

# Bantlı Demir Formasyonu

*Banded iron formation*

AHMET ÇAĞATAY

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara

ÖZİ Günümüzde dünya demir üretiminin %50 sinden fazlasını karşılayan "bantlı demir **formasyonu**" sınırlanmıştır. Jeokimya, metamorfizma, yaş, teknoloji ve kökenlerine kısaca değinilen "bantlı demir formasyonu" nun aifer yataklarla ilişkisi tartifilmiştir,

ABSTRACT: The bandet iron formations, which now provide 50 %of the Iron productton in the world are classified. The geochemistry, metamorphlsm, age«, technology and their **relationship** to other mineral deposits **discussed**,

## Özet

Bantlı demir formasyonu İngilizcede "Banded Iron Formation" kelimelerinin baş harflerinden alınan "B. I. F." veya "Demir Formasyonu" (Iron Formation) şekillerinde de adlanmaktadır (Helke, 1975), Bu tür demir yatakları kuvara (görm, Jaspis) ve demir minerallerinin ince tabakalar şeklinde ardışıklı sıralanması sonucu oluşmuş kimyasal ayrışma kökenli gök kayalardır. Demir mineralleri olarak hematit, manyetit, siderit, pirit ve Fe-silikat minerallerinden biri veya birkaçı birlikte olabilmektedir.

Bantlı demir formasyonu dünyanın yaşlı kalkanlarında geniş alanlarda ortaya çıkmakta ve günümüzde dünya demir üretiminin %50'nden fazlası bu tip yataklardan sağlanmaktadır. Her gün önemi biraz daha artan bu yataklar üzerinde öncelikle son geyrak yüzyılda pek çok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmında bulunan bilgilerden yararlanılarak hazırlanan bu çalışmada, demir yatakları içinde öncelikle büyük rezervleri bakımından önemli bir yeri olan bantlı demir yataklarının özelliklerine genelde kısaca değinilmektedir. Dünyanın değişik ülkelerinde izlenen bu tip yatak örneklerinin ayrıntılarına girilmemektedir.

Bantlı demir formasyonu değişik ülkelerde değişik şekillerde sınıflandırılmıştır, Amerika Birleşik Devletlerinde James (1964), Kanada da Gross (1965), Sovyetler Birliğinde Strakhev (1967) ve Semanenko (1973), Avustralya da Trendall (1968), Trendall ve Blookley (1970) sınıflamalar yapmışlardır. Bu çalışmada James (1954) ve Gross'un (1965) sınıflamalarına değinilecektir,

### James'in Sınıflaması

Sınıflamaların en iyisi olan bu sınıflamada, bantlı demir formasyonu dört ayrı fasiyeye ayrılmıştır.

1) Piritli fasiye! % 5-15 oranında serbest karbon %40'ı bulan oranlarda pirit ve yer yer siderit bantları içeren siyah şistlerden oluşmaktadır. Ekonomik bakımdan önemli görülmediğinden bu fasiyeye üzerinde fazla durulmayacaktır,

2) Karbonatlı fasiyeye: siderit, ankerit gibi demirce zengin karbonatlar kuvarslı ardışıklı sıralanması sonucu olunmuştur. Bu fasiyeyin en iyi örneği Kanada'da Shefferville (Quebec) kuvarslı-demir karbonatlı (S, O, I, P,) formasyonudur, Goodwin (1964) tarafından incelenen Kanada'nın Helen iron range (Batı-Ontario) yatağı bu fasiyeye verilebilecek diğer bir örnektir.

3) Silikattı fasiyeye: greenallit, minnesotait, grünerit, kummingtonit, hipersten, fayalit, stilpnomen, klorit gibi demirce zengin silikatlar ile siderit, kuvars, manyetit ve (veya) hematit içermektedirler, Amerika Birleşik Devletlerinin Mesabi Range (Minnesota) bantlı demir formasyonu silikattı fasiyeye verilebilecek en iyi örnektir. Jeolojik bakımdan stratigrafik bir tabaka oluşturan bu formasyon Blwabik-formasyonu olarak adlandırılmaktadır. Bu fasiyeyin "Takonit" gibi özel

petrografik bir adı da vardır (Gundersen ve Schwartz, 1962).

4) Oksidli Fasiyeye. Kısaca kuvara ve hematit veya kuvars ve manyetit bantlarının ardışıklı sıralanması sonucu oluşan cevherdir. Bantlı demir formasyonunun en önemli fasiyeyin oluşturduğu bu yataklar Freyberg (1932) ve Dorr (1973) tarafından "itabirli" olarak adlandırılmıştır. Alman literatüründe bantlı demir formasyonunun oksidli fasiyesi eskiden "demir-jaspit" "bantlı demir-jaspit", "manyetit kuvarsit", "hematit kuvarsit", "demirli mika şistler" gibi değişik şekillerde adlanmıştır (Schneiderhöhn, 1962), İsvetçe bu fasiyeye için "kuvars bantlı demir cevheri", Hindistan'da "bantlı hematit-kuvarsit" ve Güney-Afrika'da, "bantlı demir kayası" gibi adlar kullanılmaktadır.

### Gross'un Sınıflaması

Gross (1965 ve 1973) Kanada'nın bantlı demir formasyonları üzerinde yaptığı çalışmalarla, bunları "Algoma" ve "Superior" tiplerine ayırmış ve bu sınıflamanın diğer tüm bantlı demir formasyonları için de geçerli olabileceğini önermiştir,

1) Algoma tipi yatakları Gross'a göre ince çort veya kuvars ile ince demir-oksit-silikat-karbonat ve sülfid bantlarının ardışıklı sıralanması şeklinde izlenen bantlı cevher volkanik kayaç ve grovaklarla birlikte öjeosenklnallerde oluşmuşlardır. Bu tip yataklar birlikte buldukları volkaniklerle yakın ilişkide olup, volkanizmanın aktif olduğu sırada çökelerek oluşmuşlardır. Burada pirit içerikli siyah şistlerle (Sülfidli fasiyeye), oksidli fasiyeye genellikle yanyana bulunurlar. Bantlı demir formasyonunun kalınlığı birkaç santimetre ile 30-40 m arasında değişmekte, doğrultu boyunca uzanımı ancak birkaç kilometreyi bulan kısa mesafeler içinde izlenmektedir. En iyi örnekler: Kanada'nın Mosse Mountain ve Michipicoten (Algoma-Ontario) yataklarıdır. Jeolojik yaşları değifilebilmektedir.

2) Superior tipi yatakları ardışıklı sıralanan manyetit veya hematit-kuvarsitler şeklinde çok ince bantlı cevherlere yer yer James sınıflamasında silikattı fasiyeye diye adlandırılan kuvars içerikli demir silikatlar ile karbonatlı fasiyeye eşlik etmektedir. Bantlı demir formasyonu ile birlikte kuvarsit dolomit, demir içerikli siyah renkli sleytler killi çökel kayalarla volkanik kayalar bulunmaktadır, Klastik mineraller içermeyen veya bu mineraller bakımından çok fakir olan ince bantlı bu demir yatakları, Gross'a (1973) göre sığ denizlerde çökelerek oluşmuşlardır, Superior tipi yataklar birkaç 100 m kalınlıkta ve doğrultuları boyunca yüzlerce kilometre uzunlukta olabilmektedir, Bu tip yataklar aynı zamanda zengin lateritlik yatakların ana kayaçlarıdır. Prekambriyen yaşlı kayaçlar içinde bulunmaktadırlar,

### JEOKİMYASI VE DİĞER YATAKLARLA İLİŞKİLERİ

Bantlı demir formasyonunun ana bileşenleri Fe ve SiO<sub>2</sub> dir, itabiritler genellikle çok az oranlarda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, KO<sub>2</sub> ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Barbour, 1973 ve 1975) içermektedirler. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı yüksek itabiritler de bulunmaktadır (Trendall, 1965; Miller, 1970), Bazı yataklarda demir yanında az oranda izlenen Mn, bazılarında artarak Mn-İtabiritle ilgili gösterirler, A.B.D. Ouyan Range (Minnesota) yöresi yatakları çok az Mn; Güney Afri-

ka'nın Kalahari; Brezilya'nın Morro da Ureum'dan (Mato-Grosso) - Bolivya'nın Mutun yöresine kadar uzanan yataklarda çok fazla Mn bulunmaktadır, Barbosa ve Grossi (1970) bu sonuncu kuşaktaki yatakları "Mn itabiritletler olarak adlandırmışlardır. Ayrıca itabiritletlerde yer yer organik bileşiklere de rastlanmaktadır (Flebigger, 1975). Stanton (1972) Avustralya'nın New South Wales te bulunan Prekambriyen yaşlı tabakaya bağlı Broken Hill sulfid yatağı çevresinde yaptığı çalışmalarla. Broken Hill yatafma bantlı demir formasyonunun eşlik ettiğini görmüş ve bu İki oluşumun, yani bantlı demir formasyonları ile sulfidli yatakların kökensel ilişkisi olabileceğine delinmiştir, Bantlı demir formasyonlarının bazılarında gök eser de olsa nabit altm bulunmaktadır (Sawkins ve Rye, 1974), Altın yer yer ekonomik bakımdan işletilebilir oranlara erişmektedir, A.B.D. nin en büyük altm yatağı Homestake mine (Black-Hill-South Dakota) böyle bir bantlı demir formasyonudur. Homestake mine tipi altm yataklarının altm içerikleri Sawkins ve Rye (1974)'e göre bantlı demir formasyonunun karbonatlı faalitesi içinde eşzamanlı (sinjenetik) oluşmuştur,

#### MHTÂMOBFTZMA VE YAŞLAKI

Bantlı demir formasyonunu oluşturan hemen tüm yataklar değişik derecelerde bölgesel metamorfizmaya uğramışlardır (French, 1973; Klein Jr., 1973; 1974; Appel, 1974),

Bantlı demir formasyonlarının soku Prekambriyen yaşlıdır. Bu formasyon üzerinde yapılan radyometrik yaş tayinleri 1900 ile 2500 milyon yıl arasında def işen yaşlar vermektedirler (Cloud, 1973; Goldle, 1973; Geotiraeş, 1974). Ayrıca daha geng yağlı bantlı demir yataklar da bulunmaktadır (Rourke, 1961; Boyle-Bavis, 1973; Kalugin, 1973).

Bantlı demir formasyonlarında İki tür cevher işletilmektedir. Bunlardan biri birincil cevher, diğeri birincil cevherin lateritik ayrışma sonucu zenginlettiği kesimlerdir. Taze itabiritletler Hanada'nın Newfoundland (Labrador City), Norveç'in Sovyetler Birliği sınırına yakın kesiminde bulunan Sydvaranger, bir süre ifletildikten sonra bugün terkedilen İsveç'in iş kesimindeki Stripa ve A.B.D.'nin Mesabi-Range (Minnesota) yatağıdır, Mesabi-Range'te öncelikle demir formasyonu ile Duluth gabrosu dokanağında gelişen kontaktmetamorfizma ürünü zengin manyetit cevherleri 1930 yılından beri işletilmektedirler.

Brezilya'nın Minas-Gerais itabiritlet yataklarında olduğu gibi bazı yataklarda yer yer sinjenetik kökenli zengin cevher kesimleri bulunmaktadır. Böyle kesimlerde cevher çok az veya hemen hiç kuvars bantı içermekte, yalnız monomineral hematit ve manyetitten oluşmaktadır (Dorr, 196B). Ayrıca itabiritlet yataklarında bazı kesimlerin hidrotermal-metazomatik seklide sonradan zenginlettiği görülür, Hidrotermal eriyiklerin etkisinde kalan İtabiritlet kesimlerinde kuvars hareketlenerek sahadan uzaklaşmakta, buna karşın demir içerikli sıcak eriyikler epijenetik kökenli hematit zenginleşmesi sağlamaktadır. Bu tür epijenetüt cevher

zenginleşmeleri A.B.İ>'nin Vermilion-RaBifteM Sudan mine (Minnesota) ve Sovyetler Birliğinin Krivoi Bog (Ukraine) yataklarında izlenmektedir.

Bantlı demir formasyonunun işletilen yataklarında belirli bir Fe tenörü yanında metamorfizma vs epljenetik zenginletme sonucu demir mineralleri tanelerinin irileşmesi cevher zenginleştilme için çok önemlidir. Cevher zenginleştirme sonucu kuvars atılmakta elde edilen konsantre peletlenerek yüksek fırına verilmekte, dir. Yüksek fırında ergimeyi kolaylaştıran katkı bileşikler peletlere önceden katılmakta, sonradan yüksek fırına pelet ve kok dıgında herhangi bir katkı maddesi verilmemektedir.

Bugün birgok İtabiritlet yatağında lateritik zenginleşme ile oluşan zengin lateritik cevher zonlan İşletilmektedir. Thlenhaus (1968) bu tür cevherleri üç zona ayırmaktadır. Bunlardan birinci ve ikinci zoniann cevheri (direct shipping ore) doğrudan yüksek fırına verilmektedir, Üçüncü zonun cevheri işletme yakınında yıkama yoluyla zenginleştirildikten sonra kullanılmaktadır, Zenginleştirilmeden doğrudan izabeye verilen lateritik cevherler; Kanada'nın Schefferville (Quebec), Venezuela'na Cerro Balivar, Siera-Leonenin Marampa, Lberya'nın Bami Hillo ve Hindistan'ın iç kesimlerinde işletilmektedir, İkinci dünya savap sonlarına kadar Hesabi Range yatağında yalnız lateritik cevherler işletilmiş, bu cevherlerin azalması ve yer yer tükenmesi sonucu bunlar yanında taze takonitlerde işletilmeye başlanmıştır. İşletilen bu tür itabiritletlerin ekonomik olabilmesi için, cevherin manyetik seperatörle kolay zenginleten demir minerali manyetit iğerosesi gerekmektedir.

Ayrıca yerli itabiritlet cevherler çevresinde bazen ya mag molozları şeklinde cevher oluşumları görülür. Yer yer ekonomik olabilen bu tip elluviyal plaserler Brezilya'da "eanga", ügilizcede "scree ore" olarak adlandırılırlar (Gary ve diğ., 1873),

#### KÖKENLERİ

Bantlı demir formasyonu yer yüzünün çoğunlukla Prekambriyen yaşlı kalkanları içinde büyük yataklar oluşturmamakta" yer yer gesirdikleri metamorfizma ve tektonizrtia ile sucugumsu, merceğimai ve ekaylı yapı kazanmışlardır. Buna karşın stratigrafik seviye oluşturma özelliklerini yitirmediklerinden, bunların dünya çapında incelenmeleri kolaylapmaktadır. Bu incelemelerde daha genç demir yataklarının bantlı demir formasyonu ile ilişkileri, yani bunlardan türeyebilecekleri (Varisleri oldukları) üzerinde durulmuştur. Büyük bantlı demir formasyonlarının kıtalara göre incelenmeleri, tanımlanmaları ve karşılaştımlımlan faydalı olmuştur (Walter ve Zitzmann, 1973).

Bantlı demir formasyonunun köseni üzerinde yapılan tartışmalar bugün tam açıklıfa kavuşmamıştır. Demir mineralleri ve kuvars bantlarının ardışıklı sıralanması şeklindeki bir çökeltmenin yer yüzünde çok geniş alanlarda ve kalınlıkta öncelikle Prekambriyen yaşlı kalkanlarda oluşabilmesinin açıklanması gerçekten oldukça güç olmasına karşın, bunların oluşumu üzerinde şu yorumlar yapılabilir.

1) Yerbilimlerinin değişik disiplinlerde yapılan çok sayıda çalışmanın değerlendirilmesi sonucu bantlı

dtmir formasyonunun ancak tabakaya bağlı kimyasal çökeller olabilecekları görülür (Sakomota, 1960; Govett, 1066; Rutten, 1971),

2) Daha yaşlı ve daha genç yaşlı bantlı demir formasyonu örnekleri yanında, bunların pek çoğu 2600 ve 1800 milyon yıllar arasında oluşmuşlardır (Hough, 1958; Lepp ve Goldich, 1964).

3) Bantlı demir formasyonları, yer yuvarm oluşum süreci içinde belirli atmosfer, hidrosfer ve biyosfer koşullarında oluşmuşlardır (La Berge, 1978; 1975),

4) Bantlı demir formasyonunun kökenle ilişkili sorunlarını çözmede, diğer disiplinler yanında izotop-jeokimyası ve paleontolojiden yararlanmak gerekmektedir (Rutten, 1971; Becker ve Clayton, 1972; Löugheed ve Mancuso, 1973; Appel, 1974).

5) Güncelliğini koruyan jeolojik görüş ve kurumlar İle jeolojik- mineralojik gözlem ve incelemeler, tek başlarına bantlı demir formasyonlarının kökenle ilişkili sorunları çözmede yeterli değildırler (James, 1969; Ferguson ve diğ., 1974).

#### DEĞİNİLEN BELGELER

Appel, P. U., 1974, On an unmetamorphosed iron-formation in the early Precambrian of South-West Greenland, -*Mineralium Deposita* vol. 9., pp 75-82, Berlin-Heidelberg-New York.

Barbour, A. P., 1978, Distribution of phosphorus in the iron ore deposits of Itabira, Minas Gérais, Brazil. -*Econ. Geol.*, vol. 68, pp. 52-64.

Barbour, A. P., 1975, Carbonate-apatite in Precambrian cherty iron formation. Barağa County, Michigan, , *Econ. Geol.*, vol. 70, pp. 583-586,

Becker, R. H. ve Clayton, R. N., 1972 Carbon isotopic evidence for the origin of a banded iron-formation in Western Australia. -*Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 36, pp. 677-595.

Boyle, R. W. ve Davis, J. L., 1973, *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 37, p. 1389.

Cloud, P., 1973, *Boon, Geol.*, vol. 68, p. 967 ve p. 1138

Dorr, J. Van N., 1965, II, Nature and origin of the high-grade hematite ores of Minas Gérais, Brazil. -*Econ. Geol.*, vol. 60, pp. 1-46

Dorr, J. Van N., 1973 ve de Barböea, A. L. M., 1973, Geology and ore deposits of the Itabira district, Minas Gérais, Brazil. - U. S. Geol. Survey Prof. Paper 34-C, Washington, D.C.

Ferguson ve diğ., 1974, Iron sulphide formation In an exhalative-sedimentary environment, Tala-sea, New Britain, P. N. G.-*Mineralium Deposita*, vol. 9, pp. 33-47. Berlin Heidelberg-New York,

Fiebiger, W., 1975, Organische Substanzen in prae-kambrischen Itabmten und deren Nebengesteinen. -*Geol. Rundsch.*, Band 64, tl,

French, B. M., 1973, Mineral assemblages in diagenetic and low-grade metamorphic Iron-Formation. -*Econ. Geol.*, vol 68, pp 1063-1074

Freyberg, B. von., 1932, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Sonderband II, S. 39-60 Stuttgart.

Gary. M ve älter., 1973, Editors, Glossary of Geology. -American Geological Institute, Washington, D. C. second printing.

Geotlmes, 1974, Washington D. C. January p. 18  
Goldich, S. S. 1973, Ages of Precambrian banded Iron-formations. -*Econ. Geol.* vol. 88, pp. 1126-1134

Goodwin, A. M., 1964, Geochemical studies at the Helen Iron range, -*Econ. Geol.*, vol. 59, pp. 684-718

Govett, G. J. S., 1960, Origin of banded iron formations. -*Geol. Soc. American Bull.* 77, pp. 191-1212

Gross, G. A., 1965, Geology of iron deposits of Canada-Canada Geol. Survey, Econ. Geol. Series, Rept, 22, Ottawa

Gross, O. A., 1973, The depositional environment of principal types of precambrian iron-formations. -in "Genesis of Precambrian iron and manganese deposits. -Proceeding of the Kiev Symposium, 1970, 7, Place de Fontenoy Paris, pp 15-21

Grossi, J. H ve Barbosa, A. D. M., 1970, Tectonic control of sedimentation and trace element distribution in iron ores of central Minas Gérais, Brazil. -Genesis of Precambrian iron and manganese deposits. . Proceedings of the Kiev Symposium, UNESCO, 7, Place de Fontenoy, Paris, pp. 128-131.

Gundersen, J. N ve Schwartz, G. M., 1962, The geology of the metamorphosed Biwabik Iron formation, Eastern Mesabi district, Minnesota, -*Minn. Geol. Survey Bull.* 48

Helke, A., 1975, Maden yatakları I ders notları, yayınlanmamış Malnz-Üni, Batı-Almanya 8. 152-164

Hough, J. L., 1958, Freeh-Water environment of deposition of Precambrian banded iron formations. -*Journ. Sediment. Petrology*, 28, pp. 414-430

James, H. L., 1954, Sedimentary facies of iron-formation. -*Econ. Geol.*, vol 49, pp. 238-293.

James, H. L., 1969, Comparison between Red sea deposits and older ironstone and iron-formation. - In: E. T. Degens ve D. A. Ross editors, Hot brines and recent heavy metal deposits in the Red Sea. -pp. 525-582, New York

Kalugta, A. S., 1973, Geology and genesis of the Devonian banded, iron-formation in Altai, western Siberia, and eastern Kazakhstan. - Genesis of Precambrian iron and manganese deposits. -Proceedings of the Kiev Symposium, UNESCO, 7, Place de Fontenay, Paris, pp. 159-185

Klein, C. Jr., 1973, Changes in mineral assemblages with metamorphism of some Precambrian Iron Formations. -*Econ. Geol.*, Vol.68, pp. 1075-1088

Klein, C. Jr, 1974, Greenalite, stilpnomelan, minnesotaite, kankroidite and carbonates in a very low-grade metamorphic Precambrian Iron-Formation. -*Ore Geology Reviews*, Vol. 12, pp. 475-498

- La Berge, G. L., 1978, Possible biological origin of Precambrian Iron-Formations.-Econ. Geol., Vol. 68, pp. 1098-1100.
- La Berge, O. L., 1975, Econ. Geol., Vol. 70, pp. 583-586
- Lepp, H. ve Goldich, S.S., 1964, Origin of Precambrian iron formations.-Econ. Geol., Vol. 59, pp. 1025 - 1060
- Loughetd, M.S. ve Mancuso, J.J., 1973, Hematite framboids in the Negaunee Iron Formation, Michigan: evidence for their biogenic origin.-Econ. Geol., vol. 68, pp. 202-209
- Miller, J. R., 1970, Impurities in iron ore.-Survey of world iron ore resources.-United Nations, New York, pp. 85-88
- Rourke, J. H. O., 1961, Paleozoic banded iron-formation, -Econ. Geol., Vol. 58, pp. 331-381
- Butten, M. G., 1971, The origin of life by natural causes.-Elsevier, Amsterdam, pp. 274-291
- Sawkins, F. J. ve Rye, D. M., 1974, Relationship of Hemetake-type gold deposits to iron-rich Precambrian sedimentary rocks. •Transactions Institution of Mining and Metallurgy, Section B (Applied earth science), London, pp. B 56-B 59
- Semenenko, N. P., 1973, The iron-chert formations of the Ukrainian shield. - Proceedings Kiev Sympo, slum, UNESCO, Paris, pp. 115-142.
- Schneiderhöhn, H., 1962, Erzlagerstätten, Kurzvorlesungen zur Einführung und Wiederholung, Gustav Fischer Verlag. Stuttgart
- Sakomoto, T., 1950, The origin of the Precambrian banded iron ores.-American Journ., of Sol., vol. 248, No. 7.
- Stanton, R. L., 1972, Preliminary account of chemical relationship between sulfide lade and "banded iron formation" at Broken Hill, N. S. W. - Econ. Geol., vol. 67, pp. 1128-1145
- Strakhov, N. M., 1967, Principles of the theory of lithogenesis.-New York, Consultants Bureau ve H. A. Alexandroff, Econ. Geol., vol. 88, pp. 1055 ff.
- Thienhaus, R., 1963, Neue Eisen-und Mangan erzvorkommen in West-und Zentralafrika-Stahl und Eisen, Düsseldorf, Bd. 83. S. 1081-1098
- Trendall, A. F., 1968, Three great basins of Precambrian banded iron-formation deposition: A systematic comparison.-Geol. Soc. America Bull., Vol. 79. pp. 1527-1544
- Trendall, A. F. ve Blockley, J. G., 1970, The iron formation of the Precambrian Hamersley group, Western Australia.-West. Austral. Geol. Survey Bull. 119. p. 366
- Walter, H. W. ve Zitzman, A., 1973, Die Lagerstätten des Eisens in Europa.-Zeitsh., deutsch, geolog. Ges., Band 124, S. 61-72, Hannover.

