

Brandenburg. Geowiss. Beitr.	Cottbus	28 (2021), 1/2	S. 57–76	13 Abb., 5 Tab.
------------------------------	---------	----------------	----------	-----------------

Das Geotopkataster des UNESCO Global Geoparks Muskauer Faltenbogen / Łuk Mużakowa, Teil 1: Revision 2020

The Geotope Cadastre of the UNESCO Global Geopark Muskau Arch / Łuk Mużakowa, Part 1: Revision 2020

WOLFRAM HEIDENFELDER, JOCHEN RASCHER, LINDA RICHTER, JACEK KOŹMA, KERSTEN LÖWEN,
MATTHIAS RASCHER, MANFRED KUPETZ

Zusammenfassung

1999–2001 wurde erstmals ein Geotopkataster für den Geopark Muskauer Faltenbogen erarbeitet. In den letzten 20 Jahren erweiterte sich das geologische Wissen über sein Gebiet erheblich. Es wurden u. a. ca. 800–900 Vorschläge für neue Geotope durch Fachgeologen und ehrenamtlich Tätige vorgelegt. 2020–2021 wurde das Kataster grundlegend überarbeitet und aktualisiert. Besonderer Wert wurde dabei auf die Spezifik von Geotopen in Lockergesteinsgebieten sowie die glazialtektonischen Großformen im Muskauer Faltenbogen gelegt. Außerdem wird ein allgemeiner Überblick über die aktuelle Geotopthematik in Brandenburg, Sachsen und Polen, bezogen auf die Belange des Geoparks Muskauer Faltenbogen, gegeben.

Summary

In 1999–2001, a geosite cadastre was drawn up for the Geopark for the first time. In the last 20 years, the geological knowledge about its area has expanded considerably. Among other things, approx. 800–900 proposals for new geosites have been submitted by specialized geologists and volunteers. The cadastre was fundamentally revised and updated in 2020–2021. Particular emphasis was placed on the specifics of geosites in areas with unconsolidated rocks and the large scale glaciotectionic features in the Muskau Arch push end moraine area. In addition, a general overview of the current geosite issues in Brandenburg, Saxony and Poland related to the concerns of the Muskau Arch Geopark, is given.

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Geotope sind für die Tätigkeit von Geoparks fachliche Arbeitsgrundlagen (siehe auch Teil 2 dieses Beitrages im vorliegenden Heft). In der Geotop-Ersterhebung für den Geopark wurden 1999–2001 im Muskauer Faltenbogen insgesamt 95 Geotope erhoben, beschrieben und bewertet (HÜBNER et al. 1999, REIN et al. 2001, 2002). Nach 20 Jahren

hat sich der Kenntnisstand zu den geologischen Verhältnissen, der historischen rohstoffgewinnenden und -verarbeitenden Industrie, der kulturellen und landschaftsgestaltenden Nutzung von geologischen Objekten sowie der anthropogenen Landschaftsveränderung enorm vergrößert. Deshalb war es erforderlich, das Geopark-Geotopkataster umfassend zu revidieren. Diese Aufgabe wurde methodisch zweigeteilt. Schritt 1 umfasste eine zusammenfassende Darstellung und Übersichtsbewertung (HEIDENFELDER et al. 2019), Schritt 2 die objektkonkrete Überarbeitung und Erweiterung des Katasters einschließlich einer detaillierten Neuaufnahme und Bewertung im Gelände (HEIDENFELDER et al. 2020). Besonderes Augenmerk wurde dabei darauf gelegt, dass nicht nur die Geotopthematik auf der deutschen Geoparkseite im Bundesland Brandenburg und im Freistaat Sachsen etwas unterschiedlich behandelt wird, sondern auch zwischen Deutschland und Polen gewisse Unterschiede bestehen.

Aus der Netzwerktätigkeit des Muskauer Faltenbogens im European Geoparks Network (EGN) und Global Geoparks Network (GGN) ist bekannt, dass in anderen Geoparks üblicherweise 80 bis 120 Geotope ausgewiesen sind. Durch eine qualifizierte on desk-Revision wurde deshalb eine Vorauswahl von 120, max. 140 offiziellen Geopark-Geotopen vorgenommen und die Auswahl verbal-argumentativ begründet. Diese Auswahl war ein Vorschlag, der durch den Geopark nachfolgend geprüft, bewertet und ggf. modifiziert wurde. Außerdem wurde eine Methodik entwickelt, wie künftig mit den nicht in die Vorauswahl eingegangenen Geotopen verfahren werden kann. Ziel ist es dabei, dass der Kenntnisstand dazu für die Zukunft nicht verloren geht. Für die Geotopbewertung wurde eine Auswertung von internationalen Bewertungsansätzen vorgenommen und ein Vorschlag für das Untersuchungsgebiet vorgelegt. Das neue Kataster wurde DV-basiert unter Berücksichtigung der Arbeitsanleitung zur Geotopkartierung und zum Geotopschutz der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD 2018) sowie der von den Diensten im Land Brandenburg, im Freistaat Sachsen und in der Republik Polen durchgeführten Erhebung angelegt. Hierzu wurde eine praktikable Datenbankvorlage entwickelt.

2 Zur Geotopdefinition

Im deutschen Sprachgebrauch existierte bis LOOK (1996) kein eindeutiger und allgemein anerkannter Fachausdruck für die Beschreibung und Definition besonderer geowissenschaftlicher Objekte. Bildungen der unbelebten Natur, wie Aufschlüsse, Landschaftsformen, erdgeschichtliche Bildungen usw. wurden als „Naturschöpfungen, Bildungen, Gebilde, Erscheinungen“ oder als „Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte“ (GeoschOb) bzw. als „Geologisches Naturdenkmal“ (GND) bezeichnet. Der Begriff „Geotop“ bezeichnete ursprünglich in der geographischen Fachliteratur für die Raumplanung der DDR die kleinste quasihomogene Grundeinheit eines Naturraums (HAASE & SCHLÜTER 1980). In der Folgezeit vollzog sich ein Begriffswandel, wobei der raumplanerische Aspekt zurücktrat. Zu Beginn der 1990er Jahre wurde der Geotopbegriff von der Arbeitsgemeinschaft „Geotopschutz in deutschsprachigen Ländern“ auf „an der Erdoberfläche erkennbare oder von dieser aus zugängliche Teile der Geosphäre, die räumlich begrenzt und im geowissenschaftlichen Sinne von ihrer Umgebung klar unterscheidbar sind“ angewandt (GRUBE & WIEDENBEIN 1992). Nach dieser Definition handelt es sich bei einem Geotop, analog zum Begriff Biotop, um einen räumlich begrenzten Ort (griech: „topos“), an dem nicht die belebte Natur (griech: „bios“), sondern der Aufbau, die Entwicklung und die Eigenschaften der Erde (griech: „gä“) eine besondere Bedeutung haben. Aus diesem Grund bedarf dieser Ort eines besonderen Schutzes, sofern das Geotop erhalten werden soll.

Im Jahr 1992 beauftragten der Direktorenkreis der Staatlichen Geologische Dienste (SGD) und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) eine Arbeitsgruppe, die fachlichen Grundlagen für eine Unterschutzstellung von „erdwissenschaftlichen Objekten“ im Rahmen der jeweils gültigen Naturschutzregelungen der Bundesländer zu erarbeiten. Es hatte sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass nicht nur die belebte Natur des rechtlichen Schutzes bedarf, sondern auch typische Erscheinungen der unbelebten Natur. Beginnend im Jahr 1994, erarbeitete die Ad-hoc AG Geotopschutz die Definition des Begriffes „Geotop“ und formulierte Kriterien der Schutzwürdigkeit von Geotopen. Die Definition beschreibt – analog zum Begriff „Biotop“ im Bereich der belebten Natur – Objekte der unbelebten Natur. In ihr spielt neben dem Schutz und dem Erhalt von geowissenschaftlichen Objekten auch der Gedanke der Erkenntnisvermittlung über die Erdgeschichte eine wesentliche Rolle. Darüber hinaus wurde ein System zur Erfassung und Bewertung von Geotopen entwickelt, das eine länderübergreifende Vergleichbarkeit bei der Beurteilung der Schutzwürdigkeit erreichen sollte. Der Abschlussbericht zu diesen Arbeiten erschien im Jahre 1996 (LOOK 1996). Er wurde 2018 aktualisiert (SGD 2018).

„Schutzwürdige Geotope“ sind jene Geotope, die sich durch ihre besondere erdgeschichtliche Bedeutung, Seltenheit, Eigenart oder Schönheit auszeichnen. Sie sind für die Wissenschaft, Forschung und Lehre sowie für Natur- und Heimatkunde Dokumente von besonderem Wert. Sie

können insbesondere dann, wenn sie gefährdet sind und vergleichbare Geotope zum Ausgleich nicht zur Verfügung stehen, eines rechtlichen Schutzes bedürfen.

„Geotopschutz“ ist der Bereich des Naturschutzes, der sich mit Erhaltung und Pflege schutzwürdiger Geotope befasst. Die fachlichen Aufgaben der Erfassung und Bewertung von Geotopen sowie die Begründung von Vorschlägen für Schutz-, Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen für schutzwürdige Geotope werden von den Geologischen Diensten der Länder wahrgenommen.

In Polen werden Geotope als *geostanowiska* bzw. in der englischen Übersetzung aus dem Polnischen als *geosites* bezeichnet. Auf der Internetseite des Staatlichen Geologischen Dienstes (Państwowy Instytut Geologiczny – PGI) werden Geotope wie folgt definiert (PGI 2019):

„*About Geosites*

Geosite or geotope (German: Geotope, Polish: geostanowisko) is a single or a mosaic spread object with outstanding geological values. The geosite documents the geological history of the area or illustrates various geologic processes, e.g.: interesting forms of landscapes, boulders, accumulation of fossil fauna and flora etc. The Central Register of Polish geosites will enable easy access to information about geosites.”

Übertragung ins Deutsche:

“*Über Geosites*

Ein Geosite oder ein Geotop (Deutsch: Geotop, Polnisch: geostanowisko) ist ein einzelnes oder mosaikartiges Objekt mit hervorragenden geologischen Werten. Die Geotope dokumentieren die geologische Geschichte eines Gebietes oder veranschaulichen verschiedene geologische Prozesse, z.B.: interessante Landschaftsformen, Gesteinsformationen, Findlinge, Fossilfundorte etc. Das polnische Geotop-Zentralregister ermöglicht einen einfachen Informationszugang zu Geotopen.”

3 Geotope und Geotopschutz im Freistaat Sachsen, im Land Brandenburg sowie in Polen

Seit den 1980iger Jahren rückte in Deutschland der Umwelt- und Naturschutz stärker in den Mittelpunkt des gesellschaftlichen und fachlichen Interesses. Dabei lag das Augenmerk vorrangig auf biologischen Aspekten. Naturschutz und Artenschutz wurden nahezu als Synonym wahrgenommen. Der nicht belebte Anteil der Natur wurde lediglich als ein Teil des natürlichen Ökosystems betrachtet, meist jedoch ohne ihm selbst die angemessene Wertschätzung und den erforderlichen Schutz zuteilwerden zu lassen.

In den letzten Jahren hat sich die öffentliche Wahrnehmung von geowissenschaftlichen Objekten als ein sichtbares Zeugnis erdgeschichtlicher Vorgänge wesentlich verbes-

sert. Der Geotopschutz wird heute als ein Teilgebiet des Naturschutzes betrachtet. Neben der Bewahrung und dem Schutz von einzigartigen Landschaftsformen, Gesteinsaufschlüssen und Bodenvorkommen rücken verstärkt auch umweltpädagogische und geotouristische Aspekte in den Fokus der Gesellschaft. Ziel ist nicht nur der Schutz und Erhalt geowissenschaftlicher Objekte, sondern auch die verständliche Darstellung der erdgeschichtlichen Entwicklung unseres Planeten. Gesteinsaufschlüsse werden detailliert in der Fachliteratur beschrieben und dienen als Exkursionsziele für Lehr- und Forschungszwecke.

Der rechtliche Schutz von Geotopen ist in den Bundesländern nach wie vor nicht einheitlich geregelt. Neben derzeit ungeschützten Objekten können Geotope nach unterschiedlichen Bundes- oder Landesgesetzen geschützt werden. Schutzmaßnahmen waren häufig das Resultat der Arbeit von Naturschutzbehörden, Heimat- und Touristikverbänden, aber auch von hauptsächlich auf lokaler Ebene tätigen Gruppen oder Einzelpersonen. Für den Aufbau und die Laufendhaltung der Geotopkataster sind in Deutschland die Geologischen Dienste zuständig.

In der Republik Polen hält der Staatliche Geologische Dienst ein gesamtpolnisches Geotopkataster vor (Central-

ny Rejestr Geostanowisk Polski CRGP, PGI 2019). Sein Aufbau begann 2009 mit 1.500 Geotopen. Aktuell umfasst es 3.700 Geotope (Abb. 1). Seine Aufgaben und sein Zweck werden wie folgt beschrieben:

“The aim of the project is to support the preservation geodiversity and geological heritage of the country. Easy access to information about the geodiversity of the region is important for the government and organizations and associations dealing with nature conservation. The Central Register of Polish Geosites will contain information characterizing an object from the location and identify opportunities for directions, through the geological characteristics of the object, photo galleries, and bibliographies on the geosites.”

Übertragung ins Deutsche:

„Ziel des Projekts ist es, die Erhaltung der Geodiversität und des geologischen Erbes des Landes zu unterstützen. Der einfache Zugang zu Informationen über die Geodiversität der Region ist wichtig für die Regierung, die Organisationen und Verbände, die sich mit Naturschutz befassen. Das polnische Geotop-Zentralregister enthält Lageinformationen sowie geologische Beschreibungen einschließlich von Fotos und bibliographischen Angaben.“

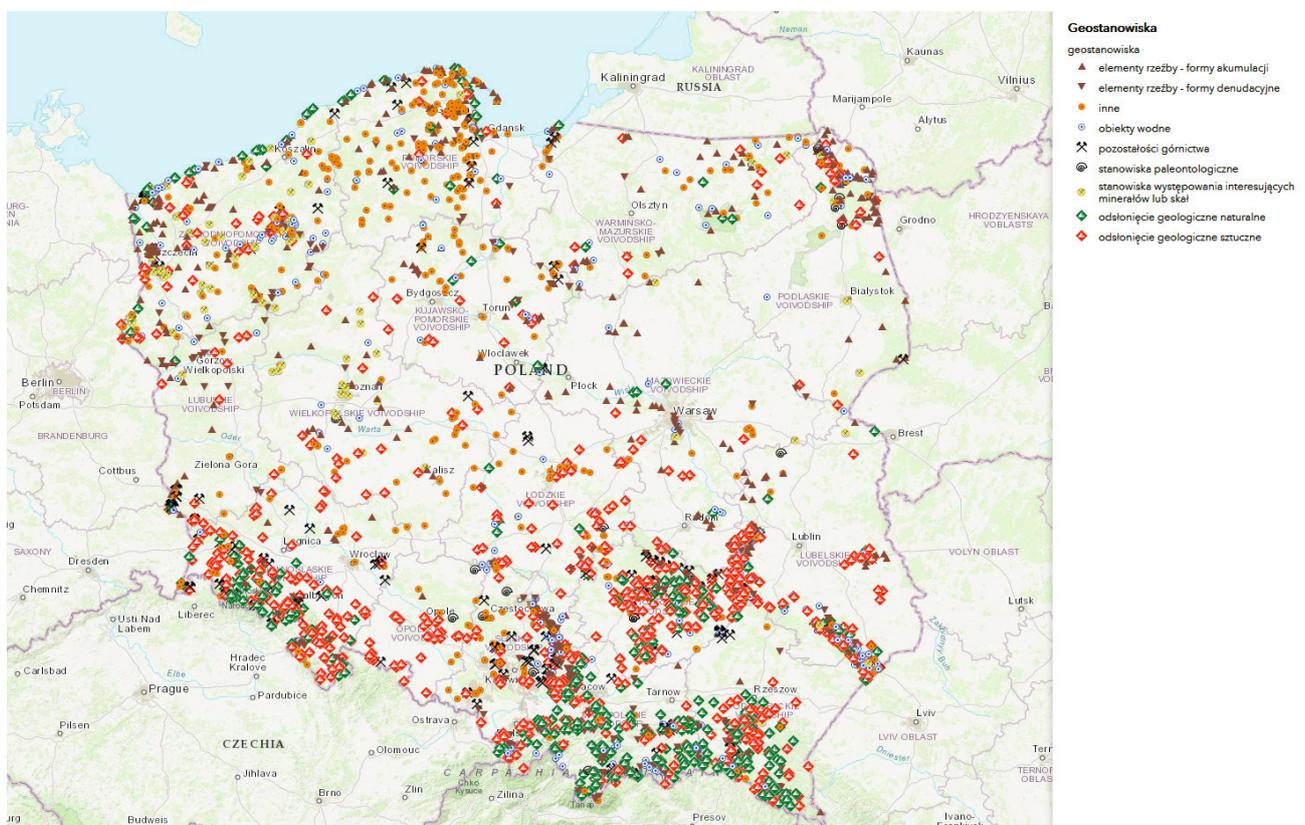


Abb. 1: Übersichtskarte über die vom Polnischen Staatlichen Geologischen Dienst erfassten Geotope, (<https://cbdportal.pgi.gov.pl/geostanowiska/> Stand 08.12.2019).

Fig. 1: General map of the geotopes recorded by the Polish State Geological Survey, (<https://cbdportal.pgi.gov.pl/geostanowiska/> Stand 08.12.2019).

Hinweis: Im polnischen Verständnis werden der Aufbau und die Laufendhaltung des staatlichen Geotopkatasters als Projekt bezeichnet.

Ein der deutschen Arbeitsanleitung vergleichbares Regelwerk für dessen Erfassung und Bewertung ist nicht bekannt. Im CRGP werden die Geotope in einem komplexen DV-Programm gegliedert und in folgenden Registerkarten interaktiv im Internet vorgehalten:

1. Allgemeine Informationen
2. Physische Eigenschaften der Geotope
3. Gegenwärtiger Zustand
4. Geologische Beschreibung der Geotope
5. Graphische Dokumentation
6. Bearbeiter (bzw. Bearbeitungsstand) und
7. Bibliographie

Diese beinhalten insgesamt 37 Unterpunkte sowie Kartenausschnitte, Fotos, Abbildungen und ein Quellenverzeichnis. Für eine schnelle Übersicht ist es möglich, sich für jedes Geotop ein Dokumentationsblatt (Karta Dokumentacyjna Geostanowiska) ausgeben zu lassen.

Die Geotoperfassung, -pflege und -präsentation gehört für UNESCO Global Geoparks in allen Ländern wie auch für Nationale Geoparks in Deutschland zu deren Aufgaben. Wegen der fehlenden gesetzlichen Grundlage für den Geotopsschutz und für Geoparks sind diese Aufgaben aus hoheitlicher Sicht jedoch freiwillige Aufgaben.

4 Zur Spezifik von Geotopen im Lockergesteinsgebiet des pleistozänen Vereisungsgebietes

Die weit überwiegende Anzahl von Geotopen in Deutschland und Polen befindet sich in Mittel- oder Hochgebirgsregionen (Abb. 2). Es sind meist markante Felsformationen, künstliche Aufschlüsse in Festgesteinen oder geomorphologisch markante Landschaftselemente. Darüber hinaus sind die im Gebiet der nordischen Vereisungen Deutschlands und Polens ausgewählten Geotope nicht selten lokale Grundgebirgsaufbrüche oder präpleistozäne Schollen, die in der Eiszeitlandschaft einen eher exotischen Charakter haben, als dass sie diese charakterisieren. Beispiele dafür sind in Deutschland die Kalkgrube Lieth bei Elmshorn (Zechsteindiapir, LOOK & QUADE 2007, S. 8) oder die Kreideküste der Insel Rügen (Schreibkreide, Maastricht, LOOK & QUADE 2007, S. 26) und in Polen das Salzbergwerk in Kłodawie (Kopalnia Soli w Kłodawie, Zechstein, Wojewodschaft Großpolen, SŁOMKA et al. 2006, S. 232) sowie das Kliff von Chłapowo an der Ostseeküste (braunkohlenführende Miozänscholle, Wojewodschaft Pommern, SŁOMKA et al. 2006, S. 168). Die Unterrepräsentanz von Lockergesteinsgeotopen kommt u. a. auch in der tabellarischen „Erläuterung ausgewählter geowissenschaftlicher Begriffe und Geotoptypen“ (Anl. 1 in SGD 2018) zum Ausdruck.



Abb. 2: Die Übersicht der 103 „schönsten Geotope Deutschlands“ zeigt sehr deutlich die zahlenmäßig geringe Flächenbelegung mit Geotopen im nördlichen, pleistozän geprägten Teil Deutschlands (LOOK & QUADE 2007).

Fig. 2: The overview of the 103 "most beautiful geosites in Germany" clearly shows the low number of geosites in the northern, Pleistocene part of Germany (LOOK & QUADE 2007).

Oftmals ist es schwierig, die pleistozänen Lockergesteine als attraktive Geotope in Szene zu setzen. Dies hat folgende Gründe:

1. Die pleistozänen Lockersedimente treten i. d. R. in nur wenig markanten Landschaftsformen auf.
2. Sie bilden an der Erdoberfläche auf Grund ihrer guten Bodenbildungseigenschaften (Korngröße, Permeabilität) flächendeckend Böden aus, sodass sie i. d. R. nur in künstlichen Aufschlüssen in geologisch nicht veränderter Form auftreten.
3. Die Böden sind i. d. R. dicht mit einer Gras- und Krautschicht oder Wald und Forsten bedeckt. Diese maskieren die geomorphologischen Strukturen zusätzlich.

5 Einzelaktivitäten zur Erhebung weiterer Geotope im Zeitraum 2001-2019

Insgesamt wurden für den Muskauer Faltenbogen im Zeitraum von 2001–2019 ca. 800 bis 900 neue Geotopvorschläge unterbreitet. Durch acht Aktive bzw. Projekte in der Region (Fördervereinsmitglieder, Geoparkführer, Mitglieder der Geschäftsstelle und regionale Akteure) gingen diese in Arbeitspapiere und nicht publizierte Projektberichte ein (Tab. 1, lfd. Nr. 1–10). Die weiteren Vorschläge wurden inhaltlich in acht Gruppen klassifiziert (Tab. 1, lfd. Nr. 11–18). Da die Vorschläge teilweise nach Autoren und teilweise nach Geotoptypen geordnet sind, überschneiden sich einige Geotope, weil die Autoren thematisch und nicht nach Geotoptypen gearbeitet haben. Tab. 1 gibt dazu einen nicht auf Vollständigkeit ausgerichteten Überblick.

6 Revision des Geotopkatasters

Die Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland (SGD 2018) teilt die Geotope in Deutschland in fünf Geotoptypen mit 20 Untertypen ein. Diese Untergliederung wurde auch bei der Geotoperstkartierung im Muskauer Faltenbogen genutzt. Geschuldet der unscharfen Bestimmung des Geotopbegriffes haben Autoren der Arbeitsanleitung jedoch ein Problem, Geotoptypen tatsächlich zu formulieren. Sie verstehen sie in diesem wesentlichen Punkt ihrer Arbeitsanleitung mehr als Anhaltspunkt als ein zur konkreten Anwendung empfohlenes Klassifizierungsschema. Sie führen dazu aus:

„Als Anhaltspunkt für die Bearbeiter bei der Erfassung von Geotopen im Gelände dient die im Anhang als Anlage 1 aufgeführte Zusammenstellung ausgewählter geowissenschaftlicher Begriffe. Sie erhebt mit den fünf Hauptgruppen Aufschlüsse, Landschaftsformen, Quellen, Höhlen sowie geohistorische Objekte keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für die einzelnen Bundesländer sind entsprechend der geologischen Verhältnisse jeweils nur Teile der Aufzählung in Anlage 1 relevant ...“

Als Ausdruck dieses unscharfen Geotoptypen-Begriffes ist auch die zitierte Anl. 1 mit „Erläuterung ausgewählter geowissenschaftlicher Begriffe und Geotoptypen“ überschrieben. Aufgezählt werden insgesamt 407 Begriffe. Für den Muskauer Faltenbogen sind davon nur etwa 30 bis 40 zutreffend bzw. anwendbar. Genauer benennen kann man die Zahl nicht, weil sich einige Begriffe inhaltlich überschneiden. Dennoch ist diese Zusammenstellung ein hilfreiches Bearbeitungsinstrument. Entsprechend der Intention der Arbeitsanleitung Geotopschutz wird im Folgenden die zweigegliederte Geotopeinteilung, die bereits bei der Ersterfassung im Muskauer Faltenbogen zum Einsatz kam, verwendet und weiterentwickelt.

6.1 Eckpunkte

6.1.1 Zur Frage der Geotopgröße und der Nationale Geotop® Muskauer Faltenbogen

Für die Größe von Geotopen gibt es keine einheitlichen Regeln, auch keine Diskussion in Fachpublikationen. Üblicherweise sind es natürliche oder künstliche Aufschlüsse von wenigen Metern oder Dekametern, in Einzelfällen auch 100 oder 200 Metern Länge. Sieht man die Gesamtstruktur des Muskauer Faltenbogen als Geotop an, was in diesem Falle sinnvoll ist, handelt es sich um eine hufeisenförmige Stauchend- bzw. Grundbruchmoräne von ca. 20 km westöstlicher und etwa 22 km nordsüdlicher Erstreckung. Daraus ergibt sich eine Gesamtfläche von ca. 440 km² (Abb. 3). In diesem Sinne hat KUPETZ (1996) den Muskauer Faltenbogen als Geotop von Europäischer Bedeutung beschrieben. Auch die Akademie der Geowissenschaften zu Hannover zertifizierte 2006 den Muskauer Faltenbogen in diesem Sinne als Nationalen Geotop® und bestätigte 2017 seine Rezertifizierung (Abb. 4).

Insgesamt werden im Muskauer Faltenbogen nach der Geotopgröße drei Dimensionen ausgehalten:

1. die 20 km Dimension: das entspricht dem Muskauer Faltenbogen s. str. oder dem Neißedurchbruch durch den Faltenbogen,
2. die Dimension weniger Hundert Meter bis wenige Kilometer: das entspricht z. B. dem Moränentor von Halbendorf (Dübener Depression), dem Giesergebiet der Drachenberge oder dem Versunkenen Wald in der Grube Conrad, wo Teile des untertägigen Braunkohlenbergbaus der drei Mulden Elise, Erika und Emma zu Bruch gegangen sind) und
3. die Dimension weniger Meter bis weniger Hundert Meter: z. B. ein normaler einzelner Gieser, die Großen Babina-Quellen oder der Braunkohlenschurf am Felixsee.

Der Übergang zwischen diesen Größen ist fließend. Dieser generellen Einteilung sollte man sich stets bewusst sein, um eventuelle Irritationen zu vermeiden.

6.2 Revision der Geotoptypen-Klassifikation

Die Geotoptypen-Klassifikation wurde faltenbogenspezifisch überarbeitet und erweitert (Tab. 2). Die wichtigsten Punkte dazu sind:

1. Durch einige Einzelstudien sind heute eine Reihe von Großformen der glazialtektonischen Lagerungsstörungen bekannt, die weltweit aus keiner anderen Stauchendmoräne in dieser Genauigkeit beschrieben wurden. Deshalb wurde in der Geotoptypen-Gruppe glazialtektonische Lagerungsstörungen eine Untergliederung in sechs (Einzel-)Geotope vorgenommen:

Ifde Nr.	Ordnungskriterium	Autor	Kommentare
1	vermutete Sollstrukturen	KUPETZ (2003)	Karte vermuteter Sollstrukturen auf der Informationstafel „Soll von Klein Kötzig“
2	Planungsvorhaben Großschurf Kromlau	RASCHER & HEIDENFELDER (2009)	Projekt eines 300 m langen Großschurfes im Kromlauer Perk, nicht realisiert
3	Findlinge	MÄDLER (2006, 2009, 2011a, b)	Findlingsinventur im gesamten Gebiet des Muskauer Faltenbogens
4	Neißedurchbruch, seine Terrassen und Seitentäler	BÖLSCHER u.a. (2008)	
5	Raseneisenerze und rezente sekundäre Eisen(III)-Mineralbildungen	RZEPA & BOŻECKI (2007, 2008), KUPETZ et al. (2012), KUPETZ (2018)	mineralogische und röntgenenographische Untersuchungen zu sekundären Eisen(III)-Mineralen (Eisenschlämme) und Raseneisenerz
6	Geotopvorschläge von Uwe Bartholomäus	BARTHOLOMÄUS (2015a,b)	schwerpunktmäßig relikte des historischen Braunkohlenbergbaus im deutschen Geoparkteil
7	Geotopvorschläge von Nancy Sauer aus dem DBU-Projekt Kulturlandschaft Muskauer Faltenbogen	SAUER (2018)	schwerpunktmäßig geomorphologische und kulturlandschaftsbezogene Geotope
8	Dissertation Jacek Koźma	KOZMA (20218)	bergbauhistorische Objekte, anthropogene Landschaftsveränderungen verschiedener Art, siehe auch Abb. 10
9	antropogene Geotope i.S. der Verwendungen von Feldsteinen und Findlingen	BERNDT & HYLLA (2002), KÖBBL & TSCHUK (2005), KOTZAN & ULBRICH (2009)	Die zwei erstgenannten genannten Quellen beinhalten eine flächendeckende Dokumentation über die Verwendung von Feldsteinen in Profanbauten für den Landkreis Spree-Neiße. Die dritte Quelle beschreibt den Lausitzer Findlingspark Nochten unter geologischem Aspekt.
10	Findlingszusammentragung im Rahmen des gescheiterten Projektes Runen- und Bildsteinpark in Gosda II 1993	THIEL (1993)	Zusammentragung von ca. 500, z. T. sehr großen Findlingen auf drei Privatgrundstücken mit unsicheren Informationen über deren Herkunft
11	Großformen der glazialtektonischen Deformation		Einzelinformationen aus verschiedenen Publikationen und eigene Beobachtungen
12	Gieser		Einzelinformationen aus verschiedenen Publikationen und eigene Beobachtungen
13	Quellen		Einzelinformationen aus verschiedenen Publikationen und eigene Beobachtungen
14	Böden		Böden blieben auf Grund fehlender flächenhafter Übersicht zunächst außen vor.
15	Bergbaufolgeseen	BARON (2007), KOZMA (2018)	Umfangreiche Erhebungen zu Bergbaufolgegewässern im polnischen Teil durch Jacek Koźma.
16	verdeckte Geotope		Nicht aufgeschlossenen, oberflächennahe Rohstoffvorkommen sowie Erdöl- und Erdgasvorkommen, Informationen aus verschiedenen Quellen.
17	temporäre Geotope		Geologisch relevante temporäre Aufschlüsse, Baugruben, Straßenanschnitte. Informationen aus verschiedenen Quellen.
18	sonstige Geotope		Spezielle Geotope, die nicht ohne weiteres zuordenbar sind.

Tab. 1: Übersicht zu den neuen, im Zeitraum von 2001–2019 erarbeiteten Vorschlägen für Geopark-Geotope.

Tab. 1: Overview of the new Geopark geotope proposals developed in the period 2001–2019.

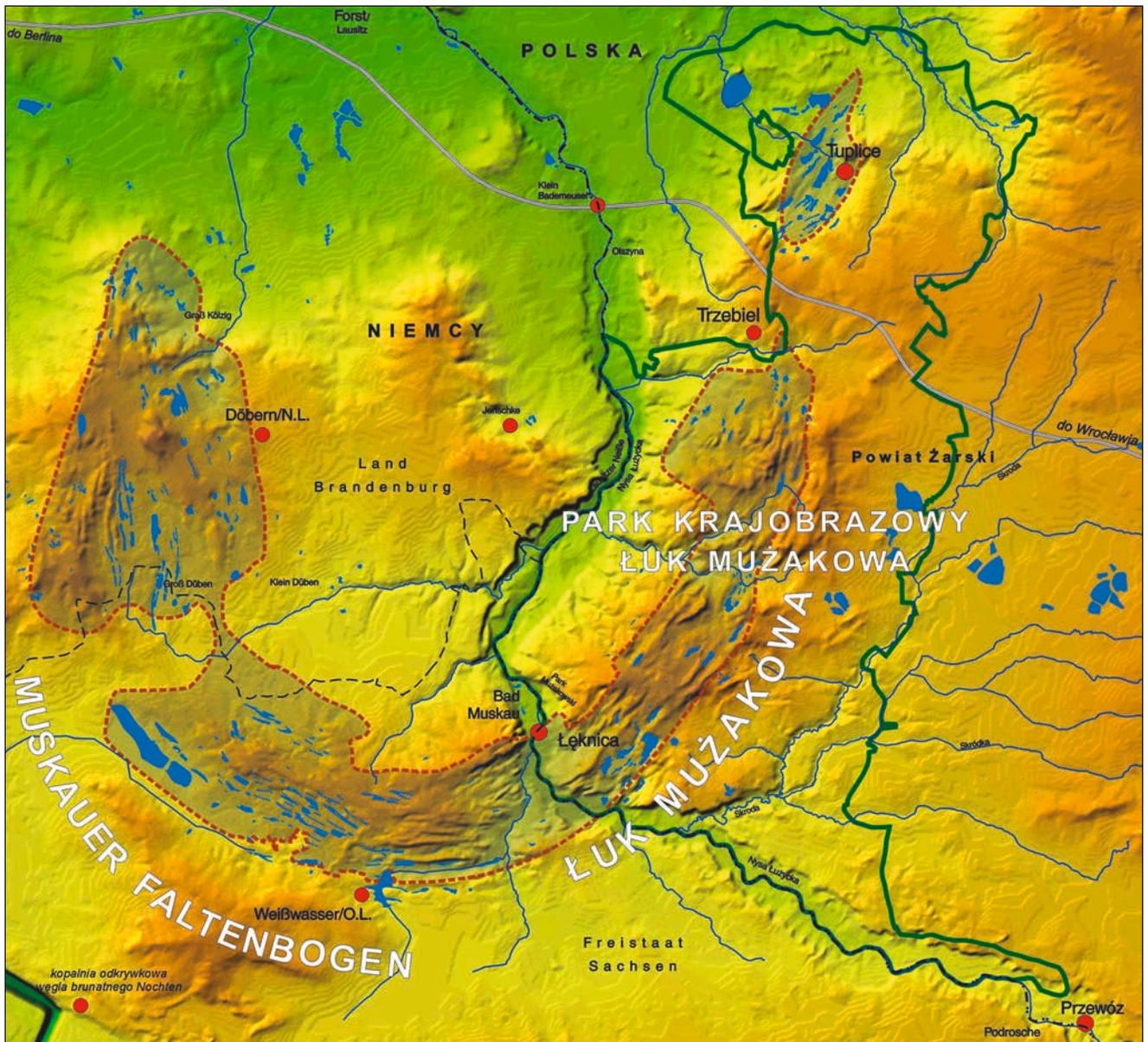


Abb. 3: Schattenreliefdarstellung des Muskauer Faltenbogens im digitalen Geländemodell (DGM). Bearbeiter Jacek Koźma 2006, aus Kupetz & Kupetz (2009, S. 226).

Fig. 3: Shadow relief representation of the Muskau Arch in the digital terrain model (DTM). Processor Jacek Koźma 2006, from Kupetz & Kupetz (2009, S. 226).

Abb. 4: Zertifizierungsurkunde des Muskauer Faltenbogens als Nationaler Geotop® 2006.

Fig. 4: Certification document of the Muskau Arch as a National Geotop® 2006.



- Schuppen, Diapire und Diapirfalten, irreguläre Deformationen, große Mulden sowie Schollen (Abb. 5a–d, 6a–d, 7a–c, 8).
2. Wesentliche Erkenntnisfortschritte erzielte MÄDLER (2006, 2009, 2011A–C, 2018) mit seiner systematischen, flächendeckenden Findlingskartierung.
 3. Mit den Untersuchungen von BOŻECKI (2010, 2013) und KUPETZ et al. (2012) wurde der Kenntnisstand zu den Raseneisenerzen und den rezenten, sekundär gebildeten Eisen(III)-Mineralen erheblich erweitert und damit eine entsprechende Berücksichtigung bei der Geotoprevision begründet.
 4. Bei den Bergbaufolgeseen wurden die sog. Versunkenen Wälder (unter Wasser gegangene Tiefbaubruchgebiete) ergänzt, weil diese einerseits faltenbogenspezifisch und andererseits von sehr hoher ästhetischer Attraktivität sind.
 5. Eine stärkere Wichtung erhalten ebenfalls die bei der Erstkartierung weniger stark beachteten Seitentäler der Lausitzer Neiße (oftmals Trockentäler).
 6. Für die menschliche Tätigkeit im Faltenbogen hat die historische Rohstoffnutzung einen besonderen Stellenwert. Sie sollte besonders unter dem Aspekt der nachhaltigen Bildung hinsichtlich der sozialen Entwicklung der Region und der Entstehung neuer Technologien zur Rohstoffverarbeitung betrachtet werden. Deshalb erweitert sich das Spektrum der Rohstoffe bei den Geotopen um geologisch junge Tone als Begussmasse für das Muskauer Steinzeug sowie die rezente Bildung mächtiger Eisen(III)-Mineralabsätze als Beispiel für den rezenten Prozess der Raseneisenerzbildung (Abb. 9).
 7. In den Kontext der Rohstoffe fallen auch die historische Erdölförderung und die gegenwärtige Solennutzung aus einer tiefen Bohrung.
 8. Durch geologische Untersuchungen des oberflächennahen Bereiches wurden einige Lockergesteine gefunden, die aus geowissenschaftlicher und/oder geodidaktischer Sicht von Interesse sind. Beispiele sind das Kieselgurvorkommen bei Jocksdorf, die Seekreide bei Tschernitz und die Bändertone bei Kromlau.
 9. Mit der Geotoprevision erhalten durch den Menschen genutzte Feldsteine und Findlinge einen größeren Stellenwert als bisher. Zu nennen ist an erster Stelle der Findlingspark Nochten in seiner Gesamtanlage mit ca. 7000 Findlingen und hier speziell die Sammlung der 77 ausgewählten Findlinge in „Klein-Skandinavien“. Neu bewertet werden darüber hinaus einige größere, bisher kaum beachtete Feldsteinbauten. Bislang außerhalb des Fokus standen auch die wenigen, noch original erhaltenen Kopfsteinpflasterstraßen aus „Katzenköpfen“ (Feldsteinen).
 10. Die Kategorie der bergbauhistorischen Objekte wurde durch KOZMA (2018) beispielhaft bearbeitet. Dabei stechen besonders die noch gut erhaltenen, mit Ziegeln gemauerten Schrägschächte im polnischen Teil des Faltenbogens hervor (Abb. 10). Sie haben eine große Bedeutung als potentiell touristisch zu erschließende Geotope.

11. Schließlich gibt es einige wichtige verdeckte und temporäre Oberflächenaufschlüsse, die zumindest teilweise dokumentiert, nicht aber veröffentlicht wurden. Einige bedeutende von ihnen sollten in eine der beiden nachgeordneten Stufen 2 oder 3 des revidierten Geotopkatalogs (vgl. Abschnitt 6.4.) aufgenommen werden. Hierzu gehören die fotografisch dokumentierte, 23 m lange Tertiärschuppe (Sand, Schluff und Ton) des Straßeneinschnittes der Umgehungsstraße (B12) von Łęknica 2010 (Abb. 5d) sowie der Aufschluss eines Braunkohlenflözes in der Baugrube des Schulneubaus in Döbern 2019.

6.3 Entwicklung der Geotoprevision an einem Beispiel

Zur Veranschaulichung des Revisionsprozesses soll ein charakteristisches Geotop in Form von Lockersedimenten im pleistozänen Vereisungsgebiet des Muskauer Faltenbogens herangezogen werden. Es handelt sich um ein Schichtenprofil steilstehender miozäner Sande, Kiese, Sande, Schluffe und Tone der ehemaligen Tongrube Irena bei Łęknica. Nach Beendigung des Abbaus wurde das Restloch mit einer Abdichtung versehen und einer sekundären Funktion als Abfalldeponie zugeführt, die wiederum derzeit abgedeckt und begrünt ist. Das Geotop besteht in seiner heutigen Form im Wesentlichen aus zwei Teilen: 1) einer in NE-SW Richtung verlaufenden, 5 m hohen und etwa 60m langen ehemaligen Grubenwand und 2) einem rechtwinklig von dieser Wand nach NW abbiegenden, 16m langen Schichtenprofil (Abb. 11a, b). Ein häufiges Problem bei dieser Art von Lockersedimentenaufschlüssen besteht einerseits in den bereits unter Kapitel 4 genannten Aspekten, aber auch in ihrer geringen Beständigkeit bzw. Konservierungsfähigkeit. Knappe 20 Jahre nach der Erstaufnahme des Geotops in das Geotopkataster wäre heute ein erheblich schlechterer Erhaltungs- bzw. Aufschlusszustand erwartbar gewesen, sodass es in der Revision möglicherweise nur noch als temporäres (oder ehemaliges) Geotop erscheinen würde. Aufgrund der leichten Silifizierung großer Teile der Schichtenfolge stellte sich im Rahmen der Neuaufnahme allerdings ein exzellenter Aufschluss- und Erhaltungsstatus heraus. Die Verkieselung ist vor allem im südöstlichen Bereich stärker ausgebildet und tritt in Form von etwa 1,0–1,5 m großen Tertiärquarzit-Blöcken innerhalb der Schichtfolge in Erscheinung (Abb. 11c). Das eigentliche Highlight, das die geowissenschaftliche Signifikanz des Geotops unterstreicht, ist das knapp 16 m lange Profil im SW des Aufschlusses. Das glazialtektonisch verschuppte Schichtenprofil setzt sich zusammen aus einer steilgestellten Abfolge von miozänen, teils tonigen Sanden und Kiesen und geht linker Hand in eine pleistozäne Kiesschuppe über, die durch eine gut sichtbare Störung von (teils zerscherten) miozänen Sanden und Tonen im Liegenden getrennt wird (Abb. 11d). In den permeablen Bereichen des Profils sind die Sedimente durch eisenreiche Grundwässer braun gefärbt, was neben den kleinskaligen attraktiven Strukturen zur optischen Strahlkraft beiträgt.



Abb. 5: Glazialtektonische Großschuppen im Muskauer Faltenbogen im Überblick.
 a) Schuppenabfolge in der ehemaligen Braunkohlengrube Julius bei Wolfshain/Friedrichshain. Die Grafik wurde aus zahlreichen Bohrungen, geologischen Schnitten und einer Interpretation eines hochauflösenden DGM rekonstruiert. Nicht berücksichtigt sind dabei die Veränderungen der geologischen Verhältnisse durch den über- und untertägigen Bergbau, aus KUPETZ et al. (2004).
 b) Geomorphologisch treten die linienhaften Braunkohlenausstriche über den ausstreichenden Braunkohlenflözen häufig durch mittelmaßstäbliche Talbildungen (Gieser) in Erscheinung. Gieserlandschaft östlich von Reuthen.
 c) Zwei Gieser treten durch helleres Grün von Birken im Kiefernforst in Erscheinung. Es sind Gieser mit charakteristischer Feuchtvegetation infolge von Vermoorung auf ihrer Sohle. Die seitlichen Hochflächen sind Kiefernforste. Typisch ist der feuchtigkeitsbedingte Bestand mit einzelnen Birken im und am Rand des Giesers, Gieserlandschaft südöstlich des Felixsees. (Foto: Peter Radke, LMBV).
 d) Glazialtektonische Schuppe in miozänen Tonen, Schluffen und Sanden nicht näher bestimmbarer Alters. Der Geländeanschnitt entstand im Rahmen des Neubaus der Umgehungsstraße B12 von Łęknica am 10.04.2010, temporäres Geotop.

Fig. 5: Overview of glacial-tectonic large thrust slices in the Muskau Arch.
 a) Thrust slice sequence (glaciotectonic rafts) in the former Julius lignite mine near Wolfshain/Friedrichshain. The diagram was reconstructed from numerous boreholes, geological sections and an interpretation of a high-resolution DTM. The changes in the geological conditions due to surface and underground mining are not taken into account, from KUPETZ et al. (2004).
 b) Geomorphologically, the linear lignite outcrops above the striking lignite seams often appear as mid-scale valleys (Gieser valley). Gieser landscape east of Reuthen.
 c) Two gieser valleys are characterised by lighter green birch trees in the pine forest. These are Gieser valleys with characteristic wetland vegetation as a result of bogging on its bed. The lateral uplands are pine forests. Typical is the moisture-related stand with individual birch trees in and at the edge of the gieser valley, Gieser landscape southeast of lake Felixsee. (Photo: Peter Radke, LMBV).
 d) Glacial-tectonic thrust slice in Miocene clays, silts and sands of indeterminate age. The outcrop was exposed during the construction of the new B12 bypass road in Łęknica on 10.04.2010, temporary geotope.

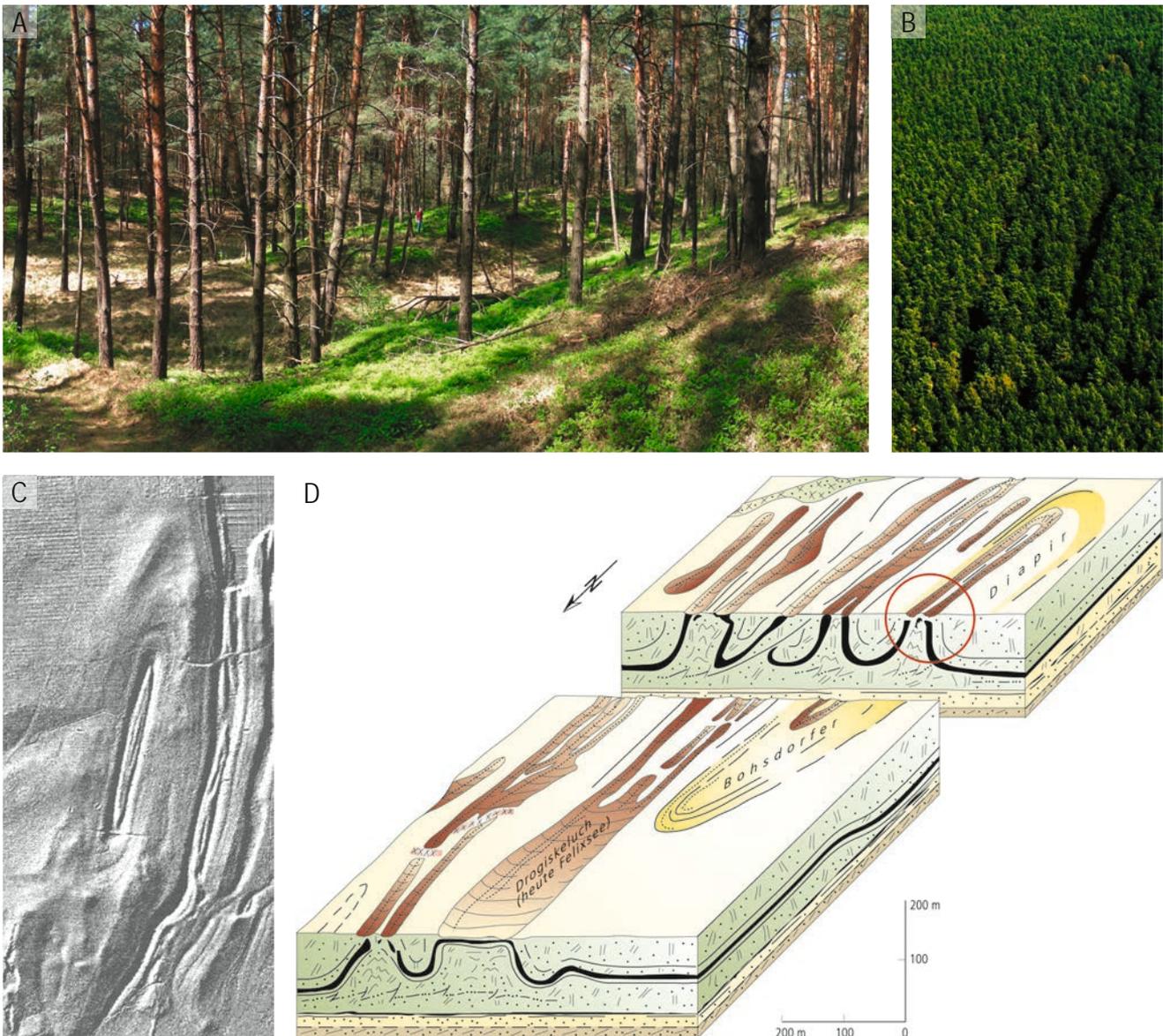


Abb. 6: Der Bohsdorfer Diapir.

- a) Geländeansicht von Südosten her.
- b) Baumkronenfoto von Süden her, der vertorfte, ellipsenförmig umlaufende Gieser wird durch den Ausfall des Kiefernbestandes sichtbar, Bildhöhe ca. 500 m (Foto: Peter Radke, LMBV).
- c) Ansicht des N–S verlaufenden Diapirs im hochauflösenden DGM-Image, Bildhöhe ca. 1,3 km, aus KUPETZ & KOŹMA (2015).
- d) Der Bohsdorfer Diapir (roter Kreis). Er wurde aus seinem charakteristischen, ellipsoiden Gieser und einem hochauflösenden DGM rekonstruiert, aus KUPETZ et al. (2004).

Fig. 6: The Bohsdorf diapir.

- a) View of the terrain from the south-east.
- b) Treetop photo from the south, the peaty, ellipsoidal gieser valley becomes visible through the lower pine stand, image height approx. 500 m (Photo: Peter Radke, LMBV).
- c) View of the N–S trending diapir in the high-resolution DTM image, image height approx. 1.3 km, from KUPETZ & KOŹMA (2015).
- d) The Bohsdorf diapir (red circle). It was reconstructed from its characteristic ellipsoidal Gieser valley and a high-resolution DTM, from KUPETZ et al. (2004).

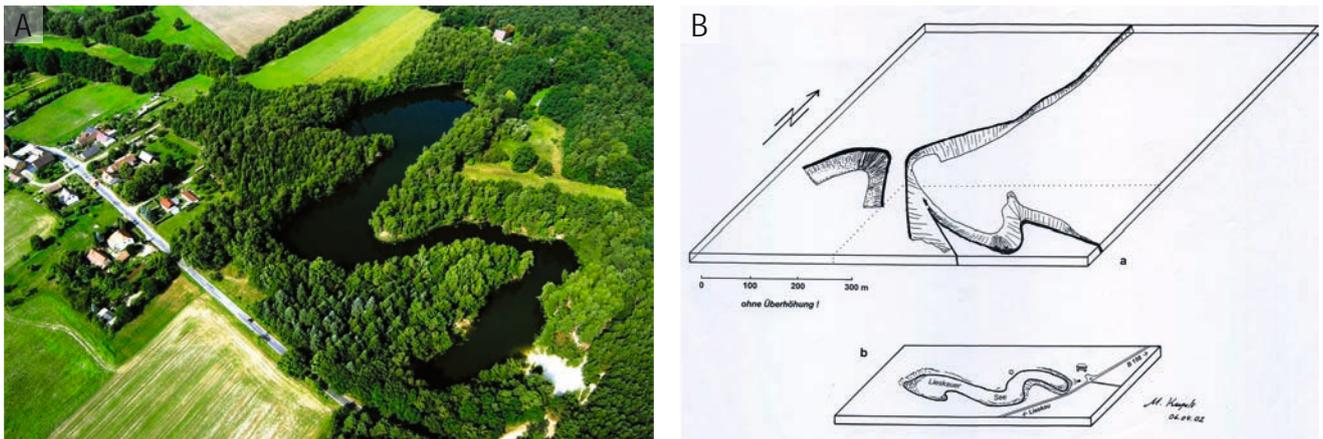


Abb. 7: Irreguläre glazialtektonische Biegefließfalten im Bereich der Gruben Mathilde bei Lieskau und Anna bei Reuthen. Der doppelt S-förmige Grundriss des Sees zeichnet eine plastische Biegefließfalte, die von zwei ebenfalls glazialtektonischen Bruchstörungen durchzogen wird, aus KUPETZ & KOŽMA (2015). a) Bergbaufolgesee des Tagebaus der Grube Mathilde. Aufgenommen aus ost-südöstlicher Richtung, Höhe des Bildes etwa 500 m. Foto: Peter Radke, LMBV. b) Innerhalb der gefalteten Schichtenfolge bildet das Braunkohlenflöz einen Leithorizont, der die Faltungscharakteristik abbildet. Die Skizze zeigt eine Flözrekonstruktion auf der Grundlage von Altbergbaurissen.

Fig. 7: Irregular glacial-tectonic flexural flow folds in the area of the Mathilde pit near Lieskau and Anna pit near Reuthen. The double S-shaped outline of the lake traces a plastic flexural flow fold traversed by two likewise glacial-tectonic fracture faults, from KUPETZ & KOŽMA (2015). (a) Post mining lake of the open pit Mathilde. Taken from east-southeast direction, height of the picture about 500 m. (Photo: Peter Radke, LMBV). (b) Within the folded sequence, the lignite seam forms a lithological key bed that depicts the folding characteristics. The sketch shows a seam reconstruction based on old mining cracks.

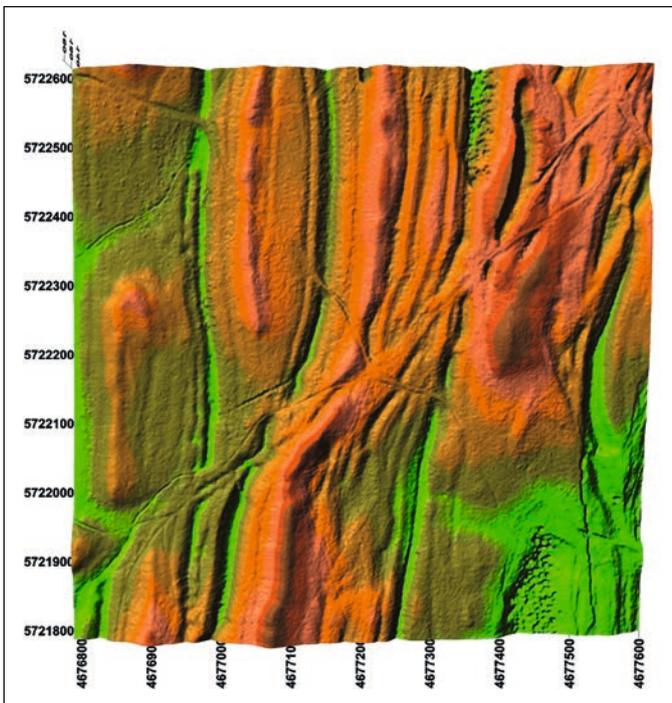


Abb. 8: Farbkodierter Ausschnitt aus einem hochauflösenden DGM ohne Bewaldung südlich der Geologie-Tour. Bildbeherrschende Struktur ist eine gestaffelte, dextrale Diagonaltörung in den Lockergesteinen des glazialtektonisch gestörten Miozäns, Bildausschnitt 800 x 800 m, Überhöhung 2 x, aus KUPETZ (2003).

Fig. 8: Colour-coded section from a high-resolution DTM without forestation south of the geology tour. The dominant structure is a staggered, dextral diagonal fault in the unconsolidated rocks of the glacial-tectonically disturbed Miocene sequence, image section 800 x 800 m, superelevation 2 x, from KUPETZ (2003).

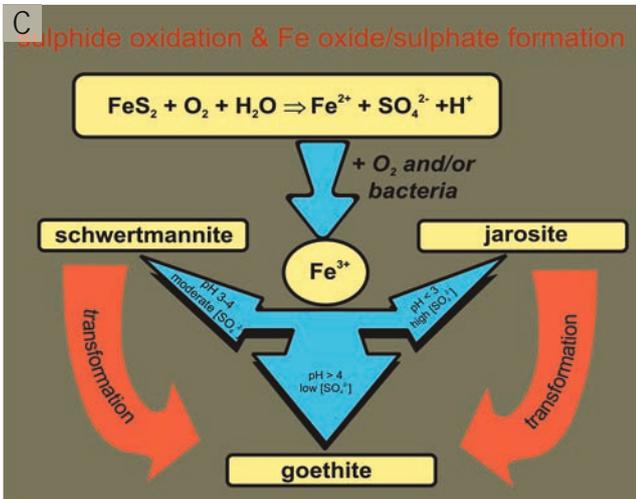


Abb. 9:

Rotbraune Bergbaufolgenseen und rezente Bildung rotbraunen Eisenschlammes sowie mächtigeren Eisen(III)-Mineralkrusten.

a) Ausfällung von sekundären Eisen(III)-Mineralen am Überlauf des Kleinen in den Großen Luisensee in der Braunkohlengrube Franz bei Klein Kölzig.

b) Ungestörte, chemisch nachträglich verfestigte Probe aus den 20–30 cm mächtigen Eisenmineralbildungen im Luisensee.

c) Bildung der sekundären Eisen(III)-Minerale, erarbeitet im polnischen Teil des Geoparks (BOŻĘCKI 2009).

Fig. 9:

Red-brown post mining lakes and recent formation of red-brown iron muds and thicker iron(III) mineral crusts. a) Precipitation of secondary iron(III) minerals at the overflow of the Small Luisensee into the Large Luisensee in the Franz mine near Klein Kölzig.

b) Undisturbed, chemically subsequently solidified sample from the 20–30 cm thick iron mineral formations in the Luisensee.

c) Formation of the secondary iron(III) minerals, developed in the Polish part of the Geopark (BOŻĘCKI 2009).



Abb. 10:

Die Schrägschächte zur Braunkohlenförderung im östlichen Teil des Geoparks als besondere bergbauhistorische Geotope.

a) Braunkohlenförderung in einem Schrägschacht in dem 1930er Jahren in der Braunkohlengrube Babina bei Łęknica (Lugknitz) aus DAWCZYK & MACIANTOWICZ (2014).

b) Mit den für den Muskauer Faltenbogen charakteristischen gelben Ziegeln gemauerter, repräsentativer Eingangsbereich eines Schrägschachts. Consolidierte Tschöpelner Braunkohlengruben bei Braunsdorf (Bronowice), aus KOŽMA (2018).

c) Mit den für den Muskauer Faltenbogen charakteristischen gelben Ziegeln gemauerter, repräsentativer Eingangsbereich eines Schrägschachts. Grube Pauline bei Nowe Czaple, aus DAWCZYK & MACIANTOWICZ (2014).

Fig. 10

The inclined shafts for lignite mining in the eastern part of the Geopark as special historical mining geotopes.

a) Lignite mining in an inclined shaft in the 1930s in the Babina mine near Łęknica (Lugknitz) from DAWCZYK & MACIANTOWICZ (2014).

b) Representative entrance area of an inclined shaft constructed with the characteristic yellow bricks of the Muskau Arch. Consolidated Tschöpel lignite pits near Bronowice (Braunsdorf), from KOŽMA (2018).

c) Representative entrance area of an inclined shaft constructed with the characteristic yellow bricks of the Muskau Arch. Pauline pit near Nowe Czaple, from DAWCZYK & MACIANTOWICZ (2014).

Geotoptypenklassifikation MFB (1999)*		Geo- toptyp (2018)***	Revidierte Geotoptypenklassifikation für den MFB	
Geotoptypen (Gruppe)	(Einzel-)Geotope		Geotoptypen (Gruppe)	(Einzel-)Geotope
Lagerungsverhältnisse/ Tektonik	glazialtektonische Lagerungsstörungen	AL		Grundbruchmoräne
				große glazialtektonische Rupturen, Flexuren und Seitenverschiebungen
			große Einzelformen von glazialtektonischen Deformationen	Schuppen
				Diapire und Diapirfalten
irreguläre Deformationen				
	geomorphologisch wirksame Gesteinsgrenze		geomorphologisch wirksame Gesteinsgrenze	Schollen
-	-	FF	anthropogene Bachmelioration und Umverlegung	
			rezente Erosions- und Sedimentationsformenformen	
-	-	AB	Boden	
glaziale und periglaziale Abtragungs- und Ablagerungsformen	Endmoräne	FG	Endmoräne	
			Moränentor	
			Glaziäres Becken	
	Geschiebemergel	AG	Geschiebemergel	
	Soll	FG	Soll	
	Findling	AG	Findling	
	Blockpackung	AG	Blockpackung	
	Gieser	FV	Gieser	
		AG	Tertiärquarzit	
windbedingte Abtragungs- u. Ablagerungsformen	Düne	FW	Düne	
	Bestreuung mit Windkantern auf Tertiär (Steinsohle)		Bestreuung mit Windkantern auf Tertiär (Steinsohle)	
fluviale Abtragungs- und Ablagerungsformen	Altarm	FF	Altarm	
			Mäander	
	Flussterrasse		Flussterrasse	
	Tal, Schlucht		Trockental	
	Durchbruchstal		Durchbruchstal	
Moore	Moor in Giesern	FS	Moor in Giesern	
	Gehängemoor		Gehängemoor	
	Flachmoor		Flachmoor	
Quellen	Quelle	Q	Quelle	
	Wasserüberlauf zwischen Bergbaurestgewässern		Wasserüberlauf zwischen Bergbaufolgeseen	
			Solquellen	

Geotoptypenklassifikation MFB (1999)*		Geo- toptyp (2018)**	Revidierte Geotoptypenklassifikation für den MFB		
Geotoptypen (Gruppe)	(Einzel-)Geotope		Geotoptypen (Gruppe)	(Einzel-)Geotope	
Rohstoffe		AS	rezente Raseneisenerzbildung		
		AG	pleistozäner Ton		
	Raseneisenerz		Raseneisenerz		
	Kies und Sand		Kies und Sand		
	Torf		Torf		
			Kieselgur		
	Braunkohle		Braunkohle		
	Alaunton		Alaunton		
	Ton		miozäner Ton		
			Erdöl		
Bergbaurestgewässer	saures Restgewässer des Braunkohlenbergbaues		saurer Braunkohlenbergbaufolgesee	Bergbaufolgeseen	
	oligotrophes, naturnahes Restgewässer des Braunkohlen- u. Kiesbergbaues		oligotropher, naturnaher Folgesee des Braunkohlen- u. Kiesbergbaues	oligotrophe, naturnaher Folgesee des Braunkohlen- u. Kiesbergbaues	
	Restgewässer des Tonbergbaues		Folgesee des Tonabbaues	Folgeseen des Tonabbaues	
trockene Braunkohlentagebaurestlöcher)**			trockene Braunkohlentagebaurestlöcher		
Feldsteinhäuser	Gebäude aus Lesesteinen	G	Feldsteinhäuser	Feldsteinbauten	
				Kopsteinpflasterstraßen aus Feldsteinen	
Landschafts-gestalterische Geo-objekte	Basaltsäule		landschaftsgestalterische Geoobjekte	bergbauhistorische Objekte	Basaltsäulen
	gartenarchitektonisch genutzter Findling				gartenarchitektonisch genutzter Findling
					Schachtanlagen
			anthropogene Landschaftsgestaltung	Bachmeliorationen	

MFB – Muskauer Faltenbogen

)* Geotopschutzgutachten (HÜBNER et al. (1999) sowie Geotopkartierung in der Machbarkeitsstudie (REIN et al. 2001, Anlagenteil 2)

** Ergänzung durch KOZMA et al.(2001)

*** SGD (2019; Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland, 2. Aufl.)

Tab. 2: Geotoptypen-Klassifikation im Geopark Muskauer Faltenbogen (methodische Geotoptabelle).

Tab. 2: Geotope type classification in the Muskau Arch Geopark (methodological geotope table).

Insgesamt stellt die ehemalige Tongrube ein hervorragendes Beispiel für ein leicht zugängliches Geotop dar, an dem verschiedene faltenbogenspezifische Charakteristika zu beobachten sind. Innerhalb unserer Klassifikation wird es aufgrund seiner Verbindung zum Tonabbau in die Geotypen (Gruppe) der Rohstoffe eingeordnet und weiter als (Einzel-)Geotop in der Kategorie Kies & Sand geführt. Es schafft aber auch die Verbindung zu weiteren geologischen Prozessen wie der Verkieselung oder glazialtektonischer Deformation, die hier sehr anschaulich dargestellt werden können.

6.4 Das dreistufige Modell für die Geotopkataster-Revision

Die Vielzahl und Heterogenität der Geotope erforderte einen differenzierteren Umgang bei der Revision des Katasters, als das bei der Ersterhebung 1999–2001 der Fall war. Seinerzeit wurde aus der Literaturkenntnis heraus und durch Geländebegehungen eine erstmalige Bestandaufnahme durchgeführt. Demgegenüber liegt heute eine etwa zehn- bis zwanzigfach größere Zahl von Geotopvorschlägen vor. Auf der Grundlage der revidierten Geotypen-Klassifikation (Tab. 2, Spalten 4–5) und neuen Geotopvorschlägen (Tab. 1) wurde verbal-argumentativ der Schwerpunkt bei der Geotopauswahl auf folgende faltenbogenspezifische Geotypen gelegt:

1. die sehr gut bekannten Großformen der glazialtektonischen Deformation und ihrem geomorphologischen Erscheinungsbild, den Giesern,
2. die oftmals farbigen Bergbaufolgeseen einschließlich der „Versunkenen Wälder“,
3. die Findlinge und Feldsteine in ihrem natürlichen Kontext sowie ihren Nutzungsformen und
4. die Rohstoffe.

Hierzu wurde ein dreistufiges Modell für das künftige Geotopkataster entwickelt (Tab. 3). Ziel dieses Modells ist es, zum einen ein offizielles Kataster für die Präsentation des Geoparks, die internationale Revalidierung sowie für die zehnjährig wiederkehrende Revalidierung als Nationaler Geotop® vorzuhalten. In den Katasterstufen 2 und 3 werden noch einmal gewichtete, nachgeordnete Geotope erfasst, damit einmal erhobenes Wissen nicht verloren geht. Auch im Augenblick unwesentlich erscheinende Vorschläge können später einmal unter besonderen Umständen wertvoll werden. Die Geotope, die in die Katasterstufen 2 und 3 einzuordnen sind, werden in weiteren Bearbeitungsschritten zu klassifizieren sein. Bei der Geotopauswahl ist zu beachten, dass oftmals verschiedene geologisch relevante Aspekte an einem Objekt auftreten können. Zum Beispiel kann über einer glazialtektonischen Schuppe durch Bergbau ein Tagebaufolgensee oder ein Tiefbaubruchfeld liegen.

6.5 Geotopbewertung

Die Geotopbewertung in der Ersterhebung erfolgte nach einem System mit drei Kriterien mit jeweils drei Unterkriterien und einem Bewertungsmaßstab von vier oder zwei Wertigkeiten (Tab. 4). Dieses erwies sich bei der Anerkennung als Nationaler Geopark 2006 und bei der Aufnahme in das European Geoparks Network (EGN) sowie das Global Geoparks Network (GGN) als zielführend und erhielt die Bestätigung zur Erfüllung der jeweiligen Prüfungskriterien. Entsprechend wurde es auch bei den UNESCO-Revalidierungen 2015 und 2019 vorgelegt und anerkannt.

Zwischenzeitlich gibt es zwei weitere Bewertungsansätze für die Geotope im Muskauer Faltenbogen. Sie hatten methodischen Charakter und wurden nicht in das offizielle Geotopkataster übernommen. Zum einen waren das die Studie einer japanischen und einer polnischen Bearbeiterin (SUZUKI & TAKAGI 2017) und zum anderen die Dissertation von KOZMA (2018).

SUZUKI & TAKAGI (2017) wählten für ihre Studie relativ große und geologisch-inhaltlich weit gefächerte Geotope wie den gesamten geotouristischen Pfad der Babina Grube aus. Sie verwendeten sechs Kriterien mit vier Bewertungsstufen und stellten die Ergebnisse in Form von international verbreiteten Strahlendiagrammen dar (Abb. 12 und 13). Insgesamt ist die Bewertung von der Wahl der Kriterien her auf Präsentation und Schutz ausgelegt. Der eigentlich geologische Aspekt bleibt dabei unterbewertet.

KOZMA (2018) nutzte 124 räumlich kleinere, überwiegend neue Geotopvorschläge für eine von ihm entwickelte Bewertungsmethodik. Er verwendete dazu Haupt- und ergänzende Kriterien gemäß Tab. 5. Beide Gruppen von Kriterien wichtete er im Weiteren mit 4, 3, 2 oder 0 Punkten. Das vollständige Bewertungssystem ist in seiner Dissertation (S. 275–280) ausgeführt und liegt in der deutschen Übersetzung in HEIDENFELDER et al. (2019, Anl. 7) vor. Ähnlich wie bei SUZUKI & TAKAGI erfolgt auch bei KOZMA die Wahl der Bewertungskriterien mit Betonung auf eher geologischen Aspekten.

In Zusammenfassung mit den vorstehend referierten neuen Bewertungsmethoden wird die bewährte Bewertungsmethodik aus HÜBNER et al. (1999) auch künftig beibehalten.

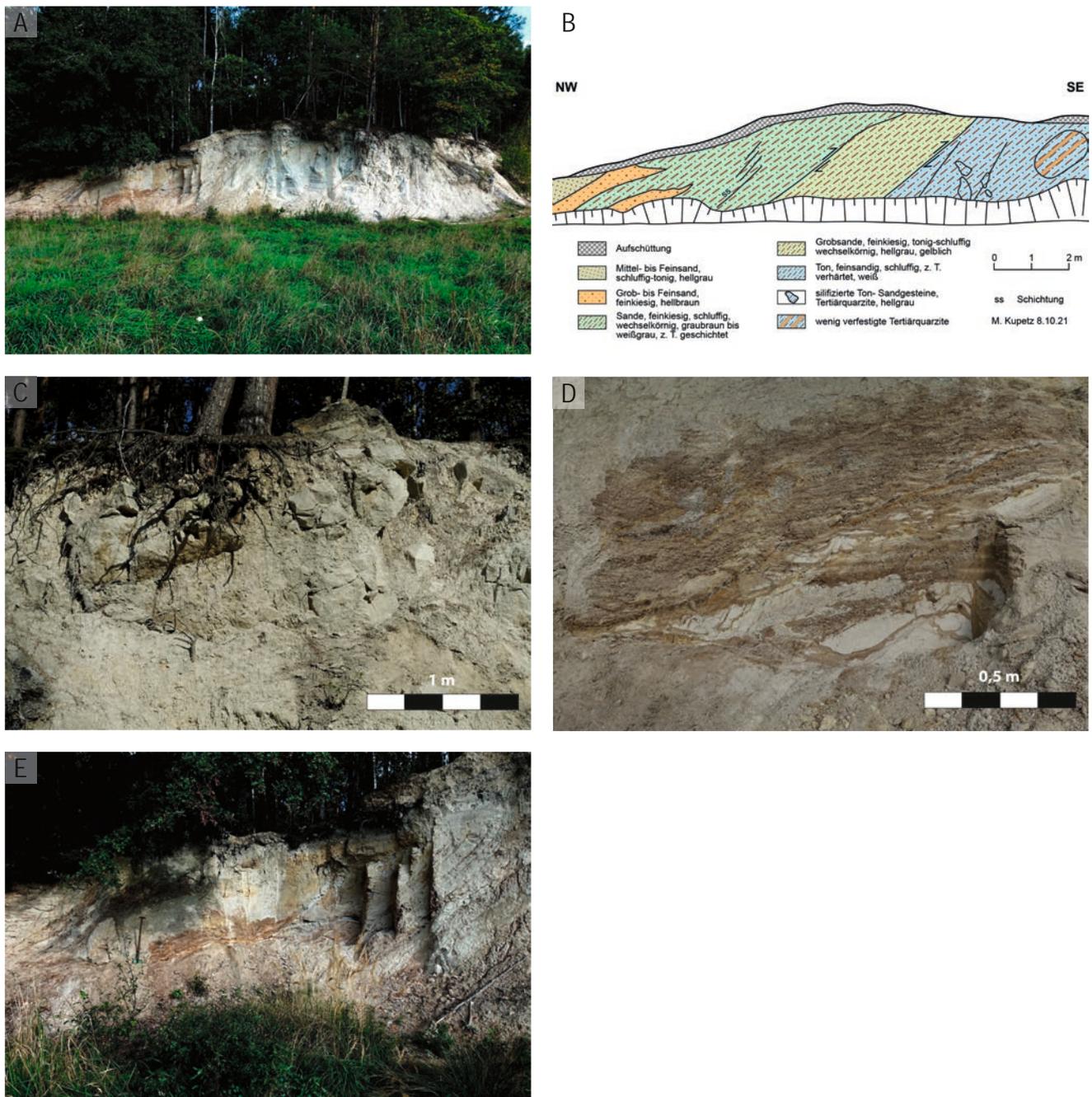


Abb. 11: Geotoprevision an der ehemaligen Tongrube Irena.
 a) Steilstehende, durch leichte Silifizierung Schichtenfolge der seria Poznańska (Rauno Formation) am Rande der rekultivierten Tongrube Irena bei Łęknica.
 b) Aufschlusskartierung (Skizze).
 c) Silifizierte Tertiärquarzite in miozänen Ton- bzw. Sandsteinschichten im südöstlichen Teil des Aufschlusses.
 d) Scharf ausgebildete glazialtektonische Störung zwischen pleistozänen Sanden/Kiesen (Hangendes) und miozänen Tonen/Sanden (Liegendes).
 e) Steilgestellte Abfolge halb links in Abb. a).

Fig. 11: Geotope revision at the former clay pit Irena.
 a) Steeply declined sequence of the seria Poznańska (Rauno Formation) at the edge of the recultivated clay pit Irena near Łęknica.
 b) Outcrop mapping (sketch).
 c) Silicified Tertiary quartzites in Miocene clays/sandstones in the south-eastern part of the outcrop.
 d) Sharp glacioteclonic fault between Pleistocene sands/gravels (situated above) and Miocene clays/sands (situated below).
 e) Steeply declined sequence half left in the picture a).

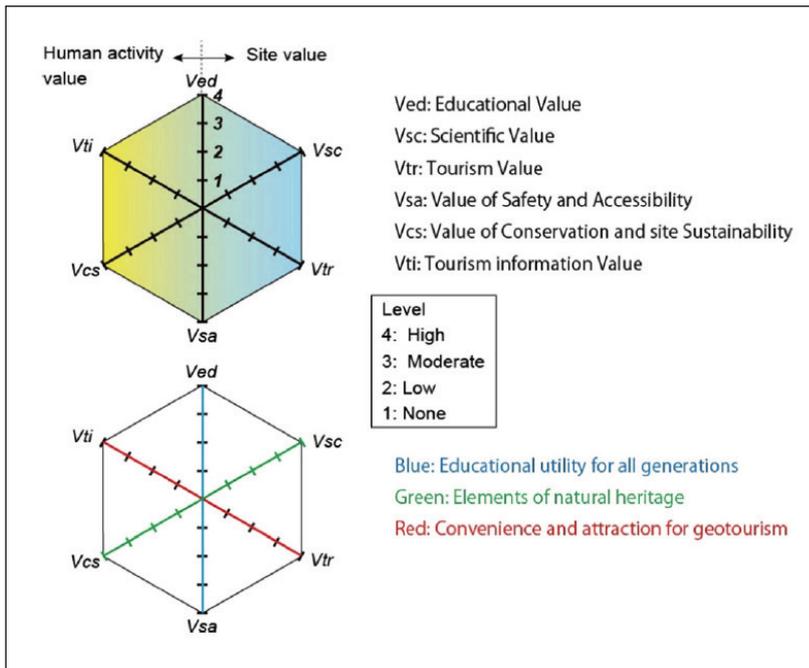


Abb. 12: Strahlendiagramm zur Veranschaulichung der Geotopbewertung. Die Farbgraduierung von Blau zu Gelb zeigt das Verhältnis von natürlichem Erhaltungszustand (blaue Seite) zu anthropogener Veränderung (gelbe Seite), aus SUZUKI & TAGAGI (2017). blau: Bildungswert für alle Altersgruppen grün: natürliches Erbe rot: Annehmlichkeit und touristische Attraktivität.

Fig. 12: Ray diagram to illustrate geosite valuation. The colour gradation from blue to yellow shows the ratio of natural conservation status (blue side) to anthropogenic change (yellow side), from SUZUKI & TAGAGI (2017). blue: educational value for all age groups – green: natural heritage – red: amenity and tourist attractiveness.

Katasterstufe	Geotopkategorie
1	offizielles Geotopkataster des UNESCO Global Geoparks
2	Kataster zweitrangiger Geotope
3	sonstige

Tab. 3: Dreistufiges Modell für die Geotopgliederung im Geopark Muskauer Faltenbogen. Katasterstufe 1 enthält Vertreter aller Typen aus der revidierten Geotoptypenliste. Sie umfasst alle Geotope von besonderer Bedeutung, darüber hinaus eine qualifizierte Auswahl aus der Gesamtheit der Vorschläge und Aufschlüsse sowie Lokalitäten, die aus ergänzenden Kenntnissen bekannt sind. Katasterstufe 2 beinhaltet mehrfach auftretende Geotope eines Typs und solche, die nur eine weniger große Bedeutung besitzen. Katasterstufe 3 umfasst Geotope von untergeordneter Bedeutung, für die jedoch Beschreibungen oder Kenntnisse, eventuell auch nur in eine spezielle Richtung gehende Aussagen, vorliegen.

Tab. 3: Three-stage model for the geotope classification in the Muskau Arch Geopark. Cadastral level 1 contains representatives of all types from the revised list of geotope types. It includes all geotopes of special importance, plus a qualified selection from the totality of proposals and outcrops, as well as localities known from supplementary knowledge. Cadastral level 2 includes geotopes of one type that occur several times and those that are only of lesser importance. Cadastral level 3 comprises geotopes of minor importance, for which, however, descriptions or knowledge, possibly also only statements in a special direction, are available.

6.6 Aufbau der Datenbank

Die Geotopdatenbank des UNESCO Geoparks Muskauer Faltenbogen / Łuk Mużakowa wurde im Ergebnis eines längeren Diskussionsprozess zweistufig gegliedert und im Excelformat angelegt.

In der ersten Stufe umfasst die Datenbank „geologische und geotouristische Informationen“:

- Identifikationsschlüssel (neue Geotopnummern, alte Nummern zusätzlich weiterhin dargestellt),
- Geotoptyp und -art,
- Objektname (Bezeichnung der Lokalität),
- Geologie, Stratigraphie, Aufschlussart (sofern ein Aufschluss vorliegt),
- Raumbezug / Lage nach allen gängigen Koordinatensystemen und
- Kurzcharakteristik jedes Geotops (mit einer Begrenzung auf 500 Zeichen).

In Stufe zwei sind „Detailinformationen“ enthalten:

- administrative Lagemerkmale wie Gemeindezugehörigkeit und Flurstücksnummer,
- Daten zum Schutzstatus bzw. zu den Erfassern,
- gegebenenfalls vorliegende Publikationen oder unveröffentlichte Quellen zum Geotop,
- Detailbeschreibung (mit einer Begrenzung auf 4000 Zeichen),
- Lagebeschreibung (Kurzbeschreibung der Lage im Verhältnis zu markanten Punkten im Gelände und Angaben zur Begehrbarkeit mit einer Begrenzung auf 500 Zeichen)
- Überblick zur Lage in Schutzgebieten,
- Erhaltungszustand,

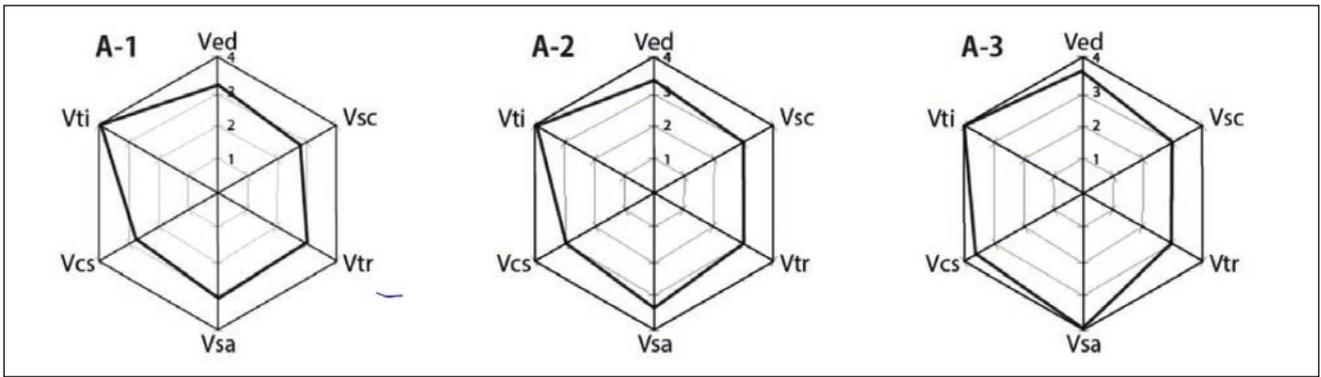


Abb. 13: Bewertungsergebnisse für drei Geotope im Muskauer Faltenbogen, aus SZUZUKI & TAGAGY (2017).
 A1: offizielle Geopark-Tour Alte Grube Babina-Grube
 A2: Rhododendron- und Azaleenpark Kromlau
 A3: Feldsteingebäude der historischen Kirche in Niwica. (Ved: Bildungswert – Vsc: wissenschaftlicher Wert – Vtr: touristischer Wert – Vsa: Grad der Sicherheit und Erreichbarkeit (im Gelände) – Vcs: Schutz- und Nachhaltigkeitswert – Vti: touristischer Informationswert.

Fig. 13: Evaluation results for three geosites in the Muskau Arch, from SZUZUKI & TAGAGY (2017).
 A1: official Geopark tour Old Babina Mine
 A2: Rhododendron and Azalea park Kromlau
 A3: fieldstone building of the historic church in Niwica. (Ved: educational value – Vsc: scientific value – Vtr: tourist value – Vsa: degree of safety and accessibility (in the field) – Vcs: protection and sustainability value – Vti: tourist information value.

Kriterium	Unterkriterium	Bewertungsmaßstab
geoscientific value	scientific value	1 – of minor value
	educational value	2 – significant
	geotouristic value	3 – valuable 4 – of special value
public interpretation	trails	1 – of minor value
	interpretation panels	2 – tourist educational object
	leaflets	3 – scientific excursional, educational and research object 4 – special scientific reference object
significance	international	- national = significant for Poland/Germany - international = global significance, significance for Europe

Tab. 4: Aktuelle Geotopbewertung gemäß der Ersterhebung nach HÜBNER et al. (1999, S. 54 ff. und Anl. 2, hier tabellarisch in englischer Sprache für die Geopark-Revalidierung 2015 zusammengefasst).

Tab. 4: Current geotope evaluation according to the initial survey by HÜBNER et al. (1999, p. 54 ff. and Annex 2, summarised here in tabular form in English for the Geopark revalidation 2015).

Bewertungskriterien	
Hauptkriterien	ergänzende Kriterien
A. Einzigartigkeit der Objekte im Geopark	A.1 ästhetischer Wert
	A.2 emotionaler Wert
B. Schutzkriterien	
C. Bildungswert	C.1 Nutzungswert
	C.2 Authentizität des nachbergbaulichen Objektes (historischer Wert)
D. potenzieller geotouristischer Wert	D.1 geotouristische Zugänglichkeit
E. (Möglichkeit der touristischen Nutzung)	D.2 Sicherheitskriterien für die geotouristische Nutzung
F. wissenschaftliche Bedeutung	E.1 Bedingungen für wissenschaftliche Beobachtungen

Tab. 5: Geotopbewertungskriterien für potentielle und bestehende geotouristische Objekte im polnischen Teil des Geoparks Muskauer Faltenbogen, aus KOŹMA (2018, Tab. 7.1. S. 198; Übertragung ins Deutsche Krzysztof Czahajda und Manfred Kupetz).
 Geotope evaluation criteria for potential and existing geotourism objects in the Polish part of the Muskau Arch Geopark, from KOŹMA (2018), (Tab. 7.1. p. 198; translation into German Krzysztof Czahajda and Manfred Kupetz).

- Einschätzung des geowissenschaftlichen Wertes im nationalen und internationalen Kontext
- Einschätzung der Bedeutung des Geotops für Bildungszwecke und
- vorhandene öffentlichkeitswirksame Präsentationsmittel (Informationstafeln, Flyer, Broschüren, Prospekte, benachbarte Wege).

Aufgrund der Anlage der Geotopdatenbank im Excel-Format sowie einiger klar definierter Formatierungsanforderungen (z. B. Zeichentyp, Zeichenanzahl) ist eine unkomplizierte Weiterverwendung und -bearbeitung der Daten mit gängigen Geographischen Informationssystemen (GIS) möglich. Zudem existieren zu jedem Geotop eine größere Anzahl von Fotos, teilweise auch Profilschnitte und Karten. Diese dem Geotopkataster zugehörigen Bilddaten sind nach der Geotopnummer verschlüsselt und damit leicht zuzuordnen.

Sollte im Geopark zukünftig der Bedarf an einer komplexeren Datenbankablage entstehen, können die vorliegenden Geotopdaten problemlos in diese eingegliedert werden.

Dank

Wir danken allen ehrenamtlich für den Geopark Tätigen, ohne dass wir sie im Einzelnen auflisten können. Ein gleicher Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe für die langjährige fruchtbare Zusammenarbeit. Ebenfalls danken wir Frau Dr. Marie-Luise Frey, Geschäftsführerin des UNESCO Welterbe Grube Messel, Mitglied des UNESCO Global Geoparks Council und Mitglied des Executive Boards der Global Geoparks Network Association für wertvolle Diskussionen und Hinweise zum Manuskript.

Ergänzung nach Redaktionsschluss

Erst nach Redaktionsschluss wurde den Autoren eine Publikation über Naturdenkmale und Geotope im nordwestlichen Teile des Muskauer Faltenbogens bekannt und konnte nicht mehr eingearbeitet werden. Sie enthält u. a. wichtige, weiterführende Kenntnisse zu Raseneisenerzbildungen (S. 80–89) und zu den Erdölvorkommen (S. 89–97).

SCHMIDT, K. (2015): Über Naturdenkmale und Geotope im Raum um Forst (Lausitz) – ein (nicht nur) geologischer Streifzug.- Selbstverlag, 117 S., Forst

Anschrift der Autoren

Wolfram Heidenfelder
Dr. Jochen Rascher
Linda Richter
Matthias Rascher

GEOmontan
Gesellschaft für angewandte Geologie mbH
Am St. Niclas-Schacht 13
09599 Freiberg

w.heidenfelder@geomontan.de
j.rascher@geomontan.de
l.richter@geomontan.de
m.rascher@geomontan.de

Dr. Kersten Löwen
UNESCO Global Geopark Muskauer Faltenbogen/
Łuk Mużakowa/ Muskau Arch
Geschäftsstelle
Klein Kötzig
An der Ziegelei 1
03159 Neiße-Malxetal
k.loewen@muskauer-faltenbogen.de

Dr. Jacek Koźma
Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy Oddział Dolnośląski im.
Henryka Teisseyre'a
Al. Jaworowa 19
53-122 Wrocław
Polska
jacek.kozma@pgi.gov.pl

Dr. Manfred Kupetz
Förderverein Geopark Muskauer Faltenbogen e.V.
c/o Schulweg 1a
03055 Cottbus
manfred.kupetz@t-online.de