

ISSN 0077-6025 Natur und Mensch	Jahresmitteilungen 1995 Nürnberg 1996	Seite 35 - 40	Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V. Gewerbemuseumplatz 4 · 90403 Nürnberg
------------------------------------	--	------------------	--

Janet Dehmer

Die Entstehung und Untersuchungsmethoden der Kohle mit besonderer Berücksichtigung der Oberpfälzer Braunkohlenvorkommen

Einleitung: Die Bildung von Kohlenflözen

Kohle ist nichts anderes als fossiler Torf. Um Torf bzw. Kohle zu bilden, gibt es bestimmte Voraussetzungen:

1. Ein üppiges Pflanzenwachstum.
2. Ein warmes bzw. feuchtes Klima mit hohen Niederschlägen.
3. Konservierungsmöglichkeiten, die durch den pH-Wert (Säuregrad), das Sauerstoffangebot, das Nährstoffangebot und den Feuchtigkeitsgrad beeinflusst sind.
4. Ein tektonisches Senkungsgebiet, um dicke Torfschichten zu bilden.

In der geologischen Vergangenheit waren diese Voraussetzungen erst durch die Entwicklung von Landpflanzen gegeben. Dies trat erstmals im Devon vor ca. 395 Millionen Jahren auf. Die Hauptphasen der Kohlenbildung in Europa waren aber im Karbon vor ca. 345 Millionen Jahren und im Tertiär vor ca. 65 - 12 Millionen Jahren. Es herrschte ein tropisches bis subtropisches Klima, es gab eine Vielzahl von Landpflanzen und als weiteres Kennzeichen große Erdbewegungen, die im Tertiär zur Bildung der Alpen führten. Um Kohlenflöze zu bilden, muß das abgelagerte Pflanzenmaterial bestimmten Prozessen unterzogen werden; die Umwandlung der Pflanzenreste geht über Torf, Braunkohle und Steinkohle bis hin zu Anthrazit. Diese Abfolge verschiedener Prozesse nennt man Inkohlung. Sie beinhaltet biochemische, chemische und physikalische Prozesse.

Die erste Phase der Inkohlung ist die Umwandlung von Pflanzenresten in Torf und Braunkohle. Sie wird weitgehend durch die Tätigkeit von Bakterien und Pilzen gesteuert. In den oberen

50 cm der Torfschicht wirken auch Insekten mit, um das pflanzliche Material zu verändern. Diese bodenbewohnenden Tiere, wie Milben, Ameisen und in den tropischen Gebieten Termiten, zerkleinern das pflanzliche Material rein mechanisch. Pilze und Bakterien zerlegen das komplex aufgebaute organische Material mit Hilfe von Enzymen in immer kleinere Einheiten, um diese Stoffe für ihren eigenen Bedarf nutzbar zu machen. So werden Stärke und Zellulose in Zucker (Mono- und Disaccharide), Eiweiß in Aminosäuren und Lignin in Phenole umgewandelt. Aus diesen Substanzen entstehen dunkle, komplexe Stoffe, die sog. Huminstoffe. Gleichzeitig mit dieser biologischen Umwandlung des pflanzlichen Materials läuft mit zunehmendem Torfwachstum bzw. Ablagerungen von Sedimenten eine Druckentwässerung einher. So werden die Poren immer kleiner und der Wassergehalt immer weniger. Um Weichbraunkohle zu bilden, sind nur die Druckentwässerung und die biochemischen Vorgänge notwendig. Die Temperatur spielt eine untergeordnete Rolle.

Ab dem Stadium der Hartbraunkohle finden ausschließlich chemische und physikalische Prozesse statt. Dabei werden mit zunehmender Temperatur (Absenkung) und steigendem Druck von den oben liegenden Schichten zunehmend gasförmige Produkte, wie H_2O , CO_2 , CH_4 und N_2 von den organischen Substanzen abgespalten. Dadurch wird eine zunehmende Anreicherung von Kohlenstoff bei Abnahme des Restgases (der sog. Flüchtigen Bestandteile) und eine Erhöhung des Brennwertes bewirkt. Bis zu welchem Stadium die Inkohlung führt, hängt von der maximalen Temperatur und der Einwirkungsdauer ab. Abb.1 verdeutlicht die chemischen und physikalischen Änderungen während der Inkohlung.

Inkohlungsstadien		H ₂ O (%) in situ	Brennwert kcal/kg (af)	C % (waf)	Fl. Best.
Torf		75		55	
Braunkohlen	Weichbraunkohle				
	Mattbraunkohle	35	4000	66	53
	Glanzbraunkohle	25	5500		
Steinkohlen	Flammkohle		7000	76	45
	Gasflammkohle			80	40
	Gaskohle			83	35
	Fettkohle			87	27
	Esskohle			89.5	18
	Magerkohle			91	14
	Anthrazit			91.5	11
				93	8
	Graphit			96.5	4
				100	0

8650

im VITRIT

Zunehmende Inkohlung

Abb.1: Inkohlungsparameter zur Bestimmung des Inkohlungsgrades einer Kohle (modifiziert aus HOLTERBACH, 1985).

Untersuchungsmethoden

Es gibt einige Methoden, um Kohlenproben auf ihren pflanzlichen Inhalt und die Bedingungen ihrer Ablagerung zu untersuchen. Dabei benutzt man Methoden aus folgenden Gebieten:

- Kohlenpetrographie
- Paläobotanik
- Organische Geochemie

Kohlenpetrographie

Um die Entstehung und Zusammensetzung der Kohle herauszufinden, betrachtet man die Kohle unter einem Mikroskop. Dabei werden die Koh-

lenproben fein zerkleinert und in Kunststoffharz eingebettet. Die Oberfläche der Schlicke wird dann sehr gut poliert. Man beobachtet, zählt und misst die Kohlenproben unter zwei verschiedenen Lichtverhältnissen. Das ist zum einen unter Fluoreszenz bei Blaulichtanregung (ca. 320 nm) und zum anderen unter Aufsicht Hellfeld mit grünem Licht (546 nm) bei einer 450fachen Vergrößerung. Man zählt Einheiten in der Kohle, die mit dem Feststellen des Mineralanteils im Gestein verglichen werden können. Diese „organischen Mineralien“ haben einen besonderen Namen: Mazerale.

Die Mazerale sind die kleinsten im Lichtmikroskop sichtbaren Einzelbestandteile und ihr Ursprung liegt im pflanzlichen Gewebe. Es gibt drei große Gruppen von Mazeralen:

- Die erste Gruppe beinhaltet als Hauptbestandteile der Kohle die Huminite bzw. Vitrinite: sie stammen von Zellulose und Lignin in Pflanzenteilen ab, wie Holz, Borke, Stengel und anderem pflanzlichen Gewebe, und werden im Laufe der Umwandlungsprozesse im Moor und während der Inkohlung gebildet
- Die zweite Gruppe sind die Inertinite: dies können Holzkohlenreste durch Waldverbrennung sein oder pflanzliches Gewebe oder Huminite, die durch Oxidation verwittert oder zersetzt sind. Weiterhin gehören zu dieser Gruppe Pilzdauersporen und Pilzgewebe.
- Die dritte Gruppe sind die sogenannten Lignitine: sie stammen von Harz, Wachs und Ölen in pflanzlichem Material ab. Blütenstaub, Pollen, Sporen und fettreiche Algen gehören ebenfalls dazu. Sie sind sehr resistent gegen die Einwirkung von Luftsaurestoff und haben grüne, gelbe und orangefarbene Fluoreszenzfarben.

Aus der Zusammensetzung der verschiedenen Mazeralklassen und ihrem Anteil in der Kohle kann man sich ein Bild machen, wie die Kohle entstanden ist.

Paläobotanik

Paläobotanische Untersuchungen an Kohleproben sind ziemlich vielfältig. Neben den Funden von fossilen Samen, Nüssen und Blättern in den Nebengesteinen kann man spezielle Methoden anwenden. Falls das Kohlenvorkommen holzartig ist, kann man holzanatomische Darstellungen machen, wo das fossile Holz in drei verschied-

nen Mikrotomschnitten untersucht (tangential, radial und quer) und mit Belegstücken verglichen wird. Weiterhin kann man die verschiedenen Pollen, Sporen und Pflanzenkutikulen aus der Kohle isolieren. Pollen, Sporen und Kutikulen sind aus sehr widerstandsfähigen organischen Polymeren, Sporopollenin bzw. Cutin, gebildet. Diese sind so widerstandsfähig, daß sie Säuren und Laugen vertragen. Deshalb benutzt man diese Lösungen, um diese Liptinitmazerale zu isolieren. Erst wird Salzsäure angewendet, um Kalk in der Kohle (falls vorhanden) zu zerstören, dann wird die Kohle mit heißer Natronlauge behandelt, um die Huminstoffe zu gewinnen. Danach macht man eine Schwereretrennung, um die anorganischen Bestandteile herauszutrennen. Falls noch silikatische Mineralien vorhanden sind, wird die Kohlenprobe mit Flußsäure gekocht und anschließend gut ausgewaschen. Danach hat man ein Konzentrat aus Pollen, Sporen und Kutikulen, dessen Identifikation zu der Pflanzengemeinschaft im Kohlenmoor hindeuten kann.

Organische Geochemie

Alle organischen Materialien, ob pflanzlich oder tierisch, enthalten Kohlenstoffverbindungen. Mit organischem Lösungsmittel, wie Dichlormethan, kann man bestimmte lösliche organische Verbindungen aus fossilem organischem Material (z.B. Kohle, Ölschiefer, Erdöl) gewinnen, die auf den pflanzlichen Eintrag schließen lassen. Einzelne Kohlenstoffverbindungen (meistens Kohlenwasserstoffe) können mit modernen chemischen Trennungsmethoden (Chromatographie: Gas-Chromatographie, Gas-Chromatographie-Massenspektrometrie) isoliert und identifiziert werden. In Fachkreisen nennt man diese bestimmten Verbindungen Chemofossilien (chemische Fossilien).

Die Oberpfälzer Braunkohle: Befunde aus verschiedenen geologischen Gebieten

Im Gegensatz zu manchen anderen Braunkohlevorkommen wurden die Oberpfälzer Braunkohlen sehr spät untersucht. Die erste Erwähnung kam 1853 von Carl Wilhelm von Gümbel (JUNG und KNOBLOCH 1971). Erst in den 50iger Jahren hat TILLMANN (1956, 1964) endlich die Geologie der Oberpfälzer Braunkohlevorkommen beschrieben. In den siebziger und

achtziger Jahren kamen dann weitere detaillierte Untersuchungen aus paläobotanischer (u.a. JUNG und KNOBLOCH 1971, JUNG, KNOBLOCH und KVACEK 1971, GREGOR 1977, 1978, GREGOR und JUNG 1977, THIELE-PFEIFFER 1980), kohlenpetrographischer (WOLF 1981, KLEIN-REESINK 1984, DEHMER 1988, 1989 und DEHMER und WOLF 1989), und organisch-geochemischer Sicht (DEHMER 1988, 1989, DEHMER und WOLF 1989) hinzu. Die nächsten Seiten geben einen kurzen Überblick über die Forschungsergebnisse.

Geologie

Nach TILLMANN (1956) stellt die Braunkohlenformation um Wackersdorf mit ihren Tonen und Sanden die Füllung eines Talsystems mit zahlreichen Seitenrinnen und -buchten dar (Ur-Naab-System): siehe Abb.2. Das Oberpfäl-

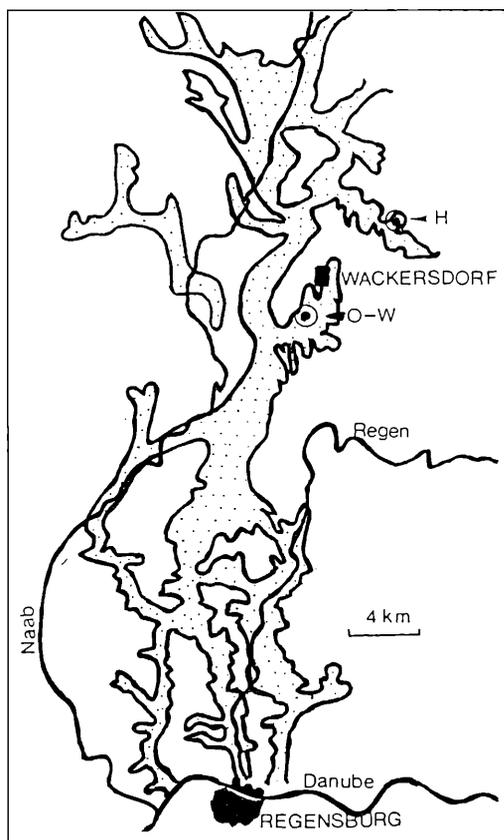


Abb.2: Tertiärablagerungen zwischen Regensburg und Wackersdorf (O-W und H: Braunkohlentagebaue Oder-West und Hofenstetten).

zer Tertiär ist ein nördlicher Randbereich der ausgedehnten jungtertiären Süßwasserablagerung im schwäbisch-bayerischen Alpenvorlandtrog und gliedert sich in drei Horizonte:

- Hangendtertiär (bis 160 m)
- Braunkohlentertiär (bis 60 m)
- Liegendtertiär (bis 146 m).

Diese Sedimente bestehen aus fluviatilen Sanden, Tonsanden, Tonen und Kohle. Das Braunkohlentertiär gliedert sich weiterhin wie folgt:

- Oberflözgruppe (bis 23 m)
- Hauptzwischenmittel (bis 15 m)
- Unterflözgruppe (bis 25 m).

Alter, Klima und botanische Zusammensetzung

Pollenanalysen haben ergeben, daß die Braunkohle um Wackersdorf im mittleren Miozän abgelagert wurde (JUNG, KNOBLOCH u. KVACEK 1971). Die Bildungsdauer liegt zwischen 100 000 - 200 000 Jahren (JUNG und KNOBLOCH 1971). Tektonische Bewegungen beendet die Kohlenbildung und lösten im Altplio-

zän eine Erosionsphase aus. Es gibt zahlreiche Arbeiten über das Klima im süddeutschen Raum während des Tertiärs und die braunkohlenbildende Flora in den Kohlen der Oberpfalz (PETERS 1963; JUNG 1972; JUNG u. KNOBLOCH 1971, JUNG, KNOBLOCH u. KVACEK 1972; GREGOR 1977, 1978; GREGOR u. JUNG 1977; THIELE-PFEIFFER 1980). Pollenanalytische Daten von THIELE-PFEIFFER (1980) haben gezeigt, daß die Flöze aus dem Tagebau Oder in ihrer botanischen Zusammensetzung ähnlich waren. Pollen und Sporen von Moos (*Sphagnum*), verschiedenen Farnen (Polypodiaceen, Osmundaceen und Schizaceen) sind vorhanden, sowie Pollen aus Wasserpflanzen wie Laichkraut, Wasser-Aloe, Hornblatt, Wasserfarne, Seerosen (Nymphaeaceen), Schilf- und Röhrichtpflanzen (Gramineen, Cyperaceen, Sparganiaceen, Typhaceen). Diese Pollenarten treten vor allem im Unterflöz auf. Wichtige holzige Pflanzen waren die Konifere *Glyptostrobus* - eine Wasserkiefer - und Laubhölzer wie Tupelobäume (*Nyssa*), Gagelstrauch (*Myrica*), Erle (*Alnus*), Birke (*Betula*) und Weide (*Salix*). Diese



Abb.3: Sehr gut erhaltene, dickwandige Koniferengewebe in einer xylitischen (holzigen) Kohlenprobe aus dem Tagebau Oder-West. Vergrößerung ca. 190 x. Grau = Zellwände, Schwarz = Zell-Lumen

Bäume mochten sumpfige Standorte. Auf den etwas trockeneren Standorten waren Ahorn, Kastanien und Ulmen zu finden. THIELE-PFEIFFER (1980) fand in den Kohlen auch Kiefernpollen, die als eingewehte Pollen ins Paläomoor gelangt sind. Insgesamt entspricht die Flora nach KNOBLOCH u. KVACEK (1977) dem heutigen tropisch-subtropischen Bergwald Südostasiens. Die mittlere Jahrestemperatur betrug 16°C bis 18°C und der Gesamtniederschlag lag über 1000 l/m² (JUNG u. KNOBLOCH 1971).

Kohlenpetrographie und Organische Geochemie

Kohlenpetrographische Arbeiten über die Oberpfälzer Braunkohle beschränken sich auf Stich-

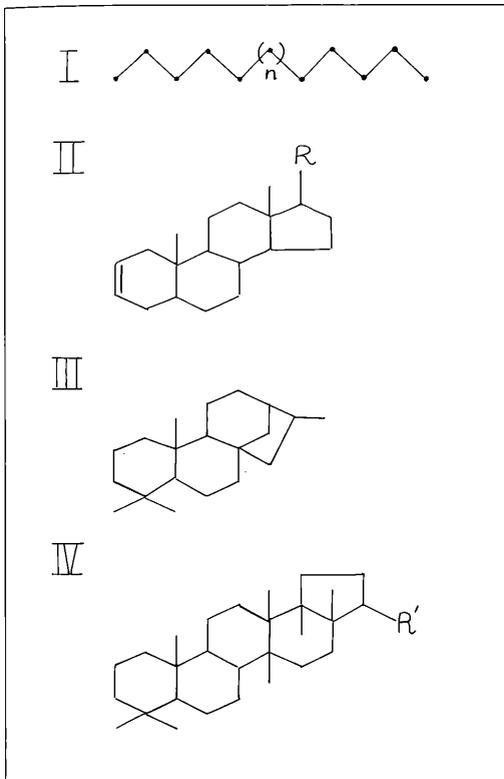


Abb.4: Chemofossilien (Strukturen vereinfacht) in den Braunkohlen aus der Oberpfalz.

I = langkettige n-Alkane, Punkte bezeichnen CH₃-Gruppen, n = Wiederholung;

II = Steren, R = Kohlenwasserstoffgruppe;

III = Phyllocladan (Diterpan);

IV = Hopan, R' = Kohlenwasserstoffgruppe mit bis zu fünf Kohlenstoffatomen.

proben aus Viehhausen (KLEIN-REESINK und RIEGEL 1983), aus dem Grubenfeld Wackersdorf (WOLF 1981) und aus Hofenstetten (DEHMER 1988, 1989). Weiterhin wurde ein Flözprofil aus dem Unterflöz im Tagebau Oder-West kohlenpetrographisch untersucht (DEHMER 1989; DEHMER und WOLF 1989). Aus den verschiedenen Arbeiten stellt sich heraus, daß die Oberpfälzer Braunkohle reich an anorganischen Bestandteilen ist (meist Ton von 20-50 Gew.-%), was mit ihrer sehr nassen Entstehung (Auenwald) zusammenhängt. Weiterhin ist framboidaler Pyrit relativ häufig zu sehen, was auf Schwefelbakterien und sauerstoffarme Bedingungen im Kohlenmoor hindeutet. Mikroschichtungen in der Kohle weisen auf Überflutungsepisoden im Paläomoor hin. Im allgemeinen bestehen die Kohlen aus einer Mischung von zersetztem Pflanzenmaterial und Ton. Dabei sind oft dickwandige Pflanzenzellen von Nadelhölzern (*Glyptostrobus*) erhalten (siehe Abb.3). Außerdem treten Anreicherungen von Harztropfen (Resinite) auf, die meistens Oxidationsränder aufweisen, was auf Kontakt mit Luftsauerstoff vor der Einbettung hindeutet. Weil das Ablagerungsmilieu sehr naß und sehr nährstoffreich war, wurde die kräuter- und strauchartige Vegetation sehr schnell zersetzt und es bildeten sich gelartige organische Substanzen aus Huminstoff (Gelinite). Weitere Zersetzungserscheinungen sind das starke Vorkommen von feinen fragmentierten Lipidstoffen (Liptodetrinite). Die Anwesenheit bestimmter Chemofossilien aus der organischen geochemischen Untersuchung (DEHMER 1988, 1989; DEHMER und WOLF 1989) gibt zusätzliche Hinweise auf den Pflanzeneintrag und die Ablagerungsbedingungen. Langkettige n-Alkane von n-C25 bis n-C35 (Abb.4: I) deuten auf Wachse und Alkohole höherer Pflanzen. Pflanzliche C27- und C29-Steroide (Abb.4: II - Sterene) sind ebenfalls dabei. Sesqui- und Diterpanen (Abb.4: III - Phyllocladan), cyclische Verbindungen, gefunden im Nadelholzharz, sind stark vertreten, was gut mit der kohlenpetrographischen und paläobotanischen Untersuchung übereinstimmt. Weiterhin gibt es eine Vielzahl von Hopanoiden (Abb.4: IV). Diese Verbindungen sind in Bakterien zu finden und deuten auf bakterielle Tätigkeit im Paläomoor hin.

Literatur:

- DEHMER, J. (1988): Petrographische und organisch-geochemische Untersuchungen an rezenten Torfen und tertiären Braunkohlen - Ein Beitrag zur Fazies und Genese gebänderter Braunkohlen. Doktorarbeit, RWTH-Aachen, 340 S.
- DEHMER, J. (1989): Petrographical and organic geochemical investigation of the Oberpfalz brown coal deposit, West Germany. *Int. J. Coal Geol.* (11), 273-290.
- DEHMER, J. und WOLF, M. (1989): Petrographie und organische Geochemie eines Flözprofils aus dem Unterflöz der Oberpfälzer Braunkohle. *Documenta naturae* (55), 90-99.
- GREGOR, H.-J. (1977): Biostratonomie und Biostratigraphie der Schwandorfer Braunkohlen. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg* (24), 60-67.
- GREGOR, H.-J. (1978): Die miozänen Frucht- und Samenfloren des Oberpfälzer Braunkohlentertiär. *Palaeontographica*, Abt. B, 167:9-103.
- GREGOR, H.-J. und JUNG, W. (1977): Die paläobotanische Erforschung der Oberpfälzer Braunkohle. *Bayer. Braunkohlen-Bergbau* (102), 12S.
- HOLLERBACH, A. (1985): Grundlagen der organischen Geochemie. Springer-Verlag, 190 S.
- JUNG, W. (1972): Neue paläobotanische Untersuchungen in der Braunkohle der Oberpfalz. *Ber. Bayer. Bot. Gesell. München* (43), 97-108.
- JUNG, W. und KNOBLOCH, E. (1971): Die Braunkohle von Wackersdorf. *Bayer. Braunkohlen-Bergbau* (80), 1-11.
- JUNG, W., KNOBLOCH, E. und KVACEK, Z. (1971): Makrofloristische Untersuchung im Braunkohlentertiär der Oberpfalz. *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.* (11), 223-249.
- KLEIN-REESINK, J. (1984): Stoffbestand und Genese der Braunkohlen der Niederhessischen Senke mit vergleichenden Untersuchungen an Braunkohlen aus der Oberpfalz und Ost-Westfalen. Doktorarbeit Universität Göttingen, 133 S.
- KLEIN-REESINK, J. und RIEGEL, W. (1983): Kohlenpetrographische Aspekte der obermiozänen Braunkohlen von Viehhausen (Oberpfalz). *Weltener Akademie/Erwin Rutte-Festschrift*, 125-131.
- KNOBLOCH, E. und KVACEK, Z. (1977): Die miozäne Blätterflora von Wackersdorf bei Schwandorf. *Cour. Forsch. Inst. Senckenberg* (24), 72-76.
- PETERS, I. (1963): Die Flora der Oberpfälzer Braunkohle und ihre ökologische und stratigraphische Bedeutung. *Palaeontographica*, Abt. B, 112: 1-50.
- THIELE-PFEIFFER, H. (1980): Die miozäne Mikroflora aus dem Braunkohlentagebau Oder bei Wackersdorf/Oberpfalz. *Palaeontographica*, Abt. B, 174:95-224.
- TILLMANN, H. (1956): Zur Geologie des Oberpfälzer Tertiärs und seiner Lagerstätten. Festschrift „50 Jahre Bayerische Braunkohlen Industrie AG“. Schwandorf, 15 S.
- TILLMANN, H. (1964): Jungtertiäre Sedimente am Rand des Grundgebirges Ostbayerns. In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500000, S.195-213. Bayer. Geol.-Amt München.
- WOLF, M. (1981): Kohlenpetrographische Untersuchung, S. 6-8. In: Neues aus dem Oberpfälzer Braunkohlen-Tertiär: *Documenta naturae* (2), 39 S.

Anschrift der Verfasserin:

Frau Dr.rer.nat. Janet Dehmer, M.Sc.
Schillerstr. 32
71263 Weil der Stadt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: [1995](#)

Autor(en)/Author(s): Dehmer Janet

Artikel/Article: [Die Entstehung und Untersuchungsmethoden der Kohle mit besonderer Berücksichtigung der Oberpfälzer Braunkohlen- vorkommen 35-40](#)