



Richtlinien zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten

Crofts, R., Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Tormey, D., und Worboys, G.L.

Craig Groves, Herausgeber der Serie



Kapazitätsaufbau zum Schutz des Planeten

Schriftenreihe Best-Practice-Leitlinien für Schutzgebiete Nr. 31



SCHRIFTENREIHE BEST-PRACTICE-LEITLINIEN FÜR SCHUTZGEBIETE DER IUCN-WCPA

Die Best-Practice-Leitlinien für Schutzgebiete der IUCN-WCPA sind weltweit die maßgebliche Informationsquelle für Schutzgebietsmanager. Durch die Zusammenarbeit von Fachleuten, die sich für eine bessere Umsetzung auf diesem Gebiet einsetzen, gewinnen sie Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem gesamten Netzwerk der IUCN. In der Praxis eingesetzt, bauen sie institutionelle und individuelle Kapazitäten auf, um Schutzgebietssysteme effektiv, fair und nachhaltig zu verwalten und die unzähligen Herausforderungen der Praxis zu bewältigen. Des Weiteren unterstützen sie nationale Regierungen, Schutzgebietsbehörden, Nichtregierungsorganisationen, lokale Gemeinschaften und Partner aus der Privatwirtschaft bei der Erfüllung ihrer Verbindlichkeiten und Ziele, insbesondere des Arbeitsprogramms zu Schutzgebieten des Übereinkommens über die biologische Vielfalt.

Eine vollständige Liste der Leitlinien findet sich unter: www.iucn.org/pa_guidelines
Ergänzende Ressourcen finden sich unter: www.cbd.int/protected/tools/

Tragen Sie zum Kapazitätsaufbau zum Schutz des Planeten bei: www.protectedplanet.net/

IUCN-SCHUTZGEBIETSDEFINITION, MANAGEMENTKATEGORIEN UND VERWALTUNGSFORMEN

Die IUCN definiert ein Schutzgebiet als:

Einen klar definierten geografischen Raum, der durch rechtliche oder andere wirksame Mittel anerkannt, ausgewiesen und verwaltet wird, um eine langfristige Erhaltung der Natur und der damit verbundenen Ökosystemleistungen und kulturellen Werte zu erreichen.

Die Definition wird um sechs Managementkategorien (eine davon unterteilt) erweitert, die im Folgenden zusammengefasst werden.

Ia Strenges Naturreservat: Für Schutz und Erhalt der biologischen Vielfalt und ggf. auch der geologischen/geomorphologischen Merkmale streng geschütztes Gebiet, in dem zur Sicherung der Naturschutzwerte das Betreten, die Nutzung und Eingriffe durch den Menschen streng kontrolliert und stark eingeschränkt sind

Ib Wildnisgebiet: In der Regel ausgedehnte ursprüngliche oder nur leicht veränderte Gebiete ohne dauerhafte oder bedeutende Siedlungen, die ihren natürlichen Charakter und Einfluss bewahrt haben, und deren Schutz und Management dazu dient, den natürlichen Zustand zu erhalten

II Nationalpark: Großflächige natürliche oder naturnahe Gebiete mit charakteristischen Arten und Ökosystemen, die großräumige ökologische Prozesse schützen, und auch umwelt- und kulturverträgliche spirituelle, wissenschaftliche und pädagogische, sowie Freizeit- und Besuchsmöglichkeiten bieten

III Naturdenkmal oder -erscheinung: Gebiete, die zum Schutz eines bestimmten Naturdenkmals ausgewiesen sind, z.B. einer Landschaftsform, eines Tiefseebergs, einer Meeresgrotte, eines geologischen Merkmals wie einer Höhle oder einer lebenden Erscheinung wie einem alten Hain

IV Biotop/Artenschutzgebiet mit Management: Gebiete zum Schutz bestimmter Arten oder Lebensräume, in denen das Management diese Priorität widerspiegelt. In vielen werden regelmäßige, aktive Eingriffe erforderlich sein, um die Anforderungen bestimmter Arten oder Lebensräume zu erfüllen, dies ist jedoch keine Voraussetzung für diese Kategorie

V Geschützte Landschaft / geschütztes Meeresgebiet: Wo die Interaktion von Mensch und Natur im Laufe der Zeit einen besonderen Charakter von erheblichem ökologischen, biologischen, kulturellen und landschaftlichen Wert hervorgebracht hat; und wo die Wahrung der Integrität dieser Interaktion für den Schutz und die Erhaltung des Gebiets und des damit verbundenen Naturschutzes und anderer Werte entscheidend ist

VI Schutzgebiete mit nachhaltiger Nutzung der natürlichen Ressourcen: Gebiete, die Ökosysteme samt der damit verbundenen kulturellen Werte und traditionellen Managementsysteme für natürliche Ressourcen erhalten. Meist groß, in überwiegend natürlichem Zustand und mit einem Teil unter nachhaltiger Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen, wobei eine in geringem Umfang betriebene nicht-industrielle und mit dem Naturschutz vereinbare Nutzung der natürlichen Ressourcen als eines der Hauptziele angesehen wird

Die Kategorie sollte sich auf das (die) primäre(n) Managementziel(e) stützen, das (die) für mindestens drei Viertel des Schutzgebiets gelten sollte – die 75%-Regel

Die Managementkategorien werden mit einer Typologie von Verwaltungsformen angewendet – einer Beschreibung, wer die Kontrolle ausübt und die Verantwortung für das Schutzgebiet trägt. Die IUCN definiert vier Verwaltungsformen

Typ A. Verwaltung durch den Staat: Verantwortung liegt bei Bundes- oder Landesministerium/Behörde; Verantwortung liegt bei subnationalem Ministerium oder Behörde (z.B. auf regionaler, provinzieller, kommunaler Ebene); staatlich delegiertes Management (z.B. an NRO)

Typ B. Geteilte Verwaltung: Grenzüberschreitende Verwaltung (formelle und informelle Vereinbarungen zwischen zwei oder mehr Ländern); kollaborative Verwaltung (durch verschiedene Formen der Zusammenarbeit verschiedener Akteure und Institutionen); gemeinsame Verwaltung (pluralistisches Gremium oder anderes Leitungsorgan mehrerer Parteien)

Typ C. Private Verwaltung: Einrichtung und Verwaltung von Schutzgebieten durch einzelne Grundbesitzer; gemeinnützige Organisationen (z.B. NROs, Universitäten) und gewinnorientierte Organisationen (z.B. Unternehmen mit Grundbesitz)

Typ D. Verwaltung durch indigene Völker und lokale Gemeinschaften: Schutzgebiete und Territorien indigener Völker – eingerichtet und verwaltet von indigenen Völkern; kommunale Schutzgebiete – eingerichtet und verwaltet von lokalen Gemeinschaften.

Weitere Informationen zu IUCN-Definition, Kategorien und Verwaltungsformen finden sich bei Dudley (2008). *Guidelines for applying protected area management categories*, als Download verfügbar unter: www.iucn.org/pa_categories

Für weitere Informationen zu Verwaltungsformen siehe Borrini-Feyerabend et al. (2013). *Governance of Protected Areas – from understanding to action*, als Download verfügbar unter <https://portals.iucn.org/library/node/29138>

Richtlinien zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltunggebieten



International Union for Conservation of Nature (IUCN)

Die IUCN ist eine Mitgliedervereinigung, die sich in einzigartiger Weise sowohl aus Organisationen der Regierung und der Zivilgesellschaft bildet. Sie bietet öffentlichen, privaten und nichtstaatlichen Organisationen mit dem Wissen und Werkzeuge, die es ermöglichen, dass menschlicher Fortschritt, wirtschaftliche Entwicklung und Naturschutz gemeinsam stattfinden können.

Die IUCN wurde 1948 gegründet und ist heute das weltweit größte und vielfältigste Umweltnetzwerk der Welt, in dem das Wissen, die Ressourcen und die Reichweite von mehr als 1.400 Mitgliedsorganisationen und rund 15.000 Experten bündelt. Sie ist ein führender Anbieter von Naturschutzdaten, Bewertungen und Analysen. Ihre breite Mitgliedschaft ermöglicht es der IUCN, die Rolle eines Inkubators und vertrauenswürdige Quelle für beste Praktiken, Werkzeuge und internationalen Standards zu sein.

Die IUCN bietet einen neutralen Raum, in dem verschiedene Interessengruppen einschließlich Regierungen, NGOs, Wissenschaftler, Unternehmen, lokale Gemeinden, Organisationen indigener Völker und andere zusammenarbeiten können, um Lösungen für ökologische Herausforderungen zu entwickeln und implementieren und so eine nachhaltige Entwicklung zu fördern.

In Zusammenarbeit mit vielen Partnern und Unterstützern führt die IUCN ein großes und vielfältiges Portfolio an Naturschutzprojekten weltweit. Diese Projekte kombinieren neueste wissenschaftliche Erkenntnisse mit dem traditionellen Wissen lokaler Gemeinschaften und arbeiten daran, den Verlust von Lebensräumen umzukehren, Ökosysteme wiederherzustellen und das Wohlergehen der Menschen zu verbessern.

www.iucn.org

twitter.com/IUCN



Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD, Convention on Biological Diversity)

Auf dem Earth Summit in Rio de Janeiro 1992 zur Unterzeichnung aufgelegt und im Dezember 1993 in Kraft getreten, ist das Übereinkommen über die biologische Vielfalt ein internationaler Vertrag zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, der nachhaltigen Nutzung der Komponenten der biologischen Vielfalt und die gerechte Aufteilung der Vorteile aus der Nutzung der genetischen Ressourcen. Mit 196 Vertragsstaaten hat die Konvention bisher eine nahezu universelle Beteiligung unter den Ländern.

www.cbd.int



Cultural Heritage Administration

Verwaltung des kulturellen Erbes, Republik Korea

Die Verwaltung des kulturellen Erbes wurde gegründet, um die Integrität der kulturellen Traditionen Koreas zu schützen und das kulturelle Leben des koreanischen Volkes durch die Bewahrung und Förderung der Nutzung des kulturellen Erbes zu verbessern. Sie arbeitet unter der Ägide des Ministeriums für Kultur und Tourismus. Seine Aufgabe ist es, durch die Erhaltung und Schaffung von Werten aus dem kulturellen Erbe zur Förderung der nationalen Kultur beizutragen und Korea als eines der weltweit führenden Länder im Bereich des kulturellen Erbes zu fördern. Es finanziert die Forschung an Instituten, bereitet die Nominierung von Stätten bei der UNESCO für die Aufnahme vor und kümmert sich um schutzwürdige Güter in Korea. Sie stellt auch Mittel zur Verfügung, um die internationale Verbreitung von Wissen zu ermöglichen, einschließlich der Finanzierung für die Veröffentlichung des IUCN WCPA Guidelines for geoconservation in protected areas.



IUCN WCPA Geoheritage Specialist Group

Die Geoheritage Specialist Group (GSG) wurde nach der Erweiterung der IUCN-Definition eines Schutzgebietes gegründet, um alle Elemente der Natur und damit auch die Geodiversität und das Geo-Naturerbe als schützenswerte Güter einzuschließen. Die Mitglieder der GSG setzen sich aus Personen zusammen, die über Fachwissen und Kenntnisse in den Geowissenschaften und deren Anwendung auf die Planung, das Management und den Betrieb von Schutzgebieten verfügen. Die Gruppe hat über 100 Mitglieder und bietet fachliche Beratung zu allen Aspekten der Geodiversität in Bezug auf Schutzgebiete und deren Management, einschließlich Höhlen und Karst.

www.iucn.org/commissions/world-commission-protected-areas/our-work/Geo-Naturerbe



IUCN World Commission on Protected Areas (WCPA)

Die World Commission on Protected Areas (WCPA) der IUCN ist das weltweit führende Netzwerk von Schutzgebietsexperten. Es wird von dem IUCN Programm für Schutzgebiete (Programme on Protected Areas) verwaltet und hat mehr als 2500 Mitglieder in 140 Ländern.

Die WCPA ist eine der sechs freiwilligen Kommissionen der IUCN. Ihre Aufgabe ist die Einrichtung und das effektive Management eines weltweiten repräsentativen Netzwerks von terrestrischen und marinen Schutzgebieten, als Beitrag zur Mission der IUCN zu fördern. Dabei unterstützt die WCPA Regierungen und anderen bei der Planung von Schutzgebieten und deren Integration in alle Sektoren, bietet strategische Beratungen für politisch

Entscheidungsträger und Praktiker an, um die Kapazitäten und Investitionen in Schutzgebiete zu stärken. Zusätzlich bringt sie die verschiedenen Schutzgebietsakteure zusammen, um sich den schwierigen und herausfordernden Themen zu stellen. Seit mehr als 60 Jahren stehen die IUCN und die WCPA an vorderster Front der globalen Aktion für Schutzgebiete.

www.iucn.org/wcpa

Richtlinien zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten

Crofts, R., Gordon, J.E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L.,
Tormey, D., und Worboys, G.L.

Craig Groves, Herausgeber der Serie

Die Bezeichnung der geografischen Einheiten in diesem Buch und die Darstellung des Materials bedeuten nicht, dass die IUCN oder andere teilnehmende Organisationen eine wie auch immer geartete Meinung über den rechtlichen Status eines Landes, eines Territoriums oder eines Gebietes oder seiner Behörden oder über die Abgrenzung seiner Grenzen zum Ausdruck bringen.

Die in diesen Richtlinien zum Ausdruck gebrachten Ansichten spiegeln nicht unbedingt die der IUCN oder anderer beteiligter Organisationen wider.

Die IUCN dankt und erkennt die Unterstützung seiner Partner an, welche die Kernfinanzierung zur Verfügung stellen: Finnisches Außenministerium; Regierung der Republik Frankreich und französische Entwicklungsagentur (AFD); Umweltministerium der Republik Korea; Norwegische Agentur für Entwicklung und Kooperation (Norad); Schwedische Internationale Entwicklungs- und Kooperations-Agentur (Sida); Schweizer Agentur für Entwicklung und Zusammenarbeit (SDC) und Abteilung der Staaten der Vereinigten Staaten von Amerika.

Die genannten Organisationen übernehmen keine Haftung für Fehler oder Auslassungen, die bei der Übersetzung der englischen Originalversion dieses Dokuments in eine andere Sprache auftreten können. Im Falle von Diskrepanzen verweisen wir auf die Originalausgabe: *Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 31 (2020)*. Gland, Schweiz: IUCN. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.31.en>

Diese Veröffentlichung wurde zum Teil durch die Finanzierung der Cultural Heritage Administration, Republik Korea, ermöglicht.

Herausgeber: IUCN, Gland, Schweiz

Copyright: © 2020 IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

© 2022 IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, für die deutsche Übersetzung

Die Vervielfältigung dieser Publikation für Bildungszwecke oder andere nicht kommerzielle Zwecke ist ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Urheberrechtsinhabers gestattet, sofern die Quelle vollständig angegeben wird.

Die Vervielfältigung dieser Publikation für den Weiterverkauf oder andere kommerzielle Zwecke ist ohne vorherige schriftliche Genehmigung des Urheberrechtsinhabers verboten.

Zitierweise: Crofts, R.*, Gordon, J. E., Brilha, J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V. L., Tormey, D., & Worboys, G.L. (2022). *Richtlinien zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten*. Schriftenreihe Best-Practice-Leitlinien für Schutzgebiete Nr. 31. Gland, Schweiz: IUCN.

*Korrespondierender Autor roger.dodin@btinternet.com

ISBN: 978-2-8317-2184-2 (PDF)

DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.31.de>

Fotos auf

der Titelseite:

Im Uhrzeigersinn von oben links: Hotel im Serengeti National Park (United Republic of Tanzania) sensibel um eine Granit-Landform herum gebaut; Hohe Tauern National Park (Carinthia, Österreich): Grossglockner mit Franz Josef Gletscher mit Zeichen der Gletscherschmelze durch den Klimawandel; San Bartolomé, Galápagos National Park (Ecuador): bepflanzte vulkanische Landformen; Yellowstone National Park (Wyoming, USA), Aussichtsplattform für Geysire. Alle Fotos © Roger Crofts

Fotos auf der Rückseite:

Beispiele für Geotopenschutz in Schutzgebieten, im Uhrzeigersinn von oben links: Burgess Shale Kambrische Explosion des Lebens Yoho National Park, (Canada) © Parks Canada, Ryan Creary; Triglav Nationalpark (Slowenien) auf der Nationalfahne als ein kulturelles Ikon des Landes; Royal Natal Nationalpark (KwaZulu-Natal, Südafrika), Teil der Steilstufe der Welterbestätte Drakensberg und dem grenzüberschreitenden Peace Park; Jiuzhaigou Nationalpark (Sichuan, China), sehr beliebt bei chinesischen Touristen für seine bunten Seen in den Kalksteinfelsen. Letzten drei Fotos © Roger Crofts

Layout: Niall O'Laoghaire, Guilder Design

Übersetzt von: Geotrans, Dipl.Geol., M.Sc. M.A. Walker

Erhältlich von: International Union for Conservation of Nature (IUCN)

Global Protected Areas Programme

Rue Mauverney 28

1196 Gland

Schweiz

Tel +41 22 999 0000

Fax +41 22 999 0002

wcpa@iucn.org

www.iucn.org/Ressourcen/publications

Inhalt

Vorwort.....	viii
Danksagung.....	ix
Kurzfassung.....	x
Abschnitt 1: Zweck, Inhalt und Verwendung der Richtlinie	1
Abschnitt 2: Definieren des Kontexts des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten: Schlüsselbegriffe und Definitionen.....	5
Abschnitt 3: Anwendung allgemeiner Prinzipien des Schutz des Geo-Naturerbes im Management von Schutzgebieten und Erhaltungsgebieten	13
Abschnitt 4: Einrichtung von Maßnahmen zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten.....	21
Abschnitt 5: Management des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten	39
Abschnitt 6: Umgang mit Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten	64
Abschnitt 7: Management des Geo-Naturerbes in ausgewählten Situationen	90
Abschnitt 8: Bildung und Kommunikation zum Schutz des Geo-Naturerbes	113
Abschnitt 9: Überblick.....	124
Glossar	127
Literaturhinweise	136
Autoren-Biographien.....	146

Kästen

Kasten 2.1: Die Deklaration von Digne	7
Kasten 4.1: Der Geo-Naturerbe Werkzeugkasten	31
Kasten 4.2: Gemeindebasiertes Geotopeschutzmanagement in Gunung Sewu UNESCO Global Geopark, Indonesia.....	33
Kasten 4.3: Brymbo Fossil Forest Site of Special Scientific Interest, Wrexham, UK.....	34
Kasten 5.1: Standortdokumentation und Managementpläne	40
Kasten 5.2: Das geologische-archäologische Schutzgebiet Etruskische Nekropole von San Giuliano, Italien.....	57
Kasten 5.3: Schutz des Geo-Naturerbes und Managementstrategien: Erfolgskomponenten aus zwei spanischen UNESCO globalen Geoparks	59
Kasten 5.4: Erhaltungsarbeiten in vulkanischen Landschaften	63
Kasten 5.5: Jenolan Karst Conservation Reserve, New South Wales, Australien	63
Kasten 6.1: Horn Park Quarry Site of Special Scientific Interest and National Nature Reserve, UK.....	69
Kasten 6.2: Verbesserung der Wasserqualität des Flusses Reka, Škocjanske Jame Regionalpark, Slowenien	76
Kasten 6.3: Felsformationen und Vegetationsmanagement.....	77
Kasten 6.4: Regenerierung nach dem Ausbruch des Mount St. Helens, USA	84
Kasten 6.5: Renaturierung des Alto Vez-Geotope im Peneda-Gebirge, Portugal	84
Kasten 7.1: Fallstudie Renaturierung des Pitstone Quarry Site of Special Scientific Interest, Buckinghamshire, UK.....	95
Kasten 7.2: Fallstudie zu paläontologischen Fundstellen in den US-Nationalparks.....	107
Kasten 8.1: Joggins Fossil Cliffs, Canada	119
Kasten 8.2: Förderung von Bildung und Ausbildung: ein Online-Kurs über globale Geoparks	120

Tabellen

Tabelle 1.1. Aufbau und Aufteilung der Richtlinien	3
Tabelle 2.1. Beispiel für die von der Geodiversität bereitgestellten Güter und Dienstleistungen in der Küstenregion des Bundesstaates São Paulo, Brasilien	12
Tabelle 3.1. Wichtige Leitprinzipien für den Schutz des Geo-Naturerbes im Schutzgebietsmanagement.....	14
Tabelle 4.1. Wichtige Merkmale des Geo-Naturerbes, die für geologische Schutzgebiete zu berücksichtigen sind	23
Tabelle 4.2. Überlegungen zur Einweisung von Schutzgebietsmitarbeitern	33
Tabelle 5.1. Klassifizierung von geologische Schutzgebiettypen, typischen Bedrohungen und Erhaltungsziele.....	41
Tabelle 5.2. Empfohlene Attribute und generische Ziele für die Standortüberwachung.....	47
Tabelle 5.3. Arbeitsabläufe in Schutzgebieten die von geowissenschaftlicher Expertise profitieren.....	49
Tabelle 5.4. Geo-Naturerbe und die IUCN Schutzgebietskategorien	51
Tabelle 5.5. Überwachungsarten und ihre Verwendung.....	59
Tabelle 5.6. Beispiele für die Überwachung, Evaluation und Berichterstattung von Geo-Naturerbestätten	60
Tabelle 5.7. Besuchersicherheit in vulkanischen Landschaften.....	62
Tabelle 6.1. Die Tasmanische 10-Punkte- Geosensibilitätsskala.....	65
Tabelle 6.2. Wichtigste anthropogene Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten	66
Tabelle 6.3. Auswirkungen des Klimawandels auf Geotope	82
Tabelle 6.4. Beispiele für Verbindungen zwischen Geodiversität und Biodiversität.....	86
Tabelle 7.1. Wichtige Überlegungen zum Schutz von Höhlen und Karst.....	95
Tabelle 7.2. Gletscher- und Periglazialgebietkategorien und die wichtigsten Bedrohungen und Anforderungen für das Schutzgebietsmanagement	101
Tabelle 7.3. Schutz paläontologischer Stätten vor Bedrohungen.....	105
Tabelle 7.4. Zusammenfassung der praktischen Grundsätze zur Erhaltung von Fossilien- und Mineralienfundorte	105
Tabelle 7.5. Risikomanagements in vulkanischen Gebieten	111
Tabelle 8.1. Einige allgemeine Prinzipien der Interpretation und Bildung in Geo-Naturerbestätten	122

Abbildungen

Abbildung 1.1. Schlüsselschritte bei der Einrichtung und Verwaltung von Erhaltungsmaßnahmen in geologischen Schutzgebieten und die Hauptthemen, die in dieser Richtlinie behandelt werden	4
Abbildung 2.1. Ökosystemleistungen aus Sicht der Geodiversität.....	11
Abbildung 4.1. Geo-Natureerbe Inventur und Management in geologischen Schutzgebieten	25
Abbildung 4.2. Darstellung der für Geo-Naturerbe geltenden Bedeutungsebenen von Merkmalen	30
Abbildung 6.1. “Conserving the stage” („Die Bühne Schützen“) Info-Plakat.....	85

Vorwort

Die Weltkommission für Schutzgebiete der IUCN erstellt seit vielen Jahren Best Practice Richtlinien. Die Absicht ist es, all jenen, die in Schutzgebietsaktivitäten auf der ganzen Welt involviert sind, den Zugang zu den aktuellsten Informationen und fundierten Praktiken zu ermöglichen, die von Experten stammen.

Mit der Änderung der IUCN-Definition eines Schutzgebiets vor mehr als einem Jahrzehnt, die nun auch den Schutz der geologischen Diversität ergänzend zur Erhaltung der biologischen Vielfalt einbezieht, und den von drei IUCN-Weltnaturschutzkongressen in den Jahren 2008, 2012 und 2016 verabschiedeten Mandaten, besteht ein offensichtlicher Bedarf, Richtlinien zum Schutz der geologischen Diversität bereitzustellen.

In Anerkennung der Bedeutung anderer effektiver Mittel zum Schutz des Geo-Naturerbes werden in diesem Richtlinie nicht nur Schutzgebiete, sondern auch Naturschutzgebiete aufgeführt. Zwei sind von besonderer Bedeutung für den Schutz des Geo-Naturerbes: Welterbestätten und Geoparks; letztere sind ein expandierendes globales Netzwerk unter der Schirmherrschaft der UNESCO.

Es besteht die Ansicht, dass das Geo-Naturerbe robust ist und auf sich selbst aufpassen kann. Diese Richtlinien zeigen jedoch das dies nicht der Fall ist. Viele der Merkmale sind zerbrechlich und können leicht durch Übernutzung oder durch die Ausbeutung von Gestein und Mineralien beschädigt werden. Der Umgang mit solchen Bedrohungen ist eine ständige Herausforderung für die Manager der Stätten. Angesichts der zunehmenden Auswirkungen des globalen Klimawandels ist es umso wichtiger, dass der Schutz des Geo-Naturerbes zum Verständnis beiträgt, wie die Natur in der Vergangenheit auf natürliche Klimaveränderungen reagiert hat und wie man ihr jetzt und in Zukunft am besten helfen kann. Ein dynamischer und flexibler Ansatz für die Standortbestimmung und das Management ist daher am besten geeignet.

Der geologische Standortschutz konzentriert sich auf den Schutz und die Erhaltung der besten Beispiele für bestimmte Fossilien, Gesteinsformationen und Mineralien sowie bestimmte Landformen, die die verschiedenen Klimaregime im Laufe der Erdgeschichte repräsentieren. Außerdem soll sichergestellt werden, dass die gegenwärtigen natürlichen, nicht-biologischen Prozesse ordnungsgemäß erhalten und verwaltet werden.

Es gibt eine wichtige Verbindung zwischen der Erhaltung der Biodiversität und der Erhaltung der Geodiversität. In dem Maße, wie das Wissen über diese Wechselwirkung zunimmt, steigt auch die Notwendigkeit, das gesamte Ökosystem und alle seine funktionierenden Teile als Einheit zu behandeln.

Oft werden Mitarbeiter der Schutzgebiete durch die Sprache der Geowissenschaften abgeschreckt. In diesem Richtlinie hoffen die Autoren, diese Verständnis- und Verständigungsbarrieren für Manager und ihre Mitarbeiter zu beseitigen. Zusätzlich haben sie ein leicht verständliches Glossar mit Begriffen erstellt. Am wichtigsten ist es, dass die Mitarbeiter die Öffentlichkeit auf eine leicht verständliche Art und Weise über das Geo-Naturerbe informieren, die gleichzeitig inspiriert, begeistert und Interesse weckt.

Diese Richtlinien sind das Ergebnis einer internationalen Zusammenarbeit innerhalb der kürzlich gegründeten WCPA Geo-Naturerbe Specialist Group. Diese Gruppe wird ständig erweitert und verfügt über Fachwissen und Erfahrung zu allen Aspekten des Geo-Naturerbes und seiner Erhaltung. Die Mitglieder sind bereit und willens, ihre Kollegen in den Schutzgebieten bei ihrer Arbeit zu unterstützen.

Ich empfehle diese Richtlinien zum Erhalt des Geo-Naturerbes allen, die an der Einrichtung und dem Management von Schutzgebieten beteiligt sind, um sicherzustellen, dass wir sowohl unsere Geodiversität als auch das Erbe der biologischen Vielfalt schützen.

Dr Kathy MacKinnon
Vorsitzende
IUCN World Commission on Protected Areas

Danksagung

Der Text hat von Beiträgen aus der ganzen Welt profitiert. Als Leiter der Veröffentlichung möchte Roger Crofts insbesondere den folgenden Personen für ihre schriftlichen und redaktionellen Beiträge danken: John Gordon, Murray Gray, Dan Tormey und Graeme L. Worboys. Er möchte sich auch bei anderen bedanken, die Texte oder Fallstudien beigesteuert haben: Tim Badman, José Brilha, Margaret Brocx, Thais de Siqueira Canesin, Rosana Cerkvenik, Nigel Dudley, Christof Ellger, John Gunn, Eko Haryono, Renato Henriques, Maria da Glória Motta Garcia, Jonathan Larwood, Josep-Maria Mallarach, Dario Mancinella, Colin McFadyen, Anne Musser, Piotr Migoń, Diamantino Pereira, Paulo Pereira, Raymond Roberts, Vincent Santucci und Kyung Sik Woo. Kommentare von anderen, darunter Eleanor Brown, Enrique Diaz-Martinez und Shane Orchard, waren willkommen.

Die Beiträge der unabhängigen Prüfer des gesamten Textes, Judy Fisher und David Welch, sind sehr zu schätzen. Dank an Kathy MacKinnon, Trevor Sandwith und Craig Groves, die Kommentare lieferten, die das Dokument erheblich verbesserten. Dank an Dave Harmon für das Copy-Editing und wertvolle Kommentare und Ratschläge. Dank an Niall O'Laoghaire von Gilder Design für Design und Layout.

Diese Veröffentlichung wäre ohne die großzügige finanzielle Unterstützung der Cultural Heritage Administration, Republik Korea, nicht möglich gewesen.

Diese Richtlinie ist Dr. Graeme L. Worboys gewidmet, der viel zu seiner Entwicklung beigetragen hat und vor seiner Veröffentlichung verstarb.

Schließlich vielen Dank für die Ermutigung der Kollegen in der IUCN WCPA Geo-Naturerbe Specialist Group, an Tim Badman den Budgetverantwortlichen und für die Nachsicht meiner Frau Lindsay.

Übersetzung ins Deutsche beauftragt von: Deutsche UNESCO Globale Geoparks: Bergstraße-Odenwald, Harz-Braunschweiger Land Ostfalen, Inselsberg-Dreigleichen, Schwäbische Alb, Terra Vita, Vulkaneifel, Muskauer Faltenbogen, der Welterbe Grube Messel gGmbH und dem Nationalen Geopark Rieskrater.

Kurzfassung

Diese Richtlinie soll all jenen, die in irgendeinem Aspekt der Einrichtung und des Managements von Schutzgebieten und der Verwaltung von Schutzgebieten involviert sind, helfen, die Erhaltung des Geo-Naturerbes zu verstehen und anzugehen. Die erklärende Tabelle in Abschnitt 1 führt den Leser zu den Abschnitten, die für seine Rolle und Tätigkeit am relevantesten sind.

Die Zusammenfassung jedes Abschnitts enthält die Best Practice-Richtlinie(n) für Anwender.

Abschnitt 1: Zweck, Inhalt und Verwendung der Richtlinie

Dieser Abschnitt beschreibt den Zweck und die Zielserschaft der Richtlinie, skizziert den Kontext des Schutzes von geologischen Standorten, bietet eine Tabelle und ein Diagramm, um den Leser durch das Dokument zu führen, und verweist auf die wichtigsten zusätzlichen Quellen für Anleitungen.

Abschnitt 2: Definieren des Kontexts des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten: Schlüsselbegriffe und Definitionen

Dieser Abschnitt enthält Standarddefinitionen von den Begriffen Geo-Naturerbe, Geodiversität und Schutz des Geo-Naturerbes; beschreibt die fünf Schlüsselwerte von Geo-Naturerbe und Geodiversität; erklärt die Bedeutung des Schutzes des Geo-Naturerbes für IUCN und für Schutzgebiete. Er gibt auch Hinweise zur Anwendung dieser Richtlinien auf andere wirksame Erhaltungsmechanismen und "geschützte Gebiete".

Wir empfehlen allen Anwendern, diesen Abschnitt zu lesen, da er den wesentlichen Kontext für den Rest der Richtlinien liefert.

Best Practice-Richtlinie Nr. 1: Um Verwechslungen zu vermeiden, verwenden Sie die Definitionen für Geo-Naturerbe, Geodiversität, Schutz des Geo-Naturerbes, geologische Schutzgebiete und Geotope einheitlich.

Best Practice-Richtlinie Nr. 2: Diese Richtlinien sollten auf andere wirksame Erhaltungsmechanismen und andere "Erhaltungsgebiete" sowie auf geologische Schutzgebiete angewendet werden.

Abschnitt 3: Anwendung allgemeiner Prinzipien des Schutz des Geo-Naturerbes im Management von Schutzgebieten und Erhaltungsgebieten

Dieser Abschnitt beschreibt neun allgemeine Grundsätze zum Schutz des Geo-Naturerbes als Grundlage für die Einrichtung und Verwaltung von Schutzmaßnahmen für geologische Standorte in Schutzgebieten. Wir empfehlen allen Anwendern, diesen Abschnitt zu lesen, da er auch den wesentlichen Kontext für die Anwendung der Richtlinien liefert.

Best Practice-Richtlinie Nr. 3: Verwenden Sie die neun Prinzipien für den Schutz des Geo-Naturerbes bei der Inventarisierung, Planung, Zielsetzung, dem Management und der Überwachung von geologischen Merkmalen und Prozessen.

Abschnitt 4: Einrichtung von Maßnahmen zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten

Dieser Abschnitt beschreibt die wichtigsten Schritte bei der Einrichtung neuer geologische Schutzgebiete oder zum Schutz von geologischen und geomorphologischen Merkmalen und Prozessen als Teil bestehender Schutzgebiete: Definition des Zwecks, Entscheidung über den Maßstab der Maßnahme (national, regional oder lokal), Entwicklung eines Inventars von schützenswerte geologischen Merkmalen und Prozessen und Definition von Kriterien für die Standortbewertung. Es werden Beispiele angeführt. Der Abschnitt verdeutlicht die Bedeutung der Einbeziehung des Schutzes des Geo-Naturerbes in nationale, regionale und lokale Planungsdokumente. Die Relevanz verschiedener Arten von Schutzmechanismen, Verwaltung, Eigentums- und Besitzverhältnissen wird beschrieben. Die Anforderungen an einschlägiges Fachwissen werden diskutiert. Die Relevanz internationaler Ansätze wie Welterbe, Globale Geoparks sowie Biosphärenreservate und Ramsar-Gebiete werden kurz diskutiert.

Best Practice-Richtlinie Nr. 4: Verwenden Sie die acht Interessen des Geo-Naturerbes (Tabelle 4.1), um die Zwecke eines geologischen Schutzgebietes oder eines Geotopnetzwerkes zu definieren.

Best Practice-Richtlinie Nr. 5: Führen Sie eine Geotopbestandsaufnahme anhand des Flussdiagramms in Abbildung 4.1 durch.

Best Practice-Richtlinie Nr. 6: Stellen Sie sicher, dass klare Bewertungskriterien für Geotope verwendet werden, die wissenschaftliche Studien, pädagogische Nutzung, Geotourismus und Freizeitnutzung umfassen.

Best Practice-Richtlinie Nr. 7: Fördern Sie die Entwicklung von Aktionsplänen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene, um sicherzustellen, dass der Schutz des Geo-Naturerbes in wichtigen Entscheidungsdokumenten berücksichtigt wird.

Best Practice-Richtlinie Nr. 8: Nutzen Sie die WCPA-Richtlinien für Schutzgebiete und andere wirksame gebietsbezogene Erhaltungsmaßnahmen, um den effektivsten Schutzmechanismus für das Geotop zu gewährleisten.

Best Practice-Richtlinie Nr. 9: Setzen Sie Experten ein, um den technischen Input für die Planung, das Management und die Kommunikation von Schutzmaßnahmen sicherzustellen.

Best Practice-Richtlinie Nr. 10: Überlegen Sie, ob das Schutzgebiet und die Merkmale des Geo-Naturerbes und der geologischen Prozesse die Kriterien für den UNESCO-Status unter der Welterbekonvention und/oder dem Global Geoparks Network erfüllen könnten.

Best Practice-Richtlinie Nr. 11: Überlegen Sie, wie Geodiversität und Geo-Naturerbe in Biosphärenreservaten und Ramsar-Gebieten verwaltet werden können, um die Erhaltung der Biodiversität bzw. der Feuchtgebiete und des Geo-Naturerbes zu erreichen.

Abschnitt 5: Management des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten

Dieser Abschnitt enthält detaillierte Anleitungen zu allen Aspekten des Managements von Geosystemen in Schutzgebieten, einschließlich der Managementplanung, der operativen Aspekte, der Anwendung der IUCN-Managementkategorien, der Einbeziehung spiritueller und kultureller Werte sowie der Überwachungs- und Bewertungssysteme. Er schließt mit Beispielen für das Management von Schutzmaßnahmen für geologische Schutzgebiete ab.

Best Practice-Richtlinie Nr. 12: Befolgen Sie den zweistufigen generischen Rahmen zur Analyse des Erhaltungsbedarfs und der Planung und Umsetzung der Erhaltung, um den Schutz des Geo-Naturerbes in die Managementpläne für Schutzgebiete einzubeziehen.

Best Practice-Richtlinie Nr. 13: Verwenden Sie einen systematischen Ansatz zur Steuerung der Managementmaßnahmen, einschließlich der Eignung von Materialien für Wege und Gebäude, Sicherheitsüberprüfungen der wichtigsten Gefahren und der Auswirkungen des Klimawandels.

Best Practice-Richtlinie Nr. 14: Beurteilen Sie die Relevanz jeder der IUCN-Schutzgebietsmanagementkategorien bei der Einrichtung neuer Schutzgebiete für den Schutz des Geo-Naturerbes oder bei der Verbesserung des Managements bestehender Schutzgebiete für den Schutz des Geo-Naturerbes.

Best Practice-Richtlinie Nr. 15: Beziehen Sie kulturelle und spirituelle Werte in die Zielsetzung und das Management von geologischen-Schutzgebieten ein und beziehen Sie gegebenenfalls das Geo-Naturerbe in Schutzgebiete ein, die für spirituelle und kulturelle Werte konzipiert sind.

Best Practice-Richtlinie Nr. 16: Entwickeln Sie Überwachungsprogramme zur Beurteilung und Bewertung kritischer Merkmale und natürlicher Prozesse und passen Sie die Pläne entsprechend an (im Rahmen eines adaptiven Managements), um sicherzustellen, dass die Ziele zum Schutz des Geo-Naturerbes erreicht werden.

Abschnitt 6: Umgang mit Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf die Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten und den Umgang mit ihnen. Die Konzepte der *Empfindlichkeit* und *Anfälligkeit* des Geo-Naturerbes werden als Grundlage für Managemententscheidungen definiert. Die wichtigsten Bedrohungen für das Geo-Naturerbe in Schutzgebieten werden beschrieben. Es werden Anleitungen zur Bewertung von Risiken und Auswirkungen gegeben. Allgemeine Richtlinien für das Management von Schutzgebieten zum Umgang mit Bedrohungen aus neun bestimmten Quellen werden aufgeführt. Abschließend wird die Wechselwirkung zwischen Geodiversität und der Erhaltung der biologischen Vielfalt erörtert und die wichtigsten Fragen des Managements aufgezeigt.

Best Practice-Richtlinie Nr. 17: Verwenden Sie die Konzepte der Empfindlichkeit und Vulnerabilität, um die Bedrohungen und deren potenziellen Auswirkungen auf die Merkmale und Prozesse des Geo-Naturerbes zu bewerten.

Best Practice-Richtlinie Nr. 18: Verfolgen Sie einen mehrstufigen Ansatz, um Bedrohungen des Geo-Naturerbes anzugehen, einschließlich der Identifizierung der Art der Bedrohung, der Empfindlichkeit der Stätte gegenüber der Bedrohung, der Risikobewertung und der Festlegung von Prioritäten für Managementmaßnahmen.

Best Practice-Richtlinie Nr. 19: Erkennen Sie sowohl positive als auch negative Wechselbeziehungen zwischen Biodiversität- und Geodiversitätschutz, um das bestmögliche Ergebnis für den Naturschutz zu erzielen.

Abschnitt 7: Management des Geo-Naturerbes in ausgewählten Situationen

Es werden detaillierte Ratschläge zu Landformen, Prozessen und Merkmalen, Bedrohungen sowie Managementprinzipien und -richtlinien für vier verschiedene Situationen gegeben: Höhlen und Karst, Gletscher und Periglaziale, Mineralien und Paläontologie sowie Vulkanismus. Der Zugang zu Fallstudien wird über URL-Links im Abschnitt "Referenzen" bereitgestellt.

Abschnitt 8: Bildung und Kommunikation zum Schutz des Geo-Naturerbes

In diesem Abschnitt werden die allgemeinen Grundsätze und Praktiken für die Interpretation, Bildung und Öffentlichkeitsarbeit für den Bereich Schutz des Geo-Naturerbes dargelegt. Es geht darum, wie sowohl neue Medien als auch traditionelle Formen effektiv genutzt werden können.

Best Practice-Richtlinie Nr. 20: Bestimmen Sie die Art und die Merkmale des Zielpublikums bei der Gestaltung einer effektiven Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Schutz des Geo-Naturerbes.

Best Practice-Richtlinie Nr. 21: Planen Sie Interpretationen, Umweltbildungsprogramme außerhalb des Geländes und webbasierte oder mobile App-gestützte Interpretationen für geologische Schutzgebiete ein, um Besucher anzuziehen, das Verständnis für den Schutz des Geo-Naturerbes zu verbessern und das Besuchererlebnis zu steigern.

Best Practice-Richtlinie Nr. 22: Nutzen Sie eine Vielzahl konventioneller Medien, um die Öffentlichkeit über den Schutz des Geo-Naturerbes zu informieren.

Abschnitt 9: Überblick

Es werden die wichtigsten Punkte für die Leser beschrieben, wobei die wichtige Interaktion und Interdependenz zwischen dem Schutz des Geo-Naturerbes und Biodiversitätserhaltung sowie die Notwendigkeit eines aktiven Managements des Geo-Naturerbes und einer guten Kommunikation betont werden.



© Penelope Figgis

Diese Best Practice-Richtlinie ist Dr. Graeme L. Worboys, AM (1950-2020) gewidmet: einem inspirierenden Kollegen, einem führenden Fürsprecher des Schutzes geologischer Elemente und einem engagierten Naturschützer.

Zweck, Inhalt und Verwendung der Richtlinie

1



Titelbild Travertinterrassen und Becken, entstanden durch die Ablagerung von Kalziumkarbonat, Huanlong National Park und World Heritage Site, Sichuan Province, China. © Roger Crofts

Dieser Abschnitt enthält:

- eine Zusammenfassung von Zweck und Inhalt der Richtlinie (1.1)
- eine Kurzanleitung zur Verwendung der Richtlinie und zum Auffinden bestimmter Themen (1.2)
- wichtige zusätzliche Informationsquellen (1.3).

1.1 Zweck dieser Richtlinie

Diese Richtlinie soll Fachleuten, die in und für Schutzgebiete arbeiten, und den Verwaltern von Schutzgebieten helfen, die Erhaltung und das Management des Geo-Naturerbes und der Geodiversität in ihre Arbeit auf allen Ebenen, von der Systemebene bis zur Standortebene, einzubeziehen. Wir empfehlen die Verwendung einer einfachen Definition von dem Begriff **Schutz des Geo-Naturerbes**: "die Erhaltung der Geodiversität aufgrund ihres intrinsischen und ökologischen Wertes und ihrer Bedeutung als erdgeschichtliches Erbe" (Sharples, 2002).

Diese Richtlinien bieten Verknüpfungen zu verwandten Anleitungen zu bestimmten Themen in der WCPA-Reihe Best Practice-Richtlinie und zu Fallstudien aus der ganzen Welt, die Best Practice beim Schutz des Geo-Naturerbes illustrieren.

Viele Schutzgebietsexperten und Betreuer von Schutzgebieten sind keine Geowissenschaftler und finden die Sprache und Konzepte der Geowissenschaften möglicherweise schwer zu verstehen und diese in ihre Arbeit einzubinden. Dies ist verständlich, da die Terminologie oft komplex ist, die Konzepte sich von denen des Biodiversitätsschutzes (für den viele Schutzgebiete eingerichtet wurden) stark unterscheiden und man oft der Meinung ist, dass geologische Merkmale relativ statisch sind und nur wenig Aufmerksamkeit benötigen (Crofts 2014). Aus diesen Gründen wird das Geo-Naturerbe und die Geodiversität (wie in Abschnitt 2.2 definiert) bei Schutzgebietserhaltung und -management oft übersehen,. Diese können aber als integraler Bestandteil der Natur einen hohen Wert haben und müssen verstanden und gepflegt werden. Darüber hinaus hängt die funktionale Gesundheit vieler Schutzgebiete davon ab, die nicht-biologischen Prozesse zu verstehen, die das Gebiet geschaffen haben, gegenwärtig ablaufen und in der Zukunft Einfluss haben können. Darüber hinaus kann es in einem Schutzgebiet bedeutende geologische Merkmale geben, die für Besucher von Interesse sind und die auch bedeutende Naturgefahren darstellen können (wie z. B. vulkanische Aktivität), die vom Managementpersonal richtig behandelt werden müssen.

Dieser Richtlinie soll dazu beitragen, die Erhaltung und das Management des Geo-Naturerbes und der Geodiversität in Schutz- und Erhaltungsgebieten zu verbessern und die Zusammenhänge und Wechselwirkungen mit biologischen Merkmalen und Prozessen zu erkennen. Sie sind kein Lehrbuch für das Management des Schutzes des Geo-Naturerbes, sondern stellen vielmehr den wesentlichen Hintergrund, den Kontext und die Prinzipien dar. Sie fassen relevantes Material zusammen, um es den Nutzern in einem Band leichter zugänglich zu machen, und bieten Links zur Schlüsselliteratur und zu zusätzlichen Quellen, die detaillierte praktische

Anleitungen enthalten. Die Verwendung von Best-Practice-Beispielen aus der ganzen Welt wird den Nutzern hoffentlich neues Vertrauen in die Pflege des Geo-Naturerbes und in die Verbindung zwischen Schutz des Geo-Naturerbes und Biodiversitätsschutz geben.

1.2 Verwendung der Richtlinie

Es ist unwahrscheinlich, dass die meisten Anwender diesen Richtlinie von der ersten bis zur letzten Seite lesen müssen, sondern ihn als Nachschlagewerk für ihre speziellen Bedürfnisse und Umstände in Bezug auf den Schutz des Geo-Naturerbes bei der Einrichtung und Verwaltung von Schutzgebieten verwenden werden.

Dieser Richtlinie ist in neun Abschnitte gegliedert (Tabelle 1.1). Nach zwei kontextbezogenen Schlüsselabschnitten bieten sie eine Abfolge von der Einrichtung eines Schutzgebietssystems zum Erhalt des Geo-Naturerbes auf nationaler oder regionaler Ebene bis hin zur Einrichtung einzelner geologischer Schutzgebiete oder der Ergänzung bereits bestehender Schutzgebiete durch geologische Schutzgebiete, einschließlich Management und Überwachung sowie Vorkehrungen für die Öffentlichkeitsarbeit (Abbildung 1.1). Manager von bestehenden Schutzgebieten können direkt mit Abschnitt 5 fortfahren. Wir empfehlen jedoch dringend, dass jeder die Abschnitte 2 und 3 liest, da sie wesentliches Kontextmaterial für den Schutz des Geo-Naturerbes liefern. Tabelle 1.1 und Abbildung 1.1 bieten eine Kurzanleitung zum Auffinden bestimmter Themen innerhalb des Dokuments.

1.3 Wichtige zusätzliche Quellen

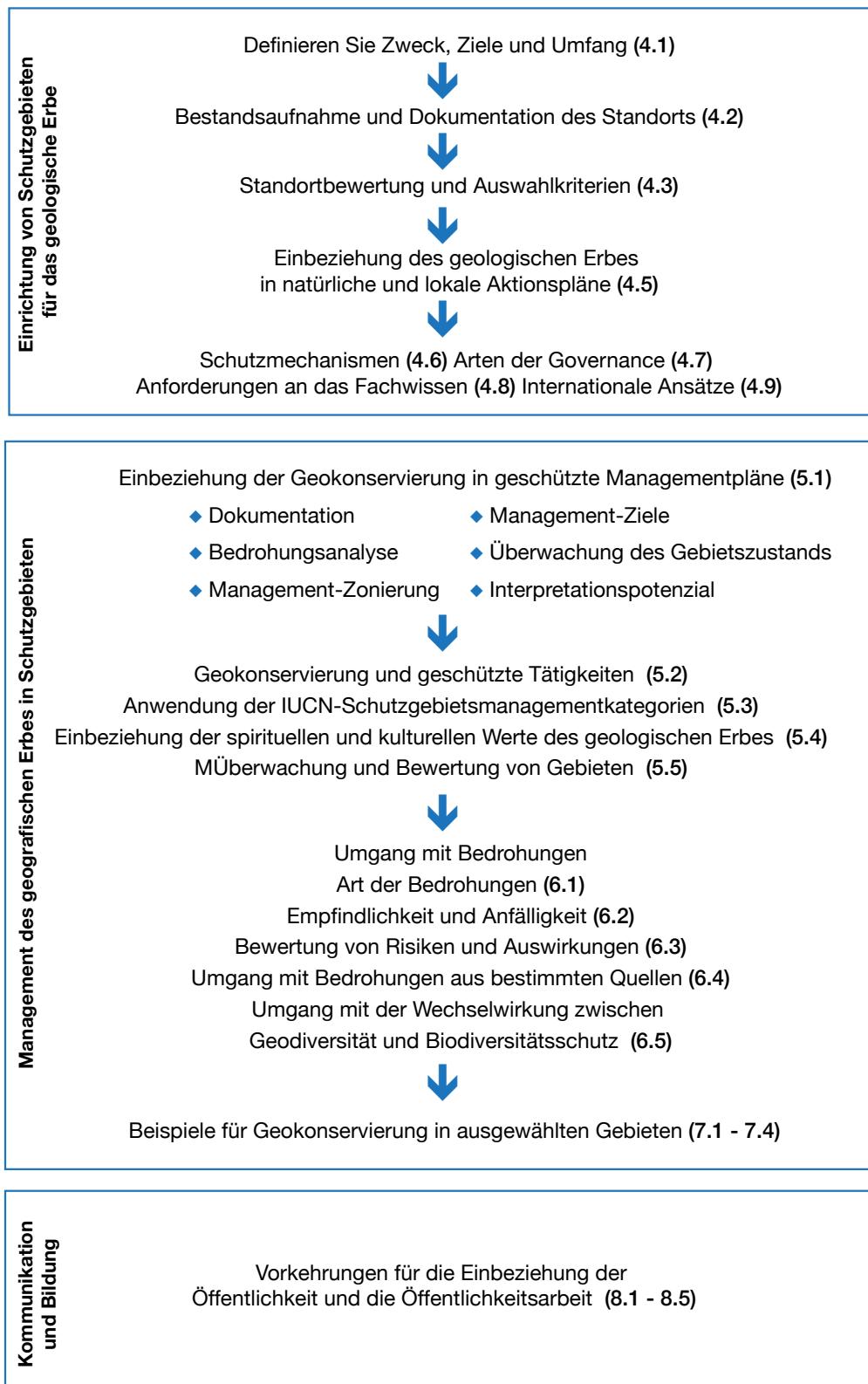
Mehrere wichtige zusätzliche Quellen geben einen Überblick über den Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten. Crofts & Gordon (2014, 2015) bieten eine Einführung in die Konzepte, die Terminologie und die Verbindungen zwischen dem Erhalt des Geo-Naturerbes und Biodiversitätsschutz, die frei verfügbar sind. Umfassendere Abhandlungen über Geodiversität und Geo-Naturerbe und deren Bewertung, Schutz und Management sind in Gray (2013) und Reynard & Brilha (2018) verfügbar. Die Zeitschrift *Geoheritage* ist die wichtigste internationale Quelle für Artikel zu allen Aspekten von geologischen Erben. Die meisten Artikel sind als Open Source verfügbar oder können über ResearchGate abgerufen werden.

Tabelle 1.1. Struktur und Gestaltung der Richtlinien

Abschnitt	Hauptthemen (Unterabschnitt)	Seiten	Pages
1	Zweck, Inhalt und Verwendung der Richtlinien	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zweck (1.1) 2 ■ Eine Kurzanleitung zur Verwendung der Richtlinien (1.2) 2 ■ Wichtige zusätzliche Quellen (1.3) 2 	
2	Definieren des Kontexts des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten: Schlüsselbegriffe und Definitionen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Warum ist der Schutz des Geo-Naturerbes notwendig? (2.1) 6 ■ Definition von Schlüsselbegriffen (2.2) 6 ■ Grundwerte des Geo-Naturerbes und der Geodiversität (2.3) 8 ■ Die Rolle der IUCN beim Schutz des Geo-Naturerbes (2.4) 10 ■ Der Schutz des Geo-Naturerbes innerhalb der IUCN-Definition eines Schutzgebietes (2.5) 11 	
3	Anwendung allgemeiner Prinzipien des Schutz des Geo-Naturerbes im Management von Schutz- und Erhaltungsgebieten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wichtige Leitprinzipien zum Schutz des Geo-Naturerbes (3.1) 14 	
4	Einrichtung von Maßnahmen zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Festlegen des Zwecks und der Betriebsgröße (4.1) 22 ■ Eine Bestandsaufnahme machen (4.2) 24 ■ Festlegung von Kriterien für die Bewertung von Standorten (4.3) 25 ■ Beispiele für Inventarisierung und Bewertungen geologisch bedeutende Standorte (4.4) 29 ■ Einbindung des geologische Erbes in nationale, regionale und lokale Aktionspläne (4.5) 32 ■ Schutzmechanismen (4.6) 32 ■ Arten der Verwaltung (4.7) 32 ■ Anforderungen an das Fachwissen (4.8) 32 ■ Internationale Ansätze (4.9) 37 	
5	Management des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Managementplanung (5.1) 40 ■ Schutz des Geo-Naturerbes und Schutzgebietsbetrieb (5.2) 52 ■ Anwendung der IUCN-Managementkategorien auf den Schutz des Geo-Naturerbes (5.3) 52 ■ Einbeziehung der spirituellen und kulturellen Werte des Geo-Naturerbes (5.4) 54 ■ Überwachung und Bewertung von Standorten (5.5) 61 ■ Management Beispiele (5.6) 62 	
6	Umgang mit Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten	<ul style="list-style-type: none"> ■ Art der Bedrohungen (6.1) 65 ■ Empfindlichkeit und Anfälligkeit (6.2) 67 ■ Abschätzung von Risiken und Auswirkungen (6.3) 67 ■ Umgang mit Bedrohungen aus bestimmten Quellen (6.4) 67 ■ Umgang mit der Wechselwirkung zwischen Geodiversität und Biodiversitätsschutz (6.5) 88 	
7	Management des Geo-Naturerbes in ausgewählten Situationen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Karst- und Höhlenschutzgebiete (7.1) 91 ■ Glaziale und periglaziale Schutzgebiete (7.2) 94 ■ Paläontologische und mineralogische Schutzgebiete (7.3) 104 ■ Vulkanische Schutzgebiete (7.4) 109 	
8	Bildung und Kommunikation beim Schutz des Geo-Naturerbes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Interpretationen (8.1) 114 ■ Bildung (8.2) 117 ■ Öffentlichkeitsarbeit (8.3) 117 ■ Digitale Ansätze zur Kommunikation (8.4) 120 ■ Konventionelle Medien (8.5) 122 	
9	Überblick	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zusammenfassung der wichtigsten Punkte 125 	

Abbildung 1.1. Schlüsselschritte bei der Einrichtung und Verwaltung von Erhaltungsmaßnahmen in geologischen Schutzgebieten und die Hauptthemen, die in dieser Richtlinie behandelt werden.

Geokonservierungskonzepte, Definitionen und Grundsätze (Abschnitte 2 und 3)



Definieren des Kontexts des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten: Schlüsselbegriffe und Definitionen

2



Titelbild Siccar Point in Schottland ist ein Schlüsselort für die wissenschaftliche Entdeckung der Erdentstehung. Dieses Gebiet von besonderem wissenschaftlichem Interesse ist wegen der Felsformationen geschützt, die James Hutton 1788 entdeckte und in seiner Abhandlung "Theory of the Earth" (Theorie der Erde) von 1795 berichtete. Der Übergang zwischen den unteren, älteren, steil gelagerten Felsen und den darüber liegenden, jüngeren, sanft abfallenden Felsen stellt eine riesige Lücke in der Gesteinsgeschichte dar, mit vielen Zyklen von Erosion und Ablagerung dazwischen, und zeigt die Unermesslichkeit der geologischen Zeit. Die Personen auf dem Foto sind Graeme L. Worboys (rechts) und John Gordon (links); beide sind Autoren dieser Richtlinien. © Roger Crofts

Dieser Abschnitt liefert kontextuelles Material für den Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten. Er behandelt:

- Warum ist der Schutz des Geo-Naturerbes notwendig? (2.1)
- Definition von Schlüsselbegriffen (2.2)
- Grundwerte des Geo-Naturerbes und der Geodiversität (2.3)
- Die Rolle der IUCN beim Schutz des Geo-Naturerbes (2.4)
- Der Schutz des Geo-Naturerbes innerhalb der IUCN-Definition eines Schutzgebietes (2.5)

2.1 Warum ist der Schutz des Geo-Naturerbes notwendig?

Es besteht die weit verbreitete Ansicht, dass Felsen und Landformen einigermaßen robust und nicht anfällig für Veränderungen oder Schäden durch menschliche Aktivitäten sind und daher keine besonderen Maßnahmen zu ihrer Erhaltung benötigen. Dies ist nicht der Fall, da sie sowohl natürlichen Bedrohungen als auch menschlichen Eingriffen ausgesetzt sind. Geodiversität und das Geo-Naturerbe sind zweifellos Teil des natürlichen Erbes der Erde. Im Vergleich zur Biodiversität wurde jedoch erst vor kurzem damit begonnen, ihre Erhaltung und ihr Management in einer strukturierten Weise zu betrachten. Für dieses Ungleichgewicht gibt es eine Reihe von Gründen (Crofts, 2014, 2018). Es gibt kein entsprechendes Äquivalent zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt für den Schutz des Geo-Naturerbes oder die Geodiversität, obwohl es mehrere internationale Abkommen oder Konventionen gibt, wie die UNESCO-Welterbekonvention und das UNESCO Global Geoparks-Programm, die den Schutz des Geo-Naturerbes einschließen. Es gibt ein geringes Bewusstsein in der Gesellschaft darüber, wie wichtig es ist, bedeutsame geologische und geomorphologische Merkmale und Prozesse wegen ihres Wertes als Geo-Naturerbe zu schützen, und über die Rolle der Geodiversität bei der Unterstützung der Biodiversität und der Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen.

2.2 Definition von Geodiversität, Geo-Naturerbe und Schutz des Geo-Naturerbes

Im Laufe der Entwicklung der Praxis zum Schutz des Geo-Naturerbes wurden verschiedene Begriffe und Definitionen eingeführt. Aus Gründen der Klarheit, Konsistenz und Einfachheit sowie zur Unterstützung der Kommunikation wird die folgende Terminologie empfohlen (Crofts & Gordon, 2014, 2015).

Geodiversität ist die Vielfalt von Gesteinen, Mineralien, Fossilien, Landformen, Sedimenten und Böden, zusammen mit den natürlichen Prozessen, die sie bilden und verändern. Sie umfasst vergangene und gegenwärtige geologische und geomorphologische Merkmale und Prozesse, die die Geschichte der Erde und die Entwicklung von Lebensformen aufzeichnen, wie sie in den geologischen Aufzeichnungen dargestellt sind, einschließlich Pflanzen und Tiere und ihre Lebensräume. Die Elemente der Geodiversität bilden die Grundlage für das Leben auf der Erde, und sie erhalten das Naturkapital und die Ökosystemleistungen.

Das **Geo-Naturerbe** umfasst die Elemente und Merkmale der Geodiversität der Erde, die entweder einzeln oder in Kombination

einen bedeutenden Wert aus intrinsischen, wissenschaftlichen, erzieherischen, kulturellen, spirituellen, ästhetischen, ökologischen oder ökosystemischen Gründen haben und daher erhaltenswert sind. Das Geo-Naturerbe stellt ein Vermächtnis aus der Vergangenheit dar, das in der Gegenwart erhalten und zum Nutzen künftiger Generationen weitergegeben werden soll. Das Geo-Naturerbe zeichnet die kumulative Geschichte der Erde auf, die in ihren Gesteinen und Landformen erhalten ist, wie in den Seiten eines Buches, wenn auch fragmentarisch und mit fehlenden Seiten. Es wird in besonderen Orten (Geotope; siehe Definition unten) und Objekten (Proben in situ und in Museumssammlungen) dargestellt, die für unser Verständnis der Geschichte der Erde und der Evolution des Lebens grundlegend sind. Die zugrundeliegende philosophische Basis ist in der Erklärung von Digne über die Rechte des Gedächtnisses der Erde (Kasten 2.1) dargelegt, die einen auf Rechten basierenden Ansatz für das Geo-Naturerbe skizziert und eine Grundlage der UNESCO Global Geoparks ist.

Es ist wichtig, das Spektrum an Merkmalen zu schätzen, die ein in situ Geo-Naturerbe ausmachen. Sie umfassen:

- Gesteinsaufschlüsse, die einzigartig oder repräsentativ für bestimmte geologische Prozesse oder Phasen in der Entwicklung der Erde sind, entweder global oder in bestimmten Regionen;
- einzigartige, klassische oder repräsentative Landformen, die durch bestimmte Prozesse in der Gegenwart oder in der Vergangenheit entstanden sind (z. B. Vergletscherung);
- aktive Systeme (z. B. Flüsse, Wüsten, Gletscher und Böden); oder
- Zusammensetzungen aus all diesen Komponenten.

Das Geo-Naturerbe in Schutzgebieten kann daher in einem Kontinuum von Maßstäben existieren, das von kleinen Einzelmerkmalen, wie z. B. Gesteinsaufschlüssen oder Felsblöcke, die von Gletschern über weite Strecken transportiert wurden (z. B. Der Pierre à Dzo, Monthey, Schweiz), bis hin zu ganzen Landschaften reicht, wie z. B. Gebirgsysteme, die aus verschiedenen Gesteinen, Landformen und Böden bestehen (z. B. Los Glaciares National Park, Argentinien), oder Vulkansysteme, die extrem vielfältige Mikrohabitaten beherbergen (z. B. Yellowstone Caldera, USA und das damit verbundene Greater Yellowstone Ecosystem mit der charismatischen Megafauna und Arten, die in heißen Quellen leben). Die einzige Grenze für die Standortgröße wird durch die Managementeinheit und dem Managementplan gesetzt.

Kasten 2.1**The Digne Declaration****Declaration of the Rights of the Memory of the Earth**

1. Planeten haben, wie Menschen, ihre eigene Lebensgeschichte - sie werden geboren, sie reifen und sterben. Für Planeten, wie für Menschen, ist jede Lebensgeschichte einzigartig: Es ist an der Zeit, die Einzigartigkeit der Erde zu erkennen.
2. Unser Planet, die Erde, ist das einzige Band, das die gesamte Menschheit verbindet. Wir sind, jeder Einzelne von uns, mit der Erde verbunden, und sie ist das Bindeglied zwischen uns und allem Leben.
3. Die Erde ist 4,5 Milliarden Jahre alt und die Wiege des Lebens; Leben, das im Laufe der geologischen Zeit viele Metamorphosen und Erneuerungen durchlaufen hat. Seine lange Evolution und langsame Reifung haben die Umwelt, in der wir leben, geformt.
4. Unsere Geschichte und die Geschichte unserer Erde sind eng miteinander verbunden. Der Anfang der Erde ist unser Anfang, ihre Geschichte ist unsere Geschichte und ihre Zukunft wird wohl auch unsere Zukunft sein.
5. Die Oberfläche der Erde ist unser Lebensraum. Diese Umgebung ist anders, nicht nur als die der Vergangenheit, sondern auch als die der Zukunft. Wir sind die Begleiter der Erde für die Gegenwart, aber sind nur vorübergehend, und mit der Zeit werden wir vergehen.
6. So wie ein alter Baum alle Erinnerungen an seine Entwicklung und an sein Leben in sich trägt, so bewahrt die Erde die Spuren ihrer Vergangenheit in ihren Tiefen und an ihrer Oberfläche, in den Gesteinen und den Landschaftsformen. Spuren, die gelesen und gedeutet werden können.
7. Wir waren uns schon immer der Notwendigkeit bewusst, unsere Erinnerungen - unser kulturelles Erbe - zu bewahren. Jetzt ist die Zeit gekommen, unser natürliches Erbe zu schützen. Die Vergangenheit der Erde ist nicht weniger wichtig als die des Menschen. Es ist an der Zeit, dass wir lernen, dieses Erbe der Erde zu schützen und dadurch etwas über die Vergangenheit der Erde zu erfahren, zu lernen, dieses "Buch" zu lesen, die Aufzeichnungen in den Felsen und der Landschaft, die größtenteils vor unserer Ankunft geschrieben wurden.
8. Der Mensch und die Erde teilen ein gemeinsames Erbe. Wir und unsere Regierungen sind nur Verwalter dieses Erbes. Wir alle müssen begreifen, dass schon kleine Eingriffe zu Veränderung, Zerstörung und unwiederbringlichem Verlust führen können. Bei allem, was wir auch immer tun und planen, müssen wir den besonderen Wert und die Einzigartigkeit dieses Erbes beachten.
9. Die Teilnehmer des 1. Internationalen Symposiums für den Schutz unseres Geo-Naturerbes, mehr als 100 Erdwissenschaftler aus mehr als 30 Staaten, rufen alle nationalen und internationalen Institutionen dringend auf, dieses Erbe in ihre Überlegungen und Entscheidungen einzubeziehen und es durch alle notwendigen gesetzlichen, finanziellen und organisatorischen Maßnahmen zu schützen.

Quelle: http://www.progeo.ngo/downloads/DIGNE_DECLARATION.pdf

Es ist nicht leicht verständlich was ein geologisches Schutzgebiet ist. Es kann durchaus ein einziges wertvolles Merkmal oder die Darstellung eines vergangenen oder aktuellen natürlichen Prozesses umfassen und erfordert keine Vielfalt von Merkmalen oder Formen. Zum Beispiel kann eine dicke Abfolge von scheinbar monotonen Tiefseekalkschichten relativ gleichförmig erscheinen, aber dennoch einen wichtigen Teil der geologischen Entwicklung einer bestimmten Region oder der Entwicklung des Lebens darstellen. Ebenso kann eine bestimmte Gesteinsschicht eine reiche Vielfalt fossiler Lebensformen verstecken, die für das bloße Auge nicht ohne weiteres erkennbar ist, aber ein entscheidendes Merkmal eines international bedeutenden Typusprofils oder einer Typokalität für eine bestimmte Evolutionsphase oder Veränderung sein kann. Alternativ kann ein Schutzgebiet einige Merkmale des Geo-Naturerbes enthalten, aber in erster Linie aus anderen, nicht dem Schutz des Geo-Naturerbes dienenden Gründen ausgewiesen worden sein. Andererseits kann es eine große Vielfalt an Merkmalen, Formen und Prozessen aufweisen, die für den Schutz des Geo-Naturerbes von Bedeutung sind. Alle diese Variationen sind gültig, und es ist daher wichtig, dass die Kriterien für die Auswahl eines Schutzgebiets zum Schutz des

Geo-Naturerbes oder für das Management von geologischem Erbe in Schutzgebieten eindeutig sind. Leitprinzipien werden in Abschnitt 3 und ausführlichere Hinweise zu den Auswahlkriterien in Abschnitt 4 gegeben.

Es ist wichtig zu betonen, dass die Merkmale eines Geo-Naturerbes einen besonderen geologischen oder geomorphologischen Wert haben müssen (Abschnitt 2.3). Es wird jedoch andere Fälle geben, in denen geologische oder geomorphologische Merkmale an sich nicht außergewöhnlich sind, aber für das kulturelle oder archäologische Erbe von Bedeutung sind (z. B. eine Höhlenstätte mit Malereien oder Hominidenfossilien).

Gebiete mit einem hohem Wert für das Geo-Naturerbe können in der gesamten Bandbreite der IUCN-Schutzgebietskategorien vorkommen, entweder als primäre Interessen oder als Komponenten innerhalb einer größeren Ansammlung von natürlichen Merkmalen (siehe Abschnitt 5.4).

Der **Schutz des Geo-Naturerbes** wurde definiert als "die Erhaltung der Geodiversität für ihre intrinsischen, ökologischen

und (geo)kulturellen Werte" (Sharples, 2002). Im Wesentlichen ist der Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten die Praxis der Erhaltung, Verbesserung und Förderung des Bewusstseins für die Geodiversität und dem geologischen Erbe. Der Schutz des Geo-Naturerbes befasst sich also in erster Linie mit der Erhaltung von Merkmalen und/oder Elementen, die einen besonderen geologischen oder geomorphologischen Wert haben. Der Schutz des Geo-Naturerbes kann dazu beitragen, die Artenvielfalt und das Funktionieren gesunder Ökosysteme sowie die Erhaltung des Geo-Naturerbes zu erhalten.

Der Begriff **Geotop** wird verwendet, um Orte zu bezeichnen, der ein einzelnes Merkmal oder eine Vielzahl von geologischen oder geomorphologischen Merkmalen und Prozessen aufweist, die aufgrund ihres wissenschaftlichen Wertes schützenswert sind (Brilha, 2018a). Der Begriff "Geotop" ist eine Kurzform für geologische Standorte oder geomorphologische Standorte.

Zusammenfassend wird in diesem Richtlinie eine Hierarchie von Begriffen verwendet: **Geodiversität** ist die Gesamtheit der abiotischen Natur, von der einige Elemente einen bedeutenden, schützenswerten Wert haben, der als **Geo-Naturerbe** bezeichnet wird, das in Geotopen verwaltet wird, die entweder formell geschützte Gebiete sind oder unter dem Oberbegriff "**Schutz des Geo-Naturerbes**" stehen.

Der übergeordnete Zweck des **Schutzes des Geo-Naturerbes** in Schutz- und Erhaltungsgebieten ist die Erhaltung des Geo-Naturerbes und der im **Geotop** befindlichen **Geodiversität**. Die Tätigkeit ist Geo-Naturschutz Management in geologischen Schutzgebieten, oder als Bestandteil des Schutzgebietsmanagements auch in Gebieten mit anderen Zwecken.

Best Practice-Richtlinie Nr. 1: Um Verwechslungen zu vermeiden, verwenden Sie die Definitionen für Geo-Naturerbe, Geodiversität, Schutz des Geo-Naturerbes, geologische Schutzgebiete und Geotope einheitlich.

2.3 Grundwerte des Geo-Naturerbes und der Geodiversität

Das Geo-Naturerbe und die Geodiversität sind nicht nur greifbare Dinge, sondern werden mit wichtigen Werten unterlegt. Um sicherzustellen, dass alle Facetten des Schutzes des Geo-Naturerbes in der Praxis verstanden und anerkannt werden, werden fünf grundlegende Werte des Schutzes des Geo-Naturerbes beschrieben.

Erstens ist das Geo-Naturerbe aus ethischen Gründen wichtig, oder was allgemein als **Eigenwert** bezeichnet wird. Zu oft wurde in der jüngeren Vergangenheit ausschließlich auf den Nutzen der Vielfalt für die Gesellschaft abgestellt. Dabei gibt es genügend ethische Gründe, unser Geo-Naturerbe zu schützen, gerade weil es da ist: *um seiner selbst willen*. Dieser Grund ist kongruent mit der Verantwortung der Gesellschaft, die Natur zu erhalten. Sie ist die Grundlage der Digne-Erklärung.

Drittens kann das Geo-Naturerbe in Schutzgebieten wichtig für die **ästhetische, kulturelle und spirituelle Werte des Erbes** sein (Verschuuren et al., in druck). Dazu können Gemeinden gehören, die sich voll und ganz mit ihrem lokalen geologischen Erbe identifizieren, wie z. B. der Berg Triglav, der im gleichnamigen Nationalpark in Slowenien liegt und auf der Nationalflagge abgebildet ist, oder der Berg Fuji, eine kulturelle Ikone in Japan. Einige Stätten mit wichtigen geologischen Merkmalen, wie die Yosemite- und Yellowstone-Nationalparks in den USA, haben aufgrund ihrer Rolle bei der Entwicklung des Denkens und Handelns in Bezug auf Schutzgebiete eine kulturelle und

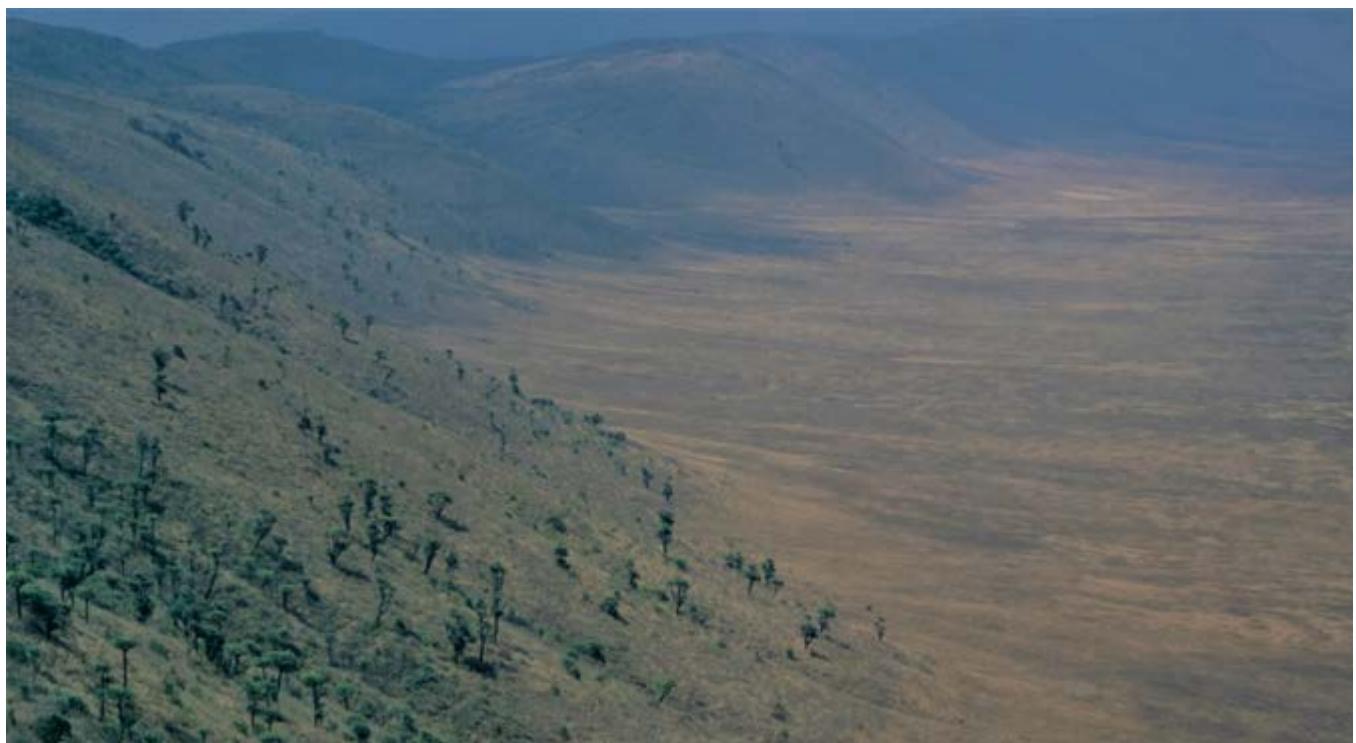


Foto 2.1. Der Ngorongoro-Krater, Ngorongoro Conservation Area, Vereinigte Republik Tansania, ist ein Beispiel für den Eigenwert: Er ist der Krater eines erloschenen Vulkans von beträchtlicher Größe und gleichzeitig die Heimat vieler einheimischer Tiere. © Roger Crofts



Foto 2.2. Burgess Shale, Yoho National Park, British Columbia, Kanada, ist ein Beispiel für einen Standort, an dem die Forschung neue Erkenntnisse über die Entwicklung des Lebens auf der Erde vor etwa 500 Millionen Jahren, während der sogenannten "Kambrischen Explosion", ermöglicht hat. Ein Fremdenführer von Parks Canada hält ein großes fossiles Exemplar im Walcott Quarry, Yoho National Park, Kanada. © Parks Canada Ryan Creary



Foto 2.3. Felskunst aus dem Royal Natal National Park, KwaZulu-Natal, Südafrika, die die Nutzung geschützter Naturorte zur symbolischen Kommunikation in vergangenen Zeiten illustriert. © Sue Stolton

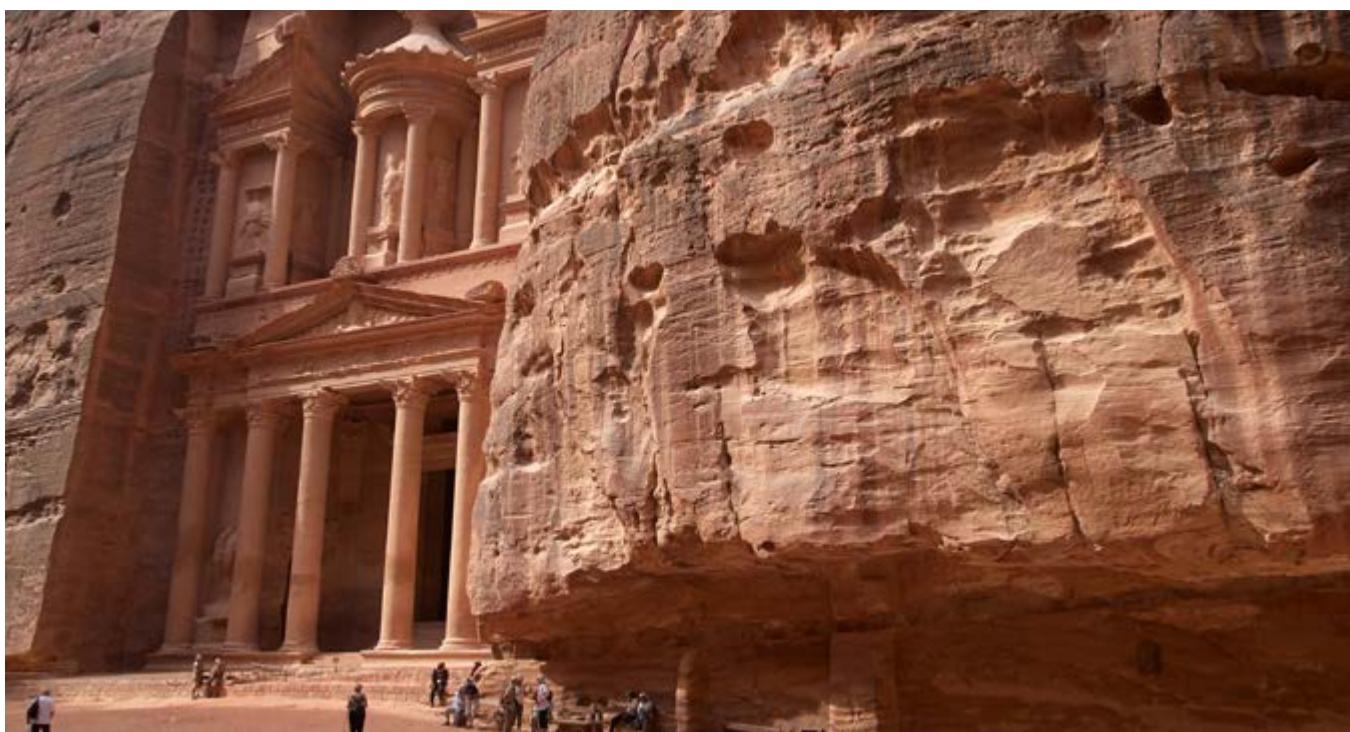


Foto 2.4. Die Verwendung natürlicher Materialien vor Ort ist beispielhaft im archäologischen Park und Weltkulturerbe Petra in Jordanien. Mehrfarbige Sandsteinfelsen wurden im Laufe der Jahrhunderte nabatäischer und hellenischer Präsenz in viele Gebäudetypen (vor allem Tempel, Gräber und zivile Gebäude) gehauen. © José Brilha

erzieherische Bedeutung, während viele andere aus ästhetischen Gründen und für Erholungs- und Tourismusaktivitäten einen bedeutenden Wert haben. Ebenso gibt es viele heilige Stätten, wie die christlichen Klöster von Meteora, Griechenland, und viele kulturhistorische Stätten, wie die Höhlen mit frühen Malereien in KwaZulu-Natal, Südafrika, die die enge Verbindung zwischen dem geologischen Erbe und kulturellem und spirituellem Erbe veranschaulichen.

Geo-Naturerbe und kulturelles Erbe können auch auf viele andere Arten miteinander verbunden sein; zum Beispiel bilden "weiche" Gesteinsformationen die Kulisse für die "Höhlenstädte" in den Welterbestätten in Petra in Jordanien und Vardzia in Georgien.

Viertens hat die Geodiversität einen wichtigen **ökologischen Wert** für die Unterstützung der biologischen Vielfalt und das Funktionieren von Ökosystemen. Die Vielfalt von Substraten, Landformmosaiken und Bodenformationen bildet zusammen mit Prozessen wie Wasserflussregimen, Sedimentzufuhr, Erosion und Ablagerung die Grundlage für Lebensräume und Arten sowie das Funktionieren von Ökosystemen. In vielen Umgebungen bieten die komplexen Muster von mikro- bis großskaliger Topografie, Böden und geomorphologischen Prozessen und Störungsregimen Bedingungen für einen hohen Artenreichtum und vielfältige Mosaiken von Lebensräumen.

Die Beziehung zwischen den Elementen der Geo- und Biodiversität ist wesentlich für das Ökosystemkonzept. Der kürzlich geprägte Begriff "Erhaltung der Naturbühne" basiert darauf, dass Flora und Fauna die "Akteure" sind und die Geodiversität die "Bühne" darstellt, auf der sie gedeihen. Als Grobfilter-Ansatz wird die Erhaltung der Biodiversität als am besten durch die Erhaltung der Bühne erreicht, insbesondere in Zeiten des Klimawandels, wenn eine Reihe von Lebensräumen, in die sich Pflanzen und

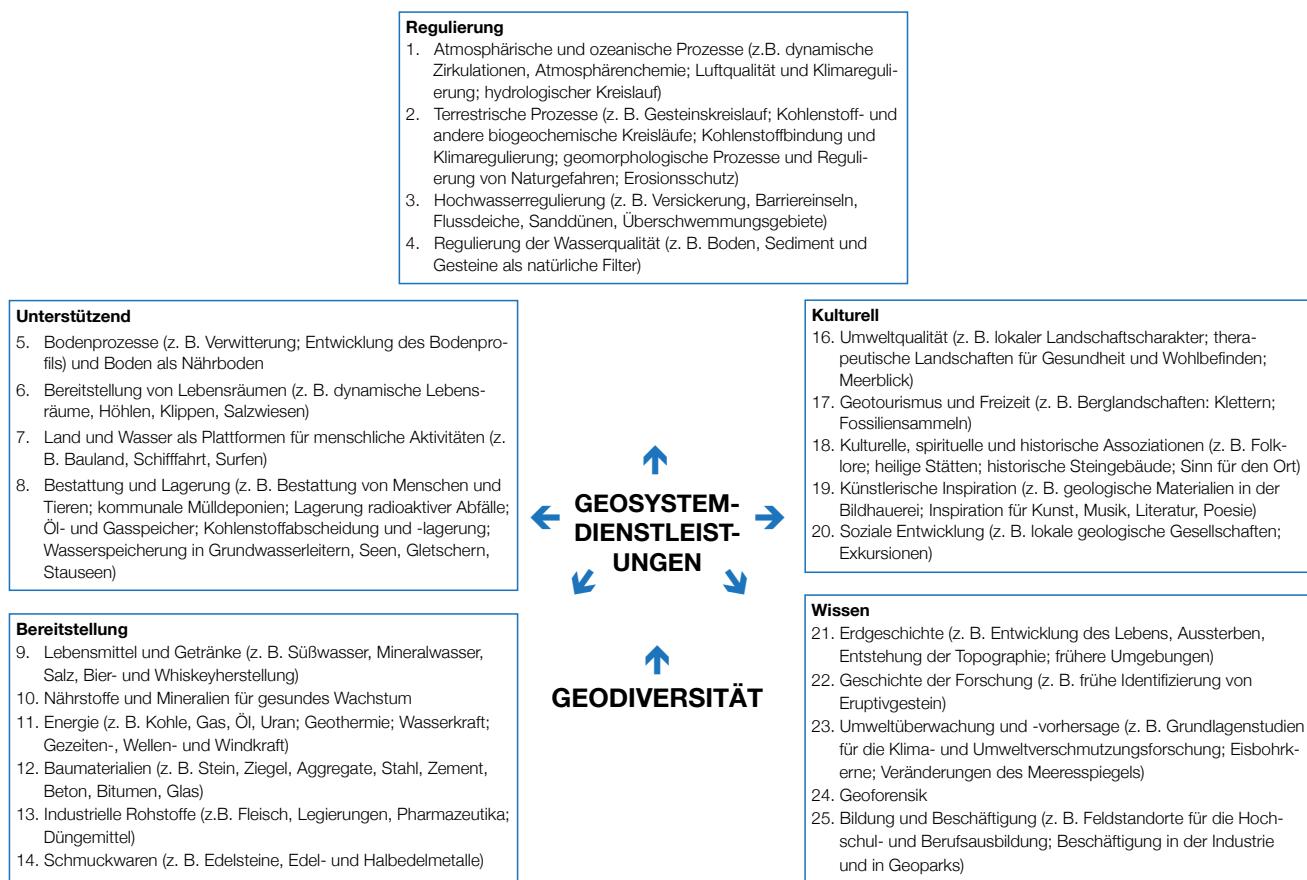
Tiere verlagern können, für ihr Überleben entscheidend sein kann (Anderson & Ferree, 2010; Gross et al., 2016).

Fünftens ist die Geodiversität ein entscheidender Bestandteil von Ökosystemen und stellt insbesondere viele **Umweltgüter und Ökosystemleistungen** bereit, d. h. die direkten und indirekten Vorteile, die der Mensch von der natürlichen Umwelt und gut funktionierenden Ökosystemen erhält (Abbildung 2.1; Tabelle 2.1). Um die Bereitstellung dieser Leistungen zu unterstützen, müssen Manager mit der Natur und nicht gegen sie arbeiten und versuchen, die natürlichen Systeme und Prozesse zu erhalten, was eine grundlegende Aufgabe von Schutzgebieten ist. Es bedeutet auch, dass alle Elemente von Ökosystemen als Ganzes gesehen werden müssen, anstatt z. B. nur die Biodiversität oder nur die Geodiversität zu betrachten. Mit anderen Worten, wir sollten an die Dienstleistungen der Natur oder den Beitrag der Natur für den Menschen denken (Diaz et al., 2018). Es besteht kein Zweifel am integrierten Ansatz für Ökosysteme, wie er in Artikel 2 des Übereinkommens über die biologische Vielfalt definiert ist: "Ökosystem" ist ein dynamischer Komplex von Pflanzen-, Tier- und Mikroorganismengemeinschaften und ihrer unbelebten Umwelt, die als funktionelle Einheit interagieren." Neugarten et al. (2018) bieten ein nützliches Kompendium.

2.4 Die Rolle der IUCN beim Schutz des Geo-Naturerbes

Die IUCN spielt seit vielen Jahrzehnten eine führende Rolle beim Schutz des Geo-Naturerbes, insbesondere durch ihre Rolle als satzungsgemäßes Beratungsgremium des UNESCO-Welterbekomitees zum Naturerbe. Die Welterbekonvention erkennt das Geo-Naturerbe als integralen Bestandteil des außergewöhnlichen universellen Wertes von Welterbestätten an, insbesondere durch das Welterbekriterium (viii), das sich ausdrücklich auf das Geo-Naturerbe bezieht (siehe Abschnitt 4.8 (i)).

Abbildung 2.1. Ökosystemdienstleistungen aus der Perspektive der Geodiversität.



Quelle: Gray, 2018.

In den letzten Jahren wurde das Mandat der IUCN für den Schutz des Geo-Naturerbes auf zwei Arten weiter gefestigt. Erstens heißt es in den IUCN WCPA- Guidelines for Applying Protected Area Management Categories eindeutig, dass alle Schutzgebiete gegebenenfalls darauf abzielen sollten, „bedeutende Landschaftsmerkmale, Geomorphologie und Geologie zu erhalten“ (Dudley, 2008). Zweitens nehmen die auf drei IUCN-Weltnaturschutzkongresse verabschiedeten Resolutionen den Schutz des Geo-Naturerbes in das Programm der Union auf (IUCN, 2008, 2012, 2016a). Die Resolutionen 4.040 von 2008 und 5.048 von 2012 besagen, dass die Geodiversität Teil der natürlichen Vielfalt und Geo-Naturerbe Teil des Naturerbes ist. Die Resolution 6.083 von 2016 fördert und unterstützt nationale und internationale Initiativen, die auf die Erhaltung und nachhaltige Nutzung von beweglichem geologischem Erbe (z. B. Fossilien, Meteoriten und Vulkanbomben) abzielen. Zusammen stellen diese Resolutionen einen Maßstab für die Anerkennung der integrativen Rolle und Relevanz von geologischem Erbe und Geodiversität dar, die auch bei der Planung, Gestaltung, Verwaltung und dem Management von Schutzgebieten berücksichtigt werden müssen.

2.5 Der Schutz des Geo-Naturerbes und die IUCN-Definitionen für Schutz- und Erhaltungsgebiete

Die IUCN definiert ein Schutzgebiet als:

Ein klar definierter geografischer Raum, der anerkannt, dediziert und durch rechtliche oder andere wirksame Mittel

verwaltet wird, um die langfristige Erhaltung der Natur mit den damit verbundenen Ökosystemleistungen und kulturellen Werten zu erreichen (Dudley, 2008).

Die Eckpunkte zum Schutz des Geo-Naturerbes sind:

- „Langfristiger Schutz der Natur“ einschließlich Schutz des Geo-Naturerbes;
- unterirdische Gesteine und Mineralien sowie oberirdische Merkmale sind hiermit eingeschlossen;
- Management kann in der Praxis auch bedeuten, nichts zu tun, um die natürlichen Prozesse zu erhalten;
- Manager sollten sicherstellen, dass Merkmale des Geo-Naturerbes nicht beschädigt und die sie bildenden Prozesse nicht beeinträchtigt werden; und
- Manager müssen den Schutz des Geo-Naturerbes und die Erhaltung der biologischen Vielfalt gemeinsam betrachten.

Die IUCN erkennt auch die Existenz von „Erhaltungsgebieten“ an, d. h. Gebiete, die keine Schutzgebiete sind und möglicherweise nicht den Schutz als primäres Ziel haben, die aber dennoch die Natur langfristig erhalten (IUCN-WCPA Task Force on OECMs, 2019). Das Übereinkommen über die biologische Vielfalt hat auch „andere wirksame gebietsbezogene Erhaltungsmaßnahmen“ oder OECMs („other effective area-based conservation measures“) definiert als: „Ein geografisch definiertes Gebiet, das kein Schutzgebiet ist

und das auf eine Weise verwaltet und bewirtschaftet wird, die langfristig positive und nachhaltige Ergebnisse für die In-situ-Erhaltung der biologischen Vielfalt mit den damit verbundenen Ökosystemfunktionen und -leistungen und gegebenenfalls kulturellen, spirituellen, sozioökonomischen und anderen lokal relevanten Werten erzielt“ (CBD-Beschluss 14/8).

Es ist zu beachten, dass die meisten Gebiete, die als OECMs in Frage kommen, noch nicht identifiziert und in nationale oder internationale Datenbanken aufgenommen wurden. Da OECMs im Rahmen der CBD definiert werden, kann es außerdem geschützte Gebiete geben, die von autonomen Regierungsbehörden (lokale Gemeinschaften, indigene Völker, First Nations usw.) verwaltet werden, die nicht gemäß der CBD-Definition anerkannt werden möchten, und einige Staaten, die ihnen diese Anerkennung möglicherweise nicht gewähren. Diese Schutzgebiete tragen dennoch zu langfristigen

Ergebnissen für die In-situ-Erhaltung der Biodiversität bei (Borrini-Feyerabend und Hill, 2015) und sollten in den Interessenbereich dieser Richtlinien fallen.

Diese Richtlinien können daher in Bezug auf Schutzgebiete, OECMs und andere “Erhaltungsgebiete” angewendet werden, da die Natur in vielen Geo-Naturerbestätten auf einer dieser verschiedenen Arten verwaltet wird. In der Tat können viele Territorien und Gebiete, die von indigenen Völkern und lokalen Gemeinschaften erhalten werden, auf Werten für Geo-Naturerbe beruhen, die kulturelle und spirituelle Bedeutung haben.

Best Practice-Richtlinie Nr. 2: Diese Richtlinien sollten auf andere wirksame Erhaltungsmechanismen und andere “Erhaltungsgebiete” sowie auf geologische Schutzgebiete angewendet werden.

Tabelle 2.1. Beispiel für die von der Geodiversität bereitgestellten Güter und Dienstleistungen in der Küstenregion des Bundesstaates São Paulo, Brasilien.

Ökosystem	Steuerung	Unterstützung	Bereitstellung	Kulturell	Wissen
South Brazil Shelf	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ozeanische Zirkulation gefördert durch marine Landformen ■ Globale Klimaregulierung und Kohlenstoffspeicherung durch marine Sedimente 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Teil des hydrologischen Kreislaufs ■ Lebensraumangebot für Tier- und Pflanzenarten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nahrungsmittel-Versorgung durch Bereitstellung von Lebensräumen für essbare Meeresarten ■ Öl- und Gasversorgung 		
Felsküste	<ul style="list-style-type: none"> ■ Langfristiger Regulierung des Kohlenstoffkreislaufs durch chemische Verwitterung von Silikatgestein 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lebensräume für verschiedene Arten ■ Anker- Liegeplätze ■ Fundamente für Gebäude ■ Unterstände für alte Siedlungen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Natürliche und kultivierte Nahrungsmittelproduktion 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erholung und Tourismus auf küstennahen Inseln, Felsküsten, Stränden, Wanderwegen, Wasserfällen 	
Düne	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wasserinfiltration und Wiederauffüllung von Grundwasserleitern und als Teil des hydrologischen Kreislaufs ■ Kontrolle der Wasserqualität 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kontrolle und Speicherung von Wasser 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wachstum spezifischer Pflanzenarten im Zusammenhang mit Sandsedimenten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ortskenntnis und spirituelle Werte, besonders für traditionelle Gemeinschaften 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wissenschaftliche Forschung zu verschiedenen Zweigen der Geowissenschaften sowie zu Küsten- und Meeresthemen
Mangrove	<ul style="list-style-type: none"> ■ Speicherung von blauem Kohlenstoff ■ Kontrolle und Speicherung von Wasser ■ Dissipation von Wellenenergie 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Teil des hydrologischen Kreislaufs ■ Lebensraum für verschiedene Arten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Terrestrischer oder vorübergehender Schutz oder Kinderstube ■ Natürliche und kultivierte Nahrungsproduktion 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung der ehrenamtlichen Naturschutzarbeit von NGOs und anderen Institutionen, die sich mit dem Atlantischen Wald und der Meeressumwelt beschäftigen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Feldressourcen für Studenten der Geowissenschaften ■ Aufzeichnungen über vergangene Klimazonen ■ Geowissenschaftliche Bildung
Strand	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erosionsschutz ■ Wellenergiedissipation und Küstenschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Natürliche Retention und Sedimenttransport ■ Wasserfiltration 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fischen 		
Flussmündung und Lagune	<ul style="list-style-type: none"> ■ Regulierung von Naturgefahren durch Erosionsschutz 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Teil des hydrologischen Kreislaufs 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Refugium und/oder marine Kinderstube ■ Natürliche und kultivierte 		
Küstenebene	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erosionsschutz ■ Grundwassererneuerung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Typische ruhende Vegetation 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Terrestrial or transitional refuge or nursery 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Förderung von Gesundheit und Wohlbefinden durch landschaftliche Schönheit und gute Umweltbedingungen 	
Fluss	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wasserführung und Hochwasserreregulierung ■ Entwässerung ■ Teilnahme am Wasserkreislauf und Ozeanzirkulation 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Teil des hydrologischen Kreislaufs ■ Wassertransportwege 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wasserversorgung durch mehrere Einzugsgebiete mit Quellen in der Serra do Mar und in der Atlantik-Hochebene ■ Sandabbau ■ Energieversorgung durch Wasserkraftwerke 		
Serra do Mar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lokale Klimaregulierung durch die Gebirgskette Serra do Mar 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bodenbildung als Unterstützung der Vegetation des Atlantischen Waldes und des Bananenanbaus 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gesteine, Saprolithe und Sande als Zier- und Baumaterialien 		

Quelle: Garcia, 2019.

Anwendung allgemeiner Prinzipien zum Schutz des Geo-Naturerbes im Manage- ment von Schutzgebieten und Erhaltungsgebieten

3



Goosenecks, in die Landschaft eingeschnittene Flussmäander, am San Juan River Utah State Park, USA. © José Brilha

In diesem Abschnitt werden neun allgemeine Grundsätze beschrieben, die sowohl für die Einrichtung neuer Schutz- und Erhaltungsgebiete zum Schutz des Geo-Naturerbes als auch für das Management bestehender Gebiete gelten sollten.

Die Grundsätze gelten für den Schutz der Geodiversität und des Geo-Naturerbes in der gesamten Bandbreite der IUCN-Schutzgebietskategorien, einschließlich derjenigen, bei denen das Geo-Naturerbe nicht der Hauptgrund für die Ausweisung ist.

3.1 Allgemeine Prinzipien

Eine Reihe von allgemeinen Grundsätzen zum Schutz des Geo-Naturerbes sollte dem gesamten Management von Schutz- und Erhaltungsgebieten zugrunde liegen (Tabelle 3.1). Diese Prinzipien sollten in nationale, regionale und lokale Aktionspläne zur Geodiversität, wo sie existieren, und in Schutzgebietssysteme und Managementpläne im Allgemeinen aufgenommen werden. Spezifische Anwendungen in Schutzgebietsmanagementplänen zum Schutz des Geo-Naturerbes müssen den lokalen Bedingungen, Gesetzen und Managementsystemen entsprechen. Die Prinzipien gelten auch für das Management von Schutzgebieten aller IUCN-Schutzgebietskategorien, selbst wenn das Geo-Naturerbe nicht der Hauptgrund für die Ausweisung ist. Der Schutz des Geo-Naturerbes sollte ein integraler Bestandteil des Managementplans sein (Abschnitte 5.1, 5.2 und 5.3).

Prinzip 1. Die vielfältigen Werte von Geodiversität und des Geo-Naturerbes sollten anerkannt werden

Die Erhaltung aller in Abschnitt 2.3 genannten Werte der Geodiversität und des Geo-Naturerbes sollte ein integraler Bestandteil des Schutzgebietsmanagements sein.

Prinzip 2. Ein wirksamer Schutz des Geo-Naturerbes erfordert einen strengen und systematischen Ansatz für alle Aspekte der Standortidentifizierung, -bewertung, -verwaltung und -überwachung.

Eine Bestandsaufnahme der Interessen des Geo-Naturerbes und eine Bewertung ihrer Werte sind erforderlich, gefolgt von einem effektiven Erhaltungsmanagement, Monitoring und

ggf. dem Einsatz von Interpretationen und der Einbeziehung von Interessengruppen, um das Bewusstsein und die Bildung zu verbessern. Klare Managementziele sollten für die verschiedenen Kategorien von Schutzgebieten des Geo-Naturerbes angemessen zugeschnitten werden, wobei die unterschiedlichen Anforderungen von "Aufschluss", "Integrität" und "Endlichkeit" berücksichtigt werden sollten (Abschnitt 5.2). Der Schutz des Geo-Naturerbes wird normalerweise das primäre Ziel sein, aber ergänzende Ziele wie Geotourismus und Erhaltung der biologischen Vielfalt können einbezogen werden, wenn sie nicht im Widerspruch dazu stehen. Eine regelmäßige Überwachung des Zustands der Schutzgebiete des Geo-Naturerbes ist unerlässlich, um den Zustand und die Beschaffenheit der interessierenden Merkmale festzustellen, ob und wie sich diese verändern und ob die Erhaltungsziele erreicht werden (Abschnitt 5.5).

Prinzip 3. Das Management natürlicher Systeme sollte "mit der Natur arbeiten", so dass die natürlichen Prozesse in ihrer gesamten Variabilitätsbreite ablaufen können

Der Wert naturbasierter Lösungen und die Förderung der Rolle gesunder Ökosysteme bei der Bewältigung bestehender und aufkommender globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Katastrophenvorsorge, Nahrungs- und Wassersicherheit sowie Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen durch die IUCN und andere Organisationen rücken zunehmend in den Fokus (Cohen-Shacham et al., 2016; Griscom et al., 2017; IUCN, 2020). Natürliche Systeme und Prozesse (z. B. Abflussregime in Fließgewässern) sollten so weit wie möglich ihre natürlichen Veränderungsraten und -ausmaße sowie ihre Fähigkeit, sich

Tabelle 3.1. Wichtige Leitprinzipien zum Schutz des Geo-Naturerbes im Schutzgebietsmanagement.

1.	Die vielfältigen Werte von Geodiversität und geologischem Erbe sollten anerkannt werden.
2.	Ein wirksamer Schutz des Geo-Naturerbes erfordert einen strengen und systematischen Ansatz für alle Aspekte der Standortidentifizierung, -bewertung, -verwaltung und -überwachung.
3.	Das Management natürlicher Systeme sollte "mit der Natur arbeiten", so dass die natürlichen Prozesse in ihrer gesamten Variabilitätsbreite ablaufen können.
4.	Natürliche Systeme und Prozesse sollten auf einem fundierten Verständnis beruhen und in einer räumlich integrierten Weise verwaltet werden.
5.	Strategien zum Schutz des Geo-Naturerbes sollten eine Vulnerabilität und Risikobewertung beinhalten.
6.	Die Unvermeidbarkeit des natürlichen Wandels sollte anerkannt werden.
7.	Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sollten bewertet werden und es sollte auf sie reagiert werden, soweit dies möglich ist.
8.	Natürliche Systeme sollten innerhalb der Grenzen ihrer Fähigkeit, Veränderungen zu absorbieren, verwaltet werden.
9.	Die Wechselwirkung und Interdependenz von Geodiversität, Biodiversität und kulturellem Erbe sollte anerkannt werden.

Source: adapted from Crofts and Gordon (2014, 2015).



Foto 3.1. Der Shilin-Steinwald in der Provinz Yunnan ist Teil des Weltkulturerbes Südchinesischer Karst und gehört zum UNESCO Global Geopark. Der bemerkenswerte Zinnenkarst und die damit verbundenen Landformen haben wichtige ästhetische und kulturelle Werte, die in Poesie, Malerei, Folklore und lokalen Bräuchen gefeiert werden, und stellen eine bedeutende Bereicherung für den Geotourismus dar.
© John Gordon



Foto 3.2. Kap Mondego, Portugal, ist ein für Bildung und Geotourismus geschätztes Geotop innerhalb eines Naturdenkmals. © José Brilha



Foto 3.3. Die Entfernung von Mangroven für den Anbau macht die Küstengebiete anfälliger für Erosion, wie in diesem Gebiet nördlich von Guayaquil, Ecuador. © Roger Crofts



Foto 3.4. Mangroven-Restaurierung auf der Insel Cat Ba vor der Küste Vietnams mit dem Ziel, die natürliche Vegetation wiederherzustellen, die wiederum die Lebensräume und das Land vor Erosion durch das Meer schützt. © Nigel Dudley



Foto 3.5. Der Sand- und Kiesabbau aus einem geschützten eiszeitlichen Esker in Schottland hat die Integrität der Landform dauerhaft zerstört. © P & A Macdonald/SNH

über den größten Teil oder die gesamte Bandbreite ihrer Variabilität ununterbrochen weiterzuentwickeln, beibehalten können. Wenn Eingriffe unumgänglich sind, sind Lösungen, die im Einklang mit den natürlichen Prozessen arbeiten, ökologisch nachhaltiger und effektiver als der Versuch, technische Lösungen durchzusetzen, die versuchen, natürliche Prozesse zu kontrollieren oder aufzuhalten. Der Bau fester Strukturen entlang der Küste, um den Sedimentverlust einzudämmen, könnte zum Beispiel dazu führen, dass angrenzende Strände, Dünen und Salzwiesen und die damit verbundenen Lebensräume verhungern. Stattdessen werden alternative Ansätze empfohlen, darunter Strandaufschüttung, kontrollierte Neuausrichtung oder der Einsatz von "grüner Infrastruktur", um natürliche Formen des Schutzes, wie Sanddünen, Salzwiesen oder Mangroven, zu verbessern (Temmerman et al., 2013; Pontee et al., 2016).

Prinzip 4. Natürliche Systeme und Prozesse sollten auf einem fundierten Verständnis beruhen und in einer räumlich integrierten Weise verwaltet werden

Das Erhaltungsmanagement aktiver Systeme sollte auf einem fundierten Verständnis der zugrunde liegenden abiotischen Prozesse beruhen. Dazu gehört z. B. das Verständnis der Dynamik des küstennahen Sedimentkreislaufs (Erosion und Ablagerung, einschließlich Quellen, Transportwegen und Senken) innerhalb einzelner Küsteneinheiten (Küstenzellen) bei der Erstellung von Küstenmanagementplänen; die Integration von Fluss-, Boden- und Hangprozessen in Managementpläne für Flusseinzugsgebiets sowie die Überwachung aktiver Prozesse.

Das Management eines Teils eines natürlichen Systems in Isolation von anderen Elementen des Systems sollte vermieden werden. Beispielsweise sollte das Management entlang einer Küste, in einem Berggebiet oder einem

Flusseinzugsgebiet die Auswirkungen der Konnektivität und die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Teilen des Systems auf der Landschaftsebene anerkennen (z. B. die Abhängigkeit von Stränden und Sandbänken von der Sedimentzufuhr aus Flüssen, entlang der Küste oder aus Offshore-Quellen, oder die Folgen für flussabwärts gelegene Lebensräume, die sich aus Veränderungen des Sedimenttransfers zwischen Hanglagen und Flusskanälen flussaufwärts ergeben) (Bruneau et al., 2011). Ganz allgemein sollte ein räumlich zusammenhängendes Management die Muster der Geodiversität und die Verbindungen mit der Biodiversität und den Ökosystemleistungen als Teil des landschaftsbezogenen Naturschutzes erkennen (Anderson et al., 2014; Theobald et al., 2015; Zarnetske et al., 2019; Hilty et al., 2020).

Prinzip 5. Strategien zum Schutz des Geo-Naturerbes sollten eine Vulnerabilitäts- und Risikobewertung beinhalten.

Das Management zum Schutz des Geo-Naturerbes sollte eine Risikobewertung beinhalten, die eine Bewertung der Anfälligkeit und Widerstandsfähigkeit des Standorts gegenüber einer Reihe menschlicher Belastungen und natürlicher Veränderungen sowie geologischer Risiken für den Menschen, wie z. B. vulkanische Aktivitäten, einschließt. Die Eigenschaften des Geo-Naturerbes variieren in ihrem Grad der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Arten menschlicher Aktivitäten und natürlicher Veränderungen (Abschnitt 6.1). Einige können relativ robust sein (d. h. dem Grad, in dem sie Störungen widerstehen können) und erfordern daher relativ wenig Managementeingriffe. Andere hingegen sind sehr empfindlich (d. h. anfällig für Schäden oder Beeinträchtigungen durch menschliche Aktivitäten, von denen sie sich, wenn überhaupt, nur über einen sehr



Foto 3.6. Morrich More im Dornoch Firth, Schottland, ist als Gebiet von besonderem wissenschaftlichen Interesse und als besonderes Schutzgebiet der Europäischen Union ausgewiesen. Eine große Vielfalt an Küstenlandformen hat sich in den letzten 7000 Jahren in einer hochdynamischen Umgebung entwickelt. Die Diversität an artenreichen Küstenhabitaten die entstanden sind umfassen bewachsene Sandebenen, Gezeitenzonen, Salzwiesen, Dünen, Brackwasserbecken und Heide. © P & A Macdonald/SNH

langen Zeitraum erholen können) (Abschnitte 5.2 und 6.1). Mit Ausnahme von z.B. aktiven Gletscher-, Fluss- und Vulkan systemen sind die Merkmale in den meisten Geotopen Relikte, so dass eine Beschädigung oder Zerstörung irreversibel ist.

Prinzip 6. Die Unvermeidbarkeit des natürlichen Wandels sollte anerkannt werden

Die Unvermeidbarkeit des natürlichen Wandels sollte anerkannt werden. Kein Element eines natürlichen Systems ist statisch und Veränderungen werden natürlich auftreten. Der übliche Ansatz, den aktuellen Zustand zu erhalten oder zu verbessern, um Merkmale zu bewahren, kann dort gültig sein, wo es unwahrscheinlich ist, dass diese durch die natürlichen Veränderungen wesentlich beeinträchtigt werden. Zum Beispiel bei ikonischen Bergen und widerstandsfähigen Gesteinsmerkmalen oder im Falle einiger kleiner, hochwertiger Standorte, an denen Schutzmaßnahmen effektiv umgesetzt werden können. In vielen Fällen jedoch, in denen natürliche Prozesse ein Schlüsselement für die Erhaltung oder den Schutz der interessanten Merkmale sind, kann die Arbeit mit den natürlichen Veränderungen, um den geomorphologischen Prozessen die Anpassung an die veränderten Bedingungen zu ermöglichen, die einzige effektive Strategie sein. Dies kann den Verlust einiger Merkmale, Änderungen ihrer Standorte (möglicherweise außerhalb der Grenzen des Schutzgebietes) oder ihre Neuausrichtung bedeuten. Wo Schutz als notwendig erachtet wird (z. B. zum Schutz wertvoller Infrastruktur), kann es eine Form von künstlichem Ansatz erfordern, der die Natur

so weit wie möglich nachahmt, anstatt zu versuchen, das Geo-Naturerbe wesentlich zu verändern oder zu zerstören.

Prinzip 7. Die Auswirkungen des globalen Klimawandels sollten bewertet werden und es sollte auf sie reagiert werden, soweit dies möglich ist.

Die Auswirkungen des Klimawandels werden unweigerlich die Managementziele von Schutzgebieten in Frage stellen (Groves et al., 2012; Gross et al., 2016). Eine sorgfältige Abwägung wird dort erforderlich sein, wo z. B. Merkmale verloren gehen und/oder Prozesse eingeschränkt oder intensiviert werden und sich dadurch die Grundlage für den Schutz ändert. Dies kann bedeuten, dass der Schutzstatus des Gebiets überhaupt nicht mehr gerechtfertigt werden kann oder dass Merkmale an anderer Stelle nun schützenswert sind. Möglicherweise müssen auch die Gebietsgrenzen geändert werden, um der Küstenerosion oder der Verschiebung der Lage dynamischer Merkmale von Interesse Rechnung zu tragen. Ein risikobasierter Ansatz sollte bei der Priorisierung von Standorten und Merkmalen für die Überwachung helfen (Wignall et al. 2018).

Prinzip 8. Natürliche Systeme sollten innerhalb der Grenzen ihrer Fähigkeit, Veränderungen zu absorbieren, verwaltet werden.

Die Empfindlichkeit natürlicher Systeme sollte anerkannt werden, und sie sollten innerhalb der Grenzen ihrer Fähigkeit, Veränderungen zu absorbieren, verwaltet werden (siehe Abschnitt 6.1 für weitere Details zur Empfindlichkeit). Es



Foto 3.7. Klimawandel und Meeresspiegelanstieg werden wahrscheinlich zu Veränderungen bei geomorphologischen Prozessen und der Verteilung von Landformen, Lebensräumen und Arten führen, wenn sich der Küstenrand landwärts bewegt, selbst wenn "harte" technische Lösungen eingesetzt werden, wie hier im St. Kilda National Nature Reserve und Weltnaturerbe, Schottland. © Roger Crofts



Foto 3.8. Ein stark bewirtschaftetes Flusssystem: Der Jangtse oberhalb des Drei-Schluchten-Staudamms, China, zeigt die Auswirkungen der schwankenden Uferlinie auf die Abtragung von Boden und Vegetation sowie die Freilegung der Felsstrukturen. © Roger Crofts



Foto 3.9. Das Verständnis der Wechselwirkung zwischen Vegetationswachstum und Sichtbarkeit geologischer Merkmale ist wichtig, wie hier im Jade-Drachen-Nationalpark, Provinz Yunnan, China. © Roger Crofts

ist selten der Fall, dass natürliche Systeme so robust sind, dass sie jede ihnen auferlegte Veränderung ohne Schaden absorbieren können. Einige sind widerstandsfähiger gegen Veränderungen (z. B. ein Felsvorsprung an einem Berghang), während andere sehr anfällig sind und eine niedrige Schwelle für Veränderungen haben (z. B. die Vegetation auf einer Küstendüne, die durch Zertreten verloren gehen kann, was zur Erosion führt). Wenn die Schwellenwerte überschritten werden, werden die Schutzbemühungen zunehmend gemacht, da die ursprünglichen Merkmale und Prozesse irreversibel verändert wurden. So kann z. B. die Errichtung von "harten" Küstenschutzanlagen die Sedimentzufuhr zu Stränden, Sanddünen und Salzwiesen in der Tiefe unterbrechen, was zu einem Wechsel von Ablagerung zur Erosion und dem damit verbundenen Verlust von Landformen und Lebensräumen führt.

Prinzip 9. Die Wechselwirkung und Interdependenz von Geodiversität, Biodiversität und kulturellem Erbe sollte anerkannt werden.

Die Interaktion und Interdependenz von Geodiversität und Biodiversität sollte im Schutzmanagement anerkannt werden. Viele Gebiete, die wegen der biologischen Vielfalt geschützt werden, sind in hohem Maße von der Geodiversität abhängig, und in anderen Gebieten gibt es eine bedeutende Wechselbeziehung zwischen den biotischen und abiotischen Elementen (z. B. Sanddünen) (Abschnitt 6.5). Manager sollten diese Wechselwirkungen bei der Bewirtschaftung der Gebiete berücksichtigen, ebenso wie Fragen des kulturellen Erbes.

Best Practice-Richtlinie Nr. 3: Verwenden Sie die neun Prinzipien für den Schutz des Geo-Naturerbes bei der Inventarisierung, Planung, Zielsetzung, dem Management und der Überwachung von geologischen Merkmalen und Prozessen.

Einrichtung von Maßnahmen zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten

4



Die Bedeutung moderner natürlicher Prozesse, zum Beispiel neue vulkanische Landformen, die aus der Aktivität an tektonischen Plattenrändern resultieren, wird am Beispiel von San Bartolome, Galápagos-Nationalpark und Weltnaturerbe, Ecuador, deutlich. © Roger Crofts

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Schritte und Protokolle zur Einrichtung von Schutz- und Erhaltungsgebieten des Geo-Naturerbes auf nationaler, regionaler oder lokaler Ebene dargelegt, in denen keine vorhanden sind oder die nicht systematisch eingerichtet wurden. Der Richtlinie kann auch von Managern einzelner Schutzgebiete verwendet werden, um die Interessen und Werte des Geo-Naturerbes in ihren Schutzgebieten zu ermitteln. Der Richtlinie behandelt:

- Festlegen des Zwecks und der Betriebsgröße (4.1)
- Eine Bestandsaufnahme machen (4.2)
- Festlegung von Kriterien für die Bewertung von Standorten (4.3)
- Beispiele für Inventarisierung und Bewertungen geologisch bedeutende Standorte (4.4)
- Einbindung des geologischen Erbes in nationale, regionale und lokale Aktionspläne (4.5)
- Schutzmechanismen (4.6)
- Arten der Verwaltung (4.7)
- Anforderungen an das Fachwissen (4.8)
- Internationale Ansätze (4.9)

Die wichtigsten Schritte bei der Entwicklung einer Strategie zum Schutz des Geo-Naturerbes in einem Schutzgebiet umfassen die Bestandsaufnahme des Gebiets, die Bewertung, das Management und den Schutz, die Überwachung sowie die Interpretation und Werbung. Die folgenden Richtlinien behandeln jeden dieser Schritte der Reihe nach. Der Ansatz folgt im Großen und Ganzen dem adaptiven Managementansatz, der in den Open Standards for the Practice of Conservation dargelegt ist und von vielen Naturschutzorganisationen weltweit für die Erhaltung der Biodiversität durch Schutzgebiete und andere Mittel verwendet wird (Conservation Measures Partnership, 2013). Dieser Abschnitt bietet eine Anleitung zur Bestandsaufnahme und Bewertung von Gebieten. Er befasst sich sowohl mit der Einrichtung eines Netzwerks von Geotopen als auch mit der Bewertung von geologischem Erbe innerhalb bestehender Schutzgebiete. Abschnitt 5 enthält Hinweise zur Erhaltung und zum Monitoring. Abschnitt 6 enthält spezifische Hinweise zu Bedrohungen des Schutzes des Geo-Naturerbes und zum Umgang mit diesen. Abschnitt 7 enthält Beispiele für den Schutz des Geo-Naturerbes in verschiedenen Situationen. Abschnitt 8 konzentriert sich auf die Interpretation und Förderung.

Unerlässlich ist zu Beginn die Schaffung eines systematischen Rahmens für die Identifizierung, Kategorisierung, Bewertung und Auswahl schützenswerter Geotope auf allen Ebenen, von der internationalen bis zur lokalen. Dies lässt sich am besten mit einem dreistufigen Ansatz bewerkstelligen: (1) Definition des Zwecks und des Handlungsrahmens; (2) Anwendung der am besten geeigneten Methode zur Bestandsaufnahme in einer rigorosen Art und Weise; und (3) Festlegung der Kriterien für die Standortbewertung.

4.1 Festlegung des Zwecks und der Betriebsgröße eines Geotops oder einem Geotopnetzwerk

Geotope werden in erster Linie auf der Grundlage ihres besonderen wissenschaftlichen Wertes identifiziert. Pädagogische, spirituelle, kulturelle, ästhetische und andere Werte, die nicht der wissenschaftlichen Geodiversität

zuzuordnen sind, wie z. B. ökologische Werte, können zusätzliche Argumente sein. Die folgenden Prinzipien gelten sowohl bei der Einrichtung eines Geo-Naturerbe-Standortsystems als auch bei der Bewertung von Geo-Naturerbe-Attributen oder Geotopen innerhalb bestehender Schutzgebiete.

Eine wichtige Entscheidung bei der Planung des Schutzes des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten ist zu Beginn die Festlegung des Umfangs der Maßnahme. Soll ein Schutzgebietssystem zum Schutz des Geo-Naturerbes in einem breiten Maßstab (z.B. für das ganze Land, eine Region oder ein kleineres, aber dennoch ausgedehntes Gebiet) eingerichtet werden, oder sollen die interessanten Attribute und Werte des Geo-Naturerbes innerhalb eines einzelnen Schutzgebietes festgelegt werden? Beides sind wesentliche Voraussetzungen für einen effektiven Schutz des Geo-Naturerbes. Die folgenden Hinweise gelten für beide Situationen.

Der Zweck eines Geotops oder Geotopnetzwerks wird die zu bewertenden Werte des Geo-Naturerbes bestimmen. Einige Geotope werden einen relativ engen Zweck haben - z. B. den Schutz ihrer Merkmale von besonderem wissenschaftlichem Interesse (Tabelle 4.1). Andere können einen breite Bandbreite an Zwecken haben, basierend auf dem wissenschaftlichen Wert, aber mit unterstützenden pädagogischen, ästhetischen, kulturellen, geotouristischen oder ökologischen Werten.

Im Großen und Ganzen lassen sich die geologischen Erben in Tabelle 4.1 in drei Hauptkategorien einteilen: Typikalitäten und wichtige Referenzstandorte, Standorte mit einzigartigen oder herausragenden Beispielen für bestimmte geologische Merkmale und Standorte, die für die Geologie oder Geomorphologie eines Gebiets, einer Region oder eines Landes repräsentativ sind.

Typikalitäten und Referenzstandorte

Die Stratigraphie ist ein grundlegender Bestandteil der Geowissenschaften. Sie beinhaltet die Unterteilung von Gesteinskörper, die Korrelation von kartierbaren Gesteinseinheiten und die Festlegung ihrer zeitlichen Beziehungen, um Abfolgen von Ereignissen durch die Zeit zu

Tabelle 4.1. Wissenschaftliche Bedeutung des Geo-Naturerbes, die für Schutzgebiete des Geo-Naturerbes zu berücksichtigen sind.

Wissenschaftliche Bedeutung des Geo-Naturerbes	Relevanz der Standorte und Merkmale	Beispiel Schutzgebiet zum Schutz des Geo-Naturerbes	Foto
Schlüsselphasen der Erdgeschichte	Dazu gehören wichtige Intervalle oder Grenzen in der Erdgeschichte, wie z. B. die international vereinbarten <i>Global Boundary Stratotype Section and Point</i> (GSSP)-Standorte, die die untere Grenze einer geologischen Stufe in der geologischen Zeitskala definieren. Einige dieser GSSPs sind mit einem "golden Spike" markiert.	Der GSSP-Standort für die Basis der präkambrischen Ediacara-Periode befindet sich am Enorama Creek, Flinders Ranges National Park, South Australia. Dies ist der einzige GSSP-"Golden Spike" auf der südlichen Hemisphäre.	 © ediacaran.org/flinders-ranges-southaustralia
Wichtige strukturelle und tektonische Merkmale	Dazu können Merkmale gehören, die mit tektonischen Plattenkollisionen verbunden sind, wie z. B. Gebirgsketten, die von Überschiebung, Faltung und Kompression von Schichten begleitet werden. Sie können auch die Bildung von Inselbögen, zentralen vulkanischen Komplexen und Lavaströmen umfassen.	Die Nationalparks Banff, Jasper, Kootenay und Yoho in den kanadischen Bundesstaaten Alberta und British Columbia schützen den stark gefalteten südlichen Abschnitt der kanadischen Rocky Mountains, ein Gebirgsgebiet, das durch die Kollision tektonischer Platten entstanden ist.	 © Roger Crofts
Arten, Vorkommen und Bildung von Mineralien	Einige Standorte umfassen seltene Mineralien-vorkommen und bedeutende Kristalle, die möglicherweise als Typlokalität für diese Mineralien erkannt wurden.	Uran-Mineralien, die in sekundären und angereicherten Grundwasserspiegel-Lagerstätten am Mount Painter im Arkaroola-Schutzgebiet, Südaustralien, gefunden wurden, haben hervorragende Proben für die Forschung und für Museumsausstellungen geliefert.	 © Mindat.org
Seltene Gesteinsarten und Gesteinsstrukturen	Unabhängig von ihrem Entstehungsprozess können seltene Gesteinsarten und Gesteinsstrukturen aufgrund ihrer besonderen Werte als Geo-Naturerbe anerkannt werden. Die Bestimmung der Seltenheit hängt vom räumlichen Maßstab der Bestandsaufnahme ab (z. B. ist "selten" lokal nicht unbedingt "selten" international).	Mount Gee, der "Kristallberg", der im Arkaroola-Schutzgebiet in Südaustralien liegt, ist ein Ergebnis vulkanischer Aktivität. Die kieselsäuerlichen Gesteinsstrukturen sind dort entstanden, wo Magma innerhalb des Systems geflossen ist, und umfassen Kavernen und Hohlräume, die internationale seltene Kristalle enthalten.	 © Mindat.org
Evolution des Lebens	Einige Fundorte enthalten Fossilien und Fossilienanreicherungen, die Stadien in der Entwicklung des Lebens auf der Erde darstellen. Sie können Abstufungen und Unterbrechungen in Lebenssequenzen im Fossilbericht enthalten, die evolutionäre Trends und katastrophale Ereignisse, wie Meteoriteinschläge und Ausbrüche von Supervulkanen, widerspiegeln.	In der unter Naturschutz stehenden Bletterbachschlucht in Norditalien befindet sich eine Gesteinsabfolge, die das permische Aussterbeereignis markiert, das größte Massenaussterben von Leben in der Erdgeschichte.	 © Geopark Bletterbach
Aktuelle geologische Prozesse	Dazu gehören aktuelle geologische Prozesse wie Vulkanismus, Prozesse in ariden Gebieten, Küstenprozesse, fluviatile Prozesse sowie glaziale und periglaziale Aktivitäten.	Der Hawai'i Volcanoes National Park, USA, beherbergt einen kontinuierlich aktiven Vulkan mit seinen basaltischen Pahoehoe- und aa-Laven.	 © José Brilha
Repräsentative Merkmale der Oberfläche und des Untergrunds	Diese Stätten sind repräsentativ für bestimmte Perioden der Erdgeschichte oder für bestimmte Gesteinsformationen oder Erdprozesse oder enthalten charakteristische oder ungewöhnliche Merkmale, wie z. B. Höhlen.	Die Deer Cave im Gunung Mulu National Park in Malaysia ist eine Welterbestätte, die herausragende Karstressourcen schützt und Besuchern Zugang zu einer Reihe von Höhlen bietet.	 © John Gunn
Dokumentation der vergangenen Umweltbedingungen	Diese Stätten dokumentieren vergangene Umweltbedingungen, wie z. B. Eiszeiten des Quartärs, und umfassen Landformen, Sedimente und Gesteinsabfolgen aus allen Perioden der Erdgeschichte.	Der Kosciuszko National Park in Australien beherbergt den höchsten Berg des australischen Festlandes und seltene Beweise der pleistozänen Vergletscherung auf der südlichen Hemisphäre, mit fünf Gletscherseen, einem Gletscherkar und Gletschermoränen.	 © Roger Crofts

Quelle: angepasst von Crofts und Gordon, 2015 Tabelle 18.2.



Foto 4.1. Der Global Stratotype Section and Point in Luoyixi Town, Guzhang County, Hunan Province, China: eine geschützte internationale anerkannte Typlokalität und ein Referenzstandort, der Teil des Xiangxi UNESCO Global Geopark ist. © John Gunn

interpretieren. Sie erfordert die Identifizierung von Typabschnitten und Referenzpunkten, um die Grenzen der Stadien in der geologischen Zeitskala nach international vereinbarten Standards zu definieren. Die International Commission on Stratigraphy (ICS), eine Kommission der International Union of Geological Sciences (IUGS), arbeitet daran, eine internationale Einigung über die Definition von globalen Standardeinheiten zu erzielen. Eine Standardeinheit wird als Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) bezeichnet (Cohen et al., 2013; Smith et al., 2015; Finney & Hilario, 2018).

Der Schutz des Geo-Naturerbes ist grundlegend, um sicherzustellen, dass diese Stätten als Referenzstandorte für die Zukunft zugänglich bleiben. Trotz der Festlegung in den GSSP-Kriterien für die Erhaltung und den Schutz (Gradstein & Ogg, 2012) gibt es keine internationale Gesetzgebung oder Erhaltungsmaßnahmen, die den Schutz dieser Stätten sicherstellen. Es spricht daher viel dafür, dass die GSSPs als drittes international anerkanntes Netzwerk von Stätten zum Schutz des Geo-Naturerbes betrachtet werden sollten, das parallel zu den Welterbestätten und den Globalen Geoparks betrieben wird (Gray, 2011). Eine solche Anerkennung würde dazu beitragen, das Bewusstsein der nationalen Regierungen für die Notwendigkeit des Schutzes von GSSPs zu schärfen. Unabhängig von diesem langfristigen Ziel sollte der Schutz solcher Stätten eine hohe Priorität für Schutzgebietsmanager sein.

In den meisten Ländern sind auch nationale Systeme von Referenzstandorten für die Geowissenschaften etabliert worden. Diese Typlokalitäten für bestimmte Zeiträume oder Ereignisse der Erdgeschichte haben auch für den Schutz des Geo-Naturerbes hohe Priorität. Für weitere Informationen sollten sich Schutzgebietsverwalter mit den entsprechenden

Experten in ihrer nationalen geologischen Dienste, geologischen Gesellschaften oder Forschungsinstituten beraten.

Stätten mit einzigartigen oder herausragenden Beispielen für bestimmte geologische Merkmale

Bestimmte Standorte umfassen einzigartige, seltene oder herausragende Beispiele für bestimmte Gesteinsschichten, Ablagerungen, Landformen oder geomorphologische Prozesse. International bekannte Beispiele sind der Grand Canyon (Grand Canyon National Park, USA), der Uluru (Uluru-Kata Tjuta National Park, Australien) und Huttons Diskordanzabschnitt bei Siccar Point und die Gletscherseeufer von Glen Roy (beide in Schottland).

Standorte, die repräsentativ für die Geologie oder Geomorphologie eines Gebiets, einer Region oder eines Landes sind

Die meisten Stätten, die als Geo-Naturerbe gelten, sind repräsentativ für die geologische Geschichte einer Region oder eines Landes. Sie umfassen die Schlüsselstellen und besten Beispiele, die für das Verständnis der vergangenen und gegenwärtigen Prozesse und Ereignisse, die in der Gesteinsabfolge erhalten sind und die Landschaft geformt haben, grundlegend sind. Normalerweise sind solche Stätten Teil eines kohärenten Netzwerks verwandter Stätten, die gemeinsam einen bestimmten Zeitraum, ein Ereignis oder eine Reihe von geomorphologischen Prozessen und Landformen repräsentieren (z. B. Stätten, die die wichtigsten Facetten der geologischen Periode des Devon oder die Küstengeomorphologie einer Nation darstellen).

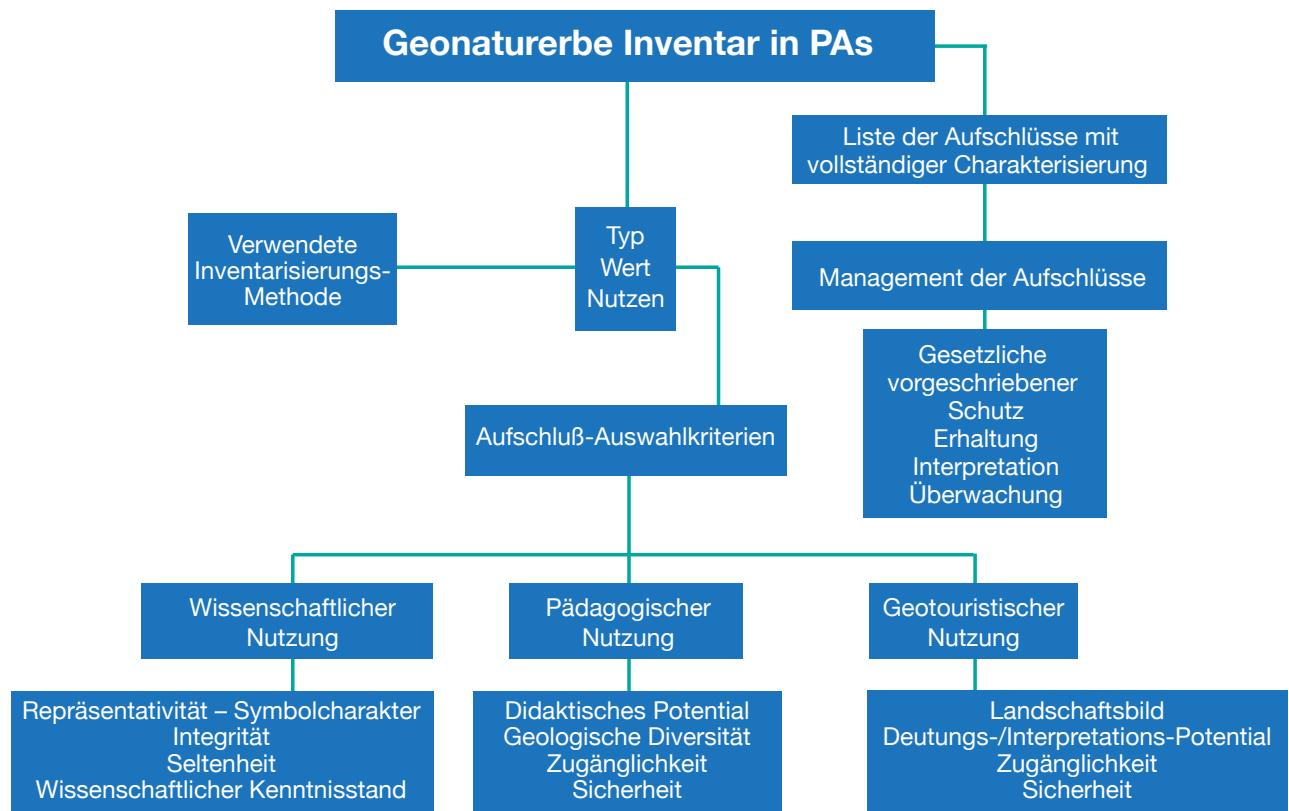
Best Practice-Richtlinie Nr. 4: Verwenden Sie die acht interessanten Attribute des Geo-Naturerbes (Tabelle 4.1), um die Zwecke eines geologischen Schutzgebietes oder eines Geotopnetzwerkes zu definieren.

4.2 Eine Bestandsaufnahme machen

Die überwiegende Mehrheit der Schutzgebiete auf der Welt wurde eingerichtet, um die biologische Vielfalt und/oder ikonische Landschaften und Meereslandschaften zu erhalten. Das Fehlen von Informationen über das Vorkommen von Geo-Naturerben innerhalb von Schutzgebieten bedeutet, dass wichtige natürliche Merkmale nicht immer in Managementstrategien einbezogen werden. Daher ist die Bestandsaufnahme von Elementen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten von größter Bedeutung. Sie sind von gleicher Bedeutung für den nächsten Schritt in der Entwicklung eines nationalen oder regionalen Systems von Schutzgebieten zum Schutz des Geo-Naturerbes.

Wenn möglich, sollte eine umfassende Inventarisierung aller Elemente des Geo-Naturerbes - Geologie, Geomorphologie und Böden - für das Schutzgebiet, die Region oder das Land vorgenommen werden, je nachdem, welcher Maßstab betrachtet wird. Praktische Aspekte, wie z. B. die Empfindlichkeit gegenüber Beschädigungen und die Verbindung zu wichtigen Lebensraumgebieten, sollten bewertet werden, sofern die Ressourcen dies erlauben. Eine Bestandsaufnahme der Standorte kann ihren potenziellen Wert

Abbildung 4.1 Geo-Naturerbe Inventur und Managementprozess in Schutzgebieten



Quelle: © José Brilha

für Wissenschaft, Bildung, Erholung und/oder Geotourismus sowie ihr Risiko der Degradierung bewerten (Brilha, 2016). Diese Informationen helfen bei der Festlegung von Managementprioritäten und -möglichkeiten.

Geo-Naturerbe-Inventare sollten Schutzgebietsverwaltern entscheidende Informationen und Daten liefern, die in Managementpläne aufgenommen werden und einfache Fragen beantworten, wie z. B.:

- Wie viele Geotope existieren im Schutzgebiet und wo befinden sie sich?
- Was ist ihr Hauptwert (wissenschaftlich, ästhetisch, kulturell, pädagogisch) und ihre Bedeutung (international, national, lokal)?
- Sind sie jetzt oder in Zukunft durch menschliche und/oder natürliche Faktoren von Beschädigung oder Verlust bedroht?

Es muss eine kritische Entscheidung getroffen werden, welche Standorte und Merkmale ausgewählt werden sollen und warum. Am besten verwenden Sie bewährte Methoden, wie sie in Tabelle 4.1 dargestellt sind. Dies erfordert die Hilfe von Experten. Die gebräuchlichste Lösung für Schutzgebietsmanager ist es, sich externe Unterstützung für die Erstellung eines geologischen Erbe-Inventars zu holen, das von geologischen Landesämtern, Universitäten, privaten Unternehmen oder einzelnen Experten durchgeführt werden kann.

Eine Geo-Naturerbe-Inventur besteht aus einer Reihe von Schritten (Abbildung 4.1; Kasten 4.1). Zunächst wird das

Ziel der Inventarisierung auf der Grundlage von Art, Wert und Nutzung des Geo-Naturerbes definiert. Manchmal können Teilinventare erstellt werden, wie z. B. die der Paläontologie (Fossilien), der Geomorphologie (Landformen und ihre Landschaften), der Mineralogie (Mineralien) oder der Petrologie (Gesteine). In der Regel wird jedoch eine vollständige Bestandsaufnahme erforderlich sein, um sicherzustellen, dass alle Schlüsselemente des Geo-Naturerbes identifiziert und geschützt werden. Die Werte eines Geotops bestimmen die Art der dort erlaubten Nutzung.

Jeder während der Bestandsaufnahme ausgewählte Standort sollte vollständig mit den folgenden Details charakterisiert werden (Brilha, 2016):

1. Name;
2. geografische Lage, einschließlich GPS-Koordinaten;
3. Eigentumsverhältnisse, einschließlich desjenigen von unterirdischen Materialien;
4. derzeitiger gesetzlicher Schutz;
5. Zugänglichkeit;
6. Fragilität und Vulnerabilität;
7. beobachteter Zustand der wichtigsten Geodiversitätsmerkmale und -prozesse;
8. geologische Beschreibung;
9. bemerkenswerteste Merkmale, die einen Geotop rechtfertigen;
10. Merkmale mit potenzieller pädagogischer und/oder geotouristischer Nutzung;
11. Verbindungen mit ökologischen und kulturellen Gütern;



Foto 4.2 Beispiel für Repräsentativität - gefaltete Sedimentgesteine, die Gebirgszüge bilden, wo tektonische Platten kollidiert sind, wie in den Anden, im Himalaya, in den Rocky Mountains und in den europäischen Alpen, letztere hier im Ecrins-Nationalpark, Frankreich, dargestellt. © Roger Crofts



Foto 4.3 Beispiel für Seltenheit: Spriggit, ein seltenes gelbes Mineral, benannt nach dem Geologen Reg Sprigg. Seine Typlokalität ist der Mount Painter in der Arkaroola Protection Area, Flinders Rangers, South Australia. © Joel Brugger



Foto 4.4 Beispiel für die Entwicklung wissenschaftlicher Erkenntnisse aus dem Studium von Gesteinsformationen und deren Entstehung: eine uralte Gletscherablagerung aus der globalen Vergletscherung vor etwa 700 Millionen Jahren, oft "Snowball Earth" genannt. Tilite-Schlucht, Arkaroola-Schutzgebiet, Südaustralien. © Graeme L. Worboys



Foto 4.5 Beispiel für das Pädagogische Potenzial: Old Faithful Geysir und geothermisches Gebiet, Yellowstone National Park und Weltkulturerbe. © Graeme L. Worboys.

12. Beschränkungen und Einschränkungen für den wissenschaftlichen Zugang und die Nutzung;
13. Beschränkungen der Besucherzahlen, falls vorhanden; und
14. Sicherheitsbedingungen für alle Arten von Nutzern.

Diese Informationen sind entscheidend für die Erstellung eines geeigneten Aktionsplans für das Geo-Naturerbe und die Einbindung der Ergebnisse der Bestandsaufnahme in Schutzgebietmanagementpläne. Die Inventarisierung kann Geotope von internationaler, nationaler, regionaler oder auch lokaler Bedeutung umfassen. Dies hat Auswirkungen auf die Festlegung der Prioritäten des Managementplans und sollte von dem für die Bestandsaufnahme zuständigen wissenschaftlichen Teams festgelegt werden.

Ein gutes Beispiel für das Engagement von Studenten und Fachleuten der Geowissenschaften in Schutzgebieten ist das Programm "Geoscientists in Parks" der Geological Society of America. Es bietet den Teilnehmern die einzigartige Möglichkeit, zum Erhalt der amerikanischen Nationalparks beizutragen und ermöglicht dem US National Park Service ein besseres Verständnis und Management seiner natürlichen Ressourcen (Geological Society of America, 2019).

Best Practice-Richtlinie Nr. 5: Führen Sie eine Geotopbestandsaufnahme anhand des Flussdiagramms in Abbildung 4.1 durch.

4.3 Festlegung von Kriterien für die Bewertung von Standorten

Es ist gängige Praxis, die Geotopbewertung nach den drei Hauptnutzungsarten - Wissenschaft, Bildung und Geotourismus/Freizeit - zu betrachten.



Foto 4.6 Beispiel für ein Geodiversitätsstandort: dargestellt durch Spannungsrisse am eurasischen/nordamerikanischen tektonischen Plattenrand, einen kleinen Grabenbruch und einen tiefen See mit vulkanischen Schloten im Seebett im Thingvellir-Nationalpark, Island. Das Gebiet ist als Standort des ersten isländischen Parlaments von großem kulturhistorischem Interesse und gehört zum Weltkulturerbe. © Roger Crofts

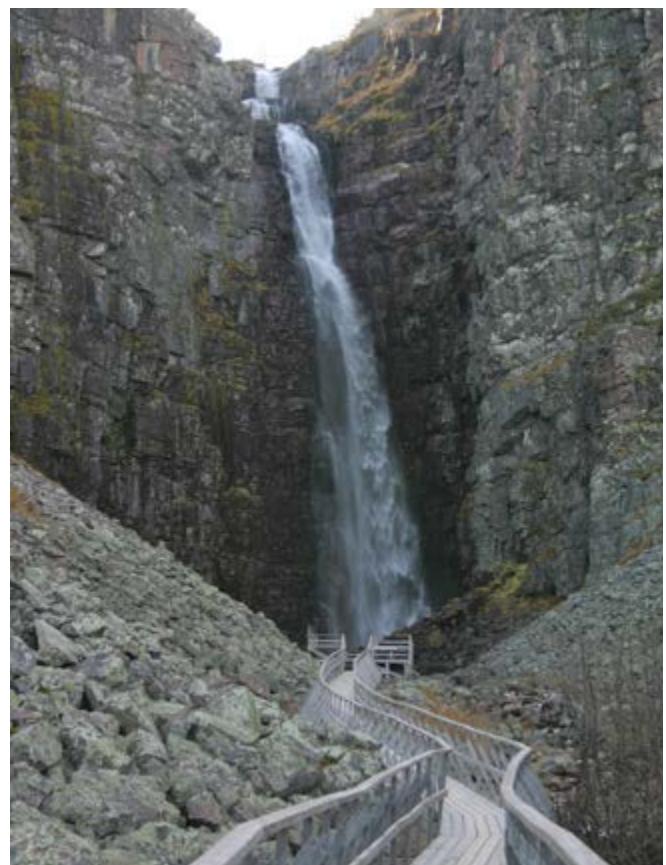


Foto 4.8 Beispiel für Sicherheit: Blick auf den Wasserfall vom Holzsteg und der Aussichtsplattform. Fulufjällets-Nationalpark, Schweden. © Roger Crofts



Foto 4.7 Beispiel für Barrierefreiheit: Straßenzugang zur Besichtigung der Felstürme im Meeresnationalpark Twelve Apostles, Victoria, Australien. © Roger Crofts



Foto 4.9 Beispiel für die Verbindung zwischen Geodiversität und landschaftlichem Wert: Das Nebeneinander von gefaltetem Sedimentgestein, Schnee und Eis und alpiner Flora liefert eine landschaftliche Rechtfertigung für den Schutz. Vanoise-Nationalpark, Frankreich. © Roger Crofts

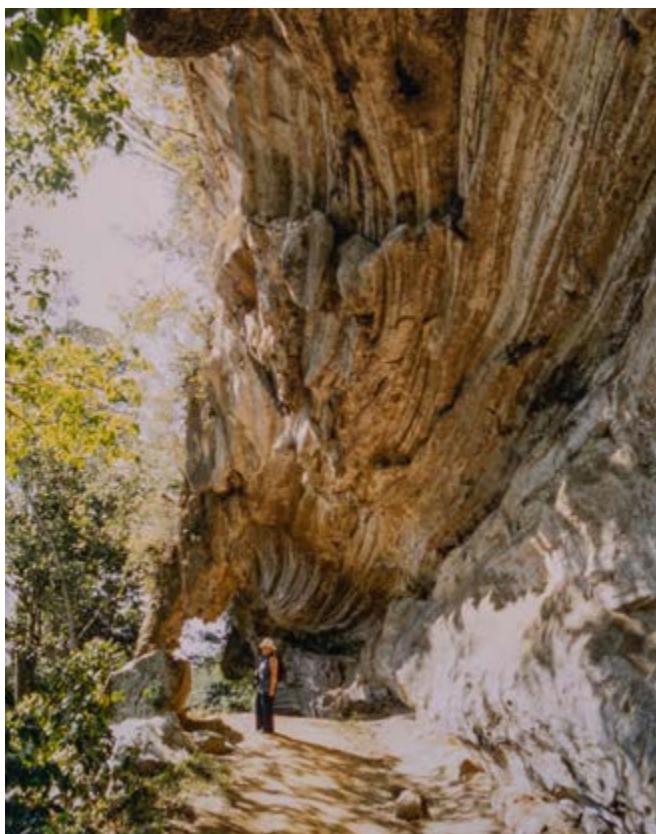


Photo 4.10. Example of interpretative potential: an unusual rock formation at the Elephant Rock, Topes de Collantes Nature Park, Cuba. © Roger Crofts

Für die Auswahl von Geotopen, die für eine **wissenschaftliche Untersuchung** wichtig sind, werden vier Kriterien empfohlen:

1. **Repräsentativität:** wie gut das Geotop einen geologischen Prozess oder ein Merkmal illustriert und einen sinnvollen Beitrag zum Verständnis des Themas, des Prozesses, des Merkmals oder der Rahmenbedingungen leistet (Foto 4.2);
2. **Integrität:** der gegenwärtige Erhaltungszustand des Geotops, unter Berücksichtigung sowohl natürlicher Prozesse als auch menschlicher Faktoren (Foto 4.6);
3. **Seltenheit:** die Anzahl der Geotope, die ähnliche geologische Merkmale repräsentieren (Foto 4.3); und
4. **Wissenschaftlicher Kenntnisstand:** der Umfang der bereits veröffentlichten wissenschaftlichen Informationen über das Geotop (Foto 4.4).

Für die Auswahl von Standorten für die pädagogische Nutzung werden fünf Kriterien empfohlen:

1. **Pädagogisches Potenzial:** die Fähigkeit eines Merkmals, von Schülern verschiedener Bildungsstufen (Grund- und weiterführende Schulen, Universitäten) leicht verstanden zu werden (Foto 4.5);
2. **Geodiversität:** die Anzahl der verschiedenen Arten von Geodiversitätsmerkmalen und -prozessen, die an dem Standort vorhanden sind (Foto 4.6);
3. **Zugänglichkeit:** die Bedingungen für den Zugang zur Stätte in Bezug auf Schwierigkeit und Sicherheit sowie die Zeit, die Schüler und Besucher zu Fuß verbringen müssten, um die Stätte kennen zu lernen (Foto 4.7);

4. **Sicherheit:** bezogen auf die Besuchsbedingungen, unter Berücksichtigung des minimalen Risikos für Schüler und Besucher (Foto 4.8); und
5. **Kulturelle und spirituelle Verbindung:** Verbindung zu den kulturellen und spirituellen Werten, die von den indigenen Gemeinschaften gehalten werden (siehe Fotos 5.12 bis 5.16).

Drei Kriterien werden für die Auswahl von Standorten für Geotourismus/Erholungsnutzung empfohlen:

1. **Landschaftsbild:** die visuelle Schönheit der Landschaft oder des Merkmals (Foto 4.9);
2. **Interpretationspotenzial:** das Potenzial des Merkmals, von Nicht-Experten leicht verstanden zu werden (Foto 4.10); und
3. **Zugänglichkeit:** die Bedingungen für den Zugang zur Stätte in Bezug auf Schwierigkeit und Sicherheit sowie die Zeit, die die Allgemeinheit benötigen würde, um die Stätte zu begehen (Foto 4.7).

Sobald diese Kriterien festgelegt sind, kann die geografische Bedeutungsebene bestimmt werden (Brocx & Semeniuk, 2007; Crofts & Gordon, 2015). Brocx & Semeniuk (2007, 2015) stellen eine global vergleichende Methode zur Verfügung, die es ermöglicht, Regionen, Gebiete, Geotope oder Merkmale von Bedeutung für das Geo-Naturerbe auf allen Skalen systematisch zu identifizieren und zu kategorisieren, sie einer konzeptionellen Kategorie des Geo-Naturerbes und einer Referenzskala zuzuordnen und ihren Bedeutungsgrad zu bewerten (Abbildung 4.2).

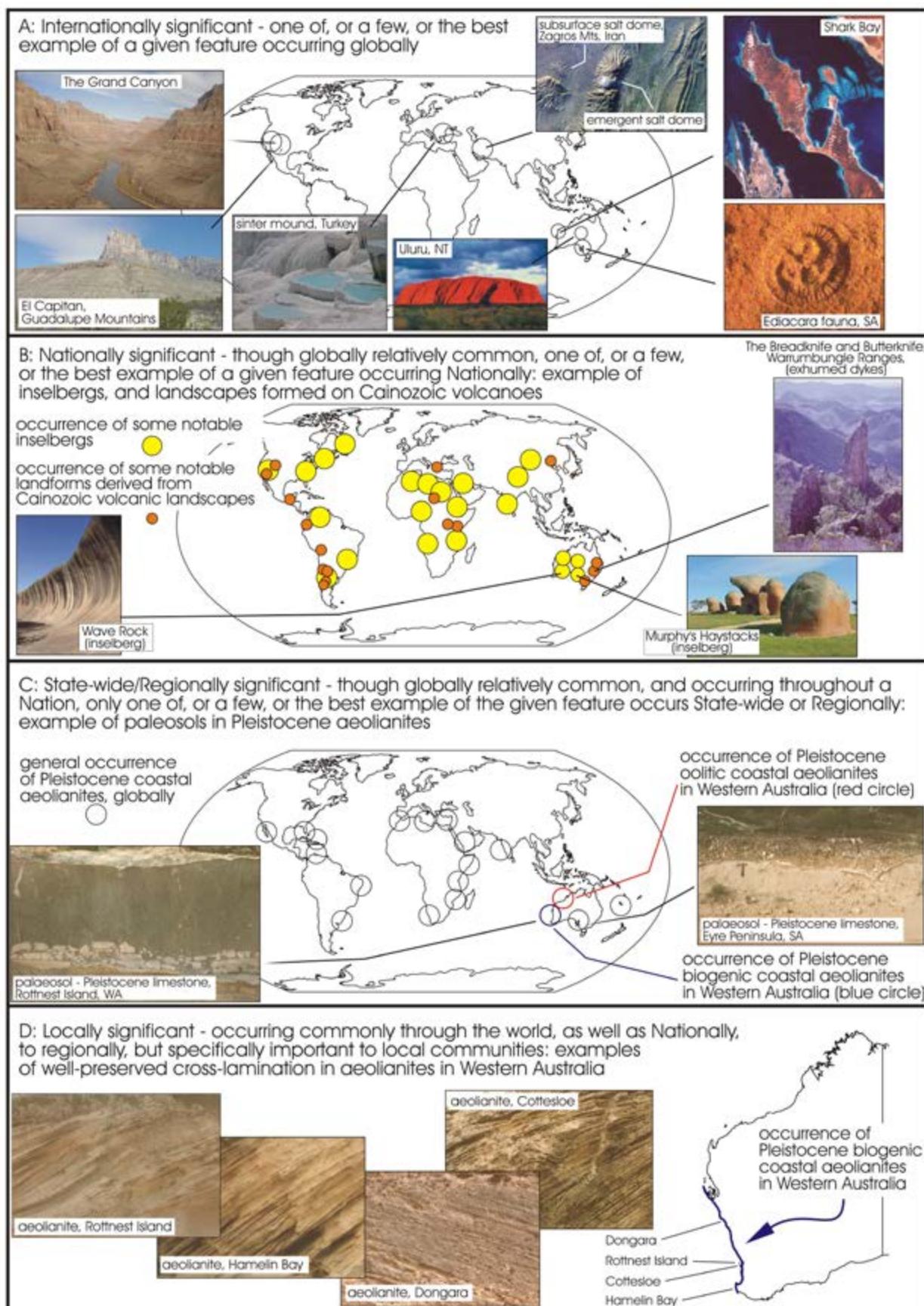
Die Schutzgebietsverwalter sollten die Ergebnisse der Standortbewertung nutzen, um das Erhaltungsmanagement für bestimmte Geotope und ihre potenziellen Nutzungen zu informieren. So werden z. B. international wichtige Gebiete wahrscheinlich ein höheres Maß an Management und Schutz erfordern als andere.

4.4 Beispiele für Inventarisierung und Bewertungen geologisch bedeutende Standorte

Zur Unterstützung von Schutzgebietsmanagern gibt es in der veröffentlichten Literatur zahlreiche Beispiele für Geo-Naturerbe-Inventuren und Standortbewertungen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene sowie für einzelne Schutzgebiete. Auf nationaler Ebene gibt es Beispiele aus den USA (Santucci & Koch, 2003), Spanien (Carcavilla Urqui et al., 2007), Portugal (Pereira et al., 2009) und Großbritannien (Ellis, 2008 und 2011). Beispiele für bestimmte Schutzgebiete sind der Nationalpark Cilento Vallo di Diano, Italien (Santangelo et al., 2005), der Naturpark Montesinho, Portugal (Pereira et al., 2007), der Regionalpark Picos de Europa, Spanien (Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez, 2012), der Nationalpark Pyrénées, Frankreich (Feuillet & Sourp, 2011) und der Naturpark Lena Pillars, Russland (Gogin & Vdovets, 2014). Mehrere Beispiele sind in den Kästen 4.1, 4.2 und 4.3 skizziert. Solche Inventare helfen auch, Schlüsselstellen für den Schutz des Geo-Naturerbes innerhalb von Meeresschutzgebieten zu identifizieren (z. B. Gordon et al., 2016).

Abbildung 4.2. Darstellung der für Geo-Naturerbe geltenden Bedeutungsebenen von Merkmalen

A: International; B: National; C: Landesweit bis regional; und D: Lokal. Dieser Ansatz kann für die Entwicklung neuer Schutzgebiete und die Ergänzung bestehender Schutzgebiete um Geo-Naturerbe verwendet werden.

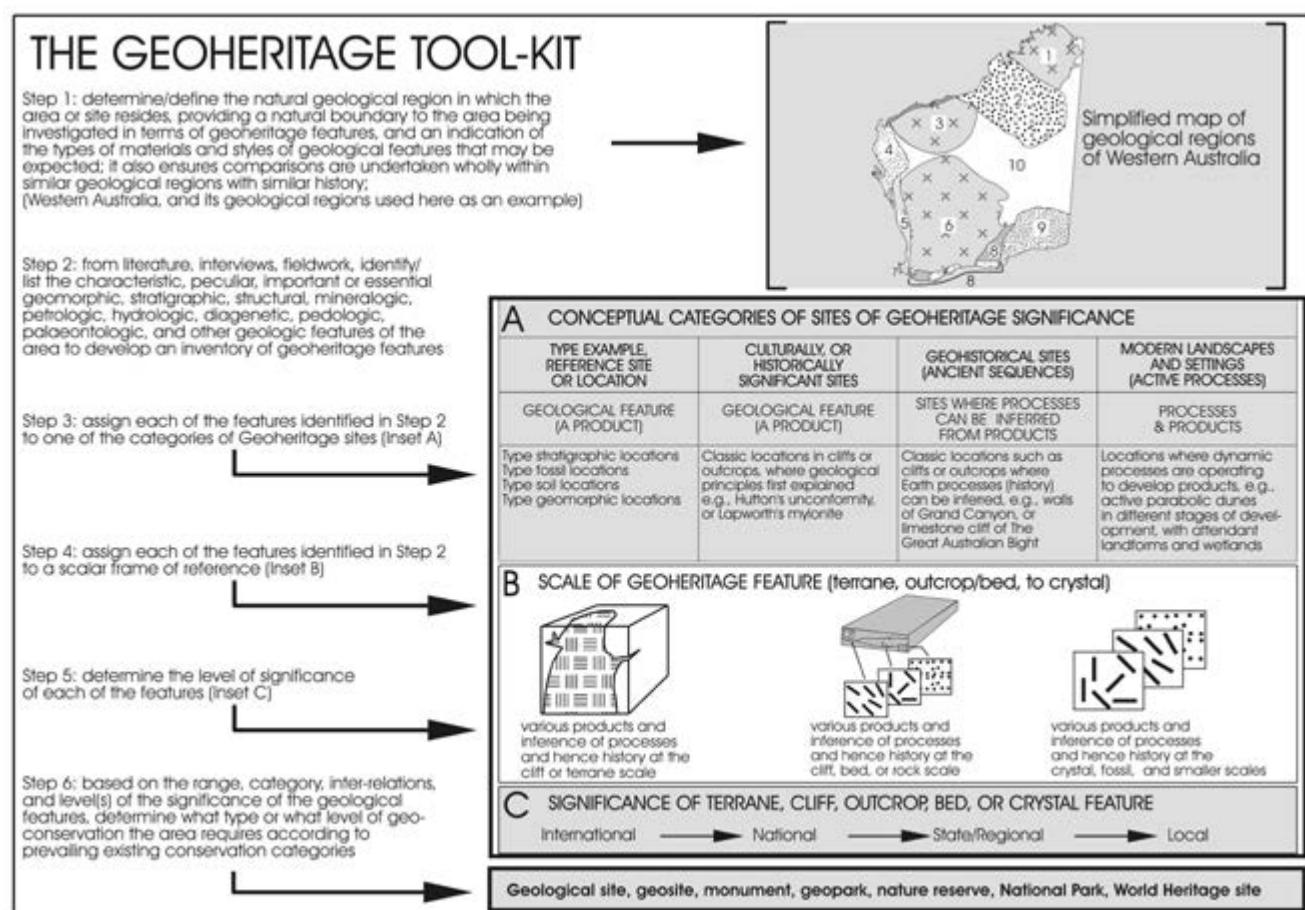


Quelle: Brocx & Semeniuk, 2007.

Kasten 4.1

Der Geo-Naturerbe Werkzeugkasten

Das folgende konzeptionelle Diagramm fasst die Schritte zusammen, die zur Identifizierung und Bewertung von Gebieten mit Bedeutung für das Management und/oder den Schutzstatus des Geo-Naturerbes verwendet werden. Die geologischen Erbe-Merkmale innerhalb des Gebietes werden nach Kategorie (A), Umfang und Skala (B) und Bedeutungsgrad (C) bewertet. Dieser Ansatz kann für die Entwicklung neuer Schutzgebiete und die Ergänzung bestehender Schutzgebiete um Geo-Naturerbe verwendet werden. Das in Westaustralien entwickelte Geological Tool-kit (Kasten 4.1) wurde dort (Brocx & Semeniuk, 2011; Brocx et al., 2019) und in Marokko (Errami et al., 2015) bereits erfolgreich angewendet.



Schritte zur Anwendung des Werkzeugkastens Geo-Naturerbe zur Identifizierung und Bewertung von Standorten mit geologischer Bedeutung aus Brocx & Semeniuk (2011).

Mitwirkende: M. Brocx.

Best Practice-Richtlinie Nr. 6: Stellen Sie sicher, dass klare Bewertungskriterien für Geotope verwendet werden, die wissenschaftliche Studien, pädagogische Nutzung, Geotourismus und Freizeitnutzung umfassen.

4.5 Einbindung des geologische Erbes in nationale, regionale und lokale Aktionspläne

Der Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten wird erheblich verbessert, wenn Pläne auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene den Schutz des Geo-Naturerbes einbeziehen (siehe Crofts, 2018). So kann beispielsweise ein nationaler Rahmen- oder Aktionsplan dazu beitragen, einen breit angelegten, strategischen Ansatz zum Schutz des Geo-Naturerbes zu liefern, der Ziele und Maßnahmen auf hoher Ebene festlegt (Gordon & Barron, 2011). Martín-Duque et al. (2012) zeigen, wie solche Inventare und Kartierungen des Geo-

Naturerbes die lokale Flächennutzungsplanung informieren können. Sie können genutzt werden, um Fortschritte zu messen und dokumentieren und um Partner zu gewinnen und deren Aktivitäten zu koordinieren. Weiterhin können sie dazu beitragen den Schutz des Geo-Naturerbes auf nationaler Ebene und in subnationalen Programme und Strategien zu fördern. Ein Beispiel für ein nationales Rahmenwerk ist der britische Geodiversitäts-Aktionsplan; subnationale Beispiele sind die Geodiversitätsstrategie des Baskenlandes und die Andalusien-Strategie für Geodiversität Management. Das CBD-Briefing Note on National Biodiversity Strategy and Action Plans kann eine hilfreiche Vorlage sein.

Ein Aktionsplan zur Geodiversität basiert auf einer Bestandsaufnahme, um die Managementanforderungen für verschiedene Elemente zu bestimmen. Der Aktionsplan definiert klare langfristige Ziele und Vorgaben, legt messbare kurzfristige

Ziele und Maßnahmen zum Erhalt und zur Verbesserung der Geodiversität und des Geo-Naturerbes eines bestimmten Gebietes fest und benennt personelle und finanzielle Ressourcen, die zur Erreichung dieser Ziele notwendig sind. Solche Pläne können auch die Integration von Geodiversität und geologischem Erbe in das Erhaltungsmanagement verschiedener Kategorien von Schutzgebieten unterstützen.

In Italien entwickelt das multidisziplinäre Programm PROGEO-Piemonte (PROactive management of the GEOlogical heritage in the Piemonte) Aktionspläne für den Schutz des Geo-Naturerbes in der Region Piemonte, um die Bedürfnisse der lokalen Gemeinden in Bezug auf Tourismus, nachhaltige Entwicklung, Bildung und Bewusstsein für Georisiken zu erfüllen (Ferrero et al., 2012). Das Programm basiert auf einer systematischen Prüfung der Geotope und einer Bewertung ihres Geo-Naturerbes unter wissenschaftlichen, pädagogischen, kulturellen und ästhetischen Gesichtspunkten. Es beinhaltet die Beteiligung lokaler Partner und berücksichtigt nicht nur die geologischen Merkmale der Region, sondern auch ihre physischen, geografischen, politischen, wirtschaftlichen, historischen und kulturellen Komponenten. Andere Beispiele für regionale Geotop-Netzwerke sind die in Spanien (Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez, 2010), der Schweiz und Portugal.

In Großbritannien legen Lokale Geodiversitäts-Aktionspläne (LGAPs) einen Rahmen, leitende Prinzipien und Prioritäten fest, um die Erhaltung des Geo-Naturerbes und der Geotop-Netzwerke auf regionaler Ebene sicherzustellen (English Nature, 2004; Dunlop et al., 2018). LGAPs setzen klare Ziele und Vorgaben mit messbaren Zielen für den lokalen Schutz des Geo-Naturerbes. Typischerweise umfassen sie die folgenden Elemente:

- eine Bestandsaufnahme der Geodiversitätsressourcen innerhalb eines Gebiets;
- öffentliche Kommunikation und Aufklärung;
- die Förderung des Schutzes der Geodiversität durch Pläne und Leitlinien der lokalen Behörden;
- Management- und Erhaltungsziele für Geotope, natürliche Prozesse und landschaftliche Geodiversität; und
- klare Ziele für die Finanzierung des Aktionsplanungsprozesses, um die Dynamik auch in Zukunft aufrechtzuerhalten.

Nach ihrer Fertigstellung sollten die Geodiversitäts-Aktionspläne in die Managementpläne für Schutzgebiete auf der entsprechenden Ebene, d. h. national, regional oder für ein einzelnes Schutzgebiet, integriert werden. Diese Pläne sollten dann in das nationale System zur Entscheidungsfindung über Entwicklung und Landnutzung eingespeist werden. Dies kann entweder unabhängig oder durch Integration mit lokalen Biodiversitätsplänen geschehen. Dies ermöglicht es, dass Entwicklungsplan-Politiken und Planungsentscheidungen zur Entwicklungskontrolle auf aktuellen Informationen über die Geodiversität eines Gebietes beruhen. Audits und Aktionspläne sollten dazu beitragen, die Arbeit an der Entwicklungsplanung, der strategischen Umweltprüfung (SEA), der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), den lokalen Biodiversitätsplänen und touristischen Aktivitäten zu unterstützen. LGAPs können nicht nur wichtige

Beispiele des lokalen Geo-Naturerbes erhalten, sondern auch zur Qualität der lokalen Umwelt beitragen, Möglichkeiten zur informellen Erholung bieten und einen Beitrag zur öffentlichen Gesundheitsagenda leisten. Die Einbindung der Gemeinschaft in die Pflege und den Genuss lokaler Geotope wird auch dazu beitragen, ein Gefühl des Stolzes auf das lokale Geo-Naturerbe zu fördern und damit zu dessen Erhaltung beitragen.

Best Practice-Richtlinie Nr. 7: Fördern Sie die Entwicklung von Aktionsplänen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene, um sicherzustellen, dass der Schutz des Geo-Naturerbes in wichtigen Entscheidungsdokumenten berücksichtigt wird.

4.6 Schutzmechanismen: gesetzliche oder andere wirksame Mittel

Alle Schutzgebiete, einschließlich Geotope, sollten amtlich bekanntgegeben werden, durch eine internationale Konvention oder ein Abkommen anerkannt oder durch andere effektive Mittel verwaltet werden. In der Praxis können Schutzgebiete von Regierungen, privaten Organisationen, indigenen Völkern und lokalen Gemeinschaften oder Kombinationen davon (als "shared governance" bezeichnet) verwaltet werden. Es gibt aber auch andere "Erhaltungsgebiete", die keine Schutzgebiete sind, in denen die Erhaltung ein primäres Ziel ist, und die auf andere Weise verwaltet werden können, die aber dennoch zur langfristigen Erhaltung der Natur führen. Dazu gehören die "anderen effektiven gebietsbezogenen Erhaltungsmaßnahmen (OECMs)", die durch das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD-Entscheidung 14/8) definiert sind. Die IUCN WCPA hat Richtlinien zur Identifizierung und Meldung von anderen effektiven Erhaltungsmaßnahmen veröffentlicht. Diese Erhaltungsgebiete und OECMs können ebenfalls wirksam sein, um den Schutz des Geo-Naturerbes zu erreichen.

Best Practice-Richtlinie Nr. 8: Nutzen Sie die WCPA-Richtlinien für Schutzgebiete und andere wirksame gebietsbezogene Erhaltungsmaßnahmen, um den effektivsten Schutzmechanismus für das Geotop zu gewährleisten.

4.7 Arten der Verwaltung

Zwei Beispiele für verschiedene Verwaltungstypen in Bezug auf den Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten finden Sie in Kästen 4.2 und 4.3. Eine allgemeinere Anleitung zur Schutzgebietsverwaltung finden Sie in Borrini-Feyerabend et al., (2013).

4.8 Anforderungen an das Fachwissen

Die Erfordernisse des Schutzmanagements des Geo-Naturerbes sollten die Art und das Niveau des erforderlichen Fachwissens bestimmen, entweder im Schutzgebiet selbst oder in seiner Verwaltungsbehörde oder durch besondere Vereinbarungen mit fachkundigen externen Stellen wie Forschungsinstituten. Idealerweise ist es bei Schutzgebietsnetzwerken, die eine starke geowissenschaftliche Komponente aufweisen oder bei denen der Schutz des Geo-Naturerbes ein Hauptziel ist, vorzuziehen, eine Reihe von relevanten Experten innerhalb der Verwaltungsbehörde für die Schutzgebiete zu beschäftigen. Da dies im Rahmen von verfügbaren Ressourcen nicht immer

Kasten 4.2**Gemeindebasiertes Schutzmanagement des Geo-Naturerbes in Gunung Sewu UNESCO Globaler Geopark, Indonesien**

Der Gunung Sewu Geopark wurde im Oktober 2015 zum UNESCO Global Geopark ernannt. Der Geopark hat eine Fläche von 1802 km² und umfasst 33 Geotope innerhalb einer klassischen tropischen Karstlandschaft (Abbildung 4.5), von denen acht von lokalen Gemeinden initiiert wurden. Das Management des Geoparks unterliegt einer gemeinsamen Vereinbarung zwischen drei Provinzverwaltungen und wechselt zwischen ihnen. Das Management des größten Teils des Geotops liegt in den Händen der lokalen Gemeinden, initiiert und organisiert von der lokalen Bevölkerung unter dem Dach einer gemeindebasierten Tourismusmanagementgruppe.

Das gemeindebasierte Schutzmanagement des Geo-Naturerbes schützt das Geotop des Geoparks und generiert Einkommen für die lokale Bevölkerung und für die regionale Entwicklung durch Ökotourismus. Das vom Dorf Nglangeran durchgeführte Schutzmanagement des Geo-Naturerbes demonstriert beispielhaft verantwortungsvolle, integrative und nachhaltige touristische Ziele, Produkte und Verhaltensweisen. Nglangerans gemeindebasiertes Schutz des Geo-Naturerbes wurde durch nationale und regionale Auszeichnungen anerkannt.



Mitwirkende: Eko Haryono

Tabelle 4.2. Überlegungen zur Einweisung von Schutzgebietsmitarbeitern.

Geologische Kartierungen	Einweisung in die Geologie des Schutzgebietes und den Umfang und die Qualität der verfügbaren geologischen Kartierungen.
Spezielles Geo-Naturerbe	Identifizierung der Lage und Art des Geotops und der besonderen Managementmaßnahmen zum Schutz dieses Erbes. Schriftliches Forschungsmaterial über die Merkmale sollte zur Verfügung gestellt werden.
Besuchersicherheit	Einweisung in alle geologischen Gefahren oder Phänomene, die ein Sicherheitsproblem für die Besucher darstellen könnten. Es sollte eine Historie von Sicherheitsvorfällen im Schutzgebiet vorgelegt werden, einschließlich der Maßnahmen, die zur Verbesserung der Sicherheit ergriffen wurden.
Materialien	Beschreibung der geologischen Materialien, die zur Umsetzung der Maßnahmen verwendet werden (z. B. Straßenbaumaterial), ihrer Quelle und der Angemessenheit ihrer Verwendung.
Monitoring	Skizzieren der zu überwachenden geologischen Phänomene, der Grundlage für die Überwachung und der damit verbundenen Logistik. Die Kosten der Überwachung und die Verwendung der Informationen sollten dargelegt sein.
Geologische Ereignisplanung	Skizze aller Planungen, die für den Umgang mit möglichen geologischen Vorfällen vorhanden sind. Dies sollte den Status der Dokumente zur Reaktionsplanung, ihre Aktualität und ihre Überarbeitungszeitpläne beinhalten.

Kasten 4.3

Brymbo Fossil Forest Site of Special Scientific Interest, Wrexham, UK

Der Brymbo Fossil Forest ist eine wichtige paläobotanische Stätte in der Nähe von Wrexham im Nordosten von Wales, Vereinigtes Königreich. Das fossile Merkmal von Interesse wurde 2005 bei der Rekultivierung eines stillgelegten Stahlwerks entdeckt und umfasst eine 14 m dicke Kohleflöz Abfolge der Coal Measure Gruppe. Die reichhaltige Ansammlung pflanzlicher Fossilien, von denen sich viele in Lebensstellung befinden, verleiht der Fundstelle einen hohen wissenschaftlichen und erdgeschichtlichen Wert.

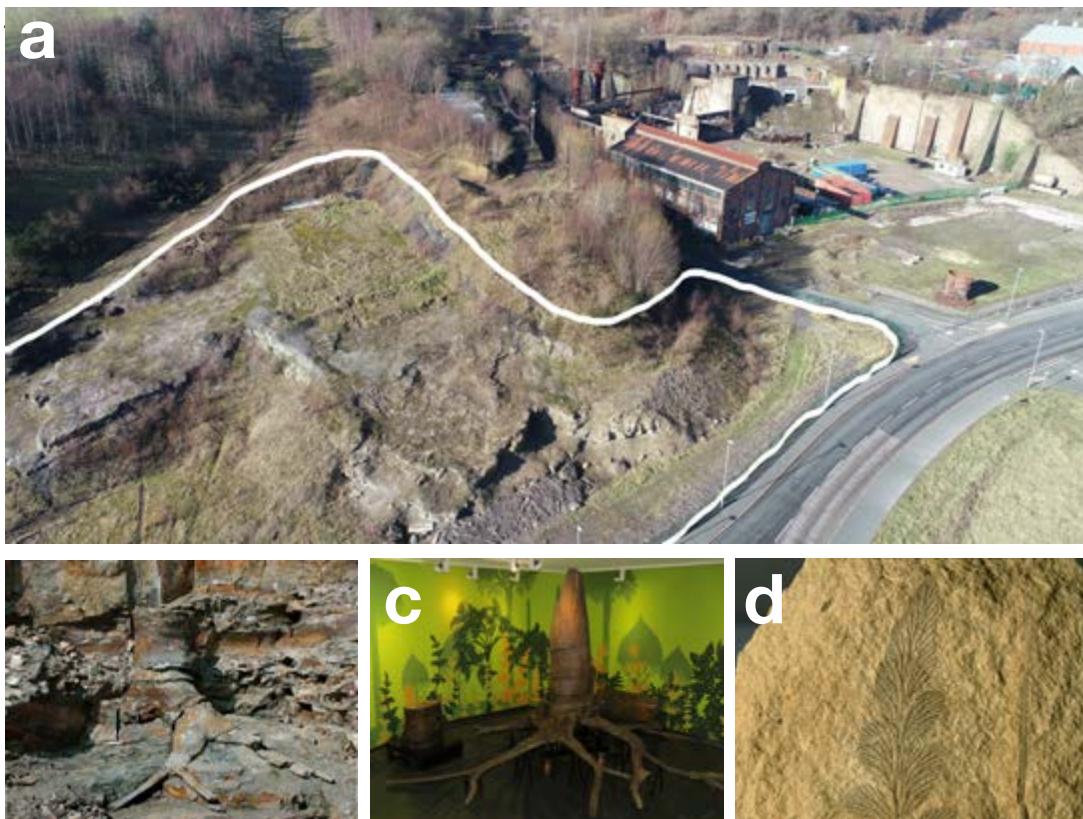
Das Gelände befindet sich derzeit im Besitz der Brymbo Development Ltd, die beabsichtigt, das Land an den Brymbo Heritage Trust zu übertragen. Der Trust und wichtige Partner haben sich auf die Ausarbeitung eines Masterplans konzentriert, um die Stätte zu einer Besucherattraktion von Weltrang zu entwickeln. Die gesicherten Mittel werden die Stabilisierungsarbeiten am industriellen Erbe und die Erhaltung des fossilen Waldes ermöglichen.

Herausforderungen für die Erhaltung

Obwohl die Ausweisung als Gebiet von besonderem wissenschaftlichem Interesse (Site of Special Scientific Interest, SSSI) rechtlichen Schutz bietet, bleiben die Erhaltung und das Management der empfindlichen Merkmale weiterhin eine Herausforderung. Ziel ist es, vor Ort Einrichtungen zu entwickeln, um viele der Fossilien in situ zu erhalten und zu präsentieren. Dazu soll ein Gebäude gebaut werden, das einen Teil des Fossilienwaldes abdeckt. Ein Vollzeit-Koordinator für Fossilien wird die Ausgrabungen leiten und hat Freiwillige geschult, um die vielen Exemplare zu bergen, präparieren und zu katalogisieren, die während der ersten Phase der Fossilienrettung gelagert wurden.

Der Brymbo Fossil Forest ist ein Beispiel für die partnerschaftliche Zusammenarbeit zum Schutz und zur Bewirtschaftung einer empfindlichen, endlichen geologischen Ressource und Förderung der Verbindungen zwischen dem geologischen Erbe und dem industriellen Erbe. Das Gebäude wird Einrichtungen für die wissenschaftliche Forschung enthalten, für die Öffentlichkeit zugänglich sein und das Herzstück einer größeren Besucherattraktion bilden, die sich mit dem industriellen Erbe der letzten Jahrhunderte befasst.

Für weitere Informationen siehe Appleton et al. (2015) und Roberts et al. (2016).



- a. Schräge Luftaufnahme des Brymbo Fossil Forest SSSI (umrandet). Unmittelbar daneben befindet sich eine Reihe von Industriegebäuden, die die Geschichte der mehr als 200 Jahre Eisen- und Stahlherstellung in Brymbo dokumentiert © Brymbo Heritage Trust
- b. Riesiger Lycophyt in situ © Peter Appleton
- c. Der Lycophyt in (b) wurde vor Ort gerettet, gereinigt und für die Ausstellung im Wrexham Museum in natürlicher Position rekonstruiert © Nigel Larkin
- d. Exemplar von *Neuropteris semireticulata* © Peter Appleton

Mitwirkende: Raymond Roberts

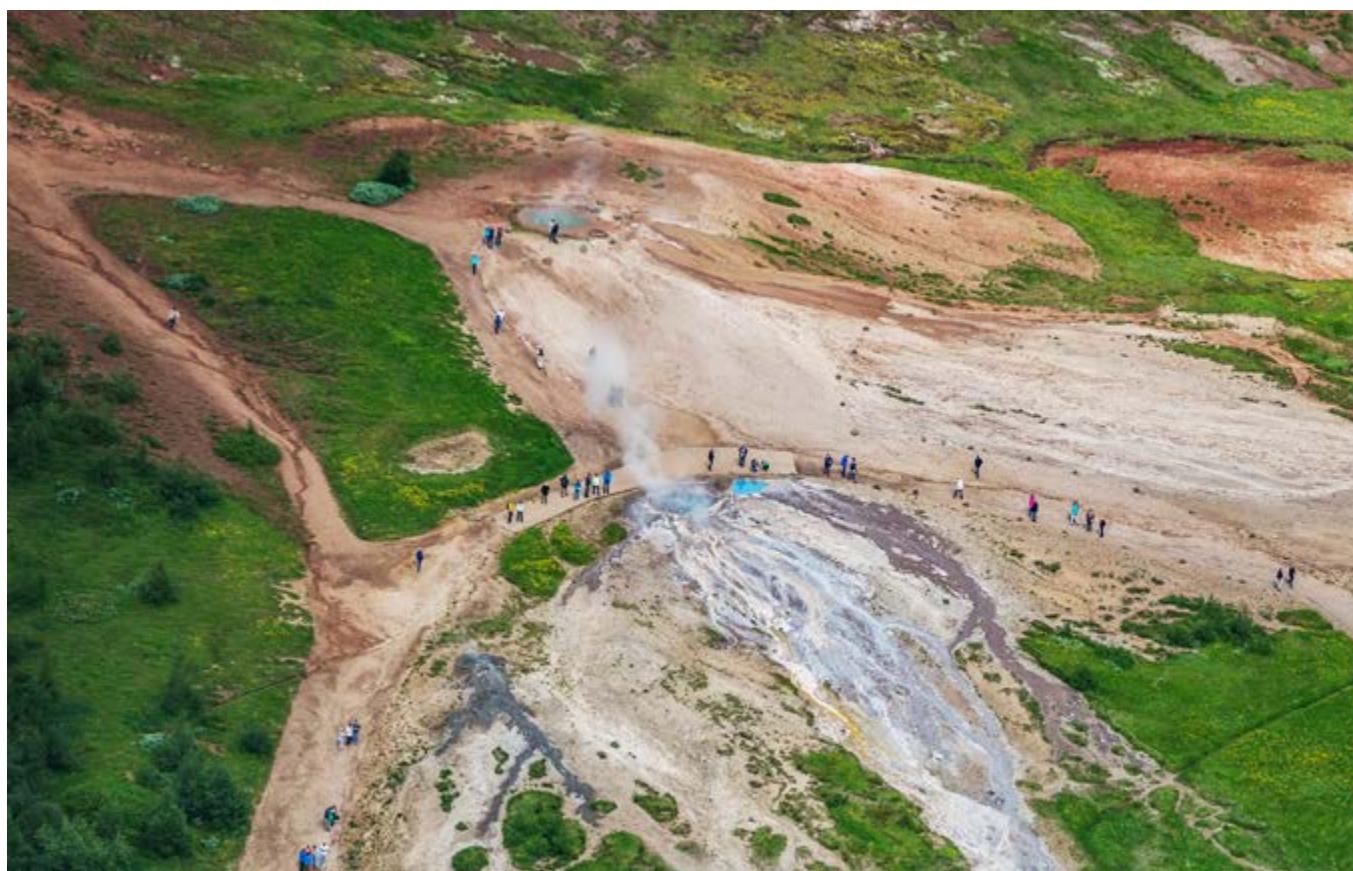


Foto 4.11 Einige international wichtige Geotope befinden sich in Privatbesitz, wie z. B. die weltberühmte Geysir-Geothermiestätte in Island. Es kommt zwar zu Spannungen im Management, aber im Allgemeinen bedeutet die relative Widerstandsfähigkeit des Ortes gegenüber Beschädigungen des Geo-Naturerbes, dass ihre Integrität intakt bleibt und der Zugang für Besucher gut geregelt ist. © Ragnar Th. Sigurdsson

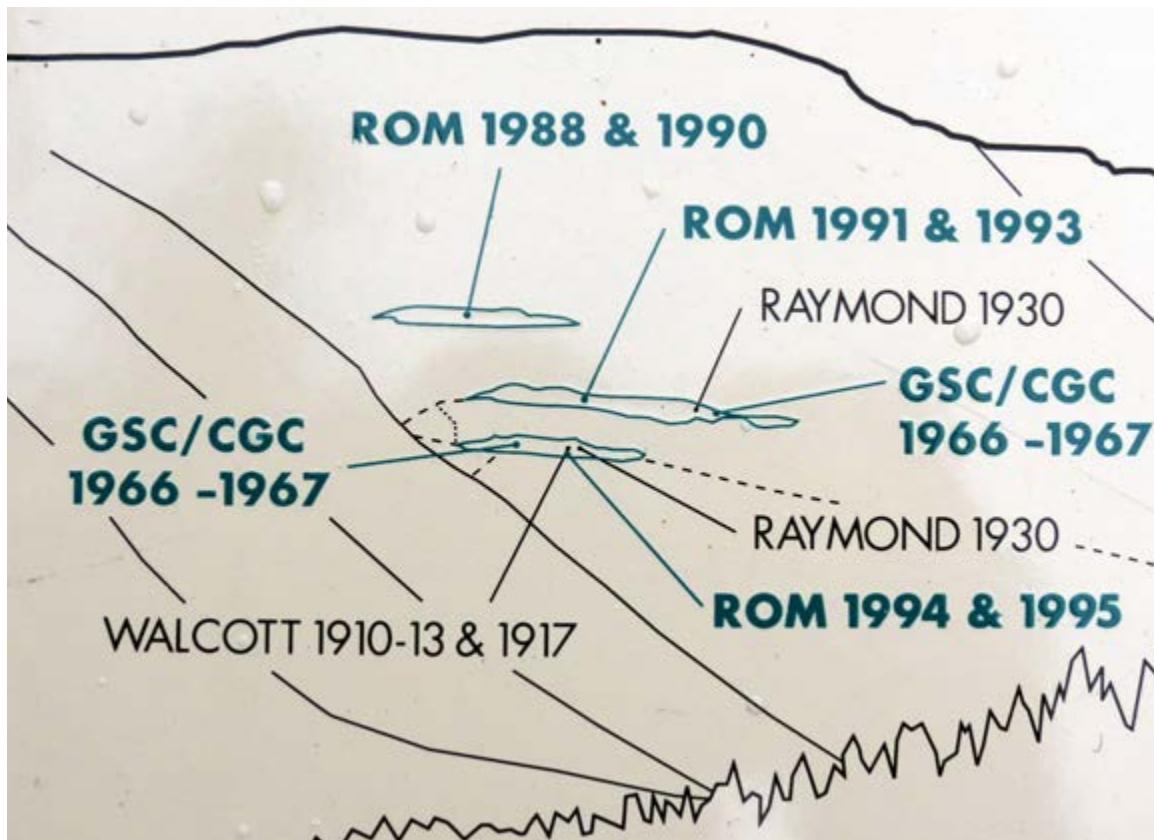


Foto 4.12 Neue Köpfe mit neuen Ideen führen zu neuem Wissen, das bei der Bewertung und dem Management von Schutzgebieten angewendet werden kann. Das Foto zeigt die Standorte der aufeinanderfolgenden Forschungsprojekte zu den Burgess Shales, Yoho National Park, Kanada. © Roger Crofts



Foto 4.13 Der Aletschgletscher ist eine der ersten Stätten, die unter dem Welterbekriterium (viii) im Welterbegebiet Jungfrau-Aletsch, Schweiz, ausgewiesen wurden. © Roger Crofts

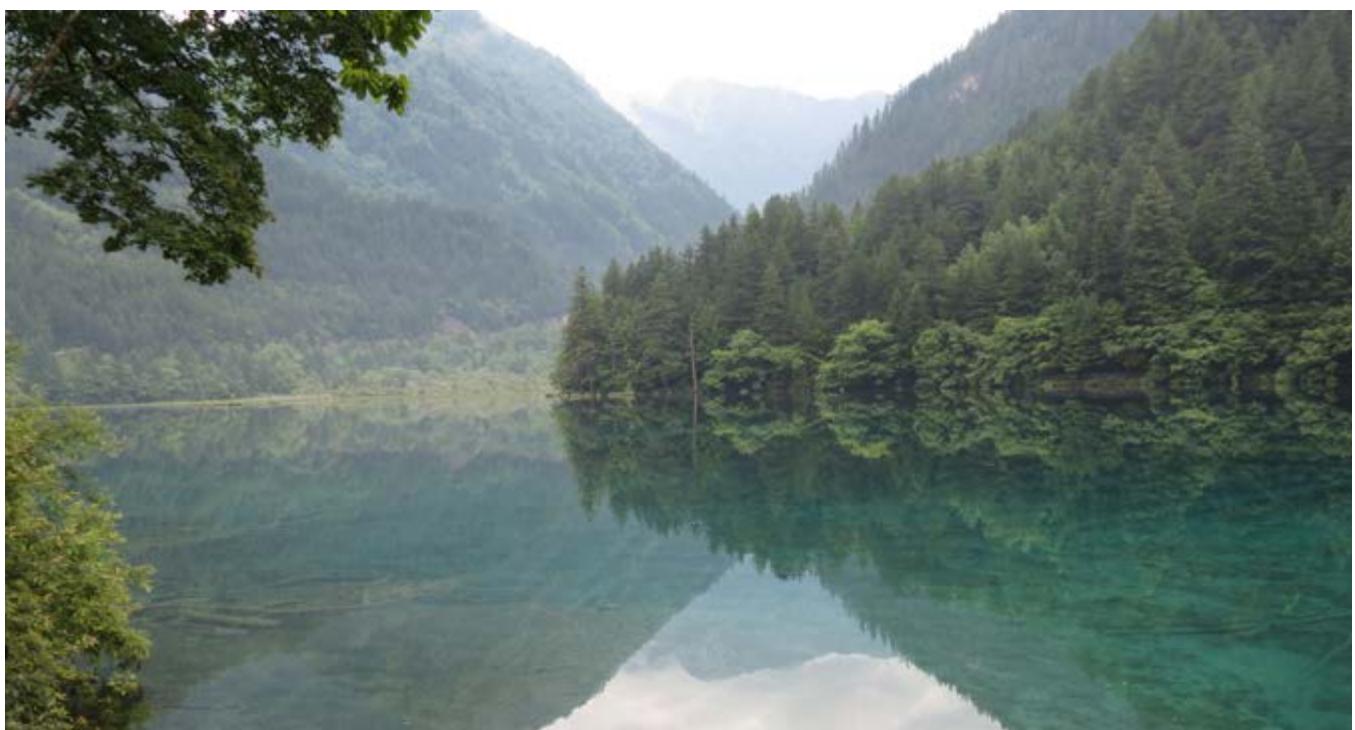


Foto 4.14 Der treffend benannte Spiegelsee, Jiuzhaigou-Nationalpark, China. Kishore Rao, UNESCO World Heritage Centre, sagte bei der Bewertung dieser Stätte: "Dies ist ein wirklich herausragender Nationalpark, der den Welterbestatus voll und ganz verdient. Ich bin sehr beeindruckt von der landschaftlichen und natürlichen Schönheit des Gebiets sowie dem hohen Maß an Aufmerksamkeit des Managements und dem Engagement der Mitarbeiter.". © Roger Crofts



Foto: 4.15 Sicherstellen, dass alle internationalen Bezeichnungen, die relevant sind, auf ein geologisches Schutzgebiet angewendet werden. Huanlong National Park, China. © Roger Crofts

möglich ist, sollten informelle Vereinbarungen mit Experten aus akademischen Einrichtungen oder mit Privatpersonen getroffen werden, die als Freiwillige arbeiten können. Ihre Rolle sollte darin bestehen, die Schutzgebietsverwalter bei der Definition von Zielen und der Entwicklung von Managementregelungen und Bildungsprogrammen fachlich zu beraten. Darüber hinaus sollte von ihnen erwartet werden, dass sie bewährte Praktiken aus ähnlichen Situationen in anderen Teilen der Welt vermitteln.

Die Wahl des Fachwissens hängt von den Interessen des Standorts ab (z. B. Paläontologie, Mineralogie, Stratigraphie, Geomorphologie). Im Allgemeinen ist es vorzuziehen, Personen einzubeziehen, die sowohl über das benötigte spezifische Wissen als auch über ein allgemeineres Wissen über Geodiversität und eine spezifische Ausbildung über Geo-Naturerbe und dessen Schutz verfügen. Die Fähigkeit, mit Kollegen, Nicht-Fachleuten und der allgemeinen Öffentlichkeit zu kommunizieren, ist wesentlich, wenn es einen starken Fokus auf die öffentliche Bildung zum Thema Geo-Naturerbe und dessen Schutz gibt.

Einige Schutzgebiete werden stattdessen einen starken Forschungs- und Wissenschaftsschwerpunkt haben. Hier sollte ein koordiniertes Programm wissenschaftlicher Aktivitäten zwischen den Managern des Schutzgebiets und der wissenschaftlichen Gemeinschaft entwickelt werden, mit einem vereinbarten Arbeitsprogramm. Eine Schutzgebietsverwaltung kann es für effektiver halten, mit Wissenschaftlern an Universitäten und Forschungsinstituten zusammenzuarbeiten, als eigene wissenschaftliche Expertise zu beschäftigen. Es ist jedoch wichtig, dass es eine klare Vereinbarung gibt, dass die Ergebnisse der Forschung den Schutzgebietsmanagern und der Öffentlichkeit in einer verständlichen und nutzbaren Weise zur Verfügung gestellt werden.

Citizen Science (Beteiligung der Öffentlichkeit an wissenschaftlicher Forschung) wird heute oft eingesetzt, um die Kapazität der Wissens- und Informationsbeschaffung zu erhöhen. Es ist ein wertvoller Ansatz, vorausgesetzt, es gibt Protokolle für seinen Einsatz und für die Rekrutierung und Schulung von Freiwilligen (Irwin, 2018, führt die Vor- und Nachteile aus).

Mit der Wahrscheinlichkeit, dass neue Mitarbeiter eingestellt werden und Mitarbeiter im Laufe ihrer Karriere von einem Schutzgebiet in ein anderes wechseln, ist es wichtig, dass eine Einweisung in das Geo-Naturerbe und dessen Schutz durchgeführt wird (Tabelle 4.2).

Best Practice-Richtlinie Nr. 9: Setzen Sie Experten ein, um den technischen Input für die Planung, das Management und die Kommunikation von Schutzmaßnahmen sicherzustellen.

4.9 Internationale Ansätze zum Schutz des Geo-Naturerbes

Es ist wichtig, die spezifischen internationalen Instrumente anzuerkennen, die zur Unterstützung des Schutzes des Geo-Naturerbes existieren.

Das UNESCO-Übereinkommen zum Schutz des Kultur- und Naturerbes der Welt konzentriert sich auf das Konzept des "außergewöhnlichen universellen Wertes" als Grundlage für die Anerkennung von Welterbestätten. Die Konvention erkennt die

Geodiversität als Teil der Natur durch ihr Kriterium (viii) an, das besagt, dass Stätten, die "herausragende Beispiele darstellen, die wichtige Phasen der Erdgeschichte repräsentieren, einschließlich der Aufzeichnung des Lebens, bedeutende fortlaufende geologische Prozesse bei der Entwicklung von Landformen oder bedeutende geomorphologische oder physiografische Merkmale", sich für den Welterbestatus qualifizieren können (UNESCO, 1972).

Weitere Einzelheiten zur Anwendung von Kriterium (viii) finden sich im thematischen Rahmenwerk der IUCN (Dingwall et al., 2005), das die verschiedenen Aspekte der Geodiversität analysiert, die durch das Kriterium abgedeckt werden, und 13 Themen festlegt, die charakterisieren, wie die wichtigsten geologischen und geomorphologischen Ideen auf die Identifizierung von Gebieten übertragen werden. Weitere Details finden sich zu Wüsten in Goudie und Seely (2011), zu Höhlen und Karst in Williams (2008) und zu Vulkanen in Wood (2009), aktualisiert von Casadevall et al. (2019). Einen nützlichen Überblick über Welterbestätten und Geo-Naturerbe gibt Migoń (2018).

Im Jahr 2015 ratifizierten die 195 Mitgliedstaaten der UNESCO die Schaffung der Bezeichnung UNESCO Global Geoparks, um die internationale Anerkennung der Bedeutung des Managements herausragender geologischer Stätten zum Ausdruck zu bringen. UNESCO Global Geoparks sind einzelne, einheitliche geografische Gebiete, in denen Stätten und Landschaften von internationaler geologischer Bedeutung mit einem ganzheitlichen Konzept für Schutz, Bildung und nachhaltige Entwicklung verwaltet werden. Die folgenden vier grundlegende Voraussetzungen müssen erfüllt sein damit ein Gebiet ein UNESCO Global Geopark werden kann:

- Geo-Naturerbe von internationalem Wert;
- ein rechtlich anerkanntes Verwaltungsorgan und einen umfassenden Verwaltungsplan;
- Sichtbarkeit zur Förderung einer nachhaltigen lokalen wirtschaftlichen Entwicklung, hauptsächlich durch Geotourismus; und
- die Vernetzung mit der lokalen Bevölkerung im Gebiet des Globalen Geoparks und die Zusammenarbeit mit anderen Globalen Geoparks über das UNESCO Global Geoparks Network (GGN)

Best Practice-Richtlinie Nr. 10: Überlegen Sie, ob das Schutzgebiet und die Merkmale des Geo-Naturerbes und der geologischen Prozesse die Kriterien für den UNESCO-Status unter der Welterbekonvention und/oder dem Global Geoparks Network erfüllen könnten.

Im Rahmen der Ramsar-Konvention über Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung und des UNESCO-Programms "Der Mensch und die Biosphäre" werden Gebiete mit Bedeutung für die biologische Vielfalt (Ramsar-Gebiete bzw. Biosphärenreservate), bei denen ein Zusammenhang mit dem Schutz des Geo-Naturerbes besteht, in ein globales System eingebunden und weltweit anerkannt.

Best Practice-Richtlinie Nr. 11: Überlegen Sie, wie Geodiversität und Geo-Naturerbe in Biosphärenreservaten und Ramsar-Gebieten verwaltet werden können, um die Erhaltung der Biodiversität bzw. der Feuchtgebiete und des Geo-Naturerbes zu erreichen.



Foto 4.16 Ein Ramsar-Gebiet, das wegen des Schutzes des Geo-Naturerbes als saisonaler See im weltweit klassischen Karstgebiet in Slowenien geschützt ist. Cerknisk Jezero. © John Gunn



Foto 4.17 Welterbe, Ramsar und Geo-Naturerbe miteinander Verbinden am Nationalpark Neusiedler See, Österreich. © Roger Crofts

Management des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten

5



Schutzmanagement als Herausforderung in den Bergen des Rila-Nationalparks, Bulgarien, aufgrund von lange bestehenden Wasserentnahmestellen, unansehnliche, überflüssige Infrastruktur und Skigebietserschließung, die sich alle negativ auf den Wert des Geo-Naturerbes im Gebiet auswirken. Unabhängige Bewertungen durch internationale Experten halfen dem Management, sich auf die notwendigen Maßnahmen zu konzentrieren. © Roger Crofts

Dieser Abschnitt enthält detaillierte Anleitungen zu allen Aspekten des Managements des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten, einschließlich der Managementplanung, der operativen Aspekte, der Anwendung der IUCN-Managementkategorien, der Einbeziehung spiritueller und kultureller Werte sowie der Überwachungs- und Bewertungssysteme. Es umfasst folgendes:

- Managementplanung (5.1)
- Schutz des Geo-Naturerbes und Schutzgebietsmaßnahmen (5.2)
- Anwendung der IUCN-Managementkategorien auf das Geo-Naturerbe (5.3)
- Einbeziehung der spirituellen und kulturellen Werte des Geo-Naturerbes (5.4)
- Entwicklung eines Überwachungs- und Bewertungssystems für das Gebiet (5.5)
- Beispiele für das Schutzmanagement des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten (5.6).

Dieser Abschnitt konzentriert sich auf das Management des Geo-Naturerbes. Dabei gibt es vier Funktionen: Planen, Organisieren, Führen und Bewerten. Alle sind relevant für den Schutz des Geo-Naturerbes in einem Schutzgebiet. Dem Leser wird empfohlen, Worboys et al. (2015, Kapitel 8) zu konsultieren, in dem diese Punkte ausführlicher dargelegt werden.

5.1 Einbindung des Schutzes des Geo-Naturerbes in Schutzgebietsmanagementpläne

Prosser et al. (2018) liefern einen hilfreichen generischen Rahmen für den Schutz des Geo-Naturerbes. Im Anschluss an die Bestandsaufnahme und Auswahl des Standorts umfasst dies zwei Stufen: (1) eine Analyse des Erhaltungsbedarfs, die eine Bewertung der Nutzung, des Charakters und der Bedrohungen/Empfindlichkeiten eines Standorts erfordert, und (2) die Planung und Umsetzung der Erhaltung.

Im Wesentlichen beinhalten diese beiden Phasen sechs Schlüsselanforderungen, die bei der Einbeziehung des Schutzes des Geo-Naturerbes in die Erstellung umfassender

Managementpläne für im Schutzgebiet befindliche Geotope und die Einbindung dieser in den Managementplan des Schutzgebietes, zu berücksichtigen sind. Dies folgt weitgehend dem von Wimbleton et al. (2004) beispielhaft dargestellten Ansatz. Die Geotopmanagementpläne sollten regelmäßig überprüft und aktualisiert werden und je nach Bedarf in den Managementplan für das betreffende Schutzgebiet oder OECM integriert werden.

1. Standortinventarisierung und Dokumentation der wichtigsten Interessen

Es gibt eine Vielzahl von Merkmalen die ein Geo-Naturerbe charakterisieren, einschließlich Gesteinsaufschlüsse, Landformen und Böden. Zudem können diese in verschiedenen geografischen Maßstäben auftreten, von kleinen Gesteinsaufschläßen bis hin zu Landschaften, die eine Zusammensetzung von Gesteinen, Landformen und Böden umfassen. Diese müssen innerhalb des Geotops genau lokalisiert und dokumentiert werden. Abhängig von der Größe des Geotops wird dies in der Regel durch eine

Kasten 5.1.

Standordokumentationsberichte und Managementpläne

Alle 900 Geotope, die in Schottland als national und international wichtig identifiziert wurden, werden durch eine detaillierte Bewertung ihres wissenschaftlichen Wertes unterstützt, die in der Geological Conservation Review (Ellis, 2011) dokumentiert ist. Darüber hinaus gibt es zur Unterstützung von Standortmanagern, Landbesitzern und Nutzern für jeden Standort einen Site Document Report und eine Site Management Statement, die von Scottish Natural Heritage (SNH) erstellt wurden.

Site Documentation Reports identifizieren und lokalisieren die wichtigsten Merkmale von Interesse innerhalb von Standorten. Sie richten sich sowohl an die geowissenschaftlichen Mitarbeiter der SNH, die mit detaillierten Managementempfehlungen betraut sind, als auch an nicht-geowissenschaftliche Mitarbeiter, die mit der Verwaltung der Standorte betraut sind. Die Berichte basieren auf Felduntersuchungen und sind in nicht-technischer Sprache oder mit klar erklärten Fachbegriffen verfasst. Typischerweise enthalten die Berichte vereinfachte, aber wissenschaftlich korrekte Erklärungen zu den geowissenschaftlich interessanten Attributen, eine geologische oder geomorphologische Karte, die die Standorte der interessanten Merkmale zeigt, und kommentierte Fotografien dieser Merkmale und ihrer Standorte innerhalb der Standorte. Die Berichte enthalten auch Managementempfehlungen. Sie stehen Eigentümern, Verwaltern und Pächtern von Grundstücken sowie anderen Interessenten zur Verfügung, werden aber nicht online veröffentlicht. Wenn es sich um große und komplexe Standorte handelt, werden detailliertere Berichte als Teil der SNH Commissioned Reports Series erstellt (z. B. Gemmell et al., 2001).

Site Management Statements sind öffentliche Erklärungen, die von der SNH für Eigentümer, Verwalter und Pächter von Land von SSSIs erstellt werden. Sie umreißen die Gründe, warum ein Gebiet als SSSI ausgewiesen ist, und geben Hinweise, wie seine besonderen natürlichen Merkmale erhalten oder verbessert werden sollten. Sie enthalten eine kurze Beschreibung der interessanten Merkmale in einfacher Englisch, eine Bewertung ihres Zustands, einen Überblick über das frühere und gegenwärtige Management und eine Reihe von Managementzielen. Letztere könnten zum Beispiel darin bestehen, die geologischen Aufschlüsse in einem günstigen Zustand zu erhalten, so dass sie für Forschungs- und Bildungszwecke deutlich sichtbar und zugänglich sind, und den verantwortungsvollen Zugang von Besuchern zu der Stätte zum Zwecke der Erholung, Bildung und Interpretation zu fördern. Site Management Statements sind online über SNH SiteLink verfügbar.

Tabelle 5.1. Klassifizierung der Standorttypen des Geo-Naturerbes, typische Bedrohungen und Schutzziele (Prosser et al., 2018 mit Genehmigung wiedergegeben).

Aufschluss bzw. extensiv	Standorttyp	Standort-kürzel	Typische Bedrohungen	Typische Schutz- und Managementziele
	Aktive Steinbrüche und Gruben	EA	Verfüllung gegen Steinbruchwände	Sicherer Zugang für Aufnahmen und Sammlungen Sicherstellung einer naturschutzgerechten Restaurierung mit Erhalt der freiliegenden Steinbruchwände
	Stillgelegte Steinbrüche und Gruben	ED	Wiederherstellung durch Aufschüttung Degradation von Abbruchkanten durch Verwitterung und vordringende Vegetation	Freigelegte Steinbruchwände beibehalten Eindringen von Vegetation kontrollieren
	Küstenklippen und Vorland	EC	Küstenschutzmaßnahmen Reprofilierung von Klippen Yachthäfen oder Erschließung des Vorlandes	Natürliche Prozesse bewahren Verzicht auf Bebauung vor oder auf geologischen Aufschlüssen in Klippen
	Fluss- und Bachabschnitte	EW	Flussmanagement und Uferbefestigung Aufstauung von Flüssen vordringende Vegetation	Natürliche Prozesse bewahren Kontrolle des Eindringens von Vegetation
	Inland Aufschlüsse	EO	vordringende Vegetation Ungeeignete Freizeitaktivität	Keine Bebauung an exponierten Stellen zulassen Kontrolle der Beeinträchtigung durch die Vegetation
	Freiliegende unterirdische Minen und Stollen	EU	Ungängliche Merkmale Überschwemmung und Einsturz	Zugang für Aufnahmen und Sammlungen sichern Langfristige Lösungen für Überschwemmungen und Grubeneinstürze anstreben
	Umfangreiche vergrabene Interessen	EB	Bebauung über den vergrabenen Merkmalen Landwirtschaftliche Praktiken, die die vergrabenen Merkmale beschädigen, z. B. tiefes Pflügen	Sicherstellen, dass es keine physischen Hindernisse gibt, die die Ausgrabung von Merkmalen einschränken, wenn dies erforderlich ist
	Straßen-, Schienen- und Kanalböschungen	ER	Freilegungen, die durch Stabilisierungsarbeiten mit Beton oder Steinschlagmatten verdeckt werden Degradation der Freilegungen durch Verwitterung und vordringende Vegetation	Sicherstellen, dass die Aufschlüsse erhalten bleiben, wenn Straße verbreitert wird Kontrolle des Eindringens von Vegetation
Integrität	Statisch (fossil) geomorphologisch	IS	Mineralienabbau vordringende Vegetation oder Baumpflanzungen	Erhaltung der Integrität des Merkmals Abbau oder Anpflanzung von Bäumen verhindern
	Aktiver Prozess geomorphologisch	IA	Küstenschutzprogramme Flussmanagement-Programme Steinbrüche und Baggerarbeiten	Natürliche Prozesse aufrechterhalten Verzicht auf die Entwicklung in Bereichen, die in Zukunft durch die Verlagerung von Prozessen betroffen sein könnten
	Höhlen	IC	Steinbruch und Bergbau Verschmutzung Unverantwortliches Sammeln von Exemplaren	Hydrologische Systeme aufrechterhalten Förderung guter Praxis mit Höhlenforscherguppen
	Karst	IK	Steinbrüche vordringende Vegetation	Erhaltung der Integrität von Merkmalen Kontrolle des Eindringens von Vegetation
Endlich	Endliche Minerallien, Fossilien oder andere geologische	FM	Steinbrüche und Bergbau Unverantwortliches Sammeln von Exemplaren	Abbau kontrollieren, um maximalen wissenschaftlichen Gewinn zu gewährleisten
	Bergbauhalden	FD	Reprofilierung oder Nivellierung Unverantwortliches Sammeln von Exemplaren vordringende Vegetation	Sammeln kontrollieren, um einen maximalen wissenschaftlichen Gewinn zu erzielen Kontrolle des Eindringens von Vegetation
	Endliche unterirdische Bergwerke und Stollen	FU	Überschwemmung und Einsturz Unverantwortliches Sammeln von Exemplaren	Sichern Sie den Zugang für Aufnahmen und Sammlungen Suche nach langfristigen Lösungen für Überschwemmungen und Grubeneinstürze
	Endliche vergrabene Interessen	FB	Steinbruch oder Bergbau Bebauung über den verschütteten Objekten Landwirtschaftliche Praktiken, die die vergrabenen Merkmale beschädigen, z. B. tiefes Pflügen	Sicherstellen, dass es keine physischen Hindernisse gibt, die den Zugang zu den Merkmalen einschränken, wenn dies erforderlich ist Das Sammeln so steuern, dass ein maximaler wissenschaftlicher Gewinn gewährleistet ist

Kombination aus Feldbegehung und kommentierter Fotografie durch Spezialisten erreicht. Die Ergebnisse müssen jedoch in einer Form präsentiert werden, die auch für nicht-spezialisierte Mitarbeiter zugänglich ist (Kasten 5.1). Der Prozess der Geotop-Inventarisierung und -dokumentation muss so detailliert durchgeführt werden, dass die genaue Lage jedes Merkmals innerhalb des Geotops katalogisiert und kartiert wird, und dass Details der Sedimentaufschlüsse und kommentierte Fotos zur Verfügung gestellt werden, um den Schutzgebietsmanagern genau zu zeigen, welche Phänomene von Interesse sind und wo sie innerhalb des Geotops lokalisiert sind. In einigen Fällen kann dies ein zweistufiger Prozess sein: eine anfängliche Bestandsaufnahme aller in Frage kommenden Standorte innerhalb eines Gebiets, um die interessanten Attribute und ihre Bedeutung zu ermitteln (Abschnitt 4.2); und eine detailliertere Dokumentation des bestätigten Geotops, die auf der anfänglichen Bestandsaufnahme aufbaut.

2. Festlegung von generischen Managementzielen und Leistungsindikatoren

Der Schutz des Geo-Naturerbes erfordert, wie jedes Schutzgebiet oder Naturschutzprojekt, klare Managementziele, die die verschiedenen Arten von Interesse am geologischen Erbe und ihre potenziellen Nutzungen widerspiegeln und die festgelegt werden, um sicherzustellen, dass das Management auf das Erreichen der Ziele fokussiert ist. Für jedes Gebiet sollten spezifische Ziele festgelegt werden, die den allgemeinen Leitfaden widerspiegeln, aber auf die Besonderheiten des Geotops ausgerichtet sind, wie von Wimbleton et al. (2004) beschrieben. Diese sollten die Vision eines günstigen Zustands

für das Gebiet darlegen (z. B. mindestens 50 % des Gebiets weisen saubere und zugängliche Aufschlüsse einer bestimmten Gesteinsabfolge und ihrer wichtigsten Merkmale auf). Die Faktoren, die sich auf den Zustand einer Stätte auswirken können (z. B. Schuttansammlung, Vegetationswachstum, Ablagerung von Abfallmaterial, Beschädigung durch ungehinderten öffentlichen Zugang), sollten identifiziert werden. Außerdem sollten messbare Attribute angegeben werden, die als Auslöser für eine Managementreaktion dienen (z. B. wenn weniger als 70 % eines Schlüsselhorizonts aufgrund einer Verschlechterung des Aufschlusses nicht mehr sichtbar sind).

In Großbritannien wurden generische Erhaltungsmanagement-Prinzipien für verschiedene Gebietskategorien entwickelt, mit einer wichtigen Unterscheidung zwischen "exponierten" (oder "extensiven"), "integren" und "endlichen" Gebieten (Tabelle 5.1) (Prosser et al., 2006, 2018). Das Schema basiert auf der Prämisse, dass verschiedene Gebietskategorien unterschiedliche Erhaltungsanforderungen haben; so sind z. B. die Managementfragen in stillgelegten Steinbrüchen andere als die für Küstengebiete. Dieser Ansatz sollte eine breitere Anwendbarkeit haben. Prosser et al. (2006) liefern spezifische Fallstudien unter jeder dieser Kategorien.

Aufschlüsse

Aufschlüsse enthalten geologische Merkmale (Gesteinseinheiten oder Sedimente), die sich räumlich ausgedehnt unter der Erdoberfläche befinden, so dass bei Verlust eines Standorts oder Aufschlusses möglicherweise ein anderer in der Nähe abgebaut werden könnte. Dazu gehören Aufschlüsse in aktiven



Foto 5.1 Beispiel eines Aufschlusses vom Meer aus gesehen, Dale peninsula, Pembrokeshire Coast National Park, Wales.
© Roger Crofts



Foto 5.2 Beispiel eines Aufschlusses wobei der natürliche Einsturz von Klippen immer wieder neue Gesteinsaufschlüsse freilegt. Jasmund National Park, Germany. © Roger Crofts



Foto 5.3 Beispiel für eine aktive Integritätsstelle, wo der Gletscherfluss Jökulsá á Fjöllum aus dem Gletscher Dyngjujökull austritt. Vatnajökull-Nationalpark, Island. © Roger Crofts



Foto 5.4 Beispiel einer inaktiven *Integritätsstelle*. Kalksteinpflaster bei Doolin im Burren und Cliffs of Moher UNESCO Global Geopark und The Burren National Park, Irland. © John Gunn



Foto 5.5 Beispiel für eine endliche *Fundstelle*. Äußerst seltenes Vorkommen von Pflanzenfossilien in Island, die unter jüngeren Laven vergraben sind. Ytritunga Tjornes, Island. © Roger Crofts



Foto 5.6 Die Dokumentation des natürlichen Wandels ist ein wichtiges Element der Schutzgebietsplanung und des Managements. Rückzugskarten eines isländischen Gletschers im Vatnajökull-Nationalpark. © Roger Crofts

und stillgelegten Steinbrüchen, Küsten- und Flussklippen, Straßen- und Bahneinschnitte sowie natürliche Felsaufschlüsse. Das grundlegende Erhaltungsprinzip besteht darin, dass die Entfernung von Material die Ressource nicht unbedingt beschädigt, da neue Aufschlüsse desselben Typs frisch freigelegt werden. Das Hauptziel bei der Bewirtschaftung solcher Standorte ist es, einen akzeptablen Grad der Freilegung der interessierenden Merkmale zu erreichen und zu erhalten, wobei die genaue Lage der Freilegung nicht entscheidend ist. Aufschlüsse werden normalerweise nicht durch Steinbruch oder Erosion beschädigt. Jedoch können freigelegte Aufschlüsse durch Deponierung und Ablagerung von Müll oder durch Abrutschen und Vegetationswachstum verdeckt werden. Der Verlust von Aufschlässen kann jedoch durch den mechanischen Aushub neuer konservatorischer Freilegungen an geeigneten Stellen an anderer Stelle ausgeglichen werden.

Integritätsstandorte

Integritätsstandorte sind geomorphologische Standorte, die sowohl statische (inaktive) Merkmale (z. B. glaziale Landformen aus dem Pleistozän) als auch aktive Merkmale wie solche, die durch Fluss-, Küsten-, Karst- und zeitgenössische Gletscherprozesse gebildet wurden, umfassen. Solche Standorte können groß sein und sowohl statische als auch aktive Merkmale umfassen. Die Beschädigung eines Teils einer intakten Stätte hat wahrscheinlich Auswirkungen auf den Wert der gesamten Stätte. Das vorrangige Managementziel für statische Merkmale ist der Schutz der Integrität der Ressource: Wenn sie beschädigt oder zerstört wird, können die Merkmale nicht wiederhergestellt oder ersetzt werden, da sie einzigartig sind und die Prozesse, die sie gebildet haben, nicht mehr aktiv sind. Sie sind auch anfällig

für partielle Beschädigung und Fragmentierung des Objekts von Interessen, so dass die Integrität wichtiger räumlicher Beziehungen zwischen einzelnen Landformen verloren gehen kann. In der Regel gibt es nur wenige Möglichkeiten, Schutz und Entwicklung durch Management oder Kompensation in Einklang zu bringen. Abhilfemaßnahmen hängen von den örtlichen Gegebenheiten ab und können die Verlegung von Teilen der Bebauung beinhalten, um wichtige Landformen zu vermeiden. Gelegentlich kann eine Rekonstruktion oder Nachbildung der Landform zu ästhetischen oder pädagogischen Zwecken möglich sein, obwohl dabei die Integrität verloren geht. In anderen Situationen kann es gerechtfertigt sein, den Zugang für die Öffentlichkeit einzuschränken oder sogar die Existenz einer Stätte aufgrund ihrer Fragilität nicht bekannt zu machen.

Das Hauptziel des Erhaltungsmanagements für Integritätsgebiete besteht darin, die Fähigkeit der aktiven Prozesse zu erhalten, sich auf natürliche Weise zu entwickeln, so dass sie über den größten Teil oder das gesamte natürliche Spektrum der Variabilität hinweg wirken können und somit die natürlichen Veränderungsraten und -ausmaße sowie die Verbindung zwischen verschiedenen Merkmalen (z. B. zwischen Flüssen und ihren Überschwemmungsgebieten) erhalten bleiben. Eine Folge davon ist, dass sich die von ihnen erzeugten Landformen im Laufe der Zeit verändern können, und einige davon können vorübergehend sein. Sie können sich auch an verschiedenen Orten neu bilden. So können z. B. Kiesbänke in einem Flussbett bei einem großen Hochwasser zerstört werden, sich aber wieder neu bilden, wenn sich der Abfluss und der Sedimenttransport wieder an "normale" Fließbedingungen anpassen. Aktive Prozessstandorte sind auch anfällig für Veränderungen außerhalb der Schutzgebietsgrenzen (z. B. durch flussaufwärts gerichtete Veränderungen, die den Flussabfluss und den Sedimenteintrag beeinflussen). Dies ist wahrscheinlicher an Standorten mit Fluss-, Küsten-, Höhlen- oder Hangprozessen und den damit verbundenen Merkmalen. Einige aktive Standorte können auch inaktive Landformen enthalten, die Teil des gesamten Landformverbunds sind.

Endliche Standorte

Endliche Standorte umfassen Merkmale mit begrenzter Ausdehnung, die erschöpft und beschädigt werden, wenn ein Teil der Ressource entfernt wird oder verloren geht. Beispiele sind geologische Stätten mit fossiliführenden Gesteinen. Sie können an einer Reihe von Standorten auftreten, einschließlich aktiver und stillgelegter Steinbrüche und Küsten- und Flussabschnitte. In einigen Fällen kann das Interesse aufgrund praktischer Schwierigkeiten bei der Erhaltung von Freilegungen in weichen Sedimenten oder absichtlich als praktische Erhaltungsmaßnahme zum Schutz eines besonders empfindlichen Interesses vergraben werden. Endliche Standorte erfordern eine strenge Kontrolle über die Entfernung oder den Verlust von Material. Dazu gehören viele Mineralien- und Fossilienvorkommen, Bergwerkshalden, unterirdische Minen und vergrabene Interessen (bei denen bekannt ist, dass das Interesse unter der Erde liegt und nur durch Ausgrabung freigelegt werden kann). Im Allgemeinen werden Minderungs- oder Ausgleichsmaßnahmen nur selten möglich sein. Wenn ein Standort hauptsächlich zu Forschungszwecken genutzt wird, ist es möglicherweise nicht praktikabel oder notwendig,



Foto 5.7 Die Kartierung der historischen Veränderungen im Mündungsbereich ist für die Entwicklung des zukünftigen Managements des Schutzgebiets unerlässlich. Skjern Å-Nationalpark, Dänemark. © Roger Crofts

eine Freilegung zu erhalten. In solchen Fällen sollte der Zugang für Ausgrabungen aufrechterhalten werden, die für die Untersuchung erforderlich sind.

Generell gilt die Vermutung, dass eine Entwicklung in einem Schutzgebiet, die es schädigen und die Gründe für seinen Schutz untergraben würde, nicht zulässig ist. Wenn eine Entwicklung zu einer erheblichen Schädigung eines Schutzgebietes des Geo-Naturerbes führen würde und nicht verhindert oder angemessen gemildert werden kann, sollten geeignete alternative Standorte für die Entwicklung gesucht werden. Sind solche Alternativen nicht vorhanden, sollte eine Entwicklung, die das Gebiet beeinträchtigen würde, nur dann zugelassen werden, wenn zwingende Gründe der Nachhaltigkeit oder der nationalen Bedeutung vorliegen. In solchen Fällen sollten Ausgleichsmaßnahmen angestrebt werden, einschließlich der Schaffung von Freiflächen oder der Aufwertung des Standorts an anderer Stelle, wenn dies praktikabel ist, um den Wert des Geo-Naturerbes des Standorts oder Gebiets zu erhalten, wiederherzustellen und nach Möglichkeit zu erhöhen. Abschnitt 6 enthält detailliertere Hinweise zu spezifischen Gefährdungen und zeigt Lösungsansätze.

3. Analyse der Bedrohung: Bewertung des Risikos und der Anfälligkeit für Belastungen und Bedrohungen

Um die Priorisierung von Managementmaßnahmen zu unterstützen, muss eine Analyse der Bedrohungen und eine Bewertung der Risiken durch verschiedene Arten menschlicher Aktivitäten und natürlicher Veränderungen vorgenommen werden (siehe Abschnitt 6 für Details). Die Prinzipien und Methodik der strategischen Umweltprüfung und der Umweltverträglichkeitsprüfung sowie die Anwendung des Vorsorgeprinzips liefern wertvolle Vorlagen (Cooney, 2004; Cooney & Dickson, 2005).

4. Standort-Zustandsüberwachung

Ein periodisches Monitoring von Schutzgebieten des Geo-Naturerbes ist unerlässlich, um den Zustand und die Beschaffenheit der interessanten Merkmale festzustellen, ob und wie sie sich verändern und ob die Schutzziele erreicht werden. Dieses Element ist nicht leicht zu bewerkstelligen und wird oft vernachlässigt, besonders wenn die Ressourcen begrenzt sind.

Dieser Abschnitt befasst sich mit einer relativ einfachen und schnellen Überwachung des Gebietszustands, die das Schutzmanagement informieren kann. Detailliertere Ansätze zur Schutzgebietsüberwachung und zur Überwachung im

Zusammenhang mit Sicherheitsfragen werden in Abschnitt 5.5 behandelt.

Es gibt mehrere Programme zur Überwachung von Standorten oder es werden solche vorgeschlagen, zum Beispiel in Großbritannien (Werritty et al., 1998; Ellis, 2004), Spanien (Garcia-Cortes et al., 2012) und Tasmanien, Australien (RPDC, 2013). Der US National Park Service hat Richtlinien für das Monitoring von geologischen und paläontologischen Ressourcen erstellt (Santucci & Koch, 2003; Santucci et al., 2009). Hierbei ist es unabdingbar, dass Protokolle für das Monitoring erstellt werden müssen, einschließlich der Festlegung einer Baseline, einer Liste der gemessenen Schlüsselattribute und der Ziele (Tabelle 5.2). Indikatoren für die Standortintegrität gelten für



Foto 5.8 Die Botschaft über Gefahren auf einfache Art und Weise an alle vermitteln. Ein Comic, produziert vom Cotopaxi-Nationalpark, Ecuador. © Roger Crofts

Tabelle 5.2. Empfohlene Attribute für die Überwachung des Standortzustands und generische Ziele (angepasst von Ellis, 2004; RPDC, 2013; Wignall, 2019).

Attribut	Beschreibung	Allgemeines Ziel für günstigen Zustand
Integrität des Standorts: physische Attribute	Dieses Attribut bezieht sich auf den physischen Zustand der Merkmale, die die Grundlage für die Auswahl des Standorts bilden, einschließlich des Fehlens von Störungen, physischen Schäden oder Fragmentierung der Interessen. Zu den physischen Attributen der Hauptmerkmale gehören die Ausdehnung, Zusammensetzung und Struktur der Merkmale und, sofern relevant, ihre Menge und Morphologie. Bei aktiven Prozessstandorten umfassen die physischen Attribute auch das Vorhandensein von Landformen und anderen physischen Merkmalen (z. B. Erosion oder Ablagerung), die darauf hinweisen, dass die Prozesse weiterhin aktiv sind.	Die physischen Attribute der Hauptmerkmale und die physische Integrität des Standorts bleiben intakt und ungestört.
Integrität des Standorts: Sichtbarkeit	Dieses Attribut bezieht sich auf die Abwesenheit von Verdeckungen (z. B. durch Vegetation, Schuttaufschüttungen, technische Konstruktionen oder Gebäude) der wichtigsten Merkmale, die die Grundlage für die Auswahl des Standorts bilden, und darauf, ob geeignete Nah- und/oder Fernansichten verfügbar und sicher zugänglich sind.	Die Hauptmerkmale des Standorts bleiben in Nah- und Fernansichten sichtbar, soweit dies angemessen ist.
Prozessintegrität: Prozessdynamik	Dieses Attribut wird nur für geomorphologische Merkmale mit aktiven Prozessen überwacht. Es bezieht sich auf die Fähigkeit der geomorphologischen Prozesse, die die Grundlage für die Auswahl des Standorts bilden, sich natürlich und ungehindert zu entwickeln. Es sollte keine künstlichen Einschränkungen geben (z. B. durch Küstenschutzanlagen oder Uferbefestigungen). Aktivitäten wie die Gewinnung von Sand und Kies können die natürlichen Prozesse ebenfalls stören und sind für dieses Attribut ebenso relevant wie für die physischen Attribute. Darüber hinaus können auch Faktoren außerhalb des Standorts die Prozessdynamik innerhalb des Standorts beeinflussen (z. B. Errichtung von Staudämmen an einem Fluss flussaufwärts).	Die natürlichen geomorphologischen Prozesse, die die Hauptmerkmale des Standorts darstellen, einschließlich ihres Aktivitätsgrads und ihrer räumlichen Ausdehnung, werden nicht gestört oder behindert.
Negative Indikatoren	Dieses Attribut bezieht sich auf das Vorhandensein von Faktoren, Aktivitäten oder Veränderungen in der Umgebung des Standorts, die sich in Zukunft negativ auf ihn auswirken könnten (z. B. Ablagerung von Abfällen, natürlicher Baumwuchs oder verstärkte Erosion (die zu einem Bedarf an Küstenschutzmaßnahmen führen könnte)). Negative Indikatoren können verwendet werden, um festzustellen, ob eine Überprüfung des Standortmanagements erforderlich ist. Probleme, die sich bereits auf die anderen oben genannten Attribute auswirken, sind hier ebenfalls relevant, wenn sie wahrscheinlich eine Überprüfung des Standortmanagements erfordern, um zu verhindern, dass sie zu dauerhaften Problemen werden.	Es sind keine Aktivitäten oder Veränderungen in der Umgebung des Standorts erkennbar, die in Zukunft eines oder mehrere der oben genannten Attribute beeinträchtigen könnten.

Standorte mit besonderer Bedeutung für den Schutz des Geo-Naturerbes, bei denen der Grad der physischen Integrität oder der Degradation der Standorte und Merkmale als ein Problem für den Schutz des Geo-Naturerbes identifiziert wurde; dies wurde im oben genannten tasmanischen Beispiel getan. Prozessintegritätsindikatoren messen den Grad der Integrität oder Degradation von geomorphologischen und Bodenprozessen: Diese Prozesse bestimmen die langfristige Integrität von Standorten, Merkmalen und Systemen, die für den Schutz des Geo-Naturerbes (und allgemein) von Bedeutung sind. Prozessintegritätsindikatoren liefern ein Maß für die

Nachhaltigkeit natürlicher Landform- und Bodenprozesse (RPDC, 2013). Eine Reihe von Geoindikatoren wurde auch für Kanadas Nationalparks entwickelt (Welch, 2004).

Die Häufigkeit der Überwachung wird durch das Degradationspotenzial des Standorts bestimmt. Auf die Überwachung müssen geeignete Abhilfemaßnahmen in Partnerschaft mit den Eigentümern und Verwaltern des Standorts als Teil der Überarbeitung des Managementplans folgen (Wimbledon et al., 2004). Die Fotografie wird ein wichtiges Instrument sein. Zum Beispiel ist ein fünfjähriger



Fotos 5.9 und 5.10 Lahar, eine vulkanisch bedingte Schlammstrom, vom Ausbruch des Cotopaxi, Ecuador, die Verwüstungen und oft auch Todesopfer verursacht. 5.9 © José Brilha 5.10 © Roger Crofts

Tabelle 5.3. Schutzgebietsaktionen die von geowissenschaftlicher Expertise profitieren.

Aktion im Schutzgebiet	Art der Maßnahme	Beiträge der geowissenschaftlichen Expertise
Bau und Instandhaltung von Straßen und Zufahrtswegen	Auswahl der Materialtypen für Straßen und Gleise	Extern entnommene Materialien müssen hinsichtlich ihrer ökologischen und geologischen Verträglichkeit im Schutzgebiet, ihrer technischen Eignung als Straßenmaterial und ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet werden. Materialien, die im Inneren des Schutzgebiets abgebaut werden, müssen sowohl hinsichtlich der Auswirkungen eines möglichen Abbaus im Schutzgebiet als auch hinsichtlich der technischen Eignung der Materialien bewertet werden.
Wanderwegbau	Auswahl der Wege	Kenntnisse über die Empfindlichkeit der Bodenoberfläche gegenüber Beschädigungen (z. B. weiche vulkanische Ablagerungen, Tundra mit sommerlicher Oberflächenschmelze) sind erforderlich, ob eine natürliche Oberfläche oder künstliche Materialien benötigt werden (z. B. Boardwalk) und ob Strecken- oder Rundwege geeignet sind.
Bau von Gehwegen	Auswahl von Materialtypen für Wanderwege	Die Beurteilung des Ausgangsmaterials für eine Wanderwegroute sollte geeignete Bautechniken und die Art des zukünftigen Wartungsmanagements für den Weg identifizieren. In einer vulkanischen Landschaft können aufeinanderfolgende Lavaströme mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung unterschiedlich geeignete Materialtypen für Wanderwege darstellen.
Baumaterialien	Auswahl und Verwendung von Gesteinsmaterialien für den Bau	Es sollte eine Bewertung der Kompatibilität, der technischen und ökologischen Eignung des Felsbaumaterials, das von außerhalb des Schutzgebiets stammt, vorgenommen werden. Jede Gesteinsentnahme innerhalb des Schutzgebiets sollte sorgfältig geprüft und einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterzogen werden
Wasserdämme	Bau von Wasserdämmen im Park für Brandeinsätze oder für Wildtiertränken	Die Eignung des geologischen Ausgangsmaterials für die Errichtung eines Staudamms sollte geprüft werden.
Wasserbohrungen	Bereitstellung von Wasserbohrungen für den Verbrauch von Menschen oder Wildtieren oder für Feuerlöscheinsätze	Es sollte eine Bewertung der optimalen Platzierung von Wasserbohrungen auf der Grundlage des Substrats vorgenommen werden.
Erosionsschutzbauten	Bau von Erosionsschutzstrukturen	Es sollten technische Beiträge zur Gestaltung und Platzierung von Erosionsschutzstrukturen geleistet werden, die für die Wiederherstellung der Landschaft und andere Arbeiten installiert werden
Sicherheit: Überwachung der Felsstabilität	Überwachung der Felsstabilität	Die routinemäßige Überwachung natürlicher Strukturen, die Sicherheitsaspekte wie Einsturzgefahr aufweisen, sollte abgeschlossen werden. Dazu könnten überhängende Klippen, Höhlen oder unsicheres Felsgeröll in steilen Bergen gehören.
Sicherheit: gefährliche Vulkane	Überwachung aktiver oder ruhender Vulkane erleichtern	Routinemäßige Überwachungsdaten für Vulkane, einschließlich des Potenzials für Ausbrüche, sollten in Zusammenarbeit mit geologischen Überwachungsorganisationen vervollständigt werden.
Sicherheit: epithermale Umgebungen	Überwachung von Geysiren und überhitzten Grundwasserfeldern erleichtern	Die routinemäßige Überwachung dieser extremen Umgebungen sollte für das Besuchersicherheitsmanagement abgeschlossen sein. Spezifische Verantwortlichkeiten sollten für den Schutz von extremophilen Arten definiert werden.
Sicherheit: Laharströme	Überwachung zur Warnung vor diesen gefährlichen Ereignissen	Eine routinemäßige Überwachung zur Erkennung von frühe Anzeichen für extrem schnelle Ereignisse ist zum Schutz der Öffentlichkeit erforderlich.
Sicherheit: Gefährliche Gase - Vulkane	Erleichterung der Überwachung von gefährlichen Gasen, wie z. B. von Schwefeldioxid in Vulkanlandschaften	Die routinemäßige Überwachung dieser extremen vulkanischen Umgebungen sollte für das Besuchersicherheitsmanagement abgeschlossen werden, vorzugsweise mit geologischen Überwachungsorganisationen.
Sicherheit: Gefährliche Gase - Höhlen	Überwachung innerhalb von Höhlen auf Gase, wie Kohlendioxid und Radon	Die Überwachung der Atmosphäre innerhalb der Höhle wird durchgeführt, um die Sicherheit der Benutzer zu gewährleisten. Hohe Kohlendioxid-Konzentrationen stellen ein Gesundheitsrisiko dar und können in Ausnahmefällen tödliche Werte erreichen. Das Personal kann durch die Belastung mit Radongas eine Strahlendosis erhalten.

Tabelle 5.3. Schutzgebietsaktionen die von geowissenschaftlicher Expertise profitieren. (Fortsetzung)

Aktion im Schutzgebiet	Art der Maßnahme	Beiträge der geowissenschaftlichen Expertise
Sicherheit: Karsteinzugsgebiete	Übermäßiger Niederschlag in Karsteinzugsgebieten	Die lokalen Wetterbedingungen werden überwacht, um Beeinträchtigungen der Besucher, einschließlich der Höhlenforscher, durch extreme Wetterereignisse, übermäßige Regenfälle und extreme unterirdische Wasserströme zu verhindern.
Sicherheit: Seismische Aktivität und Tsunamis	Gemeinsame Überwachung der seismischen Aktivität	Informationen über seismische Aktivitäten werden gesammelt, um den Schutzgebietsmanagern Daten zur Vorhersage möglicher Auswirkungen von Tsunamis auf Besucher und Mitarbeiter zu liefern. Das Tsunami-Potenzial sollte bei der Planung, Gestaltung und Lage von potenziell gefährdeten Küstenwanderwegen berücksichtigt werden.
Klimawandel: Eis	Überwachung des saisonalen Gefrierens und Auftauens von Seen	Die Verfolgung des jährlichen "ersten Gefrierens" und "ersten Auftauens" des Eises auf Bergseen sollte durchgeführt werden, um langfristige Veränderungen aufgrund des Klimawandels zu erkennen.
Klimawandel: Gletscher	Überwachung der Verringerung der Größe von Gebirgsfeldschern	Das Ausmaß und die Geschwindigkeit des Rückgangs von Gebirgsfeldschern, der Schmelzwasserstau in Gletscherseen und das Überflutungspotenzial von Seen aufgrund des Klimawandels sollten verfolgt werden. Es sollte eine Bewertung des Risikos erhöhter Gefahren durch Steinschlag und destabilisierte Moränen infolge des Gletscherrückgangs und des Auftauens des Permafrosts vorgenommen werden.
Klimawandel: Prozessänderungen an der Küste	Überwachung der Veränderung des Zustands von Küsteneigenschaften	Es sollte eine Bewertung der Auswirkungen des steigenden Meeresspiegels und des Eindringens von Salzwasser ins Landesinnere sowie der vorhergesagten verstärkten Stürme an den Küsten vorgenommen werden, einschließlich erhöhter Gefahren durch Felsstürze oder Erdrutsche an Steilküsten als Grundlage für mögliche Managementmaßnahmen
Klimawandel: Fluviale Prozessänderungen	Überwachung der Veränderung des Zustands von Flusssystemen	Die Auswirkungen stärkerer Stürme in den Einzugsgebieten und flussabwärts sollten überwacht werden, um eine Reaktion des Managements auf veränderte Landformen, Erosionsraten oder andere Auswirkungen zu bestimmen.
Klimawandel: Permafrostveränderungen	Überwachung der Veränderung des Zustands von Permafrostgebieten	Das Schmelzen des Permafrosts und die Auswirkungen auf die Landschaft des Schutzgebiets, die Zugangssysteme und Strukturen sollten verfolgt werden, einschließlich der Bewertung der erhöhten Gefahren durch Steinschlag oder Erdrutsche und der Auswirkungen auf die öffentliche Sicherheit.

Überwachungszyklus für fragile Merkmale, wie Travertin, wahrscheinlich gerechtfertigt, während ein viel längerer Zyklus von über zehn Jahren für Hartgesteinmerkmale erforderlich ist.

In Spanien wurde ein neuartiger Ansatz zur Überwachung und Betreuung von Stätten eingeführt. Dabei handelt es sich um ein landesweites Programm "Apadrina Una Roca" ("Adoptiere einen Felsen"), bei dem sich Freiwillige melden, um die Stätten jährlich zu besuchen und dem Geologischen Dienst Spaniens über etwaige Bedrohungen oder Vorfälle zu berichten (<http://www.igme.es/patrimonio/ApadrinaUnaRoca.htm>). Ein solcher Ansatz ersetzt zwar nicht die formelle Überwachung des Zustands der Stätten, kann aber eine Frühwarnung vor Bedrohungen oder einer signifikanten Verschlechterung des Zustands der Stätten liefern.

Ein weiteres Beispiel für ein erfolgreiches Programm ist die Zustandsüberwachung für Schutzgebiete in Großbritannien. Es basiert auf einer Reihe von gemeinsamen Standards (JNCC, 2019). Wignall (2019) liefert Details zur Methodik, wie sie auf Geo-Naturerbe-Merkmale in SSSIs in Schottland über den Zeitraum von 1999-2019 angewendet wurde. Von 666 überwachten Geo-Naturerbe-Merkmalen wurden 3 % irreversibel geschädigt, und 10 % erforderten Abhilfemaßnahmen, um sie in einen günstigen Zustand zu versetzen.

5. Identifizierung von Zonen zur Erleichterung der Verwaltung

Nicht jeder Teil des Schutzgebiets wird den gleichen Erhaltungswert haben und daher könnten unterschiedliche Managementregime notwendig sein, sofern diese das Gesamterhaltungsziel unterstützen. Wir empfehlen die Verwendung der IUCN-Schutzgebietsmanagementkategorien (Abschnitt 5.4) als geeignetes Instrument für die Zonierung. Zum Beispiel könnte ein Schutzgebiet der Kategorie III "Schutz des Geo-Naturerbes" von viel größeren Gebieten der Kategorie II oder V umgeben sein. In der Realität wird es Situationen geben, in denen es eine Reihe von bedeutenden Elementen des Geo-Naturerbes gibt, die innerhalb eines Schutzgebiets geschützt werden müssen, und mehrere Kernzonen und umgebende Pufferzonen werden der geeignetste Ansatz sein. Die Identifizierung und das Management von Kern- und Pufferzonen für Schutzgebiete des Geo-Naturerbes hängen von dem spezifischen Grund für die Ausweisung und damit von der Art des zu schützenden Gebietes ab. Es gibt wahrscheinlich einen wesentlichen Unterschied zwischen der Definition von Kern- und Pufferzonen für kleine, diskrete Gebiete - zum Beispiel zum Schutz eines bestimmten Geo-Naturerbes, wie ein nationales Denkmal - und großen Geotopen, die viele

Table 5.4. Geoheritage and the IUCN protected area management categories.

Nr.	Kategorienummer ; Name	Beschreibung	Exemplarisches Geo-Naturerbe	Foto
Ia	(Ia) Strenges Natur Reservat	Streng geschützt für die biologische Vielfalt und möglicherweise auch für geologische/geomorphologische Merkmale, wobei der Besuch, die Nutzung und die Auswirkungen des Menschen kontrolliert und begrenzt werden, um den Schutz der Erhaltungswerte zu gewährleisten	Surtsey, Island: 1963 entstandene Vulkaninsel, deren Zugang für die wissenschaftliche Forschung streng begrenzt ist	 © Roger Crofts
Ib	(Ib) Wildnis-gebiet	Gewöhnlich große unveränderte oder leicht veränderte Gebiete, die ihren natürlichen Charakter und Einfluss be halten, ohne dauerhafte oder signifikante menschliche Besiedlung, geschützt und verwaltet, um ihren natürlichen Zustand zu erhalten	Petrified Forest Wilderness Area, USA: Großes Areal mit fossilen Bäumen	 © José Briha
II	(II) National park	Large natural or near-natural areas proGroße natürliche oder naturnahe Gebiete zum Schutz großräumiger ökologischer Prozesse mit charakteristischen Arten und Ökosystemen, die auch umwelt- und kulturverträgliche spirituelle, wissenschaftliche, Bildungs-, Erholungs- und Besucherangebote bieten	Kilimanjaro National Park, Tanzania: Großer Zentralvulkan im Ostafrikanischen Grabenbruch	 © Roger Crofts
III	(III) Naturdenkmal	Gebiete zum Schutz eines bestimmten Naturdenkmals, das eine Landform, ein Meeresberg, eine Meereshöhle, ein geologisches Merkmal wie eine Höhle oder ein lebendiges Merkmal wie ein alter Hain sein kann	Jenolan Karst Conservation Reserve, Australia: Wichtige Höhlen mit Meeresfossilien aus dem Silur	 © Anne Musser
IV	(IV) Biotop-/Artenschutzgebi et mit Management	Gebiete zum Schutz bestimmter Arten oder Lebensräume, in denen das Management diese Priorität widerspiegelt; viele werden regelmäßige, aktive Eingriffe benötigen, um die Bedürfnisse bestimmter Arten oder Lebensräume zu erfüllen, aber dies ist keine Voraussetzung für die Kategorie	Isle of Rum, Scotland, UK: Vulkanische Formationen und periglaziale Landformen	 © Roger Crofts
V	(V) Geschützte Landschaft/ Geschütztes Marines Gebiet	Gebiete, in denen das Zusammenspiel von Mensch und Natur im Laufe der Zeit einen besonderen Charakter mit bedeutendem ökologischem, biologischem, kulturellem und landschaftlichem Wert hervorgebracht hat und in denen die Bewahrung der Integrität dieses Zusammenspiels für den Schutz und die Erhaltung des Gebiets und der damit verbundenen Naturschutz- und anderen Werte von entscheidender Bedeutung ist	El Hierro Geopark, Kanaren, Spanien: eine geologisch junge Insel mit gut erhaltenen vulkanischen Merkmalen, die mehrere Schutzgebiete der Kategorie V umfasst	 © http://c0.thejournal.ie/media/2014/04/el-hiero-390x285.jpg
VI	(VI) Ressourcen-schutzgebiet oder Kulturlandschaft mit Management	Gebiete, die Ökosysteme zusammen mit den zugehörigen kulturellen Werten und traditionellen natürlichen Ressourcenbewirtschaftungssystemen erhalten; im Allgemeinen groß, hauptsächlich in einem natürlichen Zustand, mit einem Anteil unter nachhaltiger natürlicher Ressourcenbewirtschaftung und wo eine nicht-industrielle natürliche Nutzung auf niedrigem Niveau, die mit dem Naturschutz vereinbar ist, als eines der Hauptziele angesehen wird	Great Barrier Reef National Park, Queensland, Australia: Allgemeine Nutzungszone Gross Morne World Heritage Site and National Park, Canada: Community Area (über 180.000 ha groß; angestammte Heimat des Mi'kmaq-Volkes)	 © fairfaxstatic.co.au

Merkmale vereinen und bei denen die Aufrechterhaltung des effektiven Funktionierens der Erdprozesse entscheidend ist. Im letzteren Fall müssen die abiotischen Prozesse auf der größeren Ebene des Ökosystems berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann die Erhaltung der Merkmale eines Flusstals wegen des Interesses und der Bedeutung für die Bio- und Geodiversität nicht aufrechterhalten werden, ohne sicherzustellen, dass das Wasserregime flussaufwärts des Schutzgebiets nicht unnatürlich radikal verändert oder durch menschliche Aktivitäten erheblich geschädigt wird. In ähnlicher Weise kann im Fall von geomorphologischen Merkmalen wie Höhlen ein Management menschlicher Aktivitäten im weiteren Wassereinzugsgebiet notwendig sein, um Merkmale von Interesse in Höhlensystemen flussabwärts zu schützen.

6. Bewertung potenzieller Möglichkeiten für Interpretation, Werbung und Geotourismus

Als Teil der Werbung, Interpretation und Bildung sollten Vorkehrungen für das Management von Besuchern an sensiblen Standorten eine angemessene Bewertung des Risikos und der Belastbarkeit beinhalten (siehe Abschnitt 8 für weitere Details). Nicht alle Geotope sind für den Geotourismus geeignet, z. B. aufgrund der Sensibilität des interessanten Merkmals, besonderer Gefahren oder anderer Managementeinschränkungen. Einige Standorte werden sehr empfindlich sein. Zum Beispiel müssen solche mit seltenen Fossilien und Mineralien vor den Aktivitäten kommerzieller Sammler und unverantwortlichem Fossilien sammeln geschützt werden, die das wissenschaftliche Interesse schädigen und die Möglichkeiten für weitere Forschungen verringern können. Andere Stätten sind möglicherweise anfällig für das Zertrampeln, wodurch zerbrechliche Formen wie neue Laven beschädigt und möglicherweise zerstört werden. Die Verwaltung des Zugangs durch Genehmigungssysteme oder begleitete Besuche sind offensichtliche Möglichkeiten, mit Empfindlichkeiten umzugehen, mit denen Schutzgebietsmanager gut vertraut sein werden. Wo ein kulturelles und/oder spirituelles Interesse an einer Stätte besteht, muss auch die Aufrechterhaltung des traditionellen Zugangs in Betracht gezogen werden. Bei Stätten, bei denen das Interesse an aktiven Prozessen besteht oder bei denen die Abschwächung von Gefahren für Besucher nicht praktikabel ist, wird eine Bewertung des erhöhten Risikos unerlässlich sein, ebenso wie die Umsetzung geeigneter Maßnahmen, einschließlich des Ausschlusses oder der Umleitung des Besucherzugangs und des Managements von Besuchererwartungen (siehe Abschnitte 5.3, 5.6 und 6.4).

Best Practice-Richtlinie Nr. 12: Befolgen Sie den zweistufigen generischen Rahmen zur Analyse des Erhaltungsbedarfs und der Planung und Umsetzung der Erhaltung, um den Schutz des Geo-Naturerbes in die Managementpläne für Schutzgebiete einzubeziehen.

5.2 Schutz des Geo-Naturerbes und Betrieb eines Schutzgebiets

Managementhandlungen für ein Schutzgebiet werden in Jacobs et al., 2015, ausführlich beschrieben. Dies beinhaltet Anleitungen zur Programmierung, Planung und Durchführung

von Aktionen. Der Betrieb wird als die “taktische Umsetzung von Projekten im Zusammenhang mit strategisch ausgerichteten Programmen” beschrieben, was im Grunde die meisten Maßnahmen in einem Schutzgebiet abdeckt. Ein Verständnis für die Interessen der Geowissenschaften ist besonders in der Planungsphase einer Aktion wichtig. Die meisten Schutzgebietsmitarbeiter mit Hochschulabschluss haben eine gewisse Hintergrundausbildung in Geowissenschaften genossen, entweder in der Sekundarschule oder als Studienfach. Einige Ranger sind als Geowissenschaftler ausgebildet und arbeiten neben Botanikern, Zoologen, Anthropologen und anderen Fachkollegen in Schutzgebieten. Es gibt viele Einsatzgebiete, in denen ihr geologisches Fachwissen und ihre Ausbildung genutzt werden können (Tabelle 5.3).

Best Practice-Richtlinie Nr. 13: Verwenden Sie einen systematischen Ansatz zur Steuerung der Managementmaßnahmen, einschließlich der Eignung von Materialien für Wege und Gebäude, Sicherheitsüberprüfungen der wichtigsten Gefahren und der Auswirkungen des Klimawandels.

5.3 Anwendung der IUCN-Schutzgebietsmanagementkategorien auf den Schutz des Geo-Naturerbes

Die IUCN identifiziert sechs Schutzgebietskategorien (eine mit Unterteilung), je nachdem, wie das Gebiet verwaltet wird; Dudley (2008) liefert eine Begründung und Stolton et al. (2013) weitere Details. Wichtige Merkmale und Prozesse des Geo-Naturerbes können in allen Schutzgebietskategorien vorkommen (Tabelle 5.4).

Schutzgebiete, die für die Geodiversität und das Geo-Naturerbe wichtig sind, gibt es in allen Kategorien, obwohl einige Managementkategorien eher auf Gebiete angewendet werden, die ausschließlich oder hauptsächlich wegen ihrer geologischen oder geomorphologischen Bedeutung eingerichtet wurden. Kategorie Ia, strenges Naturschutzgebiet, kann eine wichtige Option für Gebiete mit einem sehr empfindlichen Geo-Naturerbe sein. Felsen und Landformen sind manchmal empfindlicher als lebende Vegetation, da sie weniger leicht zu ersetzen sind, wenn sie degradiert sind. Reservate, die Fossilienvorkommen schützen, die für die Erforschung der Erdgeschichte wichtig sind, könnten der Kategorie Ia angehören, in der Besucher nur auf eingeschränkten Pfaden oder Holzstegen Zugang haben. Einige große Nationalparks der Kategorie II sind vor allem wegen ihrer geologischen Erbeigenschaften ausgewiesen. Kategorie III, Nationales Naturdenkmal, ist wahrscheinlich für Geotope nützlich, da sie im Allgemeinen Orten mit einem bestimmten Merkmal zugeordnet wird, wie z. B. einer Höhle, einer Felsformation oder einem Mineralienaufschluss. Kategorie IV, die auf den Schutz von Arten und Lebensräumen abzielt, ist in der Regel nicht so geeignet für Geotope, kann aber dennoch Orte mit Felsaufschlüssen, Klippen oder anderen Merkmalen umfassen, die Lebensräume bieten; Gebiete mit besonderen Mineralien, Böden oder Gesteinsarten (z. B. Kalkstein), die spezialisierte Lebensräume und Arten unterstützen; oder Landformen und geomorphologische Prozesse, die eine Vielfalt von Lebensräumen und Arten oder Störungsregime unterstützen. Landschaftsschutzgebiete und Gebiete mit nachhaltiger



Foto 5.11 Spektakuläre Landschaft, in der die Gletscheraktivität das darunter liegende magmatische und metamorphe Gestein freigelegt hat. Torres del Paine National Park, Chile. © Graeme L. Worboys



Foto 5.12 Der heilige Berg Uluru in Zentralaustralien. © John Gordon

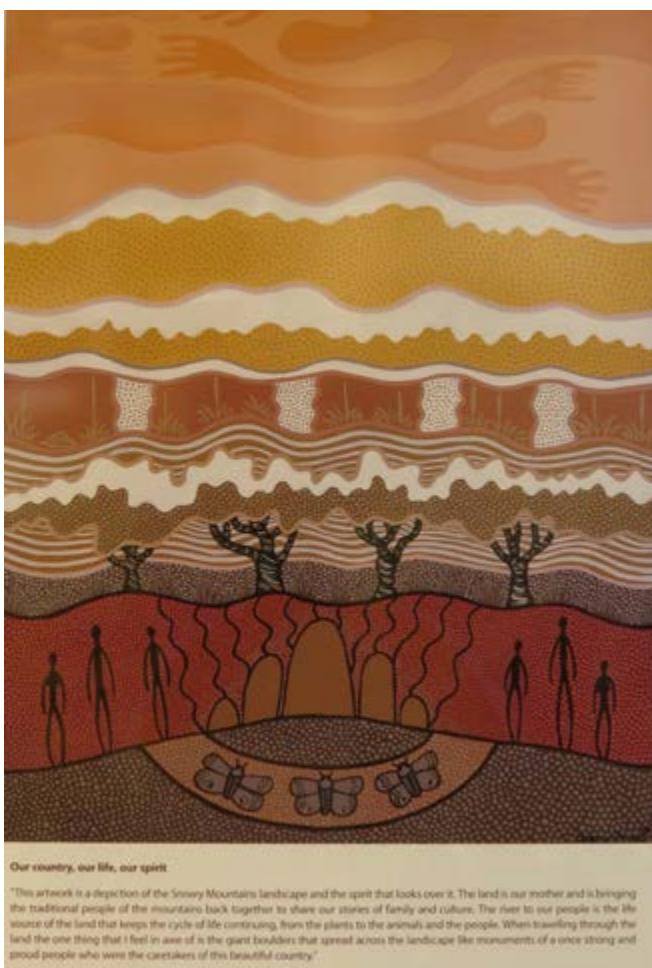


Foto 5.13 Aborigine-Darstellung der Landschaft der Snowy Mountains, New South Wales. © Roger Crofts

Nutzung (Kategorien V bzw. VI) werden ebenfalls seltener für Gebiete verwendet, die in erster Linie dem Schutz des Geo-Naturerbes gewidmet sind, obwohl sie in Fällen geeignet sein können, in denen die Geologie oder die traditionelle Nutzung von Gesteinen oder Mineralien beispielsweise zur Entwicklung einer Kulturlandschaft beigetragen hat.

Allgemeiner ausgedrückt: Schutzgebiete mit vielen Werten, die zufällig auch Geo-Naturerbe beinhalten, können in jeder Kategorie gefunden werden. Der Thingvellir-Nationalpark, Island (Kategorie II), ist als ein Gebiet bekannt, in dem sich die nordamerikanische und die eurasische tektonische Platte auseinander bewegen, aber er hat auch einen enormen kulturellen Wert in Island als Schauplatz des ersten Parlaments, des Althing, und ist aus diesem Grund in die Liste des Welterbes aufgenommen worden (siehe Foto 4.6). Die Isle of Rum, Schottland (Kategorie IV), wurde ursprünglich wegen ihres einzigartigen und wertvollen geologischen Erbes als Naturschutzgebiet eingerichtet, ist aber auch eine kritisch wichtige Brutkolonie für den Manx-Sturmtaucher (*Puffinus puffinus*) und hat eine wichtige und viel untersuchte Herde von wilden Rothirschen (*Cervus elaphus*). Zona Volcánica de la Garrotxa, Spanien (Kategorie V), hat neben seiner wichtigen Rolle bei der Erhaltung traditioneller Kulturlandschaften und der damit verbundenen Tierwelt eine einzigartige Landschaft mit erloschenen Vulkanen.

Einige der schönsten Naturlandschaften der Erde werden von spektakulären geologischen Formationen oder geomorphologischen Phänomenen dominiert, und viele von ihnen sind Schutzgebiete. Zum Beispiel ist der spektakuläre 180.000 ha große Torres Del Paine Nationalpark im Süden Chiles eine beispielhafte vergletscherte Landschaft, die einen dramatischen weißen Granitlakkolith freigelegt hat, der von einem metamorphen Sedimentgestein überdeckt wird. Andere Schutzgebiete, die beeindruckende geologische Merkmale aufweisen, wie der Uluru-Kata Tjuta Nationalpark in Australien, der Sagarmatha (Mount Everest) Nationalpark in Nepal, der Tongariro Nationalpark in Neuseeland und der Los Glaciares Nationalpark in Argentinien, sind in die Liste des Welterbes aufgenommen worden.

Aus der Perspektive des Schutzes des Geo-Naturerbes bietet die Betrachtung der sechs IUCN-Schutzgebietskategorien einen kurzen Weg, um darüber nachzudenken, wie ein bestimmtes Gebiet am besten verwaltet werden kann, um sein Potenzial zu maximieren, ohne die Werte zu zerstören, für die es ausgewiesen wurde. In Gebieten mit gemischten Werten kann dies eine Möglichkeit sein, die Manager an das gesamte Spektrum der Werte zu erinnern.

Best Practice-Richtlinie Nr. 14: Beurteilen Sie die Relevanz jeder der IUCN-Schutzgebietsmanagementkategorien bei der Einrichtung neuer Schutzgebiete für den Schutz des Geo-Naturerbes oder bei der Verbesserung des Managements bestehender Schutzgebiete für den Schutz des Geo-Naturerbes.

5.4 Einbeziehung der geistigen und kulturellen Werte des Geo-Naturerbes

Kulturelle und spirituelle Werte, die in vielen Kulturen nicht zu unterscheiden sind, wurden überall auf der Welt signifikant mit geologischen Merkmalen in Verbindung gebracht (siehe Verschuuren et al., in press, für Details). Für einen Großteil der menschlichen Geschichte waren die dominierenden Werte, die dem zugeschrieben wurden, was heute als Geo-Naturerbe gilt, im Wesentlichen kultureller und spiritueller Natur. Dies gilt auch für Nutzungswerte, die mit abgebauten Materialien wie Gesteinen, Mineralien oder Edelsteinen verbunden sind.

Die kulturelle und spirituelle Symbolik von Felsen und Steinen - wie Monolithen und Megalithen - ist außerordentlich reich und vielfältig auf der Erde. Darüber hinaus wird eine breite Palette von Edelsteinen in zahlreichen Ritualen und Zeremonien verwendet. Aus all diesen Gründen waren und sind zahlreiche geologische Merkmale in Kulturen auf der ganzen Welt von großer Bedeutung (Chevalier, 1969). Die Stabilität und Dauerhaftigkeit der meisten geologischen Merkmale macht sie zu einem Symbol für das, was jenseits der kurzen Zyklen der Natur liegt; und für das, was jenseits der menschlichen Erfahrung des Flusses der Zeit liegt und andere Äonen oder die Ewigkeit widerspiegelt. In vielen Kulturen werden Steine auch symbolisch mit Weisheit in Verbindung gebracht. Eis in seinen vielfältigen Formen fügt diesen Bedeutungen die Symbolik der Reinheit und Strenge hinzu.

Heiligkeit und spirituelle Kraft oder Bedeutung wurden zahlreichen Bergen, Höhlen, Brunnen, Flüssen, Felsen und



Foto 5.14 Buddhistischer Schrein in einer Höhle bei Wat Tham Sri Wilai, Thailand. © John Gunn



Foto 5.15 Felsenkloster St. Erzengel Michael, Bulgarien. © Roger Crofts

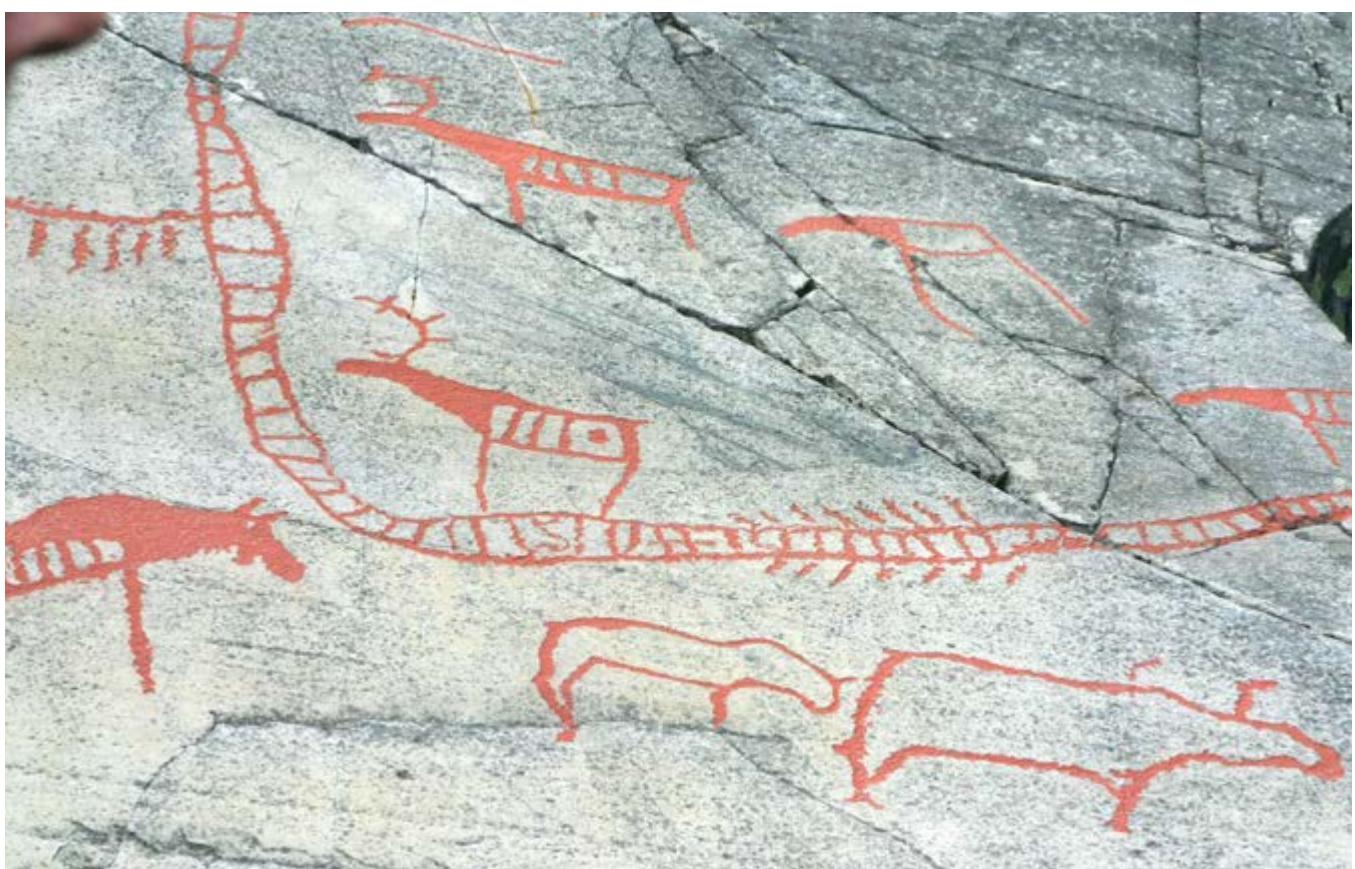


Foto 5.16 Symbole des Lebens, darunter Jagdszenen und Viehgehege, die in der Welterbestätte Alta, Finnmark, Norwegen, in den Fels gehauen wurden. © Roger Crofts



Foto 5.17 Musiker haben sich von Naturphänomenen inspirieren lassen, wie z.B. Fingal's Cave, Staffa, Schottland, die Mendelssohn zur Komposition seiner Hebriden-Ouvertüre inspirierte. © Roger Crofts

Kasten 5.2**Die geo-archäologische Stätte der etruskischen Nekropole von San Giuliano, Italien**

Die in den Fels gehauenen etruskischen Gräber in der Gegend von Barbarano Romano, 60 km nördlich von Rom, sind ein gutes Beispiel für die Wechselbeziehung zwischen geologischem Erbe und archäologischem Erbe. Das geschichtete Vulkangestein war relativ weich und ließ sich leicht bearbeiten für das Anlegen von Wegen und das Ausheben von Gräbern. Aus dem sechsten Jahrhundert v. Chr. sind zahlreiche etruskische Nekropolen, die unter dem Namen "San Giuliano" bekannt sind.

Der Tumulus von Caiolo und die Gräber, die 'Wagen' und 'Betten' genannt werden, sind die ersten die man antrifft, wenn man dem Pfad folgte, der in das tiefe Tal hinabführt, bevor man das Grab der Königin mit seiner 10 m hohen Fassade erreicht. Über einer seitlichen Treppe am Grab des Hirsches befindet sich eine einzigartige Skulptur in Flachrelief, die einen Kampf zwischen einem Hirsch und einem Wolf darstellt. Alle Gräber und Fährten stehen als Naturreservat Marturanum unter dem Schutz einer Behörde für die Erhaltung und Pflege des archäologischen Erbes der Region. Das Ziel der Verwaltung ist eine Kombination aus Umweltschutz und Erhaltung der archäologischen Überreste. Diese sind der Erosion durch abfließendes Wasser und Pflanzenwurzeln bedroht. Jeder Eingriff sollte daher zwischen dem Schutz des Gesamtsystems und der einzelnen Elemente abgewogen werden.

Die archäologische Komponente macht die Stätte für die Öffentlichkeit zugänglicher und fördert dadurch das Bewusstsein für diese geologische Stätte als Kulturgut. Das Vorhandensein von geo-archäologische Stätten trägt auch dazu bei, die Entwicklung des Geotourismus zu fördern.

Beitragende: Dario Mancinella

anderen Merkmalen zugeschrieben. Zum Beispiel haben allein in Finnland mindestens 76 Hügel, 74 Seen, 38 Berge, 36 Buchten, 22 Halbinseln, 18 Teiche, 16 Inseln, 15 Flüsse und 12 Schluchten entweder die Vorsilbe "pyhä" oder "hiisi" oder den Genitiv "hiiden", was "heilig" oder "heilig" bedeutet (Lounema, 2003).

Die folgenden Abschnitte enthalten einige Beispiele für kulturelle und spirituelle Attribute und Werte, die mit dem geologischen Erbe verbunden sind, ausgewählt aus der ganzen Welt und verschiedenen spirituellen Traditionen. Weitere Details finden Sie im Silene-Dokumentationszentrum.

Heilige Berge, oft mit begrenzter Vegetation und Fauna, kommen auf allen bewohnten Kontinenten vor (Bernbaum, 1997). Zu ihnen gehören die meisten der höchsten und elegantesten Vulkane (z. B. Mauna Kea, Hawaii, USA; Ol Doinyo Lengai/Sabuk, Tansania; und Fuji-San, Japan). Der große Monolith des Uluru, Australien, ist den Aborigines heilig. Der Mont Kailas in Tibet, China, wird von Buddhisten, Hindus und Jains verehrt. Die Sierra Nevada de Santa Marta, Kolumbien, wird von ihren traditionellen Bewahrern als "Herz der Welt" betrachtet. Der Machapuchare, Annapurna-Gebirge, Nepal, der Shiva geweiht ist, durfte nie bestiegen werden. Sri Pada (Adam's Peak), in Sri Lanka, empfängt buddhistische, hinduistische, christliche und muslimische Pilger. Jabal ar-Rahmah (Berg der Barmherzigkeit), Saudi-Arabien, ist Teil der muslimischen Großen Pilgerfahrt (Hajj). Tur Sinâ/Jabal Mûsâ (Berg Sinai), Ägypten, ist ein heiliger Berg für Judentum, Christentum und Islam, der mit der Offenbarung an den Propheten Moses verbunden ist. Agios Oros/Berg Athos, ist Teil einer einzigartigen lebenden christlichen Mönchsrepublik innerhalb Griechenlands, deren Hänge von Einsiedlern und Mönchen bevölkert sind, die sich dem Gebet und der Kontemplation widmen.

Viele wichtige **Höhlen und Karstphänomene** wurden als natürliche Heiligtümer genutzt, die in einigen Fällen die ältesten und beeindruckendsten Malereien und Skulpturen der Menschheit bewahren, wie z. B. Pont d'Arc, Frankreich, aus der Zeit um 30.000 vor Christus. Die Maya-Zivilisation nutzte zahlreiche Höhlen und Brunnen für Rituale, wie z. B. Actun Tunichil Muknal (Höhle des Steinernen Grabes), Belize. In Sri Lanka empfangen die Dambulla-Höhlen, ein Komplex aus fünf buddhistischen Höhlenschreinen, seit über zwei Jahrtausenden Pilger. Unzählige Hindus, buddhistische und christliche Eremiten und Mönche haben in Höhlen gelebt, um an abgelegenen Naturplätzen Asiens, Afrikas und Europas Weisheit zu erlangen.

Troglodytische Tempel und Schreine, die in Felsformationen gehauen wurden, sind ein weiteres auffälliges Merkmal, das überall auf der Welt zu finden ist. Beispiele aus untergegangenen Zivilisationen sind die der Nabatäer (z. B. in Petra, Jordanien) oder der Achämenidenkönige (Naqsh-e Rostam, Iran). Beeindruckende troglodytische Tempel sind noch in Gebrauch (z.B. die monolithischen Kirchen von Lalibela, Äthiopien). In die Berghänge des Xiangshan und Longmen Shan oberhalb des Yi-Flusses, China, wurde ein beeindruckender Schatz an buddhistischen Schnitzereien gehauen, der über 2.300 Höhlen und Nischen und 43 Pagoden umfasst, von denen die früheste aus dem fünften Jahrhundert n. Chr. stammt, der gleichen Zeit wie die Elephanta-Höhlen auf der Insel Gharapuri, Indien.

Felsen mit besonderen Morphologien werden in vielen Kulturen und Traditionen als spirituell und/oder kulturell bedeutsam angesehen. Die Beispiele reichen von großen Felsen, wie denen des Monument Valley, Utah-Arizona, USA, über Mesas (wie sie mit bestimmten indianischen Pueblos, New Mexico, USA, assoziiert werden) bis hin zu Klippen wie dem Bandiagara Cliff, Dogon



Foto 5.18 Die Verknüpfung von geologischem Erbe mit der nationalen Währung kann helfen, die Anerkennung des Schutzes zu erhöhen. Guilin Karst, Weltkulturerbe Südchinesischer Karst. © Roger Crofts

Land, Mali. In Nordskandinavien und Russland haben zahlreiche Felsformationen und Opfersteine eine lange Geschichte der Heiligkeit und sind für indigene Völker weiterhin von Bedeutung.

Schluchten und Wasserfälle werden rund um den Globus als spirituell bedeutsam angesehen. Die Iguazu-Wasserfälle in Brasilien-Argentinien, die heiligen Ganges-Wasserfälle in Indien, die Drei Schluchten des Jangtse-Flusses in China, die Engelsfälle im Canaima-Nationalpark im venezolanischen Amazonasgebiet und die Victoriafälle in Simbabwe sind nur einige herausragende Beispiele.

Edel- oder Halbedelsteine, Juwelen und Metalle mit zahlreichen kulturellen und/oder spirituellen Assoziationen werden seit prähistorischen Zeiten, vor allem für religiöse, medizinische und magische Zwecke, in den verschiedensten Kulturen verwendet. Die ayurvedische Edelsteintherapie ist in Indien immer noch weit verbreitet. Aus all diesen Gründen sind Belege für Langstreckentransporte von Edelsteinen, vulkanischen Gläsern, Gold, Silber usw. seit prähistorischen Zeiten weltweit dokumentiert (Piccardi & Masse, 2007).

In zahlreichen heiligen Schriften, die über 85 % der Menschheit beeinflussen, spielen einige geologische Elemente eine herausragende Rolle. Sowohl die Bibel als auch der Koran wurden in ariden oder wüstenartigen Ökosystemen geschrieben, in denen geologische Merkmale die Landschaft dominieren. Kein Wunder also, dass geologische Symbole und Metaphern häufig verwendet werden. In der Bibel wird

das Wort "Fels" etwa 150 Mal verwendet, wobei es sich häufiger als alles andere um einen Hinweis auf Gott handelt (Wellman, 2015). "Gott der Fels" erscheint in den Psalmen, im Deuteronomium und in mehreren prophetischen Büchern. Im Neuen Testament finden sich Hinweise auf das "Trinken aus einem geistlichen Felsen" und "der Fels war Christus" (1. Korinther 10,4). Die Kaaba, das würfelförmige Heiligtum, das dem Propheten Abraham/Ibrahim zugeschrieben wird, befindet sich in der Mitte der heiligen Moschee von Mekka, der heiligsten Stadt des Islam. In der östlichen Ecke der Kaaba liegt der berühmte Schwarze Stein, wahrscheinlich ein Meteorit, der "vom Himmel fiel" und seit Jahrhunderten von Pilgern verehrt wird. Die Offenbarung des Korans soll in einer kleinen Höhle des Berges An Nur begonnen haben, wohin sich Mohammed zurückzog. Die Reinheit, die sauberer Steinen und Sanden in der islamischen Tradition zugeschrieben wird, zeigt sich auch darin, dass beide für rituelle Reinigungen verwendet werden können, wenn Wasser fehlt.

Insgesamt verleiht eine große Vielfalt kultureller und spiritueller Werte vielen geologischen Merkmalen eine zusätzliche Bedeutung, von einzelnen Edelsteinen oder Steinen bis hin zu ganzen Landstrichen, sowohl auf als auch unter der Oberfläche der Erde. Diese Werte verbinden das Leben der gegenwärtigen Kulturen und Gemeinschaften mit der Bedeutung und Symbolik der dauerhaftesten Merkmale unserer irdischen Heimat und durch sie mit der Vergangenheit und den zukünftigen Generationen. Die kulturellen und spirituellen Verbindungen zwischen lokalen Gemeinschaften und Kulturen und ihrem

Tabelle 5.5. Monitoringarten und ihre Verwendung.

Art des Monitoring	Erfasste Monitoringinformationen	Auswertung und Nutzung	Begründung
Kontext	In welchem Zustand befindet sich das Geo-Naturerbe bzw. Phänomen und wie entwickelt sich sein Zustand? Ist es bedroht?	Wird verwendet, um festzustellen, ob ein Managementeingriff zum Schutz des vorhandenen Geotops oder Phänomens erforderlich ist.	Erforderlich für alle Geotope und spezifischen Merkmale und Prozesse.
Planung	Identifiziert Ziele und Maßnahmen, um diese zu erreichen.	Dient der sorgfältigen Identifizierung und Bewertung strategischer Managementziele und zugehöriger Maßnahmen, die für den Schutz des Geotops oder der vorhandenen Phänomene erforderlich sind.	Die Bewertung der Wirksamkeit der Planungsziele sollte eine routinemäßige Managementbewertung sein, die vielleicht alle 5 bis 10 Jahre stattfindet.
Inputs	Maßnahmen zum Schutz des Geo-Naturerbes benötigen Ressourcen Inputs, die typischerweise Menschen, Geldmittel und Materialien umfassen.	Die Bewertung wird verwendet, um sicherzustellen, dass die richtigen finanziellen Investitionen und personellen Ressourcen an die richtigen Orte und die richtigen Materialien für die Aufgabe geleitet werden, um diese zeitgerecht und kosteneffizient zu erfüllen.	Solche Bewertungen stellen sicher, dass die richtigen personellen und finanziellen Ressourcen zugewiesen wurden, um den Erfolg der Überwachung zu gewährleisten und sicherzustellen, dass die Zuweisung effektiv war.
Prozess	Die Bewertung von Managementsystemen und Verfahren ist ein wichtiger Teil des Schutzes des Geo-Naturerbes.	Dies gilt beispielsweise für Verfahren zur Bewältigung von Zwischenfällen wie Vulkanausbrüchen, Laharen und Erdbeben.	Die Überwachung der Angemessenheit von Verfahren und Systemen zur Bewältigung von Ereignissen und Zwischenfällen auf dem Geotop ist ein wichtiger Teil des Managements.
Outputs	Aufgrund der Planung, der Organisation der Inputs und der Prozesse kann die Effektivität der Outputs von geologischem Erbe bewertet werden.	Was getan wurde und welche Produkte und Leistungen für den Aufwand und die Inputs erreicht wurden, kann bewertet werden.	Das Monitoring der einzelnen Maßnahmen liefert wichtige Rückmeldungen für die Führungskräfte, insbesondere bei der Aufgabenerledigung. Es bietet eine Grundlage für ein adaptives Management.
Ergebnisse	Die Messung der Ergebnisse wird in der Regel anhand der ursprünglichen Planungsziele bewertet, sollte aber auch eine "Gesamtbeurteilung" berücksichtigen, wie der Schutz des Geo-Naturerbes durch die durchgeführten Managementmaßnahmen vorangetrieben wurde.	Die Ergebnismessung kann quantifiziert werden und bietet als solche unschätzbare Informationen für Organisationen, um den Erfolg nachzuweisen, sowie zur Verwendung bei unabhängigen Prüfungen der Managementeffektivität, die von der Regierung oder einem Vorstand verlangt werden.	Der Erhaltungsfortschritt für das Management eines Geo-Naturerbes oder eines Phänomens kann ermittelt und im Jahresbericht einer Organisation veröffentlicht oder für andere gesetzliche Berichtsanforderungen verwendet werden.

Kasten 5.3**Schutz des Geo-Naturerbes und Managementstrategien: Erfolgskomponenten aus zwei spanischen UNESCO Global Geoparks**

Eine Untersuchung zum Schutz des Geo-Naturerbes und der Managementstrategien zweier spanischer UNESCO Global Geoparks, Las Loras und Molina de Aragón-Alto Tajo , zeigt sechs entscheidende Komponenten für den Erfolg eines jeden Geoparks auf. Erstens, die Einrichtung einer Datenbank mit allen Aktionen und Aktivitäten, die im Geopark organisiert werden, durch das Management und die Partner. Zweitens hilft die Präsenz von Experten für den Schutz des Geo-Naturerbes innerhalb des Geopark-Personals, das Profil des Geo-Naturerbes zu schärfen und andere Mitarbeiter besser zu informieren. Drittens bietet die Erstellung und Umsetzung eines Aktionsplans zum Schutz des Geo-Naturerbes eine neue Grundlage für die Managementplanung und -maßnahmen. Viertens, die Existenz eines multidisziplinären Mitarbeiterteams schafft eine neue Dynamik. Fünftens werden Management- und Strategiepläne für die wichtigsten Aktivitäten des Geoparks - nämlich Bildung, Tourismus, Kommunikation und nachhaltige Entwicklung - fertiggestellt. Sechstens: Die Förderung eines partizipativen Managements mit Interessenvertretern und der lokalen Bevölkerung stellt ein Werkzeug für die Entwicklung des gesamten Gebiets dar.

Für weitere Informationen, siehe Canesin et al. (2020).

Mitwirkende: Thais de Siqueira Canesin, José Brilha, Enrique Díaz-Martínez

Table 5.6. Examples of geoheritage monitoring, evaluation and reporting.

Kategorie	Informationen zum Monitoring	Nutzung	Beispiele
Seismische Aktivität	Häufigkeit und Schwere der seismischen Aktivität	Wird verwendet für: Forschung, Festlegung von Besucherzugängen oder Schließungen und Notfallmaßnahmen.	Point Reyes National Seashore and Hawai'i Volcanoes National Park (USA), US Geological Survey
Vulkanausbrüche: saure Vulkane	Seismische Aktivität; Veränderung des epithermischen Verhaltens; Inhalt der Gasemissionen; steigendes oder fallendes Gelände	Verwendet für: Forschung, Bestimmung des Besucherzugangs oder Schließungen und Notfallmaßnahmen.	Yellowstone National Park (USA), US Geological Survey
Vulkanische Eruptionen: basische Vulkane	Seismische Aktivität; Lavodynamik; Eruptionsaktivität	Verwendet für: Forschung, Bestimmung des Besucherzugangs oder Sperrungen und Notfallmaßnahmen.	Hawai'i Volcanoes National Park (USA), US Geological Survey
Zustand von Gletschern	Satelliten-Fernerkundungsdaten zur Überwachung der Eigenschaften und des Zustands von Gletschern	Wird verwendet für: Bestandsaufnahme und Forschung, Auswirkungen des Klimawandels und vorsorgliche Berichterstattung über Gletscherdämme und das Potenzial für einen Zusammenbruch	ICIMOD (Internationales Zentrum für integrierte Gebirgsentwicklung) führt eine Bewertung für den gesamten Himalaya durch, auch für viele Schutzgebiete
Tsunami: von spezialisierten Organisationen durchgeführt, aber mit Schutzgebietsorganisationen verbunden	Schweres Erdbeben in einer Meeressumgebung	Verwendet für: Besuchersicherheit und Notfallmaßnahmen	Yellowstone National Park (USA), US Geological Survey
Vulkanische Gasemissionen	Gasgehalt und Konzentrationen	Hawai'i Küstenparks (USA), die häufigen Tsunamis ausgesetzt sind	Hawai'i Volcanoes National Park (USA), US Geological Survey
Lahar	Überwachung auf aktive Lahare nach Eruptionseignissen	Verwendung für: Notfall-Evakuierungs- und Straßenspermaßnahmen	Tongariro National Park (New Zealand)
Stabilität von Hängen	Überwachung von unsicheren Hängen, einschließlich Klippen und Rissen in Felsformationen	Verwendet für: Besuchersicherheit und Parkschließungsmaßnahmen	Dolomitenserien-Welterbestätten, (Europäische Alpen) Überwachung der Sicherheit von Bergsteigern in einem Umfeld des Klimawandels mit höheren Temperaturen, die sich auf hochgelegene Felswände auswirken
Höhlendachstabilität	Überwachung der Stabilität des Höhlendachs	Verwendet für: Besuchersicherheit und Entscheidungen über Höhlenschließungen	Manjanggul-Lavaröhrenhöhle (Republik Korea). Felssturz wurde mit hochauflösendem Getriebe oder Glasplatte überwacht
Höhlenspeläotheme	Identifizierung jeglicher Veränderung von Speläothemen gegenüber einer bekannten Basislinie	Verwendet für: Forschung und zum Schutz vor der Bedrohung durch Vandalismus	Baegnyong-Höhle (Republik Korea), wo durch fotografische Vorher-Nachher-Überwachung Veränderungen festgestellt wurden
Höhlenatmosphäre	Überwachung des Kohlendioxidgehalts in einer von Besuchern genutzten Höhle	Verwendet für: die Sicherheit der Besucher, insbesondere in Schauhöhlen	Das Schutzgebiet der Waitomo-Glühwürmchenhöhlen (Nordinsel, Neuseeland) verwendet ein automatisches, kontinuierliches Luftqualitätsüberwachungssystem.
Radioaktivität in Höhlen	Überwachung des Gehalts an radioaktivem Radongas innerhalb von Höhlen	Dient der Sicherheit von Arbeitern in Höhlen, insbesondere von Höhlenführern	Carlsbad Caverns National Park (USA)
Küstenmorphologie mit den Fossilienschichten des Welterbes Mistaken Point	Lidar-(Satelliten)-Überwachung des Zustands und der Entwicklung des Zustands der fossilen Küstenbetten	Wird alle 10 Jahre durchgeführt, um die langfristige Erosion der Stätte zu überwachen	Mistaken Point Welterbe-Areal (Neufundland und Labrador, Kanada)
Mistaken Point Begehungs-erosion von Fossilienschichten	Festpunkt und Fixpunkt Fotografie zur Beurteilung der Begehungs-erosion	Wird alle zwei Monate und nach größeren Stürmen durchgeführt.	Mistaken Point Welterbe-Areal (Neufundland und Labrador, Kanada)
Zustand des Great Barrier Reef und Trend des Zustands	Überwachung des physischen Zustands des Great Barrier Reefs	Wird nach größeren Ereignissen wie tropischen Wirbelstürmen und extremer Hitzebleiche von Universitäts- und Forschungsorganisationen durchgeführt. Bietet eine öffentliche Berichterstattung über den Zustand des Riffs.	Great Barrier Reef Marine Park (Queensland, Australia)

geologischen Erbe haben eine tiefe Bedeutung, die von Naturschützern nicht vernachlässigt werden sollte.

Es gibt viele Managementmechanismen, um sicherzustellen, dass die kulturellen und spirituellen Werte an Stätten angemessen geschützt werden. Dazu gehören der Einsatz von Wächtern aus der lokalen Gemeinschaft vor Ort, die die Stätte bewachen und als Dolmetscher für die kulturellen und spirituellen Interessen der Besucher fungieren, wie z.B. im Gwaii Haanas National Park mit seiner S'Gang Gwaay Welterbestätte, British Columbia, Kanada, und Zugangsbeschränkungen, um die spirituellen Werte der Stätte zu schützen, wie z.B. am Uluru in Australien. Weitere Details finden Sie in Verschuuren et al (im Druck).

Best Practice-Richtlinie Nr. 15: Beziehen Sie kulturelle und spirituelle Werte in die Zielsetzung und das Management von geologischen-Schutzgebieten ein und beziehen Sie gegebenenfalls das Geo-Naturerbe in Schutzgebiete ein, die für spirituelle und kulturelle Werte konzipiert sind.

5.5 Monitoring und Evaluierung von Geotopen

Das Monitoring von Geotopmerkmalen oder Elementen des Geo-Naturerbes kann für eine Reihe von Zwecken durchgeführt werden, u. a. um:

- den aktuellen Zustand und die langfristigen Trends von bestimmten Geotopen oder Merkmalen und Prozessen zu bewerten und darüber zu berichten (siehe Abschnitt 5.1)
- die Effektivität des Managements eines Standorts oder bestimmter Merkmale und Prozesse des Geo-Naturerbes zu bewerten; und
- Managementinformationen zur Überwachung, den Schutz und die Sicherheit des Standorts und spezifischer Merkmale und Prozesse bereitzustellen.

Die Monitoringdaten und die anschließenden Bewertungsinformationen können dann vom Management verwendet werden für:

- die offizielle Rechenschaftslegung gegenüber dem Managementplan und die Berichterstattung an Geldgeber und Management sowie an die Öffentlichkeit in Jahresberichten und anderen Unterlagen;
- die Sicherheitsberichterstattung und das Management des Zugangs; und
- die Überprüfung der Effektivität des Managements oder für bestimmte Eigenschaften des Geotops.

Viele Monitoring-“Nutzungs”-Typen wurden von Schutzgebietsorganisationen entwickelt (Tabellen 5.5 und 5.6). Diese werden hier als generische Monitoring- und Evaluierungsüberlegungen vorgestellt, wobei spezifische Beispiele angeführt werden. Es ist zu beachten, dass viele geologische Merkmale und Prozesse von spezialisierten Organisationen überwacht werden (z. B. einer staatlichen geophysikalischen Vermessungsorganisation oder einem Vulkanologen-Team), die mit Schutzgebietsorganisationen zusammenarbeiten. Es ist unwahrscheinlich, dass Schutzgebietsorganisationen entweder die Ressourcen oder

die technischen Möglichkeiten haben, um diese spezialisierten Überwachungsmaßnahmen selbst durchzuführen; stattdessen sind sie auf freiwillige Beiträge von Experten aus akkreditierten Quellen angewiesen. Darüber hinaus ist viel über Monitoring und Evaluierung in Bezug auf Naturschutzprojekte und -initiativen geschrieben worden, einschließlich der verschiedenen Zwecke des Monitorings, seiner Beziehung zum adaptiven Management und der Herausforderungen bei der Durchführung erfolgreicher Monitoringprogramme. Vieles von dem, was geschrieben wurde, ist auf das Monitoring von geologischen Erbeigenschaften anwendbar. Eine Zusammenfassung von Monitoring und Evaluierung im Zusammenhang mit dem Naturschutz finden Sie in Kapitel 10 in Groves & Game (2016).

Die Methoden, die zur Überwachung von Geotopen und ihren Merkmalen und Prozessen eingesetzt werden, müssen sorgfältig durchdacht und geplant werden. Sie werden in der Regel durch einen Überwachungsplan untermauert, der den Zweck des Monitoring, die Protokolle und Verfahren, die verwendet werden, und die Art und Weise, wie die Monitoringinformationen verwendet werden sollen, festlegt. Die Indikatoren werden so ausgewählt, dass sie zu der Informationssammlung passen, die von einer Organisation verwendet werden soll (d.h. nutzungsbasierte Evaluation). Eine häufige Falle für Menschen, die eine Evaluation in Betracht ziehen, ist, dass sie den Prozess mit dem Versuch beginnen, Indikatoren auszuwählen. Die Auswahl der Indikatoren erfolgt, nachdem die Entscheidung getroffen wurde, welche Informationen genutzt werden sollen. Die Indikatoren können dann so ausgewählt werden, dass sie zu den benötigten Informationen passen. Typischerweise werden Indikatoren ausgewählt, die “SMART” sind: „Specific, Measurable, Achievable/Attainable, Relevant and Timely“ (Spezifisch, messbar, erreichbar/erreichbar, relevant und zeitgerecht). Eine weitere Falle ist, dass ein Monitoring-Plan erst lange nach Beginn eines Projekts erstellt wird. Er muss ein integraler Bestandteil der ursprünglichen Projektplanung sein.

Um den anhaltenden Erfolg eines effektiven Monitorings zu gewährleisten, ist eine hochrangige Managementunterstützung in der Schutzgebietsorganisation erforderlich. Zu den Überlegungen zur Unterstützung durch die Leitung gehören sowohl bei kleinen als auch bei groß angelegten Monitoring-Projekten:

- Die Organisationen haben einen Überwachungs- und Evaluierungsplan vollständig unterstützt.
- Laufende Finanzierung wurde zugesagt.
- Personal mit den richtigen Fähigkeiten ist für das Management und die Durchführung des Monitorings eingestellt.
- Es wurden Systeme eingerichtet, um die Überwachungsinformationen zu nutzen.
- Das für das System verantwortliche Personal wurde eingearbeitet und geschult.

Dieser Ansatz betont die funktionale Beziehung zwischen den gesetzlichen Verantwortlichkeiten einer Organisation und der Überwachung, wie z. B. den kontinuierlichen Schutz des Geotops und all seiner wichtigen Aspekte sowie die Sicherheit der Besucher.

Best Practice-Richtlinie Nr. 16: Entwickeln Sie Überwachungsprogramme zur Beurteilung und Bewertung kritischer Merkmale und natürlicher Prozesse und passen Sie die Pläne entsprechend an (im Rahmen eines adaptiven Managements), um sicherzustellen, dass die Ziele zum Schutz des Geo-Naturerbes erreicht werden. .

5.6 Beispiele zum Schutzmanagement des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebiete

Die Kästen 5.3, 5.4 und 5.5 enthalten Beispiele für das Management des Schutzes des Geo-Naturerbes. Es gibt viele Beispiele, die anderswo veröffentlicht wurden; siehe Kapitel 19 bis 24 von Reynard & Brilha (2018) für Beispiele aus Äthiopien, Brasilien, der Republik Korea, Tasmanien (Australien), Colorado (USA) und Spanien. Die Zeitschrift *Geoheritage*, die von Springer herausgegeben und gemeinsam von ProGEO (The European Association for the Conservation of the Geological Heritage) und IUGS (International Union of Geological Sciences) produziert wird, hat Artikel zu Fallstudien aus der ganzen Welt.

Tabelle 5.7. Besuchersicherheit in vulkanischen Landschaften.

Eruptionen	Ausbrechende Vulkane sind faszinierend und inspirierend und können eine große Attraktion für Besucher sein. Vulkane mit basischen Laven, wie z. B. der Kilauea-Vulkan in Hawai'i (USA), sind relativ sicher und können zwischen heftigeren Eruptionen gleichmäßig ausbrechen. Aktive Vulkane mit zähflüssigeren und kieselsäurereichen Laven sind hochgefährlich und Besucher dürfen sich normalerweise nicht in ihrer Nähe aufhalten. Schutzgebietssperrungen werden vorgenommen, wenn die Bedingungen potenziell oder tatsächlich unsicher sind. Normalerweise gibt es eine enge Zusammenarbeit zwischen Vulkanologen und Schutzgebietsmanagern.
Lahare	Die Mischung aus vulkanischem Eruptivmaterial und Wasser hoch oben auf einem Vulkan ist sehr gefährlich und kann zu einer schnellen Abwärtsbewegung dieses schlammigen Materials führen, die als Lahar bekannt ist. Im Tongariro-Nationalpark in Neuseeland sind Lahare in der Vergangenheit aus dem Kratersee des Mount Ruapehu hervorgegangen. Der Vulkan wird überwacht, und es wurden Sicherheitswarnsysteme hangabwärts eingerichtet, wo die Öffentlichkeit betroffen sein könnte.
Erdbeben	Erdbeben unterschiedlicher Intensität sind typischerweise mit Eruptionen verbunden. Es kann bedeuten, dass einige Standorte in Schutzgebieten geschlossen werden müssen, da Zugangswege oder steile Hänge durch destabilisierte Felsbrocken, Hangbewegungen und eingestürzte oder gebrochene Straßen unsicher geworden sind.
Explosionen	Unvorhersehbare Explosionen bei Vulkanausbrüchen können als primäre Eruptionereignisse oder sogar als Wechselwirkung zwischen Grundwasser und heißem Magma auftreten. Dies ist ein Grund, warum viele Schutzgebiete während Eruptionen geschlossen sind. Die Manager müssen eng mit Vulkanologen zusammenarbeiten, um die Sicherheit der Öffentlichkeit und des Personals zu gewährleisten.
Gase	Kohlendioxid, Schwefeldioxid, Methan und andere Gase können an Vulkanen vorhanden sein, ob sie nun ausbrechen oder nicht. Die Konzentration und das Ausmaß dieser Gase ist ein Sicherheitsproblem für Besucher, und Bereiche müssen möglicherweise überwacht werden, wobei gegebenenfalls Sperrungen vorgenommen werden.
Orientierung	Steinhaufen werden verwendet, um die Besucher bei der Orientierung auf den Wanderwegen im Hawai'i Volcanoes National Park zu unterstützen, da regelmäßig auftretender dichter Bergnebel und magnetische Felder, die mit rezenter Basaltlava und unterirdischer geschmolzener Lava verbunden sind, einen Kompass unbrauchbar machen. Die Behörde stellt gute Karten zur Verfügung, die Wanderwege sind markiert und die Besucher werden vor Orientierungsproblemen gewarnt.
Schilder und Sicherheitsgeländer und Umzäunungen	Manager müssen die korrosive Natur einer Kombination aus vulkanischen Gasen wie Schwefeldioxid und Regen bei der Installation von Schildern und Sicherheitsgeländern und -zäunen berücksichtigen. Die Auswahl der Materialien ist entscheidend, denn viele Metalle haben unter diesen extremen Bedingungen eine kurze Lebensdauer, und Sicherheitsbarrieren aus dem falschen Material können mit der Zeit unsicher werden.

Kasten 5.4**Schutzmaßnahmen in vulkanischen Landschaften**

Aktive Vulkane sind spektakuläre geologische und geomorphologische Erscheinungen. Viele befinden sich innerhalb von Schutzgebieten und einige wurden in die Liste des Weltnaturerbes aufgenommen, wie der Hawai'i Volcanoes National Park (USA). Schutzgebietsverwalter, die für vulkanische Phänomene verantwortlich sind, wissen um die Unterscheidung zwischen saurem und basischem Vulkanismus und sind sich der unberechenbaren und gefährlichen Vulkane aus saurem Gestein bewusst, die Rhyolith-, Trachyt- und Andesitlaven aufweisen und wo pyroklastische "Nuée ardente"-Ereignisse auftreten können. Diese sich schnell abwärts bewegenden Wolken aus überhitzten feinen Fragmenten vulkanischen Materials hüllten das antike Pompeji ein und töteten viele seiner Bewohner. Manager, die für vulkanische Schutzgebiete verantwortlich sind, sorgen ständig für die Sicherheit der Besucher in der dynamischen vulkanischen Umgebung (Tabelle 5.7).

Kasten 5.5**Jenolan Karst Conservation Reserve, New South Wales, Australien**

Das Jenolan Karst Conservation Reserve (JKCR) an der Ostflanke der Great Dividing Range in Australien ist ein 3.085 Hektar großes Schutzgebiet, ein Wildtierreservat und ein Tourismusbetrieb. Das JKCR verfügt über ein ausgedehntes Höhlensystem in silurischem Kalkstein, das jährlich von über 200.000 Menschen besucht wird.

JKCR wird gemeinsam vom Jenolan Caves Reserve Trust und dem New South Wales National Parks and Wildlife Service (NPWS) verwaltet. Es ist Teil der Greater Blue Mountains World Heritage Area (GBMWHA), die für die Vielfalt und Einzigartigkeit der höhlenbewohnenden wirbellosen Tiere (spezifisch für JKCR) gelistet ist. Es hat die größten touristischen Höhlen in Australien und bietet kritischen Lebensraum für seltene, gefährdete und Reliktkarten und einzigartige oder endemische troglobitische/stygobitische Faunen.

**Fragen des Naturschutzes**

Zwei Merkmale sind von entscheidender Bedeutung. Erstens haben höhlenbewohnende wirbellose Tiere einen besonderen Naturschutzwert. Sie umfassen troglobitische und stygobitische Faunen, die vollständig von der Höhleumgebung abhängig und an die aktuellen Bedingungen in den Höhlen angepasst sind; schädliche Veränderungen der Höhleumgebung haben daher das Potenzial, diese Faunen ernsthaft zu beeinträchtigen. Zweitens ist das McKeowns-Tal (das Jenolan River Valley) ein weltweit bedeutendes Beispiel für die Aushöhlung von Tälern durch Karst durch Oberflächenflüsse.

Zu den Bedrohungen für die Geodiversität und die biologische Vielfalt gehören die mögliche Verschmutzung des Karsts und des Grundwassers, Feuer, Veränderungen der Hydrologie, Entwicklungsdruck und Risiken durch den Klimawandel. Zu den höhlenspezifischen Bedrohungen gehören künstliche Beleuchtung, Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen, Lärm, Absperrungen, Störungen durch die Öffentlichkeit und, im Falle von Fledermäusen, das Potenzial für die Einschleppung des Weißnasen-Syndroms. Alternde Infrastruktur, Verschlammung und Kiesansammlung im vom Menschen geschaffenen Blue Lake, Wartung der Wasseraufbereitungs- und Abwasserbehandlungsanlagen stellen allesamt Herausforderungen dar.

Managementziele und Innovationen

Der aktuelle Managementplan (Office of Environment and Heritage New South Wales, 2019) hat von neuen Vermessungsdaten profitiert und ermöglicht in Verbindung mit zusätzlichen Ressourcen die Überwindung vieler Bedrohungen. Zur Bewältigung höhlenspezifischer Bedrohungen wurden Beleuchtungssysteme aufgerüstet, um Licht- und Temperatureinflüsse zu minimieren; bei der Höhleninfrastruktur werden "Best Practices" befolgt (einschließlich der Installation von Geländern aus nichtrostendem Stahl); Höhlenzugangsgenehmigungen werden streng überwacht (der Zugang zu Höhlen ist nur mit einer orts- und datumsbezogenen NPWS-Genehmigung für akkreditierte Höhlenforscher möglich); und es wurden Pläne entwickelt, um die Einschleppung des Weißnasen-Syndroms an wichtigen Fledermaus-/Wallaby-Standorten zu verhindern.

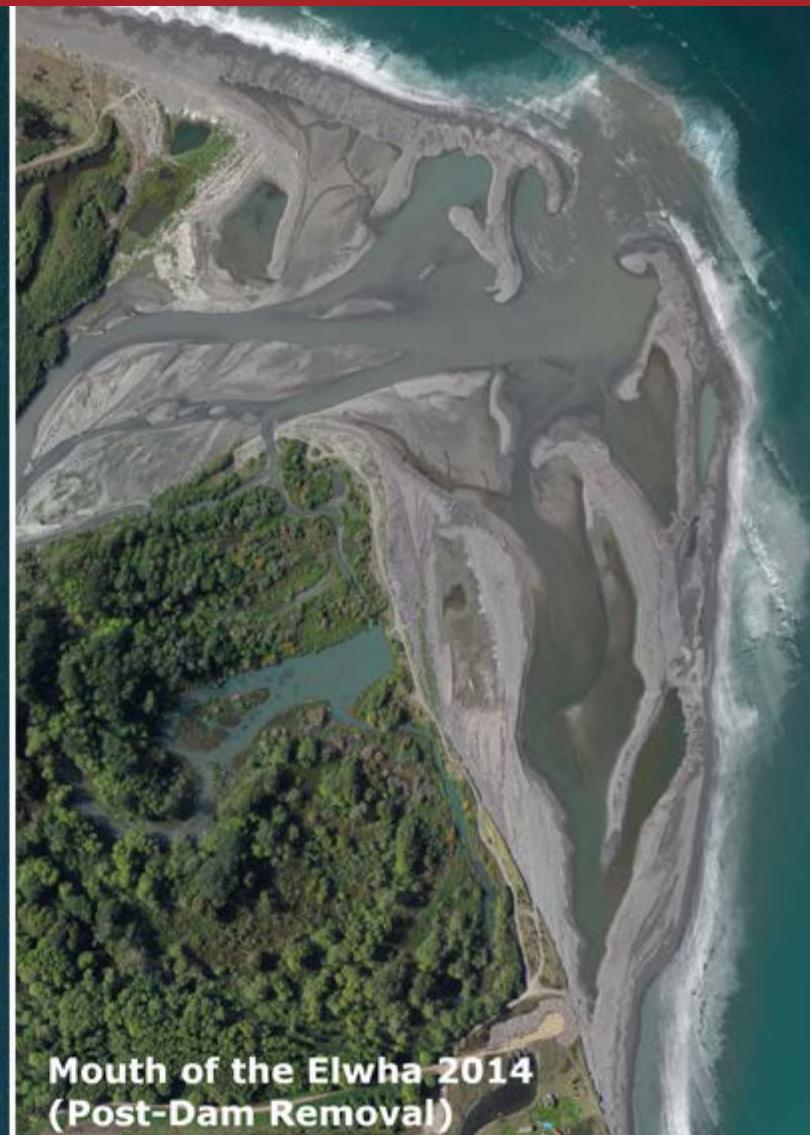
Mitwirkende: Anne M. Musser

Umgang mit Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten

6



**Mouth of the Elwha 2011
(Pre-Dam Removal)**



**Mouth of the Elwha 2014
(Post-Dam Removal)**

Die Entfernung eines Staudamms am Elwha River, Olympic National Park, Washington, USA, hat es dem Fluss ermöglicht, in seinen natürlichen Zustand zurückzukehren, in dem sich Sedimente gebildet haben und natürliche Prozesse wieder in Gang gesetzt wurden. © US National Park Service

Dieser Abschnitt beschreibt potentielle Bedrohungen des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten und den Umgang mit diesen. Die folgenden Themen werden behandelt:

- Konzepte der Empfindlichkeit und Vulnerabilität (6.1)
- Hauptgefahren (6.2)
- Leitlinien zur Bewertung von Risiken und Auswirkungen (6.3)
- allgemeine Leitlinien für das Management von Gebieten zum Umgang mit Gefährdungen aus neun bestimmten Quellen (6.4)
- Interaktion zwischen Geodiversität und Biodiversitätsschutz (6.5)

Viele menschliche Aktivitäten haben einen Einfluss auf die Landoberfläche der Erde. Hooke (1994) nutzte Daten zum natürlichen und vom Menschen verursachten Sedimenttransport, um zu dem Schluss zu kommen, dass "Menschen geomorphische Akteure sind. Sie bewegen riesige Mengen an Boden und Gestein und haben einen großen sichtbaren Einfluss auf die Landschaft.... Der Mensch ist wohl der wichtigste geomorphische Akteur, der derzeit die Oberfläche der Erde formt". In diesem Abschnitt werden die wichtigsten menschlichen Bedrohungen für Merkmale und Prozesse des Geo-Naturerbes beschrieben und Ratschläge für den Umgang mit ihnen gegeben. Die Analyse der Bedrohungen ist ein wesentliches Element des in Abschnitt 5 beschriebenen Managementplanungsprozesses.

6.1 Konzepte der Empfindlichkeit und Vulnerabilität

Ein weit verbreiteter Irrglaube über die Natur ist, dass Pflanzen und Tiere häufig gefährdet und anfällig für viele Bedrohungen sind, aber Felsen und Landformen als solide, robust und reichlich vorhanden und daher nicht schutzbedürftig eingestuft werden. Dies ist bei weitem nicht der Fall. Es gibt viele physikalische Merkmale, die sehr zerbrechlich und anfällig für menschliche Störungen sind. Ein Beispiel dafür ist die Leichtigkeit, mit der dünne Höhlenstalaktiten von Geotouristen in Schauhöhlen absichtlich oder versehentlich abgebrochen werden können. Vieles hängt hier von zwei Konzepten ab -

Sensibilität und Vulnerabilität. Sensibilität bezieht sich auf die Anfälligkeit eines Merkmals für Schäden und das Ausmaß, in dem es betroffen ist oder reagieren wird, während sich "Vulnerabilität" auf die Wahrscheinlichkeit von Schäden durch tatsächliche oder potenzielle menschliche Eingriffe bezieht. Einige Standorte sind sehr empfindlich, aber aufgrund ihrer abgelegenen Lage oder ihres physischen Schutzes nicht verletzlich.

Die Bewertung der Empfindlichkeit von Reliktmerkmalen (d. h. von solchen, die aus vergangenen Prozessen resultieren, die nun aufgehört haben) ist relativ einfach und basiert auf einer einfachen Bewertung des wahrscheinlichen Ausmaßes der Auswirkungen und des Verlustes des interessanten Merkmals (Tabelle 6.1). Bei aktiven geomorphologischen Systemen sind zusätzlich die Belastbarkeit des Systems und seine potenzielle dynamische Reaktion zu berücksichtigen, einschließlich einer längeren Neuanpassung (die zu einer Erholung führen kann oder nicht) oder einer Zustandsänderung (z. B. von einem verzweigten zu einem mäandrierenden Fluss) (Kirkbride & Gordon, 2010).

Tabelle 6.1 zeigt die 10-stufige tasmanische Geosensitivitätsskala, die von 1 (sehr empfindlich) bis 10 (sehr robust) reicht. Aktivitäten, die schwere Schäden an empfindlichen Standorten verursachen, können geringe Auswirkungen auf robustere Standorte haben. Einige Systeme sind in der Lage, sich selbst zu reparieren (z. B. Fußabdrücke

Tabelle 6.1. Die 10-Punkte-Skala der tasmanischen Geosensitivität (modifiziert nach Kiernan, 1996; Sharples, 2002).

1.	Werte, die empfindlich auf unbeabsichtigte Beschädigung allein durch diffuses, freies Passieren durch Fußgänger reagieren, selbst bei Sorgfalt (z. B. empfindliche Oberflächen, die unter dem Fuß zerdrückt werden können).
2.	Werte, die empfindlich auf die Auswirkungen von gezielterem Fußgängerverkehr reagieren (z. B. Erosion der Fußwege).
3.	Werte, die empfindlich auf Schäden durch wissenschaftliches oder hobbymäßiges Sammeln oder absichtlichen Vandalismus oder Diebstahl reagieren (z. B. einige Fossilien- oder Mineraliensammler).
4.	Werte, die empfindlich auf Schäden durch entfernte Prozesse reagieren (z. B. hydrologische Veränderungen flussaufwärts).
5.	Werte, die empfindlich gegenüber Schäden durch lineare Einwirkungen höherer Intensität sind (z. B. Fahrzeugspuren).
6.	Werte, die empfindlich gegenüber höherer Intensität, aber oberflächlicher Störung vor Ort sind (z. B. Bodenerosion aufgrund schlechter Landbewirtschaftung).
7.	Werte, die empfindlich auf absichtliche lineare oder allgemeine flache Aushubarbeiten reagieren (z. B. Entfernen von Baumstümpfen, Bau von kleinen Wällen).
8.	Werte, die empfindlich auf größere Abtragung oder Zugabe von Geomaterialien reagieren (z. B. Steinbruch).
9.	Werte, die nur auf sehr großräumige Konturänderungen reagieren (z. B. Staufen oder große Flusskanalierungen).
10.	Werte, die nur auf katastrophale Ereignisse empfindlich reagieren (z. B. große Erdrutsche oder Tsunamis).

Tabelle 6.2. Wichtigste anthropogene Bedrohungen für das Geo-Naturerbe in Schutzgebieten (angepasst aus Gordon & Barron, 2011; Brooks, 2013; Gray, 2013; Crofts & Gordon, 2015).

Gefährdungen	Beispiele für Einwirkungen auf das Geo-Naturerbe in Schutzgebieten
Urbanisierung, Bauwesen (einschließlich gewerblicher und industrieller Entwicklungen im Landesinneren und an der Küste), Infrastruktur und Anlagen für erneuerbare Energien	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zerstörung von Landformen und Freilegung von Sedimenten und Gesteinen ■ Fragmentierung der Standortintegrität und Verlust der Beziehungen zwischen den Merkmalen ■ Störung von geomorphologischen Prozessen ■ Zerstörung von Böden und Bodenstruktur ■ Veränderungen im Boden- und Wasserregime
Bergbau und Mineralienabbau (einschließlich Abbau in Tagebauen, Gruben, Steinbrüchen, Dünen und Stränden, Flussbetten, mariner Gesteinsabbau und Tiefseebergbau)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Zerstörung von Landformen und Freilegung von Sedimenten und Gesteinen ■ Fragmentierung der Standortintegrität und Verlust der Beziehungen zwischen den Merkmalen ■ Störung von geomorphologischen Prozessen ■ Zerstörung von Böden und Bodenstruktur ■ Veränderungen im Boden- und Wasserregime
Änderungen in der Landnutzung und -bewirtschaftung (einschließlich Land- und Forstwirtschaft)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beschädigung der Landform durch Pflügen, Bodennivellierung und Entwässerung ■ Verlust der Sichtbarkeit der Landform und des Aufschlusses sowie des Zugangs zu den Aufschlüssen ■ Stabilisierung von dynamischen Landformen (z. B. Sanddünen) ■ Bodenerosion ■ Veränderungen der Bodenchemie und des Bodenwasserregimes ■ Bodenverdichtung und Verlust von organischer Substanz
Küstenschutz und Flussmanagement und -bau (einschließlich Dämme und Wasserentnahme)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beschädigung von Landformen und Aufschlüssen von Sedimenten und Gesteinen ■ Verlust des Zugangs zu Aufschlüssen ■ Störung von geomorphologischen Prozessen ■ Hemmung der Erosion lässt Aufschlüsse degradiert werden
Offshore-Aktivitäten (einschließlich Baggerarbeiten, Schleppnetzfischerei, Entwicklung erneuerbarer Energien, Kohlenwasserstoffausbeutung und Abfallentsorgung)	<ul style="list-style-type: none"> ■ physische Schäden an Landformen und Sedimenten des Meeresbodens ■ Störung der küstennahen und küstenfernen geomorphologischen Prozesse
Freizeitgestaltung und Geotourismus	<ul style="list-style-type: none"> ■ physische Beschädigung von Landformen, Gesteinsaufschlüssen, Prozessen und Böden (Verdichtung) durch Besucherdruck ■ Fragmentierung der Standortintegrität ■ Erosion von Fußwegen und andere lokale Bodenerosion und Verlust von organischer Bodensubstanz
Klimawandel Meeresspiegelanstieg (anthropogene Ursachen) Wiederherstellung von Gruben und Steinbrüchen (einschließlich Deponen) Stabilisierung von Felswänden (z. B. Straßeneinschnitte) mit Netzen und Beton Verantwortungsloses Sammeln von Fossilien und Mineralien sowie Gesteinsbohrungen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Änderungen der aktiven Systemprozesse ■ Änderungen im Systemzustand (Stabilisierung oder Übergang zu einem aktiven Zustand) ■ Verlust von Merkmalen, wie Eiskappen, Gletscher und periglaziale Prozesse
Meeresspiegelanstieg (anthropogene Ursachen)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Beeinträchtigung der Sichtbarkeit und des Zugangs zu Küstenaufschlüssen und Aufschläßen durch Überflutung ■ Verlust von Aufschlüssen durch verstärkte Erosion ■ Veränderungen der Küstenlandschaften ■ Verlust aller oder wesentlicher Teile von Schutzgebieten ■ Entstehung neuer Merkmale (z. B. durch Sturmfluten)
Wiederherstellung von Gruben und Steinbrüchen (einschließlich Deponen)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verlust von Aufschlüssen und natürlichen Landformen
Stabilisierung von Felswänden (z. B. Straßeneinschnitte) mit Netzen und Beton	<ul style="list-style-type: none"> ■ Verlust von Aufschlüssen
Verantwortungsloses Sammeln von Fossilien und Mineralien sowie Gesteinsbohrungen	<ul style="list-style-type: none"> ■ physische Beschädigung von Gesteinsaufschlüssen und Verlust von Fossilaufzeichnungen und Kontext

an einem Strand, die von der nächsten Flut erodiert werden), während andere Veränderungen irreversibel sind, weil die Prozesse, die sie geschaffen haben, in diesem Gebiet nicht mehr funktionieren (z. B. glaziale Landformen in Gebieten, in denen es keine Gletscher mehr gibt). Insgesamt besteht der größte Bedarf an sorgfältigem Management und Schutz an Orten, die sowohl empfindlich als auch anfällig für menschliche Störungen sind.

An der Landoberfläche laufen viele natürliche Prozesse ab, wodurch Sedimente erodiert, transportiert und abgelagert werden. Auch diese natürlichen physikalischen Prozesse müssen oft geschützt werden, denn beim Schutz des Geo-Naturerbes geht es nicht nur darum, statische Standorte zu schützen, sondern auch dynamischen Prozessen Raum zu geben, damit sie innerhalb ihrer natürlichen Variabilität weiterlaufen können. Menschliche Aktivitäten können sich jedoch auf die Geschwindigkeit dieser Prozesse auswirken, z.B. durch Rodung von Vegetation und dadurch erhöhte Abflussraten in Flüsse und verstärkte Bodenerosion. In diesen Fällen sollte der Schutz des Geo-Naturerbes darauf abzielen, die Prozesse durch nachhaltiges Land- und Wassermanagement wieder in ihre natürliche Variationsbreite zurückzuführen (Abschnitt 6.3).

Best Practice-Richtlinie Nr. 17: Verwenden Sie die Konzepte der Empfindlichkeit und Vulnerabilität, um die Bedrohungen und deren potenziellen Auswirkungen auf die Merkmale und Prozesse des Geo-Naturerbes zu bewerten.

6.2 Wichtigste Bedrohungen

Natürliche Prozesse können zum Verlust von Geodiversität führen (z. B. Küstenerosion, die zum Einsturz eines Felsturms oder eines natürlichen Bogens führt). Dies sollte als Teil der natürlichen Entwicklung der Landschaft akzeptiert werden - der fortgesetzte Betrieb der Prozesse wird neue Stapel oder Bögen schaffen. Von größerer Bedeutung für Manager sind vom Menschen verursachte Auswirkungen, die zu einer oder mehreren der folgenden allgemeinen Auswirkungen führen können:

- vollständige Zerstörung eines Geotops;
- teilweiser Verlust oder physische Beschädigung eines Geotops;
- Fragmentierung des Merkmals von Interesse;
- Verlust der Sichtbarkeit (z. B. durch Vegetationsbewuchs);
- Verlust des Zugangs;
- Unterbrechung von natürlichen Prozessen und Auswirkungen außerhalb des Geländes;
- Verschmutzung;
- Verlust der Natürlichkeit; und
- visuelle Beeinträchtigungen (z. B. Graffiti).

Tabelle 6.2 enthält eine Liste spezifischer Gefährdungen mit Beispielen für die Auswirkungen auf das Geo-Naturerbe in Schutzgebieten. Der Rest dieses Kapitels umreißt die Bedrohungen, Belastungen und Auswirkungen und bietet empfohlene Managementansätze und Quellen zur praktischen Anleitung. Für weitere Details siehe Gray (2013).

6.3 Umgang mit den Bedrohungen: Abschätzung von Risiko und Auswirkungen

Standorte und Merkmale sind unterschiedlich empfindlich gegenüber verschiedenen Arten menschlicher Aktivitäten. Die Bestimmung der wahrscheinlichen Auswirkungen und der Möglichkeiten, auf potenzielle Bedrohungen zu reagieren, ist ein wichtiger Bestandteil des Gebietsmanagements.

Risikobewertungen und die Festlegung von Prioritäten für Managementmaßnahmen müssen durchgeführt werden, um die Wahrscheinlichkeit und die potenziellen Auswirkungen verschiedener Arten menschlicher Aktivitäten und natürlicher Veränderungen zu bestimmen. Hier sollten die Prinzipien und die Methodik der strategischen Umweltprüfung und der Umweltverträglichkeitsprüfung angewendet werden. Beachten Sie, dass bei dynamischen Systemen auch Aktivitäten außerhalb des Schutzgebietes Auswirkungen auf dieses haben können.

6.4 Umgang mit Bedrohungen: Best-Practice-Richtlinie zu wichtigen Themen

Die Auswirkungen spezifischer Bedrohungen für Geotope werden im Folgenden skizziert, zusammen mit Hinweisen zu Managementprinzipien und -ansätzen. Praktische Anleitungen und Arbeitsbeispiele finden Sie in Prosser et al. (2006), die eine umfassende Anleitung für das Management von Gebieten auf der Grundlage der Erhaltungsziele für die drei Hauptkategorien von Geotop geben: Aufschluss/Extensivität, Integrität und Endlichkeit (Abschnitt 5.2 und Tabelle 5.1). Beispiele für die Anwendung dieses Leitfadens auf Schutzgebiete für Höhlen- und Karstgebiete, Gletscher- und Periglazialgebiete (d. h. solche, die durch Gefrier-/Tauprozesse entstanden sind), paläontologische und mineralogische Interessen sowie vulkanische Gebiete finden sich in Abschnitt 7. Im folgenden Text wird auch auf zusätzliche Handlungsempfehlungen verwiesen, wo diese existieren (z.B. für das Management von Flüssen und Küsten). Außerdem sind mehrere Fallstudien enthalten (Kästen 6.1-6.7; und siehe auch Kasten 4.5). Es sollten immer naturbasierte Lösungen in Betracht gezogen werden (d. h. solche, die versuchen, die Natur nachzuahmen oder sie wiederherzustellen, wo dies angemessen und möglich ist). Die IUCN hat die erste Ausgabe eines globalen Standards für naturbasierte Lösungen veröffentlicht (IUCN, 2020).

Mineralienabbau und Wiederherstellung von Steinbrüchen

Alte Bergwerke innerhalb von Schutzgebieten können Sicherheits- und Umweltprobleme aufwerfen. Oft sind vertikale Schächte und Mineneingänge freigelegt und diese gefährlichen historischen Merkmale benötigen Sicherheitszäune oder Schutzkappen, um Besucher vor Unfällen zu schützen. In vielen Bergwerken wurden sulfidische Erze wie Blei, Kupfer und Zink abgebaut, und das aus diesen alten Gruben abfließende Grundwasser ist in der Regel säurehaltig und giftig für Gewässer und Tiere. Arsenhaltige Sulfide stellen aufgrund ihrer Giftigkeit ein besonderes Problem dar. Typischerweise werden Schutzgebietsbehörden mit anderen Organisationen, wie z.B. einer Bergbaubehörde oder einer Umweltschutzbehörde, für die Sanierung solcher giftigen Wasserverschmutzungen



Foto 6.1 Durch den Abbau entstehen neue Aufschlüsse für Geologen, vor allem seltene Gesteine des Meerestals, wie im Troodos-Nationalpark auf Türkisch-Zypern zu sehen. Der Schutt kann gefährlich sein und der Zugang muss geregelt werden. © Roger Crofts



Foto 6.2 Eine Illustration, die zeigt, dass ein Steinbruch, der genehmigt wurde, bevor ein Gebiet den Status eines Schutzgebietes erhielt, gestoppt oder Erweiterungen nicht genehmigt werden können, wenn das Geo-Naturerbe von ausreichender Bedeutung ist. Steinbruch Eldon Hill im Peak District National Park und der Castleton Site of Special Scientific Interest, England. Nach der Schließung des Steinbruchs im Jahr 1999 wurde der Zugang für Höhlenforscher freigegeben, die wichtige Speläotheme und Sedimentablagerungen entdeckt haben (siehe Person am Höhleneingang). © John Gunn

Kasten 6.1**Horn Park Quarry Site of Special Scientific Interest and National Nature Reserve, UK**

Der Horn Park Quarry, ein stillgelegter Steinbruch in der Nähe von Beaminster, Dorset, Großbritannien, ist ein Beispiel dafür, wie man nach Beendigung des Steinbruchs und nach Genehmigung der neuen Nutzung des Steinbruchs das Naturschutzzinteresse für Besucher und Wissenschaftler bewahren kann.

Horn Park Quarry SSSI und National Nature Reserve ist eine der berühmtesten und reichhaltigsten fossilführenden Lokalitäten in der Middle Jurassic Inferior Oolite Formation von Südwest-England, besonders bekannt für das einzigartige Metallbett und die vielfältige, gut erhaltene fossile Wirbellosenfauna, insbesondere Ammoniten.

Probleme beim Schutz des Geo-Naturerbes und ergriffene Maßnahmen

Der Horn Park Quarry stellt zwei bedeutende Herausforderungen für den Naturschutz dar (Larwood & Chandler, 2016).

Erstens: Da der Kalkstein weitgehend abgebaut wurde, ist die verbleibende fossile Ressource endlich und besonders anfällig für übermäßiges und illegales Sammeln. Zweitens erforderte die Erschließung eines Gewerbegebiets eine sorgfältige und sensible Planung, um repräsentative und zugängliche Aufschlüsse in der relevanten Stratigraphie zu erhalten.



Kastenförmige Schweißgitterabdeckung zum Schutz der freigelegten fossilführenden Schichten © Jonathan Larwood

zusammenarbeiten. Alte sulfidreiche Minenhalden stellen ein ähnliches Problem für den Abfluss der Verschmutzung dar.

Mineralien werden in der modernen Gesellschaft benötigt und ihre Gewinnung führt oft zu bedeutenden Freilegungen von Gesteinsschichten. Es gibt wenig Probleme, wenn das abgebaute Material großflächig ist und wenn die Auswirkungen eines Steinbruchs auf die Landschaft begrenzt sind. Am gravierendsten sind die Situationen, in denen seltene Böden, wichtige Landformen oder fossilführende Stätten von begrenzter Ausdehnung durch Oberflächenabbau zerstört werden. Leider kommt es in einigen Teilen der Welt auch zum illegalen oder unkontrollierten Abbau, das verwüstete und nicht wiederhergestellte Landschaften hinterlässt.

In den meisten Nationen ist der Bergbau in Schutzgebieten ausgeschlossen. Dies schließt alle Formen der Prospektion ein, wie z.B. Bohrungen und geophysikalische Untersuchungen. Dieses Verbot erstreckt sich bei Schutzgebieten, die auf diese Weise gesetzlich geregelt sind, bis zum Mittelpunkt der Erde, oder es kann auf die Tiefe beschränkt sein. Einige Schutzgebiete, darunter Wassereinzugsgebiete über sanft abfallenden Kohleflözen in der Nähe von Sydney, Australien, waren in ihrer Proklamation tiefenbeschränkt, was bedeutete, dass die Kohle in der Tiefe abgebaut werden durfte. Die Schutzgebietsmitarbeiter wurden mit Problemen der Oberflächenbewirtschaftung konfrontiert, wie z. B. verschwindende Bäche und austretendes Methangas, Probleme, die eine Reaktion der Regierung erforderten.

Neben den direkten Auswirkungen auf das Geo-Naturerbe und die Landschaft sind weitere mögliche Auswirkungen des Steinbruchs die Produktion von Abfallmaterial/Abraumhalden, die Verschmutzung durch Abraum, saure Minendrainage oder das Versagen von Dämmen, in denen Abfallmaterial gelagert wird, Lärm, Vibrationen oder Verkehr/Zugang, Auswirkungen auf Straßen und visuelle Auswirkungen von Anlagen und Maschinen.

Die Zusammenarbeit zwischen der IUCN und dem International Council on Mining and Metals hat zu Codes of Practice geführt (ICMM, 2003). Die wichtigste Verpflichtung ist: "Respektieren

Sie gesetzlich ausgewiesene Schutzgebiete und stellen Sie sicher, dass alle neuen Aktivitäten oder Änderungen an bestehenden Aktivitäten nicht unvereinbar mit dem Wert sind, für den sie ausgewiesen wurden" (ICMM, 2003). Die IUCN ist der Ansicht, dass keine Bergbauaktivitäten in einem Schutzgebiet stattfinden sollten (IUCN, 2016b).

Ein Beispiel für die Besorgnis über Bergbauaktivitäten in oder in der Nähe von Schutzgebieten ist das Bergwerk Los Frailes in Aznalcóllar, in der Nähe von Sevilla, Spanien. Im Jahr 1998 brach ein Abraumdamm, und 5 Millionen Kubikmeter giftiger Schlamm flossen in den Guadiamar-Fluss und umgingen nur knapp die wichtigen Feuchtgebiete des Doñana-Nationalparks, der zum Weltkulturerbe gehört. Eine 240-Millionen-Euro-Sanierungsmaßnahme war erforderlich. Infolgedessen wurde das Bergwerk geschlossen, durfte aber 2015 wiedereröffnet werden, wobei der Bau eines neuen Absetzdamms verboten wurde.

Einige Schutzgebiete leiden unter illegalem Bergbau, wie z. B. dem Goldabbau. Der Corcovado-Nationalpark in Costa Rica ist ein Beispiel, in dem handwerklicher Goldabbau an den Flussufern betrieben wurde und die umfangreichen Aktivitäten die Behörden zum Handeln veranlassten. Normalerweise wird bei solchen Maßnahmen die Polizei eingeschaltet. Wenn Schutzgebietsmanager das Geo-Naturerbe ihres Gebietes im Detail verstehen, besteht die Möglichkeit, illegale Aktivitäten vorherzusehen und im Vorfeld Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Illegale Bergbauschäden, einmal gestoppt, erfordern auch Aufräum- und Wiederherstellungsmaßnahmen, die von

geologischem und restauratorischem Fachwissen profitieren können.

Im Kakadu-Nationalpark in Australien wurde 1980 mit dem Uranabbau begonnen. Als der Nationalpark im darauffolgenden Jahr eingerichtet wurde, wurden die Bergwerke Ranger und Jabiluka aus dem Park ausgeklammert, sind aber vollständig von ihm umgeben. Zu den Bedenken gehört, dass noch 2009 täglich 100.000 Liter kontaminiertes Wasser aus einem Absetzbecken des Bergwerks in Gesteinsspalten unterhalb der Ranger-Mine austraten.

Die Planungsaufgaben erfordern normalerweise eine Wiederherstellung und Landschaftsgestaltung und sind oft mit einer Deponierung verbunden. Das Ergebnis ist der Verlust von geologischen Aufschlüssen. Ein frühzeitiger Dialog zwischen den Beteiligten (z. B. Steinbruchbetreibern, lokalen Behörden, Wissenschaftlern und Gremien zum Schutz des Geo-Naturerbes) ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass die Interessen des Geo-Naturerbes, wo dies möglich ist, in die Wiederherstellungspläne einbezogen werden, indem Orte eingerichtet werden, an denen die geologischen Merkmale erhalten, besichtigt und für Forschung, Bildung und Geotourismus interpretiert werden können (Kasten 4.5 und 6.1). Dazu können konservierte Abschnitte oder Abraumhalden gehören, die wichtige Mineralien enthalten. Wo dies möglich ist, sollte die Wiederherstellung von geologischem Erbe mit der von mineralischen Abbaustätten integriert werden, um die Artenvielfalt und den Lebensraum zu verbessern (z. B. das Programm "Nature After Minerals" in England, das von Natural England und der Royal Society for the Protection of



Foto 6.3 Der Straßenbau erleichtert den Touristen den Zugang zum Ngorongoro-Schutzgebiet in Tansania und seiner wichtigen Tierwelt, erhöht aber auch den Druck auf das Naturschutzmanagement des Gebiets. © Roger Crofts

Birds gemeinsam mit der Bergbauindustrie durchgeführt wird). In Ermangelung einer Gesetzgebung unterstreicht Prosser (2016) den Wert der "Entwicklung von Partnerschaften zum gegenseitigen Nutzen, die den positiven Beitrag der Mineralgewinnungsindustrie zu Geowissenschaft, Bildung und Naturschutz würdigen und gleichzeitig geologische Merkmale, Proben und Daten erhalten, die aus ihrem Betrieb stammen können."

Empfehlungen für das Steinbruchmanagement und die Wiederherstellung:

- einen frühzeitigen Dialog zwischen den Beteiligten sicherstellen, damit die Interessen des Geo-Naturerbes in die Wiederherstellungspläne einbezogen werden;
- den Zugang für die Erfassung und das Sammeln in aktiven Steinbrüchen zu sichern;
- Integration von Geo-Naturerbe und Biodiversitätswiederherstellung;
- Sicherung und Pflege von Schlüsselaufschlüsse oder Abraumhalden als Schutzgebiete unter Anwendung geeigneter Techniken;
- Kontrolle des Eindringens von Vegetation; und
- Entwicklung von Möglichkeiten zur Interpretation

Landentwicklung und Urbanisierung

Die Erschließung von Flächen für den Bau von Straßen, Häusern, Industrie und anderen Nutzungen kann enorme Auswirkungen auf das Geo-Naturerbe haben, indem natürliche Topographien umgestaltet, Bodenstrukturen beschädigt, geomorphologische Prozesse unterbrochen und die Hydrologie des Gebietes verändert werden, beispielsweise durch den Einbau von wenig durchlässigen Belägen. Bei der Errichtung neuer Gebäude in Schutzgebieten ist darauf zu achten, dass sie sich durch ihre Lage und Gestaltung harmonisch in das Landschaftsbild einfügen. Wo Straßen gebaut werden, sollten sie versuchen, mit der vorhandenen Topographie zu fließen und so gestaltet werden, dass umfangreiche Einschnitte und Aufschüttungen vermieden werden. Wo jedoch Einschnitte notwendig sind, sollten alle freigelegten geologischen Schichten für zukünftige Forschungen und Studien freigelegt werden, entsprechend der Anleitung in Prosser et al. (2006). In bestimmten Fällen kann eine teilweise Wiederherstellung nach Schäden durch den Ausbau möglich sein.

Empfehlungen für Management und Wiederherstellung:

- einen frühzeitigen Dialog zwischen den Beteiligten sicherstellen, damit die Interessen des Geo-Naturerbes in die Entwicklungs- und Wiederherstellungspläne einbezogen werden;
- den Zugang für Aufnahmen und Sammlungen während der Entwicklungsarbeiten zu sichern;
- Integration des Schutzes des Geo-Naturerbes mit der Wiederherstellung der Landschaft;
- die Sicherung und Erhaltung wichtiger Aufschlüsse oder Landformen als Schutzabschnitte oder -flächen unter Anwendung geeigneter Techniken; und
- Entwicklung von Möglichkeiten zur Interpretation.

Küstenmanagement und -schutz

Die Installation von Küstenschutzanlagen kann mehrere wichtige Auswirkungen auf die Geodiversität haben. Erstens sollen sie die natürliche Entwicklung der Küstenlinie verhindern. Zweitens können sie wichtige geologische Aufschlüsse an der Küste verdecken und damit für zukünftige Studien unzugänglich machen. Drittens können sie zur Stabilisierung aktiver Küstenlandformen, wie z. B. Dünen systemen, führen und den Austausch von Sediment zwischen Stränden und Dünen verhindern. In Burnie in Tasmanien, Australien, wurde zum Beispiel ein geschütztes geologisches Denkmal (bestehend aus präkambrischen Doleritdämmen) während eines Küstengewinnungsprogramms abgedeckt (C. Sharples, pers. Mitt.). Wo Küstenschutz notwendig ist, wird der Einsatz "weicher" Ingenieurmethoden empfohlen, wie z.B. die Auffüllung von Strandsand.

Zunehmend werden strategische Ansätze gewählt, die auf dem Verständnis von Prozessen auf der Skala regionaler Küstensysteme oder Küstenzellen basieren. Dies ermöglicht es, mögliche weiterreichende negative Auswirkungen zu berücksichtigen, Konfliktbereiche zu identifizieren und zu lösen und ein stärker integriertes Management durch Küstenmanagementpläne voranzutreiben. Während harter Schutz wahrscheinlich weiterhin benötigt wird, um wichtige Infrastrukturen zu sichern, werden andernorts zunehmend natürlichere Lösungen diskutiert und eingesetzt, sowohl aus Umwelt- als auch aus Kostengründen (Spalding et al., 2014; Cohen-Shacham et al., 2016; Williams et al., 2018; Morris et al., 2019); (siehe auch Abschnitt 5 und die IUCN/WCPA Natural Solutions Website). Ein gutes Beispiel für den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel in Mangrovensümpfen ist die Fallstudie 1.1 in Gross et al. (2016). Das Team der Science for Nature and People Partnership zum Thema Küstenschutz verfügt über hervorragendes Material zur Unterstützung von Schutzgebietsmanagern.

Strandaufschüttungen durch die Verbringung von Sand aus tiefer gelegenen Gebieten oder von der Küste und dessen Ablagerung auf dem Strand (oft in Kombination mit anderen Ansätzen) werden ebenfalls zunehmend eingesetzt. Es gibt eine umfangreiche Literatur zu nachhaltigen Lösungen für das Küstenmanagement; Williams et al. (2018) geben einen aktuellen Überblick.

Nearshore- und Offshore-Aktivitäten können auch nachteilige Auswirkungen auf küstennahe sowie küstenferne geologische Erbeigenschaften durch Schäden an Landformen oder die Störung natürlicher Prozesse haben. Siehe Spalding et al., 2014 und Pontee et al., 2016 für weitere Hinweise.

Empfehlungen für das Küstenmanagement und die Wiederherstellung:

- einen Ansatz für das Management von Küstenzellen annehmen;
- natürliche Hochwassermanagement- und Küstenschutztechniken anwenden;
- mit natürlichen Prozessen arbeiten und dabei minimale Eingriffe vornehmen (z. B. kontrollierte Neuausrichtung, Strandaufschüttung und Wiederherstellung der Verbindung zwischen Sedimentquellen und -senken), anstatt zu "fixieren und zu kontrollieren";



Foto 6.4 Küstenschutzmaßnahmen mit einem Seedeich, um die Erosion der Klippen zu stoppen, und Buhnen, um den Sand aufzufangen, kann an manchen Stellen notwendig sein, aber alternative weiche Ingenieurmethoden sollten zuerst ausprobiert werden. Folkestone, England. © Roger Crofts



Foto 6.5 Die Sandstabilisierung durch Bepflanzung mit einheimischen Gräsern ist eine hervorragende Methode. Doolough dunes nature site, Mayo, Ireland. © Roger Crofts



Foto 6.6 Der höchst umstrittene O'Shaughnessy-Damm, über dem Hetch Hetchy Valley im Yosemite National Park, Kalifornien, USA. Der Bau von Staudämmen und die Überflutung von Land ist ein langjähriges Problem in vielen Bergschutzgebieten. Abhilfe ist nur sehr begrenzt möglich, es sei denn, die Bauwerke können entfernt werden © Murray Gray



Foto 6.7 Einige der weltweit schönsten Beispiele für Terrassen, die durch Schmelzwasser aus der Gletscherzeit entstanden sind, liegen nun unter dem Wasser des Hálslón-Stausees, Island, dass sowohl flussaufwärts als auch -abwärts die Wasser- und Sedimentbewegung beeinflusst. Es gab sehr starken Widerstand gegen den Bau des Staudamms. Der Standort ist nun trotz heftigen Widerstands aus dem Vatnajökull-Nationalpark, Island, ausgeschlossen. © Roger Crofts



Foto 6.8 Donau und Kanal flussabwärts von Wien, Österreich, wurden zur Verbesserung der Schifffahrt begradigt. Im Nationalpark Donau-Auen wurden neue Maßnahmen zur Wiederherstellung der natürlichen Flutrinnen des Flusses ergriffen. © Roger Crofts

- Integration von Geodiversitäts- und Biodiversitätszielen; und
- die Infrastruktur von aktiven Küstenrändern weg zu verlegen oder zu verlagern.

Flussmanagement und -bau

Like coastal engineering, river engineering also impacts natural Wie der Küstenbau hat auch der Flussbau Auswirkungen auf natürliche Merkmale und Prozesse. Viele Flüsse wurden "kanalisiert, begradigt, eingedämmt, gestaut, umgeleitet, kanalisiert, ausgebaggert und von ihren Auen isoliert" (Gray, 2013). In jedem dieser Fälle oder in Kombination wird die Flussdynamik verändert und die natürlichen Flussbett-, Ufer- oder Auenlebensräume werden nachteilig beeinflusst.

Der Bau von Staudämme ist die schwerwiegendste Maßnahme zur Veränderung des Abflussregimes flussabwärts und zur Beeinträchtigung der Landschaft. Einer der umstrittensten Dämme in einem Schutzgebiet ist der O'Shaughnessy-Damm, der 1913 über das Hetch-Hetchy-Tal im Yosemite-Nationalpark, Kalifornien, USA, gebaut wurde, um San Francisco mit Wasser zu versorgen. Sein Bau war umstritten, und die Kontroverse wütet immer noch. Ein positiveres Beispiel ist die gegenteilige Maßnahme - die Entfernung von Dämmen - wie sie im Olympic National Park, Washington, USA, durchgeführt wurde. Zwei Dämme, der Elwha und der Glines Canyon, wurden entfernt. Sie wurden in den frühen 1900er Jahren gebaut, um Wasserkraft für die Holzindustrie und die lokalen Städte bereitzustellen. Der Bau der Dämme blockierte jedoch auch die Wanderung der Lachse flussaufwärts, störte den Sedimenttransport flussabwärts und überflutete die

historischen Heimatgebiete und Kulturstätten des Lower Elwha Klallam Tribe. 1992 änderte sich die Geschichte des Flusses, als der US-Kongress den Elwha River Ecosystem and Fisheries Restoration Act verabschiedete, der die Entfernung der Dämme erlaubte. Nach zwei Jahrzehnten der Planung begann 2011 mit dem Elwha-Damm die größte Staudammentfernung in der Geschichte der USA, gefolgt von der Entfernung des Glines-Canyon-Damms im Jahr 2014. Heute fließen der Elwha River und seine Sedimentfracht wieder frei von seinem Quellgebiet in den Olympic Mountains bis zur Straße von Juan de Fuca (siehe Titelfoto zu diesem Abschnitt).

Konventionelle Ansätze für das Flussmanagement beinhalten in der Regel harte Ingenieursarbeit durch den Einsatz von Steinpanzern oder Gabionen zur Stabilisierung der Gerinneseitenränder. Solche Ansätze schränken nicht nur die natürliche Dynamik des Flusssystems ein, sondern können auch Lebensräume und Arten am Ufer und im Gerinne schädigen und zu einer Verlagerung von Problemen flussabwärts führen. Aus naturschutzfachlicher Sicht sollte sich "hard engineering" auf den Schutz wichtiger Versorgungseinrichtungen, Gebäude und Infrastruktur beschränken. Neue Ansätze erkennen zunehmend die Bedeutung des Managements auf Einzugsgebietsebene und den Wert naturbasierter Lösungen, die die Zusammenarbeit mit der Natur durch Maßnahmen zur Wiederherstellung natürlicher Abflussregime beinhalten, wie z. B. die Verlangsamung des Wasserflusses in Flüssen und die Förderung einer verbesserten Speicherung von Hochwasser in den Auen (Poff et al., 1997; Poff, 2018; Palmer & Ruhi, 2019). Spezifische Anleitungen zu



Foto 6.10 Die Landformen, die der Rückzug eines eiszeitlichen Gletschers hinterlassen hat, können von den meisten Besuchern nicht gesehen werden, da sie von den Plantagenwäldern verdeckt werden, die im oberen Teil des Fotos zu sehen sind. Betrachter müssen einen steilen Hügel erklimmen, um den Blick im Foto zu erhalten. Offensichtlich wurde bei der Aufforstung keine Rücksicht auf die Sichtbarkeit des Geo-Naturerbes genommen. Coire Fee Nationales Naturschutzgebiet, Schottland. © Roger Crofts

natürlichen Lösungen zusammen mit Beispielen sind von einer Reihe von Quellen, einschließlich des River Restoration Centre, und der IUCN/WCPA Natural Solutions Website erhältlich. Kasten 6.2 liefert ein konkretes Beispiel.

Der Yosemite-Nationalpark in Kalifornien, USA, erlebte im Januar 1997 die größte Flut seit mindestens 100 Jahren. So verheerend die Überschwemmung für die Menschen auch war, bot sie doch eine Chance für eine positive Wiederherstellung. Die Schutzgebietsbehörde setzte sich dafür ein, so viele Einrichtungen wie möglich außerhalb des Überschwemmungsgebietes des Merced River oder ganz aus dem Yosemite Valley zu verlegen. Die neuen Einrichtungen befinden sich außerhalb des Überschwemmungsgebietes und weg von empfindlichen Feuchtgebieten, Wiesen, Wäldern und dem Flussbett selbst. Die Projekte zur Wiederherstellung der Überschwemmungsgebiete sollten in vier bis fünf Jahren abgeschlossen sein, aber eine Reihe von Klagen, die bestimmte Projekte anfechten, gerichtlich angeordnete einstweilige Verfügungen und die Erstellung von Planungsunterlagen für den Park verlängerten den Zeitrahmen für die Wiederherstellung auf 15 Jahre. Der Abschlussbericht der Restaurierungsarbeiten ist online verfügbar (US National Park Service, 2013).

Empfehlungen für Flussmanagement und Wiederherstellung:

- Anwendung natürlicher Hochwasserschutztechniken (z. B. Fluss- und Auenrenaturierung);

- natürliche Abflussregime wiederherstellen;
- mit natürlichen Prozessen zu arbeiten und dabei nur minimal einzugreifen, anstatt zu "reparieren und zu kontrollieren", Raum zu schaffen, um Flüsse und ihre Überschwemmungsgebiete wieder miteinander zu verbinden und die Verbindung flussaufwärts und flussabwärts wiederherzustellen;
- die Beseitigung von Hindernissen für den natürlichen Abfluss und Sedimenttransport, wie z. B. Dämme, zu vereinbaren;
- Integration von Zielen der Geodiversität und Biodiversität; und
- Infrastruktur außerhalb aktiver Überschwemmungsgebiete zu verlegen oder zu verlagern.

Forstwirtschaft und Vegetation

Die wichtigsten Auswirkungen der Forstwirtschaft und der Vegetation sind ihr Potenzial, Gesteinsaufschlüsse, einzelne Landformen oder Landformverbände in einem Gebiet zu verdecken, die visuelle Kontinuität zu verringern und Aussichtspunkte zu verdecken. Bei Pflanzarbeiten kann der Einsatz großer mechanischer Geräte die Böden verdichten, die Bodenhydrologie verändern und subtile Landformen zerstören. Das Gleiche gilt für Abholzungsarbeiten, die mit so viel Umweltsensibilität wie möglich durchgeführt werden müssen. Die Entfernung von Bäumen kann auch den Überlandabfluss, die Bodenerosion und den Sedimenteintrag in die Flüsse erhöhen.

Kasten 6.2

Verbesserung der Wasserqualität des Flusses Reka, Regionalpark Škocjanske Jame, Slowenien

Der Regionalpark Škocjanske Jame befindet sich auf dem Kras-Plateau im Südwesten Sloweniens. Das Schutzgebiet mit einer Fläche von 413 ha bewahrt ein außergewöhnliches Kalksteinhöhlensystem, das eine der weltweit größten bekannten unterirdischen Flussschluchten umfasst, die von der Reka in den Kalksteinfelsen geschnitten wurde. Die Pufferzone ist 45.000 ha groß und umfasst das gesamte Einzugsgebiet des Flusses Reka.

Škocjanske Jame ist seit 1980 als Naturdenkmal geschützt und wurde 1986 in die Liste des Weltkulturerbes aufgenommen. Mit dem Gesetz über den Regionalpark Škocjanske Jame aus dem Jahr 1996 wurde eine öffentlich-rechtliche Agentur zur Verwaltung des Schutzgebiets gegründet. Im Jahr 1999 wurden die Höhlen in die Ramsar-Liste der Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung aufgenommen. Seit 2004 ist der Park auch durch das UNESCO-Programm "Der Mensch und die Biosphäre" als Karst-Biosphärenreservat anerkannt.



Foto 6.9 Fluss Reka, der durch die Höhle Škocjanske Jame fließt. © Borut Lozej

Die Verschmutzung des Reka-Flusses begann mit der Industrialisierung im Jahr 1960. Die größten Verursacher waren die lokalen Holzverarbeitungs- und organischen Säurefabriken und eine dazugehörige Deponie. Die schlechte Wasserqualität stammte aus Zersetzung- bzw. intensiven anaeroben Vergärungsprozessen, bei denen Mikroorganismen die organische Substanz, die als Nahrungs- und Energiequelle diente, aufzehrten und dabei vor allem Restbiomasse und gasförmige oder leicht flüchtige Produkte produzierten. Diese Mikroorganismen (z. B. Schleim, Algen und fadenförmige Bakterien) waren früher in Zeiten geringer Fließgeschwindigkeit am Boden des Flussbettes und an den Ufern angeheftet und wurden dann bei einem Anstieg der Fließgeschwindigkeit weggespült. Die Flutwelle trug die Sedimentpartikel, die bei den Fäulnisprozessen zersetzen Verbindungen und die Biomasse flussabwärts, wo sie sich ablagerten. Im karstigen Untergrund unterlagen sie einem anaeroben Gärungsprozess, der sich so von einem Abschnitt der Reka zum anderen verlagert hat.

Die Qualität des Flusses verbesserte sich nach 1990, als eine der Fabriken stillgelegt wurde. Schon vorher wurden in der lokalen Holzplattenproduktion bestimmte Vorbehandlungsmaßnahmen eingeführt, wie das Schließen des Abwasserkreislaufs, die Rückgewinnung eines Teils der Holzmasse zur Wiederverwendung in der Produktion und der Bau einer Wasseraufbereitungsanlage innerhalb der Anlage.

Nach Angaben der slowenischen Umweltagentur ist der ökologische und chemische Zustand der Gewässer in der Pufferzone gut. Gelegentlich treten Wasserverschmutzung und Schaum auf der Oberflächenströmung auf, bevor der Fluss Reka in die Höhle in den Škocjanske Jame eintritt.

Im Jahr 2017 begann das Ministerium für Umwelt und Raumplanung zusammen mit dem Höhlenpark Škocjan und der Gemeinde Ilirska Bistrica mit der Sanierung der Industriedeponie. Eine Studie, die den Zustand der Deponie, die Struktur und Menge der Abfälle dokumentiert sowie das Sickerwasser genau analysiert, wurde gerade abgeschlossen und stellt den ersten Schritt auf dem Weg zum Beginn der Sanierung dar.

Die Agentur ist auch aktiv an verschiedenen Aufklärungs- und Sensibilisierungsmaßnahmen innerhalb der Pufferzone beteiligt und fördert die Lösung alter ökologischer Probleme und Maßnahmen zur Vermeidung neuer Verschmutzungen.

Mitwirkende: Rosana Cerkvenik

Kasten 6.3**Felstürme und Vegetationsmanagement**

TTors (Felstürme) sind markante, aufragende Felslandschaften, die sich bis zu 20-30 m über Hochlandgipfel oder Bergkämme erheben. Felstürme kommen in der Regel auf Graniten vor, aber auch andere Arten von kristallinem Gestein (insbesondere Gneis und Quarzit) sowie einige Sandsteinarten können Felstürme bilden. Felstürme haben nicht nur einen beträchtlichen wissenschaftlichen Wert für die Interpretation der geomorphologischen Entwicklung eines Gebietes, sondern auch einen kulturellen Wert, der mit alten Siedlungen, Volksmärchen, Kunst, frühem Tourismus und Landschaftsinterpretation verbunden ist. (Migoń, 2006).

Ein bedeutendes Problem für das Naturschutzmanagement in Gebieten unterhalb der Baumgrenze ist das Wachstum von Büschen und Bäumen, das die Felstürme verdeckt. Die Erfahrungen aus Ländern wie Österreich, der Tschechischen Republik, Deutschland, Ungarn und Polen, in denen sich die Felstürme größtenteils innerhalb der Grenzen des Waldwachstums befinden, veranschaulichen verschiedene Herangehensweisen an das Thema und unterschiedliche Strategien der Interessengruppen.

Die Felstürme von Kogelsteinen, Österreich, liegen im weitgehend baumlosem Gelände, wobei verstreute Büsche, Grasflächen mit Steppenvegetation und Weinberge in der Umgebung von erheblichem ästhetischen Reiz sind. Im Jahr 2009 wurde ein 2,5 ha großes Naturschutzgebiet eingerichtet, um wertvolle Steppenpflanzengesellschaften zu schützen. Das Schutzmanagement umfasst die Entfernung invasiver Arten, wie z. B. Akazien, und die Einführung von Beweidung. Die primäre Motivation für die periodische Entfernung der Vegetation ist also der Erhalt der Trockenrasen, aber dieses Management hat sich auch als vorteilhaft für die Sichtbarkeit des Geo-Naturerbes erwiesen. Dieses Beispiel veranschaulicht, wie Managementanforderungen für Biodiversität und Geo-Naturerbe nicht notwendigerweise im Widerspruch zueinander stehen, sondern zu gegenseitigem Nutzen führen können.

Andernorts ist die primäre Motivation, Felstürme offen und sichtbar zu halten, meist wegen ihrer kulturellen Bedeutung. Die Teufelsmauer im Harz, wo ein Sandsteinfelsen seit dem 19. Jahrhundert im offenen Gelände steht, ist als regionales Wahrzeichen anerkannt. Im Gegensatz dazu sind andere Granittürme im Waldviertel durch spontane und unkontrollierte oder geplante Aufforstungen langsam aus dem Blickfeld verschwunden. In der Ortschaft Steingarten bei Litschau gibt es Tors mit spektakulären Verwitterungsformen (Gruben, Rinnen und Tafoni) und Findlingen mit klassischen Beispielen für aufgeweitete Hänge, die auf ihr allmähliches Hervortreten aus dem Boden hinweisen. Es werden jedoch keine Schutzmaßnahmen angewandt und ein beträchtlicher Teil des Gebietes ist unter neu angepflanztem Wald. Einige Felstürme sind bereits im Wald versteckt und eine Reihe von auftauchenden Felsen wird in Kürze vollständig überwuchert sein. Obwohl es nicht möglich ist, alle Felstürme in offenem Gelände zu erhalten, sollten eine Landforminventur und eine umfassende Bewertung des Geo-Naturerbes in die Forstpolitik einfließen, um die wertvollsten Standorte sichtbar und zugänglich zu halten.

Mitwirkende: Piotr Migoń

Großflächige Aufforstungen sind im Allgemeinen nicht mit den Zielen des Naturschutzmanagements für große geomorphologische Gebiete vereinbar. In den 1970er Jahren hatte die Forstkommission Großbritanniens Pläne für Nadelholzaufforstungen im Glen Roy National Nature Reserve, wo die berühmten Parallel Roads von Glen Roy über mehrere Kilometer kontinuierlich sichtbar sind. Diese Gletschersee-Uferlinien wären durch diese Bepflanzung völlig verdeckt worden, aber glücklicherweise wurde das Vorhaben aufgegeben, als die Geowissenschaftler auf die Auswirkungen hinwiesen. Dort, wo bereits Flächen für die kommerzielle Forstwirtschaft bepflanzt sind, können im Dialog mit den Forstbetreibern Möglichkeiten bestehen, bestimmte Landformen oder Aussichtspunkte zu roden. Bei kleinen Landformen und Felsen besteht die Hauptanforderung an das Management darin, die Merkmale unbepflanzt zu lassen und den Zugang und die Aussichtspunkte zu erhalten.

Die natürliche Verjüngung von Wäldern auf großen geomorphologischen Flächen ist potenziell noch ein unlösbares unterfangen. Während es nicht möglich sein wird, alle Landformen als Offenland zu erhalten, sollten die repräsentativsten und wertvollsten Standorte identifiziert und durch Managementeingriffe sichtbar und zugänglich gehalten werden, wobei die in Abschnitt 6.5 diskutierten Probleme zu berücksichtigen sind (siehe Kasten 6.3).

Auf einer feinen Skala ist das Eindringen von Vegetation häufig ein Problem bei der Bewirtschaftung von kleinen Landformen und Felsaufschlüssen. Managementeingriffe zur Beseitigung der Vegetation können gemäß dem Managementplan und den Zielen des Standorts erforderlich sein (z. B. wenn mehr als 50 % des Aufschlusses bedeckt ist; siehe Abschnitt 5.2). Dies hängt von der Art des interessanten Merkmals (z. B. kann eine wiederholte Räumung von Lockersedimentaufschlüssen den Wert des Merkmals zunehmend schädigen) und der Art und Häufigkeit der Nutzung ab (z. B. braucht eine Forschungsstätte nur eine gelegentliche Räumung, wenn neue Studien durchgeführt werden, während eine robuste und stark besuchte Stätte, die für den Geotourismus genutzt wird, regelmäßig geräumt werden muss).

Informationen und Anleitungen zum Umgang mit Konflikten zwischen Biodiversitäts- und Geodiversitätsschutz finden Sie in Abschnitt 6.5.

Empfehlungen für das Management von Forstwirtschaft und Pflanzenüberdeckung:

- Vermeiden sie großflächige Aufforstungen an Standorten, wo wichtige Merkmale verdeckt werden;
- Erhalten sie den Zugang zu und die Sichtbarkeit von wichtigen Aufschlüssen und Landformen;



Foto 6.11 Felstürme in der Morne Mountains Area of Outstanding Natural Beauty, Irland, die ihre Struktur und Form zeigen, wenn sie nicht von der Vegetation verdeckt sind. © Bob Aitken



Foto 6.12 Beispiel für die dramatischen Auswirkungen der Landgewinnung für die Landwirtschaft auf die Funktionalität eines Hochmoores durch Abtragen der oberflächlichen Torfschicht, Bodenentwässerung und Baumpflanzungen. Die Bewirtschaftung des verbleibenden Naturinteresses ist nur noch durch Anhebung des Moorwasserspiegel möglich. Flanders Moss Natural Nature Reserve, Scotland. © Roger Crofts



Foto 6.13 Speläotheme sind besonders empfindliche Höhlenablagerungen. In dieser äthiopischen Höhle wurde ein feiner Flussteinvorhang von lokalen Dorfbewohnern zerbrochen, um die Stücke als Souvenirs zu verkaufen. Eine nachhaltige Maßnahme hier ist es die Besucher vom Kauf von Speläothemen abzubringen und die Einheimischen davon zu überzeugen, ihre Höhlen zu schützen und von Besuchern Geld für die Besichtigung zu verlangen. © John Gunn

- Überwachen sie den Zustand des Geländes, um Entscheidungen über die Notwendigkeit der Rodung von Vegetation an einem Standort in Übereinstimmung mit den Managementzielen zu treffen; und
- integrieren sie Geodiversitäts- und Biodiversitätsmanagementziele so weit wie möglich.

Landwirtschaft

Die Landwirtschaft hat das Potenzial, Böden zu verändern, was zu Erosion, Verdichtung, Verunreinigung, Versalzung und Veränderungen der Bodenhydrologie und -ökologie führt. Das Pflügen von Hängen kann den Abfluss und die Bodenerosion erhöhen und nachteilige Auswirkungen auf geschützte Merkmale flussabwärts haben. Das Pflügen kann auch empfindliche Landformen zerstören, wie z. B. periglaziale Merkmale (d. h. solche, die durch Frost-Tau-Prozesse entstanden sind), niedrige Sanddünen oder verlassene Kanäle auf Flussterrassen. Ein besonderes Problem ergibt sich, wenn in Karstgebieten Landwirtschaft betrieben wird, deren Auswirkungen die Verschmutzung oder Sedimentation von Höhlensystemen und Gewässern durch Hofabflüsse oder den übermäßigen Einsatz von Agrarchemikalien, die Veränderung der Karsthdrologie durch oberirdische Bewirtschaftung oder das Abkippen von landwirtschaftlichen Abfällen in Karstmulden und Höhleneingänge sein können. In einigen Landschaften wurden ganze Hänge und ihre Böden durch den Bau von Terrassen für den Reis- oder Weinanbau verändert.

Empfehlungen für den Umgang mit Bedrohungen und Belastungen durch die Landwirtschaft:

- die Art der an das Schutzgebiet angrenzenden Landwirtschaft überprüfen, um die Bedrohung der geologischen Erbe-Merkmale und -Prozesse innerhalb des Schutzgebiets zu bewerten;
- die Landwirte und Landbewirtschafter anleiten, um sicherzustellen, dass sie die Notwendigkeit von Änderungen in der Praxis zum Schutz der Merkmale und Prozesse des Geo-Naturerbes verstehen; und
- gegebenenfalls Managementvereinbarungen abschließen, um schädliche landwirtschaftliche Aktivitäten einzuschränken und eine landwirtschaftliche Landbewirtschaftung sicherzustellen, die dem Schutz des Geo-Naturerbes zugute kommt.

Freizeit und Tourismus

Einige Umgebungen sind besonders anfällig für Besuchereinflüsse. Dazu gehören Sanddünengebiete, in denen die Dünenstabilität durch Fahrzeug- oder Fußgängerbewegungen beeinträchtigt werden kann, sowie vulkanische Sedimente oder brüchige Laven, in denen das Fahren im Gelände und das Herumtrampeln der Besucher lang anhaltende Narben in der Landschaft hinterlassen. Im Craters of the Moon National Monument and Preserve in Idaho, USA, ist die Lava brüchig und wird leicht unter den Füßen zertreten, und die Besucher werden gebeten, auf den ausgewiesenen Wegen zu bleiben. Eine Lösung besteht darin, alternative Zugangsmöglichkeiten zu schaffen, die den Schaden verringern. So erfolgt der Zugang zum Vulkan im Teide-Nationalpark, einem Weltnaturerbe auf Teneriffa, Kanarische Inseln, Spanien, größtenteils per Gondel, und ein Besucherzentrum wurde unmittelbar außerhalb der Parkgrenze eingerichtet.

In Kalksteinhöhlen können zerbrechliche Speläotheme (Ablagerungen, die in den Höhlen durch die Lösung von Gesteinen und anschließende Ablagerung entstanden sind) leicht beschädigt werden, und selbst Berührung, Atem und Licht können das Algenwachstum fördern. Gebiete wie diese erfordern ein sehr sorgfältiges Management. In Gebirgsregionen können Auswirkungen auf die Geodiversität die Verwendung von Bolzen an Kletterfelsen, die Erosion von Wanderwegen und Böden durch Bergwandern und Mountainbiking, die Bodenverdichtung durch Zelten, die unzureichende Entsorgung menschlicher Abfälle, die Schwärzung des Bodens durch Lagerfeuer und die Bewegung von Steinen zum Bau von Feuerstellen, Windschutz oder Steinhaufen sein. Im Yellowstone-Nationalpark, USA, wurden Besucher dabei erwischt, wie sie Münzen, Steine, Äste, Kleidungsstücke und andere Gegenstände in Geysire warfen. An den Fumarolen (Thermalquellen) auf einigen portugiesischen Inseln des Azoren-Archipels im Atlantik hingegen haben Familien den Brauch, in den Boden zu graben, dort große Töpfe mit Fleisch und Gemüse aufzustellen und den Inhalt von der geothermischen Hitze garen zu lassen. Im Regionalen Naturdenkmal Furnas do Enxofre auf der Insel Terceira, Azoren, ist diese Störung des Bodens gesetzlich verboten.



Foto 6.14 Die Erschließung von Skigebieten am Rande von Schutzgebieten kann bei unsachgemäßer Handhabung zu Hangerosion führen und die Integrität des Gebiets beeinträchtigen. Kosciuszko National Park, Australia. © Roger Crofts



Foto 6.15 Große Besucherzahlen können das Erlebnis der Besucher beeinträchtigen. Fünf-Farben-See, Jiuzhaigou-Nationalpark, China. © Roger Crofts



Foto 6.16 Die Erlaubnis, mit Fahrzeugen durch Küstendünen und auf Strände zu fahren, führt zu Erosionsschäden, die dort, wo der Sand verweht wird, schwer zu reparieren sind. Das Befahren mit Fahrzeugen sollte verboten werden. Vadehavet-Nationalpark, Dänemark. © Roger Crofts

Nicht alle Geotope eignen sich für den Geotourismus aufgrund der Sensibilität ihrer interessanten Merkmale (z. B. das Vorhandensein seltener Fossilien und Mineralien, die vor den Aktivitäten kommerzieller Sammler und unverantwortlichem Fossiliensammeln geschützt werden müssen) oder dem erhöhten Risiko von bestimmten Naturgefahren (z. B. Vulkanaustrümpfe). Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, den Zugang zu kontrollieren, wie z. B. die Ausweisung bestimmter Bereiche als für Besucher verboten oder den Zutritt nur mit einer Genehmigung oder in Begleitung eines akkreditierten Führers zu erlauben. Bei anderen sensiblen Stätten kann eine Bewertung der Besucherkapazität erforderlich sein, sowohl um empfindliche Merkmale zu schützen als auch um die Qualität des Besuchererlebnisses zu erhalten. Die Beschränkung des Zugangs zu Teilen eines Höhlensystems, in denen es fragile Elemente gibt, und die Zulassung von Besuchern nur in Begleitung eines Führers wird beispielsweise in der Aven d'Orgnac in der Region Ardeche in Frankreich gut praktiziert.

Der Geotourismus sollte auch sensibel auf die Werte und Kulturen der lokalen Gemeinschaften eingehen und anerkennen, dass letztere unterschiedliche Normen, Werte und Interpretationen der Landschaft haben können, sowie lokales Wissen einbeziehen, das für ein nachhaltiges Management der geotouristischen Anlagen grundlegend ist. Wenn Geotope beispielsweise kulturelle und/oder spirituelle Merkmale von Interesse aufweisen, sollten besondere Empfindlichkeiten und die Aufrechterhaltung des traditionellen Zugangs berücksichtigt werden. Die Einteilung in Zonen oder die Beschäftigung von



Foto 6.17 Das Fossiliensammeln an der Welterbestätte Jurassic Coast, England, wird durch einen eigens ernannten Aufseher und einen Verhaltenskodex geregelt. © Sam Rose

lokalen Führern, sowohl in sensiblen Bereichen als auch zur Präsentation einheimischer Interpretationen der Landschaft, kann ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Die Risikobewertung tatsächlicher und potenzieller Gefahren muss bei der Bewertung der potenziellen Nutzung und des Managements von Gebieten für den Tourismus vollständig berücksichtigt werden. Die IUCN WCPA Best Practice-Richtlinien

zu Tourismus und Besuchermanagement in Schutzgebieten sind eine wertvolle Quelle (Leung et al., 2018). Besucher von inhärent dynamischen Gebieten können Gefahren ausgesetzt sein, mit dem Risiko von Verletzungen oder Tod. Einige dieser Risiken können durch den Klimawandel erhöht werden, z. B. erhöhte Hanginstabilität durch Erdrutsche und Steinschlag aufgrund intensiverer Regenfälle oder schmelzendem Permafrost. Es gibt eine wachsende Anzahl von Fallstudien in Bezug auf die Gefahrenkartierung auf geotouristischen Pfaden in verschiedenen Umgebungen (z. B. Pelfini et al., 2009; Brandolini & Pelfini, 2010; Bollati et al., 2013). Zum Beispiel sind Gebirgsgletscherlandschaften ein bedeutendes Geo-Naturerbe von wissenschaftlichem, kulturellem, ästhetischem, landschaftlichem und pädagogischem Interesse. Viele sind beliebte Besucherattraktionen, die über Wanderwege oder Interpretationspfade zugänglich sind. Es handelt sich jedoch um dynamische und unübersichtliche Umgebungen, die für Besucher viele Gefahren bergen können, wie z.B. Felsstürze von Klippen, Geröll, das von hohen Seitenmoränen herabfällt, Gletscherkalben in Seen und Flusserosion. Einige dieser Gefahren werden durch den Klimawandel noch verschärft. Gefährdungsbeurteilungen wurden verwendet, um die Eignung von Wanderwegen, die geomorphologische Stätten in der Nähe des Miage-Gletschers in den italienischen Alpen verbinden, für verschiedene Nutzer zu ermitteln (Bollati et al., 2013). In Neuseeland wurde der Zugang zu den Fronten des Fox- und Franz-Josef-Gletschers gesperrt, da der rasche Gletscherrückgang die Steinschlaggefahr deutlich erhöht hat, während Modellierungen das Risiko eines erhöhten Auslaufens von Steinschlagschutt über die abgesenkten Oberfläche des Fox Glacier aufzeigen, was sich auf Heli-Hiking-Touren auf dem Gletscher auswirkt (Purdie et al., 2018).

Vulkanische Gebiete bieten ein gutes Beispiel für die Risiken, die für den Menschen in Schutzgebieten des Geo-Naturerbes bestehen. Wenn ein vulkanisches Schutzgebiet nicht aufgrund seiner geologischen Eigenschaften eingerichtet wird, besteht die Möglichkeit, dass das Risiko gefährlicher Zustände (z. B. Eruptionen, Gasemissionen, Erdrutsche und andere vulkanische

Tabelle 6.3. Auswirkungen des Klimawandels auf Geotope.

Auswirkungen auf Aufschlüsse, Integrität und endliche Standorte	Auswirkungen auf aktive Prozessstandorte
(-) beschleunigte Verwitterung, Erosion und Vegetationswachstum, die eine erhöhte häufigere Eingriffe durch das Management	(-) menschliche Reaktionen auf erhöhte Gefahren, die natürliche Prozesse stören
(-) Verlust von Merkmalen durch verstärkte Erosion oder Verschüttung durch verstärkte Ablagerung	(-) Änderungen in der Landnutzung, die sich auf Sediment-/Wassereinträge auswirken
(-) Versiegelung von Aufschläßen durch erhöhten Bedarf an harten Küsten-/Flussverteidigungsanlagen	(+) erhöhte Prozessaktivität - größere Dynamik und Vielfalt
(-) Überflutung von Freilegungen	(+/-) Neupositionierung von Merkmalen aufgrund von veränderten Erosionsmustern
(-) Änderungen der Landnutzung mit Auswirkungen auf Sichtbarkeit und Zugang	(-) negative Auswirkungen; (+) positive Auswirkungen; (+/-) Auswirkungen können positiv oder negativ sein
(+) neue Aufschlüsse durch Erosion und Erdrutsche	
(+/-) Neupositionierung von Aufschläßen aufgrund von veränderten Erosionsmustern	

Gefahren) im Managementplan des Gebiets nicht angemessen berücksichtigt wird oder dass die Mitarbeiter des Schutzgebiets nicht ausreichend in der Gefahrenerkennung, -minderung und Evakuierung geschult sind. Wenn man Besucher in aktive Vulkangebiete lockt, trägt man die Verantwortung, vulkanische Aktivitäten zu überwachen und Risikokontrollpläne als wesentliche Teile des Managementprozesses zu entwickeln. Diese können möglicherweise zu Zugangsbeschränkungen führen. Wenn jedoch die geologischen Merkmale des Standorts nicht angemessen identifiziert werden, deckt der Managementplan diese Gefahrenüberlegungen möglicherweise nicht ab, und die wichtigsten vulkanischen Merkmale des Standorts werden von der Verwaltungsbehörde möglicherweise nicht angemessen hervorgehoben oder geschützt.

Bei dynamischen geomorphologischen Stätten, bei denen das Interesse an aktiven Prozessen besteht oder bei denen die Reduzierung von Gefahren für Besucher nicht praktikabel ist, ist eine Bewertung des erhöhten Risikos unerlässlich. Gleichermaßen ist es notwendig geeignete Maßnahmen durchzuführen, die möglicherweise den Ausschluss oder die Umleitung des Besucherzugangs und das Management der Besuchererwartungen umfassen. Gleichzeitig sind Aufklärungskampagnen erforderlich, um das Wissen von Besuchern, Betreibern und Mitarbeitern über Gefahren und Notfallmaßnahmen zu verbessern. Eine gute Kommunikation zwischen Wissenschaftlern und Risikomanagern ist für eine robuste und vertretbare Entscheidungsfindung der Manager unerlässlich.

Empfehlungen für den Umgang mit geotouristischen Bedrohungen und Belastungen:

- eine Risikobewertung aller Bedrohungen und Gefahren für Besucher vorzunehmen und erforderliche Maßnahmen zu ermitteln;
- den Grad des Besucherdrucks bewerten, den die Merkmale oder Prozesse des Geo-Naturerbes ohne Schaden aufnehmen können, und Maßnahmen zur Schadensbegrenzung zu ergreifen;



Foto 6.18 Der Anstieg des Meeresspiegels wird sich tiefgreifend auf die Funktionalität der Küstensysteme auswirken. Durch die Küstenerosion und den Verlust natürlicher Puffer wie Strände und Sanddünen kann das Meer ins Landesinnere vordringen und das Geo-Naturerbe zerstören. East Sandy Coast Site of Special Scientific Interest, Orkney, Schottland. Hartes Ingenieurwesen bietet keine Lösung, und ein kontrollierter Rückzug der Küstenlinie ist wahrscheinlich der einzige Mechanismus, der praktikabel ist. © Roger Crofts



Foto 6.19 Die Landhebung nach der Entlastung durch die Gletscher setzt sich in vielen Teilen der Welt fort und wird dies auch weiterhin tun, insbesondere mit dem Abschmelzen der Eisschilde. Es wird neues Land zum Vorschein kommen, wie z. B. im finnischen Weltnaturerbe Kvarken Gulf von Bothnia. Es werden also neue Schutzgebiete entstehen. Umgekehrt können einige Küstenstandorte infolge des Meeresspiegelanstiegs überflutet werden. © UNESCO

Kasten 6.4

Wiederaufbau nach dem Ausbruch des Mount St. Helens, USA

Die Eruption des Mount St. Helens im Jahr 1980 - der Mitte März mit einer Reihe kleinerer Erdbeben begann und am 18. Mai in einem katastrophalen Einsturz des Berghangs, einer Lawine und einer Explosion am 18. Mai gipfelte - war weder der größte noch der am längsten andauernde Ausbruch in der jüngeren Geschichte des Berges. Aber als erste Eruption auf dem amerikanischen Festland in der Ära der modernen wissenschaftlichen Beobachtung, war er von einzigartiger Bedeutung. Eine weite, graue Landschaft ersetzte die einst bewaldeten Hänge des Mount St. Helens. In 1982 schufen der Präsident und der Kongress das 110.000 Hektar große Mount St. Helens National Volcanic Monument für Forschung, Freizeitgestaltung und Bildung. Innerhalb des Schutzgebiets wird der Umwelt die Möglichkeit gegeben, auf natürliche Weise auf die Störung zu reagieren. In den Jahrzehnten seit dem Ausbruch hat der Mount St. Helens Wissenschaftlern eine beispiellose Gelegenheit gegeben, die komplizierten Schritte zu beobachten, mit denen sich das Leben eine zerstörte Landschaft zurückerober (Brantley und Meyers, 2000).

Kasten 6.5

Wiederherstellung des Alto Vez Geotops, Peneda Mountain, Portugal

Das Geotop Alto Vez umfasst eines der bemerkenswertesten Felder von Granitglazialfindlingen in Portugal. Diese und andere glaziale Merkmale, wie ein U-förmiges Tal und Moränen, rechtfertigen die Aufnahme von Alto Vez als eines der wichtigsten Geotope in das Inventar des portugiesischen Geo-Naturerbes. Trotz seiner wissenschaftlichen Relevanz liegt es knapp außerhalb des zusammenhängenden Nationalparks Peneda-Gerês, dem wichtigsten Schutzgebiet Portugals. Dieser Nationalpark wurde 1971 gegründet und seine Grenzen wurden noch vor der Entdeckung der glazialen Merkmale festgelegt.

Im Jahr 2012 wurde im Geotop von der örtlichen Dorfverwaltung eine Pferderennbahn gebaut, wobei Findlinge von ihren ursprünglichen Plätzen entfernt wurden, was die natürliche Landschaft und die Integrität des Geotops beeinträchtigte. Nach dem Hinweis eines Bürgers führten rechtliche und verwaltungstechnische Maßnahmen des portugiesischen Instituts für Naturschutz und Wälder sowie der Gemeindebehörden zur Schließung der Strecke, einer Bewertung der Beeinträchtigung und der Festlegung einer Strategie zur Schadensbegrenzung. Im Jahr 2017 wurde ein Wiederherstellungsplan entwickelt, bei dem Luftbilder, die von autonomen Luftfahrzeugen aufgenommen wurden, sowie GPS- und GIS-Verfahren verwendet wurden. Die ursprüngliche Topografie wurde mithilfe von Erdbaumaschinen wiederhergestellt und die vergraben Findlinge identifiziert und sorgfältig an ihre ursprüngliche Position versetzt. Es wird ein Managementplan für den Geotop erstellt, um ihn durch eine gesetzliche Ausweisung effizienter zu schützen und seine Nutzung für Tourismus und Bildung zu fördern. Diese Fallstudie zeigt, dass eine gut informierte Gesellschaft unerlässlich ist, um den Behörden beim Schutz des Geo-Naturerbes zu helfen, und dass die Wiederherstellung eines Geotops möglich ist, wenn die wichtigsten Merkmale von Interesse nicht vollständig zerstört sind.

Mitwirkender: Paulo Pereira, José Brilha, Diamantino Pereira and Renato Henriques.

- den Zugang ganz oder teilweise beschränken, je nach Risiko für das Geo-Naturerbe oder das Risiko für die Besucher; und
- eine wirksame Kommunikation der Managementmaßnahmen zum Schutz der Geo-Naturerbe-Merkmale und -Prozesse gegenüber den Besuchern etablieren (siehe Leung et al., 2018 für ausführlichere Empfehlungen).

Unverantwortliches Sammeln von Exemplaren

Besucher sammeln oft gerne geologische Präparate, seien es attraktiv gefärbte Steine, Tropfsteinstücke oder Fossilien. Wo die geologische Ressource umfangreich ist, kann es keine Probleme mit kontrollierten Sammelaktivitäten geben, die sogar gefördert werden können, um geologische Bildung und Begeisterung anzuregen. Das Sammeln von Fossilien ist auch dort zu fördern, wo das Material durch Küstenerosion, Steinbruchabbau oder andere unvermeidbare Verluste bedroht ist. Das Hauptproblem entsteht dort, wo es eine begrenzte Menge einer geologischen Ressourcen gibt oder wo es sehr seltene oder wissenschaftlich wertvolle Exemplare gibt.

Ein großes Problem ergibt sich, wenn kommerzielle Sammler mit Elektrowerkzeugen illegal Fossilien aus geschützten Stätten entnehmen, ohne ihre Funde ordnungsgemäß zu dokumentieren. Geologen selbst sind in der Lage, übermäßig zu sammeln, wie es im Ediacara Fossil Reserve in Südaustralien geschehen ist. Die Benennung dieses und anderer Schutzgebiete kann sogar die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung dieser Fossilienstätten lenken. Geologen haben auch Schäden an den Fundstellen verursacht, indem sie Gesteinskerne für paläomagnetische Untersuchungen entnommen haben.

Ausführlichere Hinweise, Empfehlungen für das Management und Links zu Verhaltensregeln finden Sie in Abschnitt 7.3 und insbesondere in Tabelle 7.4.

Klimawandel und Veränderung des Meeresspiegels

Der vom Menschen verursachte Klimawandel findet statt und verursacht wahrscheinlich bereits signifikante Veränderungen der Wettermuster und wirkt sich somit auf physikalische Systeme und Eigenschaften und Prozesse von Geo-Naturerben aus. Dies wird in den jüngsten IPCC-Berichten

Abbildung 6.1. "Conserving the stage" („Die Bühne Schützen“) Info-Plakat.

CONSERVING THE 'STAGE': LINKING GEODIVERSITY AND BIODIVERSITY IN PROTECTED AREA MANAGEMENT

John E. Gordon and Roger Crofts

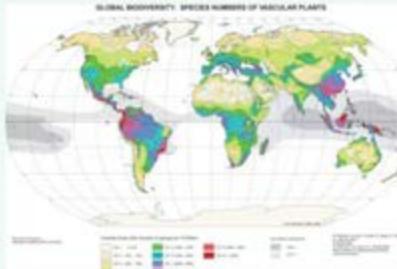
IUCN-WCPA Geoheritage Specialist Group, Scotland, UK

Understanding functional links between geodiversity and biodiversity is crucial for conservation management and ecosystem health in dynamic environments, where abiotic processes (e.g. erosion and deposition) maintain habitat diversity and ecological functions. This is vital at a time when geomorphological systems are expected to respond to climate change and rising sea level.

Conserving the stage

Geodiversity provides the foundation for life on Earth and for the diversity of species, habitats, ecosystems and landscapes. Most species depend on the abiotic 'stage' on which they exist and the linkages and interdependences between abiotic and biotic nature are clear at global to local scales.

Global centres of vascular plants are located in mountain regions in the humid tropics where suitable climate conditions coincide with high geodiversity [Source: Barthlott et al. 2005, *Nova Acta Leopoldina*, 92, 61–83].




Thjorsárvíðar Wetlands Ramsar Site, Iceland, fed by water from Hofsjökull ice cap, provides breeding grounds for pink footed geese and vegetation mosaics.

Geodiversity underpins the heterogeneity of the physical environment in conjunction with climate interactions

- Complex and dynamic geodiversity mosaics generally support high biodiversity;
- Geomorphological processes and disturbance regimes enhance landscape heterogeneity;
- Measures of geodiversity may be useful indicators for the distribution of biodiversity in some environments.



Geomorphologically dynamic environments provide a mosaic of habitats: Tatra National Park, Poland.

Geodiversity assists biodiversity resilience to climate change through:

- providing a range of potential macro- and micro-refugia;
- enabling species to adapt or relocate through the availability of suitable environmental mosaics, connections, corridors and elevational opportunities.



Geodiversity underpins landscape heterogeneity: Vanuac Parc National - Beaufortain, France.

Geomorphological sensitivity to climate change will influence biodiversity adaptations

- Changes in the magnitude, frequency and rate of geomorphological processes may alter distributions of landforms, reduce recovery time between extreme events and lead to longer landform readjustment times following extreme events.
- In extreme cases, the frequency and speed of geomorphological change may mean that habitat recovery is never fully established or that there is a change in process regime.
- Geomorphological responses in one part of a river catchment or coastal cell will also have downstream implications for habitats and species (e.g. arising from changes in discharge or sediment transfer).
- Managing biodiversity adaptations effectively will therefore require consideration of geomorphological sensitivity and making space for natural processes to readjust.



Photo © P&A Macdonald/SNH
Climate change and sea-level rise will lead to more dynamic landscapes that will provide both challenges and opportunities for biodiversity management, Ythan Estuary SSSI and Ramsar site, Scotland.

Improving protected area design

- Where geodiversity is a useful indicator of biodiversity, combining abiotic targets with biotic targets can result in a system of protected areas that is more representative of a region's biodiversity.
- In the face of climate change, protected area design that incorporates geodiversity should enhance resilience and sustain key processes.



Photo © Klára Antochová/KRNAP
Plant distributions closely reflect the interactions of topography, geomorphology and climate, Karkonosze/Karkonosze Transboundary Biosphere Reserve, Czech-Poland.

Informing restoration and adaptive management

- Conservation of geosites with records of past environmental changes ensures that temporal records can inform restoration and adaptive management, not to provide static baselines, but to help understand past ranges of natural variability and future trajectories of change.
- Effective restoration requires reinstating functional links (e.g. between rivers and their floodplains).



Photo © P&A Macdonald/SNH
Palaeochannels record past river changes: River Clyde Meanders SSSI, Scotland.

Conclusions & implications for protected area management

- Delivering long-term biodiversity targets where communities are likely to change may be enhanced by protecting geodiversity and making space for natural processes that enhance landscape heterogeneity.
- Conservation of geodiverse, heterogeneous landscapes should underpin the development of robust protected area networks that help to maintain the resilience and adaptive capacity of biodiversity in the face of climate change.
- It is vital that geodiversity and geoheritage are fully integrated into the selection, management and monitoring of protected areas as part of an ecosystem approach that recognises the value and integrity of both abiotic and biotic processes in nature conservation.

John Gordon: jeg4@st-andrews.ac.uk
Roger Crofts: roger.dodin@btinternet.com

(IPCC 2019a, 2019b) deutlich hervorgehoben. Insbesondere die vorhergesagte Zunahme der Häufigkeit und des Ausmaßes von Extremereignissen wird wahrscheinlich rasche Veränderungen mit sich bringen, darunter Bodenerosion, schwere Überschwemmungen, Sedimentbewegungen und eine verstärkte Lösung von kalkhaltigen Gesteinen. Kleine Gebirgsgletscher werden im Zuge der Klimaerwärmung wahrscheinlich verschwinden, was in diesen Gebieten zu reduzierten sommerlichen Flussläufen führt. In periglazialen Gebieten, die abwechselnd gefrieren und auftauen, kann die Erwärmung zu einer Störung des Permafrosts und in der Folge zu einer Absenkung und Erosion der aufgetauten Bereiche sowie zu einem vermehrten Auftreten von Felsstürzen führen. Veränderter Wellengang kann die Küstenerosion verschärfen, während der Anstieg des Meeresspiegels zu Küstenüberflutungen, dem Verlust von Salzwiesengebieten und dem Eindringen von Salzwasser führen kann.

Der Klimawandel wird inzwischen als ein aufkommendes Problem für den Schutz des Geo-Naturerbes anerkannt (Gross et al., 2016; Wignall et al., 2018). So kamen beispielsweise Überprüfungen der Auswirkungen des Klimawandels auf geschützte Geotope in Großbritannien zu dem Schluss, dass die Auswirkungen am größten auf aktive Lockersediment-Küsten- und -Flusssgebiete, endliche Sedimentaufschlüsse aus dem Quartär, Landformen an Küsten- und Flusstandorten, aktive periglaziale Merkmale, Standorte mit Aufzeichnungen vergangener Umgebungen und Standorte mit endlichen oder eingeschränkten Gesteinsaufschüssen und Fossilien sein würden (Prosser et al. 2010; Wignall et al. 2018). Sharples (2011) untersuchte die Auswirkungen des Klimawandels auf die Geodiversität der Tasmanian Wilderness World Heritage Area, Australien. Dazu gehören die Degradation von organischen Moorböden, Torf, Sümpfen und Mooren, erhöhte Kanalerosion und Sedimentation sowie mehr Sturzfluten und Sedimentation in Höhlen. Solche systematischen Bewertungen der Auswirkungen auf das Geo-Naturerbe würden eine risikobasierte Priorisierung für Überwachungs- und Managementmaßnahmen als Teil eines Aktionsplans zum Klimawandel ermöglichen. Ein wichtiger Teil dieses Prozesses wird die vorherige Festlegung von Schwellenwerten für Veränderungen sein, bei deren

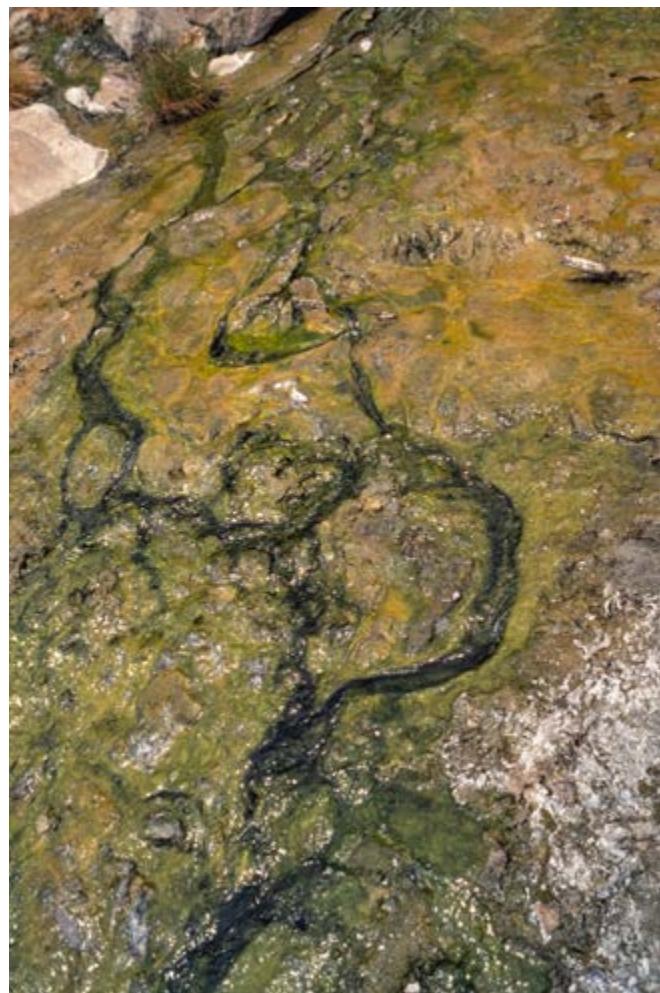


Foto 6.20 Spezialisierte Pflanzen, sogenannte Extremophile, leben von dem heißen Chemikaliencocktail, der in geothermischen Gebieten unter der Erde entsteht. Lake Manyara National Park, Vereinigte Republik Tansania. © Roger Crofts

Überschreitung Managementmaßnahmen zur Abschwächung von Bedrohungen aktiviert werden, wo dies sinnvoll ist.

Es ist wahrscheinlich, dass vor allem aktive geomorphologische, hydrologische und Bodensysteme als Reaktion auf den Klimawandel größere Veränderungen erfahren werden. Neben der Veränderung von geomorphologischen Merkmalen an sich

Tabelle 6.4. Beispiele für Verbindungen zwischen Geodiversität und Biodiversität.

Geo-/Bio-Interdependenz	Beispiele
Spezialisierte Pflanzen, die die Chemie von Gestein und Wasser widerspiegeln	Giant Prismatic Spring, Yellowstone National Park, USA; Waimangu volcanic valley, Rotorua, New Zealand.
Nischen für Tiere in Gesteinen	Jenolan Karst Conservation Reserve, Australia; White Desert National Park, Ägypten; Galapagos National Park, Ecuador.
Neue Lebensräume durch neu entstehendes Land durch Gletscherschmelze und damit verbundene Landhebung	Kvarken World Heritage site, Finnland; Skeidarásandur, Vatnajökull National Park Island.
Gesteinsschichten bedeutsam für die Verfolgung der biologischen Evolution	Burgess Shales, Yoho National Park, British Columbia, Kanada; Joggins Fossil Cliffs, Nova Scotia, Canada
Ökosysteme sind vollständig abhängig von einer ausreichenden Versorgung mit Wasser und Nährstoffen	Shaumari Reservat Jordanien für die Wiederansiedlung der Arabischen Oryx. Flow Country SSSIs Schottland flächendeckende Torfbildung für Lebensräume und Vogelschutz.

Quelle: Crofts, 2019.



Foto 6.21 Eine erfolgreiche Wiederansiedlung der Arabischen Oryx ist von einer regelmäßigen und ausreichenden Wasserversorgung abhängig. Die Entnahme zur Deckung des wachsenden Bedarfs von Amman führt zu Engpässen. Shaumari Reservat Jordanien. © Roger Crofts

können diese Veränderungen zu Erosion oder Ablagerungen anderer Geo-Naturerben führen (Tabelle 6.3). Außerdem können dynamische geomorphologische Merkmale außerhalb der Grenzen bestehender Schutzgebiete wandern. Ähnliche Bedrohungen können sich aus den Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs und der Zunahme von Stürmen in einigen Teilen der Welt ergeben, insbesondere aus den Reaktionen des Menschen (z. B. in Form von Forderungen nach der Installation von "hartem" Hochwasserschutz entlang von Flüssen und an der Küste), die Aufschlüsse verdecken und natürliche Prozesse stören. Da der Schutz vor dem potenziellen Verlust von Eigentum oder Infrastruktur wahrscheinlich als wichtiger erachtet wird als der Verlust von Geo-Naturerben, stellen diese Bedrohungen besondere Herausforderungen für das Management dar, die eine Zusammenarbeit zwischen Regierungen, Planern, Entscheidungsträgern und lokalen Gemeinden erfordern, um ein nachhaltiges Management von Geo-Naturerben als Teil umfassenderer, langfristiger Anpassungsstrategien zum Schutz von Ökosystemleistungen sicherzustellen. In einem bahnbrechenden Rechtsfall in England wurden jedoch die grundlegenden Prinzipien der Gebietsausweisung und des Schutzes des Geo-Naturerbes, einschließlich der Erlaubnis, natürlichen Prozessen an einer erodierenden Küste, an der Eigentum bedroht war, ihren Lauf zu lassen, von den Gerichten aufrechterhalten (Prosser, 2011). In vielen Fällen haben naturbasierte Lösungen oder zwischengeschaltete "weiche" Lösungen, wie z. B. eine kontrollierte Neuorientierung, den zusätzlichen Vorteil, dass sie die Risiken durch Naturgefahren

wie Küstenerosion, Überschwemmungen, Erdrutsche und Bodenerosion sowie die Auswirkungen des Klimawandels verringern. In anderen Fällen kann die Verlagerung von Aktivitäten oder Infrastruktur ins Landesinnere von der Küste aus letztlich die einzige kosteneffektive Option sein. Wo eine Form des Schutzes erforderlich ist, um Kapitalinteressen zu schützen (z. B. wesentliche Infrastruktur), und wo es der Platz erlaubt oder geschaffen werden kann, sollten "natürliche" Formen des Eingriffs die erste Option sein (siehe oben für Beispiele des Fluss- und Küstenmanagements).

Es wird möglich sein, den Verlust zu verhindern oder die Verschlechterung einiger spezifischer Stätten abzumildern, aber in anderen Fällen kann es notwendig sein, den Verlust oder die Verschlechterung der Merkmale von Interesse zu akzeptieren. Im letzteren Fall kann es angemessen sein, detaillierte Aufzeichnungen für die Nachwelt zu erstellen oder bestimmte Merkmale, wie z. B. Fossilien, für die Kuration in Museumssammlungen oder Archiven ex situ zu bergen. Zu den Abhilfemaßnahmen könnte die Verschüttung einiger Standorte gehören, um besonders empfindliche endliche Interessen zu schützen. In Ausnahmefällen kann der Bau von harten Schutzwällen zum Schutz einiger einzigartiger Merkmale erforderlich sein. Im Falle von exponierten Standorten kann die Ausgrabung von Ersatzabschnitten angemessen sein.

Auf Landschaftsebene wird die Verhinderung weitreichender Veränderungen der geomorphologischen Prozesse nicht praktikabel sein. Der geeignete und kostengünstigste

Ansatz sollte darin bestehen, aktiven geomorphologischen Prozessen die Möglichkeit zu geben, sich auf natürliche Weise an die veränderten Klimabedingungen anzupassen. Dies kann die Schaffung von Raum (z. B. durch die Entfernung von Hochwasserdämmen, damit die Flüsse ihre Überschwemmungsgebiete voll nutzen können) und die Bewältigung der Folgen von Veränderungen (z. B. Anpassung der Gebietsgrenzen) erfordern, anstatt zu versuchen, das aktive System zu stabilisieren und zu kontrollieren.

Die Überwachung von Veränderungen an den Standorten und ihren Merkmalen von Interesse ist ein grundlegender Teil des Managementprozesses, um zu entscheiden, an welchem Punkt ein Eingreifen erforderlich ist und welche Art von Eingriff erforderlich ist. Zu den allgemeineren Maßnahmen gehört die Kommunikation mit Planungsbehörden und lokalen Gemeinden, um den Schutz des Geo-Naturerbes in umfassendere Strategien und Pläne zur Anpassung an den Klimawandel zu integrieren.

Zusammenfassende Empfehlungen für das Management der Auswirkungen des Klimawandels:

- Risikobewertung von gefährdeten Standorten durchführen;
- naturbasierte Lösungen anwenden und aktiven geomorphologischen Prozessen eine natürliche Anpassung an sich ändernde Klimabedingungen ermöglichen;
- die Grenzen von Schutzgebieten überarbeiten, wo dies notwendig ist;
- Identifizierung von Abhilfemaßnahmen oder potenziellen Ersatzaufschlüssen für Standorte mit hohem Risiko
- Aufzeichnungen für die Nachwelt implementieren und gegebenenfalls besondere Merkmale, wie z. B. Fossilien, für die Kuration in Museumssammlungen zu bergen;
- Veränderungen überwachen, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen; und
- Kommunikation mit Planungsbehörden und lokalen Gemeinden, um den Schutz des Geo-Naturerbes in umfassendere Strategien und Pläne zur Anpassung an den Klimawandel zu integrieren.

Best Practice-Richtlinie Nr. 18: Verfolgen Sie einen mehrstufigen Ansatz, um Bedrohungen des Geo-Naturerbes anzugehen, einschließlich der Identifizierung der Art der Bedrohung, der Empfindlichkeit der Stätte gegenüber der Bedrohung, der Risikobewertung und der Festlegung von Prioritäten für Managementmaßnahmen.

6.5 Umgang mit der Wechselwirkung zwischen Geodiversität und Biodiversitätsschutz

Die Geodiversität unterstützt eine Vielfalt von Lebensräumen in einem breiten Spektrum von zeitlichen und räumlichen Skalen (Tabelle 6.4). Auf globaler Ebene deuten Forschungsergebnisse beispielsweise darauf hin, dass Zentren der Gefäßpflanzenvielfalt mit Berggebieten in den feuchten Tropen und Subtropen mit hoher Geodiversität zusammenfallen (Barthlott et al., 2005). Auf regionaler und lokaler Ebene

unterstützt die Geodiversität die Habitat heterogenität, die sich aus den Merkmalen des physikalischen Substrats, den Bodeneigenschaften und der Bodenstabilität, den geomorphologischen Prozessen und Landformen, den topografischen Auswirkungen auf das Mikroklima, der Wasserverfügbarkeit und den Störungsregimen aus kontinuierlichen und episodischen Prozessen ergibt. Folglich sind die Habitatvielfalt und der Artenreichtum in Gebieten mit hoher geologischer und geomorphologischer Heterogenität oft größer (e.g. Tukiainen et al., 2019).

Der Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten ist daher von entscheidender Bedeutung für den Erhalt lebender Arten und Lebensräume, sowohl um die Kulisse oder "Bühne" als auch die natürlichen Prozesse (z. B. Überschwemmungen, Erosion und Ablagerung) zu erhalten, die für die Lebensraumvielfalt und die ökologischen Funktionen notwendig sind. Dies ist besonders relevant für die Gestaltung und das Management von Schutzgebieten im Kontext des Klimawandels, da die Geodiversität ein gewisses Maß an Widerstandsfähigkeit bieten und das Überleben von Arten durch die Verfügbarkeit geeigneter Habitatmosaike, Korridore und Höhenstufen ermöglichen kann, die eine Reihe von Makro- und Mikrorefugien bieten. Wo sich Arten und Gemeinschaften wahrscheinlich verändern werden, sollten robuste Schutzgebietsnetzwerke, die auf dem Schutz geodiverser, heterogener Landschaften basieren, dazu beitragen, die Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit der Biodiversität und wichtiger Ökosystemprozesse unter dem aktuellen Klima und in der Zukunft zu optimieren (Anderson et al., 2014; Comer et al., 2015; Knudson et al., 2018). Daher ist die Integration des Schutzes der Geodiversität und der Biodiversität nicht nur für die Entwicklung von Schutzgebietsnetzwerken, die repräsentativ für verschiedene Ökosysteme und Lebensräume sind, sondern auch für die Unterstützung des Managements der Biodiversität in einzelnen Schutzgebieten von entscheidender Bedeutung.

Wechselwirkungen zwischen Geodiversität und Biodiversitätsschutz können sowohl positiv als auch negativ sein (Crofts und Gordon, 2015; Crofts, 2019; Tabelle 6.4). Positive Wechselwirkungen entstehen dort, wo es eine Konvergenz von Geodiversitäts- und Biodiversitätsinteressen gibt, wie in dynamischen Küsten- und Flusssystemen mit starken Interdependenzen zwischen Vegetation und geomorphologischen Prozessen, oder wo Geodiversität die Grundlagen für Biodiversität liefert. Negative Wechselwirkungen können auftreten, wenn ein engeres Interesse am geologischen Erbe besteht, das funktional nicht von der Biodiversität abhängt, wie z. B. ein Gesteinsaufschluss, der die geologische Geschichte eines Gebiets veranschaulicht, oder empfindliche Gesteinsformationen und Landformen in Verbindung mit Karst- oder Gletschergebieten. Obwohl das Gestein oder die Merkmale einen wertvollen Lebensraum darstellen können, kann das Wachstum der Vegetation die Sichtbarkeit oder den Zugang zu den geologischen Merkmalen in Situationen behindern, in denen die primäre Anforderung des Schutzes des Geo-Naturerbes darin besteht, ihre Sichtbarkeit zu erhalten. Solche negativen Wechselwirkungen müssen von

Schutzgebietsmanagern erkannt und Lösungen gefunden werden (Kasten 6.3). Die Essenz der Lösung sollte die Anerkennung der Zusammenhänge zwischen den biotischen und abiotischen Merkmalen und den Prozessen sein, die sie hervorgebracht haben und die sie erhalten.

Zentrale Fragen sind:

- Worauf beruht der Konflikt zwischen der Erhaltung des Geo-Naturerbes und den Biodiversitätswerten in und um das Schutzgebiet?
- Ist der Konflikt auflösbar, ohne eine oder beide Wertgruppen zu untergraben, oder ist er grundsätzlicher?
- Wenn letzteres der Fall ist, ist eine der Wertgruppen langfristig wichtiger für den Naturschutz und muss daher gesichert und die andere geopfert werden?
- Sollte das Interesse an der geografischen Vielfalt außerhalb des Schutzgebiets liegen oder durch Vegetationswachstum verdeckt werden, vorausgesetzt, es kann in regelmäßigen Abständen neu untersucht werden, wenn neue Erkenntnisse vorliegen?
- Liegt die einzige verfügbare Auflösung außerhalb des Schutzgebiets und innerhalb der Bioregion?

Schließlich ist es wichtig, von Versuchen abzuraten, die Habitat-/Artenvielfalt durch Landschaftsveränderungen oder -wiederherstellung zu maximieren, die zur Schaffung unpassender Landformen/Landschaften führen (z. B. durch Anhebung der Landoberfläche durch Aufschüttung in Bereichen mit flacher Topografie oder Schaffung von Teichen mit Formen, die untypisch für lokale natürliche Merkmale sind).

Best Practice-Richtlinie Nr. 19: Erkennen Sie sowohl positive als auch negative Wechselbeziehungen zwischen Biodiversität und Geodiversitätsschutz, um das bestmögliche Ergebnis für den Naturschutz zu erzielen.

Management des Geo-Naturerbes in ausgewählten Situationen

7



Eine einzigartige Kombination aus geothermischer Aktivität und Vergletscherung, die im Jahr 2020 im Natur- und Landschaftsschutzgebiet Kerlingarfjöll, Island, verstärkt unter Schutz gestellt wird. © Roger Crofts

Detaillierte Hinweise zum Management von Schutz- und Erhaltungsgebieten werden gegeben:

- Höhlen und Karstgebiete (7.1)
- Gletscher- und Periglaziale Gebiete (7.2)
- Mineralien und paläontologische Fundstellen (7.3)
- vulkanische Gebiete (7.4).

In diesem Abschnitt werden Hinweise zum Management für vier Arten von Geo-Naturerben in Schutz- und Erhaltungsgebieten gegeben: i) Höhlen und Karstlandschaften und -merkmale, ii) glaziale und periglaziale Merkmale, iii) mineralische und paläontologische Stätten und iv) vulkanische Stätten. Für jeden dieser vier Geo-Naturerbe-Typen werden Informationen zu Landformen, Prozessen und Merkmalen, Bedrohungen und Management-Prinzipien und -Richtlinien beschrieben. Die vier Umgebungen wurden ausgewählt, um die Bandbreite der in Abschnitt 5.3 vorgestellten Standorttypen zu repräsentieren und um die erforderlichen Managementansätze zu veranschaulichen. Die Abschnitte über Gletscher und Periglaziale Merkmale veranschaulichen alle drei Standorttypen (Aufschluss, Integrität, Endlichkeit), während die Abschnitte über Höhlen und Karst sowie über Mineralien und Fossilien jeweils bestimmte Typen von Integritäts- und Endlichkeitsstandorten veranschaulichen.

7.1 Management von Karstschutz- und Höhlenschutzgebieten und Erhaltungsgebieten Landformen, Prozesse und Merkmale von Wert

Einige der dramatischsten Landschaften der Erde befinden sich in Karstgebieten, in denen Landformen häufig versinkende Bäche, blinde und trockene Täler, geschlossene Vertiefungen, unterirdische Drainagen und Höhlen umfassen. Sie sind größtenteils ein Produkt eines Prozesses, der als *Dissolution* (d.h. Auflösung) bezeichnet wird und auf Gesteine wirkt, die eine hohe Löslichkeit in natürlichen Gewässern haben (siehe Foto 3.1). Löslichkeit allein ist keine Garantie für die Entstehung eines Karstsystems. Andere Prozesse, vor allem mechanische Erosion und Kollaps, tragen zur Entwicklung von Karstlandschaften bei, aber die Auflösung ist ein wesentlicher Vorläufer. Zwei Gruppen von Gesteinen sind weithin als verkarstungsfähig anerkannt: die Karbonatgesteine (Kalkstein, Dolomit und Marmor) und die Evaporitgesteine (Gips, Anhydrit und Salz). Die oberirdischen und oberflächennahen Aufschlüsse dieser Gesteine nehmen etwa 20 % der eisfreien Landoberfläche der Erde ein. Der Schwerpunkt in diesem Bericht liegt auf Karbonatkarst, aber viele der Bedrohungen, Management-Prinzips und Richtlinien gelten auch für Evaporitkarst.

Eine Höhle ist ein natürlich entstandener Hohlraum in einem Erdmaterial, der groß genug für das Betreten durch Menschen ist. Diese Definition unterscheidet Höhlen von künstlichen Tunneln und anderen konstruierten unterirdischen Hohlräumen, die manchmal fälschlicherweise als "Höhlen" bezeichnet werden. Höhlen sind in vielen Lithologien und Umgebungen zu finden, aber weltweit werden die meisten durch die Auflösung von Karbonatgestein gebildet. Höhlen, die durch Auflösung entstanden sind, finden sich auch in Evaporit- und seltener

in Silikatgesteinen. Außerdem gibt es eine beträchtliche Anzahl von vulkanischen Höhlen (auch Lavahöhlen genannt). Es werden hier nur Höhlen betrachtet, die in Karstgebieten vorkommen.

Eine gut entwickelte oberirdische Karstlandschaft ist von der Entwicklung der unterirdischen Entwässerung abhängig. In Karbonatgesteinen fließt das Grundwasser durch aufgelöste, vergrößerte Kanäle. Wenn der Kanaldurchmesser groß genug für eine turbulente Strömung wird, spricht man von einem "Conduit"; diejenigen Conduits, die groß genug für den menschlichen Zugang werden, nennt man "Höhlen".

Die Entwicklung von Karstlandschaften wird durch Wasser angetrieben, das über, in, durch und aus Gesteinen mit hoher Löslichkeit fließt. Daher können Karstlandformen im Großen und Ganzen Input-, Durchfluss- und Output-Rollen zugewiesen werden (Williams, 2008). Nähere Einzelheiten sind in Büchern wie Ford & Williams (2007), Gillieson (1996), Gunn (2004), Palmer (2007) und White & Culver (2012) zu finden.

Intern entwässernde, geschlossene Vertiefungen (Dolinen und größere flachgedeckte Poljes) sind typische verkarstete oberirdischen Landformen. Sie haben eine ähnliche Funktion wie ein Entwässerungsbecken, indem sie Wasser, gelöste Stoffe und Sedimente zu einem oder mehreren Auslasspunkten und von dort in den Untergrund leiten. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von Karst ist, dass das Wasser mit Geschwindigkeiten fließt, die um mehrere Größenordnungen schneller sind als in nicht verkarsteten Grundwassersystemen. Dies bedeutet, dass Sedimente und Schadstoffe in kurzer Zeit über große Entfernung transportiert werden können. Ein zweites Unterscheidungsmerkmal ist, dass die meisten Karstgebiete eine Zone erhöhter Auflösung und damit Durchlässigkeit im obersten Grundgestein aufweisen. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit dieser Prozesse bedeutet, dass das Management von Höhlen und Karst als Schutzgebiete ganz anders ist als bei anderen Geo-Naturerbe-Typen.

Die meisten Karsthöhlen werden durch Wasser gebildet, das von der Landoberfläche absteigt, aber einige wurden durch aufsteigendes Grundwasser gebildet. Höhlengänge können aktiv (durch fließendes Wasser vergrößert) oder relikтив (kein ständiger Wasserfluss) sein. Die weltweite Anzahl von Karsthöhlen und ihre erforschte Länge und Tiefe nehmen von Jahr zu Jahr zu, und neue Entdeckungen außerhalb von Schutzgebieten können einen größeren Wert als Geo-Naturerbe haben als solche in bereits ausgewiesenen Gebieten. Als Reaktion darauf müssen möglicherweise neue Schutzgebiete ausgewiesen oder die Grenzen bestehender Gebiete neu festgelegt werden.



Foto 7.1 Eingang der Hang Son Doong-Höhle, Phong Nha-Kẻ Bàng-Nationalpark, Vietnam, 2009 erstmals erforscht und vermessen und ab 2020 der nach Volumen größte Höhlengang der Welt (5000m x 145m x 200m). © Dave Bunnel



Foto 7.2 Intakte Speläotheme (Stalaktiten, Stalagmiten und Flowstone) in Wild Boar Cave, Mulu National Park and World Heritage site, Sarawak, Malaysia. © John Gunn

In einigen Karstgebieten erreicht keiner der Gänge eine ausreichende Größe, um für den Menschen zugänglich zu sein. Daher kann es oberflächlichen Karst mit ausgeprägten Landformen und schnellem Grundwasserfluss durch die Gänge geben, aber keine Höhlen. Im Gegensatz dazu bildet das in der Tiefe durch Karbonat- oder Evaporitgestein zirkulierende Grundwasser in einigen Gebieten, in denen verkarstungsfähige Gesteine nicht vorkommen (und daher keine oberflächlichen Karstlandschaften vorhanden sind), Rinnen, Kanäle und in einigen Fällen auch Höhlen. Daher ist es unerlässlich, dass ein Gebiet vollständig vermessen wird, bevor eine Entscheidung über den Schutz getroffen wird.

Bedrohungen

Da etwa 20-25 % der Weltbevölkerung auf Trinkwasser aus Karstgebieten angewiesen sind, gibt es eine umfangreiche Literatur über Bedrohungen des Grundwassers in diesen Gebieten (z. B. Drew & Hotzl, 1999; Kresic, 2013). Karstgrundwässer sind besonders anfällig für die Übertragung von Bakterien, z. B. durch schlecht konzipierte Abwassersysteme, und von Schadstoffen, wie Pestiziden und Herbiziden von landwirtschaftlichen Flächen, Kohlenwasserstoffen von Straßen und Kraftstofflagern und Sedimenten aus der Landwirtschaft, der Rohstoffindustrie und der Erschließung. Es gibt auch viele Beispiele für die übermäßige Entnahme von Grundwasser aus dem Karst, was häufig zu Senkungen oder katastrophalen Einstürzen führt (z.B. Veni et al., 2001). In vielen Karstgebieten gibt es einen hohen Grad an Endemismus, und die Bedrohung der Artenvielfalt in Kalkstein, insbesondere durch den Abbau, wurde von Vermeulen & Whitten (1999) und BirdLife et al. (2014) diskutiert. Die Bildung unterirdischer Hohlräume durch Gesteinsauflösung und der schnelle unterirdische Transport von Sedimenten durch das Grundwasser sind charakteristische Merkmale von Karstgebieten, und die Bedrohung, die sie für die Infrastruktur und die Oberflächenerschließung darstellen, wurde breit diskutiert (z. B. Waltham et al., 2005).

Den Bedrohungen der Geodiversität im Karst wurde bisher weniger Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl viele der in anderen Zusammenhängen diskutierten Bedrohungen auch Auswirkungen auf ober- und unterirdische Landformen haben. Die Vielfalt der Karstgebiete und die integrierte dreidimensionale Komplexität des Karsts bedeuten, dass Karstlandformen in Schutzgebieten häufig standortspezifischen Bedrohungen ausgesetzt sind, wie z. B. dem Abbau von Gestein. Auch kann ein Gebiet, das eine geringe oberirdische Geodiversität aufweist, von bedeutenden Höhlengängen und Sedimenten mit hohem Geodiversitätswert unterlagert sein. Daher sollte das potenzielle Vorhandensein von unterirdischen Landformen bei der Bewertung von Erschließungsvorschlägen immer berücksichtigt werden.

Die Erschließung von Höhlen, um Besuchern den Zugang zu ermöglichen, kann zu erheblichen Schäden an geowissenschaftlich interessanten Merkmalen führen, kann aber, wenn sie sensibel durchgeführt wird, einen verbesserten Zugang für wissenschaftliche Studien bieten. Bei der Erschließung der Poll an Ionain (Doolin)-Höhle in Irland wurde



Foto 7.3 Das gigantische Dashiwei Tiankeng Sinkhole (Doline) mit 600 m Länge, 420 m Breite und 613 m Tiefe, Leye-Fengshan Global Geopark, China. © John Gunn

beispielsweise der bestehende Höhlengang gezielt erweitert, um so viel wie möglich von der Morphologie zu erhalten, und der neue Gang ermöglichte es den Wissenschaftlern, Kernbohrgeräte in eine Kammer mit tiefen Sedimenten zu transportieren, die zuvor nur über einen niedrigen, engen Gang zugänglich war.

Zusätzlich zu den direkten Auswirkungen stellen alle Veränderungen des Wasser-, Sediment- oder Kohlendioxidflusses im und durch den Karst eine potenzielle Bedrohung für die Geodiversität dar, z. B. durch die Verfüllung oder Verschüttung von Merkmalen durch moderne Sedimente oder Veränderungen in der Chemie des Sickerwassers, die zu einer Beendigung der Ablagerung von Speläothemen führen. Die wichtigsten Aktivitäten, die solche Veränderungen hervorrufen, sind Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Wassernutzung, Bebauung/Urbanisierung und Tourismus/Erholung. Land- und Forstwirtschaft sind die häufigsten menschlichen Aktivitäten in und an den Grenzen von Karstschutzgebieten, und beide haben eine Reihe von Auswirkungen. Veränderungen der Oberflächenvegetation, z. B. durch Feuer, führen häufig zu Bodenerosion und in extremen Fällen zu Wüstenbildung sowie zu einer verringerten Kohlendioxidkonzentration im Boden. Die Wassernutzung hat häufig indirekte Auswirkungen auf die Geodiversität, z. B. durch Wasserentnahme, die den Grundwasserspiegel senkt, oder

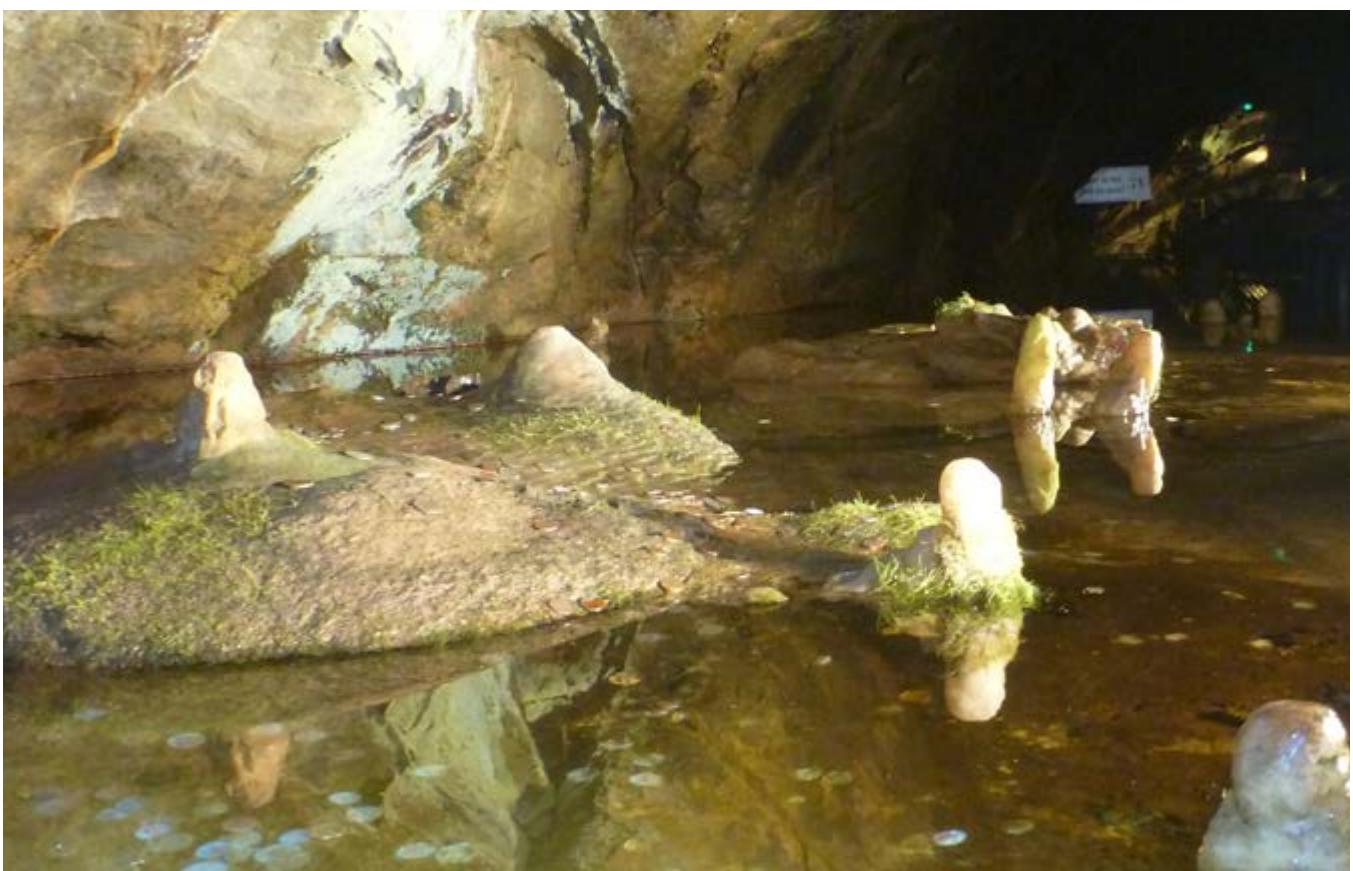


Foto 7.4 Gough's Cave in der Cheddar Caves Site of Special Scientific Interest, Somerset, England, ist seit über 100 Jahren für die Öffentlichkeit zugänglich. Leider hat die schlechte Beleuchtung das Wachstum der Lampenflora in vielen Teilen der Höhle gefördert. Der Pool ist künstlich und enthält sowohl Speläotheme, die aus anderen Teilen der Höhle abgebrochen wurden, als auch Münzen, die von Besuchern hineingeworfen wurden, um sich etwas zu wünschen". © John Gunn

durch punktuelle Anreicherung, die Sedimente in Kanäle spült. Siehe Kasten 6.2 für ein slowenisches Beispiel.

Landformen, das Wassernetz, die Flora und Fauna sowie alle spirituellen, religiösen und anderen kulturellen Werte.

Management-Prinzipien und Richtlinien

Karstgebiete werden auf lokaler, nationaler oder internationaler Ebene aus einer Vielzahl von Gründen geschützt, von denen die Geodiversität meist nur einer ist; in einigen Fällen wird sie nicht einmal erwähnt. Zum Beispiel wurden fünf der 52 Welterbegüter, die von Williams (2008, und pers. Mitt.) als international bedeutsame Karstmerkmale identifiziert wurden (darunter zwei mit Karst von außergewöhnlichem universellem Wert, wie von der Konvention definiert), nur wegen ihres kulturellen Interesses in die Welterbeliste aufgenommen; es ist nicht klar, ob die Geodiversität innerhalb dieser Stätten irgendeinen Schutz erhält. In ähnlicher Weise hat Gunn (2020) 151 Biosphärenreservate in 62 Ländern (Gesamtfläche 42.181.357 ha) und 124 Ramsar-Gebiete in 55 Ländern (Gesamtfläche 4.766.652 ha) identifiziert, die Karstgrundwasser und höchstwahrscheinlich auch eine bedeutende Karstgeodiversität enthalten. Selbst in Globalen Geoparks, die Karst enthalten, liegt der Schwerpunkt des Schutzes in der Regel auf kommerziell betriebenen touristischen Höhlen mit wenig oder gar keiner Rücksichtnahme auf die Managementanforderungen anderer Höhlen oder, in einigen Fällen, auf die breitere Karst-Geodiversität. Das wichtigste Prinzip beim Management von Karstschutzgebieten ist daher ein ganzheitlicher Ansatz, der das gesamte Karstsystem berücksichtigt. Dies umfasst die ober- und unterirdischen

Internationale Richtlinien für den Höhlen- und Karstschutz wurden von der IUCN (Watson et al., 1997) und Veni et al. (2001) veröffentlicht. Beispiele für Best-Practice-Richtlinien für den Höhlen- und Karstschutz auf regionaler oder nationaler Ebene sind Prosser et al. (2006) für England; das Karstmanagement-Handbuch für British Columbia, Kanada, aus dem Jahr 2003 mit einem verknüpften Online-Schulungsmodul (British Columbia, 2003; 2020) und die Richtlinien der tasmanischen Regierung zum Schutz und Management von Karst (Tasmanian Government, undatiert). Viele nationale Höhlenforscherverbände veröffentlichen Richtlinien für verantwortungsvolles Höhlenwandern; zum Beispiel die British Caving Association (undatiert) und die National Speleological Society in den USA (2016). Woo und Kim (2018) liefern Beispiele aus Korea. Tabelle 7.1 skizziert einige wichtige Managementüberlegungen.

7.2 Management von glazialen und periglazialen Schutz- und Erhaltungsgebieten

Landformen, Prozesse und Merkmale von Wert

Glaziale und periglaziale (Gebiete, die in großer Höhe oder in der Nähe von Gletscherrändern abwechselnd gefrieren und auftauen) Schutzgebiete umfassen ein breites Spektrum aktiver (moderner) und inaktiver (reliktischer) Quartärmerkmale. Moderne Gletscherumgebungen, die zum Beispiel mit den

Tabelle 7.1. Wichtige Überlegungen zum Höhlen- und Karstschutz des Geo-Naturerbes.

OBERFLÄCHEN MANAGEMENT In einem Karstschutzgebiet sollte jede geplante Aktivität auf die möglichen Auswirkungen auf den Wasser- und Luftstrom (insbesondere den Kohlendioxidgehalt) geprüft werden, der der Motor der Karstprozesse ist.	
Einzugsgebiet	Viele Karstgebiete erhalten einen beträchtlichen Wasser- und Sedimentfluss aus angrenzenden, nicht verkarsteten Einzugsgebieten, und das Grundwasser im Karst bewegt sich häufig unterhalb topografischer Wasserscheiden und kann konvergenten und divergenten Pfaden folgen. Karsteinzugsgebiete sind in der Regel dynamisch, sie dehnen sich aus und schrumpfen in Abhängigkeit von den Niederschlägen. Daher ist es wichtig, dass das gesamte Einzugsgebiet bestehender oder geplanter Schutzgebiete im Karst durch wiederholte Wasserverfolgungsexperimente und Höhlenkartierung definiert wird. In den Gebieten, in denen sich das Einzugsgebiet über das Gebiet mit oberirdischem karstgeologischem Erbe hinaus erstreckt, sollte das zusätzliche Land Teil einer Pufferzone sein oder es sollte einen integrierten Einzugsgebietsmanagementplan geben, um stromabwärts gelegene Karstmerkmale von Interesse zu schützen.
Abbauindustrie	Es sollte eine generelle Ablehnung gegen die mineralgewinnende Industrie in Karstschutzgebieten bestehen, da es unweigerlich zu einem Verlust an Geodiversität und Prozessveränderungen kommt. Wenn ein Bedarf an einem Mineral besteht, das nicht außerhalb des Schutzgebiets gewonnen werden kann, müssen potenzielle Abbaustätten sowohl im Hinblick auf die ober- und unterirdischen Landformen als auch auf die hydrogeologische Verbindung bewertet werden, um Zonen mit "minimalen Auswirkungen" zu ermitteln.
Großflächige Konstruktion	Es wurden Protokolle entwickelt, um die Risiken, die Karst für die Entwicklung von Autobahnen und Eisenbahnen darstellt, zu reduzieren, aber die Risiken einer solchen Entwicklung für Karst haben nicht so viel Aufmerksamkeit erhalten. Wenn es notwendig ist, geschützte Gebiete zu durchqueren, sind oberflächliche Geländekartierungen, speläologische Untersuchungen mit detaillierten Höhlenvermessungen und hydrogeologische Untersuchungen unerlässlich, um eine "am wenigsten schädliche" Route zu ermitteln. Karstspezifische Maßnahmen sollten den direkten Eintritt von kohlenwasserstoff- und sedimenthaltigem Straßenabwasser in das Grundwasser verhindern, sicherstellen dass oberflächennahe Hohlräume sorgfältig versiegelt werden anstatt sie einfach nur mit Zement zu verfüllen und alternative Zugänge zu eventuell angetroffenen Höhlen bereitzustellen.
Lokale Konstruktion und Zugang	Ähnliche Überlegungen gelten für den Bau von lokalen Straßen und Wanderwegen innerhalb von Karstschutzgebieten, wobei jedoch eine größere Kontrolle über die Streckenführung möglich sein sollte. Eine Höhlenkartierung in Verbindung mit einer Geländekartierung an der Oberfläche ist unerlässlich, um Korridore zu identifizieren, die am wenigsten Schaden anrichten. Bei größeren Projekten sollten geophysikalische Untersuchungen durchgeführt werden, um große Hohlräume zu identifizieren. Die Entwässerung von Straßen und Wegen sollte durch Sediment- (und Kohlenwasserstoff-) Fallen kanalisiert werden, die regelmäßig gewartet werden.
Gebäude	Alle neuen Gebäude in Karstschutzgebieten, wie z. B. Besucherzentren, erfordern eine vorherige Untersuchung der Oberfläche und des Untergrunds, um zu vermeiden, dass über unterirdischen Merkmalen gebaut wird.
Parken und Besuchertransport	Wo immer möglich, sollten Parkplätze weit entfernt von signifikanten Oberflächenformen sein. Sie sollten sich nie über Höhlen befinden, sowohl um das Eindringen von Wasser zu vermeiden als auch weil Parkplätze eine undurchlässige "Kappe" bilden, die das Eindringen von Wasser einschränkt und das Austrocknen von Höhlen verursachen kann. Zunehmend werden Elektrofahrzeuge eingesetzt, um die Besucher von großen, gut gestalteten Parkplätzen zu den Sehenswürdigkeiten zu bringen.
Stromerzeugung und die Lagerung von Brennstoffen	Besuchereinrichtungen in einigen Karst-Schutzgebieten liegen abgelegen und sind nicht an das Stromnetz angeschlossen. Wenn möglich, sollte der Strom vor Ort mit Wind-, Wasser- oder Solaranlagen erzeugt werden. Wenn Dieselgeneratoren unentbehrlich sind, sollte der Treibstoff für sie und für alle anderen wesentlichen Verwendungszwecke in eigens dafür gebauten, ummauerten Lagern aufbewahrt werden. Unumgänglich ist dabei das integrieren von Schutzmaßnahmen zur Verhinderung von Leckagen.
Wasserversorgung	Da Karstgebiete durch einen Mangel an Oberflächenwasser gekennzeichnet sind, wird in der Regel unterirdisches Wasser genutzt, um Vorräte für den menschlichen Gebrauch zu gewinnen. Die Entnahme von Sickerwasser, das in eine Höhle eindringt, wird wahrscheinlich nur geringe Auswirkungen haben, aber bevor Wasser aus Höhlenbachs entnommen wird, muss unbedingt festgestellt werden (durch Wasserverfolgung), woher es kommt und wohin es abfließt. Dann können fundierte Entscheidungen über die möglichen Auswirkungen der Entnahme getroffen werden.
Grauwasser- und Abwasser- aufbereitung	Unbehandeltes Abwasser sollte nicht in den Karst eingeleitet werden, da dies zu einer Verschmutzung führt, die möglicherweise Auswirkungen auf Speläotheme, Höhlenbiota und Quellen hat. Die Einleitung von Abwasser aus dem Karst kann den Wasserhaushalt stören, und die beste Praxis ist, das Wasser vor der Einleitung in den Karst an einer Stelle mit natürlicher Punktentladung auf einen hohen Standard zu behandeln. Im Marble Arch Caves Global Geopark (Irland) zum Beispiel fließt das Abwasser des Besucherzentrums durch eine kleine Kläranlage vor Ort und das hochwertig aufbereitete Wasser wird in den Höhlenbach eingeleitet.
Pflanzen und Tiere	Kalksteingebiete mit ihren karbonatreichen Böden können einige Pflanzenarten begünstigen und eine charakteristische Flora hervorbringen. Auch die Geomorphologie des Karsts kann die Flora beeinflussen. Zum Beispiel können Dolinen, die als Kaltluftsenken fungieren, eine Flora aufweisen, die für höhere Lagen oder vergangene kältere Klimazonen charakteristisch ist. Karstgelände bietet auch viele ökologische Nischen für Tiere an der Oberfläche. Das Management von Karstgebieten, die aus Gründen des Geo-Naturerbes geschützt sind, sollte immer Flora und Fauna berücksichtigen und umgekehrt.

UNTERGRUNDMANAGEMENT

Einzugsgebiet	Es ist wichtig, das gesamte Einzugsgebiet zu schützen, aber Höhlen, die sich in der Tiefe unter nicht-karstigem Terrain erstrecken, stellen eine besondere Schwierigkeit dar. Wenn festgestellt werden kann, dass es keine Verbindung zwischen der Oberfläche und der Höhle gibt, dann bringt ein Schutzgebiet oberhalb der Höhle nichts, aber wenn es eine begrenzte Verbindung gibt, z. B. über Dolinen im Deckgestein, dann ist es wichtig, dass die Oberflächenlandschaften geschützt werden.
Besucherzugang	Die überwiegende Mehrheit der Höhlen ist nicht erschlossen, aber selbst diese können viele Besucher empfangen, die ungeführte "Abenteuer-Höhlenforschung" betreiben, einschließlich Höhlentauchen. In geschützten Gebieten kann ein Genehmigungssystem erforderlich sein, um die Besucherzahlen zu begrenzen. Verschlossene Tore sind notwendig, um Höhlen mit hohem geologischen, biologischen oder archäologischen Wert zu schützen. Alle Besucher sollten sich einem Verhaltenskodex für die Höhlenforschung mit minimalen Auswirkungen unterwerfen, und in stark genutzten Höhlen sollten die bevorzugten Routen deutlich, aber diskret markiert werden.
Zonen innerhalb der Höhle	Vermessungen von Höhlen in Schutzgebieten sollten Merkmale von Interesse für das Geo-Naturerbe im Detail beinhalten, um das Management durch Zonierung zu erleichtern. Die Abschnitte einer Höhle, die für den Besucherzugang am geeigneten sind, sollten identifiziert werden, zusammen mit Bereichen, in denen Zugangsbeschränkungen aufgrund von außergewöhnlichen Speläothemen, Sedimenten oder archäologischen Ablagerungen oder solchen mit hohen Konzentrationen schädlicher Gase, wie Kohlendioxid oder Radon, angewendet werden müssen.
Vorhandene Schauhöhlen	Viele Schauhöhlen wurden erschlossen, bevor Schutzgebiete ausgewiesen wurden, und in einigen kam es leider zu einer erheblichen Schädigung des Geo-Naturerbes durch die Zerstörung von Sedimenten und Speläothemen zum Bau von Gängen, das Einbringen von organischem Material und die Entwicklung der Lampenflora (Algen, Moose und Pflanzen, die bei künstlichem Licht wachsen). Große Besucherzahlen können auch die Kohlendioxidge Konzentration auf ein Niveau erhöhen, bei dem sich die Speläotheme aufzulösen beginnen. Schauhöhlen in Schutzgebieten sollten bewertet und ein Managementplan entwickelt werden, um interessante Merkmale wiederherzustellen, wo dies möglich ist, und um sie vor zukünftigen Schäden zu schützen. Zum Beispiel sollten alte Beleuchtungssysteme durch moderne LED-Systeme ersetzt werden. Für weitere Details siehe ISCA (2014).
Entwicklung neuer Schauhöhlen	Schauhöhlen sind in der Regel eine wichtige Einnahmequelle für ein Schutzgebiet und es kann Druck entstehen, neue Höhlen zu erschließen. Dies sollte nur dann erlaubt sein, wenn eine klare Nachfrage nachgewiesen und eine geeignete Höhle identifiziert werden kann. Ein Erschließungsplan sollte unter Einbeziehung erfahrener Höhlenforscher erstellt werden, um Schäden an der Gangmorphologie, den Speläothemen und den Sedimenten zu minimieren. Es sollten Sensoren installiert werden, die eine Echtzeitüberwachung der Luftqualität ermöglichen.
Höhlenreinigung	Schauhöhlen variieren im Umfang der erforderlichen Reinigung, wobei die häufigsten Anforderungen darin bestehen, Ansammlungen von Flusen und menschlichen Rückständen, die von Besuchern stammen, zu entfernen und die Lampenflora zu kontrollieren. Wenn möglich, sollte Wasser aus dem Inneren der Höhle verwendet werden, und heißes Hochdruckwasser sollte nur dann eingesetzt werden, wenn andere Optionen versagt haben. Die Lampenflora wird am besten durch die Reduzierung der Beleuchtung und die Verwendung von LED-Leuchten kontrolliert, aber eine 5%ige Lösung von Natriumhypochlorit kann verwendet werden, um vorhandenen Bewuchs zu entfernen, vorausgesetzt, es wird darauf geachtet, dass kein Wasser in die Höhlenbäche gelangt.
Toiletten in Höhlen	Besucher müssen deutlich darauf hingewiesen werden, wo sich die letzte Toilette befindet, bevor sie eine Höhle betreten, und es sollte davon ausgegangen werden, dass es keine Toiletten in der Höhle gibt, obwohl sie in ausgedehnten touristischen Höhlen, in denen sich die Besucher länger als eine Stunde unter der Erde aufhalten, notwendig sein können. Moderne Designs minimieren den Abfall, aber um Verschmutzung zu vermeiden, ist Sorgfalt bei der Entleerung und Reinigung erforderlich.
Höhlenfauna	Höhlen sind beliebte Schlafplätze für eine Reihe verschiedener Fledermausarten. Ihr Fledermausguano ist von besonderer Bedeutung für wirbellose Zersetzerarten, die ein solches Höhlenökosystem bewohnen. In der Vergangenheit wurde der Guano häufig wegen seines Wertes als Düngemittel abgebaut, so dass einige Höhlen sanierungsbedürftig sind. Andere Arten wie Vögel, Schlangen, Säugetiere und Amphibien bewohnen Höhleneingänge und deren unmittelbaren Eingangsbereich und müssen geschützt werden. Einige Arten der Höhlenfauna befinden sich tief im Inneren der Höhle und haben sich in Abwesenheit von Licht entwickelt.

Quelle: Zusammengestellt aus einer Vielzahl von Quellen, vor allem Watson et al. (1997).

Eisschilde in der Antarktis und Grönland, den Eiskappen und Eisfeldern in Patagonien, Alaska (USA) und Island verbunden sind, sowie Gebirgsgräber in den Alpen, im Himalaya, in den Rocky Mountains und auf den subantarktischen Inseln umfassen Landschaften, die ein Ergebnis von einer variablen Kombination von glazialen, lakustrinen, fluviyalen und marinen Prozessen sind. In diesen Gebieten gibt es auch Verbunde von inaktiven Landformen und Ablagerungen, die längerfristige Gletscherveränderungen über Zeitskalen von

Jahrzehnten bis zu Hunderttausenden von Jahren aufzeichnen (Kiernan, 1996; Benn & Evans, 2010). Schutzgebiete, die diese Gletschertypen repräsentieren, sind häufig groß und umfassen viele der spektakulärsten Landschaften und wichtigen Biodiversitätsreservate der Welt (z. B. Sagarmatha (Mount Everest) Nationalpark, Nepal; Aoraki/Mount Cook Nationalpark, Neuseeland; Los Glaciares Nationalpark, Argentinien; Torres del Paine Nationalpark, Chile; Glacier Nationalpark, USA; Nordostgrönland Nationalpark, Dänemark;



Foto 7.5 Der gut zugängliche Nigardsbreen-Gletscher und die Moränen, ein Arm des Jostedalsbreen-Gletschers, der größten Eiskappe auf dem europäischen Festland. Das Gebiet liegt im Nigardsbreen Naturreservat, Teil des Jostedalsbreen Nationalparks, Norwegen.
© José Brilha



Foto 7.6 Kürzlich durch den Rückzug des Stanley-Gletschers entgletschertes Gebiet ist nun periglazialen Prozessen unterworfen, Kootenay National Park, Kanada. © Parks Canada, Zoya Lynch

Vatnajökull Nationalpark, Island; Jotunheimen Nationalpark, Norwegen; und Sarek Nationalpark, Schweden). Sie umfassen immer komplexe von Landformen und dynamischen geomorphologischen Systemen auf verschiedenen Skalen.

In ähnlicher Weise umfassen periglaziale Umgebungen sowohl aktive als auch inaktive Landformen und Ablagerungen, die durch kalt-klimatische, nicht-glaziale Prozesse entstanden sind (Ballantyne, 2018). Erstere sind auf gletscherfreiem Boden in Polar- und Hochgebirgsgebieten weit verbreitet, aber auch auf vielen niedriger gelegenen Bergen in den mittleren und niedrigen Breiten, die keine oder nur kleine Gletscher mehr tragen. Inaktive periglaziale Merkmale sind auch in niedrigeren Höhen in denselben Gebieten und in Tieflandgebieten der mittleren Breiten vorhanden, insbesondere in den Gebieten der nördlichen Hemisphäre, die jenseits der Ränder der quartären Eisschilde liegen.

Glaziale und periglaziale Schutzgebiete haben aus einer Reihe von Gründen einen hohen Wert als Geo-Naturerbe. Sie sind wichtig für die wissenschaftliche Forschung und das Verständnis der Gletscherdynamik, der in Eiskernen aufgezeichneten Klimaveränderungen der Vergangenheit, der glazialen und periglazialen Landformen und Ablagerungen sowie der Gletschersee- und Meeresablagerungen. Dieses Wissen ist der Schlüssel, um Einblicke in die möglichen zukünftigen dynamischen Reaktionen der antarktischen und grönlandischen Eisschilde auf die globale Erwärmung zu erhalten. Glaziale und periglaziale Landformen und Böden bilden die physikalische Grundlage oder "Bühne" für die Biodiversität in großen Gebieten der hohen und mittleren Breiten und in den Gebirgsregionen der Welt, von ganzen Gebirgsketten bis hin zu den Mosaiken von Lebensräumen an einzelnen Berghängen. Viele Gletscher- und Periglazialschutzgebiete haben auch einen bedeutenden Wert für den Tourismus, Bildungs- und Freizeitaktivitäten, Assoziationen zum kulturellen Erbe (z. B. durch Folklore und Legenden und als nationale Symbole), Landschaftsästhetik und als Quelle der Inspiration für Kunst und Literatur (Kiernan, 1996; Gordon, 2018). Darüber hinaus sind sie wichtige Wassereinzugsgebiete für angrenzende Tieflandgebiete und für die Wasserkraftnutzung.

Bedrohungen

Alle in Tabelle 6.2 aufgeführten Bedrohungen treffen potenziell auf die Belange des Geo-Naturerbes der glazialen und periglazialen Schutzgebiete zu (Tabelle 7.2). Die Hauptauswirkungen sind:

- vollständige oder teilweise Zerstörung von Landformen und freiliegenden Sedimenten;
- Fragmentierung der Integrität des Geländes und Verlust der Beziehungen zwischen den Merkmalen, insbesondere, wenn das grundlegende Interesse des Geo-Naturerbes in der Zusammenstellungen von Landformen liegt;
- Störung geomorphologischer Prozesse;
- Verlust des Zugangs zu Landformen oder Sedimentaufschlüssen; und

- Verlust der Sichtbarkeit von Schlüsselmerkmalen (z. B. durch Vegetationswachstum oder Schuttablagerungen vor Sedimentaufschlüssen).

Große, landschaftlich geprägte Schutzgebiete sind in der Regel relativ robust gegenüber den meisten kleinräumigen Entwicklungen und Bedrohungen. Dies gilt auch wenn der Verlust von Integrität und Natürlichkeit sowie das Risiko einer erheblichen Beschädigung oder Zerstörung spezifischer Merkmale von außergewöhnlichem Wert zur Erleichterung von Entwicklungen, wie z. B. dem Bau von Skiinfrastruktur (Reynard, 2009a) oder der Einebnung der Oberfläche eines Blockgletschers zur Schaffung von Skipisten (Lambiel & Reynard, 2003), besondere Sorgen bereiten. Daher sind eine ordnungsgemäße Dokumentation der zu Grunde liegenden Interessen des Geo-Naturerbes und die Bewertung ihrer Empfindlichkeit sowie der Auswirkungen jeglicher Entwicklungen von wesentlicher Bedeutung. Kleine Geotope werden tendenziell empfindlicher auf Entwicklungen und Bedrohungen reagieren und haben oft weniger Möglichkeiten zur Vermeidung oder Milderung von Auswirkungen, abhängig von den Merkmalen des Standorts. Auch hier sind eine ordnungsgemäße Dokumentation der interessierenden Merkmale und eine Bewertung ihrer Empfindlichkeit sowie der Auswirkungen etwaiger Entwicklungen von wesentlicher Bedeutung.

Standortmanagement Prinzipien und Richtlinien

Es gelten folgende allgemeine Prinzipien, die sich an der Standortklassifizierung in Tabelle 5.2 orientieren:

- Integritätsstandorte/statische Merkmale - schützen die physische Integrität der Ressource und verhindern eine Fragmentierung (z. B. durch Steinabbau, Gleisbau), so dass Beziehungen zwischen den Merkmalen offensichtlich sind (z. B. zwischen Eskern und Schmelzwasserrinnen);
- Aktive geomorphologische Standorte/Merkmale - Erhaltung der natürlichen Prozesse und der Fähigkeit der aktiven Prozesse, sich natürlich zu entwickeln;
- exponierte Stellen - überwachen Sie den Aufschluss im Sediment und führen Sie bei Bedarf Pflegemaßnahmen (z. B. Rodung der Vegetation) durch, je nach Grad und Art der Nutzung; und
- Feine/einzigartige Merkmale - Aufrechterhaltung eines strengen Schutzes, um den Verlust von Schlüsselinteressen (z. B. interglaziale Ablagerungen) zu verhindern; in einigen Fällen, in denen das Merkmal von Interesse besonders empfindlich ist, kann es eine Verschüttung erfordern.

Einige kleine Schutzgebiete können als diskrete Einheiten verwaltet werden, aber im Allgemeinen treten glaziale und periglaziale Merkmale als komplexe Landform- und Prozessansammlungen auf (Kiernan, 1996; Reynard, 2009b), und einzelne Merkmale sind unterschiedlich empfindlich gegenüber bestimmten Bedrohungen. Die Auswirkungen der Fragmentierung und des Verlusts der Integrität und des Kontexts der Landform-Elemente sind daher wichtige Überlegungen.



Foto 7.7 Ein perfekt geformter Steinkreis, der durch Frosthebungen entstanden ist, Kvadehuksletta, Nationalpark Nordaust-Spitzbergen, Svalbard, Norwegen. Diese Landformen sind extrem empfindlich gegenüber menschlichem Zertrampeln. © Roger Crofts

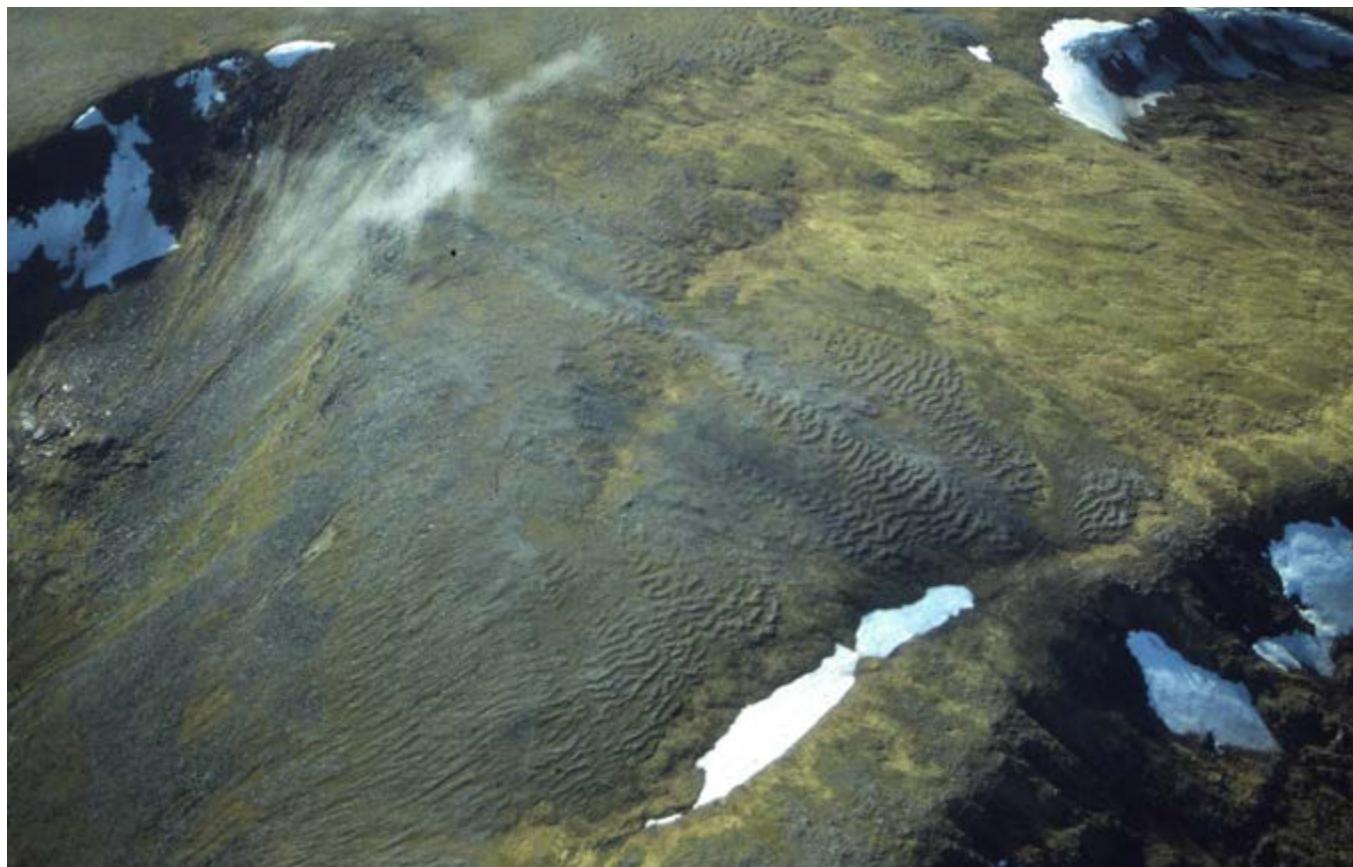


Foto 7.8 Periglaziale Lappen und Terrassen, die durch Abwärtsbewegungen infolge des abwechselnden Gefrierens und Auftauens des Bodens entstanden sind, sind sehr fragile Landformen und werden leicht durch Überweidung oder Radfahrzeuge beschädigt. Fannich Hills Site of Special Scientific Interest, Schottland. © Roger Crofts



Foto 7.9 Reihe von Gletscherlandschaften an der Gletscherspitze des Battybreen-Gletschers im Nationalpark Nordre Isfjorden, Svalbard, Norwegen. Die Abgeschiedenheit bedeutet, dass sie wahrscheinlich ungestört bleiben, obwohl das Aufkommen von kleinen Expeditionskreuzfahrten und der Einsatz von Schnellbooten, die den Zugang zu entlegenen Orten in den Gewässern Spitzbergens ermöglichen, eine potentielle Bedrohung darstellt. © Roger Crofts

Kasten 7.1

Fallstudie zur Wiederherstellung: Pitstone Steinbruch Site of Special Scientific Interest, Buckinghamshire, UK

Das SSSI Pitstone Quarry ist ein gutes Beispiel für die Integration von Geo-Naturerbe- und Biodiversitätsschutz als Teil der geplanten Wiederherstellung eines ehemaligen Steinbruchs. Die Lokalität erhält Beweise für zwei interglaziale Episoden, eine dazwischen liegende Kaltphase und periglaziale Merkmale mit Pflanzen- und Tierresten, die auf wechselnde Umweltbedingungen und Prozesse hinweisen. Bei dem Gelände handelt es sich um einen teilweise gefluteten ehemaligen Kalksteinbruch, der jetzt von einer lokalen Umwelt-NGO als Naturschutzgebiet verwaltet wird. Einige der wichtigsten quartären Ablagerungen sind derzeit durch Vegetation und Schutt verdeckt. Als Teil eines integrierten Managementplans werden die Eigentümer des Geländes in Zusammenarbeit mit lokalen Geologen die Vegetation entfernen, eine neue Demonstrationsfläche in den periglazialen Ablagerungen ausheben, neue Geo-Naturerbe Bildungs- und Interpretationsressourcen entwickeln und den Zugang für Besucher und Forscher verbessern. Mit Hilfe der Fixpunktphotografie wird der Zustand des Geländes überwacht, was zum zukünftigen Schutz des Geo-Naturerbes beitragen wird.



Foto 7.10 Die wichtigsten quartären Ablagerungen im Pitstone Quarry befinden sich oberhalb der degradierten Kreidefläche auf der rechten Seite des Bildes. © Eleanor Brown, Natural England

Tabelle 7.2. Hauptbedrohungen und Anforderungen an das Schutzmanagement für verschiedene Kategorien von Gletscher- und Periglazialgebieten.

Geowissenschaftlicher Erhaltungscode	Standorttyp	Typische Merkmale von Interesse	Wichtigste Bedrohungen	Indikatives Erhaltungsmanagement
Aufschluss oder großflächige Standorte	Aktive Steinbrüche und Gruben	Aufschlüsse in glazialen, periglazialen und anderen quartären Ablagerungen	Eingeschränkter Zugang für wissenschaftliche Studien; Lagerung von Steinbruchabfällen; Verfüllung gegen Aufschlüsse; Überabbau, so dass keine Reserve an ungeförderten Ablagerungen für künftige Forschung verbleibt; Wiederherstellung und/oder Entwicklung nach dem Abbau	Konsultation mit dem Steinbruchbetreiber, um den Zugang für wissenschaftliche Studien zu sichern; Konsultation mit der Planungsbehörde und dem Steinbruchbetreiber, um die Anforderungen des Schutzes des Geo-Naturerbes während und nach der Betriebszeit des Steinbruchs zu berücksichtigen (einschließlich Plänen für die geologische Überwachung und Aufzeichnung sowie die Beibehaltung von konservatorischen Abschnitten und Zugang als Teil des Wiederherstellungsplans)
	Stillgelegte Steinbrüche und Gruben	Aufschlüsse in glazialen, periglazialen und anderen quartären Ablagerungen	Deponie; unangemessene Wiederherstellung; unangemessene Entwicklung; Degradierung der Aufschlüsse; Überwucherung durch Vegetation	Verhandlungen über die langfristige Erhaltung von Abschnitten und Sicherung des Zugangs; Beschränkung der Entwicklung auf Bereiche, die nicht zum Kerngebiet gehören; Kontrolle des Eindringens von Vegetation; erneute Ausgrabung von Abschnitten für Forschungsstudien, wo es unpraktisch oder unnötig ist, kontinuierliche Aufschlüsse zu erhalten
	Küstenklippen und Vorlandaufschlüsse	Aufschlüsse in glazialen, periglazialen und anderen quartären Ablagerungen	Küstenschutz; Ausbaggern; Verschlechterung von nicht durch Küstenerosion erhaltenen Aufschläßen; Eindringen von Vegetation; Entwicklung von Häfen, Häfen und Yachthäfen	Erhaltung natürlicher Prozesse (Erosion); Sicherung des Zugangs; Vermeidung der Installation von "hartem" technischem Küstenschutz; Vermeidung von Bebauung vor den Klippen und im Landesinneren, die einen zukünftigen Küstenschutz erfordern könnte; an nicht aktiv erodierenden Küsten Management des Eindringens von Vegetation und bei Bedarf Wiederausgrabung von Abschnitten für Forschungsstudien
	Aufschlüsse an Flüssen und Bächen	Aufschlüsse in glazialen, periglazialen und anderen quartären Ablagerungen	Flussbau und Uferbefestigung; Degradierung von nicht durch Flusserosion erhaltenen Freiflächen; Überwucherung durch Vegetation	Erhalt natürlicher Prozesse; Sicherung des Zugangs; Vermeidung der Installation "harter" technischer Ufersicherungen; Vermeidung von Bebauung im angrenzenden Überschwemmungsgebiet, die einen zukünftigen "harten" Schutz erfordern könnte; an nicht aktiv erodierenden Aufschläßen Bewirtschaftung der Vegetationsübergriffe und bei Bedarf Wiederausgrabung von Abschnitten für Forschungsstudien
	Großflächige begrabene Interessen	Glaziale, periglaziale und andere quartäre Ablagerungen	Ungeeignete Landwirtschafts- und Landnutzungspraktiken (z. B. Entwässerung von Torfmooren); Aufforstung; Bebauung über verschütteten Objekten; Steinbruchbetrieb	Vermeidung von unangemessenen Aktivitäten in Schlüsselbereichen, damit diese intakt und für die wissenschaftliche Forschung zugänglich bleiben
	Straßen-, Schienen- und Kanaleinschnitte	Aufschlüsse in glazialen, periglazialen und anderen quartären Ablagerungen	Stabilisierung und Planierung von Freilegungen; Überwucherung durch Vegetation; Baumpflanzungen; Straßenverbreiterungen; Bebauung in stillgelegten Einschnitten	Vermeiden Sie "harte" technische Lösungen, wie z. B. das Abdecken von Freilegungen mit Beton; managen Sie den Eingriff in die Vegetation und graben Sie Abschnitte für Forschungsstudien neu aus; berücksichtigen Sie konservatorische Abschnitte und sichern Sie den Zugang als Teil der endgültigen Planung neuer Einschnitte

Geowissenschaftlicher Erhaltungscode	Standorttyp	Typische Merkmale von Interesse	Wichtigste Bedrohungen	Indikatives Erhaltungsmanagement
Integere Standorte	Statische (inaktive) geomorphologische Merkmale	Glaziale und periglaziale Landformen und Landformverband	Mineralienabbau; Urbanisierung, gewerbliche und industrielle Entwicklungen; Staudämme; Aufforstung; Eingriff in die Vegetation; unangemessene Freizeitaktivitäten (z. B. Umgestaltung der Landoberfläche für Golfplätze); unangemessene landwirtschaftliche und Landnutzungspraktiken (z. B. Auffüllen natürlicher Kessellocher, Bau von Wegen)	Erhaltung der Integrität von Landformen und Landform-Baugruppen; Vermeidung von Steinbrüchen und Erschließung; Vermeidung von Aufforstung, Verklappung und Auffüllung von Senken; Management des Eindringens von Vegetation; Vermeidung unangemessener Freizeitaktivitäten Für küstennahe Merkmale: Vermeidung von Entwicklungen, die den Meeresboden stören
	Aktive geomorphologische Systeme	Glaziale und periglaziale Prozesse und aktiv formende Landformen	Entwicklung (z. B. Skianfrastructuren und -einrichtungen); "harte" technische Maßnahmen zur Gefahrenabwehr in Tourismusgebieten und flussabwärts gelegenen Siedlungen und Infrastruktur; Flussbau und Dämme	Natürliche Prozesse erhalten; Entwicklungen abseits von aktiven Prozessen und in risikoarmen Gebieten platzieren; Wanderwege und Interpretationspfade nach Bedarf neu verlegen
	Karst	Glacio-karst	Gesteinsabbau; Erschließung (z. B. Skianfrastructuren und -anlagen); Überwucherung durch Vegetation	Erhaltung natürlicher Prozesse und der Integrität der Landformen; Vermeidung von Steinbruch und Erschließung; Management der Vegetation
Endliche Standorte	Merkmale von begrenzter Ausdehnung in einer Reihe von Situationen (z. B. aktive und stillgelegte Steinbrüche, Küstenklippen, Vorland, Flussufer und Höhlen)	Quartäre interglaziale und interstadiale Ablagerungen	Gesteinsabbau; Erschließung; unangemessene Landwirtschafts- und Landnutzungspraktiken und Erholungsaktivitäten; Aufforstung; Überwucherung durch Vegetation	Vermeidung von Abbau, Erschließung, Aufforstung, Verklappung und Aufschüttung, "harter" Ingenieurskunst, Küsten- und Flussschutz, unangemessenen Freizeitaktivitäten, unverantwortlicher Ausgrabung von Höhlenvorkommen; Sicherung des Zugangs; Management der Vegetation

Quelle: angepasst aus Prosser et al., 2006, 2018.



Foto 7.11 Fossiles Tier, *Dickinsonia*, Nilpena Fossilienstätte 560 Ma, Ediacara Conservation Park, South Australia. Eines der frühen Tiere auf der Erde, es konnte sich bewegen und ernährte sich von Bakterienmatten. © Graeme L. Worboys

In modernen glazialen Umgebungen sollte das Ziel des Schutzgebietsmanagements im Schutz des Geo-Naturerbes darin bestehen, die aktiven Prozesse zu erhalten und die Integrität und den Kontext der vorhandenen inaktiven Landformen zu schützen. Die größten Bedrohungen gehen wahrscheinlich von Tourismus und Erholung, Wasserkraft und forstwirtschaftlichen Entwicklungen aus. Auswirkungen können sich direkt aus der Ansiedlung von Gebäuden und der damit verbundenen Infrastruktur ergeben und indirekt aus Maßnahmen zur Gefahrenabwehr, die zum Schutz der Entwicklungen für notwendig erachtet werden (z. B. Uferschutz). Sowohl die direkten als auch die indirekten Auswirkungen der Ansiedlung neuer Anlagen auf die Merkmale des Geo-Naturerbes sollten bewertet werden, ebenso wie die Risiken für die Öffentlichkeit, insbesondere da durch den beschleunigten Umweltwandel die Gefährdung durch Gletscher und Permafrost zunimmt (Kääb et al., 2005). In einigen Gebieten, wie z. B. im Himalaya, stellt das erhöhte Risiko von Gletscherrandseeausbrüchen eine besondere Sorge für die flussabwärts gelegenen Gemeinden und Besucher dar, was die Installation von Warnmaßnahmen und die technische Absenkung des Seespiegels erforderlich macht.

Inaktive Landformen und endliche Ablagerungen sind besonders anfällig für Schäden durch eine Reihe von Bedrohungen (Tabelle 7.2) (siehe Foto 3.5). Die wichtigsten Managementziele für solche Merkmale sind die Erhaltung der Unversehrtheit der Landformen und der Zugang zu Aufschlüssen oder Stellen, an denen die Sedimente für die wissenschaftliche Forschung und

ggf. für die Interpretation leicht wieder freigelegt werden können. Im Falle von Landformen besteht die wichtigste Managementanforderung darin, Schäden durch Aktivitäten wie Mineralienabbau, Erschließung und Aufforstung zu verhindern (Tabelle 7.3). Im Falle von in Betrieb befindlichen Steinbrüchen gibt es zwei Hauptanforderungen: Erstens muss sichergestellt werden, dass der Zugang für wissenschaftliche Forschungen möglich ist (vorbehaltlich angemessener Gesundheits- und Sicherheitserwägungen), insbesondere dort, wo wissenschaftlich wichtiges Material (z. B. interglaziale Ablagerungen) dauerhaft verloren gehen würde; und zweitens müssen repräsentative Abschnitte und undurchlässige Reserven nach Beendigung des Abbaus erhalten bleiben, sofern dies möglich ist. Letzteres erfordert frühzeitige Verhandlungen mit Steinbruchbetreibern und Planungsbehörden (Prosser, 2016).

Im Fall von stillgelegten Steinbrüchen und Gruben gibt es zwei Anforderungen für die Wiederherstellung und das Management, wenn der Betrieb eingestellt wird. Erstens sollte der Zugang zu den Abschnitten zu Untersuchungs- und Reinigungszwecken aufrechterhalten werden (z. B. mit der Hand oder einem mechanischen Bagger). Unter der Voraussetzung, dass der Zugang erhalten bleibt, können nachfolgende Nutzungen wie Deponie, Bebauung oder Waldentwicklung in der Regel durch geeignete technische oder planerische Gestaltung um das Schutzgebiet herum untergebracht werden; es kann möglich sein, Geo-Naturerbe und Biodiversitätsziele zu kombinieren. Zweitens muss dort, wo Abschnitte nicht offen gehalten werden, die Möglichkeit einer zukünftigen temporären

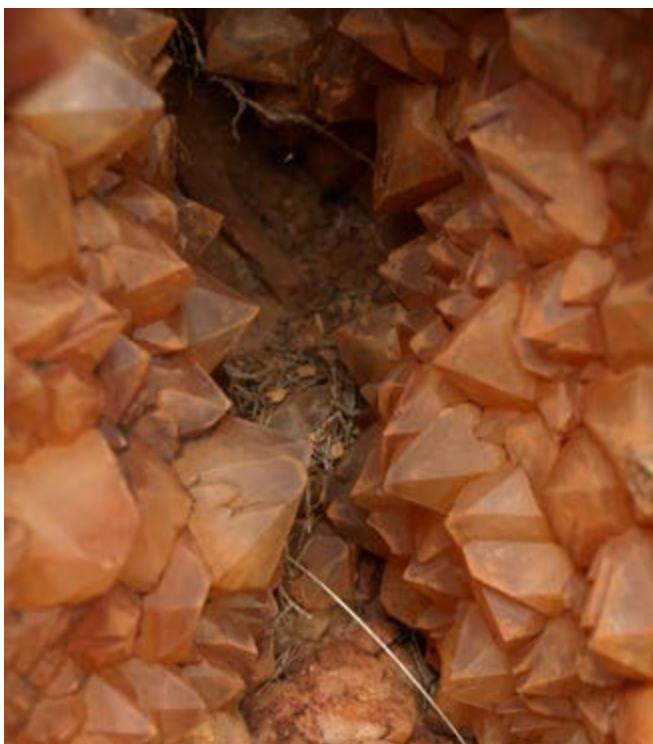


Foto 7.12 Hohlraum mit einer Quarzkristallauskleidung, Mount Gee, Arkaroola Protection Area, South Australia. Das epithermale Gebiet an der Oberfläche hätte dem modernen Yellowstone mit Geysiren und heißen Becken geglichen © Graeme L. Worboys

Begehung erhalten bleiben, etwa um wissenschaftliche Tagungen oder Forschungsprojekte zu ermöglichen. Nach solchen Veranstaltungen können die Abschnitte wieder verfüllt werden. Anleitungen zu Vorgehensweisen und konservatorischen Lösungen für eine Reihe von inaktiven Situationen sind in Tabelle 7.2 zusammengefasst, weitere Details finden sich bei Kiernan (1996), Prosser et al. (2006) und Kirkbride & Gordon (2010).

In Ausnahmefällen (z. B. wenn das Merkmal von Interesse extrem zerbrechlich und/oder räumlich sehr eingeschränkt ist), kann die geeignete Erhaltungsmethode darin bestehen, die wichtigsten Interessen zu vergraben und sie für einen bestimmten Zweck (z. B. wissenschaftliche Forschung oder einen organisierten Besuch einer Fachorganisation) wieder auszugraben (Bridgland, 2013). Dies kann geschehen, indem man ein Geotextil auf den Abschnitt legt und ihn mit Abraum bedeckt. Der Aushub könnte begrünt werden mit der Auflage, dass verhindert wird das tiefer wurzelnde Arten das Geotextil durchdringen. Dies erleichtert die Wiederfreilegung, während die Sedimente in der Zwischenzeit geschützt werden.

Wenn inaktive Landformen beschädigt wurden, sollte eine angemessene Wiederherstellung in Betracht gezogen werden (siehe Kasten 7.1).

In einigen Fällen kann es möglich sein, die ursprüngliche Landoberfläche zu imitieren (z. B. Gray, 2013). Es ist jedoch vorzuziehen, die Schäden von vornherein zu vermeiden.

Die Interpretation sollte ein wesentlicher Bestandteil der Managementziele an geeigneten Standorten sein, gemäß den Best-Practice-Richtlinien, die weiter unten in diesem Abschnitt

beschrieben werden. Beispiele sind der Glacier National Park (USA) (<https://www.nps.gov/glac/index.htm>) und das norwegische Gletschermuseum (<http://www.bre.museum.no/>).

7.3 Verwaltung von paläontologischen und mineralischen Fundstellen

Merkmale von Wert

Fossilien- und Mineralienfundstellen sind ein sehr wertvoller Teil des Geo-Naturerbes. Ihre Erhaltung - in manchen Fällen sogar ihre strikte Bewahrung - ist notwendig, damit sowohl die Fundstellen als auch die dazugehörigen wissenschaftlich wichtigen Exemplare für heutige und zukünftige Generationen nicht verloren gehen, damit diese sie kennenlernen, studieren und genießen können.

Paläontologische Ressourcen (Fossilien) sind die Überreste und Beweise vergangenen Lebens, die in einem geologischen Kontext erhalten sind; als solche sind sie eine nicht erneuerbare Ressource. Fossilien haben einen wissenschaftlichen und pädagogischen Wert, da sie wichtige Daten über die Geschichte des Lebens, die Entwicklung von Paläökosystemen und vergangene geologische Ereignisse liefern. Die Wissenschaft der Paläontologie wird durch neue Fossilienfunde ständig erweitert.

Mineralien und mineralogische Fundstellen liefern wertvolle Hinweise auf die physikalische Entwicklung der Erde. Sie helfen uns, den Prozess der Plattentektonik und die Komplexität der magmatischen Intrusion (geschmolzenes Gestein, das unter der Oberfläche eingedrungen ist), des Vulkanausbruchs und der Metamorphose (Temperatur, Druck und chemische Veränderungen im ursprünglichen Gestein) zu verstehen. Mineralien sind auch eine Quelle industrieller Rohstoffe und gehören zu unseren wertvollsten Gütern. Wie Fossilien werden auch Mineralien in großem Umfang gesammelt, und die Forschung, insbesondere unterstützt durch moderne Analysetechniken, entwickelt unser Verständnis der Mineralogie weiter.

Das Management von paläontologischen und mineralogischen Ressourcen und Lokalitäten muss auf wissenschaftlichen Prinzipien, einer strikten Ressourcen-Management-Praxis und ggf. auf rechtlichen Befugnissen beruhen.

Bedrohungen

Natürliche Prozesse und menschliche Aktivitäten können die Stabilität der an der Erdoberfläche freigelegten Fossilien beeinflussen. Natürliche Verwitterung und physikalische Erosion sowie menschliche Aktivitäten, wie z. B. der Abbau in Steinbrüchen, gehören zu den wichtigsten Faktoren bei der Freilegung von Fossilien und Mineralien; einige der ergiebigsten Fossilialokalitäten befinden sich beispielsweise entlang aktiv erodierender Küsten und in aktiven Steinbrüchen. Wo diese Ressourcen jedoch in ihrer Ausdehnung begrenzt sind, können dieselben natürlichen Prozesse eine Bedrohung darstellen und die fossile oder mineralische Ressourcen letztendlich entfernen. Sowohl unbeabsichtigte als auch beabsichtigte menschliche Aktivitäten, wie z. B. Bautätigkeiten oder intensives Sammeln, können paläontologische und mineralogische Ressourcen und Lokalitäten bedrohen (Tabelle 7.3) (Santucci & Koch,

Tabelle 7.3. Schutz paläontologischer Stätten vor Bedrohungen

Potentielle Bedrohungssquellen	Bevorzugte Managementmaßnahmen
Amateursammler	<p>Das Sammeln von Fossilien ist in der Regel in einem Schutzgebiet, in dem alle Naturphänomene geschützt sind, verboten.</p> <p>Es gibt einige Ausnahmen davon, aber nur unter strengen Kontrollen und nachdem die Verwaltungsbehörde festgestellt hat, dass die Vorteile des Erlaubens des Sammelns (als Möglichkeit, das Interesse der Öffentlichkeit an der Paläontologie zu fördern) die Kosten der Ressource-Entnahme überwiegen. Das Welterbegebiet Jurassic Coast in der Nähe von Lyme Regis, England, erlaubt zum Beispiel das Sammeln von Fossilien, die von einer Klippenwand an der Hochwassermarke erodieren (siehe Foto 6.15).</p>
Professionelle Diebe	Zu den Methoden, die eingesetzt werden, um den Diebstahl seltener Fossilien durch professionelle Diebe zu vereiteln, gehören: die Anwesenheit von Rangern vor Ort, die elektronische Überwachung, der Bau von Schutzbauten, die die Stätte umschließen, und, als letztes Mittel, die Umlagerung wertvoller Fossilien in Museumssammlungen.
Forschungsgrabungen	Wissenschaftliche Forschung in geschützten Gebieten wird in der Regel über ein Genehmigungssystem verwaltet, wobei den Forschern die Erlaubnis erteilt wird, im Rahmen ihrer Untersuchungen Fossilien mit minimalen Auswirkungen auszugraben. Es wird viele Fälle geben, in denen es den Forschern nicht erlaubt ist, die Stätte zu stören, wie z. B. eine, wo eine Ansammlung fossiler Muscheln von unschätzbarer Wert zu finden ist. Es wird auch viele Stätten geben, an denen die Wissenschaftler aktiv dazu ermutigt werden, Ausgrabungen durchzuführen, wie z. B. solche mit Fossilien, die auf einer erodierenden Wellenplattform an der Küste gefunden wurden. In der Praxis sollten die Schutzgebietsverwalter eine enge Arbeitsbeziehung mit der zugelassenen Forschungsgruppe entwickeln und Verbindungsänger/-wächter haben, die aktiv dafür sorgen, dass die Regeln durchgesetzt und Informationen ausgetauscht werden, und auch sicherstellen, dass neu gewonnene Erkenntnisse in naturkundliche Beschreibungen und Interpretationsprogramme aufgenommen werden.
Besuchermanagement	Die Besucher werden oft dazu ermutigt, Fossilienfundstellen zu besuchen und einen ausgestellten "Ausschnitt der Erdgeschichte" zu betrachten. Je nach Art der Fossilien wird der Besucherzugang zu Freiluftaufschlüssen in der Regel mit festen Wander routen organisiert. Für besonders empfindliche Fundstellen werden in der Regel Führungen angeboten; viele Aufschlüsse/Präparate können sich hinter Schutzbauten befinden. Einige Exemplare sind so empfindlich, dass sie von einem Aufschluss in ein Besucherzentrum vor Ort umgelagert werden können.
Besucherzentren	Einige Fossilienfundstellen sind so dramatisch, dass sie in großen, eigens dafür errichteten Gebäuden geschützt wurden, die ein Besucherzentrum und ein Museum in sich vereinen. Das Steinbruchgebäude des Dinosaur National Monument (Utah, USA) zum Beispiel beherbergt eine Ausgrabungsstätte mit einer Ansammlung von Dinosaurierknochen. Die Struktur dient als Werkstatt und Ausgrabungsstätte für Paläontologen und als Ausstellungsort für die Öffentlichkeit.

Tabelle 7.4. Zusammenfassung praktischer Prinzipien zur Erhaltung von Fossilien- und Mineralienfundstellen

■ Fördern Sie stets eine verantwortungsvolle Sammelpraxis in Schutzgebieten.
■ Ergreifen Sie Maßnahmen des Erhaltungsmanagements, die der wissenschaftlichen Bedeutung des Schutzgebiets und der vorhandenen Fossilien/Mineralien angemessen sind.
■ Passen Sie das Schutzmanagement an die örtlichen Gegebenheiten an und berücksichtigen Sie dabei Aspekte wie das Ausmaß der Sammelressource, ihre Erneuerungsrate und den wahrscheinlichen Druck durch das Sammeln usw.
■ Erlauben Sie seriöse standortbezogene Forschung und Studien, um die Entwicklung der geowissenschaftlichen Kenntnisstand zu fördern.
■ Konservieren Sie die fossilen und mineralischen Ressource in situ, wo immer dies möglich ist. In extremen Fällen ist eine Entnahme und Konservierung in einem Museum in Betracht zu ziehen, wobei jedoch darauf zu achten ist, dass alle kontextbezogenen Informationen vor der Entnahme erfasst werden.
■ Beschränken Sie das Sammeln auf die am wenigsten gefährdeten Teile der Fundstelle oder auf Fundstellen, die von geringerer Bedeutung sind, und fördern Sie das Sammeln von losem und Abfallmaterial.
■ Ziehen Sie die Vergrabung einiger wichtiger Fundstellen in Erwägung (wenn die Bedrohung durch Verwitterung, Erosion oder Sammeln nicht zu bewältigen ist), um die Fossilien und Mineralien im Kontext zu erhalten, damit sie für zukünftige Studien zur Verfügung stehen.
■ Entwicklung von Protokollen zur Erhaltung von Fossilien- und Mineralienfundstellen und Vereinbarung eines Verhaltenskodex für verantwortungsbewusstes Sammeln, der sowohl für die Amateurpaläontologen wie auch für akademische, institutionelle und kommerzielle Sammler gilt.
■ Entwicklung von Programmen zur Aufzeichnung von Exemplaren für wichtige Fundorte und Ermutigung der Sammler, Informationen auszutauschen.
■ Fördern Sie die regelmäßige Kommunikation zwischen Landbesitzern und Managern, Sammlern, Museen und Forschern.
■ Sicherstellen, dass regelmäßige Besuche vor Ort und Überwachung stattfinden, um den Gesamtzustand zu beurteilen und festzustellen, ob Schäden auftreten, und dass ein angemessenes Management eingeleitet wird.



Foto 7.13 Petrified Forest National Park, Arizona. Versteinerte Überreste des tropischen Waldes aus der Trias um 225 Ma. © José Brilha



Foto 7.14 Die Bewahrung seltener Exemplare in einer sorgfältig kontrollierten Umgebung ist ein bewährter Ansatz. Naturhistorisches Museum Bern, Schweiz. © Roger Crofts

Kasten 7.2**Fallstudie zu paläontologischen Fundstellen in den US-Nationalparks**

Der US National Park Service (USNPS) verwaltet mindestens 242 Parkeinheiten, in denen paläontologische Ressourcen durch Basisinventuren dokumentiert wurden.

Das oberste Prinzip für nicht-erneuerbare paläontologische Ressourcen in US-Nationalparks, wie es im Gesetz zur Gründung des USNPS festgelegt ist, besteht darin, sie "auf eine Art und Weise und mit solchen Mitteln zu erhalten und zu schützen, dass sie für die Freude zukünftiger Generationen unbeeinträchtigt bleiben". Der Palaeontological Resource Preservation Act 2009 ist die wichtigste Rechtsgrundlage in den Vereinigten Staaten für die Verwaltung und den Schutz von Fossilien. Der USNPS und andere für die Raumnutzung zuständige Bundesbehörden haben Vorschriften, Richtlinien und Verfahrensanweisungen entwickelt, um ein wissenschaftsbasiertes Management für nicht erneuerbare paläontologische Ressourcen zu unterstützen. Zu den spezifischen Managementaktivitäten im Zusammenhang mit Fossilienfundorten gehören: Inventarisierung, Überwachung, Forschung, Sammeln von Fossilien, Museumskuration, Datenmanagement, Erhaltung der Fundstelle, Schutz, Interpretation und Bildung. Einige Fossilienfundstellen rechtfertigen die Entwicklung eines Managementplans für paläontologische Ressourcen, um einen strategischen Ansatz für das Management von paläontologischen Fundstellen zu bieten.

Paläontologische Ressourceninventare (auch "Fossil Surveys" genannt) sind wichtige Managementinstrumente, um den Umfang, die Bedeutung und die Verbreitung paläontologischer Ressourcen zu ermitteln. Auf der Grundlage von veröffentlichter und unveröffentlichter Literatur wurde 2011 eine zehnjährige Arbeit zur Erstellung von paläontologischen Ressourcen-Inventaren für den gesamten USNPS abgeschlossen (Santucci et al., 2012). Durch diese systematische Bestandsaufnahme konnte die Anzahl der Parks, in denen Fossilien gefunden wurden, mehr als verdoppelt werden. Die Inventare deckten auch neue wissenschaftliche Informationen auf, die zuvor von den Parkmitarbeitern nicht erkannt worden waren, was zu einem verstärkten Umgang mit den Fossilien in den Parks und neuen Möglichkeiten für die öffentliche Bildung und Forschung führte.

Vierzehn US-Nationalparkeinheiten wurden ganz oder teilweise wegen ihrer Fossilienressourcen eingerichtet. Einer der bekanntesten Fossilienparks ist das Dinosaur National Monument (Colorado und Utah), das den weltberühmten Douglass Dinosaurier-Steinbruch bewahrt und als realer "Jurassic Park" gilt. Der Petrified Forest National Park in Arizona ist ein weiterer beliebter Fossilienpark, der den Besuchern die Möglichkeit bietet, 200 Millionen Jahre in die Vergangenheit zu reisen, um die Überreste eines terrestrischen Ökosystems aus der Trias zu sehen. Zusätzlich zu den wunderschön erhaltenen versteinerten Baumstämmen hat der Park die Überreste früher Dinosaurier sowie eine vielfältige Ansammlung anderer prähistorischer Wirbeltiere, wirbelloser Tiere, Pflanzen und Spurenfossilien hervorgebracht. Der Park unterhält ein aktives geologisches und paläontologisches Forschungsprogramm, unterhält bedeutende Fossiliensammlungen und bietet ein beliebtes Bildungserlebnis für Parkbesucher aus aller Welt.

In Anbetracht der nicht erneuerbaren Natur von Fossilien stellen die langfristigen Auswirkungen von nicht genehmigten Fossiliensammelaktionen ein bedeutendes Problem für das Management und den Schutz von Ressource dar. Die unglückliche Geschichte des Fossil Cycad National Monuments in South Dakota, das von 1952-1957 bestand, zeigt dies deutlich: Das unerlaubte Sammeln der fossilen Cycadeen im Park führte zur vollständigen Entfernung aller an der Oberfläche freigelegten alten Pflanzen. Der Verlust der Fossilien an diesem Ort führte zur Aufhebung des Schutzstatus des Fossil Cycad National Monument, das 1957 als Einheit des USNPS aufgelöst wurde. Die Lehren, die aus Fossil Cycad gezogen wurden, tragen dazu bei, moderne Praktiken des Ressourcen-Managements an paläontologischen Stätten auf öffentlichem Grund zu gestalten (Santucci und Hughes, 1998).

2003; Santucci et al., 2009). Ein beachtenswerter Fall ist die Aufhebung des Status des Fossil Cycad National Monument in South Dakota durch den US-Kongress, weil Sammler alle Oberflächenfunde entfernt hatten und das Hauptmerkmal von Interesse verloren ging (Santucci und Hughes, 1998).

Management-Prinzipien und Richtlinien

Nützliche Richtlinien und Verhaltenskodizes für die Erhaltung von Fossilien- und Mineralienfundorten und für verantwortungsvolles Sammeln wurden entwickelt (PROGEO, 2011) und in einigen Ländern angewendet, z. B. vom US National Park Service (Kasten 8.5). Weitere Beispiele sind Richtlinien für das Sammeln von geologischen Proben (einschließlich Fossilien und Mineralien) in England, zusammen mit einer Anleitung zum Management verschiedener Arten von Fossilien- und Mineralienfundorten (Natural England, 2012); der West Dorset Fossil Collecting Code of Conduct (Dorset and East Devon Coast World Heritage Site, 2011); und der Scottish Fossil Code für das Sammeln, die Konservierung und die Lagerung von Fossilien (Scottish Natural Heritage, 2008).

Der US National Park Service hat paläontologische Indikatoren für die Stabilität von Ressourcen entwickelt, die Informationen über das Klima, Erosionsraten, menschliche Einstellungen und Verhaltensweisen sowie den Verlust oder Gewinn von Exemplaren an der Oberfläche umfassen (Santucci und Koch, 2003). Diese wurden zu dem fünfstufigen Überwachungssystem "Vital Signs" weiterentwickelt. Dieses Monitoring umfasst das Tempo der natürlichen Veränderungen von geologischen und klimatischen Variablen, katastrophale geologische Prozesse, Hydrologie und Bathymetrie sowie menschliche Einflüsse (Santucci et al., 2009). Tabelle 7.4 zeigt Prinzipien und Kasten 7.2 liefert eine Fallstudie.

Es besteht ein Konsens darüber, dass verantwortungsbewusstes Sammeln von Fossilien die Wissenschaft fördern und zur Forschung beitragen sowie einen positiven Beitrag zum Verständnis, zur Erhaltung und zum Erleben der Geodiversität leisten kann, sofern ein Verhaltenskodex befolgt wird (wie bei den in Tabelle 7.4 dargestellten Prinzipien). Das unverantwortliche Sammeln von seltenen Fossilien und Mineralien stellt jedoch einen erheblichen



Foto 7.15 Vulkan Semeru, der höchste Vulkan Javas, bei einem Ausbruch in der Skyline. Im Vordergrund ist die Tengger Caldera mit dem gerippten Post-Caldera-Kegel des Batok in der Mitte des Vordergrunds und dem dampfenden Kegel des Bromo im linken Vordergrund.
© Lee Siebert, Indonesian National Park



Foto 7.16 Ein Mega-Caldera-See, der sich nach dem Ausbruch im grenzüberschreitenden Schutzgebiet des Vulkans Mount Changbaishan/Mount Paekdu, China/Demokratische Volksrepublik Korea, gebildet hat. © Kayla Iacavino

Verlust für die Wissenschaft dar und kann auch zu Schäden an Aufschlüssen und zum Verlust anderer Exemplare führen. Auf der Suche nach seltenen oder wertvollen Exemplaren wurden in der Vergangenheit mechanische Bagger, Sprengstoffe, Brechstangen und Steinsägen eingesetzt, um fossiles Material und Mineralien zu entfernen. Es ist wichtig, mit verschiedenen Sammlergruppen konstruktiv zusammenzuarbeiten. Im Weltnaturerbe Jurassic Coast (Großbritannien) beispielsweise werden lokale Sammler (einschließlich kommerzieller Sammler) durch den Verhaltenskodex für das Sammeln von Fossilien in West Dorset ermutigt, mit Fachleuten und Museumskuratoren zusammenzuarbeiten, um sicherzustellen, dass das Material aufgezeichnet und untersucht wird und dass die wissenschaftlich wertvollsten Exemplare in öffentlichen Einrichtungen zur allgemeinen Nutzung aufbewahrt werden.

Eine Lösung, wenn sehr seltene Fossilien- und Mineralienfundstellen bedroht sind, ist die Entnahme der Exemplare und/oder der fossil- oder mineralhaltigen Ressource zur Kuratierung in einem Museum, wo sie für die Öffentlichkeit zur Besichtigung und für Wissenschaftler zum Studium zur Verfügung stehen. Bei Geotopen, bei denen es schwierig ist, Exemplare zu entfernen, besteht ein alternativer Ansatz darin, qualitativ hochwertige Abgüsse und Formen herzustellen (Williams und Edwards, 2013). Dies liefert detaillierte Repliken und eine Ressource, die außerhalb des Geländes für Forschung und Ausbildung verwendet werden kann, was den Druck vor Ort reduziert. Dieser Ansatz ist besonders wertvoll für die Aufnahme von Spurenfossilien.

7.4 Verwalten von vulkanischen Schutz- und Erhaltungsgebiete

Landformen, Prozesse und Merkmale von Wert

Vulkanlandschaften offenbaren geologische und geomorphologische Prozesse, die demonstrieren wie die dynamische Erde auf globaler bis hin zur lokalen Skala funktioniert und welche Prozesse im Erdinneren mit denen an der Oberfläche verbunden sind. Zusätzlich zu ihren geowissenschaftlichen Kernwerten stellen Vulkane eine der dynamischsten Bühnen der Natur dar. Dies drückt sich in der großen Artenvielfalt aus, die in vielen Vulkanlandschaften zu finden ist, in den kulturellen Verbindungen zwischen Menschen und ihrer Umwelt und als Aufzeichnung menschlicher Entwicklungen auf jedem Kontinent. Dieser Management-Leitfaden stammt hauptsächlich von Wood (2009), ergänzt durch Casadevall et al. (2019).

Vulkanische Landformen variieren stark in Form und Größe und reichen von kleinen Schlackenkegeln bis hin zu riesigen Vulkanen. Vulkane können langlebige Phänomene sein, die aus wiederholten Episoden vulkanischer Aktivität entstanden sind, die über Hundertausende bis Millionen von Jahren stattgefunden haben können (z. B. könnte die Insel Island über einen Zeitraum von etwa 20 Millionen Jahren geformt worden sein; die Caldera Las Cañadas auf Teneriffa, Spanien, könnte über 3,5 Millionen Jahre alt sein; die Aktivität, die die Insel Jeju (Mount Halla), Republik Korea, aufbaute, begann vor etwa 0,8 Millionen Jahren; während die Insel St. Lucia in der Karibik ein Beispiel für komplexe und explosive, sich überlagernde Einstürze ist). Das bedeutet,

dass ältere vulkanische Zentren komplexe Überlagerungen von verschiedenen Landformen und Lavazusammensetzungen im Laufe der Zeit sein können, einschließlich Einstürzen. Zusätzlich zu den zeitgenössischen vulkanischen Prozessen und Landformen sind Wissenschaftler an den Überresten alter Vulkane interessiert, die an der Oberfläche erhalten sind. Beweise für frühere vulkanische Aktivität können in vertikalen geologischen Abschnitten gefunden werden, die in Felswänden und Talflanken freigelegt sind, oder in den Mustern, die durch Gesteinsstrukturen an der Bodenoberfläche entstehen.

Vulkanische Landschaften können auch hydrothermale Phänomene enthalten, wie heiße Quellen, Geysire, Schlammbecken und Fumarolen. Heiße Quellen treten dort auf, wo geothermisch erhitztes Grundwasser aus der Erdkruste austritt. Sie sind überall auf der Erde zu finden, auch auf dem Meeresboden.

Bedrohungen

Vulkanische Geo-Naturerben können für den Menschen bedrohlich sein, aber der Mensch kann auch eine Bedrohung für diese Landschaften darstellen. Einige Schutzgebiete erkennen nicht, dass schöne vulkanische Merkmale aktiv sein können. Daher besteht die Möglichkeit, dass das Risiko gefährlicher Zustände (z. B. Eruptionen, Gasemissionen, fumarolische Aktivität, Erdrutsche und andere vulkanische Gefahren) im Managementplan des Gebiets nicht angemessen berücksichtigt wird. Der Besuch aktiver geophysikalischer Gebiete bringt die Verantwortung mit sich, vulkanische Aktivitäten zu überwachen und Risikokontrollpläne als wesentliche Teile des Managementprozesses zu entwickeln. In vielen vulkanischen Gebieten gibt es Systeme zur Überwachung des Geländes, zur Kommunikation und für Notfallmaßnahmen, die für die Anwohner gedacht sind. Diese berücksichtigen jedoch möglicherweise nicht die spezifischen Gefahren von Schutzgebieten, wie z. B. ein Warnsystem für Touristen und eine geordnete Methode zur Evakuierung oder zum Schutz. Schutzgebiete sind geeignete Orte, um solche Informationen zu vermitteln, aber sie werden häufig in der Managementplanung ausgelassen. Es hat auch einen pädagogischen Wert, das Bewusstsein für vulkanische Gefahren auf wissenschaftlich fundierte Weise zu schärfen.

A good example of a successful hazard reduction scheme Ein gutes Beispiel für ein erfolgreiches Programm zur Gefahrenreduzierung in einem vulkanischen Weltnaturerbe ist der neuseeländische Tongariro-Nationalpark. Die Bedrohung durch Lahare (Schlammströme), die durch den Wasseraustritt aus dem Gipfelsee des Mount Ruapehu verursacht werden, war eine besondere Sorge für die Sicherheit der Skifahrer und der Skiinfrastruktur an seinen Hängen sowie für die umliegenden Straßen, das Ackerland und die Siedlungen. Es wurden hochentwickelte Systeme zur Überwachung des Kratersees und zur Warnung vor Lahars installiert, die sich bei einem Lahar-Ereignis vor kurzer Zeit als äußerst wichtig erwiesen haben, um den Verlust von Menschenleben und Sachschäden zu verringern

Neben der Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern, um die möglichen Bedrohungen durch einen Vulkan zu dokumentieren,



Foto 7.17 Ausbruch der Holuhraun-Spalte im Oktober 2014, Vatnajökull-Nationalpark, Island. Der größte Lavastrom seit über 200 Jahren in Island. Die Gefahr für Besucher und Anwohner wurde reduziert, indem das Gebiet für den Personen- und Fahrzeugverkehr gesperrt wurde, obwohl Flugzeuge das Gebiet überfliegen durften, wie auf dem Foto zu sehen ist © Roger Crofts



Foto 7.18 Eruptionskegel von 1910, Teil des Vulkans Teide (Gipfelschatten im rechten Vordergrund), Teide-Nationalpark, Teneriffa, Kanarische Inseln, Spanien. Der Zugang zum fragilen und potenziell unsicheren Gipfelbereich wird heute über eine Seilbahn bewerkstelligt und für den Eintritt in den Krater ist eine Genehmigung erforderlich. © Roger Crofts

Tabelle 7.5. Fragen des Risikomanagements, die in vulkanischen Gebieten zu berücksichtigen sind

Einzugsgebiet	Vulkanische Gefahren können sich durch Erdrutsche, Schlammlawinen, Lahare und Hangeinstürze viele Dutzend Kilometer vom Aktivitätszentrum ausbreiten. Bewerten Sie die kommunale Einstufung der vulkanischen Gefahr und nehmen Sie Empfehlungen in den Managementplan auf.
Abbauindustrie	Es sollte eine generelle Vermutung gegen mineralgewinnende Industrie in Schutzgebieten bestehen, da es unweigerlich zu einem Verlust der Geodiversität und einer Veränderung der Prozesse kommt. Wenn ein Bedarf an einem Mineral besteht, das nicht außerhalb des Schutzgebiets befriedigt werden kann, müssen potenzielle Abbaustätten im Hinblick auf ihre möglichen Auswirkungen auf das Schlüsselgeotop bewertet werden.
Fragile vulkanische Merkmale	Viele hydrothermale Gebiete, junge vulkanische Merkmale und weiche vulkanische Gesteine sind der Beschädigung und Zerstörung ausgesetzt, wenn sie nicht richtig verwaltet werden. Es sollte eine Bestandsaufnahme durchgeführt werden, um die schutzbedürftigen Gebiete zu priorisieren. Es können Maßnahmen erforderlich sein, um Besucher von diesen Merkmalen fernzuhalten. Bei besonders sensiblen Merkmalen sollte in Erwägung gezogen werden, den Zugang zu verbieten oder ihren Standort nicht bekannt zu machen.
Unerlaubtes Sammeln	Viele vulkanische Produkte werden von Sammlern geschätzt, darunter glasartiger Obsidian, vulkanische Bomben und andere Ablagerungen. Manager sollten betonen, dass dies nicht erneuerbare Ressourcen sind.
Gebäude	Alle neuen Gebäude in vulkanischen Schutzgebieten, wie z. B. Besucherzentren, erfordern eine vorherige Untersuchung der Oberfläche und des Untergrunds, um den Bau über unterirdischen Merkmalen, wie z. B. Lavaröhren, sowie über Bereichen mit Gefahren für die Gebädestabilität zu vermeiden.
Parken und Besuchertransport	Wo immer möglich, sollten Parkplätze weit entfernt von signifikanten Oberflächenformen und Geotopen liegen.
Stromerzeugung und Lagerung von Brennstoffen	Besuchereinrichtungen in einigen vulkanischen Schutzgebieten liegen abgelegen und sind nicht an das Stromnetz angeschlossen. Wo es möglich ist, sollte die Elektrizität vor Ort mit Wind-, Wasser- oder Solaranlagen erzeugt werden. Wenn Dieselgeneratoren unentbehrlich sind, sollte der Treibstoff für diese und für andere wichtige Anwendungen in speziell gebauten, ummauerten Lagern aufbewahrt werden, um ein Auslaufen zu verhindern.

Besucher-Management

Zugang für Besucher	Die überwiegende Mehrheit der geschützten Vulkangebiete ist nicht erschlossen, kann aber dennoch viele Besucher beim Wandern und Rucksacktourismus anziehen. In geschützten Gebieten kann ein Genehmigungssystem erforderlich sein, um die Besucherzahlen zu begrenzen. Alle Besucher sollten sich zu einem Besuchskodex mit minimalen Auswirkungen verpflichten, und in stark genutzten Gebieten sollten bevorzugte Routen von Wegen deutlich, aber diskret markiert werden.
Innerhalb des Schutzgebiets	Erkundungen von Vulkangebieten sollten die wichtigsten Geotope und geologischen Erbe detailliert inventarisieren, um das Management durch Zonierung zu erleichtern. Die für den Besucherzugang am besten geeigneten Abschnitte des Gebietes sollten identifiziert werden, zusammen mit Bereichen, in denen Zugangsbeschränkungen aufgrund außergewöhnlicher Fragilität oder Gefährdung angewendet werden müssen.
Vorhandene Einrichtungen	Viele vulkanische Gebiete wurden erschlossen, bevor sie als Schutzgebiete ausgewiesen wurden, und in einigen kam es leider zu erheblichen Schäden durch die Zerstörung von vulkanischen Merkmalen und Aussichtspunkten. Diese Orte können immer noch den Zwecken des Schutzgebiets dienen, aber die Manager sollten abwägen, ob eine Entfernung und Wiederherstellung der Merkmale vorzuziehen ist. In einigen Fällen können solche Einrichtungen nach einem vulkanischen Ereignis beschädigt oder zerstört sein, was eine Gelegenheit bietet, sie nicht wieder aufzubauen.
Wissenschaftliche Forschung	In vulkanischen Gebieten wird typischerweise aktive wissenschaftliche Forschung betrieben, da sie wertvolle Aufzeichnungen über die Prozesse vom Erdinneren bis zur Oberfläche liefern. Besonders nach vulkanischen Ereignissen kann das Forschungsinteresse hoch sein. Während die Forschung zu fördern ist, sollten Schutzgebietsverwalter darauf achten, dass einige Arten der Untersuchung auch die Gewinnung von Bohrkernen oder die Entnahme relativ großer Gesteinsmengen beinhalten. Für diese Arten von Forschung wird ein Genehmigungssystem empfohlen, wobei der Schwerpunkt auf dem Schutz der Integrität des Geotops und des größeren Geo-Naturerbes liegt. An Orten, an denen solche Untersuchungen Merkmale von Bedeutung für das Geo-Naturerbe zerstört oder verunstaltet haben, sollten Wiederherstellungsmaßnahmen durchgeführt werden, um den langfristigen Schaden zu minimieren.

müssen die Manager auch mit den Zivil- und Notfallbehörden und den lokalen Gemeinden zusammenarbeiten, um einen Notfallplan für den Fall eines schweren Vorfalls zu erstellen. Die Notfallplanung ist mittlerweile als sehr wichtig für den Schutz der Öffentlichkeit in einer Vielzahl von Risikosituationen anerkannt, obwohl Manager von vulkanischen Schutzgebieten neben dem Risiko für die Öffentlichkeit auch die Risiken für Naturgüter von hohem Schutzwert verstehen und dagegen vorgehen wollen. Der japanische Berg Fuji hat solche Managementpläne und hat Evakuierungsübungen durchgeführt. Ähnliche Pläne existieren in Südisland in Vorbereitung auf den Ausbruch des Vulkans Katla und wurden 2010 eingesetzt, als der benachbarte Vulkan ausbrach.

Bei der Bewältigung der Bedrohung vulkanischer geologischer Erbe durch Menschen ist es wichtig, dass Schutzgebietspläne und -management einen angemessenen Schutz des gesamten vulkanischen Systems, einschließlich der Zeugnisse seiner Art der Tätigkeit, Produkte und Landformen, gewährleisten (Tabelle 7.5). Während allgemein angenommen wird, dass vulkanische Geologie in der Regel recht robust ist, sind viele junge vulkanische Merkmale, wie hydrothermale Ablagerungen und empfindliche Eruptionsprodukte, recht zerbrechlich. Darüber hinaus gibt es vom Menschen verursachte Bedrohungen für geologische Merkmale von Wert, die ein Eingreifen des Managements erfordern können. In den meisten Fällen wirken sich diese Bedrohungen auch auf die Ökologie und die kulturellen Werte der Stätte aus, und wo diese Werte wichtig sind, sollten solche Stätten als integrierte Systeme verwaltet werden.

Standortmanagement Prinzipien und Richtlinien

Vulkanische Standorte haben andere natürliche Werte, die häufig von den besonderen abiotischen Faktoren des vulkanischen Geländes abhängen. Die Ökologie eines Vulkans wird von der Gesteinsart, dem Boden, der Geomorphologie und solchen Merkmalen wie dem Mikro-Gelände, dem Aspekt, der Höhe, der Trockenheit und manchmal sogar von vulkanischen Störungen beeinflusst oder ist in einigen Fällen sogar direkt von diesen abhängig. Vulkane haben häufig auch eine starke kulturelle Bedeutung.

Im Allgemeinen sind die aktivsten Vulkansysteme aufgrund ihrer Größe, ihrer langen eruptiven Lebensdauer (die normalerweise mehrere hunderttausend Jahre beträgt) und der ihnen innewohnenden Gefahren relativ ungestört und werden durch menschliches Verhalten kaum beeinflusst. In vielen Fällen ist die Interaktion zwischen Mensch und Vulkan das Gegenteil von der anthropogenen Beeinflussung anderer natürlicher Systeme, da Vulkane erhebliche Gefahren für Leben und Eigentum und sogar für die Erhaltung wichtiger geologischer, biologischer und kultureller Merkmale sein können. Dennoch stellen menschliche Aktivitäten eine Bedrohung für viele vulkanische Schutzgebiete dar. Zu diesen Bedrohungen gehören illegale Müllablagerungen, Verschmutzung des Grundwassers, unangemessener Straßenbau, Erosion der Wildnisqualität, kommerzieller Tourismus (einschließlich Skierschließung), übermäßige Freizeitnutzung, Off-Road-Fahrten und Mineralienabbau.

Bildung und Interpretation

Managementziele können auch durch Bildungs- und Interpretationsprogramme erreicht werden. Vulkane gehören zu

den meistbesuchten Touristenzielen der Welt. Der Fuji-Hakone-Izu-Nationalpark, Japan, (d.h. das Gebiet um den Berg Fuji) wird beispielsweise von bis zu 100 Millionen Touristen pro Jahr besucht, während schätzungsweise 300.000 Menschen jedes Jahr auf den Gipfel des Vulkans steigen. Die meistbesuchte vulkanische Welterbestätte ist der Teide-Nationalpark auf Teneriffa, Spanien, mit 3,2 Millionen Besuchen pro Jahr. Alle vulkanischen Welterbestätten bieten einen gewissen Zugang für Touristen. Zum Beispiel auf dem Kilauea, Hawai'i Volcanoes National Park, USA, und Stromboli, Äolische Inseln, Italien, können gelegentliche Besucher aktiven Vulkanismus gefahrlos beobachten. Der pädagogische Wert der Erfahrung, einen ruhenden oder aktiven Vulkan zu sehen, ist immens: es gibt keinen anderen Ort auf der Erde wo die Macht und Bedeutung der Geologie und der magmatischen Prozesse, durch die der Planet entstanden ist, so gut wahrgenommen werden kann.

In vielen vulkanischen Weltnaturerbestätten und in vielen anderen vulkanischen Schutzgebieten der Welt werden inzwischen hervorragende Interpretationseinrichtungen entwickelt, namhafte Beispiele sind der Thingvellir-Nationalpark in Island und Heimay auf den Vestmann-Inseln vor der Südküste Islands, der Hawai'i Volcanoes-Nationalpark und der Yellowstone-Nationalpark in den USA, der Teide-Nationalpark auf Teneriffa, Spanien, und der Tongariro-Nationalpark in Neuseeland. Im sehr innovativen Stone Park auf der Insel Jeju, Republik Korea, werden großartige grafische, 3D- und interaktive Exponate, die die vulkanische Geologie der Insel erklären, auch mit künstlerischen Interpretationen des Basaltgestein und der Folklore der Insel verbunden. Diese Exponate und die dazugehörigen Publikationen und Führungen tragen wesentlich dazu bei, das Bewusstsein, das Verständnis und die Wertschätzung für die Schönheit und das Interesse an Vulkanen sowie für die Bedeutung des Schutzes dieser geologischen Ressource zu erhöhen.

Monitoring

Die Methoden zur Überwachung des Verhaltens eines Vulkans sind technisch ausgereift und umfassen sowohl Fernerkundung als auch Messungen am und um den Vulkan herum, um Bewegungen des Magmas in der Tiefe zu erkennen. Die Instrumente messen die unterirdische seismische Aktivität, geophysikalische und thermische Profile, Bodenverformung, die Geochemie der emittierten Gase, hydrologische Daten sowie die Chemie, Wärme und Viskosität der Lava. In den meisten Fällen müssen Schutzgebietsmanager bei der Entwicklung dieser Überwachungsmethoden Vulkanologen und andere geologische Experten zu Rate ziehen.

Darüber hinaus haben viele holozäne Vulkane inzwischen eine Vulkan-Risikobewertung durchlaufen, die eine beschreibende Zusammenfassung potenzieller Gefahren darstellt, komplett mit einer Karte, die Gebiete zeigt, die von zukünftiger vulkanischer Aktivität betroffen sein könnten. Letzteres ist für Standortmanager, Wissenschaftler, zivile Behörden und Menschen, die auf oder in der Nähe des Vulkans leben, nützlich, um die Beziehung zwischen potenziell gefährlichen Gebieten und ihrem täglichen Leben selbst zu beurteilen. Die Bewertungen sind auch entscheidend für die Planung der langfristigen Landnutzung und effektiver Notfallmaßnahmen.

Bildung und Kommunikation zum Schutz des Geo-Naturerbes

8



Es gibt keinen Ersatz für die Erfahrung der Schüler mit einem ausgebildeten Pädagogen, Dan Tormey, einem der Autoren, ins Gelände zu gehen, wie hier an der Fossilienfundstätte La Brea Tar Pits, einem National Natural Landmark, Kalifornien, USA. © Dan Tormey

In diesem Abschnitt geht es um die Bildung und Kommunikation zum Schutz des Geo-Naturerbes. Die folgenden Themen werden angesprochen:

- allgemeine Interpretationsprinzipien und -praktiken (8.1)
- Bildung (8.2)
- Öffentlichkeitsarbeit (8.3)
- Kommunikation durch neue digitale Medien (8.4)
- Kommunikation durch konventionelle Medien.

Dieser Abschnitt beschreibt mehrere Arten und Ebenen der Kommunikation in Bezug auf das Geo-Naturerbe, mit der Vision, dass die physischen und digitalen Besucherzentren der Dreh- und Angelpunkt für diese Kommunikation sein werden. Die Form der Kommunikation wird für drei verschiedene Anwendungsbereiche beschrieben: Interpretation, Bildung und Öffentlichkeitsarbeit. Anschließend werden die Kommunikationswerkzeuge vorgestellt, unterteilt in neue digitale Medientechniken und traditionelle Medientechniken.

8.1 Interpretation

Die Interpretation ist eine Methode der Kommunikation, die darauf abzielt, die Bedeutung der Ressourcen eines Schutzgebiets zu offenbaren, anstatt nur sachliche Informationen zu vermitteln. Das Leitprinzip einer effektiven Interpretation ist "durch Interpretation, Verständnis; durch Verständnis, Wertschätzung; durch Wertschätzung, Schutz". Interpretationsprogramme zielen traditionell auf die Besucher von Parks ab, aber Interpretation kann nun überall stattfinden, einschließlich Umweltbildungsprogrammen und webbasierter oder mobiler App-gestützter Interpretation. Die Interpretation vor Ort kann jedoch besonders wirkungsvoll sein, da sie die direkten Erfahrungen der Öffentlichkeit mit den Werten des Geo-Naturerbes und wie diese die Biodiversität und die kulturellen Werte unterstützen, ergänzen kann. Eine gute Perspektive zur Vermittlung der Beziehung zwischen Geodiversität und Biodiversität findet sich bei Santucci (2005).

Ein klassischer ganzheitlicher Leitfaden für die Interpretation von Kulturerbe ist Freeman Tildens "*Interpreting Our Heritage*" (1957). Tilden definiert die Interpretation von Kulturerbe als eine pädagogische Aktivität, die darauf abzielt, Bedeutungen und Beziehungen durch die Verwendung von Originalobjekten, durch Erfahrungen aus erster Hand und durch illustrative Medien aufzuzeigen, anstatt einfach nur faktische Informationen zu vermitteln.

Der US National Park Service bietet einen "Crashkurs in Interpretation" an, der auf Tildens Prinzips basiert (Smaldone, 2003; Ham, 2013). Auch die US-amerikanische National Association for Interpretation verfügt über eine Fülle von Online-Informationen und Tools mit hervorragenden Beispielen für erfolgreiche Interpretationsmaterialien. Bruno & Wallace (2019) bieten eine praktische Anleitung zur Gestaltung von Interpretationstafeln für Geo-Naturerben.

Die Interpretation kann die Wertschätzung von Geo-Naturerbe Ressourcen in vielerlei Hinsicht erhöhen, insbesondere durch

das Hervorheben der Verbindungen zwischen der Landschaft und der zugrunde liegenden Geologie und durch das Aufzeigen der Beziehungen zwischen der oberflächennahen Geologie und der Flora, Fauna und menschlichen Geschichte eines Schutzgebiets. Darüber hinaus ermöglicht die Betrachtung von Gesteinen und Landschaften aus verschiedenen Perspektiven und Maßstäben ein besseres Verständnis für den Wert geologischer Ressourcen als integrale Bestandteile der Parkumgebungen. In vielerlei Hinsicht ermöglicht eine effektive Kommunikation, einschließlich Interpretationsprogrammen, der Öffentlichkeit eine Verbindung zur Bedeutung der Werte des Geo-Naturerbes innerhalb von Gesellschaften und Gemeinschaften im Allgemeinen und kann eine größere Wertschätzung seiner Bedeutung fördern. Dies wiederum kann eine Erhaltungsethik gegenüber dem Geo-Naturerbe fördern.

Die Interpretationsplanung ist ein erster Schritt im Planungs- und Gestaltungsprozess von Geotopen und ähnlichen Objekten, bei dem die Interpretation zur Vermittlung von Botschaften, Geschichten, Informationen und Erlebnissen eingesetzt wird. Es ist ein Entscheidungsprozess, der die Bedürfnisse des Managements und Ressource Überlegungen mit den Bedürfnissen und Wünschen der Besucher verbindet, um den effektivsten Weg zu finden, eine Botschaft an ein bestimmtes Publikum zu vermitteln. Das Ziel ist es, den Inhalt auf sinnvolle Weise mit der eigenen Erfahrung des Besuchers in Verbindung zu bringen und so Emotionen, Gedanken oder weitere Untersuchungen zu einem Thema anzuregen. Die meisten Interpretationspläne basieren auf der Definition von Themen, die für die Vermittlung an verschiedene Zielgruppen wichtig sind. Die Interpretationsplanung kann auch festlegen, wie das Publikum auf eine bestimmte Stätte oder ein bestimmtes Exponat reagieren und mit ihm interagieren soll. Diese Planung identifiziert und analysiert die Ziele und Probleme der Interpretation, der Bildung und des Besuchererlebnisses und empfiehlt die effektivsten, effizientesten und praktischsten Wege, um sie anzugehen. Der Plan dient als Leitfaden für die weitere Gestaltung und Entwicklung des Projekts und wird zu einer Ressource für Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit und Fundraising. Allgemeine Details sind in den IUCN WCPA Best Practice-Richtlinien zu Tourismus und Besuchermanagement zu finden (Leung, et al. 2018).

Fang et al. (2013) diskutieren den Einsatz von Geotourismus als vollständiges kontextuelles Kommunikationssystem in China und den Vereinigten Staaten. Dabei werden die Interpretationssysteme zweier globaler Geoparks in China mit denen des Zion-Nationalparks in den USA verglichen.



Foto 8.1 Interpretation im klassischen Stil: sehr zugänglich mit klaren Grafiken und einfachen Aussagen über die Burgess Shales und die Evolution des Lebens im Kambrium. Yoho National Park, Kanada. © Roger Crofts



Foto 8.2 Eine gute Möglichkeit, die Beziehung zwischen den zugrunde liegenden Gesteinen und der Landschaft zu zeigen, ist ein dreidimensionales Modell. Naturhistorisches Museum Bern, Schweiz. © Roger Crofts

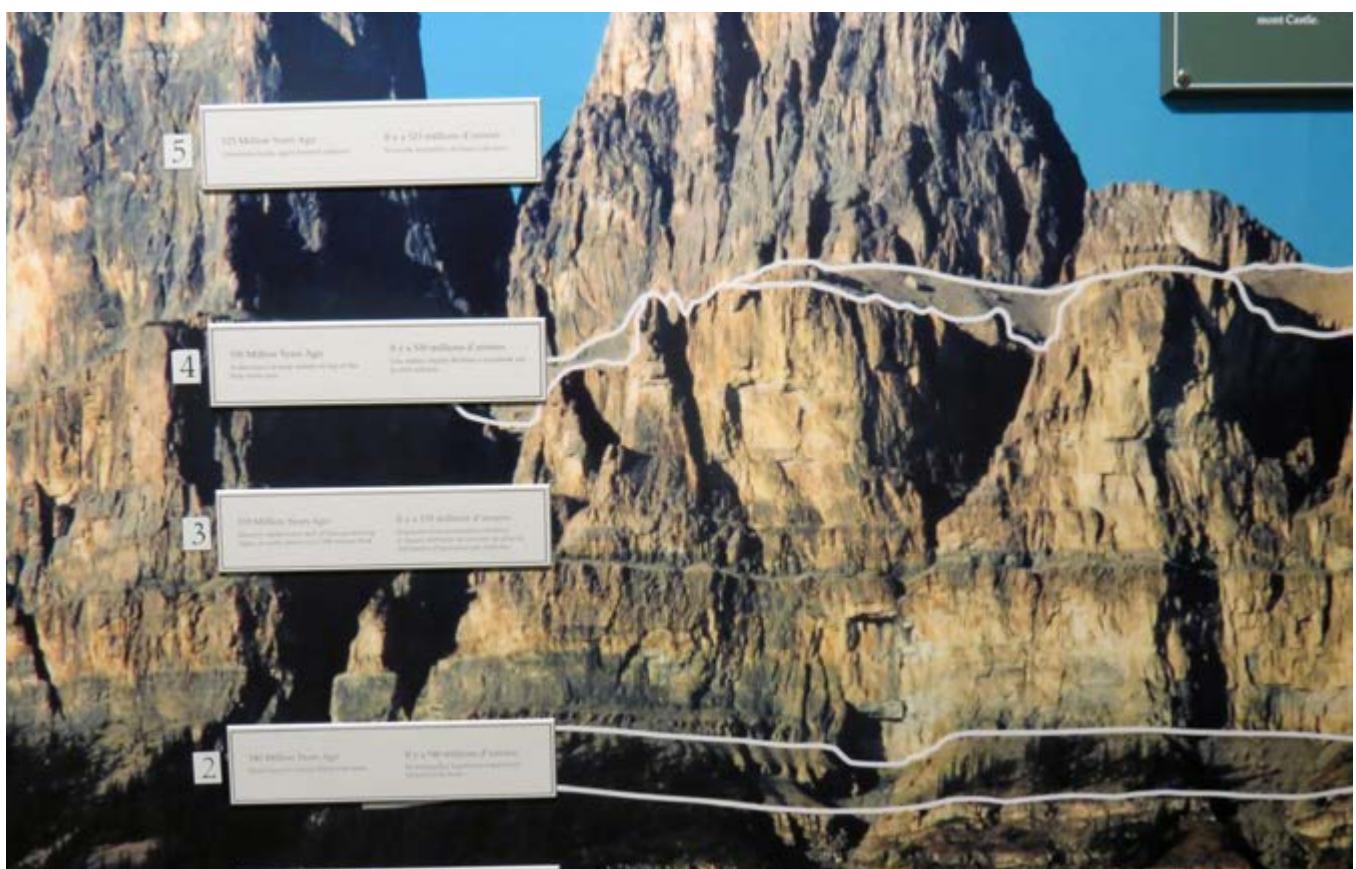


Foto 8.3 Eine weitere Methode, das Verständnis der Besucher zu verbessern, ist die Beschriftung von Fotos von Felswänden mit leicht verständlichen Informationen, wie hier in den kanadischen Rockies. © Roger Crofts

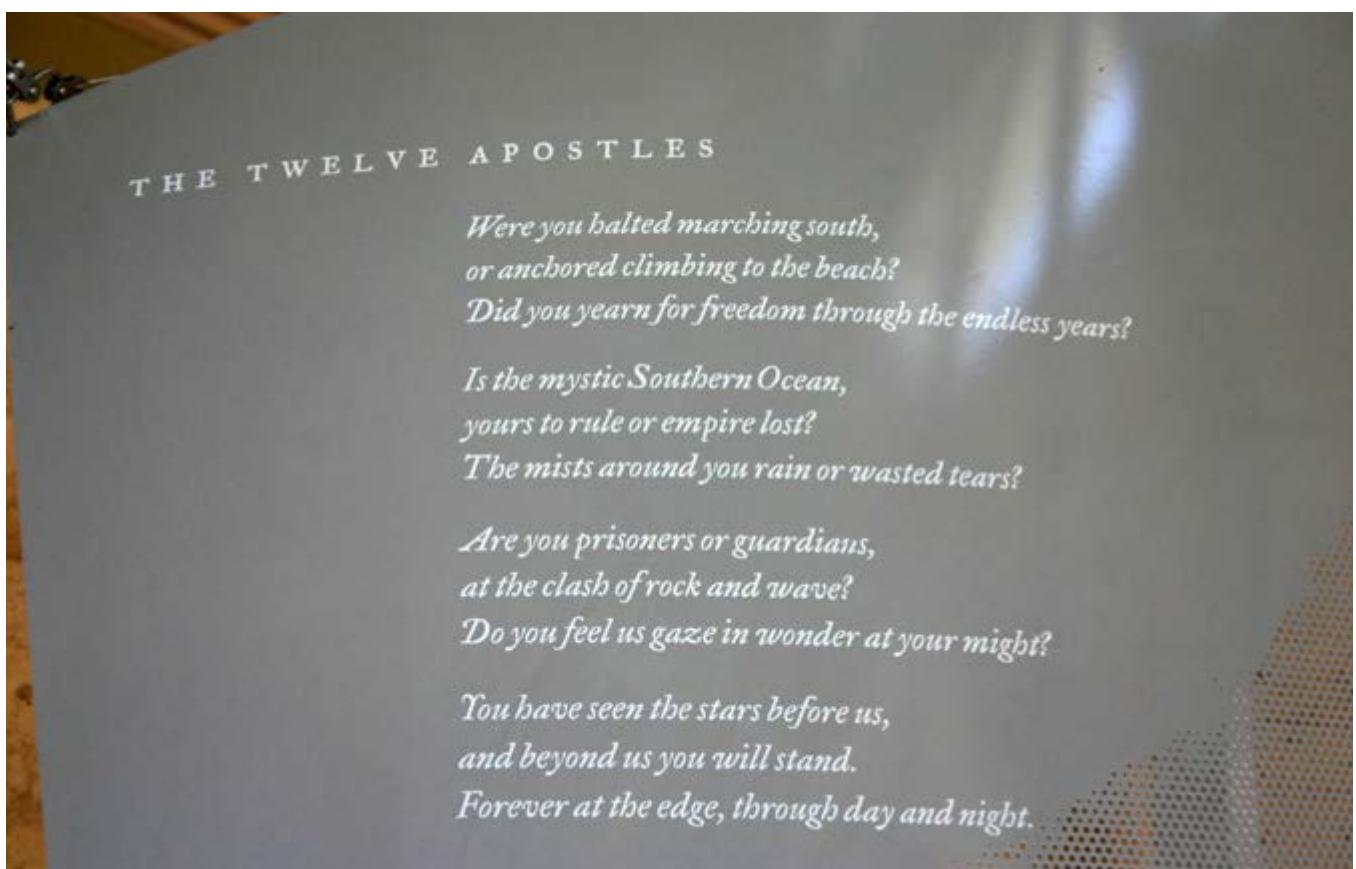


Foto 8.4 Der Einsatz von Poesie kann helfen, Interesse zu wecken und Reaktionen auf die Landschaft hervorzurufen. Gedicht im Twelve Apostles Marine National Park, Victoria, Australien. © Roger Crofts



Fotos 8.5 und 8.6 Aufwendige und kostspielige Interpretationszentren für ein Geo-Naturerbe sind unnötig. Es ist billiger und effektiver, die Geschichte einfach in einer Außenanlage zu erzählen, wie im Bogong National Park, Victoria, Australien. © Roger Crofts

Aus den Lehren und Erfahrungen schlägt dieser Beitrag vor, den Geotourismus als ein komplettes kontextuelles Kommunikationssystem zu nutzen, in dem das Personal eines Geotops (die Sender) Informationen über seine einzigartigen kulturellen und natürlichen Werte an die Zieldoristen (die Empfänger) durch touristische Aktivitäten (die Kanäle) liefert.

8.2 Bildung

Ein breiteres Bewusstsein zu schaffen und die Beteiligung durch Bildung und Interpretation zu erhöhen, sind wichtige Aufgaben beim Schutz des Geo-Naturerbes. Die geologische Geschichte eines Schutzgebietes zu erzählen, ist gleichzeitig auch den Menschen ein Stück der Erdgeschichte zu vermitteln. Es ist typischerweise faszinierend und kann, interessant aufbereitet, fesselnd sein. Eine der Herausforderungen besteht darin, die Geschichte innovativ und leicht verständlich zu gestalten, da die Botschaft eines Geo-Naturerbes recht komplex sein kann. Das Ziel sollte sein, sowohl zu informieren und zu unterhalten als auch zu bilden, wie in dem weitsichtigen Bestreben von James Hutton (1795) erkannt wurde, dass das Studium der Erde "dem menschlichen Geist sowohl Information als auch Unterhaltung bieten kann". Ein effektiver Schutz des Geo-Naturerbes wird letztlich von einem besseren öffentlichen Bewusstsein, Verständnis und Unterstützung abhängig sein.

Eine der größten Herausforderungen ist es, die Unermesslichkeit der geologischen Zeit einem nichttechnischen Publikum zu vermitteln. Der Torres Del Paine Nationalpark, Chile, hat eine interessante Darstellung seiner außergewöhnlichen Geologie vorbereitet (<http://www.parquetorresdelpaine.cl/en/patrimonio>). Das Besucherzentrum bietet Tafeln mit sehr klaren Erklärungen zur Geologie des Parks. Dies wird unterstützt durch eine Außenausstellung von Gesteinsexemplare, die im Park gefunden wurden, die so montiert und präsentiert werden dass die Besucher diese genau betrachten und anfassen können. Dies ist ein Beispiel für eine Gestaltung einer Ausstellung, die die besondere Geologie eines besonderen Parks gut vermittelt.



Die Interpretation von Geodiversität durch Geotourismus ist nicht neu, wie die seit langem bestehende Anziehungskraft und das kulturelle Interesse an Schauhöhlen, Gletschern, heiligen Bergen und anderen natürlichen geologischen Wundern zeigt. Im 18. und 19. Jahrhundert setzten sich die Menschen mit der physischen Landschaft auf eine erlebnisorientierte Weise auseinander, und natürliche Merkmale, Orte und vergangene Ereignisse weckten ein Gefühl des Staunens durch Verbindungen mit der Landschaft, Literatur, Poesie, Kunst und Tourismus. Heute ist es weniger wichtig, Wissen zu besitzen, als vielmehr in der Lage zu sein, es zu finden, auszuwählen und anzuwenden - und das alles in kürzester Zeit. Der Schwerpunkt liegt darauf, Informationen zu finden und zu nutzen, um Probleme und Fragen anzugehen; Menschen zu lehren, wie man denkt (IUCN, 2015).

Ein einschlägiges Beispiel für ein exzellentes Bildungsprogramm zum Thema Geo-Naturerbe ist ein in den USA vom US National Park Service entwickeltes Programm, das sich auf die Paläontologie konzentriert - der National Fossil Day im Oktober eines jeden Jahres. Seit der Etablierung des Tages als Teil der Earth Science Week im Jahr 2010 ist die Partnerschaft stetig gewachsen und umfasst mittlerweile über 360 Partner in den USA in allen Bundesstaaten. Diese Partner sind in der Lage, Kindern, Familien, Schulen und anderen Interessengruppen vor Ort pädagogische Angebote zu Fossilien an zu bieten. Obwohl ein Großteil der Partnerschaft darauf ausgerichtet ist, das Interesse von Kindern an Fossilien zu wecken, werden auch andere Zielgruppen angesprochen, und es wurden bereits über 100.000 Junior Palaeontologist-Broschüren verteilt.

8.3 Öffentlichkeitsarbeit

Genau betrachtet können alle Kommunikations- und Bildungsmaßnahmen als "Öffentlichkeitsarbeit" betrachtet werden. In diesem Abschnitt bedeutet der Begriff jedoch die Kommunikation mit Gemeinden, Tourismusunternehmen und Interessengruppen, die möglicherweise Einfluss oder ein persönliches Interesse an der Erhaltung des Gebiets haben, aber möglicherweise nur wenig oder gar kein Verständnis für die Geodiversität besitzen. Schutzgebiete implizieren per



Foto 8.7 Auch Experten brauchen einen fachkundigen Führer. Yellowstone National Park, USA: Mitglieder des IUCN WCPA Global Steering Committee werden von einem Geologen des US National Park Service informiert. © Roger Crofts



Foto 8.8 und 8.9 Es ist nicht einfach, die Unermesslichkeit der geologischen Zeit zu überwinden. Gezeigt werden zwei Methoden, die im Knockan Crag National Nature Reserve, Schottland, angewendet werden. Das obere Foto zeigt auf den Kopf gestellte Felsen, bei denen die älteren Felsen über den jüngeren liegen. © Roger Crofts. Auf dem unteren Foto dreht der Benutzer einen Griff, um zu zeigen, wie sich ein Teil der Erdkruste, nämlich Schottland, im Laufe der Zeit von der südlichen zur nördlichen Hemisphäre bewegt hat. © Roger Crofts

Kasten 8.1**Joggins Fossil Cliffs, Kanada**

Ein schönes Fallbeispiel für Bildung und Interpretation sind die Joggins Fossil Cliffs, eine Welterbestätte in der Bay of Fundy in Nova Scotia, Kanada (siehe Foto 1.2). Die Joggins Fossil Cliffs wurden aufgrund ihres Reichtums an Fossilien aus dem Karbon (vor 354 bis 290 Millionen Jahren) als das "Galápagos der Kohlezeit" bezeichnet. Die Felsen dieser Stätte gelten als ikonisch für diese Periode der Erdgeschichte und sind die weltweit dickste und umfassendste Aufzeichnung der Schichten aus dem Pennsylvanum (vor 318 bis 303 Millionen Jahren), mit der vollständigsten bekannten Fossilienaufzeichnung von irdischem Leben aus dieser Zeit.

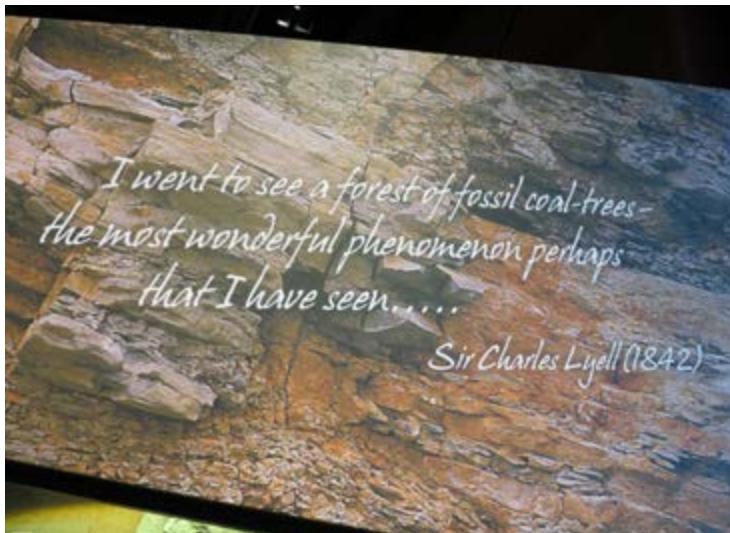


Foto 8.10 Das Zitieren von bedeutenden Autoritäten, die eine Stätte in der Vergangenheit besucht haben, kann hilfreich sein. Bei den Joggins Fossil Cliffs und der Welterbestätte wurden die Besuche von Lyell, einem der bedeutendsten Geologen der Mitte des 19. Jahrhunderts, und Darwin im Besucherzentrum effektiv genutzt. © Roger Crofts

Der lokale Wirtschaftsentwicklungsverein und drei Regierungsebenen haben zusammengearbeitet, um das Joggins Fossil Institute zu gründen mit dem Ziel die Klippen durch ein hochmodernes Forschungs- und Interpretationszentrum zu präsentieren, zu fördern und zu verwalten. Das Institut hat sich der Herausforderung gestellt, in kurzer Zeit große Mengen oft komplexer wissenschaftlicher Erkenntnisse an unterschiedliche Zielgruppen zu vermitteln. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Interessenvertretern und zeitgleich mit dem Antrag auf den Status eines Welterbes wurde eine Interpretationsplanung und -gestaltung durchgeführt, um ein Konzept zum vermitteln der Geschichte der Natur- und Kulturgeschichte von Joggins zu definieren. Die Interpretationsplanung förderte das frei wählbare Lernen durch verschiedene Vermittlungsmechanismen, die den Einzelnen dabei unterstützen, seine eigenen Schlussfolgerungen zu entwickeln. Das Institut hat Bildungsmaterialien entwickelt, die es ermöglichen, Wissenschaft so zu vermitteln, dass Laien nicht nur die Geologie verstehen, sondern auch kritisch mit ihr umgehen können. Laufende Forschungen im neuen Joggins Fossil Centre unterstützen die Besucher dabei, den Grad der Unsicherheit in der Paläontologie zu verstehen und sie in die wissenschaftliche Methode einzubeziehen. Wissenschaftler, Pädagogen, Designer und Laien bestätigten die Botschaft und den Ansatz, die Bedeutung der Joggins Fossil Cliffs auf innovative, ansprechende und sogar unterhaltsame Weise zu vermitteln (Boon und Calder, 2008).



Foto 8.11 Eine leicht verständliche Darstellung der Entstehung der fossilen Bäume an den Joggins Fossil Cliffs. © Roger Crofts

Kasten 8.2

Förderung von Bildung und Ausbildung: Ein Online-Kurs über globale Geoparks

Ein neuer Online-Kurs wurde an der Universität von Minho in Portugal (<https://cursosonline.uminho.pt/EN/geoparquesed2/>) entwickelt, um den Mitarbeitern von Schutzgebieten in den UNESCO globalen Geoparks zu helfen, den Bedarf an mehr Bildung über ihre Prinzipien und Strategien zu decken. Er richtet sich sowohl an diejenigen, die in Geopark-Projekte involviert sein wollen, als auch an ein allgemeineres Publikum. Der vierwöchige Kurs umfasst vier Module: (1) allgemeine Geopark-Konzepte; (2) Strukturen und Strategien von Geoparks; (3) Geoparks als Werkzeuge für nachhaltige Entwicklung; und (4) das Internationale Geowissenschafts- und Geopark-Programm der UNESCO. Die Universität vergibt ein Diplom für diejenigen, die den Kurs abschließen. Die erste Ausgabe des Kurses wurde im April 2016 in portugiesischer Sprache abgehalten, mit 23 Studenten aus verschiedenen Ländern (Argentinien, Brasilien, Chile, Ecuador, Italien, Mexiko und Portugal). Um die Zahl der potenziellen Studenten zu erhöhen, begannen die englischen Ausgaben des Kurses im Oktober 2016. Der Online-Kurs ist ein effizienter Weg, um eine qualitativ hochwertige Ausbildung für Menschen zu gewährleisten, die an der Arbeit in globalen Geoparks interessiert sind, und auch die lebenslange Weiterbildung von bestehendem Geopark-Personal zu fördern, mit der Flexibilität, von überall und zu jeder Zeit über das Internet zu lernen.

Definition, dass Nutzungen, die die Schutzziele untergraben, nicht erlaubt sind. Daher ist die Öffentlichkeitsarbeit eines Schutzgebiets gegenüber den lokalen Gemeinden und anderen regionalen Interessenvertretern oft von entscheidender Bedeutung, um politische Beamte und konkurrierende lokale Wirtschaftsinteressen zur Unterstützung der Schutzziele zu bewegen.

Ein hervorragendes Beispiel für die Öffentlichkeitsarbeit auf globaler Ebene ist die IUCN-Kommission für Bildung und Kommunikation; viele ihrer Programme bieten wertvolle Beispiele für die Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit Geo-Naturerben. Das Material bietet Elemente, die in der wissenschaftlichen Forschung und der Naturschutzpolitik oft fehlen: wie man am besten kommuniziert, wie man durch Verhaltenswissenschaft zum Handeln motiviert und wie man seine Botschaft in einer lauten Welt zu Gehör bringt.

Ein eher lokales Beispiel liefert die Geologische Gesellschaft Spaniens (SGE), die jeden 5. Juni eine landesweite Öffentlichkeitsarbeit organisiert: *Geolodía*, oder der Tag der Geologie. *Geolodía* ist eine Initiative zur Öffentlichkeitsarbeit und Umwelterziehung, die auf der Interpretation von Geo-Naturerben und der Erklärung von geologischen Prozessen in der Natur basiert. *Geolodía* wurde als Ergebnis einer Analyse geboren, die zeigte, dass das Verständnis der Öffentlichkeit für Geologie unzureichend ist. Seit der ersten Durchführung der Veranstaltung im Jahr 2005 ist die Beteiligung gestiegen. Die Veranstaltung besteht hauptsächlich aus Exkursionen, die von Geologen geleitet werden. Die SGE, ein IUCN-Mitglied, beschloss 2010, *Geolodía* zu einer nationalen Initiative zu machen, nachdem sie mehrere Jahre auf lokaler Ebene erfolgreich war.

Best Practice-Richtlinie Nr. 20: Bestimmen Sie die Art und die Merkmale des Zielpublikums bei der Gestaltung einer effektiven Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Schutz des Geo-Naturerbes.

8.4 Kommunikation über neue digitale Medien

Die Zielgruppen für die Kommunikation reichen von der allgemeinen Öffentlichkeit, für die ein allumfassender Interpretationsansatz erforderlich ist, über Lerngruppen

auf verschiedenen Niveaus, für die ein fokussierter Ansatz mit Bildungszielen erforderlich ist, bis hin zu den oben aufgeführten Zielgruppen für die Öffentlichkeitsarbeit (Abschnitt 8.3), für die ein noch fokussierter Ansatz erforderlich ist. Dieser Unterabschnitt über digitale Medien und der nächste Unterabschnitt über traditionelle Medien beschreiben ausführlicher die verfügbaren Werkzeuge, um all diese Zielgruppen zu erreichen.

Mobile apps

Mobile Apps - Softwareanwendungen, die speziell für die Nutzung auf kleinen, drahtlosen Computergeräten entwickelt wurden - sind besonders effektiv bei der Vermittlung von geologischem Erbe. Zum Beispiel haben viele Parks im US-Nationalparksystem mobile Apps entwickelt, um Besucher durch das USNPS Centre for Interpretive Media zu unterstützen und zu unterrichten (US National Park Service, 2019). Mobile Apps spielen mittlerweile auch eine Rolle bei der Erweiterung der Reichweite von Schutzgebieten, indem sie Besucher, die nur virtuell anwesend sind, mit Lernmaterial verbinden.

Es gibt Raum für neue Ideen und Wachstum in der Nützlichkeit von mobilen Apps, angewandt auf Geo-Naturerbe-Werte. Zum Beispiel kann eine App auf von Rangern entwickelte Inhalte verweisen, wie z. B. erzählende Fahrweisungen, die Besucher zu interessanten Gebieten führen. Die App kann auch zu zusätzlichen Inhalten an den jeweiligen Sehenswürdigkeiten im Schutzgebiet führen. Das Gesamtziel wäre ein virtueller Ranger-Guide, der mit den App-Benutzern spricht und sie zu weiteren Inhalten verlinkt, wenn sie daran interessiert sind, weiterzugehen.

Andere digitale Ansätze zur Kommunikation

Digitale Werkzeuge haben die Wissenschaft revolutioniert und treiben neue Ansätze für das Geo-Naturerbe und den Geotourismus voran. Geoinformation, Geovisualisierung, digitales Monitoring und GIS-Systeme haben eine wichtige Rolle bei der Entwicklung neuer Bewertungs- und Kartierungsmethoden gespielt und helfen bei der Entwicklung von Geotopen für Tourismus und Bildung. Digitale Medien haben die direkte Interaktion zwischen einer Institution und ihrer weltweiten Nutzerbasis revolutioniert. Im Juni 2014 erschien in der Zeitschrift "Geoheritage" ein Sonderheft zum Thema "Neue



Foto 8.12 Kontrollraum im Yuntaishan Global Geopark, Henan, China. Protokollierung aller Aktivitäten im Schutzgebiet und anderer Informationen. © Dan Tormey



Foto 8.13 und 8.14 Das Aufstellen von Schildern an Aussichtspunkten und auf Wanderwegen bietet, sofern es diskret geschieht, einen zusätzlichen Nutzen für die Benutzer, wie die beiden Fotos zeigen. Kosciuszko-Nationalpark, New South Wales, Australien (links) und Mount Baker-Nationalpark, Washington State, USA (Einschub oben rechts). © Roger Crofts

digitale Technologien im Management von geologischem Erbe" (Cayla et al., 2014). In Bezug auf die digitale Darstellung werden die Georeferenzierung und Kartierung von Geo-Naturerben, die digitale 3D-Bildgebung (einschließlich Fotogrammetrie und Laserscanning) und Experimente zur Förderung des Geo-Naturerbes mit Hilfe von Augmented Reality (ein Verfahren, das die Entdeckung durch digitale Medien bereichert oder eine virtuelle Realität bereitstellt, mit der man sich beschäftigen kann) betrachtet. Gebirgs- und Karsthöhlensysteme werden als Fallbeispiele verwendet. Es werden Web-Mapping-Methoden und -Techniken zur Bewertung und Förderung des Geo-Naturerbes vorgestellt, wobei die Web-Mapping-Anwendung Google Maps API zur Verbreitung von in der Schweiz erstellten Geotop-Inventaren auf nationaler und regionaler Ebene verwendet wird.

In einer weiteren Fallstudie wurden vier vulkanische Geotope in der Tschechischen Republik ausgewählt, um neue Technologien für die Kommunikation der jüngsten Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung an ein breiteres, nicht-professionelles Publikum vorzustellen. Die Ergebnisse von jedem vulkanischen Standort wurden zusammengefasst und in Bilder umgewandelt, die für die 3D-Animation verwendet wurden. Die gleichen Quellen, die für die 3D-Animationen verwendet wurden, wurden auch für die Erzeugung von virtuellen Modellen der erweiterten Realität eingesetzt. Die Ergebnisse wurden an Schulkinder getestet, und die Ergebnisse belegen die Attraktivität der modernen Methoden, die bei der Popularisierung des vulkanischen Geo-Naturerbes angewendet werden (Rappich et al., 2017).

Google Street View ist eine reichhaltige Ressource für die Erkundung von geologischem Erbe, da es uns visuell zu vielen beeindruckenden Orten im Land und auf der ganzen Welt bringt. Street View ermöglicht es, einen Ort zu erkunden, auch wenn man ihn nicht gut kennt, was zu wichtigen Erkenntnissen führen kann. Die eigentliche Stärke und der Spaß von Street View ist, dass es Ihnen erlaubt, zu erkunden, indem Sie Ihre visuelle Perspektive um das Bild herum bewegen; eine sehr nützliche Anleitung für die Anwendung dieses Tools für Geo-

Naturerben finden Sie unter: (<http://www.earthsciweek.org/classroom-activities/geoheritage-google-street-view>).

Das Aufkommen und die schnelle Manifestation von sozialen Medien und Internetkommunikation haben die Verbreitung von Informationen, einschließlich Informationen über Geo-Naturerben und Schutz des Geo-Naturerbes, sowie die Fähigkeit von Menschen zu korrespondieren und sich zu verbinden, revolutioniert. One-to-One-, One-to-Many- und Many-to-Many-Kommunikation war noch nie so einfach, vom hyperlokalen bis zum globalen Maßstab. Die Öffentlichkeit ist nicht mehr darauf angewiesen, Nachrichten und Informationen von den traditionellen Massenmedien zu erhalten.

Best Practice-Richtlinie Nr. 21: Planen Sie Interpretationen, Umweltbildungsprogramme außerhalb des Geländes und webbasierte oder mobile App-gestützte Interpretationen für geologische Schutzgebiete ein, um Besucher anzuziehen, das Verständnis für den Schutz des Geo-Naturerbes zu verbessern und das Besuchererlebnis zu steigern.

8.5 Kommunikation über konventionelle Medien

Die konventionellen Nachrichtenmedien (Print, Fernsehen, Radio) werden entscheidend sein, um ein größeres Publikum zu erreichen, aber es gibt oft viel mehr Arbeit zu tun, um Geo-Naturerbe an die Öffentlichkeit und die wichtigsten Interessengruppen zu kommunizieren, lange bevor Sie Informationen an die Medien weitergeben (Cohen, 2015). In Bezug auf die konventionellen Medien ist es wichtig, zuerst diejenigen Personen oder Gruppen zu informieren, die sich von dem, was getan oder gesagt wird, direkt betroffen fühlen. Das bedeutet, dass wichtige Stakeholder nicht zum ersten Mal in einer Zeitung von den Plänen lesen sollten, ohne vorher darüber informiert zu sein. Dies erfordert einen umfassenderen Kommunikationsplan, der Ziele und Kommunikationsmaßnahmen festlegt, wobei die Medien nur ein Element im Kommunikationsprozess sind - und nicht das erste und sicherlich nicht das einzige.

Tabelle 8.1. Einige allgemeine Prinzipien der Interpretation und Ausbildung von geologischem Erbe.

1.	Bauen Sie die Planung von Interpretationen in die Gestaltung von Schutzgebieten des Geo-Naturerbes ein.
2.	Vermeiden Sie komplexe geowissenschaftliche Terminologie und bevorzugen Sie die Verwendung von Alltagssprache, und machen Sie diese informativ, interessant und unterhaltsam.
3.	Gestalten Sie die Interpretation so, dass der Nutzer die Komplexität der Erdgeschichte und der Prozesse, die in einem Schutzgebiet dargestellt werden, verstehen kann.
4.	Verbessern Sie das Verständnis, indem Sie das, was die Menschen sehen, mit den darunter liegenden Gesteinen und Strukturen in Verbindung bringen.
5.	Verbessern Sie die Zusammenhänge, indem Sie die Gesteine und Böden im Schutzgebiet mit der darüber liegenden Flora und Oberflächenbedeckung in Verbindung bringen.
6.	Leicht verständliche Beschreibungen der Entstehung von Geo-Naturerbelementen im Schutzgebiet bereitstellen.
7.	Bereitstellung von Informationen, die den erdgeschichtlichen Kontext des Gebietes wiedergeben, um das Verständnis für die natürlichen Kräfte zu verbessern, die für seine Entwicklung prägend waren.
8.	Bereitstellung visueller Perspektiven der Landschaft und dessen, was darunter liegt, in verschiedenen Maßstäben.
9.	Verbindungen zwischen geologischem Erbe im Schutzgebiet und menschlicher Kultur- und Wirtschaftsgeschichte herstellen.

Schutzgebietsmanager nutzen die Medien, um ein breites Publikum mit Botschaften und Informationen zu erreichen, die die Managementziele unterstützen, indem sie entweder ein Bewusstsein und Verständnis für die Beweggründe von Maßnahmen schaffen oder um die Einhaltung und Kooperation der Öffentlichkeit zu erreichen, weil sie die Ziele versteht und unterstützt. Die Massenmedien sind sehr wichtig für die Art und Weise, wie Naturschutzbotschaften und das Ansehen der Behörde in der breiten Öffentlichkeit wahrgenommen werden.

Die Medien spielen eine wichtige Rolle beim Aufbau von Argumenten zu einem Thema, das für das Management von Schutzgebieten wichtig ist. Dabei kann es um Feuer- oder Schädlingsbekämpfung gehen oder um Fragen des Besucherzugangs. Ein sorgfältig durchdachter Medienplan kann auch sehr hilfreich sein, um die öffentliche Meinung in die gewünschte Richtung zu lenken. Das Ziel ist es, Situationen und Umstände zu finden, die in direktem Zusammenhang mit dem Thema stehen, und diese über einen längeren Zeitraum in den Medien auf eine Art und Weise zu verbreiten, die Ihr Argument weiterhin bestätigt und stärkt.

Nehmen Sie das Beispiel der Kommunikation von Geo-Risiken und der Beschränkung des Zugangs zu Schutzgebieten. Geologische Prozesse führen zu Erdbeben, Vulkanausbrüchen, Tsunamis und anderen geologischen Gefahren, die den Zugang zu Schutzgebieten beeinträchtigen können. Um das Engagement der Behörde einen sichere Zugang zum Gebiet zu gewährleisten zu betonen und zu fördern, sollten Schlüsselbotschaften vorbereitet werden, die durch aktualisierte Fakten und Abbildungsmaterial, Videos, Fotos und eine solide Präsenz in den sozialen Medien unterstützt werden, wo immer dies möglich ist. Dies verwandelt den negativen Aspekt der Einschränkung in einen positiven Aspekt der Interpretation, Bildung und Wertschätzung der als Geo-Naturerbe geschützten Naturkräfte.

Best Practice-Richtlinie Nr. 22: Nutzen Sie eine Vielzahl konventioneller Medien, um die Öffentlichkeit über den Schutz des Geo-Naturerbes zu informieren.

Einige allgemeine Prinzipien für die Interpretation und Ausbildung von geologischem Erbe sind in der Tabelle 8.1. angegeben.

Überblick

9



Integrierte Ansätze zum Schutzgebietsmanagement am Beispiel des Nationalparks Hohe Tauern, Österreich. Spektakuläre Kulisse des Großglockners, des höchsten Berges Österreichs, wissenschaftliches Interesse am Gletscherrückgang aufgrund des Klimawandels am Pasterze-Gletscher, Bereitstellung von Einrichtungen für Besucher, um das Gebiet zu genießen und etwas darüber zu lernen, und Möglichkeit, den Berg zu besteigen und den Gletscher zu besuchen.
© John Gordon

Diese Best-Practice-Richtlinie zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten legt die Gründe für den Schutz, die Einrichtung eines Systems, die Entwicklung des Managements, den Umgang mit Bedrohungen durch natürliche und menschliche Ursachen sowie die Kommunikation mit der Öffentlichkeit dar. Es ist der erste IUCN-Leitfaden zu diesem Thema, nachdem die Definition eines Schutzgebiets in den *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories* (Dudley, 2008) erweitert wurde, um die gesamte Natur durch Einbeziehung abiotischer Elemente einzubeziehen.

Der Schutz des Geo-Naturerbes wird zunehmend als wichtiger Bestandteil der Einrichtung und des Managements von Schutzgebieten anerkannt, insbesondere durch Resolutionen auf den aufeinanderfolgenden IUCN-Weltnaturschutzkongressen, durch die Entwicklung des UNESCO Global Geoparks-Programms und durch Maßnahmen vor Ort. Obwohl eine internationale Konvention ähnlich der Konvention über die biologische Vielfalt fehlt, um ihr eine formale Anerkennung zu geben, ist die Erklärung von Digne (zitiert in Abschnitt 2) der nächstbeste Schritt. Die Einrichtung und die Arbeit der IUCN WCPA Geoheritage Specialist Group bietet einen zentralen Bezugspunkt und einen Korpus an Fachwissen für alle, die mit Schutzgebieten zu tun haben. Dieses Fachwissen bildet die Grundlage für das Material in diesem Leitfaden

Der Leitfaden stellt Ansätze vor, die für Schutzgebietsmitarbeiter und deren Fachberater ungewohnt sein können. Daher haben wir in den Abschnitten 2 und 3 eine ausführliche kontextbezogene Einführung zum Schutz des Geo-Naturerbes gegeben, von der wir hoffen, dass sie das Verständnis verbessert und von allen gelesen wird. Außerdem haben wir ein Glossar erstellt, das dem Leser hilft, die oft komplexe Terminologie und Konzepte zu verstehen.

Der Ausgangspunkt für den Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten sollte die Erkenntnis sein, dass das Geo-Naturerbe zwar ewig und unantastbar erscheint, dies aber definitiv nicht der Fall ist. Das Geo-Naturerbe kann durch menschliche Unachtsamkeit in vielerlei Hinsicht geschädigt werden, wie wir in Abschnitt 6 darlegen, zum Beispiel durch Vandalismus, um Fossilien oder andere wertvolle Bestandteile zu entfernen, oder durch unbeabsichtigte Zerstörung durch Abbau für Straßen oder andere Bauwerke. Sie kann auch von Natur aus zerbrechlich sein, aufgrund der Materialien, aus denen sie besteht, wie z. B. leicht erodierbare Böden und Laven, sich ändernde Flussläufe und Veränderungen des Meeresspiegels sowie die inzwischen allgegenwärtigen Auswirkungen des globalen Klimawandels.

Die Konsequenz dieser Veränderungen und Bedrohungen bedeutet, dass das Geo-Naturerbe ein aktives Management erfordert, das auf fundiertem Wissen und im Rahmen einer effektiven Managementplanung, -überwachung und -bewertung basiert.

Wie wir beschreiben, gibt es einen robusten theoretischen und praktischen Rahmen für den Schutz des Geo-Naturerbes in Schutz- und Erhaltungsgebieten. Bislang wurde er jedoch nicht

immer als wesentlicher Bestandteil der Einrichtung und des Managements von Schutz- und Erhaltungsgebieten anerkannt. Der vorliegende Leitfaden versucht diese Lücke zu schließen, indem er Managern, Mitarbeitern und ihren Beratern hilft, während ihrer gesamten Schutzbemühungen einen einfachen und systematischen Zugang zu diesem umfangreichen Werk zu finden.

Der Schutz des Geo-Naturerbes ist für sich genommen wichtig. Es gibt viele Standorte auf der ganzen Welt, an denen er der einzige oder primäre Vorschlag für ein geschütztes oder erhaltenes Gebiet ist und sein kann. Er gewinnt vielleicht noch mehr an Bedeutung, wenn seine Verbindungen zur Erhaltung der biologischen Vielfalt erkannt und beachtet werden. Deshalb betonen wir immer wieder die Integration von Planung und Management zur Erhaltung der Biodiversität und Geodiversität in Schutz- und Erhaltungsgebieten. Das sich entwickelnde Konzept der Geodiversität als "Bühne der Natur", die vielen biologischen Prozessen und Funktionen zugrunde liegt, und ihre Anwendung im praktischen Management werden dazu beitragen, die beiden Komponenten des Bio- und Geo-Erhalts weiter zusammenzuführen. Klassischerweise ist das Ganze, d. h. die gesamte Natur in einem geschützten oder erhaltenen Gebiet, größer als die Summe seiner einzelnen Teile. Mit anderen Worten, es betont die entscheidende Bedeutung des Schutzes und des Managements der Funktionalität von Ökosystemen in ihrer Gesamtheit.

Während eines Großteils der Menschheitsgeschichte waren die dominierenden Werte, die dem, was heute als Geo-Naturerbe gilt, zugeschrieben werden, im Wesentlichen kultureller und spiritueller Natur. Dies gilt auch für die Nutzungswerte, die mit den abgebauten Materialien wie Gesteinen, Mineralien oder Edelsteinen verbunden sind. Daher legen wir in der Beschreibung der Werte und im praktischen Umgang in Abschnitt 5 Wert auf diese Verknüpfung.

Das verfügbare Fachwissen zum Schutz des Geo-Naturerbes ist sehr groß. Sie nimmt ständig zu, wie die Artikel in der Zeitschrift Geoheritage und die zunehmende Bedeutung des Schutzes des Geo-Naturerbes in der Arbeit von geologischen und geomorphologischen Fachgremien, wie der International Union of Geological Sciences und der International Association of Geomorphologists, bezeugen. Innerhalb der IUCN WCPA expandiert die Größe und Expertise der Fachgruppe Geo-Naturerbe als Quelle der Beratung und Anleitung für Kollegen innerhalb der Kommission sowie als Quelle für Kontakte zum Schutz des Geo-Naturerbes für andere, die innerhalb der IUCN-Familie arbeiten.

Die Ansätze zum Schutz des Geo-Naturerbes sind systematisch in ihrer Begründung und ihrer Anwendung, wie wir hoffen, dass die vorangegangenen Abschnitte dieses Leitfadens zeigen. Das bedeutet, dass ein systematischer Managementansatz nicht nur gefordert ist, sondern auch relativ einfach umzusetzen ist. Wie wir angedeutet haben, sind Sie, der Leser, angesichts der Fülle an Fachwissen nicht auf sich allein gestellt. Die meisten Experten sind wahrscheinlich bereit zu helfen und Ratschläge zu erteilen, so dass dies ein kostenneutrales Engagement sein sollte.

Der Ansatz zum Schutz des Geo-Naturerbes in Schutzgebieten unterscheidet sich von der biologischen Schutznorm. Zum Beispiel können geologische Zeitskalen sehr lang sein, und ein effektives Management erfordert die Anerkennung, dass einige Merkmale und/oder Prozesse, die auf viele hundert Millionen Jahre zurückgehen, für sich genommen wichtig sind. Der Schutz von besonderen Stätten, die zeigen, wie sich die Erde entwickelt hat, ist daher ein wichtiger Bestandteil des Schutzes des Geo-Naturerbes. Ein bekannter Satz in der Geologie: "Die Vergangenheit ist der Schlüssel zur Gegenwart", bedeutet, dass das Lernen aus der Vergangenheit relevant ist, um die Entwicklung von Landschaften und Ökosystemen heute zu verstehen. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass fragile Merkmale möglicherweise abgedeckt werden müssen, um sie vor menschlichen Eingriffen zu schützen, aber die Möglichkeit erhalten bleibt, sie zu einem geeigneten Zeitpunkt in der Zukunft für wissenschaftliche Zwecke zu exhumieren. In einer sich schnell verändernden natürlichen Welt ist es auch wichtig, moderne Prozesse und die von ihnen geschaffenen Merkmale zu schützen. Dieses dynamische Element stellt ein "lebendes Labor" dar und erfordert einen aktiven und nicht nur einen streng schützenden Ansatz für das Management der Stätten. Es kann erforderlich sein, Raum für die Entwicklung natürlicher Prozesse zu schaffen, indem man die Größe von Gebieten erweitert oder neue Gebiete ausweist, anstatt zu versuchen, sie zu fixieren und zu kontrollieren. Mit dem sich ändernden Klima ist die Erhaltung der spezifischen abiotischen und biotischen Natur möglicherweise nicht möglich, so dass ein adaptiver Ansatz wesentlich ist, der die Evolution des Systems und den Aufbau von Resilienz innerhalb des Systems ermöglicht.

Wenn Schutzgebietsmanager bei der Bewirtschaftung stehen bleiben, verpassen sie ein sehr wichtiges Element: die Vermittlung von geologischem Erbe und dessen Erhaltung. Wir sind uns bewusst, dass dies eine große Herausforderung ist, weil die Sprache allzu oft undeutlich ist, die geologischen Merkmale vielleicht zu groß sind, um leicht verstanden zu werden, und Spezialisten nicht immer gute Kommunikatoren für die allgemeine Öffentlichkeit und sogar für die Kollegen in den Schutzgebieten sind. Die Verwendung moderner Kommunikationsansätze, wie wir sie in Abschnitt 8 darlegen, ist der Weg nach vorne. Ebenso wichtig ist der Einsatz von fähigen Kommunikatoren als Dolmetscher und Geschichtenerzähler der Naturlandschaft. Sie sind vielleicht keine Experten für den Schutz des Geo-Naturerbes, aber sie sind geschickt darin, die Wissenschaft zu entmystifizieren und den Zuhörer in die Szene zu versetzen.

In dieser Publikation haben wir Best-Practice-Richtlinien formuliert. Sie sind bewusst als "Must-Dos" formuliert und in der Zusammenfassung aufgeführt.

Glossar

Kursiv gedruckte Wörter in den Definitionen verweisen auf Begriffe an anderer Stelle im Glossar.

Ablagerung: (a) das Absetzen von Partikeln aufgrund der Schwerkraft, die von Wasser, Eis oder Wind getragen wurden; (b) die Ausfällung eines Minerals aus einer Lösung.

Aktive Prozesse: natürliche abiotische Prozesse, die bei der Entstehung und Entwicklung von Landformen und Materialien aktiv sind, z. B. Ablagerung von Sand entlang der Küste, Ablagerung von Sanden und Kiesen an den Rändern von Gletschern und Eiskappen, Vulkanausbrüche, Erdrutsche und Erosion.

Aktive Systeme: Merkmale und Formen, wie z. B. Sanddünen, Flusstäler, Mangroven und Böden, die sich aufgrund natürlicher Prozesse immer noch entwickeln und entfalten.

Auflösung: Auflösen von Mineralien und Gesteinen in natürlichen Gewässern.

Aufschluss: Allgemein: ein Ort, an dem das Gestein an der Oberfläche freiliegt und nicht mit Erde, Vegetation oder bebauten Strukturen bedeckt ist. Im Text auch: geologisches Merkmal, das sich räumlich ausgedehnt unter der Erdoberfläche befindet und aktiv durch Erosion erneuert wird, so dass bei Verlust eines Standorts oder eines Aufschlusses potenziell ein anderer in der Nähe ausgegraben werden kann. Dazu gehören Aufschlüsse in aktiven und stillgelegten Steinbrüchen, Küsten- und Flussklippen, Straßen- und Schieneneinschnitte sowie natürliche Felsaufschlüsse.

Ausgangsmaterial: Quellgestein oder Sediment, aus dem sich darüber liegendes Material, insbesondere Böden, ableiten.

Aussterben: In einem geologischen Kontext ein Ereignis in der fernen Vergangenheit, bei dem eine beträchtliche Anzahl vorhandener Arten aufgrund natürlicher Ursachen verschwand.

Bewegliches Geo-Naturerbe: Fossilien, Mineralien und Gesteine von besonderem Wert, die zu ihrem besseren Schutz an einen Ex-situ-Standort, zum Beispiel in Museumssammlungen, verbracht werden.

Boden: Material, das sich aus mineralischen Partikeln und organischen Resten zusammensetzt, das über dem Ausgangsgestein liegt und das Wachstum von verwurzelten Pflanzen unterstützt.

Cirque: eine große amphitheaterähnliche Form am Kopf eines Gebirgstals, die durch Gletschererosion und Frosteinwirkung und das daraus resultierende Versagen der angrenzenden Felswände entstanden ist.

Devon: siehe Geologische Zeitskala.

Die Bühne der Natur erhalten: ein relativ modernes Konzept, das auf Flora und Fauna als „Akteuren“ und der Geodiversität als „Bühne“, auf der sie gedeihen, basiert. Es unterstreicht die Bedeutung der Interdependenz zwischen Biodiversität und Geodiversität und deren koordinierte Erhaltung.

Diskordanz: eine Diskontinuität in den Gesteinen, die anzeigen, dass ein Zeitablauf (der viele Millionen Jahre umfassen kann) zwischen den unteren und oberen Schichten stattgefunden hat.

Doline: eine geschlossene Vertiefung von mäßiger Größe (<1km breit oder tief), die die grundlegende Reliefeinheit in vielen Karstgebieten darstellt und eine ähnliche hydrologische Funktion wie ein Wassereinzugsgebiet hat. Der Begriff „Sinkhole“ wird üblicherweise als Synonym für eine Doline verwendet.

Dynamische Landformen: Landformen, die sich ständig weiterentwickeln oder in Bewegung sind, wie z. B. Sanddünen in Wüsten und an Meeresküsten oder Merkmale wie Sand- und Kiesbänke in Flussbetten und unstabiles Oberflächenmaterial aus Erde und Felsen an steilen Berghängen.

Ediacaran-Zeitalter: siehe Geologische Zeitskalen.

Einzugsgebiet: das gesamte Gebiet eines Flusssystems von der Quelle bis zur Mündung, einschließlich aller Nebenflüsse und dem Land zwischen den Wasserläufen.

Empfindlichkeit: ein Maß für die Anfälligkeit oder Robustheit oder Zerbrechlichkeit eines bestimmten Merkmals oder eines Prozesses gegenüber Schäden, unabhängig davon, ob diese natürlich oder vom Menschen verursacht sind, und das Ausmaß, in dem es betroffen ist oder reagieren wird.

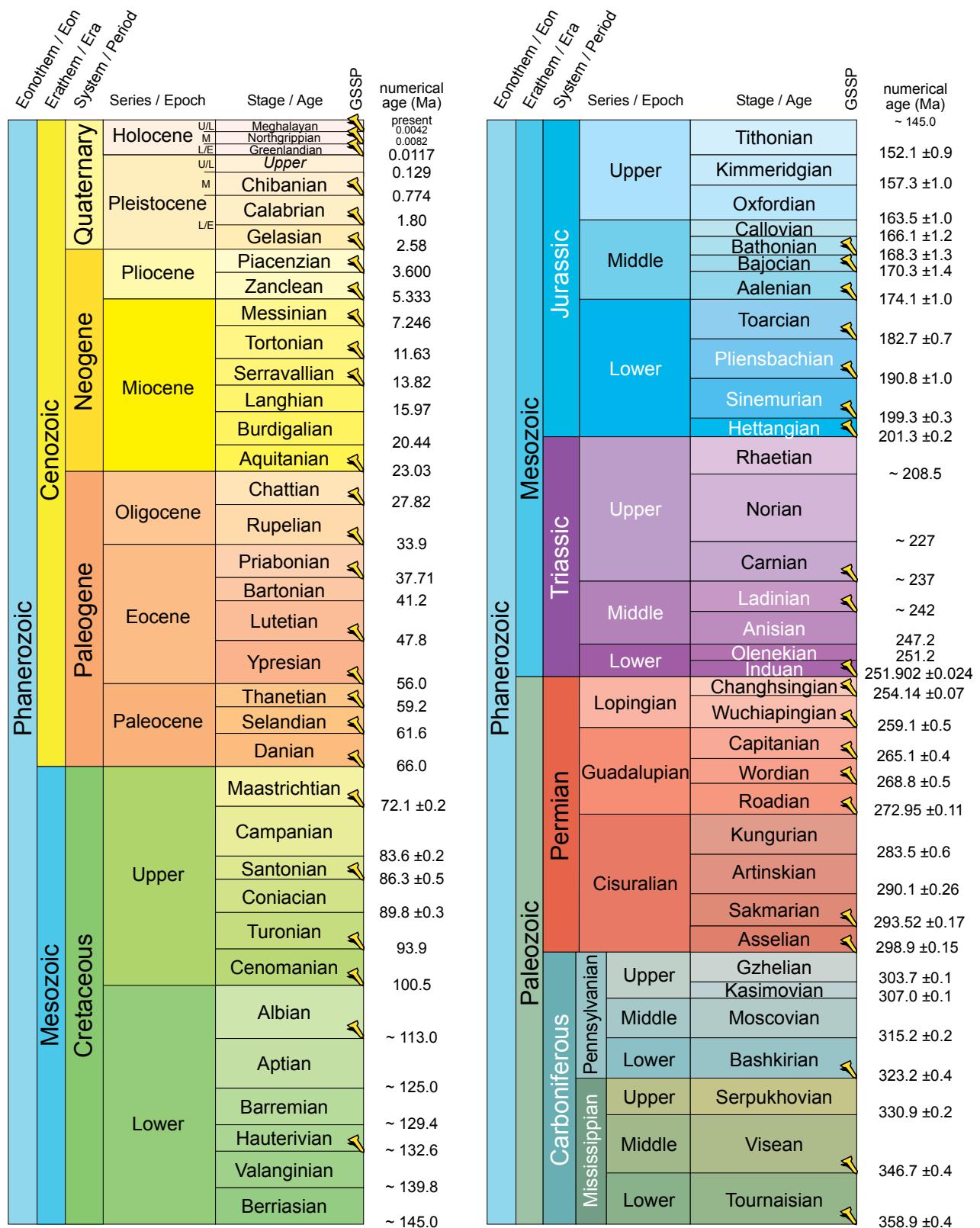


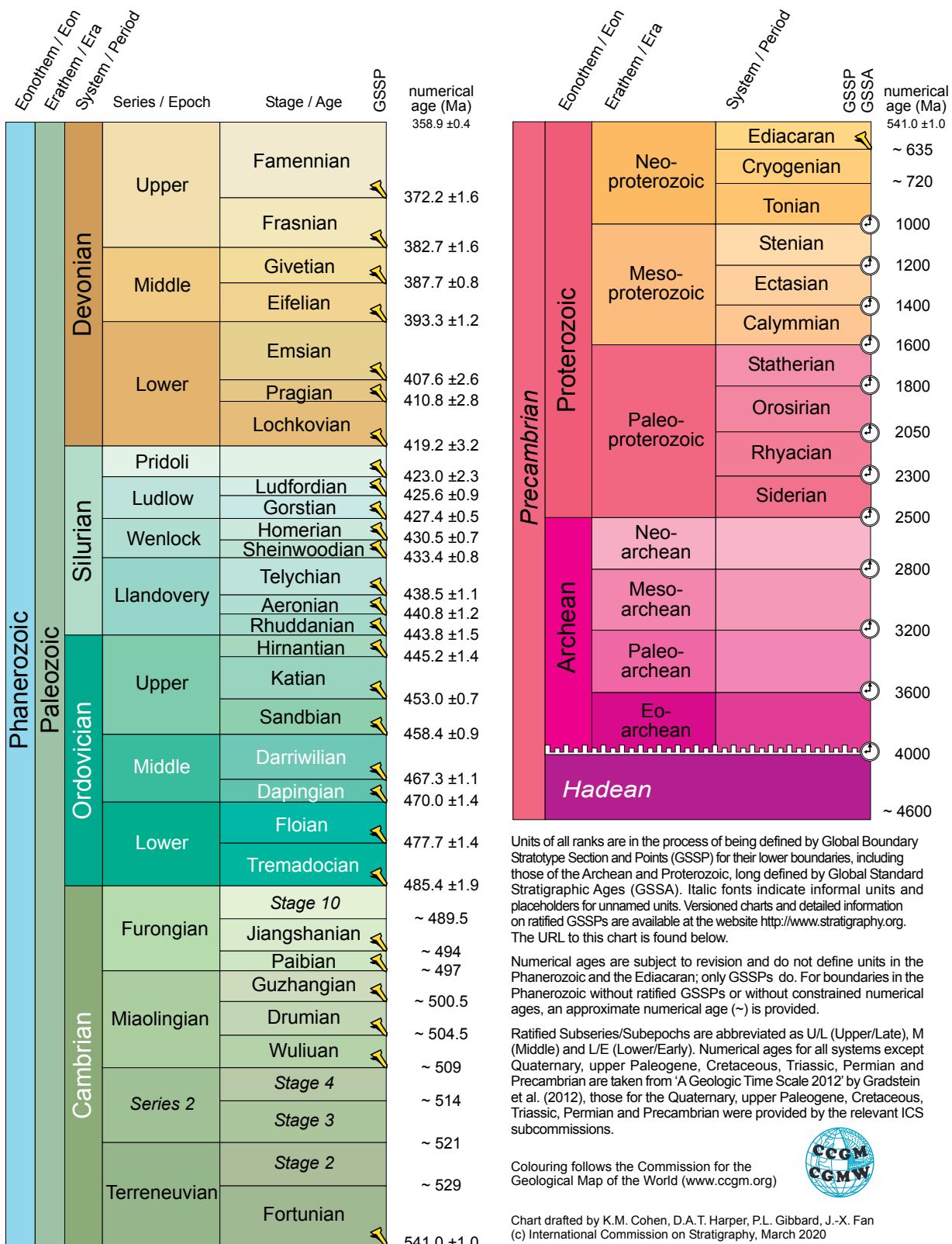
INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2020/03





Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Italic fonts indicate informal units and placeholders for unnamed units. Versioned charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as U/L (Upper/Late), M (Middle) and L/E (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012), those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (www.cggm.org)



Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, J.-X. Fan (c) International Commission on Stratigraphy, March 2020

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICScart/ChronostratChart2020-03.pdf>

Endliche Standorte: Merkmale mit begrenzter Ausdehnung, die erschöpft und beschädigt werden, wenn ein Teil der Ressource entfernt wird oder verloren geht. Beispiele sind geologische Stätten mit fossilführenden Gesteinen von begrenzter Ausdehnung oder eine Mineralienader-Lagerstätte.

Epithermale Aktivität: Aktivität in geringer Tiefe mit niedriger Temperatur und niedrigem Druck, die zur Bildung von Mineraladern und Erzlagerstätten führt.

Erdbeben: plötzliche heftige Erschütterung des Bodens, die typischerweise große Zerstörungen verursacht, als Folge von Bewegungen innerhalb der Erdkruste oder aufgrund explosiver vulkanischer Prozesse.

Erosion: Abtragung der Landoberfläche durch natürliche Kräfte, wie Wasser, Eis oder Wind.

Evaporit-Gestein: Siehe Gesteine.

Extremophile: Arten, die extreme Bedingungen aushalten können, wie z. B. Dunkelheit in Höhlen oder sehr hohe Temperaturen im Zusammenhang mit vulkanischer Aktivität.

Fluviale Prozesse: natürliche terrestrische Prozesse, die auf der Bewegung von Wasser basieren, normalerweise in Flüssen.

Fossil: eine organische Spur oder ein Rest ehemaliger lebender Materie, die durch natürliche Prozesse begraben und anschließend dauerhaft in Gesteinen konserviert wurde.

Fumarolen: eine heiße Quelle in einem vulkanischen Gebiet, die sehr heißes Wasser, Dampf und schädliche Gase ausstößt.

Geodiversität: die Vielfalt von Gesteinen, Mineralien, Fossilien, Landformen, Sedimenten und Böden, zusammen mit den natürlichen Prozessen, die sie bilden und verändern. Sie umfasst vergangene und gegenwärtige geologische und geomorphologische Merkmale und Prozesse, die die Geschichte der Erde und die Entwicklung von Lebensformen aufzeichnen, wie sie in den geologischen Aufzeichnungen dargestellt sind, einschließlich Fossilien von Pflanzen und Tieren und deren Lebensräumen.

Geodiversitäts-Aktionsplan: ein Plan, der klare langfristige Ziele definiert und messbare kurzfristige Ziele und Aktionen festlegt, um die Geodiversität und das Geo-Naturerbe eines bestimmten Gebietes zu erhalten und zu verbessern. Er identifiziert auch personelle und finanzielle Ressourcen, die zur Erreichung dieser Ziele notwendig sind. Diese Pläne können auch die Integration von Geodiversität und geologischem Erbe in das Schutzgebietsmanagement verschiedener Kategorien von Schutzgebieten unterstützen.

Geo-Naturerbe: jene Elemente, Merkmale und Prozesse der Geodiversität, die entweder einzeln oder in Kombination einen bedeutenden Wert aus intrinsischen, wissenschaftlichen, pädagogischen, kulturellen, spirituellen, ästhetischen, ökologischen oder ökosystemischen Gründen haben und daher schutzwürdig sind. Geo-Naturerbe stellt ein Erbe aus der Vergangenheit dar, das in der Gegenwart bewahrt und zum Nutzen zukünftiger Generationen weitergegeben werden soll. Geo-Naturerbe zeichnet die kumulative Geschichte der Erde auf, die in ihren Gesteinen und Landformen wie in den Seiten eines Buches bewahrt wird. Es ist repräsentiert in besonderen Orten (siehe Geotop) und Objekten (geologische Präparate *in situ* und *ex situ* in Museumssammlungen), die grundlegend für unser Verständnis der Erdgeschichte und der Evolution des Lebens sind.

Geologie: die Lehre von der Erde als Ganzes, ihrem Ursprung, ihrer Struktur, ihrer Zusammensetzung und ihrer Geschichte sowie der Art der Prozesse, die zu ihrem früheren und heutigen Zustand geführt haben.

Geologische Zeitskala: ein System der chronologischen Datierung von geologischen Schichten (Stratigraphie). Es wird von Geowissenschaftlern verwendet, um den Zeitpunkt und die Beziehungen von Ereignissen in der Erdgeschichte zu beschreiben, gemessen in Millionen und Vielfachen von Millionen von Jahren. © International Commission of Stratigraphy, Version vom März 2020 mit Genehmigung reproduziert.

Geomonitoring (oder Site Condition Monitoring): Überwachung von bestimmten Merkmalen und Prozessen, um den Gesundheitszustand der Komponenten an einem Geotop oder für ein ganzes System zu ermitteln.

Geomorphologie: das Studium der Landformen und Prozesse auf und unmittelbar unter der Erdoberfläche.

Geopark: ein von einer Nation oder Region vergebener Oberbegriff für ein Gebiet mit herausragendem geologischen Erbe, das sowohl auf die Erhaltung als auch auf die Förderung seiner nachhaltigen Nutzung abzielt. Die meisten Geoparks sind keine Schutzgebiete, aber sie können Schutzgebiete enthalten. Siehe auch UNESCO Global Geopark.

Geosensitivität: Siehe *Sensitivität*.

Gestein: Feste Materie in mineralischer oder organischer Form, die einen Teil der Erdkruste bildet. Es wird nach seiner Entstehung in drei Haupttypen unterteilt: Sedimentgestein, Eruptivgestein und metamorphes Gestein.

Sedimentgesteine bilden sich aus bereits vorhandenem Material, indem weiche Materialien (Sedimente) durch Wasser, Eis oder Wind in Flüssen, Seen und Ozeanen oder auf der Erdoberfläche abgelagert und anschließend zu festerem Material umgewandelt werden. Karbonatgesteine, wie Kalkstein, Dolomit und die Evaporitgesteine, wie Gips, Anhydrit und Salz, sind besondere Arten von Sedimentgesteinen, die in Karstgebieten vorkommen. Kalksteine, Sandsteine und Tonsteine sind häufige Beispiele für Sedimentgesteine.

Magmatische Gesteine entstehen zum einen durch die langsame Erstarrung von Magma unter der Erdoberfläche und werden dann Intrusivgestein genannt (z. B. Granit). Zum Anderen können diese Gesteine auch an der Oberfläche durch die Abkühlung von Lava im Zusammenhang mit vulkanischer Aktivität entstehen und werden dann als extrusive Gesteine bezeichnet (z. B. Basalt).

Metamorphe Gesteine sind Gesteine, die zuvor durch sedimentäre oder intrusive/eruptive Prozesse entstanden sind und durch Hitze und/oder Druck, oft in Verbindung mit der Bewegung tektonischer Platten oder in Kontakt mit Magma, in verschiedene Mineralien und Strukturen umgewandelt wurden. Marmor ist zum Beispiel metamorphosierter Kalkstein.

Geotop: jeder Ort, der einzelne oder eine Vielzahl von geologischen oder geomorphologischen Merkmalen oder Prozessen aufweist, die aufgrund ihres wissenschaftlichen Wertes schützenswert sind. Dies ist die Kurzform für Begriffe wie „geologische Stätten“ oder „geomorphologische Stätten“.

Geotourismus: Nachhaltiger Tourismus, der auf den geologischen und geomorphologischen Merkmalen und Prozessen eines Gebiets basiert. Diese reichen von einem spezifischen Ort, wie einer touristischen Höhle, bis hin zu weitläufigen Gebieten mit spektakulären Landschaften.

Geowissenschaft: die Untersuchung der Entwicklung der Erde und des aktuellen Status ihrer abiotischen Aspekte. Der Begriff umfasst *Geologie*, *Geomorphologie*, *Geophysik*, *Hydrologie* und *physische Geographie*.

Geysir: der Ausstoß von überhitztem Wasser und Dampf aus unterirdischen Quellen in aktiven oder kürzlich aktiven vulkanischen Regionen.

Gletscher: Schnee, der zu einem festen Eisblock verdichtet ist, der sich mit der Schwerkraft bewegt. Er nimmt verschiedene Formen an. Eiskappen und Eisschilde sind ausgedehnte Eisflächen, die große Gebiete wie die Antarktis und Grönland bedecken, und können in kleinerem Maßstab wie in Island und Spitzbergen auftreten. Talgletscher füllen bereits bestehende Täler auf und vergrößern sie oft, indem sie die Seiten steiler machen, wie zum Beispiel in den Anden und den europäischen Alpen.

Gneis: ein metamorphes Gestein, dessen Bildung durch intensive Hitze und Druck auf bereits vorhandenes Gestein verursacht wird.

Granit: ein grobkörniges Eruptivgestein, das nach der langsamen Abkühlung von Magma unter der Erdoberfläche entsteht und Mineralien bildet, in denen Quarz und Feldspat dominieren.

Grundwasser: Wasser, das in Gesteinen und Sedimenten unter der Erdoberfläche gespeichert ist und durch diese fließt, gespeist durch Wasser, das von der Oberfläche infiltriert oder durch konzentrierte Quellen, wie z. B. einen sinkenden Bach. In regenarmen Zeiten werden Oberflächengewässer durch Grundwasser gespeist.

GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point): eine Standardeinheit, die bei der Identifizierung von Typ-Abschnitten und Referenzpunkten verwendet wird, um die Grenzen der Stadien in der geologischen Zeitskala nach international vereinbarten Standards zu definieren. Die International Commission on Stratigraphy (Internationale Kommission für Stratigraphie), eine Kommission der International Union of Geological Sciences (IUGS), arbeitet daran, eine internationale Einigung über die Definition von globalen Standardeinheiten zu erzielen. Der Ort, an dem eine GSSP identifiziert und genehmigt wird, ist durch einen symbolischen Goldenen Dorn gekennzeichnet.

“Harte” technische Maßnahmen: die Anwendung schwerer technischer Methoden und Techniken, die die natürlichen Prozesse, die auf einem Gelände oder in einem Gebiet ablaufen, teilweise oder ganz ignorieren und daher eine unnatürliche Situation schaffen. (Vgl. „soft“ engineering.)

Hydrologische Veränderungen: Veränderungen der Geschwindigkeit und Kraft von Wasserströmen in Kanälen und über der Bodenoberfläche, die Veränderungen in der Verteilung von Lockermaterialien flussabwärts verursachen.

Hydrothermale Phänomene: solche, die dort auftreten, wo geothermische Aktivität in Form von überhitztem Wasser und Dampf die Bodenoberfläche erreicht. Sie interagieren mit vulkanischem Material und bilden Erscheinungen wie heiße Quellen, Geysire, Schlammbecken und Fumarolen.

Infiltration: der Prozess, durch den Wasser in den Boden eindringt und sich durch ihn nach unten bewegt.

Integritätsstandorte: geomorphologische Standorte, die sowohl statische (inaktive) Merkmale, wie z. B. glaziale Landformen des Pleistozäns, als auch aktive Merkmale, wie z. B. solche, die durch Fluss-, Küsten-, Karst- und zeitgenössische Gletscherprozesse gebildet werden, umfassen.

Kalkstein: ein Sedimentgestein, das hauptsächlich aus Kalzit und/oder Dolomit besteht und durch die Ausfällung von anorganischem Material und die Anhäufung von organischem Material in Meeres- oder, seltener, Süßwasserumgebungen gebildet wird. Tuffstein und Travertin sind Beispiele für Süßwasserkalke.

Kambrische Explosion: Zeitabschnitt in der Geologie (siehe Geologische Zeitskala), in dem eine große Artenvermehrung in den Gesteinen dieses Alters zu verzeichnen war.

Karbonatgestein: Siehe *Gesteine*.

Karst: Abfolgen von Landformen, die üblicherweise sinkende Bäche, blinde und trockene Täler, geschlossene Vertiefungen (sogenannte Dolinen und größere, flache Poljes) und Höhlen umfassen, die größtenteils als Produkt der Auflösung von Gesteinen entstanden sind, die eine hohe Löslichkeit in natürlichen Gewässern haben.

Küstenzellen: eine Unterteilungseinheit der Küste, in der das Sediment innerhalb fester Grenzen zirkuliert, die normalerweise durch Landspitzen definiert sind.

Kristalle: ein homogener Festkörper mit natürlich geformten ebenen Flächen. Mineralien können Kristalle in verschiedenen Größen und geometrischen Formen aufweisen.

Kristalline Gesteine: alter Begriff für Gesteine, die aus Kristallen bestehen, die sich durch langsame Abkühlung bilden, nachdem sie starker Hitze und/oder Druck ausgesetzt waren. Es handelt sich entweder um metamorphe Gesteine, wie z. B. Gneis, oder um magmatische Gesteine, wie z. B. Granit (siehe Definitionen der einzelnen Gesteinsarten in diesem Glossar).

Lahar: Schlamm- oder Murgang, der aus einer Aufschlammung von pyroklastischem Material, Gesteinstrümmern und Wasser besteht und durch einen Vulkanausbruch verursacht wird. Das Material fließt von einem Vulkan herunter, typischerweise entlang eines Flusstals.

Lampenflora: Algen, Moose und Gefäßpflanzen, die bei künstlichem Licht in Touristenhöhlen wachsen.

Landformen: Oberflächen- oder Untergrundmerkmale, die durch einen bestimmten natürlichen Prozess entstanden sind, z. B. eine Gletschermoräne, eine Sanddüne oder eine Höhle.

Landschaftsmaßstab: ein weiträumiger Schutzansatz über eine ganze Landschaft, im Gegensatz zu dem auf Standortebene.

Lava: geschmolzenes Material, das aus einem Vulkan oder einem Schlot in der Erdoberfläche über den Boden und ins Wasser fließt. Sie erstarrt beim Abkühlen zu verschiedenen Formen, wie sie mit den hawaiianischen Begriffen aa (eine blockartige Form) und pahoehoe (eine strickartige Form) beschrieben werden.

lokale Geodiversitäts-Aktionspläne (LGAPs): Pläne, die einen Rahmen, leitende Prinzipien und Prioritäten festlegen, um die Erhaltung des Geo-Naturerbes und der Geotopnetze auf regionaler oder lokaler Ebene zu gewährleisten.

Magmakammer: ein Kessel aus geschmolzenem Gestein unter der Erdoberfläche, der Materialien enthält, die als geschmolzene Materialien, Feststoffe oder Gase an die Oberfläche gelangen können.

Magmatische Gesteine: siehe *Gesteine*.

Managed Realignment: Eine Technik, die normalerweise bei weichen Küsten aus Sanden und anderem unverfestigtem Material angewendet wird, bei der das Meer durch die Entfernung von vom Menschen geschaffenen Strukturen, wie Mauern oder Dämmen, weiter ins Landesinnere vordringen kann und die Bildung von Salzwiesen ermöglicht, die die Wellenenergie absorbieren. Sie wird eingesetzt, um die Küste wieder in ein natürlicheres Regime zu überführen.

Metamorphe Gesteine: siehe *Gesteine*.

Mineralien: Anorganische Substanz mit einer charakteristischen chemischen Zusammensetzung und einer geordneten Anordnung von Atomen, Ionen oder Molekülen, die durch natürliche geologische Prozesse entstehen.

Mineralogie: die Lehre von den Mineralien - ihre Herkunft, Form und Bestandteile.

Moränen: Landformen an oder in der Nähe der Ränder von Gletschern und Eisschichten, die aus unverfestigten Sedimenten aller Größen bestehen, von Tonen bis zu Felsbrocken. Endmoränen treten an der Vorderseite eines Gletschers auf, Seitenmoränen an den Rändern.

Naturbasierte Lösungen: Maßnahmen zum Schutz, zur nachhaltigen Bewirtschaftung und zur Wiederherstellung natürlicher oder veränderter Ökosysteme, die gesellschaftliche Herausforderungen effektiv und anpassungsfähig angehen und gleichzeitig dem menschlichen Wohlbefinden und der biologischen Vielfalt dienen.

Oberflächenabfluss: der zerstreute Fluss von Wasser über die Bodenoberfläche, bevor es sich in einem Kanal konzentriert

OECM (Other Effective Area-Based Conservation Measures): ein geografisch definiertes Gebiet, das kein Schutzgebiet ist und so verwaltet wird, dass langfristig positive und nachhaltige Ergebnisse für die In-situ-Erhaltung der biologischen Vielfalt mit den damit verbundenen Ökosystemfunktionen und -leistungen erzielt werden und gegebenenfalls auch kulturelle, spirituelle, sozioökonomische und andere lokal relevante Werte erhalten bleiben.

Ökosystem: ein dynamischer Komplex aus Pflanzen-, Tier- und Mikroorganismengemeinschaften und ihrer unbelebten Umwelt, die als funktionelle Einheit zusammenwirken. Es ist die Summe aller abiotischen und biotischen Prozesse, die ablaufen, wie z. B. biogeochimische Kreisläufe und Primärproduktion.

- **Ökosystemfunktion:** die kollektiven Lebensaktivitäten von Pflanzen, Tieren und Mikroben und die Auswirkungen dieser Aktivitäten - Ernährung, Wachstum, Bewegung, Ausscheidung von Abfallstoffen usw. - auf die physikalischen und chemischen Bedingungen der Umwelt haben.
- **Ökosystemleistungen:** der Nutzen, den Menschen aus Ökosystemen ziehen. Dazu gehören Versorgungsleistungen, wie die Produktion von Nahrung und Wasser; regulierende Leistungen, wie die Kontrolle von Überschwemmungen und Krankheiten; kulturelle Leistungen, wie spirituelle, erholsame und kulturelle Leistungen; und unterstützende Leistungen, wie der Nährstoffkreislauf, die die Bedingungen für das Leben auf der Erde aufrechterhalten (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Ökosystemleistungen werden sowohl von der Geodiversität als auch von der biologischen Vielfalt erbracht.
- **Ökosystemstruktur:** die biophysikalische Architektur eines Ökosystems; die Zusammensetzung und Anordnung der gesamten lebenden und nicht lebenden physischen Materie an einem Ort.

Oolith: Kalkstein, der aus Oolithen besteht; kugelförmige Partikel, die durch Akkretion um einen Kern in tiefem Wasser gewachsen sind.

Paläontologie: die Untersuchung von Fossilien von Pflanzen und Tieren, die Erkenntnisse über den Ursprung und die Entwicklung des Lebens auf der Erde und über alte Umgebungen liefern.

Periglazial: Beschreibt das Klima, natürliche Prozesse und Landformen in kalten, nicht-glazialen Umgebungen in Gebirgs- oder Polarregionen. Der Hauptprozess ist das wiederholte Gefrieren und Auftauen des Bodens, was zur Bildung von Eiskantenpolygonen und gemustertem Boden (sortierte Kreise und Streifen), der langsamen Abwärtsbewegung von Gesteinsschutt und dem Einsturz von Felswänden führt.

Permafrost: dauerhaft gefrorener Boden, der vor allem in den Polarregionen und auf Hochgebirgen vorkommt.

Perm: siehe Geologische Zeitskala.

Petrologie: die Untersuchung aller Aspekte von Gesteinen, einschließlich mineralischer Bestandteile, Texturen, Struktur und Herkunft.

Plattentektonik: Vereinheitlichende Theorie, die die Kontinentaldrift, die Ausbreitung des Meeresbodens, seismische und vulkanische Aktivitäten sowie die Strukturen der Erdkruste kombiniert. Die Gesteinsblöcke der Erde an Land und unter dem Meer sind in acht große und mehrere kleine, in sich starre Platten gegliedert, die sich relativ zueinander bewegen. Der Begriff bezieht sich auch auf die Untersuchung ihrer relativen Bewegungen im Laufe der Zeit bei der Bildung von Kontinenten und Ozeanen. Die Ränder der einzelnen Platten nehmen verschiedene Formen an; die wichtigsten für den terrestrischen Schutz des Geo-Naturerbes sind dort, wo die Platten kollidieren oder wo sie sich auseinander bewegen. Beispiele für erstere sind die Ränder zwischen der pazifischen und der nordamerikanischen Platte, der pazifischen und der südamerikanischen Platte, der afrikanischen und der eurasischen Platte sowie der indischen und der eurasischen Platte, die alle eine grundlegende Rolle bei der Entstehung großer Gebirgssysteme und vulkanischer Aktivität gespielt haben. An anderen Stellen trennen sich die Platten; Beispiele sind an Land in Island und unter dem Meer entlang des Mittelatlantischen Rückens am besten zu erkennen.

Pleistozän: siehe Geologische Zeitskala.

Präkambrium: siehe Geologische Zeitskala.

Pyroklastika: Material, dass durch vulkanische Aktivität in die Atmosphäre geblasen wird, wie z. B. Bimsstein und Asche, und schließlich auf der Erdoberfläche zur Ruhe kommt.

Quarz: ein Siliziumdioxid-Mineral in magmatischen, metamorphen und sedimentären Gesteinen. Es ist eines der am häufigsten vorkommenden Mineralien auf der Erde und auch der Hauptbestandteil von Sand in Wüsten und an Küsten.

Quartär: siehe Geologische Zeitskala.

Radon: ein natürlich vorkommendes radioaktives Gas, das inert, farb- und geruchlos ist und durch den Zerfall von Thorium- und Uranmineralien in bestimmten Gesteinen entsteht.

Rift Valley: ein langer Trog, der auf beiden Seiten von Verwerfungen begrenzt wird, deren Bewegung eine Absenkung der Landoberfläche gegenüber dem umgebenden Land bewirkt. Ein Beispiel ist der ostafrikanische Grabenbruch.

Robustheit: die Fähigkeit eines Geo-Naturerbes oder Prozesses, Schäden durch natürliche Ursachen oder menschliche Eingriffe zu widerstehen.

Schutzgebiet: Ein klar definierter geografischer Raum, der durch rechtliche oder andere wirksame Mittel anerkannt, gewidmet und verwaltet wird, um die langfristige Erhaltung der Natur mit den damit verbundenen Ökosystemleistungen und kulturellen Werten zu erreichen.

Schutz des Geo-Naturerbes: die Erhaltung und das Management von geologischem Erbe.

Sedimentgestein: siehe Gesteine.

Seismische Aktivität: am Boden feststellbare Erdbewegungen, die auf tektonische und vulkanische Aktivitäten in der Erdkruste zurückzuführen sind.

Signifikanz: ein vergleichender Ausdruck, der entweder auf der Besonderheit oder Seltenheit oder dem besten Beispiel eines Merkmals oder Prozesses beruht.

Siliziumhaltig: Substanz, deren Hauptbestandteil Kieselsäure (SiO_2) ist.

Silur: siehe Geologische Zeitskala.

Site Condition Monitoring: siehe Geomonitoring.

Speleologie: die wissenschaftliche Untersuchung von Höhlen und deren Entstehung und Prozesse.

Speleotheme: ein allgemeiner Begriff für alle mineralischen Ablagerungen, die sich in Höhlen bilden. Die meisten werden aus Kalzit gebildet und der Ausfällungsprozess ist die Umkehrung des Kalksteinauflösungsprozesses. Häufige Formen sind Tropfsteine (z. B. Stalaktiten und Stalagmiten) und Fließsteine.

Strandaufschüttung: die künstliche Zufuhr von Material, meist Sand, zu einem Strand von einer anderen Quelle, oft vom Flachmeerbereich, um die Stabilität des Strandes zu erhalten und die Erosion der Küstenlinie zu verringern.

Strategische Umweltverträglichkeitsprüfung (SUP): ein systematischer Prozess zur Unterstützung von Entscheidungen, der sicherstellen soll, dass Umweltbelange bei der Gestaltung von Politik, Plänen und Programmen effektiv berücksichtigt werden.

Stratigraphie: ein Zweig der Geologie, der sich mit der Form, der Anordnung, der geographischen Verteilung, der zeitlichen Abfolge und der Korrelation von Gesteinsschichten mit sedimentärem Ursprung beschäftigt.

Terran: ein Gebiet, in dem die Gesteine und Strukturen von ähnlichem Alter und Typ sind und eine ähnliche frühe geologische Geschichte haben.

Tor: ein freistehender Felsturm, der in situ durch Verwitterung des umgebenden schwächeren Gesteins und dessen Abtragung hangabwärts entsteht.

Tsunami: eine Reihe von großen, sich schnell bewegenden Wellen an der Meeresoberfläche, die durch Erdbeben in Verbindung mit Bewegungen an den Rändern tektonischer Platten verursacht werden.

U-förmiges Tal: ein vergletschertes Tal mit steilen Flanken und einem flachen Boden, der durch Gletschererosion entstanden ist.

Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP): Ein analytischer Prozess, der vor der Entscheidung über Entwicklungsprojekte durchgeführt wird, um unvorhergesehene negative Folgen zu vermeiden. Der Prozess beinhaltet die Identifizierung, Vorhersage, Bewertung und Abmilderung der natürlichen, sozialen und anderen relevanten Umweltauswirkungen von Entwicklungsvorschlägen.

UNESCO Global Geopark: ein von der UNESCO anerkanntes Gebiet, in dem Stätten und Landschaften von internationaler geologischer Bedeutung im Rahmen eines ganzheitlichen Konzepts für Schutz, Bildung und nachhaltige Entwicklung verwaltet werden. Geoparks werden nicht als Schutzgebiete betrachtet, sondern eher als Instrumente zur Einbindung von Gemeinden und Wirtschaftsinteressen.

Vergletscherung: eine Periode kalten Klimas, die zu einer ausgedehnten Ausdehnung von Eisschelfen und Gebirgs-gletschern führt. Eiszeiten umfassen intensiv kalte Episoden (Glaziale) und wechseln sich mit wärmeren Perioden (Interglaziale) ab, in denen es zu einer Verringerung der Eisbedeckung kommt.

Vulkan: ein bauliches Merkmal, das durch Material gebildet wird, das die Erdoberfläche oder den Meeresboden durch einen natürlich vorkommenden Schlot oder eine Spalte an der Erdoberfläche erreicht und aus dem Erdinneren zugeführt wird. Das Material, das durch die Spalten oder Schlotte ausbricht, ist entweder geschmolzen - Lava (manchmal mit eingeschleppten Kristallen), fest - Pyroklastika, und gasförmig - Wasserdampf, saure Gase. Die Eruptionsarten reichen von langsam und effusiv bis hin zu plötzlich und explosiv. Große Vulkane werden wegen ihrer Größe in einem System oft als Zentralvulkane oder wegen ihrer eruptiven Kraft mit pyroklastischem Material, das sich durch die atmosphärische Zirkulation weit über die Welt verteilt, als Supervulkane bezeichnet. Vulkane sind oft, aber nicht immer, mit den Bewegungen am Rand tektonischer Platten verbunden. Die chemische Zusammensetzung des eruptierten Materials ist sehr variabel und reicht von sauer bis alkalisch.

Vulnerabilität: Ein Maß für die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung eines Geo-Merkmales oder Prozesses durch natürliche oder vom Menschen verursachte Ursachen. Sie wird in der Regel durch die Berücksichtigung der Empfindlichkeit gegenüber Veränderungen und der Anpassungsfähigkeit an Veränderungen bestimmt.

Weiches Gestein: ein Gestein, das relativ leicht durch Wasser, Eis oder Wind erodiert und verwittert. Einige Sandsteine sind ein gutes Beispiel.

Weiche technische Maßnahmen: die Nutzung natürlicher Ansätze, wie z. B. Strandanspülung oder Dünenregenerierung, unter Vermeidung des Baus fester Strukturen (z. B. Felsbewehrung), im Gegensatz zu Hard Engineering.

Wert: Der Geo-Naturerbe-Wert einer Fundstelle oder eines Exemplars hat eine Reihe von Komponenten. Intrinsischer Wert bedeutet, dass er an sich unabhängig von der menschlichen Wertschätzung wichtig ist. Wissenschaftlicher Wert bezieht sich auf den Wert für Forschung und Bildung. Ästhetische, kulturelle und spirituelle Werte beziehen sich auf menschliche Verbindungen, Interaktionen und Wertschätzung des Geo-Naturerbes. Der ökologische Wert bezieht sich auf die Unterstützung der Artenvielfalt und das Funktionieren des Ökosystems. Die Vielfalt der Substrate, Landformmosaike und Bodenbildung bilden zusammen mit Prozessen wie Wasserströmungsregime, Sedimentzufuhr, Erosion und Ablagerung die Grundlage für Lebensräume und Arten und das Funktionieren von Ökosystemen. Die Werte für Umweltgüter und Ökosystemleistungen beziehen sich auf den direkten und indirekten Nutzen, den die Menschen aus der natürlichen Umwelt und gut funktionierenden Ökosystemen ziehen.

Literaturhinweise

Anderson, M. G. and Ferree, C. E. (2010). 'Conserving the stage: Climate change and the geophysical underpinnings of species diversity'. *PLoS ONE* 5:e11554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011554>

Anderson, M. G., Clark, M. and Sheldon, A. O. (2014). 'Estimating climate resilience for conservation across geophysical settings'. *Conservation Biology* 28:959–970. <https://doi.org/10.1111/cobi.12272>

Appleton, P., Buttler, C., and Roberts, R. (2015). 'Making the most of Brymbo's plant fossils'. *Earth Heritage* 43:21–23. <http://www.earthheritage.org.uk/wp/wp-content/uploads/2018/03/eh43F.pdf>

Ballantyne, C. K. (2018). *Periglacial Geomorphology*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell. <https://www.wiley.com/en-us/Periglacial+Geomorphology-p-9781405100069>

Barthlott, W., Mutke, J., Rafiqpoor, M. D., Kier, G., and Kreft, H. (2005). 'Global centres of vascular plant diversity'. *Nova Acta Leopoldina* 92:61–83. https://www.researchgate.net/publication/215672852_Global_centers_of_vascular_plant_diversity

Benn, D. I. and Evans, D. J. A. (2010). *Glaciers and Glaciation*. London, UK: Hodder Education. <https://www.amazon.co.uk/Glaciers-Glaciation-Hodder-Arnold-Publication/dp/0340905794>

Bernbaum, E. (1997). *Sacred Mountains of the World*. Berkeley, California: University of California Press. <https://www.worldcat.org/title/sacred-mountains-of-the-world/oclc/37533947>

BirdLife/FFI/IUCN/WWF. (2014). *Extraction and Biodiversity in Limestone Areas*. Joint Briefing Paper. <https://www.birdlife.org/sites/default/files/Extraction-and-Biodiversity-in-Limestone-Areas.pdf>

Bollati, I., Smiraglia, C. and Pelfini, M. (2013). 'Assessment and selection of geomorphosites and trails in the Miage Glacier area (Western Italian Alps)'. *Environmental Management* 51:951–967. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9995-2>

Boon, J. and Calder, J. (2008). 'Communicating the natural and cultural history of the Joggins Fossil Cliffs: A demonstration of innovation and collaboration'. *Atlantic Geology* 44(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2577444120300046>

Borrini-Feyerabend, G., Dudley, N., Jaeger, T., Lassen, B., Pathak Broome, N., Phillips, A. and Sandwith, T. (2013). *Governance of Protected Areas: From Understanding to Action*. Best Practice Protected Area Guidelines Series Nr. 20, Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/29138>

Borrini-Feyerabend, G. and Hill, R. (2015). Governance for the conservation of nature. In: Worboys, G. L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. and Pulsford, I. (eds). *Protected Area Governance and Management*, pp. 169–206, Canberra: Australian National University Press. <http://press-files.anu.edu.au/downloads/press/p312491/pdf/CHAPTER7.pdf>

Brandolini, P. and Pelfini, M. (2010) 'Mapping geomorphological hazards in relation to geotourism and hiking trails'. In: G. Regolini-Bissig and E. Reynard (eds.). *Mapping Geo-Naturerbe*, pp. 31–45. Lausanne, Switzerland: Institut de Géographie, Géovisions 35. http://www.unil.ch/igd/files/live/sites/igd/files/shared/Géovisions/Géovisions35/Géovisions35_IGUL_3_Brandolini%20&%20Pelfini.pdf

Brantley, S., and Myers, S. (2000). 'Mount St. Helens: From the 1980 eruption to 2000'. *USGS Fact Sheet* 036-00. <https://pubs.usgs.gov/fs/2000/fs036-00/>

Bridgland, D.R. (2013). 'Schutz des Geo-Naturerbes of Quaternary sites and interests'. *Proceedings of the Geologists' Association* 124:612–624. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.10.004>

Brilha, J. (2016). 'Inventory and quantitative assessment of Geotope and geodiversity sites: A review'. *Geo-Naturerbe* 8:119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>

Brilha, J. (2018). 'Geo-Naturerbe: inventories and evaluation'. In: E. Reynard and J. Brilha (eds.). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*, pp. 69–85. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00004-6>

British Caving Association. (Undated). *Minimal Impact Caving Guidelines*. https://british-caving.org.uk/wiki3/lib/exe/fetch.php?media=conservation_access:micg.pdf.

British Columbia. (2003). *Karst Management Handbook for British Columbia*. Victoria, BC, Canada: British Columbia Ministry of Forests. <https://www.for.gov.bc.ca/hfp/publications/00189/Karst-Mgmt-Handbook-web.pdf>.

British Columbia. (2020). *Online Karst Management Training Module*. <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/industry/forestry/managing-our-forest-Ressourcen/managed-Ressource-features/best-practices-for-karst-management-training-module>.

Brocx, M. and Semeniuk, V. (2007). 'Geo-Naturerbe and Schutz des Geo-Naturerbes – history, definition, scope and scale'. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 90:53–87. https://www.researchgate.net/publication/285012358_Geo-Naturerbe_and_Schutz_des_Geo-Naturerbes_-_History_definition_scope_and_scale

Brocx, M. and Semeniuk, V. (2011). 'Assessing Geo-Naturerbe values: A case study using Leschenault Peninsula and its estuarine lagoon, south-western Australia'. *Proceedings of the Linnaean Society of New South Wales* 132:115–130. https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/18640/1/assessing_Geo-Naturerbe_values.pdf

Brocx, M. and Semeniuk, V. (2015). 'Using the Geo-Naturerbe Tool-Kit to identify inter-related geological features at various scales for designating geoparks: Case studies from Western Australia'. In: E. Errami, M. Brocx, and V. Semeniuk (eds.). *From Geo-Naturerbe to Geoparks: Case Studies from Africa and Beyond*, pp. 245–259. Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10708-0_17

Brocx, M., Semeniuk, V. and Percival, I. G. (2019). 'Global Geo-Naturerbe significance of Ordovician stratigraphy and sedimentology in the Cliefden Caves area, central western New South Wales'. In: M. Brocx, V. Semeniuk, and K Meney (eds.). Thematic Issue on Geo-Naturerbe and Schutz des Geo-Naturerbes in Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*: 66(6). <https://doi.org/10.1080/08120099.2019.1569128>

Brooks, A.J. (2013). 'Assessing the sensitivity of geodiversity features in Scotland's seas to pressures associated with human activities'. *Scottish Natural Heritage Commissioned Report* Nr. 590. Inverness: Scottish Natural Heritage. <https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-09/Publication%202013%20-%20SNH%20Commissioned%20Report%20590%20-%20Assessing%20the%20sensitivity%20of%20geodiversity%20features%20in%20Scotlands%20seas%20to%20pressures%20associated%20with%20human%20activities.pdf>

Bruneau, P.M.C., Gordon, J.E. and Rees, S. (2011). 'Ecosystem sensitivity and responses to climate change: Understanding the links between geodiversity and biodiversity at the landscape scale'. *JNCC Report* Nr. 450. http://archive.incc.gov.uk/PDF/jncc450_FINALweb.pdf

Bruno B., and Wallace, A. (2019). 'Interpretive panels for Geo-Naturerbe sites: Guidelines for design and evaluation'. *Geo-Naturerbe* 11:1315–1323. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00375-0>

Canesin, T.S., Brilha, J. and Díaz-Martínez, E. (2020). 'Best practices and constraints in geopark management: Comparative analysis of two Spanish UNESCO Global Geoparks'. *Geo-Naturerbe* 12:14 <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00435-w>

Carcavilla Urquí L., López Martínez J. and Durán Valsero J.J. (2007). *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Cuadernos del Museo Geomineiro, No 7. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

https://www.researchgate.net/publication/305322607_VALORACION_DEL_PATRIMONIO_GEOLOGICO_EN_EUROPA

Casadevall, T., Tormey, D., and Richards, J. (2019). *World Heritage Volcanoes: Classification, Gap Analysis, and Recommendations for Future Listings*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/48448> <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.07.en>

Cayla, N., Hoblea, F., and Reynard, E. (2014). 'New digital technologies applied to the management of Geo-Naturerbe'. *Geo-Naturerbe* 6:89–90. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0118-8>

Chevalier, M. (1969). *Dictionnaire des symbols. Mythes, rêves, coutumes, gestes, formes, Abbildungs, couleurs, nombres*. Vol. 3: PIE à Z. Paris: Ed. Seghers et Ed. Jupiter. <https://www.abebooks.co.uk/book-search/title/dictionnaire-des-symboles/author/chevalier-gheerbrant/sortby/3/>

Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. and Fan, J.-X. (2013). 'The ICS International Chronostratigraphic Chart'. *Episodes* 36: 199–204. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2013/V36i3/002>

Cohen, S. (2015). 'The media and protected areas'. In: G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary, and I. Pulsford (eds.). *Protected Area Governance and Management*, pp. 441–472. Canberra: Australian National University Press. <http://press-files.anu.edu.au/downloads/press/p312491/pdf/CHAPTER15.pdf>

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., and Maginnis, S. (eds.). (2016). *Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

Comer, P.J., Pressey, R.L., Hunter, M.L., Schloss, C.A., Buttrick, S.C., Heller, N.E., Tirpak, J.M., Faith, D.P., Cross, M.S. and Shaffer, M.L. (2015). 'Incorporating geodiversity into conservation decisions'. *Conservation Biology* 29:692–701. <https://doi.org/10.1111/cobi.12508>

Conservation Measures Partnership. (2013). *Open Standards for the Practice of Conservation*. <https://www.conservationmeasures.org/version-4-0-of-the-conservation-standards-is-here/>

Cooney, R. (2004). *The Precautionary Prinzip in Biodiversity Conservation and Natural Resource Management: An Issues Paper for Policy-makers, Researchers and Practitioners*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN.
<https://portals.iucn.org/library/node/8528>

Cooney, R. and Dickson, B. (2005). *Biodiversity and the Precautionary Prinzip: Risk and Uncertainty in Conservation and Sustainable Use*. London: Earthscan. <https://portals.iucn.org/library/node/8773>

Crofts, R. (2014). 'Promoting geodiversity: Learning lessons from biodiversity'. *Proceedings of the Geologists' Association* 125:263–266. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2014.03.002>

Crofts, R. (2018). 'Putting Geo-Naturerbe on all agendas'. *Geo-Naturerbe* 10(2):231–238. <https://doi.org/10.1007/s12371-017-0239-y>

Crofts, R. (2019). 'Linking Schutz des Geo-Naturerbes with biodiversity conservation in protected areas'. *International Journal of Geo-Naturerbe and Parks* 7:211–217. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.002>.

Crofts, R. and Gordon, J.E. (2014). 'Schutz des Geo-Naturerbes in protected areas'. *PARKS* 20:61–76. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2014.PARKS-20-2.RC.en>

Crofts, R. and Gordon, J. E. (2015). Schutz des Geo-Naturerbes in protected areas. In: G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary, and I. Pulsford (eds.). *Protected Area Governance and Management*, pp. 531–568. Canberra: Australian National University Press. <http://press-files.anu.edu.au/downloads/press/p312491/pdf/CHAPTER18.pdf>

Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R.T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I.A., Brauman, K. A., et al. (2018). 'Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse Quelles of knowledge, can improve assessments'. *Science* 359:270–272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>

Digne Declaration International Declaration of the Rights of the Memory of the Earth. (1991). <http://www.geoparchautprovence.com/les-g%C3%A9oparcs/d%C3%A9claration-internationale/texte-d%C3%A9claration/>

Dingwall, P., Weighell, T. and Badman, T. (2005). *Geological World Heritage: A Global Framework*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/12797>

Dorset and East Devon Coast World Heritage Site. (2011). *Promoting Responsible Fossil Collecting*. Charmouth, Dorset, UK: Dorset and East Devon Coast World Heritage Site. <https://jurassiccoast.org/what-is-the-jurassic-coast/world-heritage/looking-after-the-jurassic-coast/promoting-responsible-fossil-collecting/>

Drew D. and Hötzl, H. (eds.). (1999). *Karst Hydrology and Human Activities*. Rotterdam, Netherlands: A.A. Balkema. <https://www.worldcat.org/title/karst-hydrogeology-and-human-activities-impacts-consequences-and-implications/oclc/41444640>

Dudley, N. (ed.) (2008). *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2008.PAPS.2.en>

Dunlop, L., Larwood, J.G. and Burek, C.V. (2018). 'Geodiversity action plans—a method to facilitate, structure, inform and record action for geodiversity'. In: E. Reynard and J Brilha (eds.). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*, pp. 53–66. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00003-4>

Ehlers, J., Gibbard, P. L. and Hughes, P.D. (2011). *Quaternary Glaciations—Extent and Chronology: A Closer Look*. Amsterdam: Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/quaternary-glaciations-extent-and-chronology/ehlers/978-0-444-53447-7>

Ellis, N. (2004). *Common Standards Monitoring Guidance for Earth Science Sites*. Peterborough, UK: Joint Nature Conservation Committee. http://jncc.defra.gov.uk/pdf/CSM_earth_science.pdf

Ellis, N. (2008). 'A history of the Geological Conservation Review'. In: C.V. Burek and C.D. Prosser (eds.). *The History of Schutz des Geo-Naturerbes*, pp. 123–135. Special Publications Nr. 300. London: The Geological Society. <https://doi.org/10.1144/SP300.10>

Ellis, N. (2011). 'The Geological Conservation Review (GCR) in Great Britain: Rationale and methods'. *Proceedings of the Geologists' Association* 122:353–362. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2011.03.008>

English Geodiversity Forum. (2014). *Geodiversity Charter for England*. <http://www.englishgeodiversityforum.org/Downloads/Geodiversity%20Charter%20for%20England.pdf>

English Nature. (2004). *Local Geodiversity Action Plans. Sharing Good Practice*. Peterborough, UK: Natural England. <http://www.publications.naturalengland.org.uk/publication/76016?category=30050>

Errami, E., Brocx, M., Semeniuk, V. and Ennih, N. (2015). 'Geotope, sites of special scientific interest, and potential geoparks in the Anti-Atlas (Morocco)'. In: E. Errami, M. Brocx, and V. Semeniuk (eds.). *From Geo-Naturerbe to Geoparks: Case Studies from Africa and Beyond*, pp. 57–79. Cham, Switzerland: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10708-0_4

Fang, R., Simonson, L. and Zhixin, P. (2013). 'Interpretation of Geo-Naturerbe for geotourism: A comparison of Chinese geoparks and national parks in the United States'. *Czech Journal of Tourism* 2: 10–125. <https://doi.org/10.2478/cjot-2013-0006>

Ferrero, E., Giardino, M., Lozar, F., Giordano, E., Belluso, E. and Perotti, L. (2012). 'Geodiversity action plans for the enhancement of Geo-Naturerbe in the Piemonte region (north-western Italy)'. *Annals of Geophysics* 55:487–495. https://www.researchgate.net/publication/267383078_Geodiversity_action_plans_for_the_enhancement_of_Geo-Naturerbe_in_the_Piemonte_region_North-Western_Italy

Feuillet, T. and Sourp, E. (2011). 'Geomorphological heritage of the Pyrenees National Park (France): Assessment, clustering, and promotion of geomorphosites'. *Geo-Naturerbe* 3:151–162. <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0020-y>

Finney, S.C. and Hilario, A. (2018). 'GSSPs as international geostandards and as global Geo-Naturerbe'. In: E. Reynard and J. Brilha (eds.). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*, pp. 169–180. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00010-1>

Ford, D.C. and Williams, P.W. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Chichester, UK: Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>

Fuertes-Gutiérrez, I. and Fernández-Martínez, E. (2010). 'Geotope inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): A tool to introduce Geo-Naturerbe into regional environmental management'. *Geo-Naturerbe* 2:57–75. <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0012-y>

Fuertes-Gutiérrez I. and Fernández-Martínez E. (2012). 'Mapping Geotope for Geo-Naturerbe management: A methodological proposal for the Regional Park of Picos de Europa (León, Spain)'. *Environmental Management* 50:789–806. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9915-5>

Garcia, M. G. M. (2019). 'Ecosystem services provided by geodiversity: preliminary assessment and perspectives for the sustainable use of natural Ressourcen in the coastal region of the state of São Paulo, Southeastern Brazil.' *Geo-Naturerbe* 11:1257- 1266. <link.springer.com/article/10.1007/s12371-019-00383-0>

Garcia-Cortes, A., Vegas, J., Carcavilla, L. and Diaz-Martinez, E. (2012). 'Un sistema de indicadores para la evaluacion y seguimiento del estado de conservacion del patrimonio geologico [An indicator system to assess and follow up the state of conservation of geological heritage]'. *Geo-Temas* 13: 1272–1275. <http://www.igme.es/patrimonio/publicaciones/congresos/Garcia%20Cortes%20et%20al%202012%20-%20Sistema%20de%20indicadores%20para%20estado%20conservacion%20PG.pdf>

Gardner, L. (2009). *Protected Areas Management in the Caribbean: Core Themes for Education, Awareness, and Communication Programmes*. Curepe, Trinidad and Tobago: The Trust for Sustainable Livelihoods and WCPA Caribbean. <http://ess-caribbean.com/wp-content/uploads/publications/Protected%20Areas%20Education%20Themes%20in%20the%20Caribbean%202009.pdf>

Gemmell, S. L. G., Hansom, J.D. and Hoey, T.B. (2001). *The Geomorphology, Conservation and Management of the River Spey and Spey Bay SSSIs, Moray*. Scottish Natural Heritage Research Survey and Monitoring Report Nr. 57. Edinburgh: Scottish Natural Heritage. https://www.researchgate.net/publication/222229721_Coastal_sensitivity_to_environmental_change_A_view_from_the_beach

Geological Society of America. (2019). *NPS Geoscientists-in-the-Parks Program*. Boulder, CO: Geological Society of America. https://www.geosociety.org/GSA/Education_Careers/Field_Experiences/gip/GSA/fieldexp/gip.aspx

Gillieson, D. (1996). *Caves: Processes, Development, and Management*. Oxford, UK: Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444313680>

Gogin, I. Y. and Vdovets, M.S. (2014). 'Geotope of international significance in the UNESCO WHS Lena Pillars Nature Park (Sakha Republic, Russia)'. *Geo-Naturerbe* 6:173–184. <https://doi.org/10.1007/s12371-013-0089-1>

Gordon, J. E. (2018). 'Mountain geodiversity: Characteristics, values and climate change'. In: C. Hoorn, A. Perrigo, and A. Antonelli (eds.). *Mountains, Climate and Biodiversity*, pp. 137–154. Chichester, UK: Wiley.

Gordon, J.E. and Barron, H.F. (2011). *Scotland's Geodiversity: Development of the Basis for a National Framework*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report Nr. 417. Edinburgh: Scottish Natural Heritage. http://www.parliament.scot/S3_PublicPetitionsCommittee/Submissions_09/09-PE1277H.pdf

Gordon, J. E., Brooks, A.J., Chaniotis, P.D., James, B.D., Kenyon, N.H., Leslie, A.B., Long, D. and Rennie, A.F. (2016). 'Progress in marine Schutz des Geo-Naturerbes in Scotland's seas: Assessment of key interests and their contribution to marine protected area network planning'. *Proceedings of the Geologists' Association* 127:716–737. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2016.10.002>

Goudie, A. and Seely, M. (2011). *World Heritage Desert Landscapes: Potential Priorities for the Recognition of Desert Landscapes and Geomorphological Sites on the World Heritage List*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/9818>

- Gradstein, F.M. and Ogg, J.G. (2012). 'The chronostratigraphic scale'. In: F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz and G.M. Ogg (eds.), *The Geological Time Scale 2012*, pp. 31–42. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59425-9.00002-0>
- Gray, M. (2011). 'GSSPs: The case for a third, internationally recognised, Schutz des Geo-Naturerbes network'. *Geo-Naturerbe* 3:83–88. <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0028-3>
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*, 2nd. ed. Chichester, UK: Wiley-Blackwell. <http://bcs.wiley.com/he-bcs/Books?action=index&itemId=0470742143&bcsId=8369>
- Gray, M. (2018). 'Ecosystem services'. In: B. Vogel, K.S. Woo, R. Grunewald, R. Crofts, and G. Stolpe. (eds.). *Global Geo-Naturerbe: International Significance and Biodiversity Values—Workshop Proceedings*, pp. 39–43. BfN Skripten 500. Leipzig: German Federal Agency for Nature Conservation. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript500.pdf>
- Griscom, B.W., Adams, J. and Ellis, P.W. (2017). 'Natural climate solutions'. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114:11645–11650. <https://doi.org/10.1073/pnas.1710465114>
- Gross, J. E., Woodley, S., Welling, L.A., and Watson, J E.M. (eds.). (2016). *Adapting to Climate Change: Guidance for Protected Area Managers and Planners*. Best Practice Protected Areas Guidelines Series Nr. 24. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/46685> <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.PAG.24.en>
- Groves, C., and Game, E.T. (2016). *Conservation Planning: Informed Decisions for a Healthier Planet*. Greenwood Village, CO, USA: Roberts and Co. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-016-0469-4>
- Groves, C.R., Game, E.T., Anderson, M.G., Cross, M., Enquist, C., Ferdaña, Z., Girvetz, E., Gondor, A., Hall, K.R., Higgins, J., Marshall, R., Popper, K., Schill, S., Shafer, S.L. (2012). 'Incorporating climate change into systematic conservation planning'. *Biodiversity Conservation* 21:1651–1671. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0269-3>
- Gunn, J. (ed.). (2004). *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. New York: Fitzroy Dearborn. <https://doi.org/10.4324/9780203483855>
- Gunn, J. (2020). Karst groundwater in UNESCO protected areas: a global overview. *Hydrogeology Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02206-x>
- Ham, S. (2013). *Interpretation: Making a Difference on Purpose*. Cape Town, South Africa: Fulcrum.
- Hilty, J., Worboys, G.L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D.M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J.E.M., Ament, R., and Tabor, G.M. (2020). *Guidelines for Conserving Connectivity through Ecological Networks and Corridors*. Best Practice Protected Area Guidelines Series Nr. 30. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
- Hooke, R.L. (1994). 'On the efficacy of humans as geomorphic agents'. *GSA Today* 4:217–225.
- Hutton, J. (1795). *Theory of the Earth*. Edinburgh: William Creech.
- ICMM [International Council on Mining and Metals]. (2003). *Mining and Protected Areas Position Statement*. London: ICMM. <http://www.icmm.com/en-gb/members/member-commitments/position-statements/mining-and-protected-areas-position-statement>
- International Commission on Stratigraphy. (Undated). *The Global Boundary Stratotype Abschnitt and Point (GSSP)*. <https://web.archive.org/web/20090113224346/http://www.stratigraphy.org:80/over.htm>
- Irwin, A. (2018). Citizen science comes of age. *Nature* 562, 480–482. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07106-5>
- ISCA [International Show Caves Association]. (2014). *Recommended International Guidelines for the Development and Management of Show Caves*. http://www.iis-speleo.org/documents/Recommended_International_Guidelines_published_version.pdf
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. (2019a). *Special Report on Global Warming of 1.5 Degrees*. UN, New York: IPCC. <https://unfccc.int/topics/science/workstreams/cooperation-with-the-ipcc/ipcc-special-report-on-global-warming-of-15-deg>
- IPCC. (2019b). *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. New York: IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf
- IUCN [International Union for Conservation of Nature]. (2008). 'Resolutions and Recommendations adopted at the 4th IUCN World Conservation Congress. Resolution 4.040: Conservation of geodiversity and geological heritage'. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/44190>.
- IUCN. (2012). 'Resolutions and Recommendations, World Conservation Congress, Jeju, Republic of Korea, 6–15 September 2012, WCC-2012-Res-048, Valuing and conserving Geo-Naturerbe within the IUCN Programme 2013–2016'. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/44015>.

IUCN. (2015). *Strategic Framework for Capacity Development in Protected Areas and Other Conserved Territories 2015–2025*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/45827>

IUCN. (2016a). ‘Resolutions and Recommendations, World Conservation Congress, Hawai’i, USA, Resolution 6.083, Conservation of moveable geological heritage’. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/46500>

IUCN. (2016b). ‘Resolutions and Recommendations, World Conservation Congress, Hawai’i, USA, Resolution 6.102. Protected areas and other areas important for biodiversity in relation to environmentally damaging industrial activities and infrastructure development. Gland, Switzerland: IUCN. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_REC_102_EN.pdf

IUCN (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS*. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.

<https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/our-work/iucn-global-standard-nature-based-solutions>

IUCN-WCPA [World Commission on Protected Areas] Task Force on OECMs. (2019). *Recognising and Reporting Other Effective Area-based Conservation Measures*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.PATRS.3.en>

Jacobs, P.J., Worboys, G.L., Mossfield, S. and Varcoe, T. (2015). ‘Managing operations and assets’. In: G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary, and I. Pulsford (eds.). *Protected Area Governance and Management*, pp. 751–788. Canberra: Australian National University Press. <https://doi.org/10.22459/PAGM.04.2015>

Jager, E. and Sanche, A. (2010). Setting the stage for visitor experiences in Canada’s national heritage places. *The George Wright Forum* 27(2):180–190.

JNCC [Joint Nature Conservation Committee]. (2019). *A Statement on Common Standards for Monitoring Protected Sites 2019*. Peterborough, UK: JNCC. <https://jncc.gov.uk/our-work/common-standards-monitoring/>

Käab, A., Reynolds, J.M. and Haeberli, W. (2005). ‘Glacier and permafrost hazards in high mountains’. In: U.M. Huber, H.K.M. Bugmann, and M.A. Reasoner (eds.). *Global Change and Mountain Regions: An Overview of Current Knowledge*, pp. 225–234. Dordrecht, Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3508-X_23

Kiernan, K. (1996.) *Conserving Geodiversity and Geo-Naturerbe: The Conservation of Glacial Landforms*. Hobart, Tasmania, Australia: Forest Practices Unit. <https://catalogue.nla.gov.au/Record/2687484>

Kirkbride, V. and Gordon, J. E. (2010). *The Geomorphological Heritage of the Cairngorm Mountains*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report Nr. 348. Edinburgh: Scottish Natural Heritage. https://www.researchgate.net/publication/272795727_Kirkbride_V_and_Gordon_JE_2010_The_geomorphological_heritage_of_the_Cairngorm_Mountains

Knudson, C., Kay, K., and Fisher, S. (2018). ‘Appraising geodiversity and cultural diversity approaches to building resilience through conservation’. *Nature Climate Change* 8:678–685. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0188-8>

Kresic, N. (2013). *Water in Karst: Management, Vulnerability, and Restoration*. New York: McGraw-Hill.
https://www.researchgate.net/publication/263145223_Water_in_Karst_Management_Vulnerability_and_Restoration

Lambiel, C. and Reynard, E. (2003). ‘Impacts du développement d’un domaine skiable sur la morphologie glaciaire et périglaciaire: le cas de Verbier (Valais, Suisse)’. In: E. Reynard, C. Holzmann, D. Guex, and N. Summermatter (eds.). *Géomorphologie et Tourisme. Institut de Géographie, Lausanne, Travaux et Recherches* 24:19–33. <https://wp.unil.ch/hmg/publications/>

Larwood, J.G. and Chandler, R.B., (2016). Conserving classic geological Abschnitts in the Inferior Oolite Formation, Middle Jurassic of the Wessex Basin, south-west England. *Proceedings of the Geologists’ Association* 127:132–145.

<https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2016.03.007>

Leung, Y.-F., Spenceley, A., Hvenegaard, G., and Buckley, R. (2019). *Tourismus- und Besuchermanagement in Schutzgebieten : Leitlinien zur Nachhaltigkeit*. Schriftenreihe Best-Practice-Leitlinien für Schutzgebiete Nr. 27. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/48551>

Lounema, R. (2003). *Suomen kansan pyhä paikat*. [Sacred Sites of the Finnish People]. Hameenlinna, Finland: Yhtyneet Kuvalahdet Oy.

Martin S., Reynard, E., Pellitero Ondicol, R. and Ghiraldi, L. (2014). ‘Multi-scale web mapping for Geo-Naturerbe visualisation and promotion’. *Geo-Naturerbe* 6:141–148. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0102-3>

Martín-Duque, J. F., Caballero García, J. and Carcavilla Urquí, L. (2012). Geo-Naturerbe information for Schutz des Geo-Naturerbes and geotourism through the categorization of landforms in a karstic landscape: A case study from Covalagua and Las Tuerces (Palencia, Spain). *Geo-Naturerbe* 4:93–108. <https://doi.org/10.1007/s12371-012-0056-2>
<https://doi.org/10.1007/s12371-012-0056-2>

- Migón, P. (2006). *Granite Landscapes of the World*. Oxford: Oxford University Press.
<https://global.oup.com/academic/product/granite-landscapes-of-the-world-9780199273683>
- Migón, P. (2018). Geo-Naturerbe and World Heritage Sites. In: E. Reynard and J. Brilha (eds.). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*, pp. 237–250. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00013-7>
- Mitchell, B.A., Stoltion, S., Bezaury-Creel, J., Bingham, H.C., Cumming, T.L., Dudley, N., Fitzsimons, J.A., Malleret-King, D., Redford, K.H. and Solano, P. (2018). *Guidelines for Privately Protected Areas*. Best Practice Protected Area Guidelines Series Nr. 29. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.PAG.29.en>
- Morris, R.L., Strain, E.M.A., Konlechner, T.M., Fest, B.J., Kennedy, D.M., Arndt, S.K. and Swearer, S.E. (2019). ‘Developing a nature-based coastal defence strategy for Australia’. *Australian Journal of Civil Engineering* 17:167–176.
<https://doi.org/10.1080/14488353.2019.1661062>
- National Speleological Society. (2016). *A Guide to Responsible Caving*, 5th ed. Huntsville, AL, USA: National Speleological Society.
https://caves.org/brochure/Guide_to_Resp_Caving_2016.pdf
- Natural England. (2012). *Managing Geological Specimen Collecting: Guidance and Case Studies*. Natural England Technical Information Notes TIN111, 113. 114, 115, 117, 118, 119, 127. <http://publications.naturalengland.org.uk/category/1768835>
- Neugarten, R.A., Langhammer, P.F., Osipova, E., Bagstad, K.J., Bhagabati, N., Butchart, S.H.M., Dudley, N., Elliott, V., Gerber, L.R., Gutierrez Arrellano, C., Ivanić, K.-Z., Kettunen, M., Mandle, L., Merriman, J.C., Mulligan, M., Peh, K.S.-H., Raudsepp-Hearne, C., Semmens, D.J., Stoltion, S., and Willcock, S. (2018). *Tools for Measuring, Modelling, and Valuing Ecosystem Services: Guidance For Key Biodiversity Areas, Natural World Heritage Sites, and Protected Areas*. Gland, Switzerland: IUCN.
<https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.PAG.28.en>
- Palmer, A.N. (2007). *Cave Geology*. Dayton, OH, USA: Cave Books.
https://www.goodreads.com/book/show/1728400.Cave_Geology
- Palmer, M. and Ruhi, A. (2019). ‘Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration’. *Science* 365: eaaw2087. <https://doi.org/10.1126/science.aaw2087>
- Pelfini, M., Brandolini, P., Carton, A. and Piccazzo, M. (2009). ‘Geotourist trails: A geomorphological risk impact analysis’. In E. Reynard, P. Coratza and G. Regolini-Bissig (eds.). *Geomorphosites*, pp. 131–144. Munich: Pfeil Verlag.
- Pereira, P., Pereira, D. and Alves M.I.C. (2007). ‘Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal)’. *Geographica Helvetica* 62:159. <https://doi.org/10.5194/gh-62-159-2007>
- Pereira P., Pereira D.I. and Alves, M.I.C. (2009). ‘The geomorphological heritage approach in protected areas: Schutz des Geo-Naturerbes vs. geotourism in Portuguese natural parks’. *Memorie Descrittive della Carta Geologica d’Italia LXXXVII*: 135–144.
- Piccardi, L. and Masse, W.B. (eds.). (2007). *Myth and Geology*. Special Publication Nr. 237. London, UK: The Geological Society.
<https://www.cambridge.org/core/journals/geological-magazine/article/l-piccardi-w-b-masse-eds-2007-myth-and-geology-geological-society-special-publication-no-273-350-pp-geological-society-london-price-9000-us-18000-gsl-members-4500-us-9000-other-qualifying-societies-5400-us-10800-hard-covers-isbn-978-1-86239-216-8/F52D20263874399E99A0755B965F8FC0>
- Poff, N.L. (2018). ‘Beyond the natural flow regime? Broadening the hydro-ecological foundation to meet environmental flows challenges in a non-stationary world’. *Freshwater Biology* 63: 1011–1021. <https://doi.org/10.1111/fwb.13038>
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. and Stromberg, J.C. (1997). ‘The natural flow regime: A paradigm for river conservation and restoration’. *BioScience* 47:769–784. <https://doi.org/10.2307/1313099>
- Pontee, N., Narayan, S. and Beck, M.W. (2016). ‘Nature-based solutions: Lessons from around the world’. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Maritime Engineering* 169: 29–36. <https://doi.org/10.1680/jmaen.15.00027>
- Prosser, C.D. (2011) ‘Prinzipien und practice of Schutz des Geo-Naturerbes: Lessons and case law arising from a legal challenge to site-based conservation on an eroding coast in eastern England, UK’. *Geo-Naturerbe* 3:277–287.
<https://doi.org/10.1007/s12371-011-0042-0>
- Prosser, C.D. (2016). ‘Schutz des Geo-Naturerbes, quarrying and mining: Opportunities and challenges illustrated through working in partnership with the mineral extraction industry in England’. *Geo-Naturerbe* 10:259–270.
<https://doi.org/10.1007/s12371-016-0206-z>
- Prosser, C.D., Murphy, M. and Larwood, J. (2006). *Geological Conservation: A Guide to Good Practice*. Peterborough, UK: English Nature. <http://publications.naturalengland.org.uk/publication/83048>
- Prosser, C.D., Diaz-Martinez, E. and Larwood, J. G. (2018). ‘The Schutz des Geo-Naturerbes of Geotope: Prinzipien and practice’. In: E. Reynard and J. Brilha (eds.). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*, pp. 193–212. Amsterdam: Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00011-3>

ProGEO. (2011). *Conserving Our Shared Geo-Naturerbe – A Protocol on Schutz des Geo-Naturerbes Prinzip, Sustainable Site Use, Management, Fieldwork, Fossil and Mineral Collecting*. Uppsala, Sweden: ProGEO, the European Association for the Conservation of Geological Heritage. <http://www.progeo.se/progeo-protocol-definitions-20110915.pdf>

Purdie, H., Espiner, S. and Gomez, C. (2018). 'Geotourism and risk: A case study of rockfall hazard at Fox Glacier, New Zealand'. In: R. Dowling and D/ Newsome (eds.). *Handbook of Geotourism*, pp. 139–151. Cheltenham, UK: Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781785368868.00020>

Rapprich, V., Liseč, M., Fiferna, P., and Závada, P. (2017). 'Application of modern technologies in popularization of the Czech volcanic Geo-Naturerbe'. *Geo-Naturerbe* 9:413–420. <https://doi.org/10.1007/s12371-016-0208-x>

Reynard, E. (2009a). 'Geomorphosites and landscapes'. In E. Reynard, P. Coratza and G. Regolini-Bissig (eds.). *Geomorphosites*, pp. 21–34. Munich: Pfeil Verlag.

Reynard, E. (2009b). 'Geomorphosites: Definitions and characteristics'. In E. Reynard, P. Coratza and G. Regolini-Bissig (eds.). *Geomorphosites*, pp. 9–20. Munich: Pfeil Verlag.

https://www.researchgate.net/publication/288265820_Geomorphosites_Definitions_and_characteristics

Reynard, E. and, Brilha, J. (eds.). (2018). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*. Amsterdam: Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/Geo-Naturerbe/reynard/978-0-12-809531-7>

Roberts, R., Appleton, P., and Buttler, C. (2016). Root and branch reform for Brymbo fossil. *Earth Heritage* 45:7-9. <http://www.earthheritage.org.uk/wp/wp-content/uploads/2018/03/EH45f.pdf>

RPDC [Ressource Planning and Development Commission]. (2013). 'Land, Geodiversity and Schutz des Geo-Naturerbes'. In: *State of the Environment Report: Tasmania*. Hobart, Tasmania, Australia: RSPC. <http://soer.justice.tas.gov.au/2003/lan/2/issue/77/index.php#zmanagement>

Santangelo N., Santo A., Guida D., Lanzara R. and Siervo V. (2005). 'The Geotope of the Cilento Vallo di Diano National Park (Campania region, southern Italy)'. *Il Quaternario* 18:103–114. https://www.researchgate.net/publication/258986935_The_Geotope_of_the_Cilento-Vallo_di_Diano_National_Park_Campania_region_southern_Italy

Santucci, V.L. (2005). Historical perspectives on biodiversity and geodiversity. *The George Wright Forum*: 22(3):29–34.

Santucci, V.L. and Hughes, M. (1998). 'Fossil Cycad National Monument: A case of paleontological Ressource mismanagement'. In: Santucci, V.L. and McClelland, L. (eds.). *National Park Service Paleontological Research*, 3, pp. 84–89. Technical Report NPS/NRGRD/GRDTR-9801. Washington, DC: US National Park Service.

https://www.nps.gov/subjects/fossils/upload/NPS_10thconference_proceedings.pdf

Santucci, V.L., Kenworthy, J.P. and Mims, A.L. (2009). 'Monitoring in situ paleontological Ressourcen'. In: R. Young and L. Norby. (eds.). *Geological Monitoring*, pp. 189–204. Boulder, CO, USA: Geological Society of America. [https://doi.org/10.1130/2009.monitoring\(08\)](https://doi.org/10.1130/2009.monitoring(08))

Santucci, V.L. and Koch, A.L. (2003). 'Paleontological Ressource monitoring strategies for the National Park Service'. *Park Science* 22:22–25. <http://www.npshistory.com/publications/paleontology/paleo-monitoring.pdf>

Santucci, V. L., Tweet, J.S. and Kenworthy, J.P. (2012). 'Paleoblitz: Uncovering the fossil record of the national parks'. *Park Science* 29:29–32.

Scottish Geodiversity Forum. (2013). *Scotland's Geodiversity Charter*. <http://scottishgeodiversityforum.org/charter/>

Scottish Natural Heritage. (2008). *Scottish Fossil Code*. Battleby, UK: Scottish Natural Heritage. <https://www.nature.scot/scottish-fossil-code>

Scottish Natural Heritage. (2019). 'Keen of Hamar National Nature Reserve'.

<https://www.nature.scot/enjoying-outdoors/snhs-nature-reserves/keen-hamar-nature-reserve>

Sharples, C. (2002). *Concepts and Prinzipien des Schutz des Geo-Naturerbes*. Hobart, Tasmania, Australia: Tasmanian Parks & Wildlife Service. [www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/\\$FILE/Schutz_des_Geo-Naturerbes.pdf](http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON-57W3YM/$FILE/Schutz_des_Geo-Naturerbes.pdf)

Sharples, C. (2011). *Potential Climate Change Impacts on Geodiversity in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area: A Management Response Position Paper*. Nature Conservation Report Series 11/04. Hobart, Tasmania, Australia: Ressource Management and Conservation Division, Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment.

<http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/LJEM-8P983Y?open>

Smaldone, D. (2003). *A Crash Course in Interpretation*. Washington, DC: US National Park Service. <https://www.nps.gov/grte/learn/management/upload/interp.pdf>

- Smith, A.G., Barry, T., Bown, P., Cope, J., Gale, A., Gibbard, P., Gregory, J., Hounslow, M., Kemp, D., Knox, R., Marshall, J., Oates, M., Rawson, P., Powell, J. and Waters, C. (2015). 'GSSPs, global stratigraphy and correlation'. In: D.G. Smith, R.J.
- Bailey, P.M. Burgess, and A.J. Fraser, A.J. (eds.). *Strata and Time: Probing the Gaps in Our Understanding*, pp. 37–67. Special Publications Nr. 404. London: The Geological Society. <https://doi.org/10.1144/SP404.8>
- Spalding, M.D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L.Z., Shepard, C. and Beck, M.W. (2014). 'The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards'. *Ocean & Coastal Management* 90: 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007>
- Stolton, S., Shadie, P. and Dudley, N. (2013). *IUCN WCPA Best Practice Guidance on Recognising Protected Areas and Assigning Management Categories and Governance Types*. Best Practice Protected Area Guidelines Series Nr. 21, Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-021.pdf>
- Tasmanian Government. (Undated). *Protecting and Managing Karst*. Hobart, Tasmania, Australia: Government of Tasmania. https://dpipwe.tas.gov.au/conservation/Schutz_des_Geo-Naturerbes/karst/protecting-karst
- Temmerman, S., Meire, P., Bouma, T.J., Herman, P. M. J., Ysebaert, T. and De Vriend, H.J. (2013). 'Ecosystem-based coastal defence in the face of global change'. *Nature* 504: 79–83. <https://doi.org/10.1038/nature12859>
- Theobald, D.M., Harrison-Atlas, D., Monahan, W.B. and Albano, C.M. (2015). Ecologically-relevant maps of landforms and physiographic diversity for climate adaptation planning. *PLoS ONE* 10(12):e0143619. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143619>
- Tilden, F. (1977). *Interpreting Our Heritage*. Chapel Hill, NC, USA: University of North Carolina Press. <https://uncpress.org/book/9780807858677/interpreting-our-heritage/>
- Tukiainen, H., Kiuttu, M., Kalliola, R., Alahuhta, J. and Hjort, J. (2019). 'Landforms contribute to plant biodiversity at alpha, beta and gamma levels'. *Journal of Biogeography* 46:1699–1710. <https://doi.org/10.1111/jbi.13569>
- UNESCO [United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization]. (1972). *Criteria for World Heritage Site Selection*. Paris: UNESCO World Heritage Centre. <https://whc.unesco.org/en/criteria/>
- US National Park Service. (2013). *Yosemite National Park 1997 Flood Recovery Final Report*. Washington, USA: US Department of the Interior, National Park Service. <https://www.nps.gov/yose/learn/management/1997-flood-recovery.htm>
- US National Park Service. (2019). 'Transforming the NPS digital experience'. <https://www.nps.gov/subjects/digital/index.htm>
- Veni, G., DuChene, H., Crawford, N.C., Groves, C.G., Huppert, G.N., Kastning, E.H., Olson, R., and Wheeler, B.J. (2001). *Living with Karst: A Fragile Foundation*. Environmental Awareness Series Nr. 4. Alexandria, VA, USA: American Geological Institute. <https://www.americangeosciences.org/sites/default/files/karst.pdf>.
- Vermeulen, J. and Whitten, T. (1999). *Biodiversity and Cultural Property in the Management of Limestone Ressourcen: Lessons from East Asia*. Washington DC: The World Bank. <https://doi.org/10.1596/0-8213-4508-7>
- Verschuuren, B., Mallarach, J-M., Bernbaum, E., Spoon, E., Brown, S., Borde, R., Brown, J., Calamia, M., Mitchell, N., Infield, M., and Lee, E. (In press). *Cultural and Spiritual Significance of Nature: Guidance for its role in Protected and Conserved Area Governance and Management*. IUCN WCPA Best Practice Protected Area Guidelines Series. Gland, Switzerland: IUCN.
- Vogel, B., Woo, K.S., Grunewald, R., Crofts, R. and Stolpe, G. (2018) (Eds.) *Global Geo-Naturerbe: International Significance and Biodiversity Values—Workshop Proceedings*. BfN Skripten 500. Leipzig: German Federal Agency for Nature Conservation. <https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/service/Dokumente/skripten/Skript500.pdf>
- Waltham, T., Bell, F. and Culshaw, M. (eds.). (2005). *Sinkholes and Subsidence*. Chichester, UK: Springer-Praxis. <https://b-ok.org/book/836594/200a35>
- Watson, J., Hamilton-Smith, E., Gillieson, D. and Kiernan, K. (eds.). (1997). *Guidelines for Cave and Karst Protection*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/ebooks/edocs/1997-026.pdf>
- Welch, D. (2004). 'Geoindicators for monitoring Canada's national parks: A proposal'. In: N.W.P. Munro et al. (eds.). *Making Ecosystem Based Management Work: Connecting Managers and Researchers*. Proceedings of the Fifth International Conference on Science and the Management of Protected Areas, Victoria, British Columbia, 11–16 May, 2003. Wolfville, NS, Canada: Science and Management of Protected Areas Association. <https://epdf.pub/transforming-parks-and-protected-areas-management-and-governance-in-a-changing-w.html>
- Wellman, J. (2015). 'What does the term rock mean or represent when used in the Bible?' Patheos. <http://www.patheos.com/blogs/christiancrier>

Werritty, A., Duck, R.W. and Kirkbride, M.P. (1998). *Development of a Conceptual and Methodological Framework for Monitoring Site Condition in Geomorphological Systems*. Scottish Natural Heritage Research, Survey and Monitoring Report Nr. 105. Edinburgh: Scottish Natural Heritage.

<https://discovery.dundee.ac.uk/en/publications/development-of-a-conceptual-and-methodological-framework-for-mon>

White, W.B. and Culver, D.C. (2012). *Encyclopedia of Caves*, 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Academic Press. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123838322/encyclopedia-of-caves>

Wignall, R.M.L. (2019). *Scottish Natural Heritage Earth Science Site Condition Monitoring Methodology 1999–2019*. Scottish Natural Heritage Research Report Nr. 1160. Edinburgh: Scottish Natural Heritage.

<https://www.nature.scot/snhs-research-report-1160-scottish-natural-heritage-earth-science-site-condition-monitoring>

Wignall, R.M.L., Gordon, J.E., Brazier, V., MacFadyen, C.C.J. and Everett, N.S. (2018). *A Climate Change Risk-Based Assessment for Nationally and Internationally Important Geo-Naturerbe Sites in Scotland, Including All Earth Science Features in Sites Of Special Scientific Interest (SSSI)*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report Nr. 1014. Edinburgh: Scottish Natural Heritage. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2017.11.003>

Williams, A.T., Rangel-Buitrago, N., Pranzini, E. and Anfuso, G. (2018). 'The management of coastal erosion'. *Ocean & Coastal Management* 156:4–20. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.022>

Williams, P. (2008). *World Heritage caves and karst: a thematic study*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://www.iucn.org/content/world-heritage-caves-and-karst-a-thematic-study>

Williams, D. and Edwards, D. (2013). 'Moulding and cast replication of outcrops: A tool in Schutz des Geo-Naturerbes'. *Proceedings of the Geologists' Association* 124:648–652. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.08.003>

Wimbledon, W.A.P., Barnard, A.F. and Peterken, A.G. (2004). 'Geotop management: A widely applicable, practical approach'. In: Parkes, M.A. (ed.). *Natural and Cultural Landscapes: The Geological Foundation*. pp. 187–192. Dublin: Royal Irish Academy. <https://www.researchgate.net/publication/333546901>

Wimbledon, W.A.P. and Smith-Meyer, S. (eds.). (2012). *Geo-Naturerbe in Europe and its Conservation*. Oslo: ProGEO. https://www.researchgate.net/publication/261917799_Geo-Naturerbe_in_Europe_and_its_Conversation_WAPWimbledonSMeyer-Smith_ProGEO_2012_405_pp_Hardback_4000_ISBN_9788242624765

Woo, K.S. and Kim, L. (2018). 'Geo-Naturerbe evaluation of caves in Korea: A case study of limestone caves'. In: E. Reynard and J. Brilha (eds.). *Geo-Naturerbe: Assessment, Protection, and Management*, pp. 373–386. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00021-6>

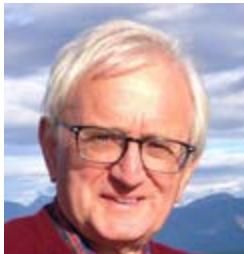
Wood, C. (2009). *World Heritage Volcanoes: A Thematic Study. A Global Review of Volcanic World Heritage Properties: Present Situation, Future Prospects and Management Requirements*. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/9486>

Worboys, G.L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. and Pulsford, I. (eds.). (2015). *Protected Area Governance and Management*. Canberra: Australian National University Press. <https://portals.iucn.org/library/node/45127> <https://doi.org/10.22459/PAGM.04.2015>

Worboys, G.L. (2015). 'Managing protected areas'. In: G.L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary, and I. Pulsford (eds.). *Protected Area Governance and Management*, pp. 207–250. Canberra: Australian National University Press. <https://doi.org/10.22459/PAGM.04.2015>

Zarnetske, P.L., Read, Q.D., Record, S., Gaddis, K.D., Pau, S., Hobi, M.L., Malone, S.L., Costanza, J., Dahlin, K.M., Latimer, A.M., Wilson, A.M., Grady, J.M., Ollinger, S.V. and Finley, A.O. (2019). 'Towards connecting biodiversity and geodiversity across scales with satellite remote sensing'. *Global Ecology and Biogeography* 28:548–556. <https://doi.org/10.1111/geb.12887>

Autoren-Biographien



Roger Crofts wurde als Geograph ausgebildet und spezialisierte sich auf die Entwicklung von Küsten und das Management von Naturschutzgebieten. Er war Gründungsgeschäftsführer von Scottish Natural Heritage, der gesetzlichen Behörde für Natur- und Landschaftsschutz, die für die Umsetzung des EU-Natura-Systems und das Management des nationalen Schutzgebietssystems in Schottland verantwortlich ist. Er war Vorsitzender des IUCN UK Committee, der europäischen Region der WCPA, der Durban Accord and Action Plan Working Group auf der V. World Parks Conference und spielte eine führende Rolle bei der Aufnahme von "Natur" in die IUCN-Schutzgebietsdefinition. Er hat viele Schutzgebiete untersucht und über den Schutz des Geo-Naturerbes geschrieben. Roger wurde 2016 mit dem Fred Packard International Parks Merit Award ausgezeichnet und hat viele andere schottische, britische und isländische Auszeichnungen für seine Arbeit im Bereich Umweltmanagement und Schutzgebiete erhalten.



José B.R. Brilha ist Geologe und ordentlicher Professor an der Fakultät für Geowissenschaften der Universität von Minho (Portugal). Er ist Mitglied der IUCN World Commission on Protected Areas und deren Specialist Group für Geo-Naturerbe sowie Mitglied des Roster of Evaluators für UNESCO Global Geoparks. Er war Präsident von ProGEO (The European Association for the Conservation of the Geological Heritage), Mitbegründer und Chefredakteur der wissenschaftlichen Zeitschrift Geo-Naturerbe und Mitglied des portugiesischen Komitees für IGCP und des portugiesischen Geoparks Forum. Derzeit entwickelt er angewandte Forschung zu Geodiversität, Schutz des Geo-Naturerbes, Schutzgebieten und Geoparks.



John Gordon arbeitete viele Jahre für die gesetzlichen Naturschutzbehörden in Großbritannien und beriet bei der Bewertung, Dokumentation und dem Schutzmanagement von Schutzgebieten für Geo-Naturerbe. Er ist Honorarprofessor an der School of Geography and Sustainable Development an der Universität von St. Andrews, Schottland. Er ist Mitglied des Lenkungsausschusses und stellvertretender Vorsitzender der Fachgruppe für Geo-Naturerbe der Weltkommission für Schutzgebiete der IUCN, Mitglied des Expertengremiums für Geo-Naturerbe der European Federation of Geologists und Mitglied von ProGEO, der Europäischen Vereinigung für die Erhaltung des Geo-Naturerbes.



Murray Gray ist Honorarprofessor an der School of Geography der Queen Mary University of London, Großbritannien, und Gastprofessor an der School of Earth Sciences der Universität von Minho, Portugal. Ursprünglich ein Gletschergeomorphologe, hat er Expertise in Geodiversität und deren Anwendungen entwickelt, einschließlich Geo-Naturerbe, Schutz des Geo-Naturerbes und Geotourismus. Er ist Autor von zwei Ausgaben des Buches Geodiversität: Valuing and Conserving Abiotic Nature (Wiley-Blackwell, Chichester, 2004 und 2013). Er ist Mitglied der IUCN-WCPA Geo-Naturerbe Specialist Group und des Redaktionsausschusses der Zeitschrift Geo-Naturerbe. Er hat eingeladene Vorträge über Geodiversität in den USA, Kanada, Brasilien, China, Japan, Malaysia, Südafrika und in ganz Europa gehalten.



John Gunn (BSc Aberystwyth University; PhD Auckland University) ist Honorarprofessor an der School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham. Er ist ein multidisziplinärer Wissenschaftler, der sich mit einem einzigen Gestein - Kalkstein - und mit den Karstumgebungen, die sich auf Kalkstein bilden, beschäftigt. John ist ein Speläologe, der aktiv an der Erforschung von Höhlen beteiligt ist. Seine Forschungsinteressen liegen in der Erhaltung und dem Management von geologischem Erbe in Höhlen und Karst, der Karsthydrogeologie, der Entwicklung von Karstlandschaften und dem Höhlenklima. Er ist stellvertretender Vorsitzender der Fachgruppe "Geo-Naturerbe" der IUCN WCPA und Vorsitzender der Arbeitsgruppe "Höhlen und Karst".



Jonathan Larwood studierte Geologie am University College London und promovierte in Mikropaläontologie in Aberystwyth, University College of Wales. Jonathan hat eine Karriere im geologischen Naturschutz eingeschlagen. Er arbeitet bei der Regierungsbehörde Natural England als Geologe und Paläontologe und berät in Fragen des geologischen und paläontologischen Naturschutzes. Er war an einer Reihe von Initiativen beteiligt, unter anderem an der Entwicklung der Sammlungspolitik und -praxis und der Etablierung der Geodiversitäts-Aktionsplanung in Großbritannien, und arbeitet eng mit dem geologischen Freiwilligensektor zusammen. Jonathan ist derzeit Archivar der Geologists' Association, ehrenamtlicher Berater des National Trust und Treuhänder der Jurassic Coast World Heritage Site.



Vincent L. Santucci ist leitender Geologe und Paläontologe in der Geologic Ressourcen Division des US National Park Service. Er widmet sich der Verwaltung, dem Schutz, der Interpretation, der wissenschaftlichen Forschung und der Kuratierung von Fossilien des US National Park Systems, die in mehr als 260 Nationalparks identifiziert wurden. Eine seiner wichtigsten Aufgaben ist es, die paläontologische Ressource-Planung und -Aktivitäten sowohl innerhalb des US National Park Service als auch mit einer Reihe von akademischen, musealen und Bildungspartern zu koordinieren, um deren Ressource-Stewardship- und öffentliche Bildungsmissionen zu erfüllen. Einer der lohnendsten Aspekte seiner Position ist die Zusammenarbeit mit dem Team des National Fossil Day, um ein größeres Bewusstsein für den wissenschaftlichen und pädagogischen Wert von Fossilien zu schaffen.



Dan Tormey ist Präsident von Catalyst Environmental Solutions, einer Umweltberatungsfirma. Er hat einen Doktortitel in Geologie und Geochemie vom MIT und einen BS in Bauingenieurwesen und Geologie von Stanford. Er arbeitet seit 2009 für die IUCN im Bereich Welterbe, mit 27 Desktop-Reviews für die Welterbeliste, einer Feldmission und der Mitautorschaft der 2019 IUCN Volcano Thematic Study. Er wurde von der National Academy of Sciences und dem California Council on Science and Technology in wissenschaftliche Beiräte für Schutzgebiete berufen und ist SPE Distinguished Lecturer und Preisträger des Environmental and Social Responsibility Award.



Graeme L. Worboys war Honorarprofessor an der Fenner School, Australian National University, und technischer Berater der südaustralischen Regierung für den Nominierungsprozess des Welterbekriteriums Flinders Ranges (viii). Er wurde in Geologie ausgebildet, arbeitete 46 Jahre lang in Schutzgebieten und promovierte mit einer Arbeit über Schutzgebietsmanagement. Er führte geologische Welterbe-Evaluierungen der IUCN in Südafrika, Italien, Indien, Vietnam und China durch. Graeme war leitender Redakteur des IUCN-Lehrbuchs "Protected Area Governance and Management" aus dem Jahr 2015 und wurde 2016 mit dem Fred M. Packard International Parks Merit Award der IUCN für "herausragende Verdienste bei der Förderung der Ziele von Schutzgebieten für die Gesellschaft" ausgezeichnet. Im Jahr 2020 wurde er mit dem Order of Australia (AM) für seine herausragenden Verdienste um den Naturschutz und die Gesellschaft ausgezeichnet. Er starb im September 2020.



INTERNATIONAL UNION
FOR CONSERVATION OF NATURE

HAUPTSITZ
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Switzerland
Tel +41 22 999 0000
Fax +41 22 999 0002
www.iucn.org

