

Hallesches Jahrb. Geowiss.	R. A	Bd. 21	Halle (Saale) 1999	S. 115 - 131
----------------------------	------	--------	--------------------	--------------

Großmaßstäbige Landschaftsgliederung von Braunkohlentagebauen für geoökologische und naturschutzfachliche Untersuchungen in Mitteldeutschland - Methodik und Anwendungsbeispiele

Large scaled landscape differenciation in open-cast lignite minings for geoeological studies in Central Germany - Methods and practical projects

Mit 6 Abbildungen und 5 Tabellen

Von WOLFGANG FROTSCHER

Zusammenfassung: Durch den seit mehreren Jahrhunderten in Mitteldeutschland umgegangenen Braunkohlenbergbau (Tagebau) sind etwa 470 km² Fläche direkt in Anspruch genommen worden. Mit der bergbaulichen Tätigkeit verbunden waren und sind gravierende Störungen des Naturhaushaltes und Veränderungen der gesamten landschaftsökologischen Situation. Beispiele dafür sind regionale Grundwasserabsenkungen, die Umverlegung von Vorflutern, die Abtragung sowie die Beseitigung der Boden- und Vegetationsdecke bis hin zur Schaffung völlig neuer, anthropogener Oberflächenformen. Was bleibt, ist die Bergbaufolgelandschaft. Im Zusammenhang mit den wirtschaftlichen und energiepolitischen Umstrukturierungsprozessen in Ostdeutschland Anfang der 90er Jahre wurden die aktiven Tagebaue in Größenordnungen stillgelegt und ein in seiner Dimension einmaliges ökologisches Sanierungsprogramm in Gang gesetzt. Neben der rechtlich geforderten Herstellung der bergtechnischen Sicherheit in den Böschungs- und Kippensystemen sowie der Schaffung eines sich weitestgehend wieder selbst regulierenden Wasserhaushalts sind auch Fragen einer ökologisch vertretbaren Nachnutzung der Flächen zu beantworten. Ein in den letzten Jahren immer stärker in das fachliche und öffentliche Interesse rückendes Thema ist die Erfassung, Bewertung und Sicherung von naturschutzfachlichen Potentialen in der Bergbaufolgelandschaft. Neuste Erkenntnisse haben dabei zu einer Umbewertung der einst als "Mondlandschaften" abgewerteten Tagebau-, Kippen- und Haldenflächen geführt. Um den enormen Informations- und Handlungsbedarf für geoökologische Fragestellungen abdecken zu können, werden kurzfristig anwendungsorientierte Untersuchungs- und Forschungsergebnisse benötigt. Das im Beitrag vorgestellte Physiotop-Konzept wendet die Methodik der großmaßstäbigen physisch-geographischen Landschaftsgliederung auf den Landschaftstyp "Bergbaufolgelandschaft" an. Entscheidende Arbeitsprämissen sind: flächendeckende Bearbeitung, kurzfristige Verfügbarmachung von Ergebnissen, digitale Datenhaltung und -bearbeitung, Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse, Nutzbarkeit der Resultate im Prozeß der Braunkohlensanierung. Die Untersuchungen sind im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) in den Jahren 1995 - 1998 geförderten und finanzierten Projektes "Konzepte für die Erhaltung, Gestaltung und Vernetzung wertvoller Biotope und Sukzessionsflächen in ausgewählten Tagebausystemen" durchgeführt worden.

Summary: The open-cast lignite mining in Central Germany has directly used an area of about 470 km² in the last two centuries. These activities were connected with extremely disturbances of the natural system and total changes of the ecological situation of the landscape. As facts therefore can be mentioned the regional sinking of ground water level, the remove of rivers and brooks, the pulling down of soil and vegetation and also the construction of new technicaly geomorphological forms. The result of this all is the open-cast lignite post-mining landscape. In the result of the economic and political changes in East Germany in the beginning of the 90th the most of open-cast lignite mines were closed

and a great rehabilitation programm was initiated. Besides the legal required establishment of geotechnical security in the slope systems and also besides the creation of a self-regulating water balance system there must be answered some questions in connection with the sustainable and ecologic reasonable development of these areas after their rehabilitation. More and more the public interest focussed on topics like of registration, analysis and valuation of natural potentials in this type of landscape in the last years. Changes in the point of view of the public lead to a re-valuation of the open-cast lignite post-mining areas, tips and dumps, which were earlier disregardedly called "moon-landscapes". To satisfy the large demand for information and to take measures, results from basic scientific researches are needed in short time. The following article describes a method of a so called concept of "physiotops". It is used for large scaled, physical-geographic division of the lignite post-mining landscapes. Relevant criterions for realizing the conception are: short-term availability of results, digital datamanagement, understandable representation and usefulness of the results during the rehabilitation process. The article is related to a scientific project "Conception for conversation, organization and protection of valuable biotops and pioneer-areas in some open-cast systems", which was promoted by BMBF in the years from 1995 to 1998.

1 Einleitung

Der Braunkohlenbergbau hinterläßt eine extrem anthropogen veränderte Landschaft - die Bergbaufolgelandschaft. Mit Beendigung der aktiven Kohleförderung beginnen die Maßnahmen zur Herstellung der öffentlichen Sicherheit sowie zur Wiedernutzbarmachung der Flächen. Im Vergleich mit der radikalen Auskohlungsphase vor 1990 läßt sich hinsichtlich der Sanierung und Rekultivierung die gegenwärtige Phase wie folgt charakterisieren.

- In den aktuellen Sanierungstagebauen Mitteldeutschlands ist ein deutlicher Rückgang von Rekultivierungsdefiziten in Bezug auf die bergbaulich in Anspruch genommene Fläche zu verzeichnen. Das heißt, daß seit Beginn der 90er Jahre mehr Flächen einer Nachnutzung zugeführt werden als Betriebsflächen für bergbauliche Zwecke benötigt werden. Lag das Verhältnis von Betriebsflächen zu Rekultivierungsflächen im mitteldeutschen Braunkohlenrevier Ende 1995 bei ca. 50 %, so dürfte es Ende 1998 bei etwa 65 % zugunsten der Rekultivierungsflächen angelangt sein. Eine tagebaubezogene Übersicht für Ende 1995 weist dabei Schwankungsbreiten von < 20 % bis 100 % aus (LMBV 1996).
- Die in der Vergangenheit durch Rekultivierungsmaßnahmen vorrangig angestrebte landwirtschaftliche Nachnutzung geht anteilig zurück. Gleichmaßen wächst der Anteil an Aufforstungsflächen, aber auch an Flächen, die dem Natur- und Landschaftsschutz vorbehalten bleiben. Im Zuge der in den nächsten 10 bis 50 Jahren zu erwartenden Flutungen der Restlöcher wird allein in Sachsen-Anhalt ein Zuwachs an offenen Wasserflächen von 60 bis 65 km² zu erwarten sein. In ähnlicher Größenordnung werden sich die Verhältnisse in Westsachsen und Nordostthüringen einstellen. Im mitteldeutschen Braunkohlenrevier werden insgesamt nach Abschluß aller Flutungsmaßnahmen die Wasserflächen ca. ein Viertel der Bergbaufolgelandschaft ausmachen.
- In den Tagebaulandschaften laufen hochkomplexe wie auch hochdynamische Vorgänge ab. Praktisch alle Geofaktoren werden permanent technisch beeinflusst. Dazu zählen u.a. Grundwasserabsenkung, Erdmassenbewegungen z.B. durch Verkippungen, Böschungabflachungen und Kulturbodenauftrag, weiterhin Melioration, Aufforstung usw. Gleichzeitig laufen außerhalb der direkten Sanierungsbeeinflussung natürliche Prozesse ab. Hier spielen hydrologische, pedologische, morphologische Vorgänge und Sukzessionsabläufe eine entscheidende Rolle. Mit dem Sanierungsfortschritt und der abschließenden Flutung nimmt diese Entwicklung an Intensität, Dynamik und Geschwindigkeit i.d.R. ab.

Aus landschaftsökologischer und naturschutzfachlicher Sicht sind die grob skizzierten Prozesse und Veränderungen, denen die Folgelandschaften des Braunkohlenbergbaus unterliegen, als großes Potential aufzufassen. Damit verbunden ist eine Reihe von forschungs- und praxisorientierten Fragestellungen wie z.B.:

- Welches sind die naturschutzfachlich relevanten Potentiale in der Bergbaufolgelandschaft?
- Wie können diese Potentiale erfaßt und bewertet werden?
- Welches sind die wesentlichen geoökologischen Prozesse und Zusammenhänge?

- Gelten die gleichen Kriterien wie in den gewachsenen Landschaften?
- Welche Einflußfaktoren und Wechselbeziehungen prägen das standörtliche und landschaftliche Bedingungsgefüge in den Tagebauen? Welches Bezugssystem ist sinnvoll?
- Wie sollten die Daten aufbereitet und beispielsweise in Konzepte für den Landschaftsverbund oder die Biotopvernetzung umgesetzt werden?

Auf Grund der plötzlichen und in enormen Größenordnungen durchgeführten Stilllegung von Tagebauen zu Beginn der 90er Jahre fehlten und fehlen zum Teil immer noch naturschutzfachliche sowie landschaftsökologische Bestandsaufnahmen. Darüber hinaus war ein spürbares Defizit an raumordnerischen und raumplanerischen Zielvorgaben in Bezug auf die Nachnutzung der Bergbauflächen zu verzeichnen. Angesichts des dadurch bedingten fachlichen Informationsbedarfs, der häufig mehrfachen Überlagerung von Nutzungsansprüchen auf einzelnen Flächen und der immer weiter fortschreitenden Sanierung müssen in kürzester Zeit relevante Aussagen, Konzepte und Vorschläge zum weiteren Umgang mit diesen Räumen vorgelegt werden.

In diesem Zusammenhang wird das Fehlen geeigneter Methoden und Instrumentarien zur Gliederung, Beschreibung und Bewertung des eigenständigen Landschaftstyps "Bergbaufolgelandschaft" deutlich. Wegen der Vielzahl landschaftsökologischer Besonderheiten des extrem anthropogen beeinflussten Systems greifen z.B. klassische Verfahren der physisch-geographischen oder auch der biozönotischen Landschaftsgliederungen nur bedingt oder gar nicht. Im Beitrag wird ein Landschaftsgliederungskonzept vorgestellt, welches diese fachliche und methodische Lücke schließen soll. Neben den physisch-geographischen Inhalten werden auch Aspekte der flächenhaften Bearbeitbarkeit, der Praktikabilität und der rechentechnischen Umsetzbarkeit betrachtet.

2 Entwicklung und Verbreitung des Braunkohlenbergbaus in Mitteldeutschland

Der Braunkohlenbergbau in Mitteldeutschland kann auf eine mehr als 500jährige Geschichte zurückblicken. Vermutlich ist die 1382 urkundlich erwähnte Grube in Lieskau bei Halle der älteste Nachweis. Im 15. und 16. Jahrhundert werden mehrfach Schürfe nach Braunkohle im halleschen Raum genannt. Aus dem Jahre 1492 stammt die erste Erwähnung von "brennbarer Erde" im Altenburg-Meuselwitzer Revier. In den anderen Revieren sind die erschließbaren Funde von Braunkohle vor allem in das 17. und 18. Jahrhundert zu datieren (BARTHEL 1962, BERKNER 1989, OELKE 1999).

Aus dem anfänglich saisonal und ausschließlich für die private Nutzung betriebenen Braunkohlenabbau hat sich ein gesellschaftsbestimmender Wirtschaftsbereich entwickelt, dessen Einfluß auf die Landschaft "geologische Dimensionen" (EISSMANN 1992) erreicht hat.

Als wichtige Zeitetappen der Abbauentwicklung in Mitteldeutschland nennt BERKNER (1998, S. 770) folgende Phasen:

1. Vorindustrielle Phase (bis 1850) mit Abbau in Bauerngruben
2. Frühindustrielle Phase (1879 - 1929) bei vorherrschendem Tiefbaubetrieb bis ca. 1910 und parallel dazu Abbau in kleinen und mittelgroßen Tagebauen
3. Großindustrielle Phase (1920 - 1950) mit Aufkommen von Großtagebauen und parallel dazu weiterer Betrieb von kleinen und mittelgroßen Tagebauen sowie Tiefbaubetrieben
4. "Radikale Auskohlungsphase" (1950 - 1990) bei Durchsetzung der Großtagebaue mit weiter zunehmenden Förderleistungen und dem Verschwinden von Kleintagebauen sowie von Tiefbaubetrieben
5. Phase der "kleinen Braunkohlenschiene" (1991 - ca. 2040) mit Konzentration der Förderung auf wenige Tagebaue

Im Mitteldeutschen Revier, es hat Anteile in Sachsen-Anhalt, Westsachsen und Nordostthüringen, liegen die Hauptverbreitungsgebiete der tertiären Braunkohlen in den Räumen Bitterfeld-Gräfenhainichen, Halle-Merseburg, Zeitz-Weißenfels-Hohenmölsen und im Südraum Leipzig (Abb. 1).

Eine verlässliche Flächenbilanz seit Beginn der Braunkohlegewinnung zu erarbeiten ist auf Grund der lückenhaften und dezentralen Datenlage insbesondere zum Altbergbau schwierig. Dennoch sollen in Abb. 2 die verfügbaren Angaben zu den verschiedenen Tagebauen und Restlöchern dokumentiert werden. Insgesamt wurden in Mitteldeutschland bislang etwa 470 km² Fläche durch den Braunkohlenbergbau direkt beansprucht. Im Vergleich mit anderen Nutzungsarten werden Größenordnungen erreicht, die z.B. im Bereich der Wasserflächen, Grünlandflächen oder militärisch genutzten Flächen liegen dürften.

3 Entwicklungsphasen und landschaftsökologische Bedeutung der Braunkohlentagebaue

Die Braunkohlentagebaulandschaften lassen sich aus landschaftsökologischer und naturschutzfachlicher Sicht generell durch eine Entwicklungslinie darstellen, die eine Erschließungs- und Abbauphase, eine Sanierungsphase und eine Nachnutzungsphase umfaßt. Im Gegensatz zur Entwicklung in anderen Landschaftsräumen wandelt sich in der beschriebenen Abfolge das Erscheinungsbild der Bergbaulandschaft "katastrophenartig". Aus landschaftsökologischer Sicht ist darunter die schlagartige und grundlegende Veränderung des Ökosystems durch technisch-exogene Prozesse zu verstehen. Eine Rückkehr zu dem standörtlichen Bedingungsgefüge vor dem bergbaulichen Eingriff findet nicht mehr statt. Es werden in der Folge mehrere anthropogen gesteuerte und instabile Landschaftszustände durchlaufen. Der Gesamtprozeß bis zum Erreichen relativ stabiler Ökosystemstadien dauert Zeiträume von einigen Jahrzehnten bis mehreren Jahrhunderten. Die Flächendimension reicht von ca. 10 ha bis mehr als 4.000 ha in den Tagebausystemen Mitteldeutschlands.

3.1 Erschließungs- und Abbauphase

Die Erschließungs- und Abbauphase führt zu einem massiven und komplexen Eingriff in den Landschaftshaushalt, der ausnahmslos technogen geprägt ist. Als entscheidende landschaftsökologische Auswirkungen sollen genannt werden:

- die großräumige Grundwasserabsenkung und Oberflächenentwässerung ganzer Einzugsgebiete bzw. Teile davon
- die vollständige Abtragung der Boden- und Vegetationsdecke sowie des Abraums über den förderwürdigen Kohleflözen bei teilweise selektiver Verkippungs- und Ablagerungsstrategie
- die Erzeugung eines generellen Massendefizits (Depression) durch den Abtransport der Rohbraunkohle sowie der nutzbaren Begleitrohstoffe (u.a. Sande, Kiese, Tone)
- die Schaffung neuer, technischer Oberflächenformen wie Kippen, Halden, Restlöcher, Bermen oder auch Böschungssysteme, die in Abhängigkeit von der Technologie nach Form, Größe und Zusammensetzung unterschiedlich ausgeprägt sind

In der unmittelbaren "Erschließungs- und Abbaufont" sind die vorbergbaulichen ökologischen Wirkungsmechanismen vollständig außer Kraft gesetzt. Es gehen damit auch Naturschutzpotentiale, die sich in der vorbergbaulichen Phase entwickelt haben, verloren.

3.2 Sanierungsphase

Mehr oder weniger zeitversetzt zur Abbauphase beginnt die Sanierungsphase. Sie hat vor allem aus bergrechtlicher Sicht das Ziel, die öffentliche Sicherheit herzustellen und die Voraussetzungen für eine nachhaltige Nutzung zu schaffen. Die wiederum anthropogenen Maßnahmen umfassen insbesondere Arbeiten zur Böschungsprofilierung, zur Rekultivierung und zur Flutung der Tagebaurestlöcher als dem abschließenden Kernstück der Sanierung.

Aus verschiedenen Gründen fanden und finden diese Maßnahmen nicht auf allen Flächen statt. In der Vergangenheit entstanden die Rekultivierungsdefizite insbesondere durch die Konzentration auf den Abbau. Gegenwärtig werden bewußt Flächen auch unsaniert belassen. Denn durch quasi natürliche Entwicklungsprozesse haben sich in vielen Tagebaubereichen Naturschutzpotentiale eingestellt, die z.B. für den Arten- und Biotopschutz sowie die Herausbildung von Biotopverbundsystemen von großer Bedeutung sind. Bergbaugebiete stellen neben den aufgelassenen Militärliegenschaften das bedeutendste Flächenreservoir in diesem Zusammenhang dar. Dabei liegt der naturschutzfachliche Wert vor

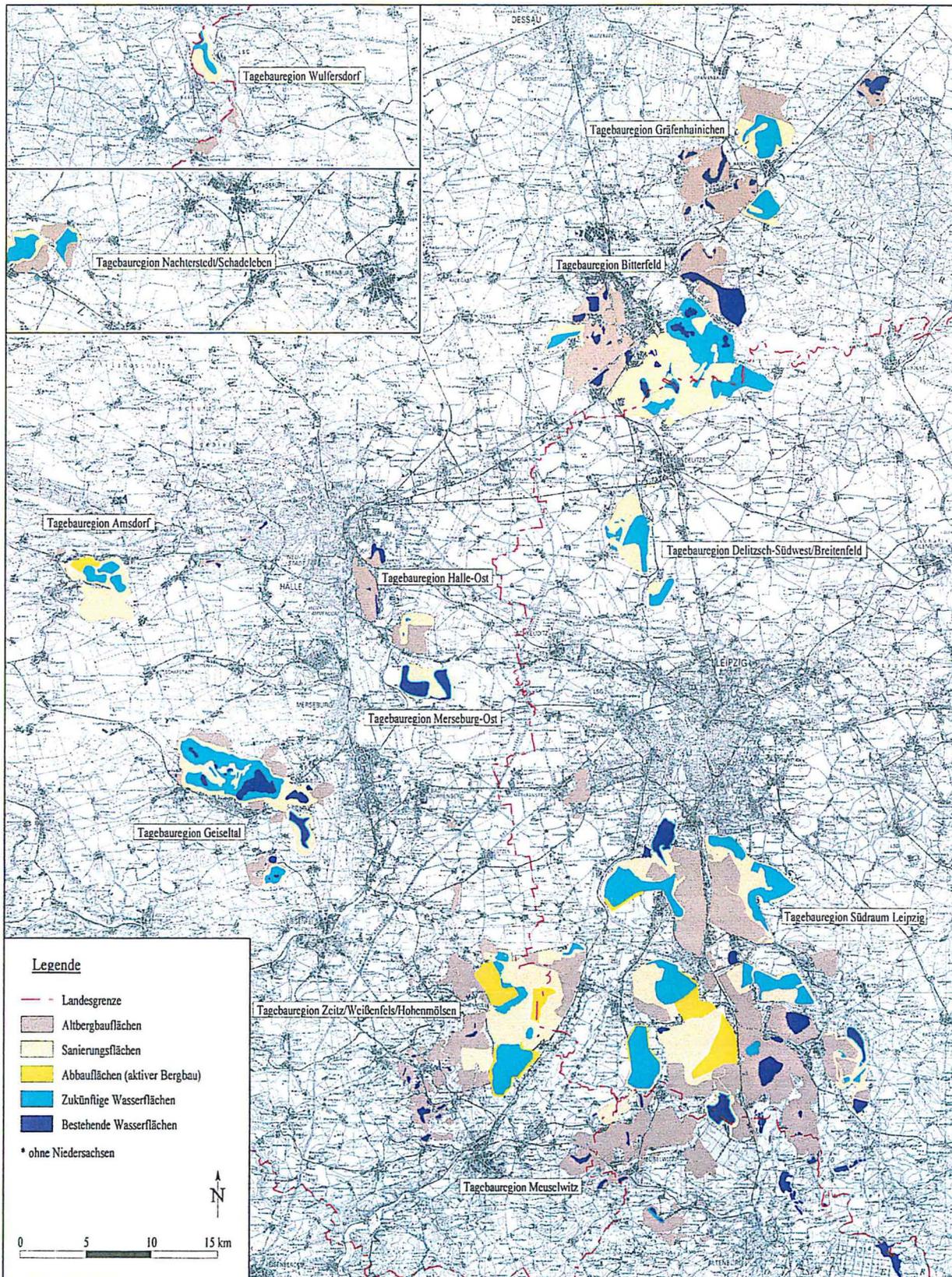


Abb. 1: Verbreitung des Braunkohlenbergbaus in Mitteldeutschland (Graphik: Goj 1999)

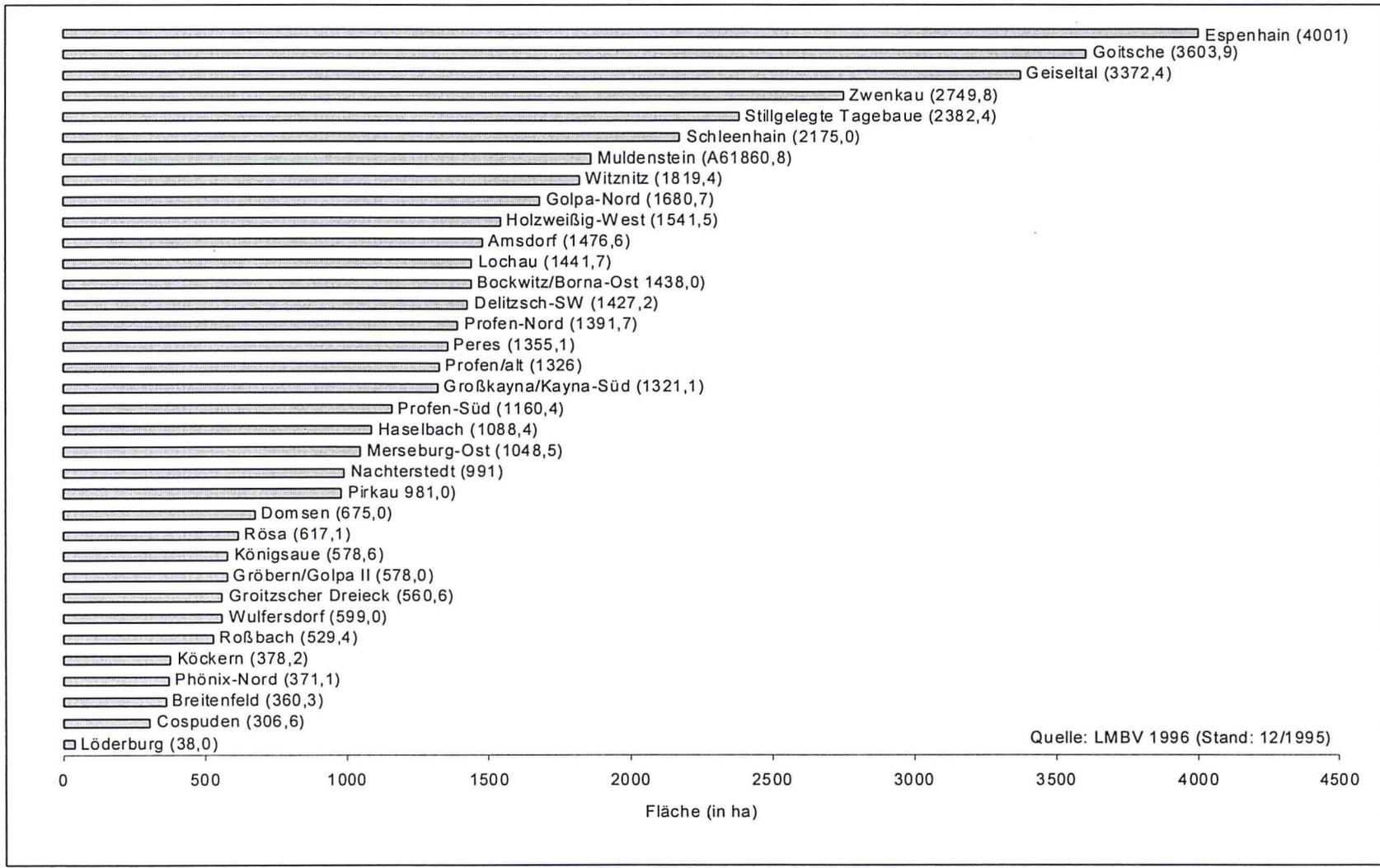


Abb. 2: Landinanspruchnahme (in ha) durch die Tagebaue und Restlöcher des Braunkohlenbergbaus in Mitteldeutschland (zusammengestellt nach LMBV 1996)

allem in Merkmalen begründet, die so nicht oder kaum noch in der gewachsenen Landschaft anzutreffen sind. Hierzu zählen:

- Großflächigkeit und Unzerschnittenheit,
- Heterogenität und Standortvielfalt,
- Nährstoffarmut,
- Entwicklungsdynamik natürlicher und naturnaher Prozesse,
- Seltenheit und Einmaligkeit bestimmter Biotopstrukturen,
- Biotop- und Landschaftsverbundstrukturen.

Als Beispiele für seltene und einmalige Biotoptypen, die an spezielle Standortbedingungen gebunden sind, sollen genannt werden: von tertiären Sedimenten gebildete, vegetationslose Rohbodenstandorte, eisenhydroxidreiche Hangwasseraustritte, Binnensalzstellen, Steilwände, Abbruchkanten, Rutschungsbereiche, Erosionsrinnen, saure Restgewässer (FBM 1998b).

Für das Verständnis des Besonderen und des Typischen der Bergbaufolgelandschaften ist in diesem Zusammenhang folgendes landschaftsökologisches und naturschutzfachliches Phänomen zu konstatieren. Die extreme anthropogene Beeinflussung und Veränderung des Landschaftshaushaltes hat in den Tagebausystemen zu völlig neuartigen ("unnatürlichen") Standortverhältnissen geführt. Sie stellen insbesondere in den Sukzessionsbereichen die Ausgangsbedingungen für eine quasi "natürliche" Folgeentwicklung dar. Am Anfang sind die Vielfalt und die Dynamik der ablaufenden Prozesse am höchsten. In Zeiträumen von mehreren Jahrzehnten bis wenigen Jahrhunderten werden ohne weitere Einflußnahme klimaxnahe Ökosystemzustände erreicht. Somit muß auch der temporäre Charakter zahlreicher Habitat- und Biotopstrukturen als eine Besonderheit der Bergbaufolgelandschaft angesehen werden.

Neben den spontanen Entwicklungsprozessen werden auch bestimmte Sanierungsmaßnahmen zur Schaffung einer zukünftig naturnahen Entwicklung gezielt vorgenommen. Sie sollen u.a. als Initiale wirken. Dazu gehören z.B. das Anlegen von Gehölzinseln, die Schaffung von Feuchtbiotopen und Flachwasserbereichen oder das Aufstellen von Findlingen.

So entsteht in der Sanierungsphase ein Mosaik aus verschiedenen Flächen mit unterschiedlichsten Ausstattungsmerkmalen, Entwicklungsstadien und landschaftsökologischen Potentialen. In Abb. 3 werden die wirkenden Faktoren und Zusammenhänge während der Sanierung aus naturschutzfachlicher Sicht schematisch dargestellt.

3.3 Nachnutzungsphase

Mit Abschluß der Sanierung werden die Bergbauflächen sukzessive einer Nachnutzung zugeführt (z.B. für land- oder forstwirtschaftliche Nutzung, wasserwirtschaftliche Nutzung, gewerbliche Nutzung, Vorranggebiete für Natur und Landschaft) und aus der Bergaufsicht entlassen. Die Bergbaufolgelandschaft ist damit in ihren Grundzügen entstanden. Über einen Zeitraum von mehreren Jahren finden noch Maßnahmen der Nachsorge und des Controllings statt. Schrittweise werden die ehemaligen Bergbauflächen veräußert und gehen in andere Rechtsträgerschaften über. Es sind für die weitere Biotopentwicklung sowie für den tagebauübergreifenden Landschaftsverbund vor allem die Flächen interessant, die entweder bereits über einen verbindlichen Schutzstatus verfügen oder in den abgestimmten Planungen zum Endzustand der Bergbaufolgelandschaft als Vorrang- oder Vorsorgegebiete für Natur und Landschaft vorgesehen sind. Hier besitzt die Übernahme durch das Land, z.B. in Form von Flächenkauf, eine hohe Bedeutung. Auf großen Flächen können damit sowohl ungestört ablaufende als auch gelenkte Prozesse und Ökosystementwicklungen im Sinne des Naturschutzes gesichert werden.

Die beschriebenen Entwicklungsphasen laufen zeitlich sowohl nebeneinander als auch nacheinander ab, die Übergänge sind fließend. Entsprechend ist auch der Begriff Bergbaufolgelandschaft nicht allein auf die Nachnutzungsphase anzuwenden, sondern umfaßt sukzessive die Tagebaubereiche, die nicht mehr dem unmittelbaren Abbauprozess unterliegen.

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten und finanzierten Forschungsverbundprojektes "Konzepte für die Erhaltung, Gestaltung und Vernetzung wertvoller Biotope und Sukzessionsflächen in ausgewählten Tagebausystemen" (Laufzeit: 1995 bis 1998) wurde ein umfassender Schutzgebietsvorschlag erarbeitet. Er umfaßt 100 Flächenvorschläge für die Bergbaufolgelandschaften des Landes Sachsen-Anhalt. Davon sind 33 festgesetzte oder im Verfahren befindliche Schutzgebiete und 67 Neuvorschläge

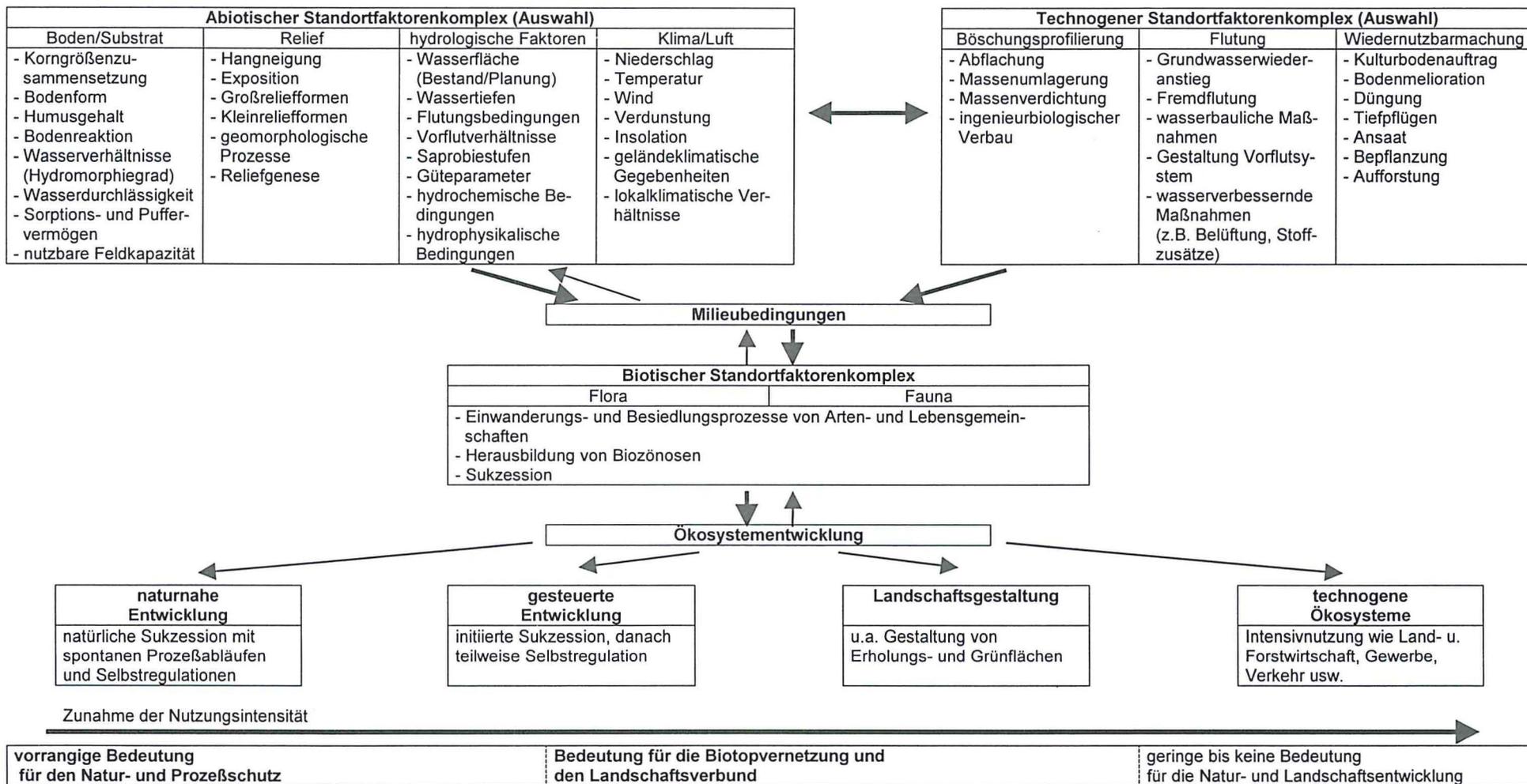


Abb. 3: Wesentliche Merkmale des Standortgefüges in Braunkohlentagebaulandschaften (Sanierungsbergbau) mit Einflüssen auf die Milieubedingungen und mögliche Richtungen der Landschaftsentwicklung (nach FBM 1999 und FROTSCHER, GOJ und LEDERER 1996, verändert)

(FBM 1998a). Diese Ergebnisse sind ein wichtiger Beitrag zur Umsetzung des "Programmes zur Entwicklung des ökologischen Verbundsystems in Sachsen-Anhalt bis zum Jahre 2005" (MRLU 1997).

Die bedeutende Flächeninanspruchnahme einerseits (formaler Faktor) und die beschriebenen spezifischen geoökologischen Bedingungen sowie Entwicklungspotentiale andererseits (qualitative Faktoren) rechtfertigen die Einordnung dieser Räume als einen eigenständigen Landschaftstyp. Dies findet auch seinen konsequenten Niederschlag im präzisierten Entwurf zur Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts, in dem die Bergbaufolgelandschaften - gemeint sind die Braunkohlengebiete - in neun Tagebauregionen ausgewiesen werden (mi.LAN 1998).

4 Landschaftsgliederung in Bergbaufolgelandschaften für naturschutzfachliche Untersuchungen

4.1 Grundsätzliche Aspekte zur Landschaftsgliederung

Umweltschutz, Raumordnung, Landschaftsplanung und viele andere Arbeits- sowie Forschungsdisziplinen stehen vor der Aufgabe, ihren Betrachtungsgegenstand - den Raum/die Landschaft - sinnvoll abzugrenzen und nach festgelegten Kriterien zu gliedern. Die sich daraus ergebenden Raum- bzw. Landschaftseinheiten sind dann die Bezugsgrundlage für weitere Untersuchungen. Solche Gliederungssysteme sind hierarchisch aufgebaut und können in Abhängigkeit vom Maßstab und der inhaltlichen Differenzierung sehr komplex strukturiert sein. Als ein wesentliches Charakteristikum von raumbezogenen Untersuchungen ist die flächenhafte Betrachtungsweise anzusehen. Beispiele dafür sind u.a. naturräumliche Gliederungssysteme und Flächennutzungsgliederungen.

Landschaftsökologische und naturschutzfachliche Untersuchungen in den Bergbauregionen müssen sich dieser Betrachtungsweise ebenfalls annehmen, denn nur dann können z.B. Aussagen zum Vorkommen, zur Lage und zur Verbreitung von wertvollen und schützenswerten Biotopen gemacht werden. Die Methoden und Prinzipien der Landschaftsgliederung leisten einen wichtigen Beitrag für das Ziel einer sinnvollen Unterteilung der Bergbaufolgelandschaft bei der Erfassung, Analyse und Bewertung des Landschafts- und Naturschutzpotentials.

Unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Spezifik der Bergbaufolgelandschaft und des o.g. Zieles sind im Vorfeld grundlegende Fragen zu klären. Dazu gehören z.B.:

- Welche Maßstabsebene ist zur flächenhaften Erfassung von Landschaftspotentialen geeignet?
- Welche Kriterien für die Ausgrenzung der entsprechenden Landschaftseinheiten sind in den von erheblichen Veränderungen geprägten Braunkohlentagebauen überhaupt anzuwenden?
- Welche Merkmale müssen, bei Beachtung der Machbarkeit, erfaßt werden, um eine begründete und nachvollziehbare Bewertung der Landschaftspotentiale und Naturschutzziele zu erreichen?

4.2 Das Physiotopkonzept

Die landschaftsspezifischen Rahmenbedingungen einerseits und die meist kurzfristig zu erfüllenden Anforderungen aus der Sanierungs- sowie Naturschutzpraxis andererseits zwingen zu einem pragmatischen Forschungs- und Untersuchungsansatz. Besonders hervorzuheben sind:

- die Schaffung eines verhältnismäßig stabilen und flächendeckenden Systems an Raumeinheiten als eindeutig nachvollziehbare geometrisch-topographische Bezugsbasis
- die Festlegung von vergleichbaren und erfaßbaren Merkmalen (Indikatoren) des Standortfaktorenkomplexes für die landschaftsökologischen Analysen und Bewertungen
- die Notwendigkeit der Systematisierung von Daten für die Aufnahme in ein Geographisches Informationssystem (GIS)
- die rasche Verfügbarkeit und Nutzung der Daten sowie Ergebnisse zur Berücksichtigung bei der Sanierung, in der Naturschutzarbeit und bei der Landschaftspflege

Die landschaftsökologisch und naturschutzfachlich bestimmte Betrachtung der Braunkohlenbergbaugebiete führt zu einem ersten, maßstabsbezogenen Gliederungsvorschlag. Als hinreichende, aber auch notwendige Erfassungs- und Analyseebene werden Maßstabsbereiche zwischen 1 : 5.000 bis 1 : 10.000 und damit Landschaftseinheiten in der Dimension von Biotopen/Biotopkomplexen sowie Tagebaubereichen angesehen (Tab. 1).

Tab. 1: Betrachtungsebenen für die landschaftsökologischen und naturschutzfachlichen Untersuchungen in den Folgelandschaften des Braunkohlenbergbaus

<i>Organisationsebene Landschaftseinheit</i>					
↓					
Bergbaufolgelandschaft					
Biozönose	Biotop	Tagebau- bereich/ Physiotop	Tagebau und Umland	Tagebau- region	Landschafts- verbund
1 : 100 bis 1 : 1.000	1 : 1.000 bis 1 : 5.000	1 : 5.000 bis 1 : 10.000	1 : 10.000 bis 1 : 25.000	1 : 25.000 bis 1 : 50.000	1 : 50.000 und kleiner
↑					
<i>Maßstabsbereiche</i>					

Zwingend muß für die Landschaftsgliederung die Frage nach den geeigneten Abgrenzungskriterien zwischen den Raumeinheiten gestellt und beantwortet werden. Dabei zeigt sich in der Bergbaufolgelandschaft, daß die landschaftsgliedernden Faktoren wie Boden/Substrat, hydrologische Bedingungen, Vegetationsstrukturen, Pflanzen- und Tiergemeinschaften erheblichen Veränderungen unterworfen sind. Sie zeigen sich vor allem in den jungen Bergbaufolgelandschaften als sehr inhomogen strukturiert, sind instabil und damit nur bedingt oder gar nicht zur Abgrenzung von Landschaftseinheiten geeignet. Tab. 2 stellt die potentiellen Geofaktoren unter diesem Gesichtspunkt zusammen und zeigt die bergbauspezifische Problematik auf.

Tab. 2: Vergleichende Betrachtung der Geofaktoren in Bergbaufolgelandschaften hinsichtlich ihrer Eignung zur Abgrenzung stabiler Raumeinheiten (Maßstabsebene 1 : 5.000 bis 1 : 10.000)

	Boden/ Substrat	hydrologische Bedingungen	Klima/Luft	Biotope	Relief
Raumeinheit	Kippboden/ Bodenformen	Oberflächen- gewässer	Lokalklimate	Biotoptypen	Oberflächen- formen
Dynamik	Bodenbildungs- prozesse über lange Zeit- räume	ständige Ände- rungen und Schwankungen durch Flutung	flutungsbeding- te Änderungen	hohe Entwick- lungsdynamik	hohe, flächen- interne Dyna- mik
Datenlage	nur rekultivierte Flächen (FN, LN) durch Kip- pengutachten	Wasserflächen sehr gut er- faßbar	i.d.R. nicht er- faßbar; hoher instrumenteller Aufwand	im Rahmen von Kartierun- gen flächen- haft möglich	flächendecken- de Kartierun- gen möglich
Erfassungs- aufwand	hoch	gering	mittel	mittel bis hoch	mittel
Grenzen- ziehung	fließende Über- gänge; häufig Misch- klassen	scharfe Gren- zen; instabil	unscharfe Grenzen	tw. fließende Übergänge (Biotopkom- plexe) und zeit- lich instabile Grenzen	scharfe Grenzen; relativ stabil
Eignung für Bildung von Einheiten	bedingt geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	bedingt bis gut geeignet	sehr gut geeignet

Die Oberflächenformen erweisen sich als die am besten abgrenzbaren und nutzbaren Raumeinheiten. Zur klaren inhaltlichen Unterscheidung von anderen Raumeinheiten wie z.B. Biotopen wird die Bezeichnung Physiotope eingeführt. Unter Physiotope ist ein primär nach morphographischen Reliefmerkmalen abgegrenzter Ausschnitt eines Tagebaus zu verstehen. Dabei handelt es sich im verritzten Bereich ausschließlich um technologisch entstandene Formen.

Folgende Physiotoptypen sind in den mitteldeutschen Braunkohlentagebauen anzutreffen (FBM 1999):

- Haldenplateau
- Berme
- Restlochböschung
- Spülkippe
- Kippenböschung
- Kipprippen-/Kippkegelkomplex
- Baggerausfahrt/Bahntrasse
- (markante) Erosionsrinne
- Haldenböschung
- Restloch (Restlochplanum)
- Schwemmfächer
- Kippenplateau
- Restlochsee
- Sonstige Vollform
- Sonstige Hohlform

Physiotope lassen sich sowohl aus Luftbildern und dem bergmännischen Reißwerk als auch durch Geländekartierung mit vertretbarem Aufwand abgrenzen (Abb. 4).



Abb. 4: Abgrenzung von Physiotypen (Oberflächenformen) im Innenkippenbereich des Tagebaus Mücheln im Geiseltal (Quelle: CIR-Luftbild der Befliegung Sachsen-Anhalt; LAU 1992)

Tab. 3: Differenzierende Merkmale und Merkmalskategorien des bergbaulichen Standortfaktoren-Komplexes zur Abgrenzung und Kennzeichnung von Physiotope
(naturschutzfachlich und landschaftsökologisch bedeutsame Angaben)

Physiotopkennzeichnende Merkmale und Merkmalskategorien				Erfassung/Quelle
RELIEF				
Hangneigung	Exposition	Kleinreliefformen	Prozesse* (Flächenanteil)	
# eben # flach - gering geneigt # leicht geneigt # mittel geneigt # steil geneigt # sehr steil geneigt # wandartig/Abbrüche # wechselnd	# N # N bis O # O # S bis O # S # S bis W # W # N bis W # wechselnd # eben	# keine # vereinzelt # mittlere Anzahl # hohe Anzahl # flächendeckend	# keine # bis 10% im Physiotope # bis 25% im Physiotope # bis 50% im Physiotope # bis 75% im Physiotope # bis 100% i. Physiotope * Prozesse (Prozeßspuren) sind u.a.: Erosionsrinnen, Abbrüche, Auswehungen, Sackungen	- Luftbilder - bergmännisches Rißwerk - Kartierung
BODEN / SUBSTRAT				
Substrattyp	Bodenfeuchte	Nährstoffversorgung		
# tertiär sandig-kiesig # tertiär bindig # quartär sandig-kiesig # quartär bindig # Mischsubstrate/Gemenge # kohlig # Spülsubstrate # gewachsener Boden # sauer # kalkhaltig .. (weitere Kombinationen)	# trocken # mittlere Feuchtigkeit # feucht bis naß # staunaß # flach überstaut # quellig # kleinräumig wechselnd	# nährstoffarm # mittlerer Nährstoffgehalt # nährstoffreich # melioriert/gedüngt # biologische N-Fixierer # extrem sauer # extrem salzhaltig		- Kippengutachten - Rekultivierungskarten - Geländearbeiten
SANIERUNG und NUTZUNG				
Entfernung zum End-Wasserstand	Alter der Oberfläche	Sanierungsmaßnahmen	Nutzung	
# > 10m unter Wasser # > 5m unter Wasser # 20-0m unter Wasser # 5-0m unter Wasser # 2-0m unter Wasser # 1-0m unter Wasser # flache Wasserwechselzone # steile Wasserwechselzone # 0-1m über Wasser # 0-2m über Wasser # 0-5m über Wasser # 0-10m über Wasser # 0-20m über Wasser # < 2m über Wasser # < 5m über Wasser	# vor 1900 # 1901 bis 1950 # 1951 bis 1970 # 1971 bis 1980 # 1981 bis 1990 # nach 1990 # gewachsen über Tiefbau # gewachsen	# keine Maßnahmen # Einebnung/Abflachung ohne Melioration # Einebnung/Abflachung mit Melioration # Anpflanzung # Gleis-/Gebäuderückbau	# keine # extensiv bergbaulich # intensiv bergbaulich # Forstwirtschaft # Landwirtschaft # Wasserwirtschaft # extensive Erholung # intensive Erholung # Siedlung # gärtnerische Nutzung # Industrie/Gewerbe; brachliegend # Industrie/Gewerbe; in Betrieb # Verkehr # Deponie (Entsorgung) # Mischnutzung # Sanierung	- Sanierungspläne - Kippengutachten - hydrologische Modelle - Geländearbeiten
VEGETATIONSSTRUKTUR (Auswahl)				
Deckungsgrad Krautschicht	Bestandsdichte Gehölze	Verteilung Gehölze	Ursprung Gehölze	
# 0% (vegetationsfrei) # <5% (spärlich) # bis 10% # bis 25% # bis 50% # bis 75% # bis 90% # 100%	# 0% (vegetationsfrei) # <5% (spärlich) # bis 10% # bis 25% # bis 50% # bis 75% # bis 90% # 100%	# gleichmäßig # in Gruppen # mosaikartig # geschlossener Bestand # geschlossene Einzelbestände	# Aufforstung/Pflanzung # Anflug/Pioniergehölz # Aufforstung u. Anflug	- Luftbilder - Biotopkartierung

Darüber hinaus dienen weitere geomorphologische sowie pedologische, hydrologische, vegetationsstrukturelle und nutzungs-/sanierungsbezogene Merkmale sowohl der Grenzpräzisierung als auch der physisch-geographischen Kennzeichnung. Die Merkmale sind kategorisiert und für naturschutzfach-

liche Ersterfassungen bzw. landschaftsökologische Grundbeschreibungen und Bewertungen hinreichend differenziert (Tab. 3).

Die flächendeckende Aufteilung der Bergbaufolgelandschaft in Physiotope bildet das räumliche Bezugssystem für weitergehende landschaftsökologische und naturschutzfachlichen Untersuchungen. Das beschriebene Physiotoptopkonzept gewährleistet eine flächendeckende, praktikable, nachvollziehbare und GIS-technisch umsetzbare Gliederung der Bergbaufolgelandschaft. Auf der Basis dieser Informationen kann eine grundsätzliche Charakterisierung der Physiotoptypen beispielsweise für naturschutzfachliche Untersuchungen vorgenommen werden. In Tab. 4 sind die entsprechenden Beschreibungen zusammengestellt. Zu beachten ist, daß sich aus der Vielzahl der wirkenden Faktoren (Abb. 3 und Tab. 3) individuelle Ausprägungen der Physiotope ergeben. Einige Physiotoptypen in ausgewählten Tagebauen Mitteldeutschlands werden in den Abb. 5.1 bis 5.6 dargestellt.

Tab. 4: Charakterisierung der Physiotoptypen (nach FBM 1999)

Begriffsbestimmung	Landschaft und Nutzung	Naturschutzwert
I Physiotoptyp Kippenplateau		
Meist planierte, ebene und rekultivierte Oberfläche der Ablagerung von Abraum oder anderen Schüttgütern in verritztem Gelände. Nach der Höhenlage zum Gewachsenen unterscheidet man Unterflur-, Flur- und Überflurkippen.	<ul style="list-style-type: none"> - überwiegend großräumige land- bzw. forstwirtschaftliche Nutzung - 1 bis 2m Kulturbodenauflage; meist melioriert - fehlende bis geringe Morphodynamik - meist grundwasserferne Standorte - monotones Landschaftsbild 	artenarme Nutzbiotope von geringem naturschutzfachlichen Wert
II Physiotoptyp Haldenplateau		
Meist ebene Oberfläche des auf unverritztem Gelände verbrachten Abraums oder von anderen abgelagerten Schüttgütern. Die Halden sind i.d.R. rekultiviert.	s.o.	s.o.
III Physiotoptyp Kippenböschung		
Geneigte Randbereiche der Ablagerungen von Abraum oder anderen Schüttgütern in verritztem Gelände.	<ul style="list-style-type: none"> - dominierend forstwirtschaftliche Nutzung bzw. Erosionsschutzwald - Kulturbodenauftrag; meist melioriert - expositions- und neigungsbedingte Standortunterschiede - (Rinnen-) Erosionsprozesse in unterschiedlicher Intensität und Verteilung - belebendes Landschaftselement 	trotz meist artenarmer Monokulturen Auftreten von wertvollen Kleinstrukturen, Kleinbiotopen sowie Sonderhabitaten <ul style="list-style-type: none"> - Hangwasseraustritte - Erosionsrinnen - kleinflächig vegetationsfreie Areale - bei bindigen Substratanteilen temporäres Stauwasser
IV Physiotoptyp Haldenböschung		
Geneigte Randbereiche des auf unverritztem Gelände verbrachten Abraums oder von anderen abgelagerten Schüttgütern.	s.o.	s.o.
V Physiotoptyp Schwemmfächer		
Durch Oberflächenwasser geländeabwärts abgeschwemmte, mitgeführte und selektiv abgelagerte Erdmassen bei flacher bis mittlerer Hangneigung.	<ul style="list-style-type: none"> - im jungen Stadium und bei tertiären Substraten vegetationsfreie/-arme Standorte - flächenhafte Erosionsprozesse wie Auswehungen und Abspülungen - deutliche Körnungsdifferenzierung der abgelagerten Schwemmsubstrate 	<ul style="list-style-type: none"> - Bedeutung als Sonderbiotop für Arten mit spezifischen Standortansprüchen - wichtige Objekte für die Sukzessionsforschung - meist in ungestörter Lage
VI Physiotoptyp Spülkippe		
Von zeitweilig stationären Kippstellen in den offenen Tagebau mit Wasser verspülter und selektiv abgelagerter Abraum bei geringen bis mittleren Hangneigungen.	s.o. <ul style="list-style-type: none"> - bei Einspülung in Restlochbereiche kleinräumiger Wechsel der hydrologischen Verhältnisse (Uferzone, Wasserwechselzone, terrestrische Bereiche) 	<ul style="list-style-type: none"> - Bedeutung als Habitat für spezialisierte Arten - wichtige Objekte für die Erforschung von Besiedlungsprozessen aus dem Umland in den Tagebau und für Sukzessionsuntersuchungen
VII Physiotoptyp Restlochböschung		
Geneigte Tagebaurandbereiche, die als Kippen- oder Kopfböschungen (Gewachsenes) ausgeprägt sind (Abb. 5.4).	<ul style="list-style-type: none"> - häufig als Böschungs-Bermen-Komplex ausgebildet - meist saniert, d.h. abgeflacht und rekultiviert durch Kulturbodenauftrag, Melioration, Ansaaten, z.T. Anpflanzungen - insbesondere in jungen Böschungen hohe Entwicklungsdynamik - hohe standörtliche Differenziertheit 	Naturschutzwert ergibt sich aus: <ul style="list-style-type: none"> - Großräumigkeit - Unzerschnittenheit - Umlandbeziehungen als naturschutzfachlich bedeutende Biotop- und Habitatstrukturen treten auf: <ul style="list-style-type: none"> - Erosionsformen - Hangwasseraustritte/Quellbereiche - Uferzonen mit Kliffbildungen - Flachwasserbereiche - Sukzessionsareale - offene Kies- und Sandflächen

Fortsetzung Tab. 4: Charakterisierung der Physiotypen (nach FBM 1999)

Begriffsbestimmung	Landschaft und Nutzung	Naturschutzwert
VIII Physiotyp Restloch (Restlochplanum)		
Nach der Rohstoffgewinnung und Abraumbewegung verbleibender offener Tagebaureaum. Die Basis ist meist eben, es treten allerdings häufig Kleinreliefformen auf (Senken, Kippkegel usw.).	<ul style="list-style-type: none"> - unsanierte Tagebaubereiche mit extremen Standortbedingungen wie z.B. stark saures Milieu, tertiäre Substrate mit hohen Kohleanteilen - über längere Zeiträume nahezu vegetationsfrei - flächenhafte Morpho-/Hydrodynamik - extreme Lokalklimate - befristete Wasserhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> - Sukzessions- und Besiedlungsprozesse durch Arten mit extremster Standortanpassung ohne Äquivalent in der Kulturlandschaft - temporäre Lebensräume - Forschungsbedarf zur Untersuchung von "Mitwanderungsprozessen der Naturschutzpotentiale" infolge der Flutung
IX Physiotyp Restlochsee		
Durch Grundwasserwiederanstieg und/oder Fremdwasserflutung gefülltes Restloch (Abb. 5.6).	<ul style="list-style-type: none"> - meist oligotrophe, saure Gewässer - Verlandungszonen und Uferstrukturen - Bildung wasserbestimmter Lokalklimate - Landschaftsbildaufwertung 	<ul style="list-style-type: none"> - häufig Bedeutung als Habitat für Wasservögel, Libellen und Amphibien - wissenschaftliche Untersuchungsobjekte (limnische Ökosysteme)
X Physiotyp Sonstige Hohlform		
Ohne bzw. mit Wasser gefüllte Hohlformen innerhalb des Tagebaus unterschiedlicher Dimension (Abb. 5.5).	<ul style="list-style-type: none"> - typisch sind temporäre, durch Grundwasserzufluß entstandene Gewässer, die durch die Flutung verloren gehen - meist oligotrophe, saure Gewässer (besonders im jungen Stadium) - starke Wasserstandsschwankungen - hohe Prozeß- / Entwicklungsdynamik 	<ul style="list-style-type: none"> - Bedeutung als Habitat z.B. für Amphibien und Libellen sowie als Standort für seltene Pflanzen - Forschungsbedarf zur Untersuchung von "Mitwanderungsprozessen der Naturschutzpotentiale" infolge der Flutung
XI Physiotyp Sonstige Vollformen / Hangbereiche		
Ablagerungen bzw. Umlagerungen von Erdmassen innerhalb des Tagebaus in unterschiedlicher Dimension und in unsaniertem Zustand (Abb. 5.1).	<ul style="list-style-type: none"> - große Standortheterogenität u.a. durch: tertiäre-quartäre Mischsubstrate, hohe Kleinreliefformendichte, nahezu flächenhafte Erosionsprozesse und kleinräumig wechselndes hydrologisches Regime - spontane Sukzessionen - temporäre Standorte 	<ul style="list-style-type: none"> bedeutende naturschutzfachliche Entwicklungspotentiale: - Spontansukzessionen über längere Zeiträume - Sonderbiotope und Habitate für hochspezialisierte Arten - Vielfalt auf engem Raum - Ungestörtheit
XII Physiotyp Baggerausfahrt / Bahntrasse		
Langgestreckte, ebene bis gering geneigte Betriebsflächen/Trassen.	<ul style="list-style-type: none"> - ehemalige rückgebaute Betriebsflächen mit meist verdichteten Bodenstrukturen und Resten anthropogener Substrate (z.B. Schotter) - bei spontaner Sukzession ruderaler Brachflächenentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> - überwiegend geringe Bedeutung - vereinzelt Auftreten von Kleinbiotopen wie temporär wassergefüllten Fahrspuren oder staunässebeeinflussten Standorten bei anstehenden bindig-tonigen Substraten
XIII Physiotyp Kipprippenkomplex / Kippkegelkomplex		
Auf verritztem Gelände in Größenordnungen verstürzter und unsanierter Abraum; bei flächenhafter Verbreitung mehrere Kipprippen bzw. Kippkegel (Abb. 5.3 und 5.5).	<ul style="list-style-type: none"> - meist kulturfeindlicher Abraum mit stark verzögerten Sukzessionen - flächendeckende Erosionsprozesse, u.a. Sackungen, Setzungen, Auswehungen, Rinnenerosion - hohe Standortheterogenität - ungeordnetes Sickerwasserregime - extreme Lokalklimate 	<ul style="list-style-type: none"> - i.d.R. wertvolle Biotop- und Habitatstrukturen für seltene und gefährdete Arten - Spontansukzessionen
XIV Physiotyp (Große) Erosionsrinne / Erosionsrinnenkomplex		
Durch Tiefen- und Seitenerosion sowie Materialtransport und -ablagerungen gekennzeichnete, langgestreckte Hohlform (Abb. 5.2).	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Morphodynamik, die mit zunehmendem Bewuchs abnimmt - durch Abbrüche und Materialumlagerungen Bildung neuer, vegetationsfreier Rohbodenflächen (tw. tertiäre Oberflächensubstrate) 	<ul style="list-style-type: none"> wichtige Habitatstrukturen für seltene Arten mit speziellen Standortansprüchen
XV Physiotyp Berme		
Trennebene (Arbeitsebene für Tagebaugroßgeräte) innerhalb eines Böschungssystems. Die Berme wird begrenzt von einer Böschungunterkante und der Oberkante der tieferliegenden Böschung.	<ul style="list-style-type: none"> - geschobene, meist verdichtete und ebene Betriebsfläche (sehr großräumig) - überwiegend vegetationsfrei während der Betriebsphase - kulturfeindliche Substrate in den Tertiärschichten - flächenhafte Erosionsprozesse (Auswehungen, Abspülungen, Rinnenerosion) 	<ul style="list-style-type: none"> geringe naturschutzfachliche Bedeutung

5 Nutzung des Physiotoptopkonzepts für naturschutzfachliche und GIS-gestützte Anwendungen

Im Rahmen des eingangs erwähnten Forschungsverbundprojektes und durch enge Arbeitskontakte zur Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (LMBV) als dem Sanierungsträger für die Tagebaue wurde ein Geographisches Informationssystem (GIS) konzipiert und aufgebaut. Es sind mehrere Fachmodule in diesem System integriert bzw. vorgesehen, wobei als Kernstück das Fachmodul Physiotope entwickelt wurde. Jedes Fachmodul verfügt über eine spezifische Bezugsgeometrie, die Sachdaten werden in entsprechenden Fachdatenbanken abgelegt und die einzelnen Informationsebenen können z.B. bei komplexen Fragestellungen mittels GIS-Operationen miteinander verknüpft, überlagert, verschnitten und zielgerichtet ausgewertet werden. Eine ausführliche Beschreibung des Aufbaus und der Funktionsweise des GIS findet man bei GOJ und FROTSCHER (1998) sowie FBM (1999). Aus der Vielzahl von Untersuchungsaspekten, die unter Nutzung des Physiotoptopkonzepts möglich sind, sollen zwei vorgestellt werden.

Unter anderem stellen sich folgende Fragen:

- 1) Wie können die naturschutzfachlichen Potentiale der Bergbaufolgelandschaft flächenhaft erfaßt werden?
- 2) Welche Auswirkungen auf die Verbreitung naturschutzrelevanter Flächen (Physiotope) sind mit der zukünftigen Flutung der Sanierungstagebaue zu erwarten?

5.1 Ermittlung naturschutzfachlicher Potentiale in der Bergbaufolgelandschaft

Weil es weder vom zeitlichen noch vom materiellen Aufwand her möglich ist, die Bergbaufolgelandschaft für die Ermittlung der naturschutzfachlichen Wertigkeit botanisch und zoologisch umfassend zu untersuchen, werden "allgemeinere" sowie indikatorische Aussagen benötigt. Sie müssen zumindest eine orientierende Einschätzung erlauben und somit gezielt auf Schwerpunkte für detailliertere Forschungen hinweisen.

Mit dem Physiotoptopkonzept wird diese Problematik aufgegriffen und werden Lösungen vorgeschlagen. Es liegt zum einen die flächendeckende Betrachtung im Grenzbereich von großen zu mittleren Erfassungsmaßstäben vor, zum anderen können aus den den Physiotoptopen zugeordneten Sachdaten wichtige Aussagen abgeleitet werden. So sind u.a. die in Kap. 4.2 (Tab. 3) erläuterten Merkmale zur Kennzeichnung der Physiotope in entsprechenden Datenbankfeldern des Geographischen Informationssystems abgelegt. Der naturschutzfachliche Wert ergibt sich nun aus dem Vorhandensein entweder eines einzelnen Merkmals oder mehrerer Merkmale. Durch gezielte und fachlich sinnvolle Datenbankanalysen im GIS können diese Bedingungen physiotoptopgenau abgerufen und letztlich auch visualisiert werden. Erste Vorschläge und Überlegungen zu derartigen Abfragen/Abfragekomplexen und den damit verbundenen Zielaussagen sind in Tab. 5 zusammengestellt. Die Ergebnisse liefern übersichtsartige Informationen über die landschaftsstrukturelle Ausstattung ganzer Tagebausysteme, aus denen sich z.B. Schlußfolgerungen für Biotopvernetzungen oder für Schutzgebietsvorschläge ableiten lassen.

5.2 Einfluß der Flutung auf das Naturschutzpotential

Nachdem das naturschutzfachliche Inventar der Tagebaue im "trockenen" Zustand relativ gut bekannt ist und entsprechende Bewertungen vorgenommen wurden, gewinnen die Untersuchungen zu den Auswirkungen der Flutung an Aktualität und Bedeutung. Mit dem Wasseranstieg und der meist mittelfristigen Einstellung der Endwasserspiegelmöhen werden viele Strukturen vollständig unter Wasser kommen und verschwinden, andere gelangen in den Bereich der Wasserwechselzone. Schließlich verbleiben Flächen im terrestrischen Bereich und werden von der Flutung nicht direkt beeinflußt. Die Überlagerung der Sachdaten (aus dem GIS-Fachmodul Physiotope) mit der prognostizierten Fläche des zukünftigen Restlochsees (aus dem GIS-Fachmodul Hydrologie/Limnologie) liefert zu diesem Problem eine flächenhafte Aussage (Abb. 6). Die Auswertung und Interpretation der so gewonnenen Grundlagen ermöglicht die Beantwortung der oben formulierten Frage und läßt konkrete Schlußfolgerungen sowie Maßnahmenvorschläge hinsichtlich der weiteren Entwicklung der Bergbaufolgelandschaften zu.

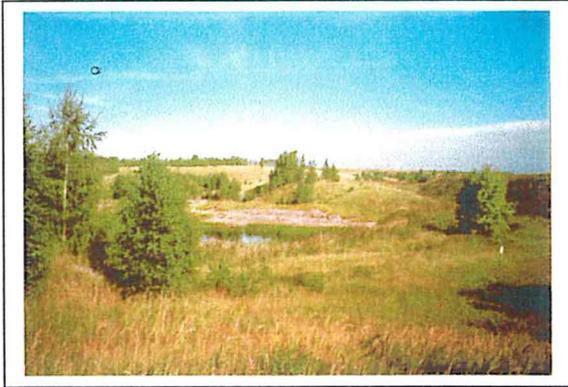


Abb.5.1: Kleinräumiges Biotopmosaik von Sukzessionsflächen trockener und feuchter Ausprägung im NSG Asendorfer Kippe – Tagebau Amsdorf (Foto: Frotscher 1997) **(PT XI)**



Abb. 5.2: Markante Erosionsrinne in der Ostböschung des Baufeldes Ib - Tagebau Merseburg-Ost (Foto: Frotscher 1997) **(PT XIV)**

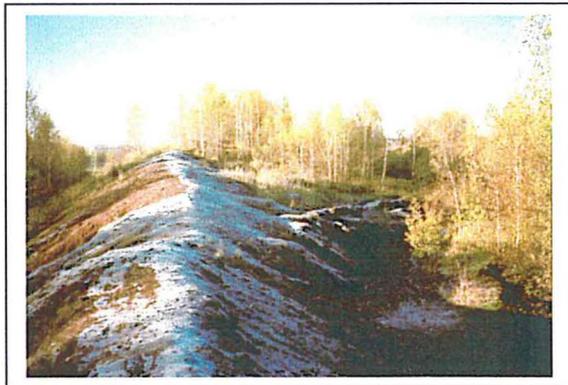


Abb. 5.3: Stehengelassene Kipprippen im Bereich Silberhügel (Kippe 1091) – Alltagebau Stedten (Foto: Frotscher 1997) **(PT XIII)**



Abb. 5.4: Großflächige vegetationslose Kiesflächen mit tertiären Kohlesubstraten im Bau-feld Ia – Tagebau Merseburg-Ost (Foto: Frotscher 1997) **(PT VII)**



Abb. 5.5: Innenkippenmassiv aus Tertiärmassen und Feuchtbiotope im Tagebau Müheln (Foto: Käubler 1996) **(PT X und XIII)**



Abb. 5.6: Altrestloch mit fortgeschrittener Schilf- und Waldsukzession im ehemaligen Tagebau Zipsendorf-West (Foto: Frotscher 1997) **(PT IX)**

Abb. 5.1 bis 5.6: Beispiele für naturschutzfachlich wertvolle Physiotypen (PT) in der Bergbaufolgelandschaft (vgl. Tab. 4)

Tab. 5: Naturschutzfachlich sinnvolle Datenbankabfragen mittels GIS zu einzelnen und komplexen Merkmalen der Physiotope (nach CUI 1998)

Naturschutzfachliche Fragestellung/Zielaussage	Datenkombination - Abfrage -		
NATURSCHUTZFACHLICH SINNVOLLES GRUNDPOTENTIAL - PHYSIOTOPMERKMALE (Tab. 3)			
Einzelfaktoren mit Bedeutung für Naturschutz- und Biotopentwicklungspotential (Einzelabfrage ODER-Verknüpfungen)	Hangneigung - steil - sehr steil - wandartig - wechselnd	Exposition - S bis O - S - S bis W - wechselnd	Geom. Prozesse - bis 50% d. Fläche - bis 75% d. Fläche - flächendeckend
	Substrat - tertiär sandig-kiesig - quartär sandig-kiesig - tonig	Feuchte - trocken - flach überstaut - quellig - staunaß - Kleingewässermosaik - wechselnd	Nährstoffe - nährstoffarm - extrem sauer - extrem salzhaltig
	Nutzung - keine Nutzung - extensiv bergbaulich	Abstand Wasser - 1-0m unter Wasser - flache Wasserwechselzone - steile Wasserwechselzone - 0-1m ü. Wasser	Flächenanteil gefährdeter Biotope - vermutlich - bis 25% d. Fläche - bis 50% d. Fläche - bis 75% d. Fläche - gesamte Fläche
NATURSCHUTZFACHLICH BEDEUTSAME STANDORTE - PHYSIOTOPBEZOGENE MERKMALSKOMBINATIONEN			
potentieller Trockenstandort (südexponiert) mit Bedeutung als Lebensraum für gefährdete sowie seltene Arten	Komplexe UND-ODER-Abfrage Hangneigung (steil <u>ODER</u> sehr steil <u>ODER</u> wandartig <u>ODER</u> wechselnd) <u>UND</u> Exposition (S bis O <u>ODER</u> S <u>ODER</u> S bis W) <u>UND</u> Feuchte (trocken)		
Steilwand als sehr selten gewordener Lebensraum mit Bedeutung für den Prozessschutz und langfristiges Vorhandensein von Rohbodenflächen	Komplexe UND-ODER-Abfrage Hangneigung (sehr steil <u>ODER</u> wandartig) <u>UND</u> Nutzung (keine)		
Bereich mit sehr hohem Biotopentwicklungspotential (Prozessschutz; Morphodynamik; Rohbodenflächen)	Komplexe UND-ODER-Abfrage Geomorphologische Prozesse (bis 50% d. Flä. <u>ODER</u> bis 75% d. Flä. <u>ODER</u> flächendeckend) <u>UND</u> Nutzung (keine) <u>UND</u> Deckungsgrad krautige Vegetation (nahezu vegetationsfrei <u>ODER</u> spärlich <u>ODER</u> Deckung bis 10% d. Flä.)		
fast vegetationsfreie Fläche mit Bedeutung für den Prozessschutz und als Lebensraum für geschützte sowie gefährdete Pflanzen- und Tierarten	Komplexe UND-ODER-Abfrage Geomorphologische Prozesse (bis 50% d. Flä. <u>ODER</u> bis 75% d. Flä. <u>ODER</u> flächendeckend) <u>UND</u> Nutzung (keine) <u>UND</u> Deckungsgrad krautige Vegetation (nahezu vegetationsfrei <u>ODER</u> spärlich <u>ODER</u> Deckung bis 10% d. Flä. <u>ODER</u> Deckung bis 25% d. Flä.) <u>UND</u> Bestandsdichte der Gehölze (keine Gehölze vorhanden <u>ODER</u> vereinzelt <u>ODER</u> Deckung bis 10% d. Flä. <u>ODER</u> Deckung bis 25%)		
vegetationsarmer Trockenstandort mit Bedeutung für Prozessschutz und als Extremlebensraum für hochspezialisierte und seltene Pflanzen- sowie Tierarten	Komplexe UND-ODER-Abfrage Substrat (tertiär sandig-kiesig <u>ODER</u> quartär sandig-kiesig) <u>UND</u> Nutzung (keine) <u>UND</u> Deckungsgrad krautige Vegetation (nahezu vegetationsfrei <u>ODER</u> spärlich <u>ODER</u> Deckung bis 10% d. Flä.) <u>UND</u> Bestandsdichte der Gehölze (keine Gehölze vorhanden <u>ODER</u> vereinzelt <u>ODER</u> Deckung bis 10% d. Flä.)		
Quellbereich als lokal bedeutsamer und geschützter Sonderstandort mit hochspezialisierter Fauna und Flora	Komplexe UND-ODER-Abfrage Substrat (tonig) <u>UND</u> Feuchte (Kleingewässermosaik) <u>UND</u> Nutzung (keine)		
nährstoffarme Feuchfläche mit langandauernden stabilen Sukzessionsstadien und Vorkommen gefährdeter Pflanzen- und Tierarten sowie Prozessschutz	Komplexe UND-ODER-Abfrage Feuchte (flach überstaut <u>ODER</u> quellig <u>ODER</u> staunaß) <u>UND</u> Nutzung (keine)		
oligotrophes, saures Gewässer als Habitat für hochspezialisierte und seltene Arten	Komplexe UND-ODER-Abfrage Nährstoffversorgung (nährstoffarm <u>ODER</u> extrem sauer) <u>UND</u> Abstand Wasserlinie (1-0m unter Wasser)		
sehr seltener, geschützter Sonderstandort mit hochspezialisierten halophilen Arten	Komplexe UND-ODER-Abfrage Nährstoffversorgung (extrem salzhaltig) <u>UND</u> Nutzung (keine)		
Flachwasserzone und temporäres Gewässer als sehr wertvoller Lebensraum	Komplexe UND-ODER-Abfrage Nutzung (keine) <u>UND</u> Abstand Wasserlinie (1-0m unter Wasser <u>ODER</u> flache Wasserwechselzone)		
Pionierwald (ältere Sukzessionsstadien) mit Entwicklungspotentialen zu Naturwaldzellen; Bedeutung für Prozessschutz und Artenschutz	Komplexe UND-ODER-Abfrage Ursprung der Gehölze (Anflug/Pioniergehölz) <u>UND</u> Alter der Oberfläche (vor 1900 <u>ODER</u> 1901 bis 1950)		
Pionierwald (jüngere Sukzessionsstadien) mit Entwicklungspotentialen zu Naturwaldzellen; Bedeutung für Prozessschutz	Komplexe UND-ODER-Abfrage Ursprung der Gehölze (Anflug/Pioniergehölz) <u>UND</u> Alter der Oberfläche (nach 1990 <u>ODER</u> 1981 bis 1990 <u>ODER</u> 1951 bis 1980)		

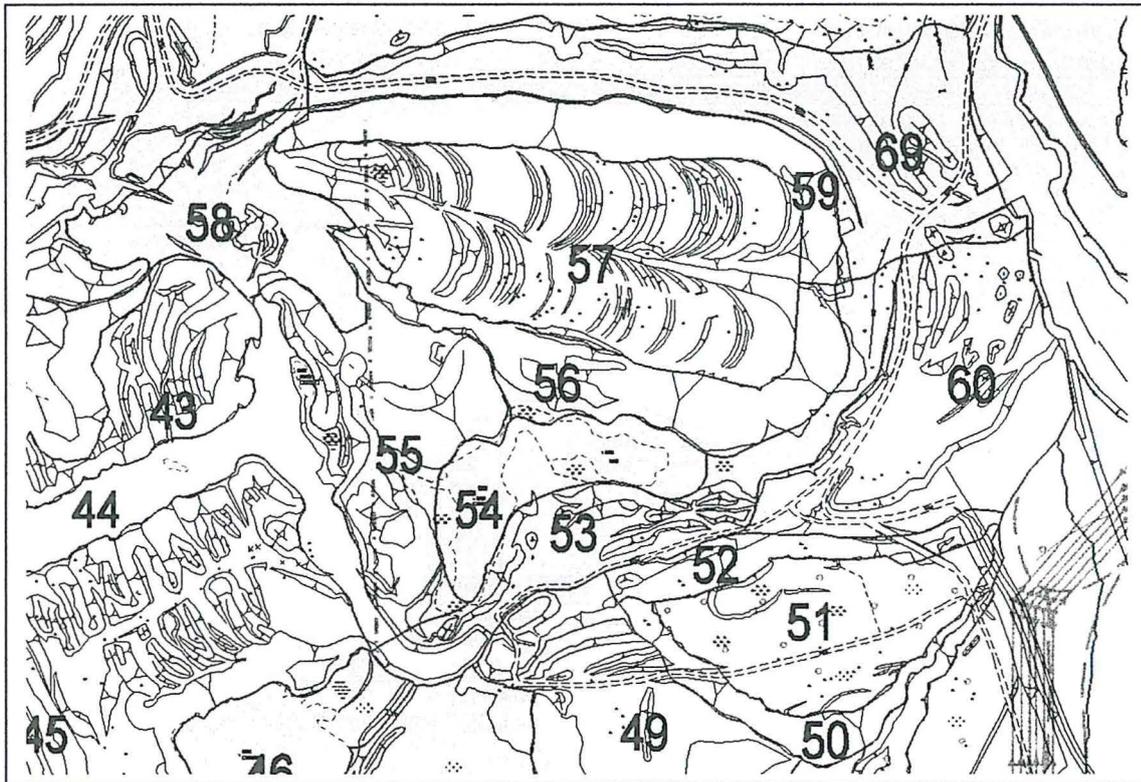


Abb. 6: Verlauf des prognostizierten Endwasserspiegels (graue Fläche) im Bereich des Innenkippen-Massivs im Tagebau Mücheln und Überlagerung mit den durchnummerierten Physiotopen (Maßstab in der Abbildung ca. 1 : 10.000)

Auswirkungen, die vorrausschauend getroffen werden können, sind u.a.:

- der Verlust an wertvollen Biotopstrukturen, aber gleichzeitig auch das Aufzeigen sich einstellender potentieller Ersatzstandorte wie beispielsweise zukünftige Vernässungsbereiche bei flurnahen Grundwasserständen
- die Änderung von Milieubedingungen in den Kippen- und Böschungsbereichen (Bodenfeuchte)
- die Ausbildung neuer lokalklimatischer Bedingungen im Zusammenhang mit der Entstehung großer Wasserflächen

6 Ausblick

Mit dem Abschluß der Sanierungsarbeiten in den Braunkohlentagebauen Mitteldeutschlands und deren Flutung wird in einem Zeithorizont von 5 bis 20 Jahren die Bergbaufolgelandschaft in ihren Grundzügen entstanden sein. Umfangreiche Untersuchungen und jüngste Forschungsergebnisse belegen den hohen Wert dieser Räume für Naturschutz und Landschaftsentwicklung. Für das landesweite Biotopverbundsystem Sachsen-Anhalts beispielsweise werden die Tagebauregionen einen bedeutenden Beitrag leisten.

In dem Maße, wie die Flächen sukzessive in die nachbergbauliche Nutzung auch im Sinne von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten für Natur und Landschaft übergehen, stehen Aufgaben der Nachsorge, der Pflege und der Entwicklung im Vordergrund. In den kommenden Jahren wird der Bedarf an anwendungsbereitem naturschutzfachlichem Wissen in den Bergbaufolgelandschaften weiter bestehen bleiben. Entsprechende Forschungen werden insbesondere in solchen Bereichen wie Landschaftsmonitoring, Landschaftsprognose, Prozeßschutz oder Bergbau-Umland-Beziehungen eine wachsende Rolle spielen. Dabei kann u.a. auf die im Beitrag vorgestellten und mit Ansätzen der geographischen Landschaftsgliederung erarbeiteten Daten, Methoden sowie Instrumente aufgebaut werden.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und die fachlichen Hinweise dankt der Autor Frau Prof. C. Gläßer vom Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Arbeitsgruppe Geofernerkundung.

Literatur

- BARTHEL, H. (1962): Braunkohlenbergbau und Landschaftsdynamik. Petermanns Geogr. Mitt., Erg.-H., 270.
- BERKNER, A. (1989): Braunkohlentagebau, Landschaftsdynamik und territoriale Folgewirkungen in der DDR. Petermanns Geogr. Mitt., 133, 3, 173 - 190.
- BERKNER, A. (1998): Naturraum und ausgewählte Geofaktoren im Mitteldeutschen Förderraum - Ausgangszustand, bergbaubedingte Veränderungen, Zielvorstellungen. In: Pflug, E. [Hrsg.]: Braunkohlentagebau und Rekultivierung. Landschaftsökologie - Folgenutzung - Naturschutz. Berlin, Heidelberg, 767 - 779.
- CONSULTINGGESELLSCHAFT FÜR UMWELT UND INFRASTRUKTUR MBH (CUI) (1998): Aufbau eines Katasters "Naturschutzrelevante Objekte in der Bergbaufolgelandschaft". Ergebnisbericht, Halle (unveröff.).
- EISSMANN, L. (1992): Aktuelle und historisch bedingte Umweltprobleme des Braunkohlenbergbaus unter besonderer Berücksichtigung des mitteldeutschen Raumes. In: GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Journalistenseminar der Inform. Umwelt [Hrsg.]: Aktuelle Umweltsituation in den neuen Bundesländern. Neuherberg, Bd. 9, 73 - 75.
- FORSCHUNGSVERBUND BRAUNKOHLETAGEBAULANDSCHAFTEN MITTELDEUTSCHLANDS (FBM) (1998a): Beiträge der Bergbaufolgelandschaften des mitteldeutschen Braunkohlenbergbaus im Land Sachsen-Anhalt zur Weiterentwicklung des Schutzgebietssystems - Schutzgebietsvorschläge. Teilbericht, Halle (unveröffentlicht).
- FORSCHUNGSVERBUND BRAUNKOHLETAGEBAULANDSCHAFTEN MITTELDEUTSCHLANDS (FBM) (1998b): Die Biotoptypen der Braunkohlen-Bergbaufolgelandschaften Mitteldeutschlands. Teilbericht, Halle (unveröffentlicht).
- FORSCHUNGSVERBUND BRAUNKOHLETAGEBAULANDSCHAFTEN MITTELDEUTSCHLANDS (FBM) (1999): Konzepte für die Erhaltung, Gestaltung und Vernetzung wertvoller Biotope und Sukzessionsflächen in ausgewählten Tagebausystemen (BMBF-Förderkennzeichen: 0339647). Endbericht, Halle (in Arbeit).
- FROTSCHER, W., H. GOJ und W. LEDERER (1996): Aufbau und Einsatz von GIS für naturschutzfachliche Bearbeitungen in Braunkohlenlandschaften Mitteldeutschlands. In: Laufener Seminarbeitr., H. 4, 65 - 69.
- GOJ, H. und W. FROTSCHER (1998): Aufgaben, Struktur und Ziele des Einsatzes eines GIS in den Braunkohlenlandschaften Mitteldeutschlands. In: Ber. LA Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Sonderh. 1/1998, 5 - 24.
- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (LAU) (1992): ColorInfraRot(CIR)-Luftbild aus der Befliegung Sachsen-Anhalt im Maßstab 1 : 10.000 (Bild-Nr. 056).
- LAUSITZER UND MITTELDEUTSCHE BERGBAU-VERWALTUNGSGESELLSCHAFT (LMBV) (1996): Landinanspruchnahme/Betriebsflächen/Wiedernutzbarmachung. Bestandsangaben zum 31.12.1995. Espenhain (Manuskript).
- mi.LAN LANDSCHAFTSPLANUNGSGESELLSCHAFT MBH (mi.LAN) (1998): Änderungen und Begründungen zum Entwurf einer präzisierten Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts (Entwurf: 12/1998). Tischvorlage zum Workshop im Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt am 14.01.1999.
- MINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT (MRLU) (1997): Programm zur Entwicklung des Ökologischen Verbundsystems in Sachsen-Anhalt bis zum Jahr 2005. Magdeburg.
- OELKE, E. (1999): Historischer Abriß des Braunkohlenbergbaus in Mitteldeutschland (Sachsen-Anhalt). In: Forschungsverbund Braunkohletagebaulandschaften Mitteldeutschlands (FBM): Konzepte für die Erhaltung, Gestaltung und Vernetzung wertvoller Biotope und Sukzessionsflächen in ausgewählten Tagebausystemen (BMBF-Förderkennzeichen: 0339647). Endbericht, Halle (in Arbeit).

Anschrift des Autors:

Dr. Wolfgang Frotscher
Consultinggesellschaft für Umwelt
und Infrastruktur mbH
Eisenbahnstraße 10
D-06132 Halle (Saale)

