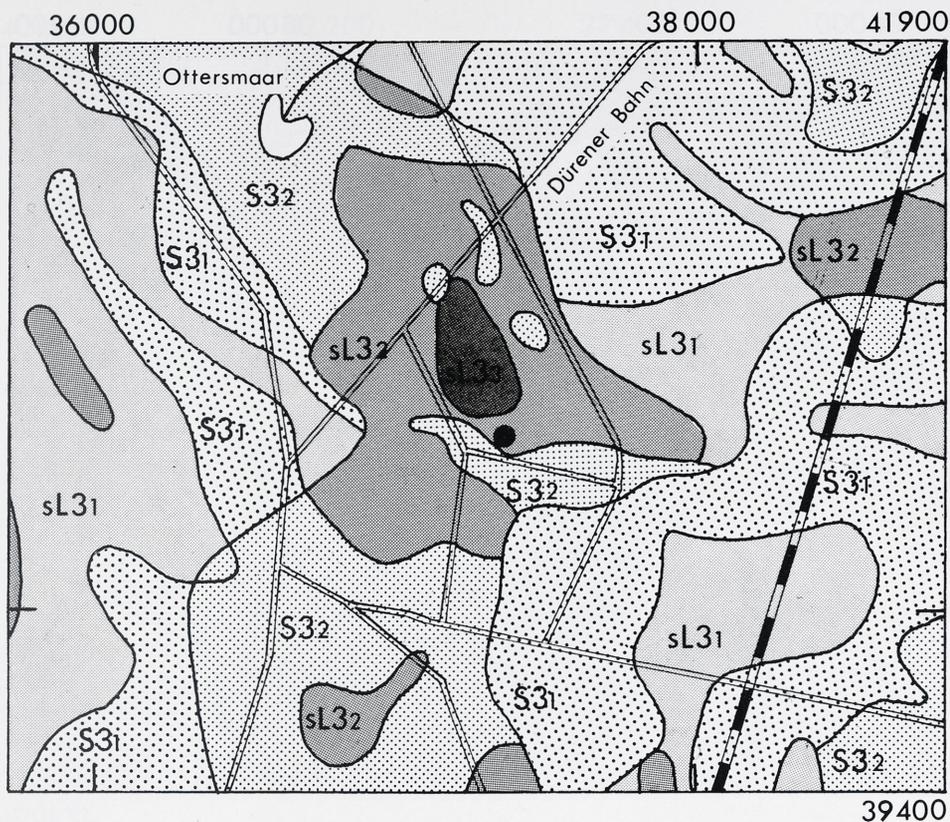
Anlage und Durchführung des Versuches sowie erste Ergebnisse

Lage des Versuchsgeländes

Der Braunkohlenabbau schreitet im Hambacher Forst von West nach Ost voran, so daß wir bestrebt sein mußten, das Versuchsgelände weit nach Osten zu legen, um eine möglichst lange Laufzeit zu gewährleisten. Die Böden sind hier alle mehr oder weniger stark vergleyt und bestenfalls als Pseudogley-Parabraunerde ausgeprägt¹⁹, also ackerbaulich jedenfalls schlechter als die Böden der

¹⁸ Seit November 1973 besteht in Kinzweiler, Stadt Eschweiler, Kr. Aachen-Land, ein Versuchsgelände, auf dem Erosions- und Versturzvorgänge an Spitzgräben, Kesselgruben und Längsgruben untersucht werden, die nach bandkeramischen Vorbildern angelegt worden sind. Vgl. Bonner Jahrb. 174, 1974, 482 ff.; 176, 1976, 304 ff.; 177, 1977, 543 ff.; 179, 1979, 356 ff.; 435 ff. – Ein Experiment mit einem Sohlgraben der Michelsberger Kultur wurde von J. Lüning in Mayen, Eifel, durchgeführt. Vgl. Arch. Korrb. 4, 1974, 125 ff. – Schließlich sind in Köln drei Magisterarbeiten zu experimentell-archäologischen Themen vergeben worden: Herstellung und Gebrauch von asymmetrischen Beilklingen ('Schuhleistenkeilen') bzw. von symmetrischen Beilklingen (jungneolithische Beile aus Feuerstein und Felsgestein) bzw. von Sichel (gezähnte und geradschneidige).

¹⁹ Bodenkarte 1 : 25 000, Tagebau Hambach. Bearbeiter J. Schalich. Ökologisches Gutachten zum geplanten Braunkohlentagebau Hambach. Teil Geologie und Boden. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen (1975). Danach die Abb. 4.



4 Hambacher Forst. Bodenkarte der Umgebung des Versuchsgeländes. – Maßstab 1 : 25 000.

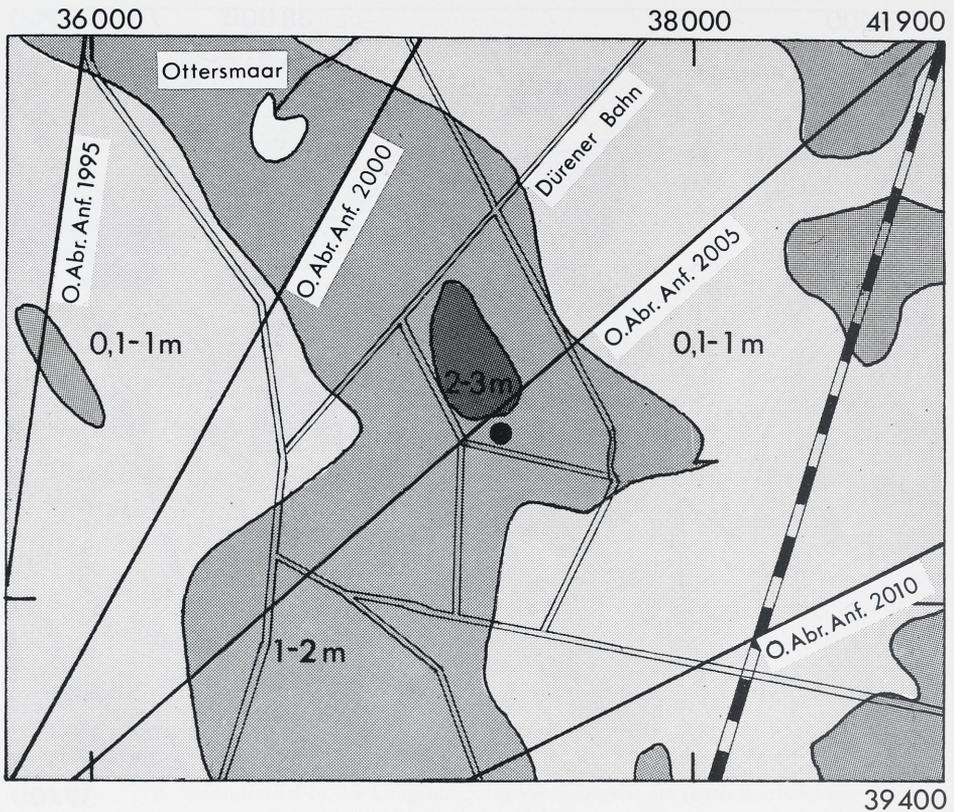
sL3₃: Pseudogley-Parabraunerde. 2–3 m schluffiger Lehm über 0–0,70 m kalkhaltigem, lehmigen Schluff auf kiesigem Sand der Hauptterrasse (Pleistozän). – sL3₂: Pseudogley-Parabraunerde. 1–2 m schluffiger Lehm über kiesigem Sand. – sL3₁: Pseudogley-Parabraunerde. 0,1–1,0 m schluffiger Lehm, z. T. kiesig und sandig über kiesigem Sand. – S3₂: Pseudogley. 1–2 m schluffiger Lehm über kiesigem Sand. – S3₁: Pseudogley. 0,1–1,0 m schluffiger Lehm, z. T. kiesig und sandig über kiesigem Sand.

westlich anschließenden Aldenhovener Platte (Abb. 4). Da uns verständlicherweise daran lag, einen ackerbaugünstigen Boden zu finden, engte dieser Sachverhalt die Auswahl schon stark ein. Dasselbe geschah durch die Karte der Lössmächtigkeit (Abb. 5)²⁰. Es blieben nur wenige Standorte mit zugleich relativ trockenem und tiefgründigem Lösslehm Boden übrig. Außerdem sollte im Versuchsgelände kein Nadelwald stocken, weder jetzt noch in der jüngeren Vergangenheit, weil dadurch der PH-Wert des Bodens zusätzlich verringert worden wäre. Vielmehr suchten wir einen möglichst alten Laubwald vom Typ der hiesigen naturnahen Maiglöckchen-Hainbuchen-Eichenwälder²¹. Schließlich sollte die Versuchsanlage wegen der geplanten Experimente über den Transport von Pollen möglichst nicht im Windschatten eines fruchtenden Nadelwaldes (Fichte) und zur Vermeidung von unnötigen Störungen abseits der Hauptwanderwege liegen und nicht zuletzt unter forstwirtschaftlichen Gesichtspunkten geeignet sein.

Ein passendes Gelände wurde am Südrand der 'Elsdorfer Bürgel' im Revier der Försterei Elsdorf ge-

²⁰ Karte der Lössmächtigkeit 1 : 25 000, Tagebau Hambach. Bearbeiter J. Schlich (vgl. Anm. 19). Danach die Abb. 5.

²¹ Ökologisches Gutachten zum geplanten Tagebau Hambach. Teilgutachten Forstwesen, von H. Aden (1975).

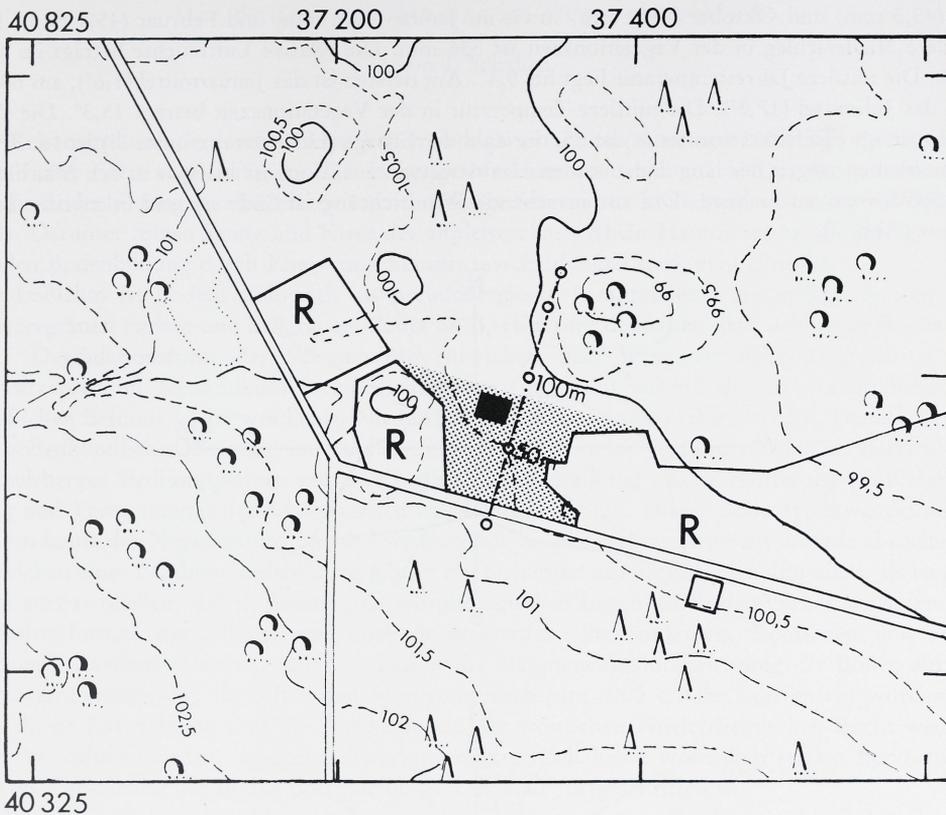


5 Hambacher Forst. Lößmächtigkeit in der Umgebung des Versuchsgeländes (mit geplanten Abbaugrenzen). Maßstab 1 : 25 000.

funden²². Großräumig fällt das Gelände hier mit schwacher Neigung von SW nach NO ab. Der Versuch befindet sich oberhalb einer heute nur schwach ausgeprägten Trockenrinne (Abb. 3). Er liegt in einer Zone mit 1–2 m Lößmächtigkeit (Abb. 5) auf Pseudogley-Parabraunerde (Typ sL3₂), einem schluffigen Lehm, der den kiesigen Sand der pleistozänen Hauptterrasse überlagert (Abb. 4). Der Tagebau wird dieses Gebiet im Jahre 2000 erreichen, so daß für den Versuch 20 Jahre zur Verfügung stehen. Kleinräumig liegt das Versuchsgelände bei 100,5 m über NN auf einer ebenen Fläche zwischen zwei schwach ausgeprägten Senken im Westen und Nordosten (Abb. 6). Die geographische Position ist r 37275–37360, h 40450–40545.

Es handelt sich um ein nördlich eines Fahrweges gelegenes, etwa rechteckiges Waldstück (Mäiglockchen-Stieleichen-Hainbuchenwald) von 65 m (W–O) zu 80 m (N–S) Größe, insgesamt einschließlich einiger Erweiterungen im Osten und Nordwesten rund 6000 m². Unmittelbar westlich anschließend war 1978 im Zuge der Brunnenbohrungen zur Grundwasserabsenkung eine Fläche von etwa 7000 m² gerodet worden (Neuanpflanzung 1979 von Pappel, Buche, Lärche), östlich anschließend wurde bei derselben Gelegenheit der Wald auf 44 000 m² Fläche gefällt (Neuanpflanzung 1979 von Pappel, Erle und Fichte). Südlich des erwähnten Fahrweges, d. h. 70 m südlich der

²² Die Auswahl des Geländes erfolgte in einer Bereisung am 15. 6. 1978 durch Dr. Eckert, Förster Greifenstein, Dr. Knörzer, Prof. Lüning, Dr. Meurers-Balke, Dr. Schalich, Prof. Schütrumpf und Dr. Schwellnus.



6 Hambacher Forst. Lage des Versuchsgeländes (gerastert) mit der Anbaufläche (schwarz), den benachbarten gerodeten und neu angepflanzten Flächen (R) und der Waldbedeckung (nach Betriebskarte Rhein-Braun). Maßstab 1 : 5000.

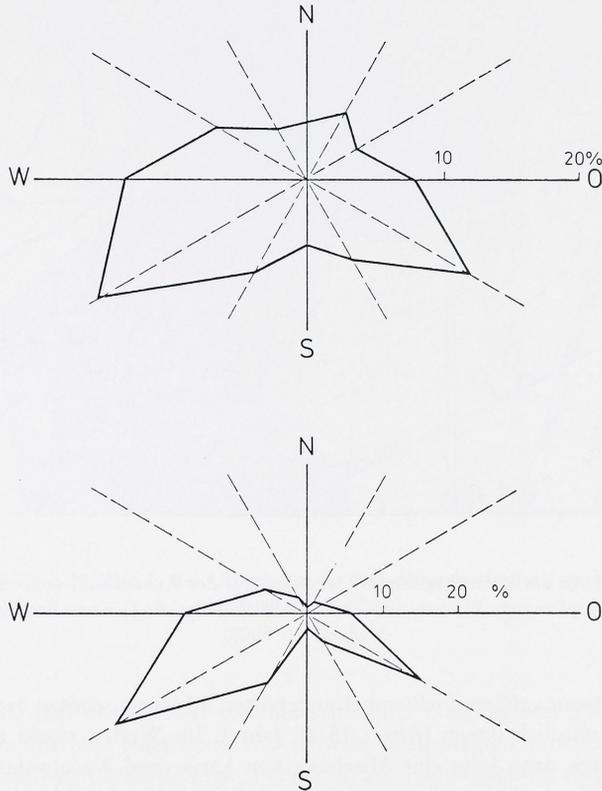
Anbaufläche, beginnt eine größere Fichtendichtung (Alter: 10 Jahre), ebenso nach einem 50 m breiten Laubwaldgürtel nördlich davon (Alter: 15–18 Jahre). Im Westen stockt zunächst ein 700 m breiter Laubwaldgürtel, dann folgt eine Mischung von Laub- und Nadelwaldschlägen. Im Osten schließt nach der erwähnten Neuanpflanzung ein etwa 400 m breiter Laubwald an, der in gemischte Laub- und Nadelwaldbestände übergeht. Die äußere Waldgrenze liegt im Westen 3,0–3,5 km vom Versuchsgelände entfernt. Im Norden sind es ebenfalls 3,5 km, im Osten 1,2 km, im Süden 2,5–5,0 km und im Südwesten 2,5–4,0 km.

Klima

Klimatisch liegt das Versuchsgelände in einer Zone mit 700 mm mittleren Jahresniederschlag²³. Die meisten Niederschläge fallen im Juli (74,3 mm) und August (76,8 mm), die geringsten im Septem-

²³ Ökologisches Gutachten zum geplanten Braunkohlentagebau Hambach. Teilgutachten Geländeklima und Lufthygiene von H. Geiß, M. Horbert, G. Polster, KFA Jülich (1975). Nach Abb. 2 die hier wiedergegebene Abb. 7. – Die angegebenen Werte sind in Jülich gemessen worden. Einige Klimaangaben nach H. Aden (siehe Anm. 21) 12 ff. – Die benachbarte Klimastation Elsdorf befindet sich in der Außenstelle Elsdorf des Instituts für Nematologie (Münster) der Biolog. Bundesanstalt Braunschweig. Die Leitung der Außenstelle hat Frau Dr. Thielemann, der wir für ihre Unterstützung zu danken haben.

ber (49,3 mm) und Oktober (46,8 mm) sowie im Januar (43,6 mm) und Februar (45,1 mm). Der mittlere Niederschlag in der Vegetationszeit ist 336 mm. Die relative Luftfeuchte beträgt im Jahr 79 %. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9,4°. Am tiefsten ist das Januarmittel (1,6°), am höchsten das Julimittel (17,0°). Die mittlere Temperatur in der Vegetationszeit beträgt 15,3°. Die Zahl der Frosttage (Tiefstwerte unter 0°) ist 65, die Zahl der Eistage (Höchstwerte unter 0°) ist 16. Frühfröste bleiben wegen des lang andauernden Herbstwetters aus, doch ist bis spät in den Mai hinein mit Spätfrösten zu rechnen. Die vorherrschende Windrichtung ist Südwest und in zweiter Linie Südost (Abb. 7).



7 Häufigkeitsverteilung der Windrichtung.

Oben: alle Windgeschwindigkeiten; unten: Windgeschwindigkeiten > 6 m/s (nach Geiß, Horbert und Polster).

Zunächst bestand die Absicht, das lokale Klima in einer eigenen Station im Versuchsgelände zu messen. Aus organisatorischen Gründen war das jedoch nicht möglich. Der Verzicht fiel um so leichter, als in 4 km Entfernung, in Eldorf, eine Klimastation 1. Ordnung des Deutschen Wetteramtes Essen steht. Hier wird dreimal täglich gemessen: Temperatur (Luft, Boden), Niederschläge, Luftfeuchtigkeit, Wolkenbedeckung, Wind (Stärke, Richtung).

Die Bodenverhältnisse im Versuchsgelände

von J. Schalich

Zur Rekonstruktion der landwirtschaftlichen Ertragsverhältnisse stand eine 200 m² große Fläche im Hambacher Forst zur Verfügung. Die bisherige Nutzung war waldbaulich. Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ist eine bis zu 1,5 m mächtige Schicht aus Lößlehm (entstanden aus Würm-Löß). Darunter folgen Sande und Kiese der altpleistozänen Rhein-Hauptterrasse, die infolge einer fossilen Bodenbildung durch Eisen- und Manganausscheidungen stark verdichtet ist.

Der Lößlehm ist bodentypologisch als pseudovergleyte Parabraunerde ausgeprägt. Spuren von schwarzgrauen Farben und hellgrauem Puder im B_r-Horizont deuten an, daß sich dieser Boden aus einer Degradationsform der Schwarzerde entwickelt hat. Wie weit diese Degradation der Schwarzerden im Neolithikum fortgeschritten war, kann nur anhand der archäologisch-bodenkundlichen Befunde in der westlichen Niederrheinischen Bucht abgeschätzt werden. Danach weisen die bodenkundlichen Befunde im bandkeramischen Gräberfeld Niedermerz und im Bereich von Michelsberger Siedlungsplätzen auf eine beginnende Entkalkung und Verwitterung (Lößlehm-Bildung und Verbraunung) der Schwarzerden im Neolithikum hin. Dieser Bodentypenwandel dürfte sich im Laufe des Neolithikums von der Schwarzerde bis zur verbrauchten Schwarzerde abzeichnen. Anzeichen einer Parabraunerdebildung gibt es mit Sicherheit aus diesem Zeitraum nicht. Es ist aber nicht auszuschließen, daß in bestimmten morphologischen Lagen neben den vorherrschenden Degradationsformen der Schwarzerde auch Schwarzerden, Pararendzinen, Rohböden und selbst Braunerden verbreitet waren. Letztlich basiert die Hauptentwicklungsrichtung der Böden auf der Klimaverschlechterung, die durch den Nordseeinbruch (um 6000 v. Chr.) verursacht worden ist. Von dieser Entwicklung sind die Trockeninseln der westlichen Niederrheinischen Bucht weniger stark beeinflusst worden, da dort Schwarzerderelikte noch heute wesentlich stärker hervortreten und die Entkalkung der Böden dort nur bis in 1 m Tiefe fortgeschritten ist.

Die chemisch analytischen Untersuchungen der pseudovergleyten Parabraunerde im Hambacher Forst führten zu folgenden Ergebnissen: Nach der Bodenart (korngroßenmäßige Zusammensetzung) handelt es sich um schluffige Lehme (Lößlehm), deren Tongehalte infolge stattgefundener bodengenetischer Prozesse (Ton-Schluffverlagerung) schwanken. Die Bodenreaktion liegt im sauren Bereich. Die S-Werte, das heißt der Gehalt an austauschbaren basischen Kationen im Boden (Ca, Mg, K u. Na), die Umtauschkapazität des Bodens (T-Wert) und sein Basensättigungsgrad (V-Wert) liegen in dem untersuchten Profil wesentlich unter den Werten, die in den Parabraunerden der alten Ackergebiete festgestellt worden sind. Das bezieht sich auch auf die pflanzenverfügbaren Vorräte an Kali und Phosphorsäure, die außerordentlich gering sind.

Die Gründe für die ungünstigeren chemischen Bodenwerte des untersuchten Profils sind in der jahrhundertelangen waldbaulichen Nutzung des Hambacher Forstes zu suchen. Damit fehlen den Böden auch die organischen und mineralischen Düngegaben, die die Parabraunerden der Ackergebiete seit langer Zeit bekommen haben. Hinzu kommt noch die stärkere Entbasung der unter Wald liegenden Böden.

Die bodenphysikalischen Untersuchungen an der pseudovergleyten Parabraunerde zeigen folgende Ergebnisse: Der bis 40 cm Tiefe reichende A₁-Horizont ist locker gelagert. Er hat ein Gesamtvolumen von 47,2 % bei einer Luftkapazität von 14,5 %. Luftmangel tritt also auch bei voller Wassersättigung dieses Bodenhorizonts nicht auf. Wesentlich dichter (Gesamtporenvolumen etwa 41 %) gelagert ist der B_r-Horizont. Die genetisch bedingte Tonverlagerung hat zu einer teilweisen Verstopfung der wasserleitenden Poren geführt. Mit K_r-Werten von 4 cm/d wird besonders im B_{r1}-Horizont eine geringere Wasserdurchlässigkeit erreicht. Es kann deshalb bei langanhaltenden starken Niederschlägen sehr kurzfristig freies Wasser im unteren Teil des A₁-Horizonts (sA₁-Horizont) auftreten. Eine wesentlich lockere Lagerung weist mit rd. 48 % Porenvolumen und einem K_r-Wert von 40 cm/d der B_r-Horizont auf.

organische Substanz % C	Gesamt- bakterien- zahl	Bodenatmung frisches Material (ISERMEYER) (mgCO ₂ /50 g, 24)	Bodenatmung trockenes Material	Tiefe in cm	Probe Nr.	Field Nr.	pH (0.1N KCL)	max. Wasser- kapazität %	H ₂ O- Gehalt %
2.0	13 000 000	4.4	13.7	0-15	1	5	4.3	35.1	22
2.7	12 000 000	4.2	21.6	0-15	7	12	4.4	40.8	24
2.3	27 000 000	3.5	15.0	0-15	2	8	4.0	36,9	23
3.1	16 000 000	6.0	19.8	0-15	10	20	4.1	40.7	25
3.1	18 000 000	6.4	19.6	0-15	3	6	4.2	41.7	25
3.1	14 000 000	4.8	18.3	0-15	6	19	4.1	41.7	25
3.1	12 000 000	5.7	20.2	0-15	4	1	4.1	39.7	25
2.6	5 000 000	4.2	17.6	0-15	8	16	4.1	41.8	24
2.8	11 000 000	5.5	20.2	0-15	5	15	4.0	39.8	24
3.4	20 000 000	5.3	21.4	0-15	9	3	4.2	44.7	25
2.9	13 000 000	4.6	11.5	0-15	11	Wald	3.6	39.7	25

8 Hambacher Forst. Bodenchemische, -physikalische und -biologische Untersuchungsergebnisse.

Entscheidend für den Wasserhaushalt dieses Bodens, der über der verdichteten, wenig durchlässigen Hauptterrasse liegt, ist seine hohe Wasserkapazität. Weiter besitzt der Boden auch bei Wasser-sättigung bis zur Feldkapazität noch genügend luftgefüllten Porenraum. Er kann hohe Niederschläge aufnehmen, ohne daß spürbare Bodenvernässungen im Oberboden auftreten.

Aus den chemisch-physikalischen Untersuchungsergebnissen kann gefolgert werden, daß der heutige Bodenzustand der Hambacher Parabraunerde mit den Degradationsformen neolithischer Schwarzerden nicht identisch ist. Untersuchungen an rezenten Schwarzerdedegradationsformen haben bewiesen, daß die chemischen Verhältnisse in diesen Böden viel günstiger ausfallen als in der Hambacher Parabraunerde.

So zeigen die von Mückenhausen bei Helmstedt und Hildesheim untersuchten degradierten Schwarzerden höhere pH-Werte²⁴. Viel günstiger sind auch die Gehalte an austauschbaren basischen Kationen (Ca, Mg, K u. Na) sowie die Umtauschkapazität, der Basensättigungsgrad und der Gehalt an natürlichem, pflanzenverfügbarem Kali und Phosphorsäure. In diesem Zusammenhang muß auch auf die tiefreichende Humosität und die günstigeren Gefügeeigenschaften (Krümelgefüge) hingewiesen werden. Entscheidend ist auch der in geringer Tiefe (0,7–0,9 m unter Gelände) anstehende, unverwitterte, kalkhaltige Löß, der für die tieferen Pflanzenwurzeln ein Nährstoffreservoir darstellt.

Bodenmikrobiologische Untersuchungen

von B. Urban

In der Tabelle (Abb. 8) sind bodenchemische und physikalische Charakteristika mit den bodenbiologischen Ergebnissen zusammengestellt. Außerdem enthält sie eine Konkordanz zwischen den Probennummern und den Standorten (Feldnummern). Probe 11 stammt aus dem Waldboden im Eichen-Hainbuchenbestand.

Die Bestimmung der Keimzahl erfolgte nach dem Koch'schen Plattengußverfahren, als Nährmedium diente Bakterienagar nach Fiedler. Die Bodenatmung wurde nach der Methode Isermeyer an frischem und trockenem, wiederbefeuchtetem Bodenmaterial durchgeführt, wobei dem Boden keine zusätzlichen Kohlenstoffquellen zugeführt wurden, so daß nur bodeneigenes Material veratmet wurde. Es wurde jeweils im Kurzzeitversuch die aktuelle Atmung (24 h-Wert) ermittelt. Bei stark saurer Bodenreaktion zeigen die 11 Mischproben der Parzellen und des Waldbodens relativ hohe Keimzahlen (Gesamtbakterien).

Da der Anteil an organischer Substanz in den Oberbodenproben nur zwischen 2 % und 3 % liegt, ist darin und in dem Einfluß der Bodenreaktion auf die Mikroflora eine Ursache für die mäßige CO₂-Abgabe im Kurzzeitversuch zu sehen. Die höhere CO₂-Abgabe der trockenen, wiederbefeuchteten Proben kann ihre Ursache in einer besseren Verfügbarkeit des organischen Materials nach Austrocknung haben.

Vergleichend betrachtet unterscheiden sich die Oberbodenproben der Parzellen mit gleichen und verschiedenen Getreidearten ebensowenig untereinander in ihrem biologischen Verhalten, wie sie sich von der Probe unter Eichen-Hainbuchenbestand unterscheiden (Probe 11). Der letztgenannte Standort weist jedoch den niedrigsten pH-Wert auf, was mit der hier noch vorhandenen ungestörten Laubstreu in Zusammenhang zu sehen ist.

Die dargestellten Beobachtungen zeigen, daß die gerodeten, für den Anbauversuch frisch geschaffe-

²⁴ E. Mückenhausen, Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. In Zusammenarbeit mit d. Komm. f. Bodensystematik d. Dt. Bodenkundl. Gesellschaft, Frankfurt/M. (1962).

nen Standorte im bodenbiologischen Verhalten weitgehend die Merkmale des ehemaligen Standortes unter Eichen-Hainbuchenbestand aufweisen. Eine Weiterführung der Untersuchungen soll zeigen, wie und in welche Richtung sich das bodenbiologische Verhalten an diesen neuerlich ackerbaulich genutzten Parzellen im Laufe der nächsten Jahre verändert.

Flora und Vegetation

von W. Lohmeyer

Das Versuchsgelände (Abb. 9; 10) mit der für den Getreideanbauversuch ausgewählten und eingemessenen Parzelle hat bis Ende März 1979 einen relativ naturnahen Artenarmen Maiglöckchen-Stieleichen-Hainbuchenwald (*Stellario-Carpinentum periclymenetosum*, *Convallaria*-Rasse) getragen²⁵. Zum Zeitpunkt der ersten Bestandsanalyse im Frühherbst 1978 repräsentierten Stieleiche (*Quercus robur*) – etwa 120 Jahre alt – sowie zwischen- und unterständige Hainbuche (*Carpinus betulus*) die dominierenden Baumholzarten. In geringer Zahl waren Winterlinde (*Tilia cordata*), Buche (*Fagus sylvatica*), Moor- und Hängebirke (*Betula pubescens*, *B. pendula*) stammweise eingestreut. Die meisten Exemplare der beiden letztgenannten Baumgehölze hatten den Höhepunkt ihrer Lebensentwicklung bereits überschritten und litten unter altersbedingter Stammfäule. In belaubtem Zustand war das undeutlich zweischichtige Kronendach des Waldes nahezu geschlossen.

Als Elemente der nur schwach ausgebildeten und äußerst schütterten Strauchschicht figurierten Hasel (*Corylus avellana*), Brombeere (*Rubus fruticosus*), Himbeere (*Rubus idaeus*), Besenginster (*Sarothamnus scoparius*) und Deutsches Geißblatt (*Lonicera periclymenum*). Sie bekamen nicht genug Licht, um optimal gedeihen zu können, vegetierten vielmehr kümmerlich dahin, wurden kaum kniehoch und brachten fast nie Blüten, geschweige denn keimfähige Samen hervor.

In der Bodenvegetation nahmen entsprechend dem Mengenanteil Waldpflanzen mit vergleichsweise mäßigen Nährstoffbedürfnissen die ersten Plätze ein: Maiglöckchen (*Convallaria majalis*) und Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), deren früh erscheinende oberirdische Pflanzenteile bis August aber größtenteils schon wieder abgestorben und verrottet waren²⁶; ferner Flattergras (*Milium effusum*), Hain-Veilchen (*Viola riviniana*) und zwei hygrophile Arten: Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) und Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*). Weniger ins Gewicht fielen Echte Hainmiere (*Stellaria holostea*), Knoten-Braunwurz (*Scrophularia nodosa*), Wald-Sauerklee (*Oxalis acetosella*) und Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*). Daß von optimaler Streuzersetzung keine Rede sein konnte, sondern gewisse Mengen saurer Humusstoffe oberflächlich liegen blieben, bezeugten vereinzelte Vorkommen der Moderpflanzen *Luzula albida*, *Luzula pilosa*, *Lonicera periclymenum* und *Pteridium aquilinum*. Alle übrigen registrierten Waldgräser, -seggen und -stauden waren ausgesprochen rar, gleichwohl sollen sie der Vollständigkeit halber mit erwähnt werden: *Stachys sylvatica*, *Phyteuma cf. nigra*, *Potentilla sterilis*, *Brachypodium sylvaticum*, *Poa nemoralis* und *Hypericum pulchrum*. Moose fanden sich auf Schritt und Tritt, namentlich *Atrichum undulatum*, *Oxyrhynchium praelongum* und *Brachythecium rutabulum*.

Die zuvor genannten Pflanzensippen dokumentieren in etwa den floristischen Grundstock des Artenarmen Maiglöckchen-Stieleichen-Hainbuchenwaldes, doch ist damit das Arteninventar des analysierten Bestandesausschnittes noch keineswegs komplett. Mitbewerber waren auch mehrere helio-

²⁵ Vgl. hierzu W. Lohmeyer, in: W. Trautmann u. Mitarb., Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 – Potentielle natürliche Vegetation – Blatt CC 5502 Köln. Schr.Reihe Vegetationskde. 6 (1973).

²⁶ Der Mengenanteil dieser Frühlingsgeophyten ist im Mai 1979 überprüft worden.

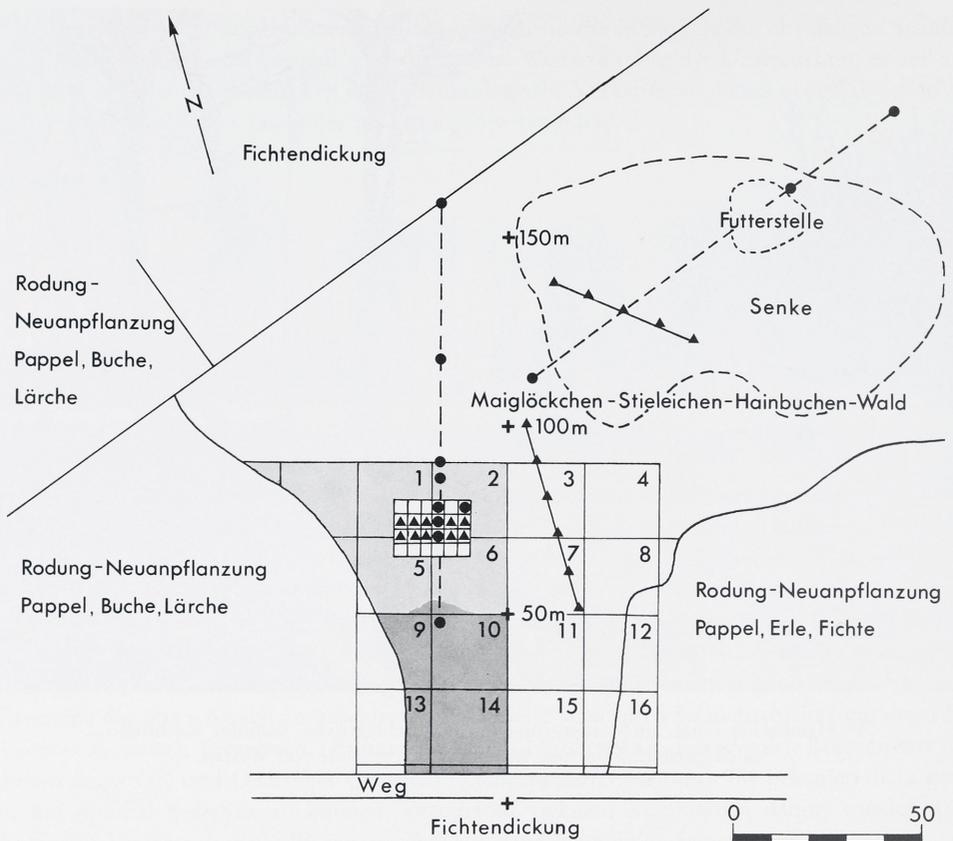


9 Hambacher Forst. Im Vordergrund eine Kahlschlagfläche, dahinter anschließend Stieleichen-Hainbuchen-Wald. Versuchsgelände von Westen.

phile krautige Gewächse, die im schattigen Waldesinnern niemals zur vollen Entfaltung gelangen, sondern eher schlecht als recht ihr Dasein fristen, so *Senecio sylvaticus*, *Cirsium palustre*, *Cirsium vulgare*, *Senecio fuchsii*, *Eupatorium cannabinum*, *Epilobium angustifolium* und *Taraxacum officinale*, deren mit Flugorganen versehene Samen der Wind über größere Strecken verbreitet. Des weiteren fanden sich regelmäßig *Galeopsis tetrahit*, *Moehringia trinervia*, *Fragaria vesca*, *Ajuga reptans* und die beiden Gräser *Agrostis tenuis* und *Calamagrostis epigeyos*. Örtlich gab es kleine Trupps der Großen Brennessel (*Urtica dioica*). Sie markierten Stellen, wo Lücken im Kronendach vergleichsweise viel Licht einfallen ließen und/oder Bodeneutrophierung stattgefunden hatte.

Die meisten dieser heliophilen und vielfach zugleich nitrophilen Nicht-Waldpflanzen besaßen ihre Hauptvorkommen auf benachbarten Schlagflächen und jungen Schonungen in Gesellschaft von *Juncus effusus*, *Lotus corniculatus*, *Hypericum maculatum*, *Stellaria alsine*, *Gnaphalium uliginosum* und noch anderen Zeigerpflanzen für oberflächennahe Bodenverdichtungen. Dort zeitigten sie Blüten und Früchte in Hülle und Fülle.

Der Abtrieb des Maiglöckchen-Stieleichen-Hainbuchenwaldes und die daraus resultierende Freistellung der Bodenvegetation hat zu starken Mengenverschiebungen und zu einer gewissen Schwächung der Lebenskraft insbesondere bei den Bestandesgliedern der Krautschicht geführt. Aber trotz des Wegfalls jeglicher Beschattung durch das Kronendach hat wider Erwarten keine der Waldpflanzen das Feld völlig geräumt. Bei der Wiederholungsaufnahme am 3. 8. 1979 – das Getreide stand damals noch auf dem Halm – wurde die Pflanzendecke jeder der neun Quadratmeter messenden Ansaatflächen gesondert analysiert (Abb. 11). Gegenüber früher waren die Unterschiede im floristischen Inventar sowie in der Bewuchsdichte der Bodenflora unverkennbar. Die ins einzelne gehenden Beobachtungsergebnisse sollen aber erst zu einem späteren Zeitpunkt mitgeteilt werden. Hier geht es nur darum, die besonders auffallenden Vegetationsveränderungen kurz darzustellen.



10 Hambacher Forst. Versuchsgelände mit der Anbaufläche, der Kahlschlagfläche (hell gerastert), der Kopf-waldfläche (dunkel gerastert) und den bestehenden Waldflächen und Neuanpflanzungen; außerdem das Meßsystem und die 16 Quadrate (20 x 20 m) für die botanische Aufnahme. ▲ = Käferfallen; ● = Entnahmestellen für Pollenproben. – Maßstab 1 : 2000.

Erwartungsgemäß waren die Verlichtungspflanzen nach der Beseitigung des Gehölzaufwuchses stärker zum Zuge gekommen. Andererseits hatte bislang so gut wie keine der echten Waldpflanzen mengenmäßig nennenswerte Einbußen erlitten. Selbst von starkem Vitalitätsschwund konnte kaum die Rede sein, schon gar nicht beim Hain-Veilchen (*Viola riviniana*), das ja, wie man weiß, auch in bodensauren Magerrasen gutes Gedeihen zeigt, also nicht unbedingt des Schattenwurfes der Bäume bedarf.

Als Hauptbodenbedecker entpuppten sich jedoch samenbürtige Jungpflanzen der Himbeere. Ihr Saatgut mußte jahrzehntelang im Boden gelegen haben, da *Rubus idaeus* unter einigermaßen geschlossenem Schirm zwar zu überleben vermag, aber keine Früchte zeitigt. Gleiches gilt übrigens für das Gefleckte Johanniskraut (*Hypericum maculatum*).

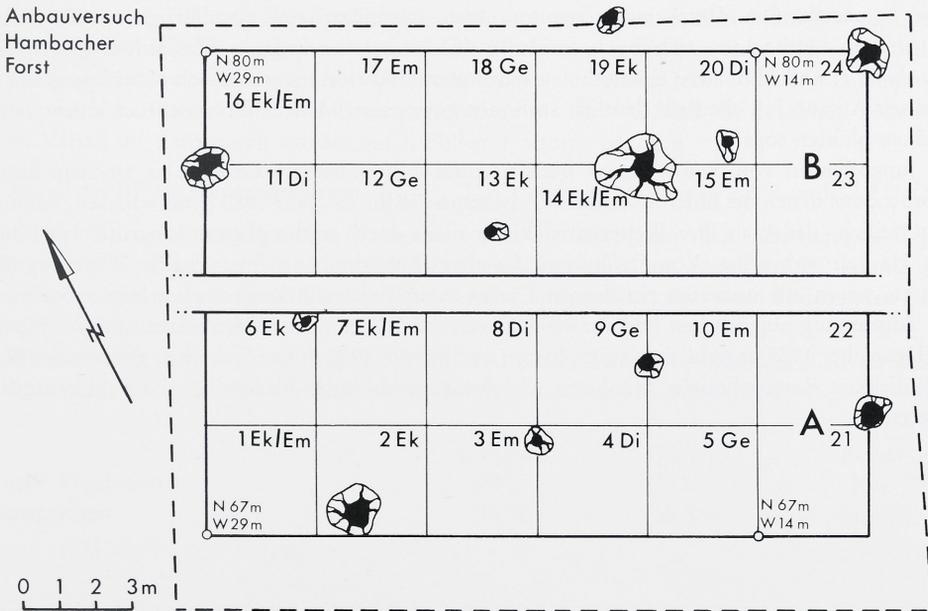
Anderer Gehölze waren teils spärlich, teils massenhaft gekeimt und ebenbürtige Mitbewerber: Vornweg Moorbirke (Anflug aus den benachbarten Laubwaldresten), Hängebirke (relativ selten), Salweide (*Salix caprea*) und Hainbuche (namentlich in den Feldern 11–20), während sich die Zahl der Nachkommen von Stieleiche, Zitterpappel (*Populus tremula*), Vogelbeere (*Sorbus aucuparia*) und Winterlinde in engen Grenzen hielt.

Jede der 20 Ansaatflächen beherbergte außer den schon erwähnten Arten *Viola riviniana*, *Betula*

pubescens und *Rubus idaeus*, obendrein drei weitere ausdauernde (perennierende) Blütenpflanzen: *Deschampsia cespitosa*, *Calamagrostis epigeyos* und *Eupatorium cannabinum*. Ziemlich regelmäßig zugegen waren ferner *Hypericum maculatum*, *Hypericum pulchrum*, *Epilobium adenocaulon*, *Cirsium vulgare*, *Gnaphalium sylvaticum* und der Farn *Athyrium filix-femina*. Das Gros der Gewächse bestand aus Jungpflanzen, von denen nur ganz wenige Exemplare schon im ersten Lebensjahr zur Blüte kamen. Immerhin bedeckten sie 30–80 % und auf manchen Feldern (Nr. 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19 u. 20) sogar 90–100 % des Bodens. Mehrmalige Entkrautungen verursachten vorübergehend Vegetationslücken, jedoch machten neuerliche Keimungen die Verluste im Wildkräuteraufwuchs rasch wieder wett.

Obwohl Stauden, Junggehölze und perennierende Gräser das Feld beherrschten, hatten sich auch einige sehr kurzlebige (annuelle) Garten- und Ackerunkräuter etabliert, die hier vor der Entwaldung noch nicht beobachtet worden waren. Der Mensch könnte zur Einschleppung ihrer Samen beigetragen haben, aber hieb- und stichfeste Beweise dafür gibt es nicht. Jeweils ein oder zwei blühende Exemplare wurden notiert von *Stellaria media* in Feld 4, 5, 7, 10–14, 17, 19 u. 20; von *Sonchus asper* (womöglich Anflug) in 2, 4, 10, 12, 14, 15 u. 18; von *Cerastium glomeratum* in 5, 19 u. 20; von *Matricaria chamomilla* in 11, 14 u. 19; von *Chenopodium polyspermum* in 11, 14 u. 20; von *Chenopodium album* in 1; von *Oxalis fontana* in 1; von *Senecio vulgaris* (womöglich Anflug) in 6; von *Capsella bursa-pastoris* in 14 und von *Viola arvensis* in 20.

Nach der Getreideernte blieben die Versuchsfelder zunächst sich selbst überlassen. Kurz vor dem Pflügen wurde ihre Vegetation am 29. 11. 1979 abermals analysiert. Das Arteninventar hatte keine großen Veränderungen erfahren, aber die Wildpflanzen bekleideten überall mehr als 75 % des Bodens. In etlichen Versuchspartellen zeigte der Aufwuchs überhaupt keine Fehlstellen (Abb. 12). Absolut vorherrschend war die Rasenschmiel (*Deschampsia cespitosa*). Sie bildete im Bereich der abgeernteten Versuchsfelder 11, 13, 14–17, 19 und 20 geschlossene Rasen. Ihre ältesten Pflanzen besaßen ein so dichtes und tiefreichendes Wurzelwerk, daß es kaum gelang, die Grashorste mit der



11 Hambacher Forst. Anbaufläche mit den Teilflächen A und B und den 20 Feldern von je 9 m². Baumstümpfe und Einzäunung. EK: Einkorn, Em: Emmer, Ge: Gerste, Di: Dinkel.



12 Hambacher Forst. Verunkrautung nach der Getreideernte.

Hand herauszureißen. *Deschampsia cespitosa* hatte scheinbar keine ebenbürtigen Konkurrenten. Am ehesten vermochten sich noch Sandrohr (*Calamagrostis epigios*), Wasserdost (*Eupatorium cannabinum*) und Himbeere neben ihr zu behaupten. *Eupatorium* nahm sich recht üppig aus und hatte seit Anfang Juli ebenfalls deutlich an Boden gewonnen. Manche ihrer mehr als kniehohen Individuen blühten sogar.

Die Jungpflanzen von *Rubus idaeus* besaßen Ende November am Grunde bis zu zehn kräftige Knospen, aus denen die über meterhohen Fruchtsprosse für das Jahr 1980 heranwachsen, vorausgesetzt freilich, daß man ihre Weiterentwicklung nicht durch anthropogene Eingriffe wie Pflügen oder Hacken verhindert. Von *Stellaria media* abgesehen, die bei nicht zu kalter Witterung überwintert, waren alle notierten einjährigen Garten- und Ackerunkräuter nach erfolgter Samenreife und Aussamung abgestorben und inzwischen verrotten. Wenn die Bodenbearbeitung im November/Dezember 1979 unterblieben wäre, hätten im Sommer 1980 mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit Rasenschmiele, Himbeere und örtlich wohl auch Wasserdost das Feld weitgehend beherrscht.

Pollenanalytische Untersuchungen

von J. Meurers-Balke

Vom Versuchsgelände und von den angrenzenden Waldflächen werden regelmäßig Pollenproben untersucht, wobei besonders drei Fragenkomplexe verfolgt werden:

a) Vergleich zwischen Pollenspektren und Zusammensetzung der aktuellen Vegetation.

Auf dem Versuchsgelände befinden sich in unmittelbarem Kontakt zueinander ein relativ naturnaher Maiglöckchen-Stieleichen-Hainbuchenwald, eine gerodete und danach sich selbst überlassene Fläche und die Anbaufläche, auf der das Getreide ausgesät wird. Im Osten und Westen schließen sich Freiflächen mit Neuanpflanzungen (Pappel, Buche, Lärche, Erle, Fichte) an, im Norden und Süden Fichtendickungen. Da die Neuanpflanzungen und beide Fichtendickungen noch in der Juvenilphase sind, werden hier keine Baumpollen produziert. Es sind Verschiebungen im Mengenverhältnis der Arten auf der gerodeten und der Getreideanbaufläche zu erwarten, ebenso am durch den Abtrieb geschaffenen Waldrand. Die Wirkung dieser Abfolge auf die Pollenspektren soll beobachtet werden.

b) Nachweismöglichkeiten für gerodete Flächen innerhalb eines geschlossenen Waldes.

Durch Linienprofile soll überprüft werden, bis zu welcher Entfernung eine gerodete Fläche sich im geschlossenen Wald in den Pollenspektren zu erkennen gibt.

c) Transport von Getreidepollen.

Die nächstgelegenen, landwirtschaftlich genutzten Flächen liegen 2,5–3 km entfernt, so daß der von dort kommende Anflug von Getreidepollen vernachlässigt werden kann²⁷.

Am Versuchsgelände ist die günstige Möglichkeit gegeben, die Wirkung einer mit 'prähistorischen' Getreidearten bestellten Fläche bekannter Größe im Pollenspektrum zu verfolgen, besonders im Hinblick darauf, bis zu welchen Entfernungen Getreidepollen vom Wind in nachweisbaren Mengen transportiert werden.

Im Juli 1979 wurden Moosproben im Gelände geborgen, zum einen in einer Nord-Süd-Achse, die von der gerodeten Fläche durch die Getreidefelder führt, zum anderen in einer Südwest-Nordost-Achse, die in Hauptwindrichtung (Abb. 7) in den Hochwald verläuft (Abb. 10). Die Pollenproben wurden auf 300 BP ausgezählt. Berechnungsgrundlage für Abb. 13 sind alle gezählten Pollen (inklusive Varia), die Farnsporen wurden auf Σ Pollen + Sporen bezogen.

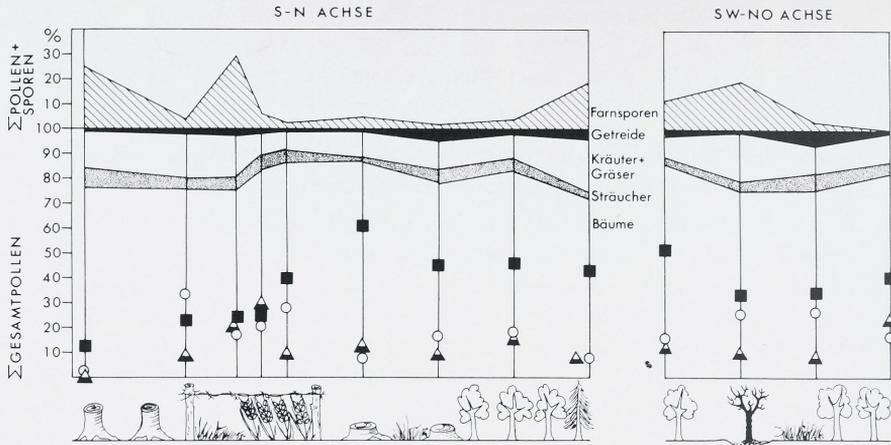
Der Anteil der BP am Gesamtspektrum $\left(\frac{BP}{BP + NBP} \right)$ beträgt zwischen 72,3 % und 87,2 % (Mittelwert 80,1 %), wie dies recht dichte Waldgebiete charakterisiert (zum Vergleich: Forêt de Soignes bei Brüssel 79 %; Belgische Ardennen 72 %)²⁸. Kein Unterschied am Anteil der BP konnte zwischen Proben von den gerodeten Flächen (80,5 %) und Spektren aus dem noch bestehenden Laubwald (79,7 %) beobachtet werden.

Die Masse der BP stammt von Eiche, Hainbuche und Birke. Zwar entspricht dies auch der aktuellen Vegetation, doch sind die Verhältnisse der drei Arten zueinander verschoben:

	<i>Carpinus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Betula</i>
Aktuelle Vegetation	82 %	15 %	3 %
Pollenspektren	18 %	55,5 %	26,5 %

²⁷ B. Bastin, Recherches sur les relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique récent dans la forêt de Soignes (Belgique). Agricultura (Louvain) 12, 1964, 341–373, bes. 364.

²⁸ Bastin a. a. O.; J. Heim, Recherches sur les relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique récent dans les Ardennes Belges. Bull. Soc. Roy. Belge 96, 1962, 5–92.



13 Hambacher Forst. Pollenspektren aus Moosproben (Lage der Oberflächenproben siehe Abb. 8).
○ Birke; ■ Eiche; △ Hainbuche.

Eine Korrektur nach den von Andersen vorgeschlagenen Faktoren gleicht die Werte der Birken- und Eichenpollen dem tatsächlichen Vorkommen der Bäume im bestehenden Wald an, die Hainbuche bleibt jedoch weiterhin unterrepräsentiert²⁹:

	<i>Carpinus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Betula</i>
Korrektur nach Andersen 1967	x 1	x 1/4	x 1/4
	18 %	13,9 %	6,6 %

Im Hambacher Forst müßten die *Carpinus*-pollen mit 4 multipliziert werden, um dem tatsächlichen Vorkommen der adulten, blühfähigen Bäume zu entsprechen.

Überraschend gering ist die Anzahl von Getreidepollen in der Anbaufläche selbst:

Feld 14	Einkorn/Emmer	7 Pollen = 1,9 % (Aller BP + NBP)
Feld 19	Einkorn	2 Pollen = 0,6 %
Feld 9	Gerste	11 Pollen = 2,8 %

Die Proben wurden Anfang Juli entnommen, als die Masse der Getreidepflanzen in Blüte stand. Die angebaute Arten sind alle schlechte Pollenproduzenten. Sowohl Weizen als auch die Gerste sind in der Regel kleistogam, d. h. noch vor der Blütenöffnung tritt Selbstbestäubung ein³⁰. Vermutlich wäre das Auftreten von Getreidepollen am Boden der Felder nach vorausgegangenen Regenfällen, die die Pollen von der Blüte waschen, zahlreicher gewesen.

Die Nachweismöglichkeiten von Getreidepollen in den Feldern selbst und besonders auch die Frage nach dem möglichen Pollentransport über weitere Strecken hinweg können erst in den kommenden Jahren verfolgt werden, da 1979 und in den vorhergehenden Jahren von Zeit zu Zeit Getreidehäcksel zur Wildfütterung nordöstlich vom Versuchsgelände abgeladen wurde und der Weg zur Fütterungsstelle durch das Versuchsgelände führte. Dieses erklärt die hohen Getreidepollenwerte von den Waldproben, die am Fütterungsplatz 5,9 % erreichen. Aus diesen Gründen muß bei weiteren Pollenuntersuchungen Moos als Probenmedium ausscheiden, da dieses noch verunreinigt sein kann. Somit müssen 'Pollenfallen' ausgelegt werden, in denen sich lediglich der Pollenregen der herrschenden Vegetationsperiode niederschlägt.

²⁹ S. Th. Andersen, Tree-Pollen Rain in Mixed Deciduous Forest in South Jutland (Denmark). *Rev. Palaeobot. Palynol.* 3, 1967, 267–275.

³⁰ W. Franke, *Nutzpflanzenkunde* (1976) 81; 88.

Beobachtungen über das Wachstum der Eichen im Hambacher Forst

von B. Schmidt

Das Wachstum der Bäume wird, wie bei anderen Pflanzen, von den klimatischen Gegebenheiten sowie von lokalen Umweltbedingungen gesteuert³¹. Bei den Untersuchungen von Getreide-Ernteerträgen über eine Zeit von zwei Jahrzehnten werden wahrscheinlich die jährlich zu ermittelnden Holzzuwachsraten der in unmittelbarer Nachbarschaft zum Versuchsfeld stockenden Bäume wichtige Vergleichswerte liefern. Ergänzend soll die Blattbildung als Wachstumskriterium herangezogen werden.

Anhand der dendrochronologisch datierten Jahresringe und der Meßreihen aus der benachbarten Klimastation Elsdorf soll das Wachstum der Eichen geprüft werden. Die gewonnenen Informationen sind dann mit Aufzeichnungen über Ernteerträge des Untersuchungsgebietes zu vergleichen. Diese Befunde können unter bestimmten Voraussetzungen zur Klärung der klimatischen Gegebenheiten von Gegenwart und Vergangenheit genutzt werden. Außerdem stehen die in den über hundertjährigen Eichen gespeicherten Klimainformationen zur Verfügung. Im einzelnen sind folgende Untersuchungen geplant:

1. Es soll eine Standortjahrringkurve von Eichen aus der näheren Umgebung des Versuchsgeländes erstellt werden.
2. Vergleich dieser Standortjahrringkurve mit Aufzeichnungen über Ernteerträge dieses Gebietes.
3. Die Standortjahrringkurve Hambacher Forst wird mit weiteren Standortkurven Nordwestdeutschlands verglichen.
4. Klimadaten und Jahrringkurve (Dendro-Klimatologie).
Wachstumsfördernde und wachstumshemmende Klimaeinflüsse sollen ermittelt werden.
5. Die jährlichen Zuwachsraten der kommenden 20 Jahre sollen mit den Ernteerträgen vom Versuchsfeld verglichen werden.
6. Beobachtungen an Eichenblättern:
 - a) Zeitpunkt der Blattausbildung
 - b) Mittlere Größe der Blätter
 - c) Blattabwurf.

Fauna

Bodenarthropoden

von H. U. Thiele

Das Versuchsgelände bietet die Möglichkeit, auf einer neu angelegten landwirtschaftlichen Fläche inmitten eines ausgedehnten Waldgebietes die Besiedlung durch Arthropoden der Bodenoberfläche von den Anfängen an kontinuierlich zu studieren. Ein Schwerpunkt der Untersuchung liegt dabei auf den Laufkäfern (*Coleoptera*, *Carabidae*). Die Ökologie dieser artenreichen Tiergruppe wird von mir mit Mitarbeitern seit mehr als 20 Jahren betrieben³².

Das Vorkommen und die Umweltansprüche von Carabiden und anderen Tierarten auf alten Agrar-

³¹ Zu den lokalen Waldverhältnissen vgl. Aden a. a. O. (Anm. 21); B. Schmidt, Dendroklimatologische Untersuchungen an Eichen Nord-Westdeutscher Standorte, Diss. Hamburg 1977.

³² H. U. Thiele, Carabid Beetles in their Environments. A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour (1977) 369 ff.

flächen in Mitteleuropa ist seit langem u. a. von Tischler und seiner Schule untersucht worden³³. Dabei hat sich herausgestellt, daß diese Fauna weder aus eingewanderten Steppenelementen noch aus Resten der ehemaligen Waldfauna besteht, sondern daß sie zum mindesten in West- und Westmitteleuropa ein ganz eigenes Gepräge hat. Es dominieren in ihr Arten, deren ursprünglicher, nicht anthropogener Lebensraum der Strandanwurf der Meeresküsten und Ströme ist. Andererseits ist auch die waldbewohnende Carabidenfauna gut untersucht³⁴.

Da Rodungen inmitten großer Waldgebiete zur Gewinnung von Ackerland heute kaum noch angelegt werden, bietet sich im Hambacher Forst die fast einmalige Gelegenheit, die Sukzession der Fauna auf einer solchen Fläche zu studieren. Da die nächsten Ackerflächen, von dem Versuchsgelände durch Wald getrennt, mehr als 1 km entfernt liegen, interessiert u. a. die Frage, welche Faunenelemente sich auf der Rodung einfinden. Haben die oben erwähnten Faunenelemente die Möglichkeit, über die Waldbarriere hinweg die Waldlichtung zu erreichen? Gelingt dies z. B. nur fliegenden Arten oder auch flugunfähigen? Oder bildet sich in diesem Falle doch nur eine artenarme Gesellschaft aus besonders euryöken Elementen der in der Umgebung lebenden Waldfauna, die vergleichend mit untersucht wird?

Vielleicht werden sich Schlüsse ziehen lassen, wie die Besiedlung der prähistorischen Ackerflächen und die erste Herausbildung der oben erwähnten, von Tischler entdeckten, typischen Vergesellschaftungen der Bodenarthropoden der heutigen Agrargebiete vonstatten gegangen ist. Die geplanten Untersuchungen stellen ein Gegenstück zu früheren Untersuchungen von U. Neumann dar, der den Vorgang der Neubesiedlung von Kippen und darauf angelegten Aufforstungen in verschiedenen Altersstadien durch verschiedene Gruppen von Bodenarthropoden eingehend studiert hat³⁵.

Die Untersuchung wurde 1979 begonnen. In der Zeit vom 15. 5.–15. 11. 79 wurden auf der mit Getreide bestellten Fläche Barberfallen (Formolfallen) aufgestellt, und zwar nahe dem Zentrum jedes Feldes eine (zusammen 12). Vergleichsfallen (2 x 5 Fallen) wurden auf zwei angrenzenden Flächen im Hochwald aufgestellt (Abb. 10). Die Proben wurden in monatlichen Abständen entnommen und werden zur späteren Auswertung im Labor aufbewahrt. Für die folgenden Jahre ist die Anwendung eines gleichartigen Fangschemas vorgesehen.

Pflanzenschädigende Nematoden

von B. Weischer

Pflanzenschädigende Nematoden oder Fadenwürmer findet man überall, wo Pflanzen wachsen. Man kennt etwa 2000 verschiedene Arten, die als mikroskopisch kleine Schädlinge an Kulturpflanzen auftreten können, indem sie mit ihrem Mundstachel Pflanzen anstechen und Zellen aussaugen. Außerdem können sie andere gefährliche Krankheitserreger von kranken auf gesunde Pflanzen übertragen. Die meisten Nematodenarten können sich nur an bestimmten Pflanzen vermehren. Bei vielseitigem Bewuchs wie z. B. in natürlichen Pflanzenbeständen und bei abwechslungsreichen,

³³ Zusammenfassung siehe W. Tischler, *Agrarökologie* (1965) 499.

³⁴ Vgl. z. B. Thiele a. a. O.

³⁵ U. Neumann, Die Entwicklung der Bodenfauna in den Aufforstungen des Rheinischen Braunkohlenreviers. Braunkohle, Wärme u. Energie H. 6, 1970, 203–205; ders., Die Sukzession der Bodenfauna (Carabiden [Coleoptera], Diplopoden und Isopoden) in den Aufforstungen des Rheinischen Braunkohlenreviers. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 10, 1970, 214–216; ders., Die Sukzession der Bodenfauna (Carabidae [Coleoptera], Diplopoda und Isopoda) in den forstlich rekultivierten Gebieten des Rheinischen Braunkohlenreviers. *Pedobiologia* 11, 1971, 193–226; ders., Die Ausbreitungsfähigkeit von Carabiden in den forstlichen Rekultivierungen des Rheinischen Braunkohlenreviers. *Misc. Papers Landbouwhogesch. Wageningen* 8, 1971, 89–103.

weitgestellten Fruchtfolgen übersteigt daher selten eine Art die für eine Schädigung erforderliche Populationsdichte im Boden. Wird aber die natürliche Pflanzenvielfalt beseitigt und durch ständig wiederholten Anbau einzelner Pflanzenarten ersetzt, können sich die Parasiten dieser Pflanzen ungewöhnlich stark vermehren und zu Schäden, d. h. Mindererträgen führen. Das kann u. U. zum völligen Versagen dieser Kulturpflanzen auf nematodenverseuchten Böden führen, ein Zustand, den man oft ungenauerweise als 'Bodenmüdigkeit' bezeichnet hat. Sie ist schon lange bekannt und liegt auch der Einführung der mittelalterlichen Dreifelderwirtschaft zugrunde, die durch den Wechsel der Nutzung einer 'Ermüdung' des Bodens, also einer Anreicherung von Schädlingen wie Nematoden vorbeugt. Ein dramatisches Beispiel für die weitreichenden Auswirkungen einer einseitigen Bodennutzung sind die Mayas, die etwa im 7. Jahrhundert n. Chr. ihre blühenden Städte im heutigen Guatemala verließen und nach Yucatan zogen, um dort neue Siedlungen zu errichten. Sie hatten trotz ihrer hohen Kulturstufe eine primitive Landwirtschaft mit nur wenigen Pflanzenarten, vor allem Mais, Bohnen und Tabak. Diese sind sehr gute Wirtspflanzen für gefährliche Nematoden, die auch heute noch in der Region große Schäden anrichten. Es ist eine gut begründete Annahme, daß die Mayas nicht wegen Naturkatastrophen oder Seuchen ihre Städte verließen, sondern wegen der Erschöpfung ihrer Felder, an der Nematoden maßgeblich beteiligt waren.

Das Versuchsfeld im Hambacher Forst bietet eine höchst interessante Möglichkeit, die Auswirkung primitiver Landwirtschaft auf die vorhandene Nematodenfauna unter mitteleuropäischen Bedingungen zu beobachten. Das Institut für Nematologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft hat sich bereit erklärt, entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Im Jahre 1979 wurde erstmals eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Nematoden gemacht. In Zukunft werden dann in regelmäßigen Abständen Bodenproben aus den verschiedenen Parzellen entnommen und auf Nematoden untersucht. Dadurch können unter dem Einfluß der unterschiedlichen Pflanzen und Anbaumethoden auftretende Veränderungen erfaßt werden.

Rodung und Einzäunung

Im Dezember 1978 wurden versuchsweise drei Bäume mit Steinäxten gefällt³⁶. Die eigentliche Rodung erfolgte Anfang 1979³⁷. Im Bereich der zukünftigen Anbaufläche wurden die Bäume in normaler Weise ebenerdig gefällt (vgl. Abb. 10: 'Kahlschlagfläche'), während sie im südlichen Teil der Rodungsfläche Brust- bzw. kopfhoch abgesägt wurden ('Kopfwaldfläche'). Wir wollten die Gelegenheit nutzen, hier eine 'Kopfwaldwirtschaft' nachzuahmen, die mancherorts noch heute betrieben wird. Möglicherweise war man auch schon im Altneolithikum dazu gezwungen, weil mit den dechselartig geschäfteten Steinbeilen in Bodennähe vermutlich nicht geschlagen werden konnte. In beiden Rodungsflächen blieben die Stubben im Boden. In der östlichen Hälfte des Versuchsgeländes blieb als Windschutz eine 20–30 m breite Waldgalerie stehen.

Wir hatten zunächst alles Ast- und Zweigholz, das von Bäumen stammte, die auf der zukünftigen Anbaufläche wuchsen, auf dieser niederlegen lassen, um es zu verbrennen und auch diesen Effekt einer ersten Waldrodung zu erzeugen. Das Holz, ein mächtiger, die Fläche mehr als mannshoch bedeckender Haufen, war dafür aber viel zu naß³⁸. Da der Zaun gebaut werden mußte, wurde das Holz unmittelbar südlich der zukünftigen Anbaufläche aufgestapelt.

³⁶ Die Äxte, symmetrische und schuhleistenkeilartige, sind mit Holmen versehen, die nach Originalfunden aus Schweizer Seeufer-Siedlungen gearbeitet worden sind. Im Anschluß an diese Versuche wurden zwei entsprechende Magisterarbeiten vergeben (vgl. Anm. 18).

³⁷ Herrn Revierförster Greifenstein und seinen Mitarbeitern ist dafür herzlich zu danken, ebenso für die spätere Errichtung des Wildschutzzaunes.

³⁸ Die Waldarbeiter verbrannten das Ast- und Zweigholz der übrigen Fläche mit Hilfe von Benzin und alten Autoreifen.

Die Anbaufläche wurde in den Nordteil der Rodung gelegt, weil der Südteil durch drei Fahrspuren gestört ist. Die Fläche liegt damit auch weiter vom Verkehrsweg entfernt und ist vermutlich vor Passanten geschützt. Im Winkel zwischen dem nördlichen und dem östlichen Waldrand, von dessen Wurzel- und Kronenzone sie ausreichend Abstand hält, ist sie nach Süden und Westen zur Sonne hin frei exponiert. Beim Roden wurde darauf geachtet, daß kein Fahrzeug über die zukünftige Anbaufläche fuhr und daß auch keine Stämme darübergezogen wurden.

Im März 1979 wurde der Wildschutzzaun gebaut. Er besteht aus 2 m hohem Maschendraht (Maschenweite 6 x 9 cm). Die unteren 0,7 m werden außerdem von Kaninchendraht bedeckt (Maschenweite 2,5 x 3,2 cm). Dieser reicht noch 0,30 m in den Boden hinein, um ein Unterwühlen zu verhindern. Über diese Einzäunung wurde ein Vogelschutznetz (Maschenweite 2,5 x 3,0 cm) gespannt, das auch seitlich bis 0,7 m über den Boden herabreicht, und an den Kaninchendraht anschließt. Zweifellos war es in vorgeschichtlicher Zeit nicht möglich, Wild- und Vogelschäden so radikal zu vermeiden, doch wäre jede Ertragsmessung nutzlos, wenn wir unkontrollierte Schädigungen dieser Art nicht ausschließen würden.

	Wolfenbüttel 17. Jahrh.	Ostpreußen 18. Jahrh.	Hambach 1979	Hambach 1980
Weizen	192 kg/ha	240 kg/ha	47 kg/ha	190 kg/ha
Gerste	147	180	111	150
Roggen	181	190	–	–
Hafer	108	120	–	–
Einkorn			33	55
Emmer			55	190
Dinkel			55	190
Einkorn/Emmer			44	111
Gerste			111	150

14 Aussaatmengen in historischer Zeit und im Hambacher Forst.

Saatgut und Saatmenge

Das Saatgut stammt zum größten Teil von einer Gen-Bank für Weizen der Landbouwhogeschool in Wageningen/Niederlande und wurde von Herrn Dr. Ing. A. C. Zeven zur Verfügung gestellt (Einkorn, Emmer, Dinkel). Es handelt sich um Mischungen verschiedener europäischer Landsorten, wobei erwartet wird, daß die für den Hambacher Standort günstigsten Sorten sich bald durchsetzen werden. Ein anderer Teil der Aussaat stammt von Herrn Dr. K.-H. Knörzer, Neuss (Emmer, Gerste), der diese Getreide schon über ein Jahrzehnt angebaut hat (Abb. 15).

Es handelt sich ausschließlich um Sommergetreide, weil wir zur Vereinfachung der Bearbeitung auf den Anbau von Wintergetreide verzichteten. Einkorn und Emmer wurden sowohl getrennt als auch als Mischung ausgesät. Letzteres (Gewichtsverhältnis 1 : 1,4) geschah, weil Mischbau auch für die prähistorische Zeit vielfach nachgewiesen ist³⁹. Außerdem erwartet A. C. Zeven, daß sich im

³⁹ K.-H. Knörzer, Über den Wandel der angebauten Körnerfrüchte und ihrer Unkrautvegetation auf einer nieder-rheinischen Lößfläche seit dem Frühneolithikum, in: Festschr. M. Hopf. Archaeo-Physika 8 (1979) 147–163.



15 Getreideähren. Von links nach rechts Einkorn (*Triticum monococcum*); Emmer (*Triticum dicoccum*); Gerste (*Hordeum vulgare*); Dinkel (*Triticum spelta*) unbegrantet und begrannt.

Laufe der Zeit ein dem Standort und den Bearbeitungstechniken optimal angepaßtes Mischungsverhältnis herausbilden wird, ein Aspekt, der auch Licht auf prähistorische Mischgetreide zu werfen verspricht.

Einkorn und Emmer sind im Rheinland seit der Bandkeramik angebaut worden. Mit der Rössener Kultur (Mittelneolithikum) kommt die Nackt- und die Spelzgerste hinzu. Dinkel kann im Rheinland erst seit der Eisenzeit (Stufe Hallstatt D) nachgewiesen werden, was aber vermutlich eine Forschungslücke ist, da er sonst im westlichen Mitteleuropa schon seit dem Jungneolithikum (Schussenrieder Kultur: Ehrenstein) und seit der Bronzezeit auftritt.

Die richtige Saatmenge hängt von der Bodenqualität sowie der Getreideart und Getreidesorte ab. In historischer Zeit hatten lange Erfahrungen zu derartig gleichmäßigen Aussaatstärken geführt, daß diese als Flächenmaße verwendet wurden (z. B. 'Scheffel Saat'). Im Prinzip ging man davon aus, daß zur Ernährung einer Getreidepflanze auf gutem Boden eine relativ kleine Ackerfläche ausreicht, während auf schlechtem Boden eine größere Fläche erforderlich ist. Entsprechend der unterschiedlich benötigten Standweite wird auf gutem Boden stärker eingesät als auf schlechtem Boden⁴¹.

Die Aussaatstärke im Hambacher Experiment war 1979 durch die Menge des vorhandenen Saatgutes vorgegeben. Pro Feld (9 m²) wurden beim Einkorn 30 g, beim Emmer 50 g, bei Einkorn/Em-

⁴⁰ U. Willerding, Vor- und frühgeschichtliche Kulturpflanzenfunde in Mitteleuropa. Neue Ausgr. u. Forsch. in Niedersachsen 5, 1970, 287–375, bes. 336 ff.; 360.

⁴¹ Schultz-Klinken a. a. O. (Anm. 11) 54. Hier werden auch Aussaatmengen für Roggen in Mecklenburg in verschiedenen Jahrhunderten genannt.

mer 40 g, beim Dinkel 50 g und bei Gerste 100 g ausgesät. Nach der ersten Ernte steht nun mehr Saatgut zur Verfügung, und es fragt sich, welche Aussaatstärke gewählt werden soll. Da rezente Erfahrungen in unserem Raum mit diesen Getreiden fehlen, blieb nur ein Rückgriff auf die vorindustrielle landwirtschaftliche Praxis. In der Tabelle (Abb. 14) sind Angaben aus der Gegend von Braunschweig und aus Ostpreußen mit den Saatmengen des Hambacher Versuches zusammengestellt⁴². Die augenblickliche Hambacher Saatstärke (1980) ist in Anlehnung an die auf guten Böden üblichen Wolfenbütteler Werte gewählt worden. Da der Einkornertrag noch zu gering war, sind die Felder mit Einkorn bzw. mit Einkorn und Emmer weniger stark eingesät worden. Aus Wachstumsverlauf und Ertrag werden im Laufe der Jahre sicherlich auch im Hambacher Versuch Erfahrungen zur hier optimalen Aussaatstärke zu gewinnen sein.

Aussaat, Wachstum, Ernte

Vom 9.–11. 4. 79 fand die Aussaat statt; wegen des langen Winters und der starken Bodenfeuchtigkeit erst relativ spät. Abzüglich aller Nebenarbeiten (Vermessung, Vogelschutznetze) dürften vier Personen die Aussaat auf den 20 Feldern (180 m²) in zwei Tagen bewerkstelligen können.

Die Ackerfläche war mit Laub bedeckt, und wir versuchten erneut, ein Feuer zu entzünden. Dabei sollte brennendes Holz über den Boden gewälzt werden⁴³. In Feld 21 wurde ein kleinerer Stapel des im Winter geschlagenen Ast- und Zweigholzes entzündet. Er brannte jedoch so schlecht, daß das Feuer erloschen wäre, wenn man es über die Fläche bewegt hätte, so daß wir den Plan einer 'Brandwirtschaft' fallen ließen. Das Holz brannte in Feld 21 nieder, so daß hier eine kleine Brandfläche für Beobachtungen zum Bewuchs zur Verfügung steht.

Die Saatrillen wurden mit Handhaken gezogen, wie sie aus Schweizer Seeufersiedlungen des Jungneolithikums bekannt sind (Abb. 16)⁴⁴. Vorher mußte allerdings das Laub vom Boden gefegt und geharkt werden, weil die Blätter sofort wieder in die Rillen fielen. Danach war der Boden fast frei von Unkraut, mit Ausnahme zahlloser Hainbuchenschößlinge, die, noch blattlos, etwa fingerlang den ganzen Boden bedeckten; häufig standen mehrere Exemplare auf einem Quadratzentimeter. In Fläche A wurden sie ausgezogen, in Fläche B blieben sie stehen. Außerdem wurden in Fläche A die relativ wenigen Grasbüschel entfernt.

Im gereinigten und lockeren Boden ließen sich die Rillen etwa 5 cm tief aufreißen, was jedoch nicht in einem Zug ging (Abb. 17): Gebückt stehend und rückwärts schreitend mußte man in einem ersten Zug eine etwa 0,30–0,50 m lange Rille ziehen und sie in einem zweiten Zug freimachen. Für ein tieferes Aufreißen bzw. Aufbrechen des Bodens sind diese kurzstieligen Handhaken ungeeignet. Auch 'verbesserte, langstielige Geräte' gleicher Form eignen sich nur für Saatrillen⁴⁵. Gelegentlich bereiteten Wurzeln Schwierigkeiten.

Die Entfernung der Saatrillen beträgt 0,20 m. Das ist etwas mehr als die heutige Distanz (0,12–0,15 m) und etwas weniger als der Abstand bei prähistorischen Pflugspuren (häufig 0,20–0,30 m), die freilich in der Regel keine Saatrillen, sondern Furchen tieferen Pflügens darstellen⁴⁶.

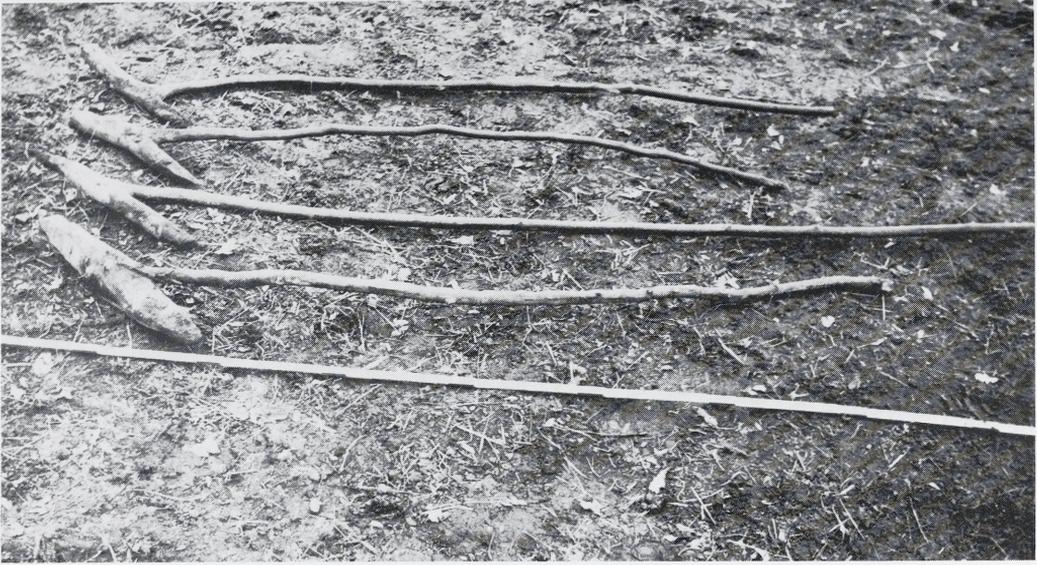
⁴² W. Achilles, Die Getreidewirtschaft der Kirche zu Hedeper und Bornum, Kr. Wolfenbüttel. Zeitschr. Agrargesch. u. Agrarsoziologie 8, 1960, 138–158, bes. 152 ff. – Henning a. a. O. (Anm. 8) 29 f.

⁴³ Steensberg a. a. O. (Anm. 13) 7 f. beschreibt die in Draved benutzte Brandmethode, die aus Finnland stammt.

⁴⁴ Typ Burgäschisee-Süd: Schultz-Klinken a. a. O. (Anm. 11) 26 f. Abb. 6.

⁴⁵ a. a. O. 30 Abb. 11,1.2.

⁴⁶ M. Müller-Wille, Eisenzeitliche Fluren in den festländischen Nordseegebieten (1965) 108 ff. – Eine zusammenfassende Analyse prähistorischer Pflugspuren fehlt. Hier seien zwei Beispiele von Befunden unter Grabhügeln angeführt, wo die Spuren im hellen Unterboden sichtbar waren. Rechnet man den erhaltenen Oberboden hinzu, so ergeben sich ursprüngliche Pflugtiefen von 19 cm (Aldrupgaard) und 20–25 cm (Lerchenfeldt), allerdings in Sandböden. Vgl. Kuml 1954, 18–29; 1964, 7–14.



16 Hambacher Forst. Zum Ziehen von Saatrillen verwendete Handhaken.



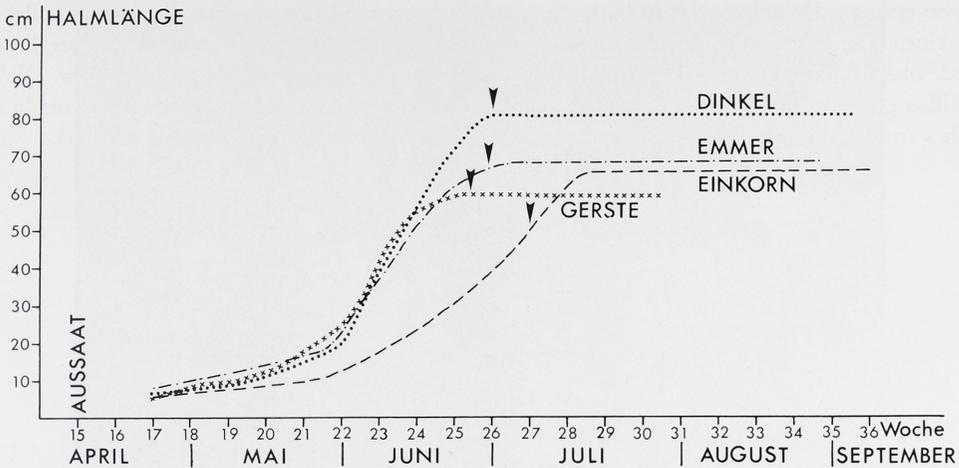
17 Hambacher Forst. Ziehen der Saatrillen mit Handhaken.



18 Hambacher Forst. Aufwachsendes Getreide (Foto vom 6. 7. 79).

Zwei Wochen später (26. 4. 79) war das Getreide bereits 6 cm (Einkorn, Dinkel, Gerste) bzw. 8 cm (Emmer) hoch. Insgesamt waren 79–100 % des ausgesäten Kornes gekeimt. In der folgenden Zeit (Abb. 18) wurden wöchentliche Messungen der Halmlänge und Halmdichte sowie sonstige Beobachtungen durchgeführt, aus denen sich die in Abb. 19 dargestellte Wachstumskurve ergibt. Am langsamsten wächst das Einkorn, während die drei anderen Getreide einen erheblich steileren Anstieg zeigen und im Laufe des Monats Juni ihre endgültige Höhe erreichten. Entsprechend zeitlich versetzt geschah das Ährenschieben (Abb. 19).

Im Mai und Juni wurde in Fläche A möglichst alles Unkraut mit der Hand ausgezogen, um das Getreide hier ohne Konkurrenz wachsen zu lassen. Der Boden wurde dabei nicht aufgehackt. Ende Juni hörten wir mit dem Jäten auf, weil nunmehr die Getreidepflanzen zu hoch waren und zu stark geschädigt worden waren.



19 Hambacher Forst. Verlauf des Längswachstums. Die Pfeile bezeichnen den jeweiligen Blühbeginn.

Die Gerste wurde früh gelb und konnte Ende Juli geerntet werden (Abb. 19). Sie hatte Pilzbefall und wies teilweise schwarze, staubige Ähren auf. Einen Monat später wurde der Emmer geerntet, und in den ersten Septemberwochen folgten Dinkel und Einkorn. Die Ernte geschah mit einer halbmondförmigen, modern geschlagenen Feuersteinsichel, die nach prähistorischen Vorbildern gearbeitet ist (Abb. 20)⁴⁷. Sie wurde ungeschäftet am konvexen Rand gehalten. Ihre konkave Schnittkante weist nach dieser ersten Ernte bereits schwache Anfänge von Sichelglanz auf. Das Getreide wurde unmittelbar am Boden geschnitten. Körner fielen nicht aus; 7 % der Halme wurden auf diese Weise mit der Wurzel ausgerissen. Anschließend blieben die Flächen sich selbst überlassen und verunkrauteten schnell, wobei Ende November schon kaum noch ein Unterschied zwischen der ehemals unkrautfreien Fläche A und der Unkrautfläche B zu erkennen war (vgl. S. 323 f.).

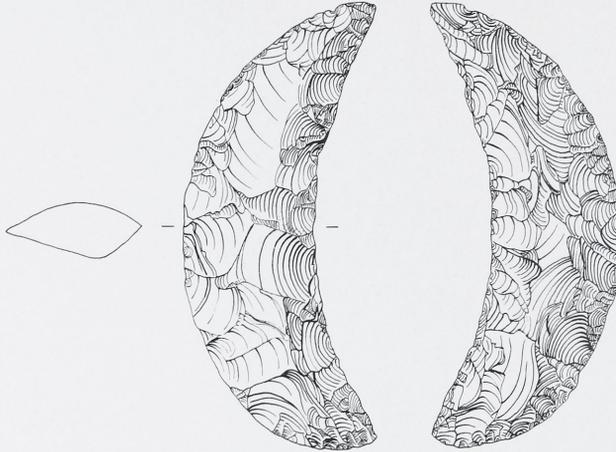
Am 18./20. 3. 80 wurde die Saat für 1980 ausgebracht. In Fläche A wurde das relativ wenige, größere Unkraut ausgezogen. Größere Moosinseln wurden oberflächlich bis 1 cm tief abgekratzt; sie bedeckten etwa 10 % der Fläche. Die Rillen wurden wie im Vorjahr angelegt, wobei der Boden etwas stärker durchwurzelt wirkte als beim ersten Mal. Mit dieser Arbeit und der Aussaat wurden sechs Personen in einem Arbeitstag fertig.

Fläche B wurde längs gepflügt (vgl. S. 338). Danach mußte die unebene Oberfläche geglättet werden. Dazu wurden mit Eisenhacken die größeren Schollen zerschlagen und von den Bänken in die Furchen verlagert. Hierfür wäre eine entsprechende, nicht zu leichte 'neolithische' Hacke oder eine Egge notwendig. Erst danach konnten Saatrillen gezogen werden, die, anders als im Vorjahr, in Nord-Südrichtung verliefen. Sie durchzogen so immer abwechselnd eine Bank und eine Furche, so daß das Saatgut auf recht unterschiedliche Bodenbedingungen trifft.

Die Felder 21 und 22 wurden abgebrannt, wobei ein 1 m breiter, unbearbeiteter Streifen zu den Felder 5 und 10 bestehen blieb; die Brandfläche ist so nur 12 m² groß. Außerdem wurde in der Kopfwaldfläche ein 3 x 7 m großer Brandacker angelegt (Felder 25 und 26). Das Feuer blieb längere Zeit (etwa 1 Stunde) an derselben Stelle und wurde dann auf das anschließende Stück verlagert. Dabei wurde dünnes bis mittelstarkes Holz der Rodung von 1978/79 benutzt, das bereits so gut getrocknet war, daß es nicht mehr zur Herstellung von Handhaken benutzt werden konnte, weil es sofort brach. Es handelt sich um das von der Feldfläche (200 m²) stammende Ast- und Zweigholz,

⁴⁷ A. Steensberg, *Ancient Harvesting Implements* (1943).

wovon etwa ein Drittel für das Abbrennen von 33 m² verbraucht wurde. Damit waren vier Personen einen Tag beschäftigt, so daß dieses Verfahren ziemlich arbeitsaufwendig ist⁴⁸. Der Boden wurde oberflächlich 1–2 cm tief verbrannt. In den Feldern 21 und 22 wurden Emmer bzw. Dinkel in Rillen gesät. In den Feldern 25 und 26 wurden die beiden Getreidearten durch Breitwurf in die noch warme Asche gesät und leicht untergeharkt. Die Ascheschicht war etwa 1–2 cm stark.



20 Hambacher Forst. Die zur Ernte verwendete Feuersteinsichel, geschlagen von J. Weiner.



21 Hambacher Forst. Holzpflug (Rekonstruktion).

Pflügen, Dreschen, Darren

Am 29. 11. und am 6. 12. 79 fanden die Herbstarbeiten im Gelände statt. Fläche A wurde gejätet, wobei das Unkraut nur ausgezogen, der Boden also nicht aufgehackt wurde. Hierfür benötigten sechs Studenten 9,5 Stunden (90 m²). Das gejätete Gras und Kraut wurde von der Fläche entfernt und für die spätere Analyse getrocknet. Fläche B wurde mit Metallsicheln gemäht. Das abgemähte

⁴⁸ In Kanada dauerte das Verbrennen 35–40 Stunden. Ein Mann brauchte zum Schlagen von 1 ha Wald 12–25 Tage und zum Zusammenschleppen des Holzes für das Verbrennen, je nach Baumbestand, 7,5 Wochen. Für die Kultivierung und Umzäunung von 1 ha rechnete man insgesamt 5 Monate. Vgl. C. Schott, Landnahme und Kolonisation in Canada am Beispiel Südontarios (1936) 155 f.



22 Hambacher Forst. Pflügen.



23 Hambacher Forst. Pflügen.

Gras und Kraut wurde nach dem Pflügen wieder auf der Fläche ausgebreitet, damit die hierin enthaltenen Nährstoffe dem Boden nicht entzogen werden.

Es war klar, daß vor einer neuen Aussaat der völlig vergraste und verkrautete Boden von Fläche B umbrochen werden mußte. Das geschah mit einem Pflug, den uns dankenswerterweise die Revierförsterei Elsdorf herstellte. Es handelt sich um einen Hakenpflug (Ard), der nach prähistorischen Vorbildern gearbeitet worden ist (Abb. 21)⁴⁹. Das Stück besteht aus Eiche und wiegt nach viermo-

⁴⁹ Es wurde ein mittlerer Wert der bei P. V. Glob, *Ard og Plov* (1951) publizierten Maße der schweren Pflüge vom Typ der Sohlpflüge gewählt.

natiger Trocknung während des Winters 17,5 kg. Der Baum ist 215 cm lang (er wurde während der Arbeit verbessert und auf 150 cm verkürzt), sein Durchmesser beträgt vorn 9 cm und nahe der Schar 10 cm. Die Sterze ist 77 cm lang, ihre Stärke beträgt 5–6 cm. Die Pflugsohle ist 58 cm lang, 14 cm breit, vorn 9,0, hinten 11,5 cm hoch. Sie ist flach, das Pflughaupt vorne spitz aber insgesamt stumpf zulaufend.

Der Pflug wurde zunächst an einem Querholz, das am vorderen Ende des Baumes befestigt war, von vier bis sechs Studenten gezogen (Abb. 22). Schon fingerdicke Wurzeln brachten das Gerät jedoch zum Halten, so daß der Verlauf der Furche sehr unregelmäßig war. Wir versuchten es daher mit einer Motorwinde, die am Feldrand aufgestellt war. Der Zug war jetzt kräftiger, und eine eingespannte Waage zeigte Belastungen von 250–300 kg. Dieser Wert wurde überschritten, sobald das Gerät auf Wurzeln stieß; man mußte sie mit dem Beil zerschlagen. Es war von Nachteil, daß die Winde am Boden stand und das Seil den Baum nach unten zog, so daß der Pflug nicht auf seiner Sohle, sondern auf seiner Spitze lief (Abb. 23). Auf diese Weise entstanden in dem regennassen Boden Furchen von 6–16 cm Tiefe (im Mittel 8–12 cm) und bis 14 cm Breite. Größere durchwurzelte Bodenteile wurden seitlich auf die Dämme gedrückt. Im Ganzen blieb die Furche offen und fiel nicht wieder zu. Die Abstände zwischen den Furchen lagen bei 0,40–0,60 m und betrug im Mittel 0,50 m, doch waren die Furchen selten gerade. Bei geringeren Abständen geschah es öfters, daß der Pflug den Damm durchbrach und in die alte Furche hineinlief. In Feld B wurden 12 Längsfurchen und 28–30 Quersfurchen gepflügt. Insgesamt hatten wir den Eindruck, daß mit einem höher gelegenen Zugpunkt, d. h. Ansatzpunkt des Seils, zufriedenstellend gepflügt werden könnte, insbesondere wenn im Lauf der Zeit die Wurzeln aus dem Boden verschwunden sein werden.

Am 18. 3. 1980 wurde mit demselben Pflug und der Motorwinde erneut in Längsrichtung gepflügt. Der stark mit Gras durchwurzelte Boden war trockener als im vergangenen Herbst, und sowohl das Pflügen war anstrengender als auch das Ergebnis unbefriedigender. Die Furchen verliefen kaum ein längeres Stück gerade. Der Pflug fuhr in den Querreihen des Herbstes in die Tiefe und glitt über die Dämme hinweg oder blieb darin stecken. Er ist in dieser Form nicht zu gebrauchen, und die Versuche sollen mit verbesserten Geräten fortgesetzt werden. Zunächst erscheint uns der Winkel zwischen Sohle und Baum zu spitz. Außerdem ist die Pflugschar vielleicht zu massig und entwickelt daher zu viel Bodenwiderstand; das Gerät muß aber für diesen 'Grünlandumbruch' jedenfalls kräftig gebaut sein. Der Zugpunkt muß höher gelegt werden, und ein seitliches oder vertikales Ausweichen des Baumes muß verhindert werden, damit eine gleichmäßigere Führung der Schar gewährleistet und eine geradere Furche erzeugt wird.

Das Dreschen geschah im Institut in Köln. Jedes Feld wurde einzeln bearbeitet. Durch Schlagen mit einem Stock wurden die Ähren und die Grannen zerbrochen, was bei den Weizenarten keine Schwierigkeiten bereitete. Nur bei der Gerste blieben gelegentlich Teile der Ähren erhalten. Bei diesem 'Vordreschen' blieben sämtliche Weizenkörner in ihren Spelzen sitzen, auch wenn man die Schlagstärke erheblich vergrößerte. Die Gerste allerdings ließ sich voll ausdreschen.

In einem künstlichen Windstrom wurde geworfelt (Abb. 24). Bei der Gerste konnten Korn und Spelzen leicht getrennt werden, allerdings lagen zwischen den Körnern noch viele der nicht zerbrochenen Ährenfragmente; hier ist zur weiteren Reinigung ein Sieb nötig. Bei Einkorn und Emmer ließen sich nur die feinen Bruchstücke der Grannen und taube Ährchen durch den Luftstrom abtrennen; dieser Spreuanteil war klein. Er war noch geringfügiger beim Dinkel, der kaum Grannen besitzt. Nur die Gerste lieferte also bei diesem Arbeitsgang nennenswerte Mengen von Spreu.

Am 5. und 11. 2. 1980 wurden Proben der drei Weizenarten im Trockenschrank gedarrt. Die Temperatur wurde stufenweise erhöht und blieb auf jeder Stufe zwei Stunden konstant.

50° Keine Veränderung

100° Keine Veränderung

150° Leichter Röstduft. Einkorn und Emmer wurden spröde, ließen sich jedoch nicht entspelzen.
Beim Dinkel keine Veränderung.



24 Durch Wind getrennte Spreu und Körner nach dem Dreschen.

200° Intensiver Röstduft. Die Körner trennten sich durch Schlagen leicht von den Spelzen, und zwar besonders Einkorn und Emmer, während der Dinkel z. T. noch spröde war.

250° Verbrannter Geruch, der Darrprozeß mußte nach 25 Min. abgebrochen werden. Das Einkorn war schwarzbraun-glänzend, die Emmerkörner ebenso, die Spelzen mittelbraun, der Dinkel war mittelbraun schwach glänzend. Das Getreide war verkohlt und unbrauchbar.

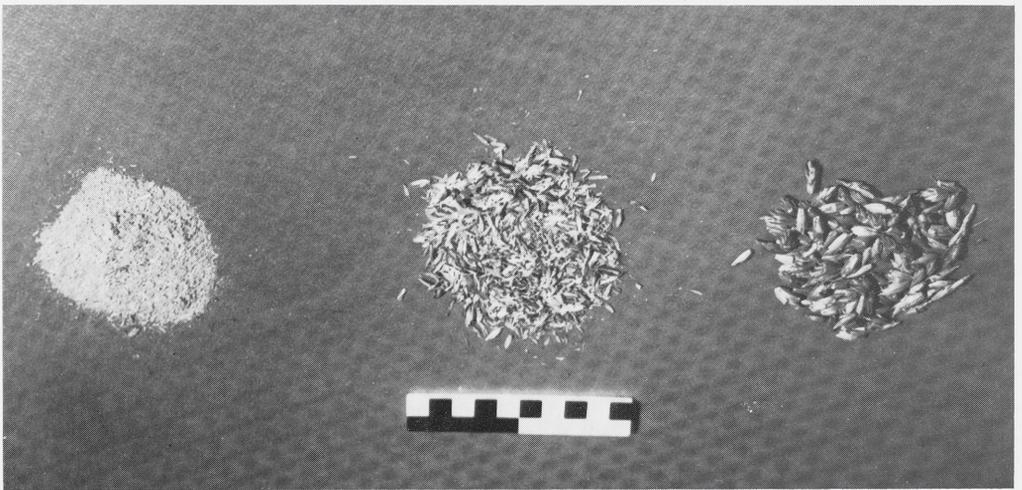
Am 15. 2. 80 wurde bei 200° gedarrtes Getreide zunächst gedroschen und dann gemahlen. Da die vorhandenen Proben nur klein sind, ließen sich nur einige Aspekte prüfen. Es muß noch eine geeignete Worfeltechnik gefunden werden, um das Korn von der Spreu zu trennen, möglichst auch ohne Wind. Dabei mögen Siebe nötig und nützlich sein. Das Korn ließ sich mit Leichtigkeit und in kurzer Zeit auf einem originalen prähistorischen Mahlstein, der eine muldenförmige Arbeitsfläche hat, zu feinem Mehl zerreiben (Abb. 25). Freilich sind die auf der Platte jeweils verarbeitbaren Mengen nur klein, und sie stellt auch nicht den gängigen Typus der altneolithischen, sattelförmigen Schiebemühle dar, so daß auch diese Versuche noch fortgesetzt werden müssen. Das leicht bräunliche Mehl besteht nicht allein aus den zermahlenden Körnern, sondern auch aus fein gemahlenden Spelzresten, die sich nicht abtrennen ließen (Abb. 26).

Erträge

Die Ernteerträge des Jahres 1979 sollen hier kurz aufgeführt werden. Sie sind nur bedingt mit den Ertragszahlen mittelalterlicher und neuzeitlicher Agrarwirtschaft vergleichbar, was ganz wesentlich



25 Mahlstein mit Getreide (Dinkel).



26 Gedarttes Getreide; ganze Körner mit Spelzen, zerstoßene Körner, Mehl.

auf die unterschiedlichen Aussaatmengen zurückzuführen ist, die bei Emmer und Dinkel etwa $\frac{1}{4}$, bei Einkorn $\frac{1}{6}$ und bei der Gerste $\frac{3}{4}$ der Aussaatmenge des 17. Jahrhunderts beträgt (vgl. Abb. 14). Des weiteren ist bei den tatsächlich geernteten Mengen ein Korrekturfaktor anzubringen, der die recht intensiven Mäuseschäden ausschaltet⁵⁰. Ab Anfang August konnte beobachtet wer-

⁵⁰ Von Mäuseschäden sind Getreideäcker seit jeher heimgesucht worden. Zur Vertilgung der Mäuse grub man



27 Hambacher Forst. Von Mäusen 'geerntetes' Getreide.

den, daß Mäuse die reifen Halme an ihrer Basis fällten, darauf den Halm in 5–7 cm lange Abschnitte zerteilten und so die Ähren zu sich heranzogen, um dann die Körner in ihren Bauten als Wintervorrat zu verstauen (Abb. 27). Besonders stark waren die Felder 2, 14, 16, 17 und 19 betroffen, da auf ihnen Baumstubben stehen, zwischen deren Wurzeln sich die Mäuse ihre Nester angelegt hatten. Die Mäuseschäden betrug bis zu 92 % (in Feld 16 = EK/EM); auf der Fläche A (die zur Erntezeit ohne bodenbedeckenden Pflanzenbewuchs war) wurden durchschnittlich 30 % des Halmbestandes von den Mäusen zerstört, auf der Fläche B, auf der das Unkraut ihnen guten Sichtschutz bot, wurden durchschnittlich 55 % der Halme vorzeitig von den Mäusen 'abgeerntet'.

Die Mäuseschäden wirkten sich so gravierend auf dem Versuchsfeld aus, weil die natürlichen Feinde (Raubvögel) durch Kaninchendraht und Vogelnetz ausgeschaltet waren. Zudem werden die recht kleinen Anbauflächen im Wald in wesentlich stärkerem Ausmaß geschädigt als größere zusammenhängende Feldflächen. Die verwendeten Korrekturfaktoren wurden pro Feld errechnet; ihnen liegt die Bestandsdichte vor dem Ährenschieben und die tatsächlich geernteten Halmzahlen zugrunde.

Wie aus der Tabelle Abb. 28 zu ersehen ist, liegen die Ernteerträge für Einkorn in Reinsaat und in Mischsaat mit Emmer deutlich hinter den übrigen Weizenarten – Emmer und Dinkel – zurück. Dies ist zum einen auf die geringe Aussaatmenge zurückzuführen, die im Aufwuchs eine zu lockere Bestandsdichte ergab (Abb. 29), zum anderen ist Einkorn bezüglich der Erträge aufgrund des geringen Tausend-Korn-Gewichts und der zarten Ähre (mit 1 Korn pro Ährchen) mit den schwerge-

z. B. Löcher in die Erde und setzte irdene Töpfe hinein. Ein sehr wirksames Mittel war auch die Bekämpfung mit Rauch. Eine Rauchmaschine, die im Jülicher Land Anfang des 19. Jahrh. bei den Landwirten allgemeine Verbreitung hatte, beschreibt ausführlich J. N. v. Schwerz, *Bäuerliche Verhältnisse und Zustand der Landwirtschaft in dem Herzogthume Jülich*. Neu herausgegeben und mit einem Beitrag zur Agrargeschichte des Jülicher Landes versehen von K. Gatzert (1960) 59 ff.

	Körner			Stroh	
	Aussaat	Ernte	Hochrechnung (ohne Mäuseschaden)	Ernte	Hochrechnung
Einkorn	33	80	160	125	250
Emmer	56	391	652	500	833
EK/EM	44	150	333	217	482
Dinkel	56	502	728	667	967
Gerste	111	439	697	580	921

28 Hambacher Forst. Erträge des Jahres 1979 in kg/ha.

	TKG in g	Bestandsdichte	Hochrechnung (ohne
	1000-Korn-Gewicht	Halme in Millionen pro ha	Mäuseschaden) Halme in Millionen pro ha
Einkorn	19.9. (inkl. Spelzen)	0.5	0.9
Emmer	28.5 (inkl. Spelzen)	1.3	2.2
EK/EM	–	0.7	1.7
Dinkel	41.6 (inkl. Spelzen)	1.0	1.4
Gerste	25.7	2.7	4.4

29 Hambacher Forst. 1000-Korn-Gewicht und Bestandsdichte.

		Weizen		Gerste
		Körner	Stroh	Körner
HEDEPER		1093		1000
Krs. Wolfenbüttel	1647–1684 ⁵¹			
OSTPREUSSEN	1730–1800 ⁵²	780		730
JÜLICHER LAND	1816/17 ⁵³	1400–1600		
	1846–60	1450		
	1878–87	1400		
	1888–97	1510		
	1909–13	2310		
ROTHAMSTED	1852–1925 ⁵⁴	723	1049	
Minimum	(1922–25)	347	358	
Maximum	(1852–61)	997	1703	

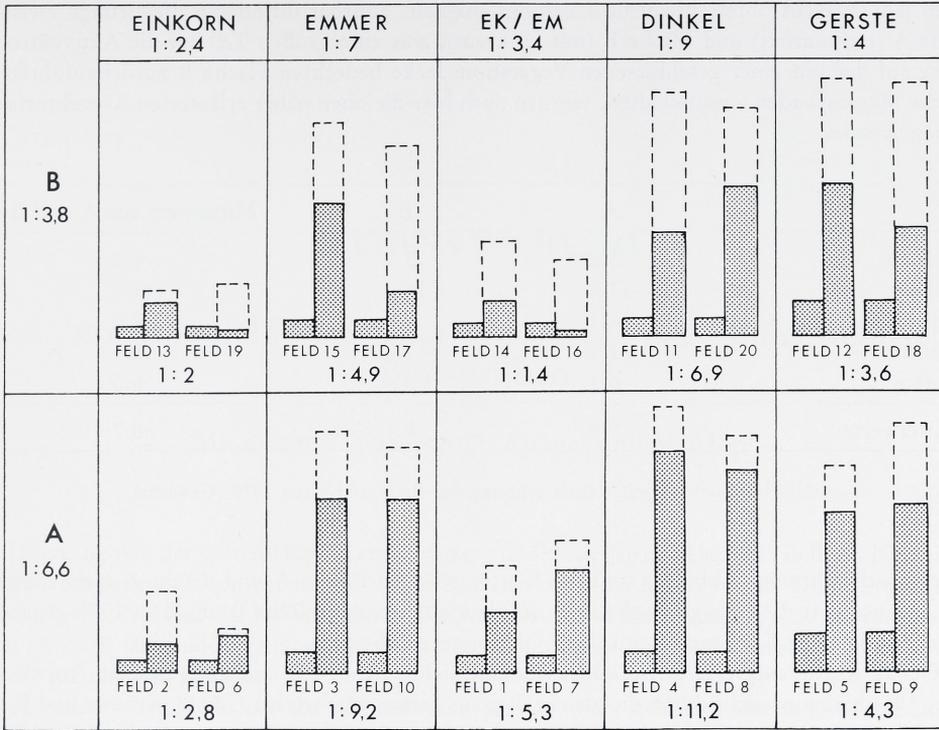
30 Getreideerträge in historischer Zeit und im Experiment Rothamsted in kg/ha.

⁵¹ Achilles a. a. O. (Anm. 42) 139.

⁵² Henning a. a. O. (Anm. 8) 26.

⁵³ v. Schwerz a. a. O. (Anm. 50) 77.

⁵⁴ Rothamsted a. a. O. (Anm. 9) 43; 44.



31 Hambacher Forst. Verhältnis zwischen Aussaatmenge und Ernteertrag. Gestrichelt der durch die Mäuse verursachte Schaden (hochgerechnet).

wichtigeren, in einem Ährchen meist 2 Körner vereinenden Emmer und Dinkel von vornherein benachteiligt.

Zum Vergleich mit den auf dem Versuchsfeld im Jahre 1979 gewonnenen Ergebnissen sind in Abb. 30 Erträge zusammengestellt, die beim Getreideanbau im 17. und 18. Jahrhundert erzielt wurden, und dazu die Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte des 'ewigen Weizenbaus' ohne jede Düngung von Rothamsted.

Während von Rothamsted und Ostpreußen die ha-Erträge mit denen von Emmer, Dinkel und Gerste durchaus vergleichbar sind, bedingen wesentlich größere Aussaatmengen in Hedeper auch höhere Erträge. Zu den Erträgen des Jülicher Landes ist zu bemerken, daß die Besetzung des Rheinlandes durch die Franzosen und die damit verbundenen Umstellungen (Ende der Feudalherrschaft, Recht auf persönliches Eigentum, Anstieg der Getreidepreise durch erhöhten Nahrungsbedarf des kriegführenden Frankreich und Kontinentalsperre) zur Belebung der Produktion und Verbesserung der Landwirtschaft im Rheinland in so starkem Maße beitrugen, daß sich zwischen 1794 und 1810 die Getreideerträge verdoppelt hatten⁵⁵. Somit dürften die mittelalterlichen ha-Erträge für Weizen auch im Jülicher Land zwischen 700 und 800 kg/ha gelegen haben, was durchaus mit den Ergebnissen im Hambacher Forst in Einklang steht.

Unterschiede in der Ertragsfähigkeit der einzelnen, primitiven Getreidearten werden offensichtlich, wenn neben dem ha-Ertrag auch das Verhältnis von eingesäter Menge zum Ernteertrag berücksichtigt wird (Abb. 31). Insgesamt wurde die Aussaatmenge in etwa verfünffacht, die einzelnen Arten

⁵⁵ v. Schwerz a. a. O. (Anm. 50) 77.

zeigen jedoch recht unterschiedliche Leistungsfähigkeit. Spürbar differieren die Erträge zwischen Fläche A (unkrautfrei) und Fläche B (mit Unkraut), was zum großen Teil auf die Aktivitäten der Mäuse auf der mit einer geschlossenen Vegetationsdecke bedeckten Fläche B zurückzuführen ist. Um die Mäuseschäden auszuschalten, wurden auch hier die oben näher erläuterten Korrekturfaktoren angewendet.

	A	B	Mittelwert aus A und B
Einkorn	5.8	3.9	4.9
Emmer	12.5	11.0	11.8
EK/EM	8.1	5.9	7.0
Dinkel	13.4	12.7	13.1
Gerste	6.1	6.9	6.5
Mittelwerte	9.2	8.1	8.7

32 Hambacher Forst. Hochrechnung der Ertragsfähigkeit 1979 (Gewicht).

In der Hochrechnung (Abb. 32) sind die Werte zwischen Fläche A und Fläche B mehr ausgeglichen, dennoch ist die Ertragsfähigkeit der angebauten Arten in Fläche B um etwa 10 % gegenüber Fläche A durch die Konkurrenz mit den Unkräutern geschwächt.

Die Gerste wurde aufgrund ihrer hohen Bestandsdichte (Abb. 29) und ihres raschen Aufwuchses (Abb. 19) überhaupt nicht durch die gleichzeitig aus Samen stockenden Gräser, Kräuter und Baumschößlinge beeinträchtigt; Dinkel und Emmer, die Ende Juni ihren Längenzuwachs abgeschlossen hatten (Abb. 19), brachten auf der unkrautfreien Fläche A bis zu 10 % mehr Ertrag. Unter der Konkurrenz mit den Unkräutern zeigte Einkorn die stärksten Beeinträchtigungen; der zu lockere Bestand (Abb. 29) und die langsame Entwicklung der Einkornpflanzen (Abb. 19) ließen die Erträge auf der Fläche B um ca. ein Drittel niedriger ausfallen als auf Fläche A ohne Unkrautkonkurrenz.

Erhebliche Unterschiede bestehen zwischen der Ertragsfähigkeit der angebauten Arten untereinander. Unter den Weizenarten fällt auch hier Einkorn mit 5-fachem Ertrag um mehr als die Hälfte hinter Emmer und Dinkel (12- bis 13-facher Ertrag) zurück (Abb. 32). Dies erklärt sich aus dem anatomischen Bau der Einkorn-Ähre im Gegensatz zu Emmer- und Dinkel-Ähren: Die Einkorn-Ähre besteht aus zwei Zeilen sich gegenüberstehender Ährchen, in denen jeweils ein Korn sitzt, während Emmer und Dinkel zweikörnige Ährchen besitzen. Pro Halm ergibt sich bei Einkorn ein durchschnittlicher Kornertrag von 12,8 Körnern pro Ähre (Mittelwerte jeweils errechnet aus 300 Einzelbeobachtungen), bei Emmer dagegen trotz durchschnittlich geringerer Spindelgliedernzahlen 21,6 Körner pro Ähre und bei Dinkel 20,4 Körner pro Ähre. Um gleiche Gewichtsmengen von Einkorn, Emmer und Dinkel zu produzieren, wird bei Einkorn demnach in etwa die doppelte Anbaufläche benötigt, was gerade für prähistorische Landnahme-Phasen mit ihren Schwierigkeiten der Feldbereitung von erheblicher Bedeutung ist.

Die Vermehrung des Saatgutes von Gerste um das $6^{1/2}$ -fache ist sehr gering und auf Pilzbefall zurückzuführen, der die vollständige Ährenentwicklung hinderte. Die Gerstenähren bestanden im Durchschnitt aus 3,4 Spindelgliedern (Einkorn 6,4; Emmer 5,4; Dinkel 5,1), welche Körner trugen, die oberen Spindelglieder waren verkümmert und taub⁵⁶.

⁵⁶ Für Untersuchungen zur Qualität der geernteten Getreidearten bzw. deren Nährwert und die möglicherweise eintretenden Veränderungen hat sich Frau Prof. Dr. A. Vömel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Gießen, Versuchsstation Rauschholzhausen, freundlicherweise bereiterklärt.