

Grenzüberschreitende Auswirkung des Braunkohletagebaus Turów auf Grundwässer in Deutschland im Zusammenhang mit der geplanten Erweiterung des Tagebaus.

Dr. Sylwester Kraśnicki

Ludów Polski, Mai 2020

Einführung

Der Braunkohletagebau Turów liegt vollständig innerhalb der Gemeinde Bogatynia im Kreis Zgorzelec in der Woiwodschaft Niederschlesien an der Grenze zur Tschechischen Republik und zur Bundesrepublik Deutschland. In der physisch-geographisch Hinsicht liegt der größte Teil des Tagebaugeländes innerhalb der Żytawsko-Zgorzelecka-Senke (332,25) und sein nordöstlicher Teilbereich im Isergebirgsvorland (332,26). Die beiden Mesoregionen gehören zur Makroregion Westsudentenvorland (332,2) (Kondracki 2002). In Hinsicht auf hydrographische Lage liegt das Tagebaugebiet vollständig im Einzugsgebiet des Flusses Lausitzer Neiße und ihrer rechtseitigen Nebenflüsse: Miedzianka und Nowa Biedzychówka. Zudem verfügt der Tagebau Turów über ein eigenes Einzugsgebiet anthropogenen Ursprungs.

Der Braunkohlenabbau in der Nähe der Stadt Bogatynia begann in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts als Bergbau untertage und ab 1904 als Tagebau. Die durchschnittliche Jahresförderung der Braunkohle aus dieser Lagerstätte betrug zwischen 2007 und 2017 etwa 10 Millionen Tonnen. In den letzten Jahren geht diese allmählich zurück. Zum Ende 2017 belaufen sich die geologischen Reserven dieser Lagerstätte auf etwa 344 Millionen Tonnen und die industriell verfügbaren Reserven auf etwa 303 Millionen Tonnen. Diese ermöglichen rentable Braunkohleförderung bis 2044. Zu diesem Zweck plant man, den südöstlichen Teilbereich der Lagerstätte in der Region Opolna-Zdrój zu erschließen (Badura, Cymerman 2009a und b, Badura, Cymerman 2016, PGI-PIB 2018).

Geologische Verhältnisse

Der Braunkohletagebau „Turów“ liegt innerhalb des Zittauer Beckens, das sich teils in Polen, in Tschechien und in Deutschland befindet. Der Untergrund dieses tektonischen Beckens

besteht hauptsächlich aus Porphy- und gleichkörnigen Granitoiden aus dem Oberkambrium und Ordovizium. Innerhalb dieser Gesteine treten lokal ältere Gesteine aus dem oberen Proterozoikum (Vendium) auf. Dabei handelt es sich um Gneise, Grauwacken, Serizit-Quarzit-Schiefer und Phyllite. Dieser gesamte Gesteinsgebilde ist lokal von Diabasen aus dem Devon und Quarzadern aus dem Karbon durchschnitten. Während der variszischen Orogenese im Karbon haben sich Verwerfungen geformt, die das Zittauer Becken und den Rahmen von Działoszyn in Südbereich, Opolna Zdrój und Markocice getrennt haben (Badura, Cymerman 2009a und b, Badura, Cymerman 2016).

Der Boden des Zittauer Beckens ist mit känozoischen Sedimenten mit einer Mächtigkeit von bis zu 350 m abgedeckt. Die ältesten Formationen sind durch Verwitterung gebildete Tonlagen - Regolithen aus dem Oligozän-Miozän. Ähnlich alt sind die Ergussgesteine: Basalt, Trachyt und deren Tuffsteine. Während Basalte sowohl innerhalb, als auch um das Becken herum vorkommen, finden sich Trachyte ausschließlich südlich davon (Badura, Cymerman 2009a und b, Badura, Cymerman 2016).

Im Zittauer Becken liegen Formationen aus dem unteren und mittleren Miozän mit der Braunkohle. Das sind: Konglomerate, Schluff und Ton aus dem unteren Miozän, Kies-Ton und Schluff aus dem unteren und mittleren Miozän, sowie Schluff und Ton mit Konglomerat-Einlagen aus dem mittleren Miozän. Diese bilden 4 bis 5 Sedimentationszyklen. Die im Tagebau geförderte Braunkohle liegt in der Decke der folgenden Zyklen: im zweiten (Lagerstätte I) und vierten (Lagerstätte II) Zyklus. Diese beiden Lagerstätten verlaufen auch im deutschen Teil des Zittauer Beckens weiter. Kies-Ton und Kies aus dem oberen Miozän im polnischen Teil enthalten keine Braunkohle mehr. Im deutschen Teil des Zittauer Beckens innerhalb dieser Formationen gibt es noch eine weitere, dritte Braunkohle tragende Lagerstätte (Badura, Cymerman 2009a und b, Badura, Cymerman 2016, Fiszer, Sadowska 2019).

Auf diesem Gelände decken sich die Pleistozäns-Formationen mit den älteren nur teilweise ab. Die Formationen der südpolnischen Vergletscherungen bestehen aus Lehm und Glazialsand. Die Formationen aus der letzten Vergletscherung sind Lössböden und Flussterrassen 5-7 Meter über dem Flusspegel. Zu den jüngsten Formationen des Holozäns gehören Schluff und Flusssande von Flussterrassen 0,5-1,5 Meter über dem Flusspegel sowie Sande, Kiese und Schluffe der Talböden (Badura, Cymerman 2009a und b, Badura, Cymerman 2016).

Grund- und Oberflächenwässer

In dem untersuchten Gebiet sind die folgenden wasserführenden Schichten erkannt worden (Dziedziak, Woźniak 2002a und b, Fiszer, Sadowska 2019):

1. Proterozoisch-paläozoische Schicht. Hier fließt Wasser innerhalb von Rissen und Verwerfungen in kristallinem Gestein. Diese Schicht weist einen geringeren Nutzwert aufgrund des schwachen Wasserführungsvermögens und Heterogenität der Formationen in dieser Schicht auf. In dieser Schicht treten Mineralwässer auf. In dem Kurort Opolna-Zdrój wird eisenhaltiges Mineralwasser mit Sulfat, Calcium und Magnesium mit erhöhtem Kohlendioxid- ($10-130 \text{ mg/dm}^3$) und Eisengehalt (bis zu 25 mg/dm^3) entnommen. Innerhalb des Tagebaus Turów liegt eine Mineralwasserquelle in einem Verwerfungsschlitz. Dabei handelt es sich um Bikarbonat-Natrium-Wasser mit einem Mineralisierungsgrad von $4,2 \text{ g/dm}^3$ und Temperaturen von $24-27 \text{ °C}$ (Dowgiallo, Fistek 2007).
2. Paläo-neogene Schicht. Grundwässer treten hier in Sand- und Kiesschichten auf, die als Zwischenschichten zwischen Ton und Schluff verlaufen. Hier können folgende wasserleitende Schichten unterschieden werden: Unter-, Zwischen- und Überkohleschicht. Alle diese wasserführenden Schichten verlaufen im deutschen Teil des Zittauer Beckens weiter. Die Mächtigkeit der Grundwasser leitenden Formationen dieser Schicht reicht von einigen bis zu mehreren Dutzend Metern. Der Spiegel dieses Grundwassers steht unter Druck. Es sind normale Grundwässer, schwach säuerlich, mit einem Mineralisierungsgrad von bis zu 500 mg/dm^3 .
3. Quaternäre Schicht. Hier leiten Sande und Kiese Wasser, der Grundwasserspiegel ist druckfrei oder leicht unter Druck. Ihre Mächtigkeit variiert von einigen bis zu 20 m. Der Durchlässigkeitsbeiwert beträgt hier im Schnitt $5-25 \text{ m/Tag}$ und übersteigt manchmal 100 m/Tag (Staško, Michniewicz 2007). Es handelt sich um gewöhnliche Gewässer, von mittelhart bis hart, schwach säuerlich. Manchmal kann ihr Mineralisierungsgrad sogar 1000 mg/dm^3 überschreiten. Diese Schicht setzt sich im deutschen Teil des Zittauer Beckens fort.

Das gesamte gegenständliche Gebiet liegt innerhalb des einheitlichen Grundwasserkörpers Nr. PLGW6000105 mit einer Fläche von $332,8 \text{ km}^2$ und deckt den polnischen Teil des oberen Einzugsgebietes der Lausitzer Neiße ab. Dessen quantitativer Zustand ist infolge der Entwässerung durch den Tagebau Turów schwach. Gemäß der Rahmenrichtlinie ist der gute quantitative Zustand in diesem Fall als gefährdet einzustufen. Der chemische Zustand ist gut und

dieses Ziel (guter chemischer Zustand) gilt nicht als gefährdet. Der deutsche Teil des Zittauer Beckens liegt innerhalb des Grundwasserkörpers DESN_NE 2 Zittau-Görlitz mit der Fläche von 507,8 km². Sein quantitativer und chemischer Zustand ist als gut einzustufen (BFG 2020, Polnische Gewässer 2020).

Auswirkungen auf Grund- und Oberflächenwässer

Durch den Braunkohletagebau am Standort Turów werden die wasserleitenden Schichten auf Gebieten um den Tagebau herum entwässert. Die Entwässerungstiefe erreicht 200 Meter und der Wasserzufluss in den Abbaubereich beträgt 18 - 47 Kubikmeter pro Minute. Für einen Tagebau dieser Bauart und die Tiefe der Entwässerung ist das eine relativ geringe Menge. Der Absenkungstrichter in der quartären wasserführenden Schicht ist ebenfalls relativ gering und beträgt 25 km². Seitens der Lausitzer Neiße ist der Wasserzufluss zum Abbauraum durch eine Abschirmung begrenzt. Die bisherige Braunkohleförderung im Tagebau Turów hat zur praktisch vollständigen Entwässerung der paläogenen und neogenen wasserführenden Schicht geführt, wo ursprünglich mehrere wasserführende Ebenen aufgetreten sind. Darüber hinaus umfasste diese Entwässerung auch die spezifischen Gewässer des Kurortes Opolno-Zdrój, die seine Vorzüge dadurch verloren hat. Die weitere Verlagerung der Förderbereiche in Richtung Süden wird zur Steigerung des Wasserzuflusses in den Abbauraum führen, da die Mächtigkeit der wasserführenden Formationen der paläogen-neogenen Schicht größer ist (Staško, Michniewicz 2007, Szczepański 2007).

Der Grundwasserspiegel im deutschen Teil des Zittauer Beckens wird im Rahmen der Grundwasserüberwachung seit 1985 ständig beobachtet. In einigen der Bohrungen variiert der Grundwasserspiegel innerhalb der konstanten Grenzen. Dies gilt insbesondere für die quartäre Schicht und die obere Kohlelagerstätte. Bei einigen Bohrungen, wie zum Beispiel Zittau, P11/94, GWL OO (50557699), Turow, Pz-45 I, GWL OO (5055P00001_2), Zittau, P 18/94, GWL OO (50547709), Zittau, 410/80 (50557265), Zittau, 464/80, GWL OO (51557289) steigt der Grundwasserspiegel sukzessiv (Abb. 1) (LULG 2020). Diese umfassen insbesondere die Gewässer der oberen Kohlelagerstätte und das kann davon zeugen, dass der Absenkungstrichter in dieser Schicht, insbesondere im westlichen Teil des Gebiets, sich allmählich zurückbildet.

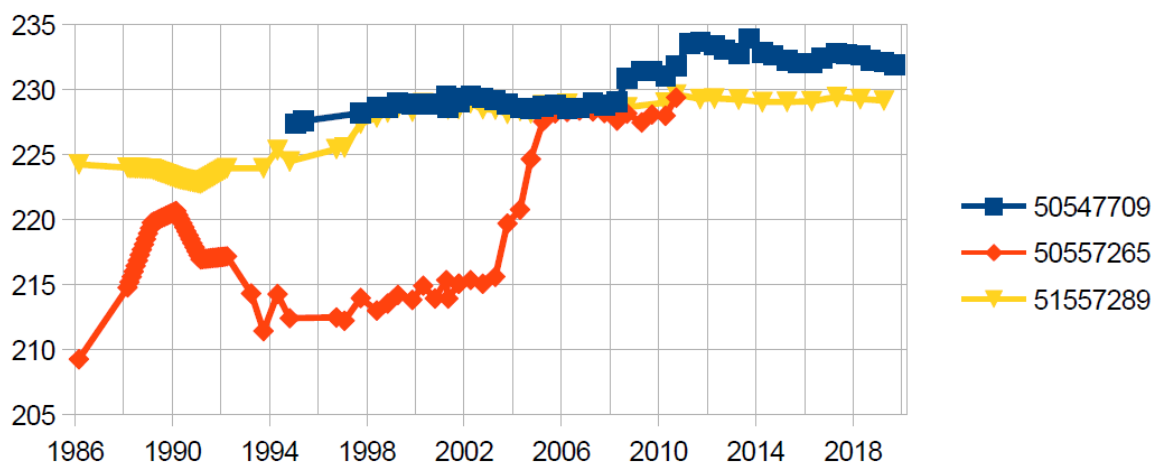


Abb. 1. Schwenkungen des Grundwasserspiegels in ausgewählten Piezometern im deutschen Teil des Zittauer Beckens (LULG 2020).

An anderen Stellen, wie Zittau, 976A2/86, GWL ZiC (50557597), Zittau, 896/85, GWL ZU (50547596), Zittau, 892/85, GWL ZU (50547586), Zittau, 903/85, GWL ZU (50547581), Zittau, P 18/94, GWL ZU (50547710), Zittau, P 18/94, GWL ZU (50547710), Zittau, P13/94, GWL ZU (50557703) ist der Spiegel bis zur Jahrhundertwende gesunken und hat danach begonnen, sich allmählich zu erhöhen (Abb. 2) (LULG 2020). Dies könnte darauf hindeuten, dass bei einem Teil der Schichten, also der unteren Kohleschicht und der Zwischenschicht der Absenkungstrichter sich zurückbildet.

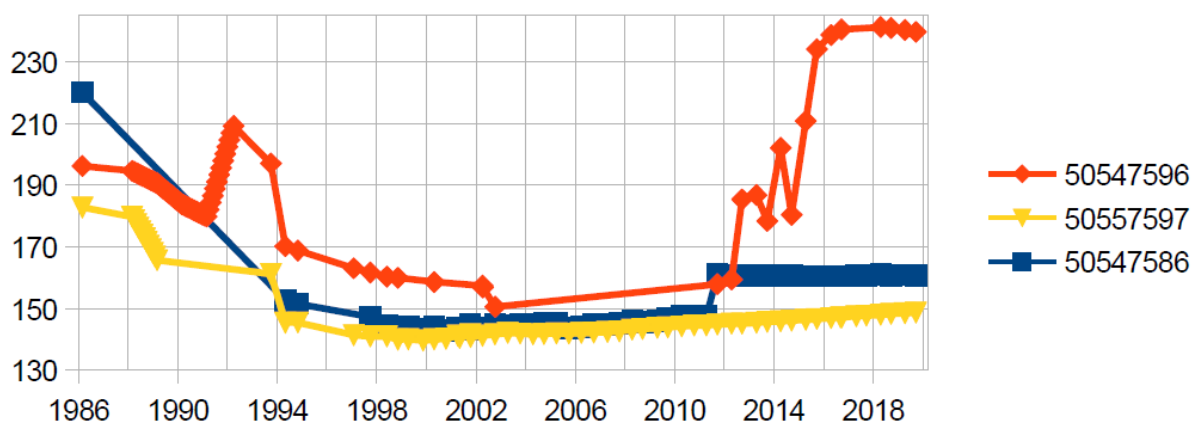


Abb. 2. Schwenkungen des Grundwasserspiegels in ausgewählten Piezometern im deutschen Teil des Zittauer Beckens (LULG 2020).

An zahlreichen anderen Überwachungsstellen kann die Absenkung des Grundwasserspiegels über die gesamte Überwachungsdauer sogar um mehrere Dutzend Meter beobachtet werden (Abb. 3), wie in folgenden Bohrungen: Zittau, 909A/85, GWL OU (50547579), Zittau, 903z/85, GWL ZiC (50547580), Zittau, 800/84, unten, GWL ZiC (50547473), Zittau, 802/84, unten, GWL ZiC (51547478), Zittau, 797A2/84, GWL ZiC (51547467), Zittau, P12z/94, GWL OU (50557702), Zittau, P 14/94, GWL ZiC (51557704), Zittau, P 17/94, GWL ZU (51547708), Zittau, 532/83, GWL ZiB (51547388), Zittau, P 19/94, GWL PGDZ (51547711), Zittau, P 19z/94, GWL ZiC (51547712), Zittau, P 19z2/94, GWL OU (51547713), Zittau, 1149/85, GWL ZU (51547592) (LULG 2020). Dies weist eindeutig darauf hin, dass die Entwässerung des Gebiets fortschreitet und der Absenkungstrichter sich bei allen wasserführenden Schichten aus dem Miozän auf einem großen Teil dieses Gebiets ausweitet.

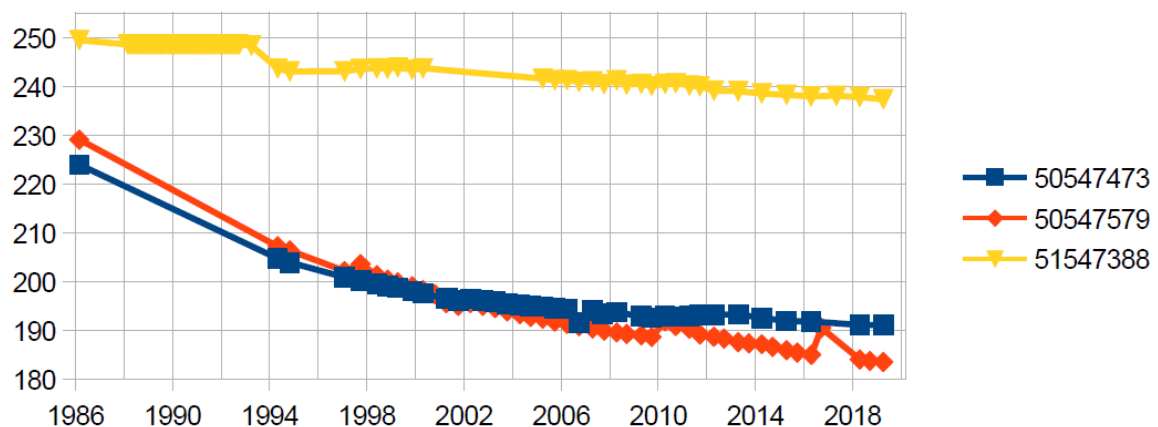


Abb. 3. Schwenkungen des Grundwasserspiegels in ausgewählten Piezometern im deutschen Teil des Zittauer Beckens (LULG 2020).

Anhand dieser Beobachtungen kann festgestellt werden, dass der Absenkungstrichter in einigen Bereichen des Zittauer Beckens, insbesondere in seicht liegenden wasserführenden Schichten sich allmählich zurückbildet. Andererseits verlieren die tiefer liegenden wasserführenden Schichten ihr Wasser kontinuierlich: die Zwischen- und Unterkohleschicht. Die oben dargestellten Erscheinungen der Entwässerung, sowie der teilweisen Rückbildung des Absenkungstrichter verlaufen vergleichbar wie im Fall des Braunkohletagebaus Jänschwalde. Dort, auch auf der polnischen Seite, stellen wir nach wie vor intensive Entwässerung tiefer liegender wasserführender

Schichten aus dem Miozän fest, insbesondere in der Nähe von Orten Pózna und Strzegów. Die Einstellung der Braunkohleförderung in diesen Tagebauen ist eine notwendige Voraussetzung, um einen weiteren Verlust von Grundwässern zu verhindern und den Absenkungstrichter in den wasserführenden Schichten aus dem Miozän langfristig zu beseitigen.

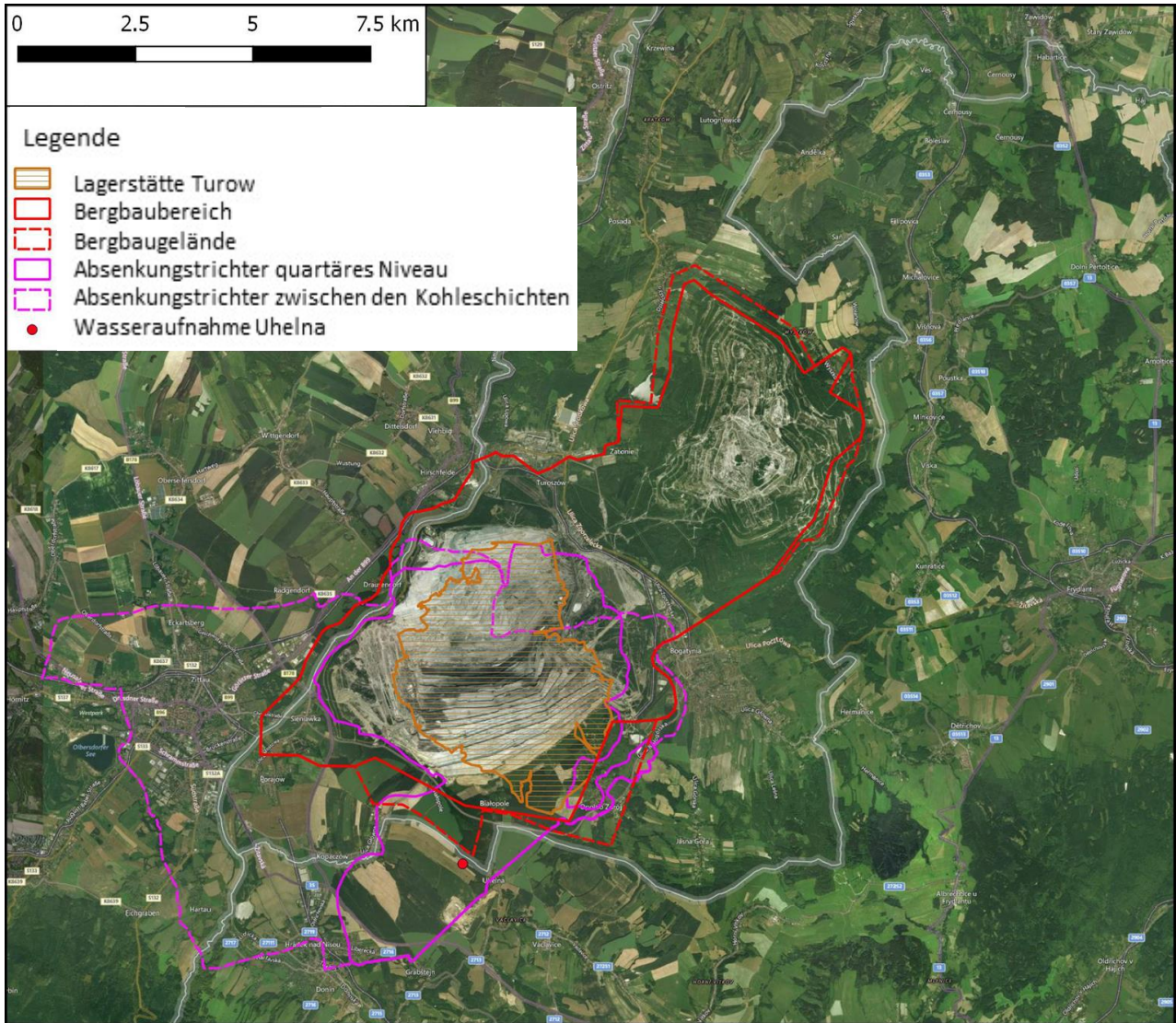


Abb. 4. Grenzüberschreitende Auswirkungen auf das Grundwasser durch den Braunkohletagebau Turów.

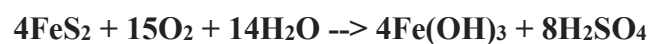
Nach der Ausschöpfung der vorhandenen Lagerstätte bleibt ein Tagebaurestloch übrig, das durch den Betreiber in Richtung Flutung und Bildung eines Wasserbeckens rekultiviert werden soll - siehe Bericht u.a. Seite 19-21. Das endgültige Restloch nach dem Tagebau soll bis zur Höhe von 225 m ü.M. mit Wasser verfüllt werden. Das Becken wird mit zufließenden Grundwässern, sowie mit Wasser aus der Lausitzer Neiße geflutet. Abhängig von der geplanten Variante der Förderung und der Rekultivierung soll das Flutvolumen dieses Beckens 1512-1680 Millionen m³

Wasser und seine Fläche 1960-2284 Hektar betragen. Das Wasser aus der Lausitzer Neiße sowie aus seinem Nebenfluss Miedzianka sollten entsprechend in Mengen von 40 bzw. 1 Million m³ entnommen werden, was einer Wasseraufnahme von 1,3 m³/s entspricht. Der Betreiber prognostiziert, dass die Flutungsdauer des leeren Tagebaurestlochs dabei 35-37 Jahre betragen sollte (Fischer, Sadowska 2019). Eine analoge Rekultivierungsmaßnahme wurde im Fall des Tagebaus Berzdorf mit einem Volumen von rund 330 Mio. m³ ergriffen, dessen Abbauraum mit Wasser aus der Lausitzer Neiße und dem Fluss Pließnitz geflutet wurde. Nur ein Teil von Wasserressourcen der Lausitzer Neiße von höchstens 10 m³ durfte für diese Zwecke umgeleitet werden, wobei zugleich der Mindestvolumenstrom von 13,3 m³/s (der durchschnittliche Volumenstrom der Lausitzer Neiße im nahe gelegenen Görlitz betrug 16,1 m³/s 1956-2010) sichergestellt werden musste. Dies bedeutet, dass die Wasseraufnahme aus dem Fluss nur periodisch war. Die Verfüllung dieses Beckens mit Wasser dauerte 11 Jahre im Vergleich zu den geplanten 4 Jahren (2002-2013) - vor allem infolge des niedrigen als geplanten Volumenstroms in Jahren 2004-2008. Es sei darauf hingewiesen, dass der Volumenstrom der Lausitzer Neiße auf der Höhe von Ort Turów nur halb so hoch ist und die verfügbaren Wasserressourcen des Flusses dementsprechend niedriger seien (Dubicki et al. 2010). Wenn bei der Flutung des Tagebaurestlochs eine ähnliche Diskrepanz eintritt, dann kann die Flutungsdauer sogar bis 100 Jahre in Anspruch nehmen.

Unserer Meinung nach kann die Flutung des gegenständlichen Tagebaurestlochs aufgrund der beobachteten Klimaveränderung in Polen sogar noch länger dauern. Zum Ende des 20. Jahrhundert ist die durchschnittliche Jahrestemperatur der Luft um 0,3-0,35°C/10 Jahre (3-3,5°C/100 Jahre) gestiegen. In den letzten Jahren verzeichnen wir einen noch schnellen Anstieg und für den Zeitraum 2009-2018 betrug dieser 0,5°C/10 Jahre. Angesichts der feststellbaren Trends ist nicht nur damit zu rechnen, dass die durchschnittliche Lufttemperatur weiter ansteigt, sondern auch, dass die Geschwindigkeit der Erwärmung in den kommenden Jahrzehnten zunehmen wird. Die feststellbaren Änderungen der Summen von jährlichen Niederschlägen im Sinne der Steigerung oder Reduktion sind nicht eindeutig zu verzeichnen, aber es kommen einzelne Dürrejahre wie 2015 oder 2018 vor. Dieser Parameter, der sich innerhalb bestimmter Grenzwerte bewegt, bleibt konstant, aber die Art des Niederschlags ändert sich zusehends und die Starkniederschläge (wie Regengüsse, Stürme) kommen immer häufiger vor. Der Anteil an jährlichen Niederschlägen, die sich gleichmäßiger verteilen, wird niedriger. Der Anstieg der durchschnittlichen jährlichen Lufttemperatur in Kombination mit der oben geschilderten Veränderung der Niederschläge wirkt sich nachteilig auf die Wasserbilanz aus. Ein großer Teil des Wassers wird in Folge der

Evapotranspiration verdampfen und den Gesamtabfluss dadurch beeinträchtigen. Im Endergebnis wird dies zu einem Rückgang der Volumenströme und Wasserstände in den Flüssen führen. Dies wiederum wird dazu führen, dass die Wasserressourcen der Lausitzer Neiße, die zur Flutung des Tagebaurestlochs verwendet werden könnten, kleiner ausfallen werden als angenommen. Auf diese Weise werden die Auswirkungen des Klimawandels die Wasserbilanz im Einzugsgebiet dieses Flusses zusätzlich beeinträchtigen und die Flutungsdauer verlängern. Der Betreiber lässt die Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Wasserbilanz im Einzugsgebiet der Lausitzer Neiße oberhalb der Stelle, aus der das Wasser zur Flutung entnommen wird, vollständig außer Acht.

Der Braunkohletagebau Turów ist besonders dazu prädisponiert, dass es hier zu sauren Grubenausflüssen (Acid Mine Drainage AMD) kommt. Durch die Freilegung der abgebauten Braunkohlelagerstätten beginnt der Prozess ihrer Oxidation, bei dem der in Sulfiden und organischen Verbindungen enthaltene Schwefel oxidiert (Gesamtschwefel durchschnittlich 1%, brennbarer Schwefel durchschnittlich 0,73%). Ähnliche Phänomene werden in der künstlich gebildeten Belüftungszone innerhalb des Absenkungstrichters auftreten. Das Produkt der Schwefeloxidation ist unter anderem Schwefelsäure - siehe Reaktionsformel:



Die in dieser Weise gebildete Schwefelsäure senkt den pH-Wert (sogar bis auf 2,0-2,5) der Grubenwässer und erhöht ihre Aggressivität gegenüber den in den umgebenden Gesteinen vorhandenen Mineralien. Dies führt zur Erhöhung der Gesamthärte des Wassers, zur Oxidation von Eisen- und Manganverbindungen und zum Auslaugen einer Reihe von chemischen Elementen (Metallen, Metalloiden und Radionukliden) aus der Lagerstätte und aus dem Gestein. Diese Prozesse werden die chemische Zusammensetzung des Wassers und seine grundlegenden physikalisch-chemischen Parameter wie: pH-Wert, Redox-Spannung, elektrolytische Leitfähigkeit und Trockenrückstände stark verändern. Die bisherigen Daten zur Auswirkung von Grubenwässern auf die Oberflächengewässer vom Fluss Miedzianka deuten darauf hin, dass der saure Grubenausfluss schon heute feststellbar ist. In den Gewässern von Miedzianka unterhalb der Auswurfstelle der Grubenwässer beobachtet man eine 11-fache Erhöhung von Sulfatkonzentrationen im Vergleich zum Flussstrom oberhalb der Auswurfstelle (entsprechend 389,6 bzw. 33,7 mg/dm³). Auch der Suspensionsanteil im Flusswasser steigt um das 6-fache (von 5 auf 30 mg/dm³) (Błachuta, Mazurek 2019). Die Braunkohle aus der Lagerstätte Turów enthält eine Reihe von Schwermetallen (Blei, Kadmium, Quecksilber, Chrom, Kupfer und andere), Metalloide (Arsen) und radioaktive Elemente, wie Uran und Thorium (s. Tabelle 1). Der Betreiber erwähnt in

seinem Bericht das Risiko von sulfat- und eisenionenhaltigem Zufluss, zum Beispiel auf Seiten: 325, 333, 335, 336, aber die Thematik des sauren Grubenausflusses findet keinerlei Berücksichtigung. Die Aussagen von Vertretern des Betreibers, dass saure Grubenwässer nicht zu erwarten seien, weil der aktuelle pH-Wert der Grubenwässer bei etwa 6,5 liege, sind nicht zutreffend. Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die sich auf das Risiko der Bildung von sauren Grubenausflüssen auswirken können, auch dann, wenn der pH-Wert des Grubenwassers 6 ursprünglich überschreitet. Dieser Wert kann erst bei der Flutung des Tagebaurestlochs sinken, weil die oxidierten sulfidhaltigen Mineralien mit dem Grundwasser aus dem sich zurückbildenden Absenkungstrichter reagieren (Skousen et al. 1998). Unserer Meinung nach, müssen Tempo und das Ausmaß ungünstiger hydrogeochemischer Veränderungen im Grundwasser der neogenen Schicht im Bericht detailliert ausgewertet werden, insbesondere deren Einfluss auf die chemische Zusammensetzung von Wasser im Tagebaurestloch, sowie von Grundwasser in seicht liegenden wasserführenden Schichten in der Nähe des Beckens nach der Flutung. Dafür muss ein weiteres hydrogeochemisches Modell erarbeitet werden, in dem unter anderem Aspekte wie das Tempo und die Besonderheiten des Klimawandels im Tagebaugebiet, sowie die Veränderungen der Wasserbilanz als Folge des Klimawandels ausreichende Berücksichtigung findet.

Tabelle 1. Gehalt an Schwermetallen, Metalloiden und Radionukliden in der Braunkohle aus der Lagerstätte Turów (*Bielowicz 2013, **Bojakowska et al 2008, ***Lorenz, Grudziński 2007, Symanowicz et al 2013) im Vergleich zum durchschnittlichen Gehalt in der Erdkruste (Rudnick, Gao 2003). Der in der Braunkohle höhere Gehalt an Schwermetallen als durchschnittlich in der Erdkruste wurde fett markiert.

| Element | Durchschnittlicher Elementgehalt in mg/kg in der Lagerstätte Turów | Durchschnittlicher Elementgehalt in der Erdkruste in mg/kg | Jährliche Belastung der Umwelt mit dem bestimmten Element, die bei Förderung von 9 Millionen Tonnen Kohle pro Jahr [kg/Jahr] anfällt |
|----------------|---|---|---|
| Bor | 16,489 | 17 | 148,4 |
| Zink* | 15,580 | 67 | 140,22 |
| Kupfer* | 20,560 | 28 | 185,04 |
| Molybdän | 0,241 | 1,1 | 2,17 |
| Nickel | 2,527 | 47 | 22,74 |
| Kobalt | 0,997 | 17,3 | 8,97 |

| | | | |
|----------------|--------------|--------|--------|
| Lithium | 1,653 | 21 | 14,88 |
| Titan | 95,139 | | 856,25 |
| Barium | 11,990 | 624 | 107,91 |
| Strontium | 40,585 | | 365,27 |
| Vanadium | 16,439 | 97 | 147,95 |
| Arsen* | 4,810 | 4,8 | 43,29 |
| Blei* | 15,210 | 17 | 136,89 |
| Kadmium* | 0,730 | 0,09 | 6,57 |
| Chrom | 8,914 | 92 | 80,23 |
| Antimon* | 0,110 | 0,4 | 0,99 |
| Quecksilber*** | 0,225 | 0,050 | 2,03 |
| Uran** | 4,400 | 2,700 | 39,6 |
| Thorium** | 8,600 | 10,500 | 77,4 |

Ein anderes Thema sind die Auswirkungen des Wassers, das sich nach Beendigung der Förderung im Restloch sammeln wird. Zumindest in der Anfangsphase wird das Tagebaurestloch Gewässer enthalten, in denen die genannten Elemente vorhanden sein werden, wodurch die Gewässer der quartären Formationen sowie Oberflächengewässer durch Kontakt kontaminiert werden. Analog werden auch eine Reihe von Elementen und organische Verbindungen in den wasserführenden Schichten innerhalb des Absenkungstrichters bei Kontakt mit atmosphärischer Luft oxidieren. Dies wird zur Mobilisierung einiger Schwermetalle, Metalloide und Radionuklide führen, die anschließend in das Becken und die übrigen Oberflächengewässer nach Flutung des Absenkungstrichters ausgespült werden.

Zu den Beispielen für die Bildung saurer Grubenausflüsse im Bereich eines stillgelegten Braunkohletagebaus in Polen gehören Studien zur chemischen Entwicklung des Tagebaurestlochs im Muskauer Faltenbogen (Labus, Lutynska 2011). Die durchgeführten Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung des tiefsten Beckens zeigen, dass diese Gewässer mineralisch und sauer sind, mit Dominanz von Sulfatanionen und Eisen. Es wurde auch festgestellt, dass die chemische Zusammensetzung von Wasser mit der Tiefe variiert, u.a. der pH-Wert steigt an, die Redox-Spannung sinkt, der gelöste Sauerstoff nimmt ab und die allgemeine Mineralisierung steigt an, hauptsächlich aufgrund des Anstiegs der Sulfationen- und Eisenkonzentration.

Die Braunkohle tritt in Polen unter sehr ähnlichen Bedingungen wie in Deutschland, insbesondere in Ostdeutschland auf. Hier verläuft eine Braunkohleformation innerhalb von losen Miozän-Formationen (Sande, Schluff, Ton). In Deutschland wurde die Frage zur Bildung der sauren Grubenausflüssen infolge des Braunkohletagebaus gründlich untersucht. In der Lausitz ist in Folge der Entwässerung der Lagerstätten ein ausgedehnter Absenkungstrichter mit Fläche von über 3300 km² und einer Tiefe von bis zu 80 m entstanden. Saure Sulfatwässer, manchmal mit einem pH-Wert von weniger als 2,5 und einem hohen Gehalt an Schwermetallen, fließen in das Restloch aus den entwässerten wasserführenden Schichten ein. In den Abraumformationen beträgt der Anteil an Eisensulfidmineralien 1-8% und an Karbonatmineralien 0-15%. Der Mangel an letzteren führt zur Bildung der sauren Grubenausflüsse (Grischek et al. 2001).

Ein interessanter Fall ist das Tagebaurestloch Cospuden, in dem der pH-Wert während der Flutung mit Wasser 1993 zwischen 2,5 und 8,5 lag, und nach 1,5 Jahren hat sich der pH-Wert im gesamten Becken auf 2,5 stabilisiert. In den Gewässern dieses Beckens wurden unter anderem Konzentrationen von Fe (775 mg/dm³), Zn (3,1 mg/dm³) und Ni (1,3 mg/dm³) (Trettin, Glaser 1995) festgestellt. Wasser aus sauren Grubenausflüssen behalten ihren niedrigen pH-Wert viele Jahre lang bei. Ein Beispiel dafür können Gewässer des Beckens ML107 in Koyne/Pless sein, der in den 1930er Jahren gebildet wurde, mit einem pH-Wert von 2,3 (Morgenstern et al. 2001). Die längere Flutungsdauer des Tagebaurestlochs in Turow mit Wasser bei der prognostizierten Klimaerwärmung wird dazu noch zusätzlich beitragen, dass sich saurere Ausflüsse bilden werden. Wenn es dazu kommen sollte, dann werden die Flüsse Miedzianka und Lausitzer Neiße dauerhaft durch Wasser kontaminiert, das aus dem voll gefluteten Restloch in diese Flüsse eingeleitet wird.

Aufgrund der oben geschilderten Gefährdungen für das Grundwasser während der Förderung und der Rekultivierung ist die Tatsache, dass der Betreiber die Auswirkungen auf Wasser in der Phase der Rekultivierung in seinem Umweltverträglichkeitsbericht außer Acht lässt, überraschend und nicht nachvollziehbar. Die geplante Förderung der Lagerstätte ist bereits die letzte, danach wird das Gebiet des Tagebaus rekultiviert. Auch wenn der Betreiber eine Konzession für den Abbau der Lagerstätte bis 2044 erhält, muss es nicht unbedingt heißen, dass dieser tatsächlich so lange fortgeführt wird. Ein Szenario, dass der Tagebau vorzeitig aus wirtschaftlichen Gründen eingestellt wird, ist nicht auszuschließen. Dies bedeutet, dass eine Rekultivierungsstrategie eines so großen Tagebaurestlochs, der sich auf die Umwelt so vielfältig auswirkt, schon jetzt detailliert bearbeitet und geplant werden muss. Die sich ändernden rechtlichen Rahmenbedingungen stellen hier keine wesentliche Einschränkung dar, da die

Rekultivierungsmethoden für Tagebaubetriebe seit langem bekannt sind und angewendet werden. Meiner Meinung nach muss eine detaillierte Analyse der Umweltauswirkungen der Rekultivierung des Tagebaus Turów sowie deren Abschwächung und Minimierung einen integralen und wesentlichen Bestandteil des Nachhaltigkeitsberichtes darstellen.

Fazit

Der oben aufgeführte Vortrag lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Der in den Abbauraum des Tagebaus Turów zufließende Volumenstrom von Grundwasser ist für so einen Tagebau und die Tiefe der Entwässerung (200 m) relativ gering (18-47 m³/min). Auch die Oberfläche des Einsenkungstrichters ist relativ klein (25 km²) im Vergleich zu vergleichbaren Braunkohletagebauen in Polen.
2. Die Ergebnisse der hydrogeologischen Überwachung des deutschen Teils des Zittauer Beckens weisen darauf hin, dass der Absenkungstrichter im Teil der seicht liegenden wasserführenden Schichten sich bei gleichzeitig fortschreitender Entwässerung der tiefer liegenden Schichten allmählich zurückbildet. Erst durch die Einstellung der Förderung der Kohle sowie der Entwässerung der Lagerstätte Turów kann sich der gesamte Absenkungstrichter zurückbilden.
3. Die Rekultivierung des Tagebaurestlochs Turów durch die Flutung mit Wasser aus der Lausitzer Neiße kann aufgrund der beschränkten Wasserressourcen erheblich länger dauern als angenommen. Der Klimawandel könnte diese Dauer aufgrund der Verringerung der Wasserströme im Fluss zusätzlich verlängern.
4. Das Gebiet des Tagebaus Turów ist eindeutig für Bildung von sauren Grubenausflüssen anfällig. Die sich bildende Schwefelsäure führt zur Absenkung des pH-Wertes, zur Erhöhung der Aggressivität, zur allgemeinen Mineralisierung der Gewässer sowie zur Erhöhung des Eisengehalts. Solche Wässer laugen auch Schwermetalle, Metalloide und Radionuklide aus der oxidierenden Braunkohle und aus umliegenden Formationen aus.
5. Die Übertragung dieser umweltschädlichen Verbindungen in das Grundwasser führt dazu, dass diese in die Oberflächengewässer des Flusses Miedzianka und anschließend in die Lausitzer Neiße eingeleitet werden. Neben der gelösten Form können diese Stoffe mit

Wasser als absorbierte Schwebstoffe oder als Kolloide abgegeben werden.

6. Das allmählich mit Wasser geflutete Tagebaurestloch wird eine Stelle sein, die über eine lange Zeit für die Bildung von sauren Grubenausflüssen erheblich anfällig sein wird. In diesem Fall kann das geflutete Tagebaurestloch sich zur Kontaminationsquelle der Oberflächengewässer durch die Einleitung von sauren Gewässern und Gewässern mit grenzüberschreitendem Eisen- und Schwermetallgehalt, sowie mit sonstigen toxischen Elementen und deren Verbindungen entwickeln.
7. Eine detaillierte Erarbeitung der Rekultivierungsstrategie für den Tagebau Turów sowie eine Nachhaltigkeitsauswertung sollte ein integraler Bestandteil des Umweltverträglichkeitsberichts sein.

Literaturverzeichnis

1. Badura J., Cymerman Z., 2009a, Detaillierte geologische Karte Polens im Maßstab 1:50000. Blatt Bogatynia (792). Polnisches Institut für Geologie, Warschau.
2. Badura J., Cymerman Z., 2009b, Detaillierte geologische Karte Polens im Maßstab 1:50000. Blatt Grabiszyce Górne (793). Polnisches Institut für Geologie, Warschau.
3. Badura J., Cymerman Z., 2016, Erläuterungen zur detaillierten geologischen Karte Polens im Maßstab 1:50000. Blätter: Bogatynia (792) und Grabiszyce Górne (793). Polnisches Institut für Geologie, Warschau.
4. Bielowicz B., 2013, Vorkommen von schädlichen Elementen in der polnischen Braunkohle. [in:] Mineralstoffwirtschaft Band 29, z. 3, Seiten 47-59.
5. Błachuta J., Mazurek M., 2019, Auswirkung des Vorhabens auf die Oberflächengewässer. Fortsetzung der Braunkohleförderungen im Tagebau Turow. Umweltverträglichkeitsbericht. PGE GIEK S.A., Bogatynia.
6. Bojakowska I., Lech D., Wołkowicz S., 2008, Uran und Thorium in Steinkohle und Braunkohle aus polnischen Lagerstätten. [in:] Mineralstoffwirtschaft Band 24, z. 2/2, Seiten 53-65.
7. Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2020, Wasserkörpersteckbriefe, URL-Adresse: <https://geoportal.bafg.de/mapapps2/resources/apps/WKSB/index.html?lang=de¢er=906>

757.0972611934,5653663.3516422035,25832&lod=9&layers=+:service_67159_152933207
2796

8. Dowgiałło J., Fistek J., 2007, Sudetenprovinz. [in:] Regionale Hydrogeologie Polens Band II, Polnisches Institut für Geologie, Warschau.
9. Dubicki A., Adynkiewicz-Piragas M., Zdralewicz I., 2010, Überwachung der Wasserverhältnisse in der abgewandelten Grenzlandschaft. Landschaftsökologische Problematik, Band XXVI. 161-169.
10. Dziedziak J, Woźniak M., 2002a – Hydrogeologische Karte Polens im Maßstab 1:50 000, Blatt Bogatynia (792). CAG, Warszawa.
11. Dziedziak J, Woźniak M., 2002b – Hydrogeologische Karte Polens im Maßstab 1:50 000, Blatt Grabiszyce Górne (793). CAG, Warszawa.
12. Fiszer J., Sadowska M., 2019, Auswirkung des Vorhabens auf die Grundwässer. Fortsetzung der Braunkohleförderungen im Tagebau Turow. Umweltverträglichkeitsbericht. PGE GIEK S.A., Bogatynia.
13. Grischek H., Rotschky G., Bilitewski B., 2001, Effects of Lignite Ashes on Buffering and Metal Emission of flooded MSW Landfills. Dresden, University of Technology.
14. Kondracki J., 2002, Regionale Geographie Polens. Warszawa, PWN.
15. Labus K., Lutyńska S., 2011, Sauerwasservorkommen in ehemaligen Braunkohlefördergebieten – Muskauer Faltenbogen. [in:] Bulletin des Polnischen Instituts für Geologie, Band 445, Seiten 643-650.
16. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie, 2020, Angaben der hydrogeologischen Überwachung in Zittau und Umland. URL-Adresse:
<https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/infosysteme/ida/pages/map/default/index.xhtml>
17. Lorenz U., Grudziński z., 2007, Quecksilbergehalt als ein Faktor bei der Bestimmung des Nutzwerts von der Stein- und Braunkohle. [in:] Bergbau und Geoengineering, Band 31, z. 3/1, Seiten 335-349.
18. PIG-PIB, 2018, Informationsblatt einer Lagerstätte gemäß Art. 22 Abs. 2 des Gesetzes -

Bergbau- und geologisches Gesetzbuch. Turów. Stand zum 31.12.2017. Warszawa.

19. Wasserrichtlinie (Richtlinie 2000/60/EG des Rates und des Europäischen Parlaments vom 23. Oktober 2000.
20. Skousen J., Rose A., Geidel G., Foreman J., Evans R., Hellier W., 1998, Handbook of technologies for avoidance and remediation of acid mine drainage. West Virginia University, Morgantown.
21. Staśko S., Michniewicz M., 2007, Subregion Sudeten [in:] Regionale Hydrogeologie Polens Band II, Polnisches Institut für Geologie, Warschau.
22. Symanowicz B., Kalmebasz S., Jaremko D., Niedbała M., 2013, Polnische Restbraunkohle als potentielle Düngung für Pflanzen. Annales UMCS – Polonia Vol. 68 (4), Seiten21-27.
23. Szczepański A., 2007, Grubenwässer im Braunkohlenbergbau [in:] Regionale Hydrogeologie Polens Band II, Polnisches Institut für Geologie, Warschau.
24. Trettin R., Glaser H. R., 1995, Hydrochemische Entwicklung bei der Flutung des Tagebaurestloches Cospuden. Glaser W (ed) Workshop Braunkohlebergbaurestseen, Leipzig, 103 – 114.
25. Gewässer Polens, 2020, Karte mit einheitlichen Oberflächen- und Grundgewässern. URL-Adresse: <https://polska.e-mapa.net/>