

## **Das Abbild der natürlichen Vegetation in der historischen Holznutzung**

### **Synthese anthrakologischer Studien im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas**

- Thomas Ludemann, Freiburg -

#### **Abstract**

Results and perspectives of anthracological studies in Central Europe were highlighted, with special regard to sites of historical mining, archaeo-metallurgical processes and charcoal burning. The main topic was how analyses of archaeological macrocharcoals from kiln sites (kiln site anthracology) can provide answers to questions of vegetation history and vegetation ecology. Primarily the spatial differentiation was demonstrated. An overview was given of a first synthesis for a large, diversified pilot area in the heart of Central Europe. It includes results of 876 historical sites in the Black Forest, the Vosges and neighbouring regions. The material analysed spreads over a time scale of 7000 years from the Neolithic period to Modern Times. Most samples have been selected from postmediaeval charcoal burning in the Black Forest and the Vosges as well as from mediaeval mining in the western part of the Black Forest. In addition, methodological studies of recent and experimental charcoal burning have been carried out. With these studies the methods used and the interpretations of the anthracological results were verified.

In Central Europe scientifically analysable charcoal remnants of past human activities are widespread. Their anthracological analysis offers us unique possibilities to gain results with fine spatial resolution in the field of vegetation history and vegetation ecology. Generally, no selection of distinct wood species for fuel wood use was made. All of the tree species to be expected for the natural conditions were found in the material analysed and the frequencies of the wood species exploited reflect a natural situation: The tree species of the climax vegetation were mainly used and all other species were quantitatively unimportant. The anthracological results of the individual sites show many differences in the combination and frequency of the species as well as regular distribution patterns on a local and regional scale. Linking the anthracological results with those of recent site ecology and vegetation science, these patterns can be explained by local differences in the site conditions in the vicinity of the sites studied. A pronounced dependency of the fuel wood use on the natural site specific distribution of the tree species is discernible. The natural offering of wood and the restricted possibilities of wood transport were important criteria for past fuel wood exploitation.

**Keywords:** anthracology, charcoal burning, forest history, fuel wood economy, historical mining, kiln site, natural forest vegetation, primeval forest

#### **1. Einleitung**

Anlässlich der Jahrestagung 1994 wurden der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft unter dem Titel „Vegetations- und Landschaftswandel im Schwarzwald unter anthropogenem Einfluß“ u. a. erste Ergebnisse von neuen anthrakologischen (holzkohleanalytischen) Untersuchungen zur historischen Holznutzung vorgestellt. Damals hatten wir am Lehrstuhl für Geobotanik der

Universität Freiburg gerade erst mit derartigen Untersuchungen begonnen. Seitdem wurde der anthrakologische Forschungsansatz von uns intensiv weiterverfolgt und weiterentwickelt. Wo die Freiburger Anthrakologie heute steht, wie sie dort hingelangt ist, welche Ergebnisse erzielt wurden und welche Perspektiven in diesem Forschungsfeld gesehen werden, sollte anlässlich der Jahrestagung 2007 zusammenfassend skizziert werden – zugleich als Beitrag und Bericht über Tätigkeiten des Arbeitskreises Vegetationsgeschichte der RTG, in dem anthrakologisch-großrestanalytische Arbeiten inzwischen ein etablierter Bestandteil des breiten Themenspektrums sind.

In Form von historischer Holzkohle sind heute noch vielerorts in Böden und Sedimenten gut analysierbare Rückstände vorhanden. Denn im Gegensatz zu unverkohltem Holz bleibt Holzkohle unter den normalen terrestrischen Bodenbedingungen über lange Zeiträume erhalten, und zwar mit den spezifischen zellulären Strukturen und Merkmalen des Holzes. Letztere werden durch den Verkohlungsprozess konserviert, so dass der dendrologisch-holzanatomische Informationsgehalt weitgehend erhalten bleibt.

Die Anthrakologie (Holzkohlekunde, Holzkohleanalyse) beschäftigt sich mit der Analyse und dem Aussagewert von verkohltem historischem Holz. Wie die Pollenanalyse ist die Anthrakologie ein wichtiger Arbeitsbereich der historischen Geobotanik und der vegetationsgeschichtlichen Forschung; jedoch werden ihre Forschungspotenziale in Mitteleuropa erst wenig genutzt. Sie wurde bisher vor allem dort umfassend und systematisch angewendet, wo ungünstige Voraussetzungen für die Moorbildung, für die Pollenerhaltung und damit auch für pollenanalytische Untersuchungen bestehen, von Südfrankreich (Montpellier, Prof. Jean-Louis Vernet) ausgehend, vor allem in Südeuropa und dem Mittelmeergebiet. Eine gute Übersicht über die entsprechenden Forschungsaktivitäten geben die Tagungsbände der drei internationalen Anthrakologie-Tagungen in Montpellier 1990 (VERNET 1992), Paris 2000 (THIÉBAULT 2002) und Lecce, Süditalien, 2004 (in press?).

Für geobotanische Fragestellungen sind gerade großrestanalytische Untersuchungen aufgrund der engeren Raumbezüge von besonderem Interesse; denn durch derartige Studien werden Rückstände historischer Gehölzbestände, die wesentliche Informationen zum anthropogenen Einfluss und zur früheren Vegetation enthalten, direkt und mit hoher räumlicher Auflösung analysiert. Bei der Pollenanalyse werden demgegenüber die in verschiedener Menge von der Vegetation produzierten, über verschieden weite Distanzen transportierten und in speziellen Sedimentprofilen erhalten gebliebenen Pollenkörner untersucht und damit die historischen Vegetationsverhältnisse und die Einwirkungen des Menschen indirekt und mit unsicherem räumlichen Bezug erschlossen. Bei historischen Schriftquellen kommt zum ungenauen Raumbezug der unsichere Wahrheitsgehalt hinzu.

Im Rahmen unserer anthrakologisch-vegetationskundlichen Forschungen werden die folgenden Fragenkomplexe behandelt:

- Wo liegen analysierbare Holzkohle-Rückstände im Gelände vor, von welchen Nutzungen und aus welchen Epochen stammen sie?
- Welche Erkenntnisse über die historischen Waldnutzungen und die genutzte Vegetation lassen sich anhand der anthrakologischen Analyse der Rückstände gewinnen?
- Welches Holz (Taxa, Stärken u. a.) wurde zu welchem Zweck, zu welcher Zeit und an welchem Ort verwendet?
- Kann von den Holznutzungen auf den Aufbau der historischen Waldbestände geschlossen werden? Wie sahen die genutzten Wälder aus und wie wurden sie verändert?
- Spiegelt sich das lokale Standortpotenzial in den Rückständen wider? Welche Baumarten waren von Natur aus an den verschiedenen Standorten vorhanden?

Bei unseren Untersuchungen lag der Schwerpunkt der Betrachtung zunächst beim anthropogenen Einfluss. Fragen zu anthropogenen Umweltveränderungen, die Suche nach Hinweisen auf Holzselektion und Walddegradation standen im Vordergrund. Mit der Zeit kristallisierte sich jedoch ein anderer interessanter Gesichtspunkt als wesentlich heraus, nämlich der Zusammenhang zwischen den früheren Tätigkeiten des Menschen und den natürlichen Rahmenbedingungen, konkret die Abhängigkeit der historischen Holznutzungen vom natürlichen Holzangebot und von den natürlichen Vegetations- und Standortverhältnissen.

Der Bezugsraum der vorgestellten Studien ist das Oberrheingebiet mit den angrenzenden Mittelgebirgsräumen von Schwarzwald, Vogesen und Jura-Massiv. Besonders geeignet für eine exemplarische Untersuchung ist dieses Gebiet einerseits aufgrund seiner vielfältigen naturräumlich-standörtlichen wie auch siedlungs- und nutzungsgeschichtlichen Differenzierung, andererseits aufgrund seiner inzwischen besonders günstigen anthrakologischen Datenlage.

Im Folgenden wird eine zusammenfassende Übersicht über die von der Freiburger Anthrakologie bisher durchgeführten Forschungsarbeiten und erzielten Ergebnisse gegeben. Dabei sollen auch die großen ungenutzten Forschungspotenziale aufgezeigt werden. Von den verschiedenen anthrakologischen Differenzierungsmöglichkeiten (Differenzierung in Raum und Zeit, nach Verwendungszweck und Nutzungsart, nach bestimmten holzanatomischen Merkmalen) wird dabei das Hauptaugenmerk – als aus geobotanischer Sicht von besonderem Interesse – auf die räumliche Differenzierung gerichtet.

## **2. Wissenschaftlicher und programmatischer Rahmen der Forschungen**

Begonnen wurden die holzkohleanalytischen Arbeiten der Freiburger Geobotanik in enger Zusammenarbeit mit der Montanarchäologie und der Archäometallurgie, die die Geschichte des Bergbaus sowie der frühen Metallgewinnung und -nutzung untersuchen – wobei wiederum die Energie- und Rohstoffversorgung ein wichtiger Gesichtspunkt ist (STEUER 1990, 1993, 2004; STEUER & ZIMMERMANN 1990, 1993; LDA 1999). Im Rahmen der bergbauarchäologischen und archäometallurgischen Forschungen standen Fragen zu anthropogenen Eingriffen und Veränderungen sowie die Suche nach Hinweisen auf Holzselektion und Walddegradation im Vordergrund.

Die holzkohleanalytischen Befunde zeigten jedoch immer detaillierter, dass sich die historischen Waldnutzungen vielfach eng am natürlichen Holzangebot orientierten. So sollte im Rahmen von Forschungen zur zukünftigen Waldbewirtschaftung (naturnaher Waldbau/ökologischer Waldumbau) geklärt werden, inwieweit die anthrakologischen Befunde dazu beitragen können, unsere Kenntnisse von den natürlichen standortspezifischen Baumartenzusammensetzungen der Wälder zu überprüfen und kleinräumlich zu präzisieren. Unter anwendungsorientierten Gesichtspunkten wurden dabei Grundlagen erarbeitet, die beim ökologischen Waldumbau Berücksichtigung finden konnten (TEUFFEL et al. 2005).

Schließlich wurde der anthrakologisch-geobotanische Forschungsansatz in den letzten Jahren mit drei weiteren geförderten Projekten auch zu einem zentralen Bestandteil des Graduiertenkollegs „*Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese*“ (DFG-GRK 692; MÄCKEL & STEUER 2003; MÄCKEL et al. 2004, 2007). Die Anthrakologie liefert hier Beiträge zur historischen Vegetation als einem wesentlichen Element der Landschaft und ihrer Entwicklung und als Grundlage für weiter gehende landschaftsgeschichtliche Untersuchungen.

## **3. Forschungsansatz und Methodik**

In der Holzkohle bleibt die zelluläre holzanatomische Struktur und damit quasi der gesam-

te holzanatomische Informationsgehalt langfristig erhalten. So werden zur Bestimmung der Holztaxa, von denen die Holzkohle stammt, die gebräuchlichen holzanatomischen Bestimmungsschlüssel für unverkohletes Holz verwendet – zum Beispiel GROSSER (1977), SCHWEINGRUBER (1982, 1990), WAGENFÜHR (1980). Die Analyse erfolgt lichtmikroskopisch unter Aufsicht an Quer-, Radial- und Tangential-Bruchflächen der Holzkohlestücke. Für die Erfassung der genutzten Holzstärken wurde eine neue einheitliche Analyseverfahren entwickelt (LUDEMANN 1996, 1999c; LUDEMANN & NELLE 2002). Dabei wird der Durchmesser des genutzten Holzes durch Einpassen der Holzkohlestücke in eine Kreisschablone mit Radialeinteilung ermittelt – mit Hilfe der in der Holzkohle erkennbaren Jahrringkrümmung und des Winkels der Markstrahlen zueinander. Die ermittelten Verteilungen der Holzkohlestücke auf Durchmesserklassen liefern wertvolle taxaspezifische Zusatzinformationen über die historischen Waldnutzungen. Den Auswertungsmöglichkeiten weiterer jahrringanalytischer Merkmale der Holzkohle ist ein eigenes Dissertationsthema gewidmet (MÜLLER 2007).

Zur Überprüfung und Absicherung der verwendeten Analysemethoden werden rezent-holzkohleanalytische und experimentell-anthrakologische Untersuchungen durchgeführt. Dabei werden Prozesse untersucht, die heute noch nach den historischen Verfahren ablaufen bzw. derartige Prozesse experimentell nachgestellt, in unserem Fall die traditionelle Holzkohle-Herstellung in stehenden Rundmeilern. Das verwendete Holz wird vor dem Verkohlungsprozess genau vermessen, für dessen Volumenverteilung auf Holzarten und Durchmesserklassen werden Modellrechnungen durchgeführt und die errechneten Verteilungen mit den holzkohleanalytisch ermittelten Ergebnissen verglichen (LUDEMANN 2006a, in press). Im Hinblick auf die Absicherung von quantitativen Aussagen zu Art und Stärke des in der Vergangenheit verwendeten Holzes soll auf diese Weise geklärt werden, wie gut sich die Mengenverhältnisse der im Meiler verwendeten Holztaxa und Holzstärken mit den anthrakologischen Analysen abbilden lassen.

Zur Klärung der weiter gehenden Fragen nach dem Bezug der Holznutzung zu Waldvegetation und Wuchsbedingungen werden an den Fundplätzen standort- und vegetationskundliche Daten erhoben (Höhe, Exposition, Hangneigung, aktuelle Baumschicht und Waldgesellschaften). Die aktuelle Vegetation wird pflanzensoziologisch erfasst (Klassifizierung und Kartierung von Pflanzengesellschaften; DIERSCHKE 1994; OBERDORFER 1992; WILMANN 1998). Standortökologische Parameter werden mit einfachen Methoden im Gelände gemessen oder aus der Literatur und kartographischen Darstellungen ermittelt.

Mit der Verknüpfung der verschiedenen Datensätze – standortkundlich, holzkohleanalytisch, vegetationskundlich – wird die Brücke geschlagen vom (potenziellen) natürlichen Holzangebot über die historische (vollständige oder selektive) Holznutzung und deren Auswirkungen bis hin zum heutigen Waldbild und weiter, mit Empfehlungen für den naturnahen Waldbau, zur modernen Forstwirtschaft.

Unter diesem Gesichtspunkt sind gerade die Meilerplätze (Kohlplätze), die von uns weit überwiegend untersucht werden, von besonderer Bedeutung, da es sich bei ihnen um Produktionsstätten des Energieträgers Holzkohle handelt, nicht um Verbrauchsorte. Die Köhlerei wurde vor allem dort betrieben – und von uns untersucht –, wo das Holz nicht in anderer Weise gewinnbringend genutzt werden konnte, in unerschlossenen, siedlungsfernen Wäldern, wo ein Abtransport des unverkohletes Holzes nicht möglich oder zu aufwändig war (Waldköhlerei). Das Gewicht des Energieträgers wurde durch den Verkohlungsprozess reduziert; ein energiereiches Produkt wurde in gut transportabler Form hergestellt. Im Hinblick auf geobotanische Fragestellungen kann folglich bei der Analyse von Kohlstätten ein enger lokaler Raumbezug erwartet werden, so dass sich weiter gehende Interpretationsmöglichkeiten eröffnen.

## **4. Fortgang und Stand der Forschungsarbeiten**

### **4.1 Voruntersuchungen zur Köhlerei in den zentralen Schwarzwald-Hochlagen**

Die Voruntersuchungen konzentrierten sich auf die zentralen Schwarzwald-Hochlagen, insbesondere auf ein räumlich eng begrenztes (1 km<sup>2</sup>), standörtlich vielfältiges Pilotgebiet mit hoher Meilerplatzdichte südlich der höchsten Erhebung des Schwarzwaldes (Feldberg). Bei der Untersuchung von 34 historischen Kohlstätten wurden dort für die genutzten Taxa regelmäßige Verbreitungsmuster festgestellt, die die lokalen Standortunterschiede in nahezu idealer Weise nachzeichnen (LUDEMANN 1994b). Exemplarisch bearbeitet wurden zudem zwei Meilerplätze im Mittleren Schwarzwald (LUDEMANN 1995b).

### **4.2 Historischer Bergbau im Westschwarzwald als erster Forschungsschwerpunkt**

Der erste Schwerpunkt der Forschung lag bei den historischen Bergbaurevieren des Westschwarzwaldes. Umfangreiche Holzkohleanalysen wurden dort vor allem in zwei bedeutenden, auch montanarchäologisch besonders gut untersuchten mittelalterlichen Silberbergbaurevieren (Sulzburg, St. Ulrich-Schauinsland) durchgeführt. Erste Ergebnisse sind in LUDEMANN (1995a) zusammengestellt. Revierspezifische Synthesen folgten, von 44 Fundplätzen und mehreren mehrjährigen Ausgrabungen für das Revier Sulzburg (LUDEMANN 1996) sowie von 97 Fundplätzen und mehreren montanarchäologischen Sondierungsgrabungen für das Revier St. Ulrich-Schauinsland (LUDEMANN & NELLE 2002). Einige Ergänzungen und zusammenfassende Darstellungen zu den Bergbaurevieren finden sich bei LUDEMANN (1999a, 1999b, 1999c, 2006b, eingereicht).

Darüber hinaus wurden Holzkohleproben von weiteren archäologischen Ausgrabungen mit bergbaulichem und archäometallurgischem Kontext im Schwarzwald-Vorland (Vorbergzone und Freiburger Bucht) untersucht. Die Befunde decken im Ganzen eine weite zeitliche Spanne ab, von Neuzeit und Mittelalter über Völkerwanderungs-, Römer- und Eisenzeit bis in die Jungsteinzeit.

### **4.3 Systematische Untersuchung der nachmittelalterlichen Holzkohle-Herstellung**

Parallel zu den Arbeiten zum historischen Bergbau wurden die mit den Voruntersuchungen begonnenen Studien zur nachmittelalterlichen Holzkohle-Herstellung sowohl innerhalb der Montanreviere selbst weitergeführt als auch auf benachbarte Gebiete des Südschwarzwaldes ausgeweitet. Zur Erfassung des breiten Spektrums der Wuchsbedingungen wurden dabei weitere Meilerplatzkollektive mit hoher Fundplatzdichte und großen Standortunterschieden nördlich und östlich des Feldbergs bearbeitet (BRITSCH 1995; LUDEMANN & BRITSCH 1997; LUDEMANN 2001, 2002b) – ergänzend zu den Untersuchungen am Feldberg-Südabfall (vgl. Kap. 4.1). Es folgten weitere lokale Höhenprofile im westlichen und im zentralen Südschwarzwald (u. a. JUNG 1999), so dass mit Feldberg, Belchen und Schauinsland nun drei der höchsten Schwarzwaldgipfel jeweils mit ihrer weiteren Umgebung bearbeitet sind und vergleichend ausgewertet werden können. Eine erhebliche territoriale Ausweitung der Untersuchungen brachte dann ein überregionales Landschaftsprofil vom Mittleren Schwarzwald über Ostschwarzwald und Baar bis auf die Schwäbische Alb (RÖDER 2000).

### **4.4 Raummuster der Kohlholznutzung, Wuchsbedingungen und Waldvegetation**

Die Raummuster der Kohlholznutzung und deren Zusammenhang mit den Standort- und Wuchsbedingungen der Baumarten bildeten den Schwerpunkt in der Zusammenarbeit mit der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Durch ein interdisziplinäres Verbundprojekt zum ökologischen Waldumbau vorgegeben, erstreckte sich das Bearbeitungsgebiet dabei über ein weites SW-NO-Profil im südlichen Südschwarzwald (LUDEMANN

2002a, 2003a, 2005a). Zusammenfassende Darstellungen unter den Gesichtspunkten der forstlichen Standortkunde und der natürlichen Wuchsbedingungen der Baumarten geben LUDEMANN et al. (2004) und LUDEMANN (2005b).

Die räumliche, lokale bis überregionale Differenzierung der historischen Kohlholznutzung bildet somit den zweiten und umfassendsten Forschungsschwerpunkt. Sie wurde an mehreren detaillierten Beispielen von großmaßstäblichen Höhen- und Landschaftsprofilen aufgezeigt (LUDEMANN 2001, 2002b; LUDEMANN & BRITSCH 1997; LUDEMANN & NELLE 2002). Darüber hinaus wurden zwei Synthesen großer anthrakologischer Teildatensätze vorgelegt, (1) für ein regionales Landschaftsprofil im südlichen Südschwarzwald (LUDEMANN et al. 2004; LUDEMANN 2005b) sowie (2) in flächenhafter Darstellung für große Gebiete des Südschwarzwalde, fokussiert auf seine höchste Erhebung (LUDEMANN 2003b, 2006b). Des Weiteren wurden die Untersuchungen im Rahmen einer Dissertation auf die Vogesen ausgeweitet (NÖLKEN 2003, 2004, 2005).

#### **4.5 Rezent-Holzkohleanalyse und Experimentalmeiler-Untersuchungen**

Möglichkeiten zu rezent-holzkohleanalytischen Studien boten sich beim letzten traditionellen Köhler im Münstertal, Südschwarzwald (LUDEMANN 2006a) sowie im Altas-Gebirge/Marokko, wo Gebiete mit berufsmäßig betriebener Köhlerei aufgesucht wurden. Experimentalmeiler wurden in den Jahren 2002, 2003 und 2006 in Zusammenarbeit mit dem Forstamt der Stadt Freiburg errichtet (LUDEMANN in press).

#### **4.6 Vegetationskundliche Erhebungen**

Ergänzend zu den anthrakologischen Untersuchungen wurden die aktuellen standörtlichen und vegetationskundlichen Gegebenheiten in der unmittelbaren Umgebung der historischen Fundstätten systematisch erfasst. Darüber hinaus wurden großmaßstäbliche pflanzensoziologische Vegetationskartierungen durchgeführt (LUDEMANN 1994a, 1996; SCHOTTMÜLLER 1996, 1997; LUDEMANN & BRITSCH 1997; MÜLLER 1997; LUDEMANN & SCHOTTMÜLLER 2000; HALL 2002; LUDEMANN & NELLE 2002; NAGEL 2002; KNETTEL 2004). Sie sollen die Verknüpfung der historischen Daten mit der aktuellen Waldvegetation auf Landschaftsebene und zugleich mit hoher räumlicher Auflösung ermöglichen. Als wichtiger Abschluss dieser Erhebungen innerhalb des Hauptuntersuchungsgebietes wurde nun für eine Fläche von über 100 km<sup>2</sup> eine detaillierte flächendeckende Vegetationskarte erstellt (Erfassungsmaßstab 1:5.000; Naturschutzgroßprojekt „Feldberg-Belchen-Oberes Wiesental“). Diese neue Bearbeitung, die erstmals die aktuelle Vegetation von drei der größten baden-württembergischen Naturschutzgebiete flächendeckend, großmaßstäblich und einheitlich erfasst, liegt in Atlasform mit 58 farbigen Kartenblättern im Maßstab von 1:10.000 vor (LUDEMANN 2006d; LUDEMANN et al. 2007). In dem flächendeckend kartierten Gebiet sind 417 historische Meilerplätze bekannt, von denen bereits 176 anthrakologisch untersucht wurden.

### **5. Übersicht über wesentliche Ergebnisse**

#### **5.1 Fundplätze historischer Holzkohle – Fundplatzbilanz**

Im Untersuchungsgebiet (Oberrheingebiet mit den benachbarten Mittelgebirgsräumen) sind uns inzwischen 2.755 historische Kohlplätze bekannt sowie 82 Stätten des historischen Bergbaus und der Archäometallurgie, an denen analysierbare Holzkohle vorliegt (Stand 3/2007; Tab. 1). Nach vorsichtiger Schätzung wird es sich dabei allerdings selbst im Südschwarzwald allenfalls um die Hälfte der dort tatsächlich vorhandenen Plätze handeln, in den übrigen Gebieten nur um einen Bruchteil davon. Gezielte Geländebegehungen haben auch im Nordschwarzwald, auf der Schwäbischen Alb und im Schweizer Jura jeweils auf Anhieb zur

Tab. 1: Fundplatzbilanz (Stand 3/2007) und räumlich-standörtliche Differenzierung.

Gebiet - Naturraum		Höhenlage m ü. NN	Fundplätze	
			bekannt	bearbeitet
Westlicher Südschwarzwald	Bergbaurevier Sulzburg	370-1040	104	77
	Bergbaurevier St. Ulrich/Schauinsland	330-1190	153	97
	Belchen	570-1240	60	37
	Blauen, Kandern	580-1200	520	6
Zentraler Südschwarzwald	Feldberg-Südprofil	930-1360	285	57
	Feldberg-Nordprofil	560-1350	60	45
	Feldberg-Ostprofil	920-1380	145	58
	Feldberg-Westprofil	620-1380	60	38
Südschwarzwald SW-NO-Profil		540-1180	874	241
Profil Mittlerer Schwarzwald - Baar - Schwäbische Alb		440-1085	68	62
Vogesen		420-1230	256	155
Rheintal		215-335	3	3
Nordschwarzwald		580-860	73	-
Schweizer Jura		590-1205	37	-
Schwäbische Alb		-	57	-
Untersuchungsgebiet gesamt		215-1380	2755	876

Kenntnis von wissenschaftlich gut geeigneten Fundplatzkollektiven geführt. Eine ähnliche Situation ist in vielen Mittelgebirgen Zentraleuropas zu erwarten. Entsprechende Hinweise liegen in großer Anzahl aus unterschiedlichen Quellen vor.

Die höchste Dichte historischer Fundplätze wird in unserem Untersuchungsraum nach neuesten Erhebungen mit 138 Meilerplätzen pro Quadratkilometer erreicht, dies entspricht bei idealer gleichmäßiger Verteilung einem durchschnittlichen Abstand von 91 m. So kann bei der Auswertung eine räumliche Auflösung bis in den 100 m-Bereich erzielt werden.

## 5.2 Datenbasis der Holzkohleanalyse

Es sind Ergebnisse von drei Ansätzen zu unterscheiden (Tab. 2):

- Historische Anthrakologie (Untersuchung historischen Fundgutes als Schwerpunkt),
- Rezent-Holzkohleanalyse (Untersuchung aktueller Prozesse, die den historischen entsprechen; vergleichbar der Rezent-Pollenanalyse),
- Experimentelle Anthrakologie (als Teilgebiet der Experimentellen Archäologie; Untersuchung experimentell nachvollzogener historischer Prozesse).

Holzkohleanalytische Ergebnisse unserer Arbeitsgruppe liegen bisher von 876 historischen Fundplätzen vor, darunter 18 archäologische Grabungsstätten, 3 davon mit besonders reichem Befundspektrum von mehrjährigen Ausgrabungen, die übrigen von kleineren montanarchäologischen Sondierungsgrabungen. Es wurden im Ganzen 899 historische Befunde unterschieden, von denen zusammen 112.916 Einzelstücke historischer Holzkohle analysiert wurden.

Für die Auswertung wurden die Einzelbefunde zu übergeordneten Befundtypen zusammengefasst, die gröbere Nutzungs- und Fundplatz-Kategorien darstellen. Die hier unterschiedenen Befundtypen, die wiederum jeweils aus den verschiedenen Epochen stammen können, sind (vgl. Tab. 2):

- Orte der Holzkohle-Herstellung, Köhlerei (Holzkohle-Anreicherung, Kohlplatten),
- Bergschmieden, Schmiedeöfen (Schmiedeschlacke, oft Keramik),

Tab. 2: Befundtypen und Datenbasis.

Befundtyp	bekannte Fundplätze	bearbeitete Fundplätze (Befunde)	Analysen
<b>Fundplätze historischer Holzkohle</b>	<b>2.755</b>	<b>876 (899)</b>	<b>112.916</b>
Historische Köhlerei, Holzkohle-Herstellung*	2.673	823 (824)	97.986
Historischer Bergbau, Archäometallurgie	**82	**54 (75)	14.930
- <i>Bergschmieden</i>	31	17 (19)	5.632
- <i>Arbeitsterrassen</i>	23	17 (18)	1.784
- <i>Bergwerke, Feuersetzen</i>	13	11 (13)	1.210
- <i>Verhüttungsplätze, Öfen</i>	9	8 (10)	1.722
- <i>Siedlungen</i>	7	4 (14)	4.482
- <i>Sonstige</i>	3	1 (1)	100
<b>Rezent-Holzkohleanalyse</b>	<b>16</b>	<b>15 (15)</b>	<b>1.322</b>
Traditionelle Holzkohle-Herstellung	10	9 (9)	912
Feuerstellen	4	4 (4)	363
"Holzkohleschleier"	2	2 (2)	47
<b>Experimentelle Anthrakologie</b>	<b>3</b>	<b>1 (1)</b>	<b>2.100</b>
Traditionelle Holzkohle-Herstellung	3	1 (1)	2.100
<b>Gesamtdatensatz (Bilanz 3/2007)</b>	<b>2.774</b>	<b>892 (915)</b>	<b>116.338</b>

\*Kohlplätze, Kohlplatten, Meilerplätze \*\*zum Teil mehrere Befunde pro Fundplatz

- Arbeitsterrassen (mit Keramikfunden),
- Bergwerke, Feuersetzen (von unter Tage aus Verfüllungen oder Pingenhalden),
- Verhüttungsplätze, Öfen (mit Verhüttungsschlacke und in der Regel wenig Keramik),
- Siedlungsplätze (mit Gebäuderesten und Keramikfunden usw.).

Die archäologisch-historischen Befunde decken einen Zeitraum von 7000 Jahren ab (Neuzeit bis Jungsteinzeit) und stammen aus den verschiedenen Natur- und Siedlungsräumen des Untersuchungsgebietes. Markante Schwerpunkte bilden der mittelalterliche Bergbau im Südwest-Schwarzwald und vor allem die nachmittelalterliche Holzkohle-Herstellung im Süd-schwarzwald und in den Südvogesen. Darüber hinaus stehen Ergebnisse von rezent-holzkohleanalytischen und experimentell-anthrakologischen Untersuchungen zur Verfügung.

Tab. 3: Datenquellen. Forschungsprojekte und wissenschaftliche Arbeiten. Bearbeitete Fundplätze und Analysen.

Projekt / Arbeit ( <i>Förderung</i> , Bearbeiter)	Fundplätze	Analysen	Publikationen (Auszug)
Voruntersuchungen (Ludemann)	52	4.621	LUDEMANN 1994b, 1995b
Projekt 1 ( <i>VW</i> , Ludemann) 1993-1996	52	15.534	LUDEMANN 1996
Projekt 2 ( <i>VW</i> , Ludemann/Nelle) 1996-1999	156	24.944	LUDEMANN & NELLE 2002
Projekt 3 ( <i>BMBF</i> , Ludemann/Röder) 2000-2003	288	33.012	LUDEMANN et. al 2004
Staatsexamensarbeit Britsch 1995	40	4.391	LUDEMANN & BRITSCH 1997
Diplomarbeit Nelle 1998	51	6.538	LUDEMANN & NELLE 2002
Diplomarbeit Jung 1999	60	4.489	
Diplomarbeit Röder 2000	38	3.737	
Dissertation Nölken 2005 ( <i>DFG</i> )	155	19.072	NÖLKEN 2003, 2004, 2005
Habilitation Ludemann ( <i>DFG</i> ) 2004-2006	892	116.338	LUDEMANN 2006abc

Erarbeitet wurden die zusammengestellten Ergebnisse im Rahmen von drei dreijährigen Forschungsprojekten (inkl. Voruntersuchungen) sowie von vier Diplom- bzw. Staatsexamensarbeiten und einer Dissertation (vgl. Tab. 3). Diese Arbeiten wurden in den zurückliegenden Jahren an der Universität Freiburg und an der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) durchgeführt.

### 5.3 Das verwendete Holz, anthrakologische Klassifikation

Zur Energieholzversorgung wurde nicht nur *Fagus* genutzt, sondern alle einheimischen Baumgattungen und einige Sträucher: *Fagus*, *Abies*, *Picea*, *Quercus*, *Acer*, *Pinus*, *Carpinus*, *Corylus*, *Fraxinus*, *Pomoideae* (*Sorbus* u. a.), *Populus*, *Salix*, *Alnus*, *Betula*, *Prunus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Ilex*, *Taxus*, *Viburnum* und *Cornus* (Tab. 4). Dabei sind die jeweiligen Mengenanteile sehr verschieden. Einen großen Anteil erzielen nur die Arten der Klimaxwälder, *Fagus*, *Abies* und *Picea*. Des Weiteren sind *Quercus*, *Acer* und *Pinus* zu erwähnen, auf die ein Anteil von einem bis wenigen Prozent entfällt.

Tab. 4: Die verwendeten Holztaxa. mD mittlerer Durchmesser. mSG mittleres Stückgewicht.

		Stückzahl		Gewicht		mD	mSG
		N	%	G [g]	%	[cm]	G/N [g]
Fagus	Buche	59.677	52,9	54.425,9	53,7	9,0	0,9
Abies	Tanne	22.452	19,9	20.028,2	19,7	10,0	0,9
Picea	Fichte	18.005	15,9	16.757,5	16,5	9,4	0,9
Quercus	Eiche	5.607	5,0	4.248,7	4,2	8,4	0,8
Acer	Ahorn	2.135	1,9	1.780,6	1,8	8,8	0,8
Pinus	Kiefer	1.057	0,9	1.181,5	1,2	10,8	1,1
Pomoideae	Kernobstgew.	726	0,6	744,8	0,7	5,6	1,0
Carpinus	Hainbuche	620	0,5	502,6	0,5	7,4	0,8
Corylus	Hasel	504	0,4	254,5	0,3	2,8	0,5
Salix	Weide	448	0,4	219,2	0,2	6,1	0,5
Betula	Birke	408	0,4	327,0	0,3	8,5	0,8
Fraxinus	Esche	400	0,4	365,8	0,4	6,4	0,9
Populus	Pappel	369	0,3	272,7	0,3	8,4	0,7
Alnus	Erle	273	0,2	196,4	0,2	7,2	0,7
Ulmus	Ulme	100	< 0,1	49,6	< 0,1	7,3	0,5
Tilia	Linde	60	< 0,1	36,6	< 0,1	8,8	0,6
Prunus	Kirsche	58	< 0,1	19,3	< 0,1	5,7	0,3
Ilex	Stechpalme	6	< 0,1	1,5	< 0,1	2,1	0,3
Taxus	Eibe	3	< 0,1	3,6	< 0,1	6,3	1,2
Wurzel	Wurzel	3	< 0,1	0,2	< 0,1	1,0	0,1
Viburnum	Schneeball	1	< 0,1	0,5	< 0,1	7,5	0,5
Viscum	Mistel	1	< 0,1	0,5	< 0,1	-	0,5
Populus/Salix	Pappel/Weide	1	< 0,1	0,3	< 0,1	4,0	0,3
Pseudotsuga	Douglasie	1	< 0,1	0,3	< 0,1	7,5	0,3
Cornus	Hartriegel	1	< 0,1	0,3	< 0,1	7,5	0,3
Summe		112.916	100	101.417,4	100	9,2	0,9

Die holzkohleanalytische Klassifikation der Befunde nach vorherrschenden Taxa zeigt, dass fast alle nachgewiesenen Baumarten bzw. -gattungen zumindest in einzelnen Proben auch bedeutende Anteile erzielen und dominant oder codominant vorkommen (Tab. 5). In der weit überwiegenden Anzahl der Befunde und Proben herrschen allerdings die Baumarten der Klimaxwälder vor, vor allem Buche, Tanne und Fichte, in einem kleineren Teil der Proben

Tab. 5: Holzkohleanalytische Klassifikation der Befunde nach dominanten Taxa. dominant: >2:1 (fett), codominant: 2:1 bis 1:2, subdominant: <1:2 bis 1:4.

HK-Typ (sub)dominante Taxa	Fagus	Alnus	Picea	Quercus	Acer	Pinus	Pomoideae	Populus	Betula	Corylus	Salix	Alnus	Carpinus	Fraxinus	Prunus	Tilia	Ulmus	Sonstige	Anzahl Befunde	% Befunde	% Summe	Anzahl Analysen	mittlere Höhe [m ü. NN]	
<b>Buche Bu</b>	<b>85</b>	7	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	287	32	46	38694	916	
Buche (Tanne)	<b>70</b>	25	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	8		8881	871	
Buche (Fichte Tanne)	<b>56</b>	19	20	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	9	1		1167	1004	
Buche (Fichte)	<b>67</b>	7	24	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	2		2051	1073	
Buche (Eiche)	<b>67</b>	3	0	22	0	0	0	1	1	3	1	0	1	0	0	0	0	0	10	1		2677	476	
Buche (Ahorn Fichte)	<b>54</b>	5	17	0	22	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0		424	1080	
Buche (Ahorn)	<b>63</b>	3	3	0	23	0	2	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0	7	1		705	966	
Buche (Birke)	<b>64</b>	5	0	0	0	0	2	21	3	3	0	1	0	0	0	0	1	2	0		193	540		
Buche (Hasel)	<b>54</b>	0	0	12	0	0	0	0	26	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		106	590	
Buche (Hainbuche)	<b>69</b>	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	2	2		791	480		
<b>Buche Tanne</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	10	12	11810	829	
Buche Tanne (Fichte)	<b>42</b>	<b>41</b>	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1		1113	925	
Buche Tanne (Eiche)	<b>36</b>	<b>47</b>	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0		234	620	
Buche Tanne (Ahorn)	<b>43</b>	<b>40</b>	1	0	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0		387	1043	
Buche Tanne (Hasel)	<b>38</b>	<b>23</b>	3	1	1	0	5	1	9	10	1	2	6	0	0	1	0	0	1	0		101	500	
Buche Tanne Fichte	<b>35</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	4	4	3562	1010	
Buche Tanne Fichte (Kiefer)	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		100	770	
Buche Tanne Fichte (Kernobst)	<b>35</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	0	4	0	12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		110	1185	
Buche Fichte	<b>46</b>	<b>7</b>	<b>44</b>	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	4	6	3563	1101	
Buche Fichte (Tanne)	<b>41</b>	<b>18</b>	<b>39</b>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	1		1272	1052	
Buche Fichte (Ahorn)	<b>35</b>	<b>5</b>	<b>41</b>	0	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0		375	1186		
<b>Tanne</b>	7	<b>87</b>	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	4	6	3457	746	
Tanne (Buche)	25	<b>71</b>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	2		3059	682	
Tanne (Buche Eiche)	23	<b>53</b>	0	22	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		201	515	
Tanne (Buche Fichte)	23	<b>57</b>	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0		377	968	
Tanne (Buche Fichte Erle)	12	<b>47</b>	21	0	2	0	2	1	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	1	0		155	910
Fichte	13	<b>59</b>	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		100	1000	
Tanne Fichte	2	<b>50</b>	<b>46</b>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	3	4	2861	952	
Tanne Fichte (Buche)	17	<b>40</b>	<b>41</b>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	1		874	1028	
<b>Fichte</b>	3	6	<b>84</b>	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	9	13	8145	1143	
Fichte (Buche)	24	8	<b>65</b>	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2		1771	1124	
Fichte (Buche Tanne)	19	20	<b>60</b>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1		470	992	
Fichte (Tanne)	4	25	<b>66</b>	0	0	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	14	2		1483	968	
Fichte (Ahorn)	2	10	<b>67</b>	0	18	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		103	1325	
Fichte (Kiefer)	0	1	<b>76</b>	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0		271	882	
Fichte (Birke)	0	4	<b>73</b>	0	0	1	0	2	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		100	975	
																			832	93	93			
<b>Eiche Ei</b>	1	1	0	<b>93</b>	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	6	1	3	1727	324	
Eiche (Buche)	28	0	0	<b>63</b>	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		32	760	
Eiche (Tanne)	6	24	0	<b>68</b>	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	2	0		193	405		
Eiche (Esche)	0	0	0	<b>66</b>	0	0	2	0	0	2	0	2	1	24	1	0	2	2	2	0		839	215	
Eiche Buche	<b>44</b>	2	0	<b>48</b>	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	12	1		3181	510	
Eiche Buche (Tanne)	<b>41</b>	12	0	<b>39</b>	0	0	0	0	0	3	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0		507	370	
Eiche Buche (Weide)	<b>32</b>	1	0	<b>54</b>	0	0	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0		278	515	
Eiche Buche Tanne	<b>35</b>	<b>42</b>	0	<b>23</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		138	600	
Eiche Buche Tanne (Kirsche)	<b>24</b>	<b>29</b>	0	<b>33</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	1	0		21	770	
Eiche Tanne	7	<b>54</b>	0	<b>40</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		382	525	
Eiche Tanne (Buche)	19	<b>46</b>	0	<b>35</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		97	720	
<b>Ahorn Buche</b>	<b>59</b>	4	0	0	<b>37</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	222	1088	
Ahorn Buche (Tanne)	<b>36</b>	15	0	0	<b>27</b>	0	8	0	4	2	8	0	0	0	1	0	0	0	1	0		105	905	
Ahorn Buche Fichte (Tanne)	<b>32</b>	14	<b>22</b>	0	<b>22</b>	0	7	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0		96	1075	
Ahorn Buche Fichte Tanne	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>29</b>	0	<b>24</b>	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		192	1050	
Ahorn Buche Fichte Tanne (Esche)	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	0	<b>19</b>	0	2	0	3	0	0	6	0	7	0	0	0	0	1	0		176	910	
Ahorn Fichte	4	4	<b>59</b>	0	<b>33</b>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0		301	1298	
Kiefer Buche	<b>33</b>	15	1	1	0	<b>40</b>	0	5	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	1	0	2	86	440	
Kiefer Tanne	2	<b>39</b>	5	0	0	<b>54</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0		168	955	
Kiefer Tanne Fichte	0	<b>35</b>	<b>32</b>	0	0	<b>32</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0		260	903	
Kiefer Fichte	0	3	<b>47</b>	0	0	<b>49</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1		724	830	
<b>Kiefer</b>	0	1	15	0	0	0	<b>84</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		100	880	
Kiefer (Fichte)	0	6	21	0	0	0	<b>72</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		94	880	
																			55	6	6			
<b>Kernobst</b>	3	1	6	0	0	0	<b>88</b>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100	1265	
Kernobst Buche	<b>38</b>	2	11	0	1	0	<b>40</b>	0	0															

auch Ahorn, Eiche und Kiefer. Die weiteren Holzgattungen und -arten fanden sich in größerer Menge nur in einzelnen Befunden.

### 5.4 Räumliche Differenzierung

Bei der räumlichen Differenzierung werden entweder Landschaftsprofile oder aber flächige Landschaftsausschnitte betrachtet. Die Landschaftsprofile folgen bevorzugt ökologischen Gradienten der Wuchsbedingungen, die vertikal oder horizontal in der Landschaft ausgebildet sind (Höhen-, Kontinentalitäts-, Luv-Lee-, Niederschlags- oder Temperatur-Gradienten; vgl. Tab. 1). Es wurden mehrere lokale und regionale Profile sowie flächenhafte Auswertungen und Darstellungen geliefert. Beispiele geben LUDEMANN (1994b, 2001, 2002a, 2002b), LUDEMANN & BRITSCH (1997) und LUDEMANN & NELLE (2002) für den Schwarzwald sowie NÖLKEN (2005) für die Vogesen. Eine erste flächenhafte regionale Synthese für die nachmittelalterliche Kohlholznutzung im Südschwarzwald gibt LUDEMANN (2003b, 2006b).

Abbildung 1 gibt eine regionale Übersicht über die vorliegenden anthrakologischen Befunde auf einem Landschaftsprofil durch fünf Naturräume, von den Vogesen durch das Rheintal, den Schwarzwald und die Baar-Hochmulde auf die Schwäbische Alb. Weite Mittelgebirgstteile der Vogesen und des Westschwarzwaldes sowie die Schwäbische Alb werden durch die

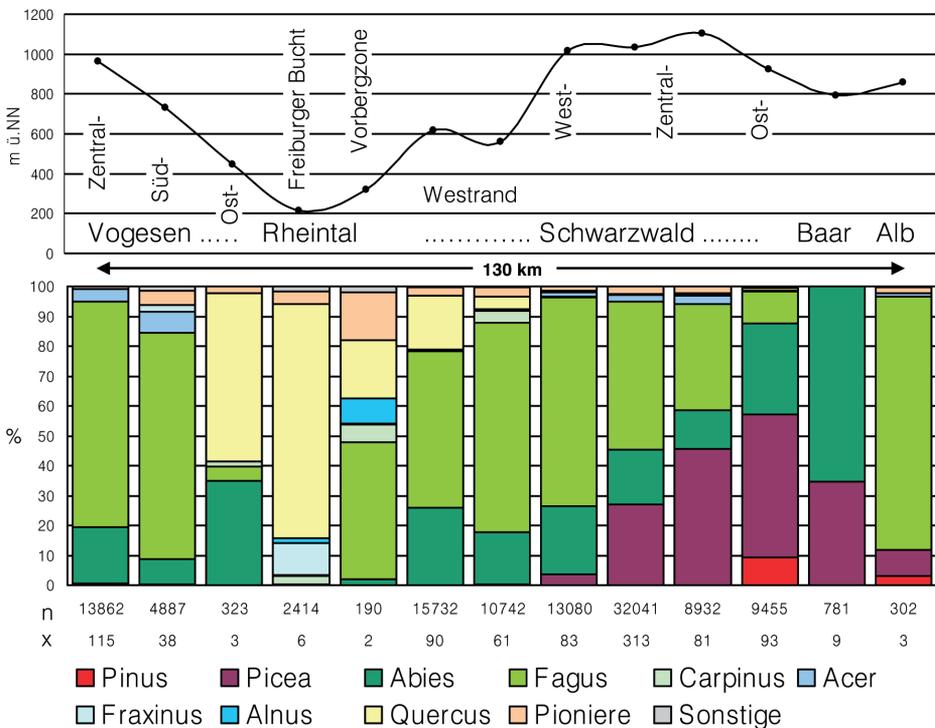


Abb. 1: Anteil der verwendeten Gehölztaxa auf dem Landschaftsprofil Vogesen–Rheintal–Schwarzwald–Baar–Schwäbische Alb. Datenbasis: 112.741 Analysen (n) von 897 Befunden (x). Erläuterungen im Text.

überwiegende Nutzung von Buche gekennzeichnet. Dagegen zeichnen sich das Rheintal und die daran angrenzenden Mittelgebirgs-Randlagen durch die Nutzung von Eiche und auch Esche, Erle und Hainbuche aus, während das Nadelholz im Ost-Schwarzwald und in der Baar

eine viel größere Bedeutung als Energieträger hatte. Deutlich kommt dabei der Unterschied der genutzten Nadelbaumarten zwischen Vogesen und Westschwarzwald einerseits sowie Ostschwarzwald, Baar und auch zentralen Schwarzwaldlagen andererseits zum Ausdruck, indem in Letzteren die Fichte neben der Tanne eine wichtige Rolle spielt und im Ostschwarzwald die Kiefer in nennenswertem Anteil hinzutritt. Zwei archäologische Befunde (mit zus. 175 Einzelanalysen) wurden aufgrund ihrer zu ungenauen Zuordnung nicht in diese Auswertung einbezogen (vgl. Abb. 1, Datenbasis).

## 5.5 Neue Befunde und Erkenntnisse

(1) Holzkohle-Rückstände früherer anthropogener Aktivitäten, die wissenschaftlich analysiert werden können, sind quasi aus allen Kulturepochen in den jeweils besiedelten und genutzten Räumen weit verbreitet, dies in einem bisher unbekanntem Umfang. Daher wurde mit der systematischen Dokumentation von Fundplätzen historischer Holzkohle begonnen (Schwerpunkt Kohlplätze/Waldköhlerei).

(2) Mit systematischen anthrakologischen Untersuchungen können neue und differenzierte Antworten auf Fragestellungen verschiedener Fachrichtungen und insbesondere auch der Geobotanik gegeben werden. Zur historischen Energieholzversorgung und zu bedeutenden historischen Waldnutzungen werden erstmals für bestimmte Zeiträume und zahlreiche Gebiete genaue Aussagen hinsichtlich der tatsächlich verwendeten Holztaxa und Holzstärken geliefert. Einzigartige Auswertungs- und Aussagemöglichkeiten auf lokaler und regionaler Ebene ergeben sich aus der großen Anzahl, der weiten Verbreitung und der hohen Dichte der Fundplätze.

(3) Die Verknüpfung der anthrakologischen Daten mit Kenntnissen der rezenten ökologischen und vegetationskundlichen Analyse der Wälder ermöglicht standort- und waldgesellschafts-spezifische Aussagen zur historischen und zur natürlichen Baumartenzusammensetzung der Wälder. Die Holzkohleanalyse liefert somit auch Ergebnisse für die aktuelle Vegetationskunde.

(4) Im Ganzen wurden alle Baumarten genutzt und dies in naturnahen Mengenverhältnissen. Im Klimaxgebiet der Buche wurde nicht nur Buche als Energieholz genutzt, sondern auch große Anteile starken Tannen- und Fichtenholzes. Auf lokaler bis überregionaler Ebene wurden Raummuster der historischen Holznutzung gefunden, die sich sehr gut ökologisch-standortkundlich mit dem natürlichen Vorkommen der Baumarten erklären lassen. Wir haben nach Holzselektion und Walddegradation gesucht und wir haben in den anthrakologischen Ergebnissen das Abbild des natürlichen Standortpotenzials und der Klimaxvegetation gefunden.

(5) Hinweise auf spezielle Holzselektion, auf ausgedehnte Sekundär- und Pionierwälder sowie auf großflächige Walddegradation ließen sich bisher nur selten oder überhaupt nicht finden und müssen damit – bezogen auf die erfassten Nutzungen, Zeiträume und Gebiete – als Ausnahme gelten.

(6) Entgegen der bestehenden Lehrmeinung zeichnet sich deutlich ab, dass es in den höchsten Lagen des Schwarzwaldes doch eine natürliche Fichtenstufe gibt. Die Fichte hat im zentralen und östliche Südschwarzwald von Natur aus eine größere Bedeutung, als bislang angenommen wurde, im Westschwarzwald eine geringere.

(7) In zahlreichen Waldgebieten waren noch weit in die Neuzeit hinein ausgedehnte Waldbestände mit naturnaher Baumartenzusammensetzung vorhanden. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu anderen Untersuchungen, die immer frühere nachhaltige landschaftsrelevante Eingriffe des Menschen nachzuweisen versuchen (z. B. FRIEDMANN 2000; MÄCKEL & FRIEDMANN 1998; RÖSCH 1989, 2000a, 2000b; RÖSCH et al. 2005).

## **6. Ausblick – weiterführende Forschungsarbeiten und zukünftige Zielsetzungen**

Exemplarisch ausgewertet und dargestellt wurden bisher vor allem Ergebnisse von Landschaftsprofilen verschiedener räumlicher Skalen. Eine fein aufgelöste, flächenhafte Auswertung und Darstellung des vorliegenden Datensatzes auf Landschaftsebene aber mit großmaßstäblicher Auflösung steht noch aus. Dazu gehören auch die Verschneidung der holzkohleanalytischen Daten mit (flächendeckenden) Standort- und Vegetationsdaten, insbesondere mit der 100 km<sup>2</sup>-Vegetationskartierung (LUDEMANN et al. 2007), sowie der überregionale Vergleich von Vogesen-Hochlagen, Belchen-, Schauinsland- und Feldberggebiet.

Darüber hinaus sollte eine Ausweitung der Untersuchungen auf benachbarte Naturräume erfolgen, so insbesondere auf die Kalkmittelgebirge des Juramassivs, Schwäbische Alb und Schweizer Jura, sowie ins Alpenvorland (bisher vor allem Silikatgebirge erfasst). Als mittelfristiges Ziel sind die wesentlichen Elemente der Standortpalette im zentraleuropäischen Mittelgebirgsraum abzudecken, um zu einer Verallgemeinerung der Ergebnisse zu gelangen, wuchsgebiets-, standort- und walddesellschaftsspezifisch.

### **Zusammenfassung**

Ergebnisse und Potenziale anthrakologischer (holzkohleanalytischer) Forschungen im zentraleuropäischen Mittelgebirgsraum werden exemplarisch dargestellt – fokussiert auf historische Energieholznutzung, Bergbau und vor allem Holzkohleproduktion. Dabei wird eine zusammenfassende Übersicht für ein großes, vielfältiges Pilotgebiet geliefert. Programmatischer Rahmen, gewählter Ansatz, Fortgang und Stand der durchgeführten Untersuchungen sowie die erzielten Ergebnisse werden aufgezeigt. Insbesondere werden die räumlichen Differenzierungsmöglichkeiten aus vegetations- und standortkundlicher Sicht dargestellt.

Grundlage bilden Ergebnisse von 899 historischen Befunden aus dem Schwarzwald, den Vogesen sowie den angrenzenden Naturräumen, Rheintal, Baar und Schwäbische Alb. Die Befunde decken Nutzungsphasen von der Neuzeit bis in die Jungsteinzeit ab. Schwerpunkte bilden der mittelalterliche Silberbergbau im Südwest-Schwarzwald und vor allem die nachmittelalterliche Holzkohle-Herstellung im Südschwarzwald und in den Südvogesen. Hinzu kommen Ergebnisse von methodisch ausgerichteten Arbeiten der Rezent-Holzkohleanalyse und der experimentellen Anthrakologie. Sie stammen von in Betrieb befindlichen Kohlstätten, an denen Holzkohle bis heute nach den traditionellen historischen Verfahren hergestellt wird. Die Verknüpfung der anthrakologischen Daten mit rezent-ökologischen und vegetationskundlichen Parametern ermöglicht standort- und walddesellschafts-spezifische Aussagen zur historischen und zur natürlichen Baumartenzusammensetzung der Wälder.

Wissenschaftlich analysierbare Holzkohle-Rückstände früherer anthropogener Aktivitäten sind im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas weit verbreitet und bieten einzigartige Auswertungs- und Aussagemöglichkeiten auf lokaler und regionaler Ebene. Eine gezielte Auswahl bestimmter Holzarten fand bei der historischen Energieholzversorgung im Allgemeinen nicht statt. Im Ganzen wurden alle Baumarten genutzt und dies in naturnahen Mengenverhältnissen. Es lassen sich regionale und lokale Raummuster für die genutzten Gehölztaxa herausarbeiten, die sich sehr gut walddökologisch-standortkundlich mit dem natürlichen Vorkommen der Baumarten erklären lassen. Wesentliches Kriterium für die Holznutzung war in der Vergangenheit das natürliche Holzangebot der Wälder. In zahlreichen Waldgebieten waren noch weit in die Neuzeit hinein ausgedehnte Waldbestände mit naturnaher Baumartenzusammensetzung vorhanden.

## Literatur

- BRITSCH, T. (1995): Historische Meilerplätze im nördlichen Feldberggebiet/Südschwarzwald. Ergebnisse der Holzkohlenanalyse – Vergleich mit der Waldgeschichte. – Staatsex.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 60 S.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. – 683 S. Stuttgart (Ulmer).
- FRIEDMANN, A. (2000): Die spät- und postglaziale Landschaftsgeschichte des südlichen Oberrheintief-lands und Schwarzwalds. – Freiburger Geographische Hefte: 222 S. Freiburg i. Br.
- GROSSER, D. (1977): Die Hölzer Mitteleuropas. Ein mikrophotographischer Lehratlas. – 208 S. Berlin.
- HALL, M. (2002): Die Laubmischwälder des Feldberggebietes – Vergesellschaftung, Verbreitung und Natürlichkeit. – Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 61 S.
- JUNG, A. (1999): Waldvegetation und historische Holznutzung auf ausgesuchten Höhenprofilen im Südschwarzwald. – Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 81 S.
- KNETTEL, D. (2004): Das Vegetationsmosaik der Wälder im Gletscherkessel von Prag. – Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 111 S.
- LDA (Hrsg. 1999): Früher Bergbau im südlichen Schwarzwald. – Landesdenkmalamt Baden-Württemberg. Archäolog. Info. Baden-Württ. 41: 144 S. Stuttgart.
- LUDEMANN, T. (1994a): Die Wälder im Feldberggebiet heute. Zur pflanzensoziologischen Typisierung der aktuellen Vegetation. – Mitt. Verein forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung **37**: 23–47. Stuttgart.
- LUDEMANN, T. (1994b): Vegetations- und Landschaftswandel im Schwarzwald unter anthropogenem Einfluß. – Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **6**: 7–39. Hannover.
- LUDEMANN, T. (1995a): Die Holzkohle der montanarchäologischen Grabungen im Revier Sulzburg, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald. – Archäolog. Ausgrabungen in Bad.-Württ. **1994**: 341–349. Stuttgart.
- LUDEMANN, T. (1995b): Zwei Kohlplätze im Mittleren Schwarzwald. – Mitt. bad. Landesverein Naturkunde Naturschutz N. F. **16**: 319–334. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T. (1996): Die Wälder im Sulzbachtal (Südwest-Schwarzwald) und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. – Mitt. Verein forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung **38**: 87–118. Stuttgart.
- LUDEMANN, T. (1999a): Zur Brennstoffversorgung im Bergbaurevier Sulzburg. – Archäolog. Nachrichten aus Baden **61/62**: 131–138. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T. (1999b): Holzkohle – Energiequelle für den Bergbau, Informationsquelle für die Wissenschaft. – Archäolog. Info. Baden-Württ. **41**: 123–129. Stuttgart.
- LUDEMANN, T. (1999c): Zur Brennstoffversorgung einer römischen Siedlung im Schwarzwald. – Internationale Archäologie. Studia honoraria **9** (Festschrift Steuer): 165–172. Rahden/Westf. (Leidorf).
- LUDEMANN, T. (2001): Das Waldbild des Hohen Schwarzwaldes im Mittelalter. Ergebnisse neuer holzkohleanalytischer und vegetationskundlicher Untersuchungen. – Alemannisches Jahrbuch **1999/2000**: 43–64. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T. (2002a): Historische Holznutzung und Waldstandorte im Südschwarzwald. – Freiburger Forstl. Forschung **18**: 194–208. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T. (2002b): Anthracology and forest sites – the contribution of charcoal analysis to our knowledge of natural forest vegetation in south-west Germany. – BAR (British Archaeological Reports) International series S 1063: 209–217. Oxford (Archaeopress).
- LUDEMANN, T. (2003a): Die Rückstände der Köhlerei im Hotzenwald als Informationsquelle zur naturnahen Waldwirtschaft. – In: KÖRNER, H. (Hrsg.): Der Hotzenwald. Natur und Kultur einer Landschaft im Südschwarzwald: 95–105. Freiburg i. Br. (Lavori-Verlag).
- LUDEMANN, T. (2003b): Large-scale reconstruction of ancient forest vegetation by anthracology – a contribution from the Black Forest. – Phytocoenologia **33** (4): 645–666. Berlin, Stuttgart.
- LUDEMANN, T. (2005a): Untersuchungsgebiet – Lage, Standorte, Waldvegetation. – In: TEUFFEL, K.v. et al. (Hrsg.): Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft: 86–88. Berlin, Heidelberg (Springer).
- LUDEMANN, T. (2005b): Natürliche Baumartenzusammensetzung – Standortswald. – In: TEUFFEL, K.v. et al. (Hrsg.): Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft: 96–100. Berlin, Heidelberg (Springer).
- LUDEMANN, T. (2006a): Anthracological analysis of recent charcoal-burning in the Black Forest, SW Germany. – BAR (British Archaeological Reports) International series S 1483: 61–70. Oxford (Archaeopress).
- LUDEMANN, T. (2006b): Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese des Schwarzwaldes und der Vogesen auf der Grundlage paläoökologischer Untersuchungsmethoden. – In: KULKE, E., MONHEIM, H. &

- WITTMANN, P. (Hrsg.): Grenzwerte. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen des 55. Deutschen Geographentages Trier 2005: 517–526. Berlin.
- LUDEMANN, T. (2006c): Holzkohle als Archiv der Geschichte und Geobotanik – Ergebnisse und Potenzial anthrakologischer Forschungen im Mittelgebirgsraum Zentraleuropas. – Habilitationsschrift Univ. Freiburg, Fakt. f. Biologie, Geobotanik: 51 S. u. Anhang
- LUDEMANN, T. (2006d): Großmaßstäbliche Vegetationskartierung im Südschwarzwald - mit einer Neubewertung des natürlichen Vorkommens der Fichte. - Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung **44**: 47-61.
- LUDEMANN, T. (eingereicht): Natürliches Holzangebot und historische Nutzung – Heutige Vegetation und historische Holzkohle als wertvolle Quellen. – Das Mittelalter. Perspektiven mediävistischer Forschung. Berlin.
- LUDEMANN, T. (in press): Experimental charcoal-burning with special regard to anthracological wood diameter analysis. – Proceedings of the Third International Meeting of Anthracology, Lecce, Italy, 2004. BAR (British Archaeological Reports) International series. Oxford (Archaeopress).
- LUDEMANN, T. & BRITSCH, T. (1997): Wald und Köhlerei im nördlichen Feldberggebiet/ Südschwarzwald. – Mitt. bad. Landesverein Naturkunde Naturschutz N.F. **16**: 487–526. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T. & NELLE, O. (2002): Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. – Freiburger Forstl. Forschung **15**: 139 S. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T. & SCHOTTMÜLLER, E. (2000): Zur Vegetation und Geschichte des Feldseewaldes. – Ber. Freiburger Forstl. Forschung **24**: 1–24. Freiburg i. Br.
- LUDEMANN, T., MICHIELS, H.-G. & NÖLKEN, W. (2004): Spatial patterns of past wood exploitation, natural wood supply and growth conditions: indications of natural tree species distribution by anthracological studies of charcoal-burning remains. – Eur. J. Forest Res. **123**: 283–292.
- LUDEMANN, T., RÖSKE, W. & KRUG, M. (2007): Atlas zur Vegetation des Südschwarzwaldes – Feldberg, Belchen, Oberes Wiesental. – Mitt. Verein forstl. Standortkunde u. Forstpflanzenzüchtung **45**: 100 S. Stuttgart.
- MÄCKEL, R. & FRIEDMANN, A. (Hrsg. 1998): Wandel der Geo-Biosphäre in den letzten 15000 Jahren im südlichen Oberrheintiefenland und Schwarzwald. – Freiburger geograph. Hefte **54**: 202 S. Freiburg.
- MÄCKEL, R. & STEUER, H. (2003): Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese – Ziel, Struktur und Fortgang eines interdisziplinär ausgerichteten Graduiertenkollegs. – Freiburger Universitätsblätter **160**: 5–17. Freiburg (Rombach).
- MÄCKEL, R., STEUER, H. & UHLENDAHL, T. (2004): Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese am Oberrhein. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br. **94**: 175–194.
- MÄCKEL, R., GLAWION, R., STEUER, H. & UHLENDAHL, T. (2007): Stichworte zum Heft „Landschaft verstehen. Zur Entwicklung des Oberrheingebietes und angrenzender Gebirge“. – Freiburger Universitätsblätter **175**: 5–13. Freiburg (Rombach).
- MÜLLER, A. (2007): Jahrringanalytische Untersuchung zum Informationsgehalt von Holzkohle-Rückständen der historischen Meilerköhlerei. - Diss. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik. 177 S.
- MÜLLER, H.-W. (1997): Feingliederung der Waldgesellschaften westlich und östlich des Feldbergs. – Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 73 S.
- NAGEL, J. (2002): Das Gesellschaftsmosaik der Wälder am Feldberg mit einer Analyse zur Ursprünglichkeit der Nadelwälder. – Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 106 S.
- NELLE, O. (1998): Waldstandorte und Köhlerei am Schauinsland (Südschwarzwald). – Dipl. arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 96 S.
- NÖLKEN, W. (2003): Holzkohleanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte der Vogesen im Tal von Miellin. – Freiburger Universitätsblätter **160** (2): 111–118. Freiburg (Rombach).
- NÖLKEN, W. (2004): Holzkohleanalytische Untersuchungen an Meilerplätzen in den Südvogesen. – ZAM Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters **31**: 196. Bonn (Habelt).
- NÖLKEN, W. (2005): Holzkohleanalytische Untersuchungen zur Waldgeschichte der Vogesen. – Diss. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 182 S.
- OBERDORFER, E. (Hrsg.; 1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil IV: Wälder und Gebüsche. – 2. Aufl. 862 S. Jena, Stuttgart, New York (Gustav Fischer).
- RÖDER, M. (2000): Waldvegetation und historische Holznutzung auf einem West-Ost-Transekt Schwarzwald - Schwäbische Alb. – Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik: 91 S.
- RÖSCH, M. (1989): Pollenprofil Breitnau-Neuhof: Zum zeitlichen Verlauf der holozänen Vegetationsentwicklung im südlichen Schwarzwald. – Carolea **47**: 15–24. Karlsruhe.
- RÖSCH, M. (2000a): Das Steerenmoos bei Faulenfürst/Schluchsee. Ein Pollenprofil aus der Nähe des Einbaums als Beitrag zur frühen Besiedlung des südlichen Schwarzwaldes. – In: ALManach 5/6 (Archäolog. Landesmuseum Bad.-Württ.): Einbaum, Lastensegler, Dampfschiff. Frühe Schifffahrt in Südwestdeutschland: 71–75. Stuttgart (Theiss).

- RÖSCH, M. (2000b): Long-term human impact as registered in an upland pollen profile from the southern Black forest, south-western Germany. – *Veget. History Archaeobotany* **9**: 205–218.
- RÖSCH, M., VOLK, H. & WIELAND, G. (2005): Frühe Waldnutzung und das Alter des Naturwaldes im Schwarzwald. Neue pollenanalytische Untersuchungen in den Müssenmooren. – *AFZ-DerWald* **12/2005**: 636–638.
- SCHOTTMÜLLER, E. (1996): Das Mosaik der Waldgesellschaften im Feldberggebiet und seine Ursachen. – *Dipl.arb. Univ. Freiburg, Biologie/Geobotanik*: 91 S.
- SCHOTTMÜLLER, E. (1997): Vegetationskartierung Bannwald Feldseewald – östlicher Abschnitt. – *Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt Bad.-Württ. Abteilung Botanik und Standortkunde*, 16 S. (unveröff.).
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1982): Mikroskopische Holzanatomie. Formenspektren mitteleuropäischer Stamm- und Zweighölzer zur Bestimmung von rezentem und subfossilem Material. – *Eidg. Anstalt für das forstl. Versuchswesen*. 2. Aufl. 226 S. Birmensdorf/ Schweiz.
- SCHWEINGRUBER, F.H. (1990): Anatomie europäischer Hölzer: ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer. – 800 S. Bern, Stuttgart (Haupt).
- STEUER, H. & ZIMMERMANN, U. (1990): Erze, Schlacken und Metalle. Früher Bergbau im Südschwarzwald. – *Freiburger Universitätsblätter* **109**: 21–180. Freiburg i. Br. (Rombach).
- STEUER, H. & ZIMMERMANN, U. (Hrsg., 1993): *Alter Bergbau in Deutschland*. – 127 S. Stuttgart (Theiss).
- STEUER, H. (1990): Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald. Literaturübersicht und Begründung eines Forschungs-Programms. – *Archäologie und Geschichte – Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland* Bd. 1: 387–415. Sigmaringen.
- STEUER, H. (1993): Frühe Erzgewinnung und Verhüttung in Europa. Programm und Perspektiven des Kolloquiums. – In: STEUER, H. & ZIMMERMANN, U. (Hrsg.): *Archäologie und Geschichte. Freiburger Forschungen zum ersten Jahrtausend in Südwestdeutschland* Bd. 4 (Montanarchäologie in Europa): 11–27. Sigmaringen.
- STEUER, H. (2004): Montanarchäologie im Südschwarzwald. Ergebnisse aus 15 Jahren interdisziplinärer Forschung. – *ZAM Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters* **31** (2003): 175–219. Bonn (Habelt).
- TEUFFEL, K.v., BAUMGARTEN, M., HANEWINKEL, M., KONOLD, W., SAUTER, U.H., SPIECKER, H. & WILPERT, K.v. (Hrsg. 2005): *Waldumbau für eine zukunftsorientierte Waldwirtschaft. Ergebnisse aus dem Südschwarzwald*. – 422 S. Berlin, Heidelberg (Springer).
- THIÉBAULT, S. (ed. 2002): Charcoal analysis. Methodological approaches, palaeoecological results and wood uses. – *Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology, Paris, September 2000*. *BAR (British Archaeological Reports) International series S 1063*: 284 S. Oxford (Archaeopress).
- VERNET, J.-L. (ed., 1992): Les charbons de bois les anciens ecosystemes et le role de l'homme. – *Bul. Soc. Bot. France* **139**: *Actualités botaniques* (2/3/4): 725 S.
- WAGENFÜHR, R. (1980): *Anatomie des Holzes – unter besonderer Berücksichtigung der Holztechnik*. – 2. Aufl. 328 S. Leipzig (Fachbuchverl.).
- WILMANN, O. (1998): *Ökologische Pflanzensoziologie. Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas*. – 6. Aufl. 405 S. Wiesbaden (Quelle & Meyer).

Anschrift des Verfassers:

PD Dr. Thomas Ludemann, Universität Freiburg, Institut für Biologie II, Abteilung Geobotanik, Schänzlestr. 1, D-79104 Freiburg; [thomas.ludemann@biologie.uni-freiburg.de](mailto:thomas.ludemann@biologie.uni-freiburg.de)

[www.biologie.uni-freiburg.de/geobotanik/ludemann](http://www.biologie.uni-freiburg.de/geobotanik/ludemann)