

H. Jödicke

"Zur Deutung magnetotellurisch nachgewiesener guter Leiter im tieferen Untergrund Nordwestdeutschlands"

Das wesentliche Ergebnis magnetotellurischer Untersuchungen im Münsterland ist der gesicherte Nachweis eines guten Leiters im Tiefenbereich zwischen 5 und 8 km mit einer integrierten Leitfähigkeit zwischen 1000 und 2000 S (vgl. Büchter, 1984; Bejarano-Gerke und Jödicke, 1984). Es liegt nahe, diesen guten Leiter in engerem Zusammenhang mit dem guten Leiter zu sehen, der überall im tieferen Untergrund des Norddeutschen Flachlandes gefunden worden ist, dort nach Norden gleichsinnig mit der zunehmenden Sedimentmächtigkeit in größere Tiefe abtaucht und eine integrierte Leitfähigkeit bis zu 5000 S erreicht (Losecke et al., 1979; Jödicke, 1980).

Im Münsterland ergibt sich wegen der Nähe der MT-Messungen zu den Tiefbohrungen Münsterland 1 und Versmold 1 (vgl. Büchter, 1984) die Möglichkeit einer stratigraphischen Einstufung für den guten Leiter. Von Bedeutung hierbei ist ein extrem gutleitender Horizont in ca. 5 km Tiefe, der vom Laterolog der Bohrungen erfaßt wurde und den "Hangenden Alaunschiefern" im tiefsten Oberkarbon und dem Unterkarbon zuzuordnen ist. Seine Mächtigkeit beträgt zwischen 60 und 100 m. Messungen des spezifischen Widerstandes an Bohrkernen aus den "Hangenden Alaunschiefern" der Bohrung Münsterland 1 ergaben für getrocknete wie für wassergesättigte Proben Werte zwischen 0,2 und 0,3 Ωm . Zwischen 10 Hz und 1 MHz war keine wesentliche Frequenzabhängigkeit des spezifischen Widerstandes zu erkennen. Es darf deshalb hier bereits vermutet werden, daß die hohe Leitfähigkeit dieser Proben vorwiegend auf Elektronenleitung beruht.

Solche gutleitenden Gesteinsschichten sollten sich natürlich auch dort, wo sie an der Erdoberfläche austreichen, durch auffällige Anomalien der elektrischen Leitfähigkeit bemerkbar machen. In der Tat konnten markante Anomalien durch Hubschrauber-Elektromagnetik im Gebiet Warstein - Brilon am Nordostrand des Rheinischen Schiefergebirges immer gerade dort nachgewiesen werden, wo das Unterkarbon zutage tritt oder in geringer Tiefe ansteht (Sengpiel, 1983). Derartige Bereiche zeichnen sich zugleich durch das Auftreten von starken Eigenpotential-Anomalien aus (Reitmayr, 1977). Eigene Untersuchungen nördlich des Warsteiner Sattels konnten diesen Zusammenhang sehr gut bestätigen. Eigenpotentialmessungen ergaben Werte

bis zu -700 mV und lassen die Existenz von 2 - 3 einzelnen, jeweils offenbar geringmächtigen gutleitenden Schichten erkennen. Eine dieser Schichten konnte bisher auch mit der Schlumberger-Geoelektrik erfaßt werden (die Untersuchungen sind hier noch nicht abgeschlossen). Ihr spezifischer Widerstand beträgt 0,5 Ω m bei einer Mächtigkeit von 6,5 m. Slingram - Messungen bestätigten die Ergebnisse des Eigenpotentialverfahrens bis in kleinste Einzelheiten im Verlauf der Anomalien.

Das Auftreten von Eigenpotentialanomalien hat besondere Bedeutung für den Versuch, die hohe integrierte Leitfähigkeit des guten Leiters der Magnetotellurik im tieferen Untergrund Nordwestdeutschlands zu erklären. Nach Sato and Mooney (1960) treten solche Anomalien nämlich dann auf, wenn ein schrägeinfallender extrem guter Leiter, d.h. im allgemeinen ein Elektronenleiter, als "Brücke" für einen Elektronenaustausch zwischen Bereichen mit unterschiedlichem Redox - Potential dient (üblicherweise kann oberflächennah mit Oxidationsvorgängen, unterhalb des Grundwasserspiegels mit Reduktionsvorgängen gerechnet werden). Der Elektronenleiter selbst braucht an den elektrochemischen Vorgängen gar nicht unmittelbar beteiligt zu sein, bestimmt aber nach Sato and Mooney (1960) die maximale Größe des zu beobachtenden Eigenpotentials. Wegen der Größe der Anomalien kommen im Warsteiner Gebiet demnach praktisch nur Pyrit oder Anthrazit/Graphit als Ursache in Frage. Anschliffe und Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop bestätigen diese Schlussfolgerung: In den Schwarzschiefern des Unterkarbons tritt synsedimentär gebildeter Pyrit in Form von sog. Framboiden, lagenweise angereichert in großen Mengen auf, Zwischenräume werden immer wieder von hochinkohlter organischer Substanz überbrückt, so daß augenscheinlich durchgehende elektrische Leiterbahnen vorhanden sind.

Die organische Substanz in den unterkarbonischen Schwarzschiefern hat im Bereich der Bohrung Münsterland 1 und im Warsteiner Raum das Stadium von Metaanthrazit erreicht (Teichmüller et al., 1979). Untersuchungen an Kohlen haben gezeigt, daß bereits Anthrazit mit einem spezifischen Widerstand bis zu 0,001 Ω m (Parkhomenko, 1967) sehr gut leitend sein kann. Um hohe Leitfähigkeiten zu erklären, ist also keineswegs immer die Existenz von "echtem" Graphit erforderlich. Ein Rückschluß auf die Gesamtleitfähigkeit eines

Gesteins, das feinverteilte hochinkohlte Substanz enthält, ist aber nicht generell möglich, sondern hängt im wesentlichen von der Art der Verteilung der gutleitenden Substanz ab. Es kann aber angenommen werden, daß bei höherer Inkohlung des gleichen Gesteins aufgrund größerer Versenkungstiefe oder höherer thermischer Beanspruchung auch die Gesamtleitfähigkeit zunimmt, womit die teilweise höhere integrierte Leitfähigkeit des guten Leiters im Untergrund Norddeutschlands von der Tendenz her zu erklären wäre.

Grundsätzlich fraglich ist jedoch, wegen nicht ausreichenden Kernmaterials, wie hoch der Anteil des Unterkarbons an der integrierten Leitfähigkeit des guten Leiters ist, bzw. ob allein das Unterkarbon den guten Leiter bereits erklären könnte. Nach Ziegler (1982) ist zu erwarten, daß die im zentralen Münsterland gutleitende "Kulm"-Fazies des Unterkarbons nach Norden in die schlechtleitende "Kohlenkalk"-Fazies übergeht. Ein solcher Wechsel liegt auch im westlichen Münsterland vor (vgl. Bejarano-Gerke und Jödicke, 1984). Während dort zugleich der gute Leiter aufhört zu existieren, ist der gute Leiter in Norddeutschland bis zur Nordseeküste nachweisbar. Wegen der großen Sedimentmächtigkeit ist jedoch eine Angabe, wo sich der Fazieswechsel vollzieht, kaum möglich. Ungeachtet dieser "offenen Fragen" ist aber anzunehmen, daß Schichten mit einem ähnlichen Leitungsmechanismus wie im Unterkarbon in größerer Tiefe, die von Bohrungen bisher nicht erfaßt worden sind, zur integrierten Leitfähigkeit des guten Leiters im Münsterland beitragen und in Norddeutschland möglicherweise allein Ursache des guten Leiters sind. Diese Schichten müssen älter sein als Mitteldevon, da sowohl in der Bohrung Münsterland 1 als auch in der Bohrung Versmold 1 hochohmiges Mitteldevon noch erbohrt worden ist. In Frage kommen vor allem Schichten des Kambro-Ordoviziums (vgl. Jödicke et al., 1982).

Diese Annahme stützt sich vor allem auf die Überlegung, daß ein mittlerer spezifischer Widerstand $< 0,05 \Omega\text{m}$ für die gesamte Schichtenfolge des Unterkarbons, der erforderlich wäre, um die hohe integrierte Leitfähigkeit zu erklären, wohl unrealistisch ist. Auch zeigen die Modelle der Magnetotellurik, daß der "Schwerpunkt" des guten Leiters im Münsterland im allgemeinen in größerer Tiefe liegt als das Unterkarbon (vgl. Büchter, 1984; Bejarano-Gerke und Jödicke, 1984). Der Nachweis schließlich von kohlenstoffreichen,

extrem gutleitenden Schwarzschiefern im Grenzbereich Kambrium und Ordovizium an der Südostflanke des Hohen Venns (Jödicke, in Vorb.), d.h. in einem Gebiet der Nordeifel, in dem diese Schichten großräumig aufgeschlossen sind, zeigt, daß in nicht zu großer Entfernung von Nordwestdeutschland im Altpaläozoikum gute Leiter tatsächlich auftreten. An der Erdoberfläche machen sie sich - das macht die Analogie zu den Schichten des Unterkarbons deutlich - durch starke Eigenpotentialanomalien bemerkbar.

Literatur

- Bejarano-Gerke, G. und Jödicke, H. (1984): Magnetotellurik im Münsterland und am Niederrhein. - S.93 - 102. in diesem Band.
- Büchter, Chr. (1984): Vergleichende Untersuchung magnetotellurischer und elektrischer Bohrlochmessungen an der Tiefbohrung Münsterland 1. S. 79 - 92. in diesem Band.
- Jödicke, H. (1980): Magnetotellurik Norddeutschland - Versuch einer Interpretation. - In: V. Haak und J. Homilius (Hrsg.): Protokoll über das Kolloquium "Elektromagnetische Tiefenforschung" in Berlin-Lichtenrade vom 1.-3. April 1980: 271-288; Berlin und Hannover.
- Jödicke, H., Keil, M., Blohm, E.-K. und Wagenitz, V. (1982): Magnetotellurische und geoelektrische Untersuchungen im Gebiet der magnetischen Anomalie von Soest-Erwitte und ihre Bedeutung für die stratigraphische Einstufung des prädevonischen Konduktors im Untergrund Nordwestdeutschlands. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 30: 363-403; Krefeld.
- Losecke, W., Knödel, K., and Müller, W. (1979): The conductivity distribution in the North German sedimentary basin derived from widely spaced areal magnetotelluric measurements. - Geophys. J.R. astr. Soc., 58: 169-179; Oxford.
- Parkhomenko, E.I. (1967): Electrical Properties of Rocks. - Plenum Press, New York.
- Reitmayer, G. (1977): Bericht über geophysikalische Messungen im Projekt "Rhenohercynikum". - Archiv BGR, Hannover.
- Sato, M. and Mooney, H.M. (1960): The electrochemical mechanism of sulfide self-potentials. - Geophysics, 25, No. 1: 226-249.
- Sengpiel, K.-P. (1983): Resistivity/depth mapping with airborne electromagnetic survey data. - Geophysics, 48: 181-196.
- Teichmüller, M., Teichmüller, R. und Weber, K. (1979): Inkohlung und Illit-Kristallinität - Vergleichende Untersuchungen im Mesozoikum und Paläozoikum von Westfalen. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 27: 201-276; Krefeld.
- Ziegler, P.A. (1982): Geological Atlas of Western and Central Europe. - Shell Internationale Petroleum Maatschappij B.V.