

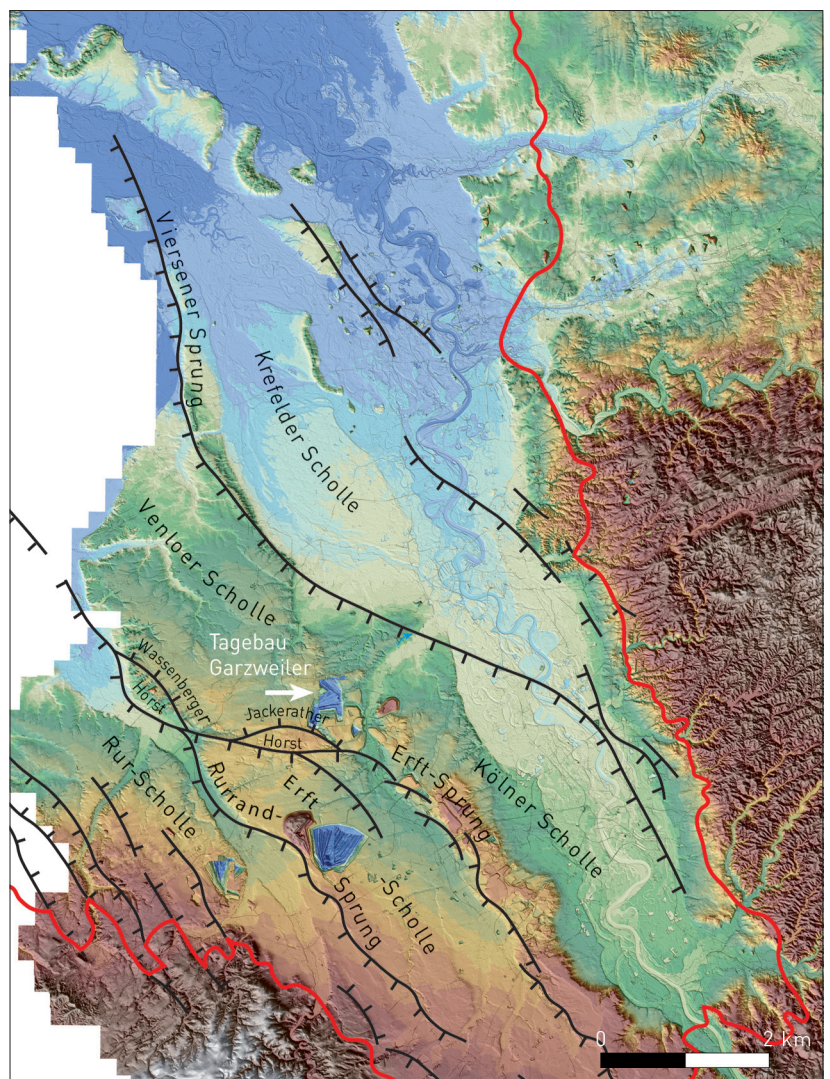
Sand-Injektionen in der Braunkohle der Niederrheinischen Bucht

Linda Prinz, Tom McCann und Peter Lokay

Die Niederrheinische Bucht ist Teil eines tektonischen Grabensystems (Abb. 1), das sich von den Alpen über den Oberrheingraben und das Niederrheinische Tiefland bis in die Nordsee erstreckt. Bereits seit dem Oligozän, vor 35 Mio. Jahren, senkte sich der Untergrund der Niederrheinischen Bucht durch die Dehnung der Erdkruste ab, sodass die Paläo-Nordsee wiederholt von Norden aus eindringen und sich z. T. bis nach Bonn ausbreiten konnte. Zahlreiche marine Sandhorizonte im Untergrund der Niederrheinischen Bucht zeugen von diesen wiederholten Meeresvorstößen. Zeitweise zog sich das Meer zurück, sodass im zentralen Bereich der Niederrheinischen Bucht ausgedehnte Torfmoore entstehen konnten. Die kontinuierliche Absenkung des Untergrundes sowie subtropische Klimabedingungen führten dazu, dass sich im Miozän bis zu 300 m mächtige Torfablagerungen entwickeln konnten, die heute die bis zu 100 m mächtigen Braunkohlenlagerstätten bilden.

Nach dem endgültigen Rückzug der Paläo-Nordsee vor ca. 12 Mio. Jahren formten zahlreiche große und kleine Flusssysteme den Ablagerungsraum um. Durch den Aufstieg des angrenzenden Rheinischen Schiefergebirges und eine zunehmende Abkühlung des Klimas wurden mächtige Sand- und Kiesschichten in der Niederrheinischen Bucht abgelagert und die älteren, marinen und paralischen – in Meeresnähe liegenden – Sedimente überdeckt.

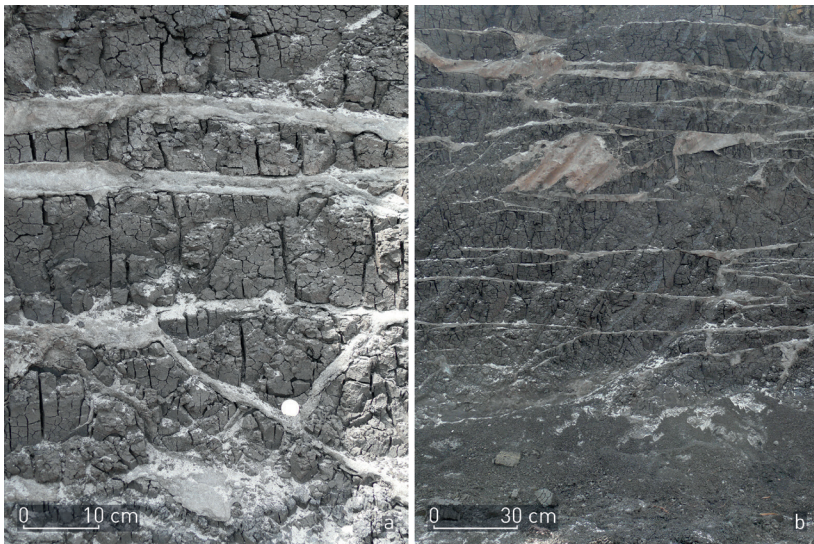
Die mächtigen marinen und fluviatilen Sandvorkommen in der Niederrheinischen Bucht sind ausführlich dokumentiert und erforscht. In den letzten Jahren traten im Tagebau Garzweiler im ca. 12 m mächtigen Braunkohlenflöz Frimmersdorf jedoch Sand-Einschaltungen auf (Abb. 2), deren Entstehung sich weder durch die Ablagerungsprozesse in Flüssen noch in Küstengewässern erklären lassen. Sie sind in Bezug auf ihre Morphologie, ihre Position innerhalb des Flözes und ihre Verteilung im Tagebau Garzweiler extrem variabel, treten im gesamten Flöz auf und sind häufig direkt mit dem liegenden, marinen Frimmersdorfer Sand (Abb. 1–2) verbunden. Die Sand-Einschaltungen bilden Lagen oder längliche Linsen sowie komplett unregelmäßig geformte oder netzartige Strukturen. Einzelne Lagen können sich verzweigen und auch wieder zusammenlaufen, an ihren lateralen Enden ausdünnen



und langsam auslaufen oder abrupt enden. Außerdem kommen signifikante und plötzliche Mächtigkeitsschwankungen und markante Änderungen in der Höhenlage vor.

Neben konkordanten (schichtparallelen) Lagen oder Linsen (Sills) kommen in der Kohle auch diskordante, vertikale Sand-Einschaltungen (Dykes) vor. Die Orientierung von 29 Sills und 61 Dykes wurde mithilfe eines geologischen Kompasses eingemessen und mit der Ausrichtung der Klüfte innerhalb der Braunkohle, der vorhandenen Störungen und dem Schichteinfallen verglichen. Einige der

1 Geologische Struktur in der Niederrheinischen Bucht (rote Linie) mit der Lage des Arbeitsgebietes (Tagebau Garzweiler).



2 Jüchen, Tagebau Garzweiler. Sand-Injektionen im Flöz Frimmersdorf.

Sand-Einschaltungen werden an Störungen und Staffelbrüchen versetzt. Die Versatzbeträge erreichen bis zu 20 cm.

Viele der oben aufgezählten Klassifizierungsmerkmale sind ein Beleg dafür, dass die Sand-Einschaltungen erst nach der Ablagerung (und Kompaktion) des Torfs entstanden sein können. Zahlreiche Geländebeobachtungen haben gezeigt, dass die Sande häufig von unten nach oben aus dem liegenden Frimmersdorfer Sand in das hangende Flöz Frimmersdorf hineinreichen (Abb. 2). Vergleichbare Sand-Einschaltungen treten weltweit auf und werden als Sand-Injektionen (sand injectites) bezeichnet.

Für die Entstehung solcher Sand-Injektionen im Flöz Frimmersdorf mussten verschiedene Faktoren und Prozesse zusammenlaufen (Abb. 3):

Die bei der Torfbildung anfallenden, kompaktierten Pflanzenreste bildeten eine wasserundurchlässige Schicht auf den marinen Feinsanden des Frimmersdorfer Sandes. Somit versiegelten die Torfschichten den darunterliegenden Horizont und das in den Porenräumen des Sandes vorhandene Wasser konnte nicht – dem natürlichen hydraulischen Gradienten entsprechend – nach oben entweichen. Durch zunehmende Versenkung der Sand- und Torfschichten und die steigende Auflast durch jüngere Ablagerungen baute sich so mit der Zeit unter dem Torf ein immer stärker werdender, nach oben gerichteter Wasserdruck auf.

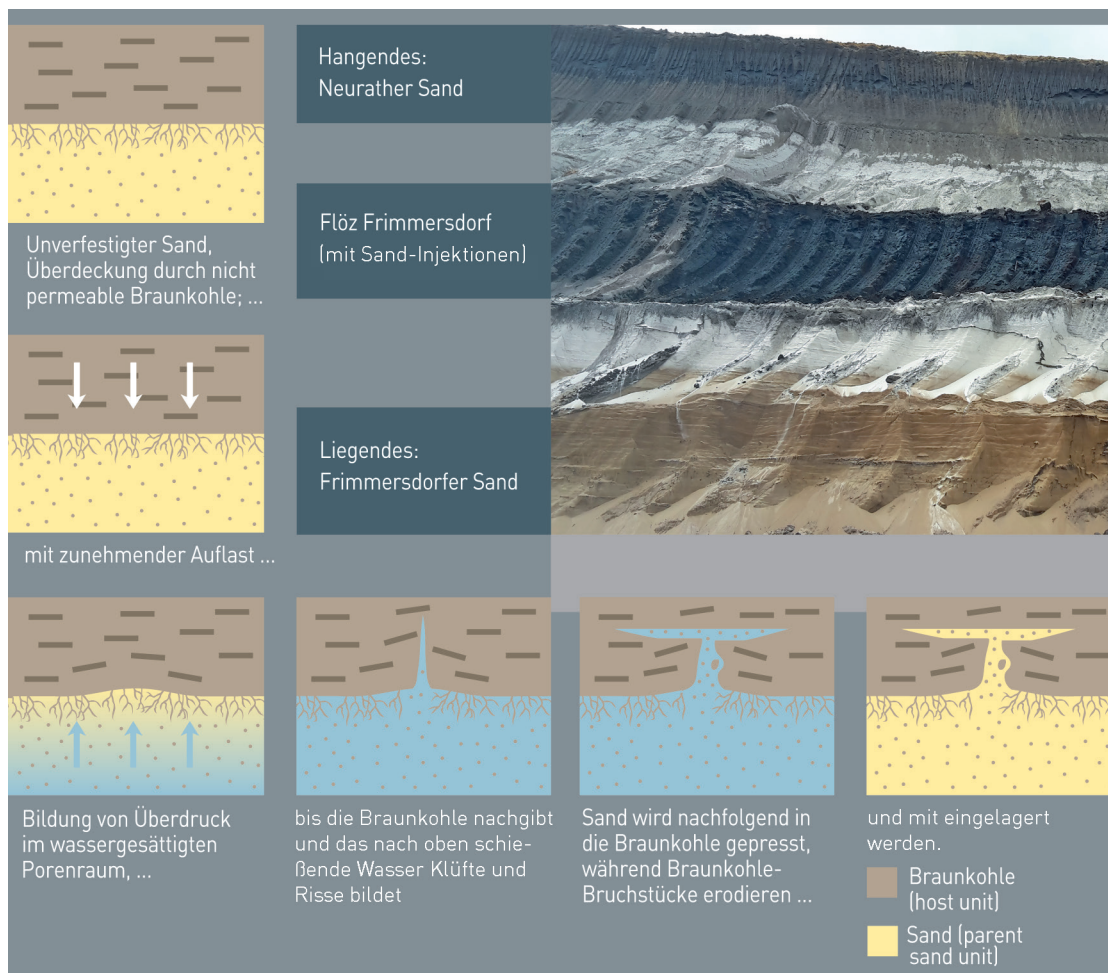
Wurde der Druck im Porenraum der Sande in einem Bereich schließlich zu groß, konnten die versiegelnden Torfschichten nicht mehr standhalten und brachen auf. Das plötzlich nach oben schießende Porenwasser formte und erweiterte Risse und Spalten im Torf. Die Sande, die aufgrund des wassergesättigten Porenraums die physikalischen Eigenschaften einer Flüssigkeit annahmen, wurden durch den Druck in die entstandenen Schwachstellen im Torf eingepresst (Injektion). Je nach Beschaffenheit des Torfes und bereits vorhandener Risse, im

Spalten und Schichtflächen bildeten die Sande die oben beschriebenen Sills, Dykes und netzartigen Strukturen.

Es wird allgemein angenommen, dass der Überdruck im Porenraum allein nicht genügt, um die Bildung von Rissen und Spalten durch den oben beschriebenen Injektionsprozess zu initiieren. Mögliche Auslöser, die letztendlich zum Aufbrechen der Torfe geführt haben, können z. B. eine plötzlich eintretende Zunahme der Auflast sowie Setzungsprozesse oder Bewegungen entlang von tektonischen Störungen sein.

Das Einmessen der oben beschriebenen Sand-Injektionen im Tagebau hat gezeigt, dass ihre Orientierung mit der Ausrichtung und dem Einfallswinkel der zahlreichen Störungen in der Niederrheinischen Bucht korreliert. Es ist daher davon auszugehen, dass die tektonischen Störungen beim Entstehungsprozess eine Rolle spielten. Zum einen schwächen Störungszonen die versiegelnden Eigenschaften der Torfe und können als mögliche Aufstiegswege für Sand-Injektionen dienen. Zum anderen zählen Erdbeben, also plötzlich auftretende, natürliche Bewegungen an tektonischen Störungen, zu den häufigsten Auslösern für die Bildung von Sand-Injektionen weltweit. Im Tagebau Garzweiler laufen zahlreiche, meist Nordwest-Südost streichende Störungen zusammen. Auch entlang der zahlreichen Ostwest streichenden Staffelbrüche des Jackerather Horstes, eines der ältesten Störungssysteme in der Niederrheinischen Bucht (vgl. Beitrag S. Kummer/G. Hoffmann), können im Tertiär und Quartär verstärkt Erdbeben aufgetreten sein. Dass die Störungen in der Niederrheinischen Bucht bis heute aktiv sind, beweisen zahlreiche Erdbeben (Arch. Rheinland 2018, 41–43), wie z. B. 1992 in Roermond (mit einer Stärke von 5,9 auf der Richterskala) oder 2002 bei Alsdorf (mit einer Stärke von 5,0 auf der Richterskala). Insgesamt wurden in der Niederrheinischen Bucht seit 1980 ungefähr 2000 Erdbeben gemessen. Zahlreiche Studien haben sogar gezeigt, dass es hier in der erdgeschichtlichen Entwicklung Phasen mit deutlich höherer tektonischer Aktivität als heute gab. Die Intensität der tektonischen Aktivitäten in der Niederrheinischen Bucht hängen direkt mit der Dehnung der Erdkruste in dem übergeordneten Grabensystem zwischen Alpen und Nordsee zusammen und damit mit den Konvergenzraten zwischen der afrikanischen und den europäischen Platten.

Ein Fokus in der Erforschung von Sand-Injektionen liegt zurzeit im Nordseebecken, die dort in großen Tiefen unter der Meeresoberfläche liegen. Sie stellen potenzielle Aufstiegswege für Erdöl- und Erdgaslagerstätten dar und werden daher mit großem Aufwand erforscht. Die Interpretation dieser Daten anhand von untermeerischen Bohrungen und seismischen Messungen ist jedoch schwierig und lässt häufig viele Fragen offen. Die Aufschlüsse im



Tagebau Garzweiler ermöglichen es dagegen, Sand-Injektionen dreidimensional und über eine Zeit von drei Jahren (Zeitraum der Geländebeobachtungen für die Dissertation der Verf. L. Prinz) hinweg zu beobachten. Auch in den neuen Aufschlüssen des aktiven Abbaufelds werden weitere Sand-Injektionen im Flöz Frimmersdorf beobachtet und – interessanterweise – treten sie mittlerweile auch im tiefsten Braunkohlenflöz, im Flöz Morken, auf.

Literatur

A. Hurst/A. Scott/M. Vigorito, Physical characteristics of sand injectites. *Earth-Science Reviews* 106, 2011, 215–246. DOI: 10.1016/j.earscirev.2011.02.004. – K. Lehmann, Erdbebenspuren im Rheinland. *Archäologie im Rheinland* 2018 (Oppenheim 2019) 41–43. – L. Prinz, Syn- and post-depositional sand bodies in lignite. The

interrelationship of tectonics and sedimentation in the Lower Rhine Embayment. URN: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:5n-50923>. – L. Prinz/T. McCann, Sand injectites: from source to emplacement – an example from the Miocene age Frimmersdorf Seam, Garzweiler Open-cast Mine, Lower Rhine Embayment. In: S. Silcock/M. Huuse/M. Bowman/A. Hurst/S. Cobain (Hrsg.), *Subsurface Sand Remobilization and Injection*. Society of London Special Publication 493 (London 2019). DOI: 10.1144/SP493-2017-289. – A. Schäfer/T. Utescher, Origin, sediment fill, and sequence stratigraphy of the Cenozoic Lower Rhine Basin (Germany) interpreted from well logs. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* 165/2, 2014, 287–314.

Abbildungsnachweis

1–3 Linda Prinz, Ulla Amend/Geologischer Dienst NRW, Krefeld, 1 Grundlage ©Geobasis NRW 2020.