

## **Braunkohlentagebaue - eine zukünftige Seen- und Erholungslandschaft**

GÜNTER MALYSKA; MARINA MASCHMEIER; REGINA LABUSCHKE; GABRIELE HÄDERMANN

### **Abstract**

MALYSKA, G.; MASCHMEIER, M.; LABUSCHKE, R.; HÄDERMANN, G.: Closing-down brown-coal open-cut mines and a future lake and recreation landscape in Central Germany. - Hercynia N. F. 31 (1998): 1-11.

This article describes the flooding of the closing-down open-cut mines in Central Germany. The redesign of the landscape characterised by open-cut mining in Central Germany causes a change of the present landscape image and to the formation of a lake and recreating landscape at the area.

By means of results in the investigation of the water in the developing lakes in the closing-down open-cut mines, the present and the future quality of these lakes will be discussed with a view on their utilisation as bathing facilities.

**Keywords:** Closing-down open-cut mines, lakes, recreation, Central German area

### **1. Einleitung**

Sachsen-Anhalt verfügt über eine große Anzahl stehender Gewässer, welche von der Bevölkerung zum Zwecke der Erholung bzw. als Badegewässer genutzt werden. Die Badegewässerkarte des Landes Sachsen-Anhalt wies für das Jahr 1997 70 Gewässer aus, an denen sich öffentliche Badestellen befanden.

In ihrer Mehrzahl sind die Badegewässer natürlich entstandene Seen, einige sind anthropogenen Ursprungs. Zu den bedeutendsten der natürlich entstandenen Badegewässer gehören der Arendsee im Norden Sachsen-Anhalts und der Süße See in der Nähe von Eisleben. Anthropogenen Ursprungs sind z.B. der Bergwitzsee, ein ehemaliges Tagebaurestloch im Landkreis Wittenberg, sowie die Talsperre Kelbra im Landkreis Sangerhausen, welche zum Zwecke des Hochwasserschutzes errichtet wurde.

Die Rekultivierung der Braunkohlentagebaulandschaften im Raum Halle-Leipzig, eines zukünftigen wirtschaftlichen Ballungsraumes der Europäischen Union, wird zu bedeutenden Erholungsgebieten in dieser Region führen, zu denen etwa 111 km<sup>2</sup> Wasserfläche gehören werden, welche durch die Flutung der Tagebaurestlöcher entstehen (BILKENROTH 1995).

Zur Gewinnung von Energie und als Rohstoff für die stoffumwandelnde Industrie besaß die Braunkohle in Mitteldeutschland erhebliche Bedeutung. Ihr bergmännischer Abbau, teilweise im Tiefbau, überwiegend jedoch in Tagebauen, begann bereits vor etwa 150 Jahren (HAFFERKORN 1992).

Der Abbau der Braunkohle in großen Tagebauen führte durch die großflächige Zerstörung des Bodens und durch tiefe Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt (BOLLMANN 1951, 1957) sowie durch die Verkippung des Abraumes zu erheblichen Veränderungen der ursprünglichen Landschaft (BARTHEL 1963), welche sich nachteilig auf die Lebensbedingungen der Menschen auswirkten. Zur Förderung der Braunkohle war es notwendig, das sich in den Tagebauen sammelnde Sumpfungswasser durch Wasserhaltungen zu entfernen bzw.

das den Tagebauen zuzitzende Wasser durch Feld- und Randriegelbrunnen von den Tagebauen fernzuhalten. 1988 mußten in den Bezirken Cottbus, Halle und Leipzig der früheren DDR 1,6 Mrd. m<sup>3</sup> Wasser gehoben werden, um die Förderung der Braunkohle zu ermöglichen (CLAUSNITZER 1990).

In den 80er Jahren waren in Mitteldeutschland 21 Braunkohlentagebaue in Betrieb. Gegenwärtig erfolgt der Abbau der Braunkohle nur noch in 4 Tagebauen (BILKENROTH 1995). Mit dem drastischen Rückgang der Braunkohlenförderung in Sachsen-Anhalt von 41,8 Mio. t im Jahre 1989 auf rd. 11 Mio. t im Jahre 1993 (BORBE et al. 1995) begann die Flutung der in dieser Zeit aufgelassenen Tagebaue, so daß sich neue Seen unterschiedlicher Größe in Mitteldeutschland zu bilden beginnen, welche das Bild der Landschaft prägen und zu denen auch Badegewässer gehören werden. So wird sich z. B. im kommenden Jahrhundert das Umfeld der Stadt Bitterfeld, eines der am stärksten anthropogen beeinflussten Gebiete in den neuen Bundesländern, zu einem Wald- und Seengebiet entwickeln, welches große Bedeutung für die Erholung bekommen wird.

Umfangreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Planung und Sanierung der Braunkohlentagebaulandschaft werden von der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft (LMBV) in Sachsen-Anhalt in folgenden Gebieten durchgeführt (Abb. 1):



Abb. 1 Standorte von Sanierungsarbeiten der LMBV (gezeichnet nach Informationen der LMBV)

Raum Gräfenhainichen:	Tagebaue Golpa Nord und Gröbern
Raum Bitterfeld:	Tagebaue Goitsche und Köckern
Raum Geiseltal bei Merseburg:	Tagebaue Mücheln, Kayna und Merseburg-Ost
Raum Nachterstedt:	Tagebaue Nachterstedt/Schadeleben und Königsau
Raum Wulfersdorf:	Tagebau Wulfersdorf
Raum Deuben/Profen:	Restlöcher
Raum Röblingen/Amsdorf:	Tagebau Amsdorf

Einige hydrologische Daten zum Braunkohlenbergbau in Mitteldeutschland sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 Hydrologische Daten zum Braunkohlenbergbau in Mitteldeutschland und in der Lausitz (ZIEGENHARDT 1994)

Von Grundwasserabsenkungen beeinflusste Fläche, in km <sup>2</sup>	1 100
Grundwasserdefizit (Lagerstättenvorräte), in Mrd. m <sup>3</sup>	5,6
Wasserbedarf für die Flutung der Tagebaurestlöcher, in Mrd. m <sup>3</sup>	3,5
Wasserbedarf, Wiederanstieg insgesamt, in Mrd. m <sup>3</sup>	9,1

Mit dem Rückgang der Braunkohlenförderung und der damit einhergehende Flutung der Tagebaurestlöcher beginnt sich seit dem Jahre 1990 der Charakter der Landschaft erneut zu wandeln. Die Begrünung der Abraumhalden und ihres Umfeldes führt zusammen mit den durch die Flutung der Tagebaurestlöcher entstehenden Seen zu Erholungsgebieten, die teilweise bereits jetzt von der Bevölkerung aufgesucht werden. Besondere Bedeutung kommt innerhalb dieser entstehenden Erholungsgebiete den sich bildenden Tagebauseen zu. Bereits in der Vergangenheit entstandene Tagebauseen, wie z.B. der Bergwitzsee südlich von Wittenberg, werden von der Bevölkerung gern als Badegewässer sowie zur Ausübung weiterer sportlicher Aktivitäten genutzt.

In Abhängigkeit von der Größe der Tagebaurestlöcher und abhängig von der Art der Flutung, ob diese ausschließlich mit Eigenwasser aus den anstehenden Grundwasserleitern erfolgt oder ob durch die zusätzliche Einspeisung von Fremdwasser - wie im Falle der vorgesehenen Einspeisung von Saalewasser in die Tagebaurestlöcher des Geiseltales südwestlich von Merseburg - die Flutung beschleunigt wird, ergeben sich Flutungszeiten von einigen Jahren bis zu einigen Jahrzehnten. Nach Angaben der LMBV wird ab dem Jahre 2001 mit der Einspeisung von Saalewasser in die Tagebaurestlöcher des Geiseltales begonnen. Der Abschluß der Flutung wird etwa im Jahre 2010 erfolgen. Demgegenüber hätte die Flutung allein durch den natürlichen Grundwasseranstieg 120 Jahre benötigt (JORDAN, WEDER 1995). Nach abgeschlossener Flutung wird der entstandene See eine Wasserfläche von ca. 19 km<sup>2</sup> und ein Volumen von etwa 410 Mio. m<sup>3</sup> aufweisen (JOLAS 1994). Damit würde er vor dem Arendsee mit rd. 150 Mio. m<sup>3</sup> der größte See in Sachsen-Anhalt sein. Zusammen mit dem vorgesehenen Grüngürtel, den Bädern und anderen geplanten Freizeiteinrichtungen wird ein bedeutendes Erholungsgebiet in Mitteldeutschland entstehen.

### 3. Entwicklung der Wasserqualität

Außer der notwendigen Standsicherheit der Restlochböschungen und der Kippen im Umfeld der Tagebau-

restlöcher, welche eine ausreichende Sicherheit der Erholungssuchenden vor Rutschungen, vor allem bedingt durch Setzungsfließen, und den damit verbundenen Gefahren der Verschüttung und Verletzung für Erholungssuchende gewährleisten muß, sind entsprechende Anforderungen an die Qualität des Badewassers zu stellen, um mögliche gesundheitliche Gefahren, welche vom Wasser ausgehen können, auszuschließen. Diese Anforderungen sind für die Mitgliedsländer der Europäischen Union festgelegt (RICHTLINIE 1975). Sie betreffen sowohl die Anforderungen an die Qualität des Wassers der Bäder an Gewässern wie auch der wilden Badestellen. Vergleicht man die in dieser Richtlinie enthaltenen Richt- und Grenzwerte für die Qualität des Badewassers mit den Qualitätsparametern des Wassers der sich bildenden Tagebauseen, so erkennt man, daß die Anfangsqualität dieses Wassers keinesfalls den Anforderungen der EG-Richtlinie entspricht. Vor allem der pH-Wert des Wassers der neu entstehenden Seen weicht teilweise erheblich von dem geforderten Bereich von 6-9 ab, wie es die Beispiele der Tabelle 2 zeigen, die stellvertretend für eine große Anzahl weiterer Ergebnisse aufgeführt sind. In den Abbildungen 2 bis 4 ist eine Übersicht über die Tagebaurestlöcher bzw. über die entstehenden und untersuchten Tagebauseen dargestellt.

Während der Flutungszeit gleichen die entstehenden Tagebaurestseen großen Reaktoren, in denen chemische und physikalisch-chemische Prozesse bis zur Einstellung eines Endzustandes ablaufen. Sofern es die Milieuparameter des Wassers wie pH-Wert, Sauerstoff- und Nährstoffgehalt gestatten, erfolgt parallel dazu eine

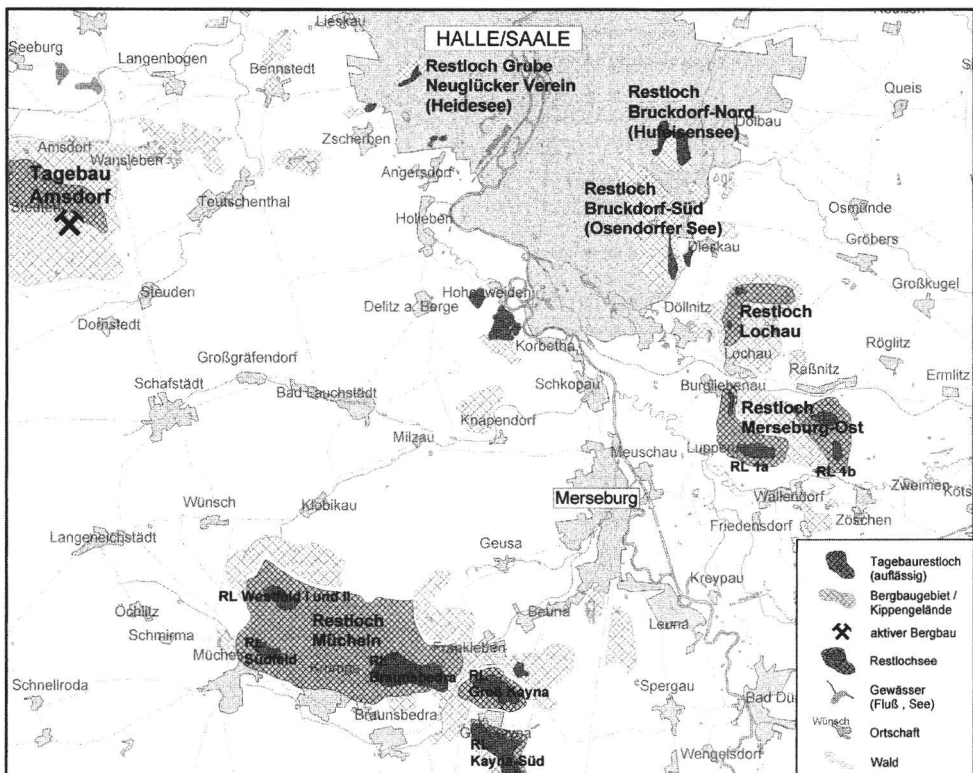


Abb. 2 Bergbaufolgelandschaft Raum Halle/Merseburg

Tabelle 2: Qualitäts-Parameter des Wassers entstehender Tagebaurestseen

Parameter	Tagebau/Tagebaurestloch /Entnahmestelle/Datum									
	Holzweißig/ Paupitzsch/ E 41/95/ 16.11.1995	Köckern/ E 01/95/ 10.06.1996	Rösa- Sausedlitz/ E 27/95/ 27.08.1996	Merseb.-Ost/ Baufeld Ia/ E 38/95/ 12.11.1996	Gröbern/ E 17/95/ 10.12.1996	Goitsche/ Mühlbeck E 21/95 15.07.1996	Goitsche/ Mühlbeck/ E 09/95/ 04.07.1997	Goitsche/ Baufeld Holzweißig/ E 32/95/ 03.06.1997	Goitsche/ Niemeck/ E 19/95/ 07.05.1997	Golpa-Nord/ E 16/95 16.04.1997
Arsen, mg/l	< 0,0005	< 0,0005	0,0054	< 0,0005	0,0006	0,0084	0,0036	< 0,0005	0,0042	< 0,0005
Blei, mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Cadmium, mg/l	< 0,001	< 0,0002	0,0040	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,0003	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Cobalt, mg/l	-	0,023	0,92	0,016	0,013	0,052	0,022	< 0,002	0,037	0,024
Chrom, mg/l	< 0,003	< 0,003	0,056	0,002	< 0,001	< 0,001	0,020	< 0,001	0,019	0,002
Kupfer, mg/l	< 0,005	< 0,002	0,045	< 0,002	< 0,002	0,005	0,006	0,004	0,005	0,003
Nickel, mg/l	0,047	0,047	1,2	0,028	0,028	0,049	0,085	0,009	0,097	0,059
Quecksilber, mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink, mg/l	0,055	< 0,020	5,0	0,46	0,12	0,069	0,17	0,069	0,28	0,14
Aluminium, mg/l	0,24	0,58	10,8	0,07	0,04	3,6	3,5	0,10	23	0,56
Ammonium, mg/l	0,24	< 0,05	0,44	3,5	0,23	-	3,2	0,07	2,6	< 0,05
Barium, mg/l	0,04	-	0,03	0,12	0,06	0,085	0,05	0,13	0,04	0,05
Bor, mg/l	0,35	0,65	0,88	1,6	0,11	-	4,3	0,49	1,3	0,41
Calcium, mg/l	273	500	183	251	181	315	324	197	417	235
Eisen, gesamt, mg/l	0,50	0,11	158	< 0,1	65	158	107	0,06	179	0,16
Kalium, mg/l	9	7	8	37	< 1	5	9	14	33	5
Magnesium, mg/l	66	70	107	30	11	31	32	19	98	21
Mangan, mg/l	1,5	3,8	3,0	0,29	0,60	2,0	2,3	0,02	4,8	1,1
Natrium, mg/l	12	23	22	2460	8	22	41	47	48	4
Fluorid, mg/l	0,40	0,30	< 0,1	0,30	0,11	0,38	0,30	0,93	-	< 0,1
Chlorid, mg/l	18	39	38	3150	8	23	45	75	73	7
Phosphat, mg/l	< 0,05	0,1	0,38	0,54	< 0,05	0,21	0,12	< 0,05	0,16	< 0,05
Sulfat, mg/l	795	1 511	1 793	1 600	432	1 370	1 550	512	2 700	712
Nitrat, mg/l	1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	4	4	< 1
pH-Wert	6,5	7,6	2,7	6,7	6,3	3,5	2,8	8,3	2,9	5,0
Säurekapazität, mmol/l	0,2	-	-	1,0	0,83	-	-14,6	-	-17,1	0,4
elektr. Leitf., µS/cm	1 530	2 470	3 130	11 450	930	2 170	2 770	1 410	3 340	1 250

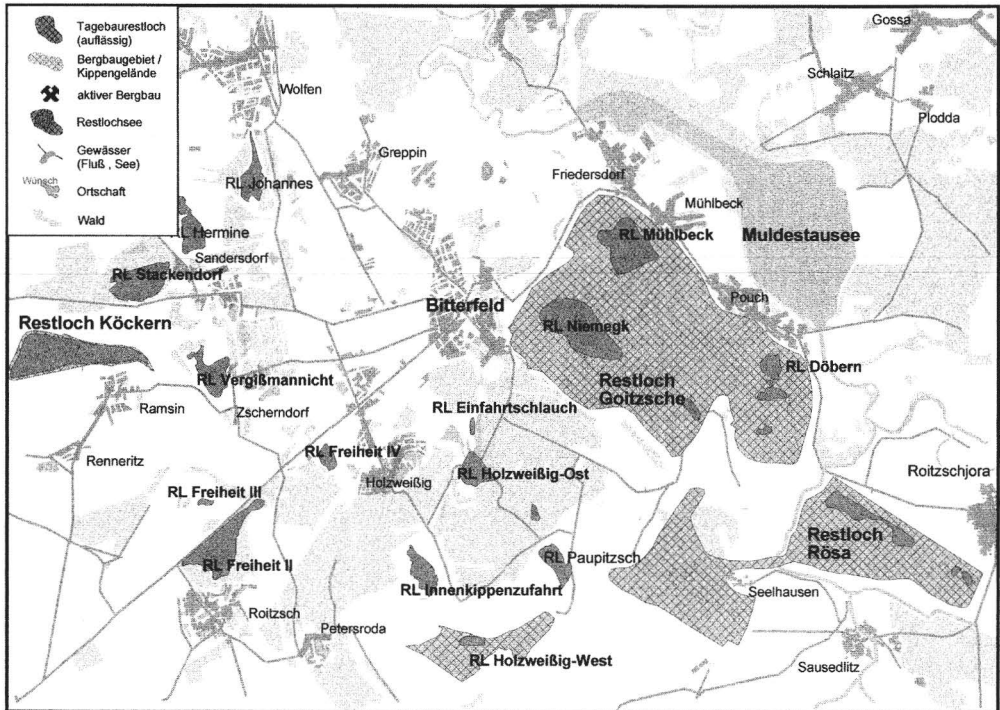


Abb. 3 Bergbaufolgelandschaft Raum Bitterfeld

Besiedlung mit Mikroorganismen und höher entwickelten Lebewesen, welche durch ihre biochemischen Leistungen ebenfalls zur Entwicklung der Wasserqualität beitragen.

Von Bedeutung für die in den Tagebaurestlöchern ablaufenden Reaktionen ist das geochemische Potential der aufgelassenen Tagebaurestlöcher. Dieses wird bestimmt von der Menge und der Art des Mineralienbestandes des Bodens und der Gesteine bzw. von den in ihnen vorkommenden chemischen Elementen und ihres Bindungszustandes. Wirksam und einflußausübend auf die Qualität des Flutungswassers wird das geochemische Potential durch die Wechselwirkung seiner Bestandteile mit dem Flutungswasser sowie mit dem Sauerstoff und dem Kohlendioxid der atmosphärischen Luft. Im Verlaufe dieser Wechselwirkungen kommt es zu vielfältigen chemischen und physikalisch-chemischen Reaktionen an den Grenzflächen der festen und flüssigen Phase, die als Redox-, Komplexbildungs- sowie Lösungsreaktionen einerseits und Fällungsreaktionen andererseits ablaufen können. Während die erstgenannten Reaktionen zur Mobilisierung von Bestandteilen des geochemischen Potentials und somit zu einer Anreicherung von Elementen im Flutungswasser führen, werden durch Fällungsreaktionen und nachfolgender Sedimentation bestimmte Elemente in Form schwer löslicher Verbindungen festgelegt, die einen nur geringen Einfluß auf die Qualität des Flutungswassers ausüben. Eine besondere Bedeutung für die Mobilisierung des geochemischen Potentials besitzt der pH-Wert und das Pufferungsvermögen des Flutungswassers. Sofern nur eine Flutung mit dem Eigenwasser des Tagebaurestloches stattfindet, ist der pH-Wert des sich bildenden Seewassers aufgrund der aus Pyrit bzw. Markasit und Luftsauerstoff gebil-

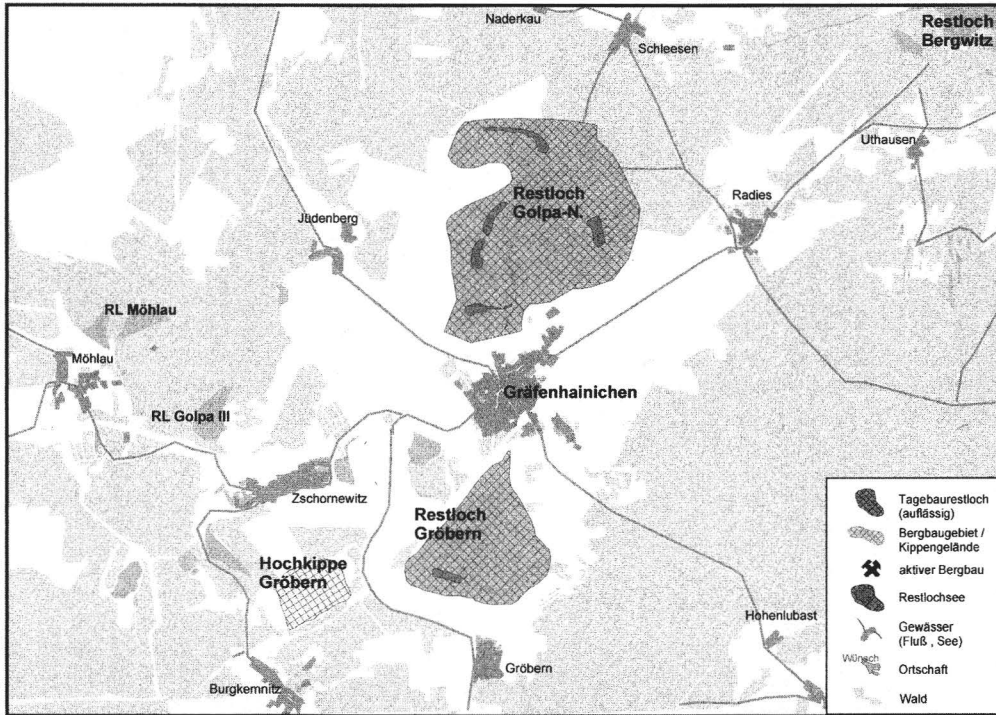


Abb. 4 Bergbaufolgelandschaft Raum Gräfenhainichen

deten Schwefelsäure niedrig und kann Werte unter 3 annehmen, so daß in diesem Falle die verdünnte Schwefelsäure einen großen mobilisierenden Einfluß auf die Bestandteile des Bodens bzw. der Gesteine eines Tagebaurestloches ausübt. So wurden im Bitterfelder Raum, im Friedersdorfer Schluff der Bitterfelder Bernsteinfolge, Pyritgehalte  $> 11\%$  festgestellt, zusammen mit hohen Gehalten an Nickel ( $> 40\text{ mg/kg}$ ), Arsen ( $> 270\text{ mg/kg}$ ) und Zink ( $130\text{ mg/kg}$ ) (WIMMER, SPANGENBERG 1997). Als eine Folge dieser Mobilisierung treten hohe Konzentrationen an Eisen und Mangan im Wasser der Tagebaurestseen auf, zu denen sich weitere Elemente wie Nickel, Chrom, Zink, Aluminium, Arsen u.a. gesellen können, allerdings in einer geringeren Konzentration als die der erstgenannten Elemente.

Das Pufferungsvermögen der Wässer ist gering. Teilweise erreicht die Säurekapazität als ein Maß für die Pufferkapazität der Wässer negative Werte, bedingt durch die niedrigen pH-Werte der entstehenden Wässer. Groß, teilweise sehr groß, sind die Sulfatkonzentrationen als Ergebnis der Verwitterung von Pyrit bzw. Markasit.

Eine weitere Quelle der Versauerung der Wässer in den Tagebaurestlöchern stellen die aus den Kippen ablaufenden schwefelsauren Wässer dar, welche durch oxidativen Abbau der in ihnen enthaltenen Eisensulfide entstehen. Die günstigere der beiden Flutungsmöglichkeiten ist die Einspeisung von Fremdwasser in die Tagebaurestlöcher, sofern ein ausreichendes Wasserdargebot für diese Zwecke vorhanden ist. Sie führt nicht nur zu einem schnelleren Abschluß des Flutungsvorganges, sondern dadurch wird auch eine schnellere

Abdeckung der in den Braunkohlentagebaurestlöchern vorkommenden Eisensulfide erreicht, so daß die aerobe Verwitterung dieser Mineralien gemindert und der Versauerung des Wassers entgegengewirkt wird. Ein weiterer der Versauerung entgegenwirkender Faktor bei einer Flutung mit Fremdwasser ist auch dessen Gehalt an Calciumhydrogencarbonat.

Möglich sind auch Schichtungen der sich bildenden Wasserkörper aufgrund der unterschiedlichen chemischen Beschaffenheit des bodennahen Tiefenwassers und des darüber befindlichen Wassers. Als ein Beispiel für solche Verhältnisse sei der Hufeisensee östlich von Halle genannt, ein ehemaliges Tagebaurestloch, welches seit dem Abschluß der Flutung von Einwohnern der Stadt Halle als wilde Badestelle sowie zu Tauch- und Wasserski-Sportaktivitäten genutzt wird. In der Tabelle 3 sind Konzentrationsangaben für einige chemische Parameter des Wassers des Hufeisensees zusammengestellt, die vom früheren BEZIRKSHYGIENEINSTITUT HALLE (1988) bestimmt wurden. Die vom Staatlichen Amt für Umweltschutz des Regierungsbezirkes Halle in den Folgejahren durchgeführten Untersuchungen bestätigen, daß sich die Größenordnung der damals ermittelten Werte bis in die Gegenwart nicht verändert hat. Frühere Befürchtungen, daß Sickerwässer aus einer unmittelbar an den Hufeisensee angrenzenden Deponie die Qualität des Wassers vom Hufeisensee erheblich beeinflussen könnten, wurden durch umfangreiche Untersuchungen bisher nicht bestätigt (DERMITZEL et al. 1995).

Tabelle 3 Chemische Qualitätsparameter des Wassers des Hufeisensees (23.08.1988)

Tiefe (m)	Temperatur (°C)	Sauerstoff (mg/l)	pH-Wert	Ges. Härte (°dH)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Fe, ges. (mg/l)	Mn <sup>2+</sup> (mg/l)
0,0	20,1	7,6	7,9	68,4	< 0,01	< 0,05	3	1220	34	228	160	< 0,10	< 0,10
2,5	20,2	7,5	8,0	68,4	< 0,01	< 0,05	2	-	28	226	-	< 0,10	0,10
5,0	20,1	6,3	7,9	68,4	< 0,01	< 0,05	3	-	36	228	-	< 0,10	0,27
7,5	15,6	1,6	7,3	70,0	< 0,01	< 0,05	5	-	25	228	-	< 0,10	0,31
10,0	10,2	5,0	7,3	70,4	< 0,01	< 0,05	6	-	19	224	-	< 0,10	0,25
12,5	9,6	4,8	7,3	70,0	< 0,01	< 0,05	5	-	25	224	-	0,12	0,55
15,0	9,0	4,9	7,3	69,0	< 0,01	< 0,05	4	-	21	228	-	< 0,10	0,55
20,0	8,6	2,3	7,2	70,0	< 0,01	< 0,05	4	-	27	240	-	0,20	1,22
25,0	7,5	0,0	6,3	161,0	-	< 0,05	6	199	1110	9000	5500	< 0,10	2,60
27,0	Schlamm												

Unmittelbar über dem Boden des Hufeisensees befindet sich eine Wasserschicht, welche sich aufgrund ihres hohen Salz- und Schwefelwasserstoffgehaltes wesentlich vom darüber befindlichen Wasser unterscheidet. Der Schwefelwasserstoff im bodennahen Tiefenwasser verhindert auch, daß Schwermetalle, welche aus dem Boden des Sees bzw. aus den Resten der Braunkohle gelöst werden und in das darüber befindliche Wasser sowie damit auch in das Oberflächenwasser gelangen können, mit dem der Badegast in Kontakt kommt. Als schwerlösliche Sulfide verbleiben sie im anaeroben Tiefenwasser der Bodenzone bzw. als Sedimente auf dem Grunde des Sees.

In Abb. 5 ist die Temperatur-Tiefen-Kurve dargestellt, welche die thermische Schichtung des Wassers des Hufeisensees während der Zeit der Sommerstagnation zum Ausdruck bringt. Deutlich erkennbar ist die Temperatur-Sprungschicht, das Metalimnion, in einer Tiefe zwischen 5 und 10 Metern. Das Wasser ist arm an Nährstoffen, so daß eine Massenalgenentwicklung bisher im Hufeisensee nicht beobachtet wurde. Bakteriologische Untersuchungen des Wassers dieses Sees im früheren Bezirkshygieneinstitut Halle bzw. im Hygieneinstitut Sachsen-Anhalt auf der Grundlage der genannten EG-Richtlinie ergaben bisher nur in sehr wenigen



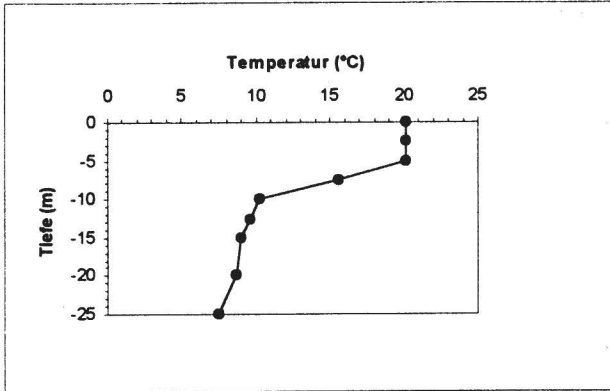


Abb. 5 Temperatur-Tiefen-Kurve des Hufeisensees (23.08.1988)

BEZIRKSHYGIENEINSTITUTES HALLE (1971) im Zusammenhang mit einer Studie zur Wasserqualität in Tagebaurestlöchern sowie während der Untersuchungen im Rahmen der Überwachung der Badewasserqualität erhoben. Mit einer mittleren Tiefe von 14 m und einer Fläche von 2 km<sup>2</sup> stellt der Bergwitzsee im Vergleich zu anderen Tagebaurestlöchern nur ein kleines Tagebaurestloch dar. Trotz seiner geringen Größe ist er jedoch ein Beispiel für die große Zeit, welche erforderlich ist, damit im Falle der Flutung eines Tagebaurestloches ausschließlich mit Eigenwasser der pH-Wert des Wassers aus dem stark aciden in den neutralen Bereich ansteigt.

Tabelle 4 Zeitliche Entwicklung des pH-Wertes, der Eisen- und Mangankonzentration des Wassers des Bergwitzsees

Datum	pH-Wert	Eisen (mg/l)	Mangan (mg/l)
18.04.1963	4,0	10,0	2,4
20.11.1964	3,1	8,2	2,2
07.06.1971	3,1	3,2	2,8
Juli 1978	6,5	persönl. Mitt. von Frau Dr. Both , Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt	
20.07.1988	6,9	< 0,1	0,5

Nach dem Erreichen des Endzustandes unterliegen die Tageauseen den gleichen jahreszeitlichen Rhythmen, die auch bei natürlich entstandenen Seen zu beobachten sind. Aufgrund ihrer Tiefe wird sich während der Sommermonate, d. h. während der Badesaison, eine stabile thermische Schichtung des Wasserkörpers ausbilden, der eine Frühjahrszirkulation vorangeht bzw. eine Herbstzirkulation folgt.

Das Wasser aller Tagebaurestlöcher wird im Falle der Flutung mit Eigenwasser arm an Phosphor- und Stickstoffverbindungen sein, so daß Massenentwicklungen von Algen nicht zu befürchten sind. Andere Verhältnis-

Fällen zu beanstandende Ergebnisse. Ähnliche Ergebnisse sind auch von den weiteren sich bildenden Tageauseen zu erwarten.

Die Entwicklung der Wasserqualität der Tageauseen ist nicht in kurzer Zeit beendet, sondern sie erfolgt im Verlaufe einiger Jahre, wie es das Beispiel des Bergwitzsees zeigt. In Tabelle 4 sind der pH-Wert sowie die Eisen- und Mangankonzentrationen des Wassers in Abhängigkeit von der Zeit enthalten.

Die Ergebnisse wurden durch Untersuchungen des früheren

se können sich bei einer Flutung mit Fremdwasser entwickeln, sofern dieses ein ausreichendes Angebot pflanzlicher Nährstoffe enthält. So wurden z.B. im Tagebausee Kretzschau bei Zeitz, an dem sich ein öffentliches Bad befindet, wiederholt Massenalgenentwicklungen von Blaualgen der Gattung *Microcystis* beobachtet. Die Ursache für diese Entwicklungen sind kommunale sowie landwirtschaftliche Abwässer, welche mit dem Wasser des Thierbaches, der in das Tagebaurestloch mündet, in dieses gelangen.

#### 4. Zusammenfassung

MALYSKA, G.; MASCHMEIER, M.; LABUSCHKE, R.; HÄDERMANN, G.: Aufgelassene Braunkohlentagebaue und eine zukünftige Seen- und Erholungslandschaft in Mitteldeutschland. - *Hercynia* N. F. 31 (1998): 1-11.

Die Sanierung der Braunkohlentagebaue und ihres Umfeldes führt in Mitteldeutschland zur Entstehung neuer Erholungsgebiete für die Bevölkerung dieses Raumes. Unabhängig davon, ob die durch die Flutung der Tagebaurestlöcher entstehenden Seen für Badezwecke vorgesehen sind oder nicht, werden sie im Blickpunkt der Menschen dieser Region stehen. Die Erfahrung mit den in der Vergangenheit aufgelassenen Kiesgruben und Braunkohlentagebauen sowie mit den in ihnen entstandenen Seen lehrt, daß sie begehrte Objekte für wassersportliche Aktivitäten der Bevölkerung sein können. Um Gesundheitsgefahren für die Bevölkerung abzuwehren, ist der Entwicklung der Wasserqualität die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken, auch wenn es sich im Sinne der genannten EG-Richtlinie nicht in allen Fällen um Gewässer mit öffentlichen Bädern, sondern teilweise um wilde Badestellen handeln wird. Deshalb ist der Entwicklung der Wasserqualität der sich bildenden Tagebauseen durch chemische, hydrobiologische und bakteriologische Untersuchungen die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken. Zu überwachen ist in diesem Zusammenhang auch die Entwicklung der Ufer bzw. der Strände, bei denen ebenfalls die Gefahr der Versauerung bestehen kann, wie es das Beispiel des aus einem Tagebaurestloch hervorgegangenen „Mondsees“ bei Pirkau im Landkreis Weißenfels beweist.

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Landschaftsplanern, Geologen, Biologen, Umweltmedizinern und Vertretern weiterer Disziplinen könnte dazu führen, im mitteldeutschen Raum durch die Sanierung der durch den Bergbau und durch die Industrie seit dem 19. Jahrhundert malträtierten Landschaft Erholungsgebiete von großer Bedeutung zu schaffen. Der Aufwand dafür wird groß sein - er würde sich jedoch lohnen.

#### 5. Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungsergebnisse wurden im Hygieneinstitut Sachsen-Anhalt, Institutsbereich Halle, erhoben. Sie sind ein Teil des „Gemeinschaftsvorhabens Braunkohlesanierung - Hydrogeologie“; eines Gemeinschaftsprojektes der Staatlichen Geologischen Dienste Sachsen-Anhalts, Thüringens, Brandenburgs und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover. Die Entnahme der Proben erfolgte durch Mitarbeiter des Geologischen Landesamtes Sachsen-Anhalt, Halle, im Rahmen des genannten Programmes. Unser Dank gilt den Mitarbeitern des Geologischen Landesamtes Sachsen-Anhalt, Herrn Dr. Pretschold, Herrn Wimmer und Herrn Koch für die Unterstützung dieser Arbeit und für die Bereitstellung der Übersichtskarten der Bergbaufolgelandschaften.

#### 6. Literatur

BARTHEL, H. (1963): Braunkohlenbergbau und Landschaftsdynamik. Ergänzungsheft Nr. 270 zu Petermanns Geographischen Mitteilungen. Gotha.

- BEZIRKSHYGIENEINSTITUT HALLE (1971): Studie zur Wasserqualität in Tagebaulöchern. Erarbeitet für das Braunkohlenkombinat Geiseltal, Großkayna. Unveröff.
- BEZIRKSHYGIENEINSTITUT HALLE (1988): Stellungnahme zur Nutzung des Hufeisensees als Badegewässer. - Unveröff. Stellungnahme für den Rat der Stadt Halle.
- BILKENROTH, K.-D. (1995): Braunkohlenlagerstätten und Umwelt. Z. geol. Wiss. 23 (1/2) 141-146.
- BOLLMANN, H. (1951): Die Nöte der Wasserversorgung des Landes Sachsen-Anhalt, ihre Ursachen und ihre Behebung. WWT Wasserwirtschaft-Wassertechnik 1:134-141.
- BOLLMANN, H. (1957): 50 Jahre Grundwasserbeobachtungsdienst in Mitteldeutschland. Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Nr.17, Hrsg. Meteorologischer und Hydrologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik. Berlin.
- BORBE, H.; KARPE, P.; LUGE, J.; MODEL, E. (1995): Die Lagerstätten mineralischer Rohstoffe in Sachsen-Anhalt. Mitteilungen zur Geologie von Sachsen-Anhalt. 1: 129-148. Hrsg. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle.
- CLAUSNITZER, E. (1990): Die Wasserwirtschaft der DDR und die Lage der Wasserversorgung. gwf/Wasser, Abwasser 131, 612-616.
- DERMITZEL, J.; GLÄSER, H. R.; HAENDEL, D.; KOWSKI, P. (1995): Komplexe Erfassung von Fließpfaden und Stofftransportvorgängen aus einem in ein Tagebaurestloch verbrachten Deponiekörper Fallstudie Hufeisensee. Z. geol. Wiss. 23 (1/2), 147-162.
- HAFERKORN, B. (1992): Bergbau und Wasserwirtschaft in Mitteldeutschland. Symposium Braunkohlenbergbau und Wasserwirtschaft in Mitteldeutschland und in der Lausitz THA-Berlin, 9. Juli 1992.
- JOLAS, P. (1994): Wasserwirtschaftliche Problemstellungen und Lösungsansätze bei der Gestaltung der Bergbaufolgelandschaft im mitteldeutschen Braunkohlerevier. 2. Symposium Braunkohlenbergbau und Wasserwirtschaft in Mitteldeutschland und in der Lausitz THA-Berlin, 27. Januar 1994.
- JORDAN, H.; WEDER, H.-J. (1995): Hydrogeologie. Grundlagen und Methoden. Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. 2. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- RICHTLINIE des Rates vom 8. Dezember 1975 über die Qualität der Badegewässer (76/160/EWG).
- WIMMER, R.; SPANGENBERG, R. (1997): Hydrogeologische und hydrochemische Verhältnisse im Raum Bitterfeld, vorgestellt am Beispiel des Testgebietes Goitsche. Grundwasserentwicklung in den Braunkohlegebieten der neuen Länder. Vortragsband des 3. GBL-Kolloquiums vom 19.-21. Februar 1997. Ergebnisse und Empfehlungen. Heft 4, 64-72.
- ZIEGENHARDT, W. (1994): Wasserwirtschaftliches Rahmenkonzept zur Sanierung des bergbaubeeinträchtigten Wasserhaushalts. 2. Symposium Braunkohlenbergbau und Wasserwirtschaft in Mitteldeutschland und in der Lausitz THA-Berlin, 27. Januar 1994.

*Manuskript angenommen: 25. März 1998*

*Anschrift der Verfasser: Dr. Günter Malyska, Dr. Marina Maschmeier, Regina Labuschke, Gabriele Hädermann: Hygieneinstitut Sachsen-Anhalt, Institutsbereich Halle, Burgstraße 40/41, D-06114 Halle (Saale).*