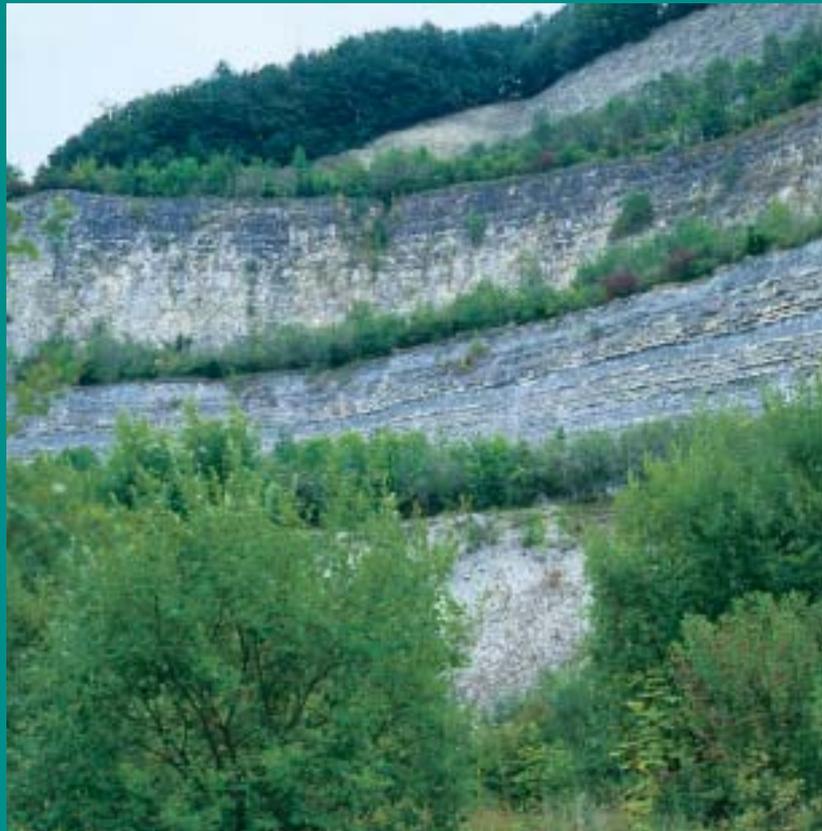


Naturschutz und Zementindustrie

Thomas Beißwenger, Ulrich Tränkle,
Markus Hehmann

Projektteil 3:
Management-Empfehlungen



Bundesverband der
Deutschen Zementindustrie e.V.



Verein Deutscher Zementwerke e.V.

Herausgeber:

Bundesverband der Deutschen
Zementindustrie e.V., Köln
Verein Deutscher Zementwerke e.V.,
Düsseldorf

Auftraggeber:

Sozialpolitische Arbeitsgemeinschaft
der Deutschen Zementindustrie e.V.,
Köln

Bearbeitung:

Dipl.-Biol. Thomas Beißwenger
Industrieverband Steine und
Erden Baden-Württemberg e.V.
Postfach 1253
73748 Ostfildern

Dipl.-Biol. Dr. Ulrich Tränkle
AG.L.N – Dr. Ulrich Tränkle
Landschaftsplanung und
Naturschutzmanagement
Rauher Burren 9
89143 Blaubeuren

Dipl.-Biol. Markus Hehmann
Dyckerhoff Zement GmbH
Werk Lengerich
Lienener Straße 89
49525 Lengerich

Fachliche Betreuung:

AG Naturschutz der
BDZ/VDZ-Kommission
Rohstoffe

Kontakt:

Michael Basten
Bundesverband der Deutschen
Zementindustrie e.V.
Luisenstraße 44
10117 Berlin

Dr. Manfred Lütkehaus
HeidelbergCement
Technology Center GmbH
Peter-Schuhmacher-Straße 8
69181 Leimen

Bildnachweis:

Beißwenger, Thomas: 12
Harling, Rotraut: 2, 5, 6, 7, 9, 14,
15, 17, 19
Hehmann, Markus: 10, 11, 13
Tränkle, Ulrich: 1, 3, 4, 8, 16, 18

Gesamtherstellung:

Verlag Bau+Technik GmbH
Postfach 12 01 10
40601 Düsseldorf

Diese Veröffentlichung ist ein Beitrag der
deutschen Zementindustrie zu der vom
Bundesministerium für Umwelt, Natur-
schutz und Reaktorsicherheit initiierten
Aktion biologischevielfalt.de



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Naturschutz und Zementindustrie – Projektteil 3: Management-
Empfehlungen, bearbeitet von: T. Beißwenger, U. Tränkle und M.
Hehmann [Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V./Verein
Deutscher Zementwerke e.V.] – Düsseldorf: Verlag Bau+Technik, 2002

ISBN 3-7640-0424-X

1	Einleitung	7
2	Management-Empfehlungen für die Betriebsphase	8
2.1	Allgemeine Gesichtspunkte	8
2.1.1	Ruhezonen	8
2.1.2	Wechselnder Abbauvortrieb	8
2.1.3	Wanderbiotope	8
2.2	Typische Lebensräume	10
2.2.1	Zwischenrekultivierungen	10
2.2.2	Oberbodenmieten und Erdaushalden	10
2.2.3	Steilwände	11
2.2.4	Fahrwegränder und Materialtransporttrassen	12
2.2.5	Wechselfeuchte bis staunasse Zonen und Stillgewässer	13
2.2.6	Schlammweiher, Absetz- und Auffangbecken	14
2.2.7	Lagerplätze	14
2.2.8	Bauliche Anlagen	14
2.2.9	Abraumhalden und sonstige Schüttungen	15
2.2.10	Kleinstrukturen	16
3	Management-Empfehlungen für die Renaturierung	17
3.1	Allgemeine Gesichtspunkte	17
3.2	Ausgewählte Renaturierungsverfahren	17
3.2.1	Übersicht	17
3.2.2	Mähgutausbringung	19
3.2.3	Aussaat von Wildarten	20
3.2.4	Pflanzung von Gehölzen	20
3.3	Verfüllung und Naturschutzfolgenutzung	21
3.4	Pflegemaßnahmen	21
3.5	Flankierende Maßnahmen	22
3.5.1	Besucherlenkung und Betretungsschutz	22
3.5.2	Abstimmung mit anderen Folgenutzungen	23
3.5.3	Zusammenarbeit mit Naturschützern	23
4	Zusammenfassung	24
5	Literatur	25

Naturschutz und Zementindustrie

Projektteil 3: Management-Empfehlungen

Die Arbeitsgruppe „Naturschutz“ der Kommission „Rohstoffe“ des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V. und des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. hat in den Jahren 2000/2001 eine umfassende naturschutzfachliche Bestandsaufnahme und Bewertung der Abbaustätten der deutschen Zementindustrie unter Anwendung anerkannter Kriterien durchgeführt. Das Projekt setzt sich aus drei Teilen zusammen: Umfrage, Literaturstudie und Management-Empfehlungen. Mit der Ausarbeitung der Management-Empfehlungen liegt in Form dieser Broschüre der dritte Teil des Projektes vor.

Es ist zwar ein wichtiges Ergebnis aktueller Forschungen, dass Abbaustätten auch ohne umfassende landschaftspflegerische Gestaltung eine wichtige Funktion für den Arten- und Naturschutz erreichen können. Gleichwohl sind während des Betriebes und nach Abschluss der Rohstoffgewinnung diverse naturschutzfachliche Maßnahmen erforderlich. Im Folgenden werden entsprechende Empfehlungen für abbautypische Lebensräume von Tieren und Pflanzen gegeben.

Ein hoher Naturschutzwert von Abbaustätten ist primär durch Förderung der Standortvielfalt zu erreichen. Wichtige Ansatzpunkte für ein aktives Naturschutz-Management sind die Verbesserung der Chancen für eine spontane Ansiedlung von Tier- und Pflanzenarten, die Förderung von natürlichen Entwicklungsprozessen und die Reduktion von Pflanzungen und Ansaaten. Neben allgemeinen Erkenntnissen ist zwischen naturschutzfachlichen Maßnahmen während des Betriebes von Abbaustätten und einschlägigen Maßnahmen nach Abschluss der Rohstoffgewinnung einschließlich der gezielten Anwendung

von Renaturierungsverfahren zu unterscheiden.

Entsprechende Maßnahmen sind dabei immer im engen Kontext mit dem Umfeld und dessen Anforderungen an den Natur- und Umweltschutz zu sehen. Zudem muss den spezifischen Voraussetzungen der jeweiligen Abbaustätte Rechnung getragen werden. Die Management-Empfehlungen können daher nur allgemeiner Art sein, zumal ein allzu schematisches Vorgehen eine Uniformität nach sich ziehen könnte, die die Funktion der Abbaustätten für den Erhalt der Arten- und Lebensraumvielfalt schmälern würde.

Zu berücksichtigen ist auch, dass sich einzelne Zielsetzungen bzw. Maßnahmen für Flora und Fauna wechselseitig ausschließen können. Die Anforderungen an ein naturschutzfachlich überzeugendes Gesamtkonzept sind vor allem dann komplex, wenn Belange des Landschaftsbildes oder des Bodenschutzes eingearbeitet werden müssen. In solchen Fällen ist im naturräumlichen Kontext und unter Abwägung der zu fördernden Schutzgüter zu entscheiden, welche Ziele bzw. Maßnahmen Priorität haben. Bei einer gemischten Folgenutzung gilt dies selbstverständlich auch für die Abwägung, welcher Anteil den unterschiedlichen Folgenutzungstypen (Natur, Landwirtschaft, Forstwirtschaft etc.) jeweils eingeräumt werden soll.

Naturschutzfachliche Ziele und Maßnahmen sind in jedem Fall mit den abbautechnischen und betriebswirtschaftlichen Notwendigkeiten abzustimmen. Zudem müssen die zur Gewährleistung eines unfallfreien und sicheren Betriebes erlassenen Vorschriften und Betriebsanweisungen eingehalten werden.

2 Management-Empfehlungen für die Betriebsphase

2.1 Allgemeine Gesichtspunkte

Beim Anlegen naturschutzrelevanter Biotope müssen die vorhandenen Standortparameter beachtet werden. So sollten z. B. Magerrasen – also Gesellschaften nährstoffarmer Standorte – nicht auf Sohlen mit wiederkehrender Überflutung, auf extrem flachgründigen oder grobschotterigen Standorten angelegt bzw. initiiert werden, da keine ausreichende Entwicklung gewährleistet ist.

Falls Naturschutzbiotop unmittelbar an die Abbaustätte angrenzen, kann auf eine Vegetationsinitiierung weitgehend verzichtet werden. Für die Integration ehemaliger Abbauflächen in einen Biotopverbund ist ein derartiges Umfeld sehr wertvoll.

Zur Erhöhung der Standortvielfalt ist die Schaffung von unregelmäßig reliefiertem Gelände mit Senken unterschiedlicher Größe sinnvoll. Ein Wechsel zwischen wechselfeuchten und nassen Zonen, Stillgewässern und trockenen Bereichen trägt wesentlich zur Erhöhung des Artenpotenzials bei. Sinnvoll sind solche aktiven Maßnahmen in den Fällen, in denen die Flächen für mindestens zehn Jahre aus dem Betrieb genommen werden.

Großflächige homogene Bereiche, also z. B. Sohlenstandorte, sollten nicht übermäßig zergliedert und verkleinert werden, da Ar-

ten mit großen Raumansprüchen, wie z. B. der Flussregenpfeifer, entsprechende Lebensräume benötigen.

2.1.1 Ruheazonen

Bereiche, auf denen kein Abbau mehr erfolgt, sollten zum frühestmöglichen Zeitpunkt ausgegliedert werden. Dies bedeutet, dass diese Flächen weder befahren werden noch als Abstell- oder Lagerfläche dienen. In diesen Ruheazonen finden sich dann die ersten Arten ein, die nach vollständiger Einstellung des Betriebes die übrigen Flächen besiedeln können. Es ist empfehlenswert, flachgründige trockene Bereiche oder Flächen mit temporären Gewässern als Ruheazonen auszuweisen.

2.1.2 Wechselnder Abbauvortrieb

Ein im Sinne des Naturschutzes geplanter wechselnder Abbauvortrieb wird in der Regel nur in größeren Abbaustätten möglich sein. Der Abbau sollte – je nach geologischen Verhältnissen und den betrieblichen Anforderungen an einen gleichmäßigen Rohstoffinput – nicht überall gleichzeitig, sondern in turnusmäßigem Wechsel durchgeführt werden. Auf diese Weise stehen immer wieder langjährig beruhigte Bereiche zur Verfügung, in denen eine Biotopentwicklung einsetzen kann.

2.1.3 Wanderbiotop

Durch einen alternierenden Abbau in wechselnden Bereichen können Entwicklungszonen für Flora und Fauna unterschiedlichen Alters im räumlichen und zeitlichen Kontext entstehen (Sukzessionszonen). Werden dann einzelne Bereiche wieder abgebaut, ist an anderer Stelle bereits Ersatz entstanden. Die vom Abbau betroffenen Biotop bzw. deren Tiere und Pflanzen „wandern“ so in der Abbaustätte hin und her. Diese ständig neu entstehenden Sukzessionszonen werden als „Wanderbiotop“ bezeichnet.

Bei der Verlagerung und Neuabgrenzung von Wanderbiotopen ist es besonders vorteilhaft, wenn sich die entsprechenden Flächen eine Zeit lang räumlich überlappen. Auch wenig mobile Arten sind dann in der Lage, den neuen Lebensraum zu erreichen. Ist dies nicht umsetzbar, sollten der alte und der neue Wanderbiotop über einen längeren Zeitraum parallel bestehen, um die Zuwanderungschancen zu erhöhen. Die Gesamtfläche der Wanderbiotop kann variieren, wenn dabei das Mindestareal für die betreffende Art nicht unterschritten wird. Wichtig für den Wert von Wanderbiotopen ist weniger der Schutz einzelner Individuen als die Erhaltung lebensfähiger Populationen.



Abb. 1: Wechselfeuchter, aus Fahrspuren entstandener charakteristischer Wanderbiotop. Derartige Standorte sind Lebensraum für Kreuzkröte und Gelbbauchunke.



Abb. 2: Typische Situation in einer betriebenen Abbaustätte: Biotop unterschiedlichen Alters sind auf engem Raum miteinander verzahnt. Da diese Biotop in der Regel temporären Charakter haben, spricht die Fachwelt von Wanderbiotopen.

Prinzipiell eignet sich jeder Teillebensraum als Wanderbiotop. Charakteristische Strukturen sind z. B. Sohlenstandorte zwischen und entlang der Fahrwege, Hänge und Plateaus von Abraumhalden, Oberboden- oder Erdaushubhalden und der Steinbruchrand. Je extremer die Standortfaktoren, also z. B. je rutschungsaktiver ein Standort ist, desto länger dauert eine nennenswerte Besiedlung. Gleichwohl können entsprechende Biotop für spezialisierte Arten einen hohen Wert haben. Besonders geeignet für eine schnelle und vor allem faunistisch reiche Besiedlung sind flach- bis mäßig tiefgründige trockene Bereiche und Senken mit temporären bis ausdauernden Gewässern. Die Flächen entlang der Fahrwege sind zwar meist schmal, jedoch wichtig als Wanderbahnen für den Biotopverbund innerhalb der Abbaustätte.



Abb. 3: Abgrenzung eines gezielt angelegten Wanderbiotops durch Gesteinsbrocken (rechter Bildrand).

Als Wanderbiotop können mit Blick auf die Flora alle Bereiche gelten, die auf extremen Standorten (z. B. Sohle, Abraumhalden etc.) länger als zehn Jahre bestehen bleiben. Auf Feucht- oder Nassstandorten siedeln sich innerhalb weniger Jahre viele Pflanzenarten an, so dass eine Einstufung als Wanderbiotop hier schon nach fünf Jahren vorgenommen werden kann. Oberbodenmieten und Erdaushubhalden weisen innerhalb kürzester Zeit eine dichte Besiedlung auf und können sogar schon nach zwei bis drei Jahren als Wanderbiotop eingestuft werden (z.B. Ackerwildkräuter, Ruderalvegetation).

Im Hinblick auf die Fauna können bestimmte extreme Standorte wie z. B. großräumige Sohlen oder Steilwände innerhalb kürzester Zeit von spezialisierten Arten (z.B. Flussregenpfeifer, Wanderfalke, Uhu etc.) besiedelt werden. Sofern diese Tierarten bereits in der Abbaustätte oder in deren Umfeld vorkommen, ist bei entsprechenden standörtlichen Gegebenheiten eine Einstufung als Wanderbiotop nach ein bis zwei Jahren möglich. Feucht- oder Nassstandorte haben sich im Allgemeinen nach ein bis zwei Jahren so entwickelt, dass die ersten gefährdeten Amphibienarten vorkommen. Sie lassen sich aber erst nach einer kontinuierlichen Entwicklung von mehr als drei Jahren als Wander-

biotop einstufen. Dies gilt allerdings nur, wenn die Zielarten im Bereich der Abbaustätte vorkommen. Ansonsten ist von fünf Jahren auszugehen. Die Tierwelt der Oberbodenmieten und Erdaushubhalden siedelt sich leicht zeitverzögert zur Entwicklung der Flora an. Hier kann nach ungefähr drei Jahren dauerhafter Entwicklung eine Einstufung als Wanderbiotop vorgenommen werden.

Je näher ein neu entstehender Wanderbiotop zu anderen, bereits gut entwickelten Lebensräumen liegt, je höher also das Artenpotenzial des Umfeldes ist, desto schneller kann die Besiedlung erfolgen.

Es ist kaum möglich, eine konkrete, allgemeinverbindliche Flächengröße für Wanderbiotop zu benennen. Grundsätzlich gilt: Je mehr Fläche bereitgestellt wird, desto besser funktioniert der Biotopverbund innerhalb der Abbaustätte. Insgesamt sollten mindestens 10 bis 15 % der Abbaufäche für Wanderbiotop zur Verfügung gestellt werden. Mit sinkender Größe der Abbaustätte müsste der Anteil erhöht werden, was aber an betriebs- und abbautechnische Grenzen stößt, da zugleich der Flächenanteil der Fahrwege oder Produktionsanlagen

überproportional steigen würde. Bei gleichmäßiger Verteilung der Wanderbiotop können die Flächenanteile verringert werden.

Eine Abgrenzung der Wanderbiotop ist nur dann nötig, wenn die entsprechenden Flächen durch Fahrzeugbewegungen beeinträchtigt werden. Die einfachste Form ist eine Abgrenzung durch größere Gesteinsbrocken, die so eng gelegt werden, dass sie den Biotop für jedermann sichtbar begrenzen (z. B. Abb. 3). Eine Alternative ist die Anlage einer Gehölzschnitthecke (sog. Benjes-Hecke). Hierzu wird Gehölzschnitt ca. 1 m breit und max. 0,5 m hoch linienförmig entlang des zu schützenden Gebietes ausgelegt. Selbst wenn keine Gehölzentwicklung einsetzt, entsteht ein Verbundelement.

Vor allem in größeren Abbaustätten können sich durch längeres Aussetzen der Abbautätigkeit auf Teilflächen besonders hochwertige Lebensräume entwickeln. Aus betrieblicher Sicht setzt dies allerdings voraus, dass die Biotop als „vorübergehend“ gelten, also bei weiterem Abbau und/oder Rekultivierungsmaßnahmen wieder entfernt werden können.

Im Falle von Wanderbiotopen kann das Artenpotenzial teilweise auch bei einer Verlagerung erhalten werden. Dies beruht darauf, dass sich im Boden immer eine gewisse Zahl an Samen, Sporen oder ausschlagfähigen Pflanzenteilen („Diasporen“ bzw. „Diasporenbank“) befindet, die nach einer Verlagerung aktiv werden können.

Steht ein Wanderbiotop zum Abbau an, kann auf einfache Weise, z. B. mit Schaufelladern, die oberste Bodenschicht in Trockenbereichen bis ca. 20 cm Tiefe, in Feucht- und Nasszonen zwischen 30 und 40 cm Tiefe abgeschoben werden und das Material an einem anderen Platz mit gleichen Standortsbedingungen aufgetragen und gleichmäßig verteilt werden.

Da die meisten Pflanzen- und Tierarten von Wanderbiotopen über gute Regenerationsmechanismen verfügen, kann von einer hohen Regenerationskraft ausgegangen werden. Standortsvorbereitungen entfallen weitgehend. Allerdings sollten Feuchtlebensräume wieder in Senken eingebracht werden. Sind diese nicht vorhanden, müssen sie extra angelegt werden. Entsprechende Maßnahmen sind am besten bei gefrorenen Böden durchzuführen.

2.2 Typische Lebensräume

2.2.1 Zwischenrekultivierungen

Ökologische Bedeutung und Besonderheiten

Zwischenrekultivierungen werden meist durchgeführt, um länger offen liegende, aber nicht genutzte Bereiche zu „verstecken“ und/oder ihnen einen grünen „Anstrich“ zu geben. Im Allgemeinen schränken Zwischenrekultivierungen das Naturschutzpotenzial ungenutzter Flächen stark ein. Deshalb sollten Zwischenrekultivierungen nur dort durchgeführt werden, wo sie nicht vermeidbar sind.

Die ökologischen Funktionen können dabei durch folgende Maßnahmen erheblich verbessert werden.



Abb. 4: Charakteristisch ausgebildete großflächige Zwischenrekultivierung inmitten eines laufenden Abbaubetriebes. Dabei wurde Erdaushub ausgebracht und locker mit krautigen Pflanzen angesät.

Maßnahmen

- Der Einsatz von Oberboden oder Erdaushub als Deckschicht sollte sich auf dünne Schichten von nicht mehr als 20 bis 30 cm beschränken, um einer zu schnellen Veränderung der Vegetation entgegenzuwirken. Zur Erhöhung der Vielfalt sollte der Bodenauftrag mit wechselnder Mächtigkeit erfolgen.
- Die Verwendung von Wildsaatmischungen zweifelhafter Herkunft sollte unterbleiben, da sie u. a. Arten enthalten können, die für den Standort nicht geeignet sind. Ist eine Ansaat gewünscht, sollte auf krautreiches Saatgut spezialisierter Anbieter zurückgegriffen werden.
- Auch das weiter unten beschriebene Entwicklungskonzept „Mähgut“ kann angewandt werden. Hierdurch wird ein zur weiteren Besiedlung gut geeignetes Artenpotenzial eingebracht und die biologische Vielfalt in der gesamten Abbaustätte erhöht.

2.2.2 Oberbodenmieten und Erdaushubhalden

Ökologische Bedeutung

Die sich auf Oberbodenmieten und Erdaushubhalden entwickelnden Lebensgemeinschaften sind meist sehr blüten- und artenreich und bieten so für viele Tiere reichlich Nahrung, Lebensraum und Versteckmöglichkeiten. Das häufige Auftreten von Distelarten fördert vor allem Schmetterlinge und Hummeln, die von den lila Blütenfarben angelockt werden und an die spezielle Blütenform der Disteln angepasst sind. Kleinsäuger, wie z. B. Igel, nutzen den dichten Pflanzenbewuchs als Versteck und finden gleichzeitig zahlreiche Kleinlebewesen als Nahrung.

Durch die Besiedlung mit Wildarten sind Oberbodenmieten und Erdaushubhalden als Wanderbiotope einstuftbar.

Besonderheiten

Oberbodenmieten weisen durch die Freisetzung von Stickstoff aufgrund der Bodenumlagerung (Auteutrophierung, Stickstoffmineralisation) einen erhöhten Nährstoffgehalt auf. Zusätzlich unterstützt durch die



Abb. 5: Künstliche Felswände in einem aufgelassenen Teil eines Steinbruchs sind wertvolle Lebensräume für spezialisierte Tier- und Pflanzenarten.



Abb. 6: Steilwände in Steinbrüchen übernehmen nach relativ kurzer Zeit vergleichbare Funktionen im Naturhaushalt wie die hier abgebildeten natürlichen Felsbildungen.

höhere Bodenauflage, können sich die Pflanzen aus der Samenbank des Bodens sowie die von außen einwandernden Arten innerhalb weniger Monate vollständig ausbreiten. Eine aktive Begrünung ist deshalb nur selten notwendig.

Durch eine gute Standortsanpassung der sich selbständig einfindenden Arten erfolgt die gewünschte Bodenbelebung sehr viel effektiver als durch eine künstliche Begrünung. Bei künstlicher Begrünung können zahlreiche Wildarten dagegen auf lange Zeit verdrängt werden. Sind die Arten der Ursprungsvegetation kleinwüchsig oder lichtliebend, könnte dies sogar vollständig geschehen. Im übrigen wird die künftige Nutzung des Oberbodens durch die sich im Boden anreichernden „Unkraut“-Samen nicht eingeschränkt.

Maßnahmen

- Oberbodenmieten und Erdaushubhalten sollten nicht in der Nähe von Gewässern angelegt werden, da humus- oder nährstoffreiche Bodenbestandteile durch Erosion abgeschwemmt werden könnten. Erosion führt zur An-

reicherung von Nährstoffen im Wasser, zur Bildung von Algenwatten und damit zu einer verringerten biologischen Eignung der Gewässer. Auch in Bereichen, in denen Magerrasen oder ähnliche Vegetationstypen geplant sind, sollte weder eine vorübergehende noch dauerhafte Ablagerung von Oberbodenmieten und feinkornreichem Material erfolgen.

Besteht der Wunsch nach einer Ansaat, sollte eine Mischung aus krautigen Pflanzen (z. B. Senf, Raps), Getreidearten (z. B. Roggen) oder besser noch eine Wildsaatmischung benutzt werden, die keine oder wenige Gräser enthält. Gräser entwickeln durch die Grasnarbe eine stark dämmende Wirkung, wodurch die Einwanderung anderer Arten verzögert wird (zur Problematik von Wildsaatmischungen siehe oben).

2.2.3 Steilwände

Ökologische Bedeutung

Steilwände sind wertvolle Lebensräume für spezialisierte Vogelarten wie z. B. Wanderfalke, Uhu und Mauerläufer. Diese inzwi-

schen gut bekannte Tatsache führt seitens vieler Naturschützer zur Forderung nach Belassung bzw. Erhalt von Steilwänden.

Für Pflanzen sind Felswände – von Spezialisten abgesehen – ein eher untergeordneter Lebensraum, da sie nur wenige Möglichkeiten zur Ansiedlung bieten. Auch die Schutthalden, die sich allmählich am Steilwandfuß bilden, werden zunächst nur von wenigen Pflanzenarten besiedelt. Erst die langfristige Entwicklung führt zu strauch- und baumreichen Beständen.

Besonderheiten

Wenn – z. B. aufgrund der Wiederherstellung des Landschaftsbildes – auch in der Zementindustrie eine Verfüllung notwendig sein sollte, kann es zu Konflikten mit Naturschutzbelangen kommen.

Kompromisse, die zu Wänden mit einer geringeren Höhe als 20 m und eingeschränkten Anflugbahnen (z. B. durch eine vorgelagerte Verfüllung oder Bepflanzung) führen, machen nur wenig Sinn, da die Steilwände von den betreffenden Vogelarten nicht mehr angenommen werden.

Im Übrigen ist die Störungsempfindlichkeit der betreffenden Tierarten, z. B. des Wanderfalke, gegenüber Lärm durch Maschinenbewegungen etc. relativ gering und wird meist erheblich überschätzt. Sehr störungssensibel reagieren die betreffenden Tierarten dagegen auf Menschen.

Maßnahmen

- Sofern machbar, sollte ein möglichst großer Teil der Wände mit einer Höhe von mindestens 20 m, besser 40 m, belassen werden.
- Eine forstliche Rekultivierung sollte mindestens 20 bis 30 m Abstand vom Wandfuß haben.
- Befinden sich in der Steilwand Brut- und Aufzuchtspalte, sollte in der Zeit von Ende März bis Ende August auf einen Abbau der Wand verzichtet werden.
- Bei potenzieller Gefährdung von Spaziergängern durch hohe Felswände können die oberen Teile schräg gesprengt werden. Durch die hierdurch entstehenden, zum Steinbruch hin immer steiler werdenden Böschungen können unvorsichtige Besucher auf die Gefährdung aufmerksam gemacht werden. Zudem lässt sich so die Standortvielfalt in der Abbaustätte und damit der Naturschutzwert erhöhen: Entsprechende Standorte sind hervorragend für felsbrütende Vogelarten, aber auch für Magerrasen, Felsrasen und lockere, wärmeliebende Gebüschbestände geeignet.
- Oberhalb der Steilwandschulter kann ein humusfreier bzw. -armer Streifen von 2 bis 3 m durch Abschieben des Oberbodens angelegt werden. Hier entwickeln sich blüten- und artenreiche Pflanzenbestände mit hohem Wert für Insekten und andere Kleintiere.
- Ggf. ist ein Anbringen von Nistkästen oder anderen Nisthilfen sinnvoll.



Abb. 7: Wechselfeuchte und stauanasse Standorte entwickeln sich innerhalb weniger Jahre zu wichtigen Lebensräumen für Libellen, Amphibien und Wasserpflanzen.

2.2.4 Fahrwegränder und Materialtransporttrassen

Ökologische Bedeutung

Fahrwegränder und die Bereiche unterhalb von Förderbändern oder Seilbahnen werden als Lebensraum unterschätzt. Die offenen Ränder der Fahrwege sind ein idealer Verbindungsweg für Tiere und Pflanzen innerhalb der Abbaustätte sowie zwischen Steinbruch und Umfeld. Als lineare Elemente und Wanderkorridore können sie über weite Strecken den Biotopverbund innerhalb der Abbaustätte und zwischen Abbaustätte und Umfeld verbessern.

Besonderheiten

Besonders wertvoll für die Vernetzung sind die Fahrwege, wenn sie einen bewachsenen Mittelstreifen sowie strukturreiche

Böschungen, Randstreifen oder Gräben aufweisen. Strukturen können abwechselnd durch Gehölze, Steinhäufen, Krautbewuchs oder kahle Stellen gebildet werden und bieten vielen Tieren Deckung, Schutz vor Störungen oder Hitze und sind zugleich Jagdgebiet.

Maßnahmen

- Die Fahrbreite sollte möglichst gering und die Ränder möglichst breit gestaltet werden. Selbstverständlich sind die zur Gewährleistung eines unfallfreien und sicheren Betriebes erlassenen Vorschriften und Betriebsanweisungen einzuhalten.
- Wassergefüllte Radspuren außerhalb der Fahrwege sind wichtige Lebensräume für einige Amphibienarten. Sind

solche Bereiche entstanden, können sie durch lokale Absperrungen (z. B. Steine) einfach geschützt werden.

- Die Fahrwege sollten nur bei hoher Staubbelastung befestigt werden. Falls machbar, sollte auf eine Befestigung verzichtet und Staub anders reduziert werden (z.B. durch Befeuchten).

2.2.5 Wechselfeuchte bis stauanasse Zonen und Stillgewässer

Ökologische Bedeutung

Die Naturschutzbedeutung dieser Bereiche ergibt sich durch die hohe Zahl gefährdeter Amphibienarten, artenreicher Libellen-Gemeinschaften oder Armleuchteralgenbestände des sauberen und nährstoffarmen Wassers.

Bestimmte Gewässerstrukturen in Abbaustätten entsprechen denjenigen, die früher entlang der Flussläufe bestanden. Da viele Flüsse naturfern ausgebaut wurden, sind diese Lebensräume fast vollständig verschwunden. Dies ist auch ein Grund, warum die charakteristischen Bewohner dieser Standorte wie z. B. Kreuzkröte und Gelbbauchunke in Abbaustätten so häufig vorkommen. Hier können diese spezialisierten Arten überleben. Die Gewässer von Abbaustätten sind daher von herausragender Bedeutung.

Besonderheiten

Arten wie z. B. die Gelbbauchunke oder die Wechselkröte sind in ihrer ganzen Lebensweise vollständig an die extremen Lebensbedingungen angepasst. Diese Tiere benötigen flache, vegetationsarme und voll besonnte Wasserstellen, da sich nur hier das Wasser schnell genug erwärmt und die Entwicklung der Jungtiere ermöglicht, bevor die Gewässer wieder austrocknen. Bei vorzeitigem Austrocknen suchen sich bewegliche Arten andere Wasserstellen. Viele Insektenarten können eingegraben überleben. Allgemein gilt: Je höher die Zahl an Gewässern, desto besser funktioniert der Biotopverbund.

Maßnahmen

- Wechselfeuchte bis stauanasse Zonen und Stillgewässer unterschiedlichster Ausbildung bleiben der freien Entwicklung überlassen. Auf keinen Fall sollte ein Oberbodenauftrag oder eine Verfüllung erfolgen. Eine notwendige Verlegung eines Feuchtbereichs sollte im Winter bei Frost durchgeführt werden.
- Gewässer unterschiedlicher Größe und Tiefe in engem Kontakt zueinander erhöhen die Strukturvielfalt.

Bei der Neuanlage von Stillgewässern sind verschiedene Parameter zu beachten. Geeignete Standorte sind auch hier feuchte Mulden, vernässte Geländestellen, Sickerwasserbereiche, Wasserabzugsgräben etc. Es kann zwischen flachen Gewässern mit ganzjähriger oder zeitweiser Wasserführung und tieferen Gewässern unterschieden werden.

- Flache Stillgewässer sollten dort angelegt werden, wo eine hohe Sonneneinstrahlung vorhanden ist und kein Eintrag von Nährstoffen erfolgt. Wenig Sinn macht eine Anlage in der Nähe instabiler Böschungen und Wände, bei angrenzenden Gehölzbeständen (Laubeintrag) oder landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. Flache Stillgewässer werden durch Niederschlagswasser, Quellwasser oder – seltener – durch Offenlegen von Grundwasser gespeist.
- Die Schaffung tieferer Gewässer erfolgt am besten auf Standorten mit lehmigen oder tonigen Auflagen. Ist die Abdichtung ungenügend (vorher prüfen!), kann durch mechanische Verdichtung (Befahren mit schweren Fahrzeugen) oder durch Einbringung von Ton- oder Lehmabdichtungen die Standortseignung verbessert werden (keine Folien einsetzen!). Diese Gewässer sollten mindestens 1 m tief sein, damit sie im Winter nicht durchfrieren. Tiefere Gewässer über 2 m sind sinnvoll, damit auch bei Röhricht- oder Schilfausbreitung eine offene



Abb. 8: Der 5 bis 8 cm große Laubfrosch (*Hyla arborea*) tritt auch in betriebenen Abbaustätten in teilweise großen Populationen auf. Die Art ist in Deutschland stark gefährdet.

Wasserfläche erhalten bleibt. Besonders wichtig sind Flachufer (Neigung 1:10 bis 1:20), um möglichst lange Übergangszonen zwischen Wasser und Ufer zu erhalten.

- Auf Anpflanzungen sollte am besten vollständig verzichtet werden. Sinnvoll kann eine Sammlung von Pflanzensamen an vorhandenen Gewässern sein, die in das neue Gewässer hineingeworfen werden.

2.2.6 Schlammweiher, Absetz- und Auffangbecken

Ökologische Bedeutung

Das Wasser dieser Lebensräume ist in der Regel durch Schwebeteilchen so stark getrübt, dass aus Lichtmangel keine Algen und höheren Pflanzen wachsen können. In den Randbereichen können sich aber Schilf-, Rohrkolben- und andere Röhrichte ausbilden. In den seichten Übergangszonen der Schlammböden leben, gut im Untergrund versteckt, unter anderem Insektenlarven und Wasserschnecken.

Besonderheiten

Geschwungene Uferlinien und unterschiedliche Tiefen steigern die Vielfalt der Lebensräume für Tiere und Pflanzen.

Maßnahmen

- Die Uferpartien sollten möglichst lang sein, viele Buchten und flache Übergangszonen aufweisen. Auf steile Uferpartien ist aus Sicherheitsgründen soweit wie möglich zu verzichten.
- Wurzelstöcke oder große Steine im Uferbereich können als Verstecke für verschiedene Tierarten dienen.
- Besteht in heißen Sommern die Gefahr, dass die Becken vollständig austrocknen, lassen sich tiefere Stellen ausheben, in die sich Wasserbewohner zurückziehen können.
- Bei einer anstehenden Verlegung oder Nutzungsaufgabe kann einige Jahre zuvor an anderer Stelle Ersatz geschaffen werden. Material aus alten Standorten beschleunigt die Besiedlung.

2.2.7 Lagerplätze

Ökologische Bedeutung

Sind die Platzverhältnisse eingeeengt und ist der Boden durch häufiges Befahren verfestigt, haben Lagerplätze nur eine geringe ökologische Bedeutung. Finden sich dagegen genügend offene Stellen und unge-



Abb. 9: Randbereiche oder länger nicht befahrene und ungestörte Bereiche von genutzten Lagerplätzen sind nicht zu unterschätzende Kleinstrukturen in Abbaustätten.

nutzte Randbereiche, siedeln sich charakteristische Tiere und Pflanzen an.

Besonderheiten

Je länger Lagerplätze oder Teile davon ungestört bleiben, desto größer ist der Wert als Lebensraum.

Maßnahmen

- Ungenutzte Bereiche können durch Markierungen vor dem Befahren geschützt werden.
- Bei der Lagerung von Geräten, Holzbalken etc. ist darauf zu achten, dass durch Zwischenräume Licht und Wärme bis auf den Boden gelangt. Hierdurch bilden sich gute, regengeschützte und warme Verstecke für Tiere.

- Sollte nicht mehr benötigtes, unbehandeltes Holz vorhanden sein, kann dieses zu Haufen oder Stapeln geschichtet werden. Es bildet so für zahlreiche Totholz fressende Insektenarten und ihre Larven einen wichtigen Lebensraum.

2.2.8 Bauliche Anlagen

Ökologische Bedeutung

Vor allem wenig lärmempfindliche und anpassungsfähige Tiere können Gebäude aller Art nutzen. Unter den Vögeln sind es anspruchslose Arten wie z. B. der Sperling, seltener treten aber auch Spezialisten wie z. B. Wanderfalke oder Schleiereule auf. Unter den Säugern sind es hauptsächlich die bedrohten Fledermäuse, die in Gebäuden Unterschlupf finden.



Abb. 10: Der Bienenwolf (*Philantus triangulum*) hat sich auf den Fang von Honigbienen spezialisiert, die er in die im Sand gegrabenen Brutröhren einträgt. Die aus den Eiern schlüpfenden Larven des Bienenwolfs ernähren sich von den eingetragenen Honigbienen.



Abb. 11: In direkter Nähe einer Drehofenanlage hat sich eine große Kolonie des Bienenwolfs eingenistet (Zementwerk Lengerich). Er bevorzugt offene, sandige Stellen mit starker Sonneneinstrahlung und ist sehr wärmebedürftig. Die Wärmeabstrahlung sorgt auch in kühlen Sommern für optimale Lebensbedingungen.

Fassadenvorsprünge und -nischen bieten vor allem Vögeln wie z. B. Falken, Eulen oder Mauerseglern einen Brutplatz. Freizugängliche Innenräume können zu Schlaf- oder Überwinterungsmöglichkeiten für Eulen und Fledermäuse oder zu Brutplätzen für Rauchschwalben werden. Aber auch Marder und Siebenschläfer finden hier „Wohnraum“. Bodennahe Öffnungen und Hohlräume nutzen diese Arten ebenso wie der Igel.

Besonderheiten

Es geht hier nicht darum, Büro- oder gar Kantinenräume tiergerecht umzuwandeln, aber in vielen Betriebsgebäuden stören Tiere nicht und können toleriert werden.

Je mehr Nischen und Einschlußöffnungen vorhanden sind, desto mehr Tierarten können davon profitieren.

Maßnahmen

- An hohen Betonfassaden der Werksanlagen angebrachte Nistkästen für Mauersegler werden von dieser Art gerne angenommen.
- Eine notwendige Reinigung der Nisthilfen kann – am besten in Abstimmung mit Vogelschützern – in den Mo-

naten September bis Oktober erfolgen. Daher sollten die Nisthilfen gut erreichbar angebracht werden.

- Entlang von Verwaltungsgebäuden oder Werksanlagen können anstatt einer flächigen Versiegelung Streifen aus Schotter bzw. Splitt angelegt oder der Rohboden belassen werden. Hier wachsen bald ohne Pflegeaufwand blütenreiche Pflanzengesellschaften.

Ein außergewöhnliches Beispiel (Abb. 10 und 11) zeigt, dass sogar die Abwärme einer Drehofenanlage für artspezifisch günstige Standortverhältnisse sorgen kann.

2.2.9 Abraumhalden und sonstige Schüttungen

Ökologische Bedeutung

Abraumhalden sind komplexe Standorte, die über Jahrzehnte hinweg unterschiedlichen Arten in kleinräumigem Wechsel einen Lebensraum bieten. Während die Böschungsfüße relativ zügig von Gehölzen wie z. B. Weiden oder Eschen besiedelt werden und in wenigen Jahrzehnten dichte Gebüsche oder erste waldartige Bestände entstehen, bleiben die oberen Böschungshänge und vor allem die Plateaus

über Jahrzehnte hinweg offen, heiß und trocken. Hier entstehen bevorzugt arten- und blütenreiche, magerrasenähnliche Bestände. Das kleinräumige Nebeneinander fördert eine hohe Artenvielfalt. Am Übergang der Gebüsche bzw. Wälder zu den offenen Zonen, also in den Säumen, bilden sich blütenreiche Pflanzenbestände mit hohem Nutzen für die Tierwelt aus.

Besonderheiten

Je heterogener das geschüttete Material ist, desto höher ist die Zahl der Pflanzen- und Tierarten. Die Verzahnung von Bereichen unterschiedlicher Entwicklungsstadien erhöht die biologische Vielfalt enorm.

Maßnahmen

- Es sollte eine abwechslungsreiche Gestaltung der Halden angestrebt werden: Neuere Abschnitte sind möglichst lang zu schütten, bevor ältere und bereits bewachsene Böschungen wieder überdeckt werden.
- Entlang des Böschungsfußes kann eine Vertiefungszone zur Sammlung von Wasser angelegt werden, die Amphibien einen sehr guten Lebensraum bietet. Durch Feinmaterialansammlung siedeln sich schnell Pflanzenarten an.



Abb. 12: Abraumhalde mit zwei unterschiedlich alten Bereichen. Das Plateau wurde forstlich rekultiviert, die Hänge blieben der freien Entwicklung überlassen. Entsprechend hoch ist die Artenvielfalt der Halde.



Abb. 13: Auf alten Abraumhalden können sich botanische Raritäten wie die Bienenragwurz (*Ophrys apifera*) ansiedeln.

- In Schüttungen aus lehmig-tonigem Material bilden Senken und verdichtete Bereiche zumindest kurzzeitig wertvolle Laichstellen.
- Das Haldenplateau eignet sich aufgrund seiner Standortbedingungen besonders gut für eine Anwendung des Renaturierungskonzeptes „Mähgut“ (s. u.).

Kleinstrukturen wie z. B. Mulden, Gräben, wassergefüllte Radspuren, Stein-, Sand- und Asthaufen sowie Bretterstapel sind auch bei sehr geringer Größe ökologisch bedeutend. Sie entstehen meist zufällig, können aber auch gezielt angelegt werden. Besonders sinnvoll sind sie in der Nähe von Gehölzen, Tümpeln, Böschungen, Fahrwegrändern und sonnigen Stellen.

Maßnahmen

- Steinhaufen oder -wälle können in möglichst großer Zahl vor allem an sonnigen Standorten entlang von Böschungen, Förderbändern und Steilwänden angelegt werden.
- Anfallendes Holzschnittgut oder Baumstümpfe können als lineare Elemente mit Verbindung zum Umfeld in die Abbaustätte hineinreichen oder sie entlang der Fahrwege durchziehen.

2.2.10 Kleinstrukturen

Ökologische Bedeutung und Besonderheiten

Kleinstrukturen bereichern einen Lebensraum enorm. Sie bieten zahlreichen Tieren überlebenswichtige Verstecke, Plätze zum Sonnen, zum Überwintern oder für die Eiablage und die Jagd. Der Biotopverbund in Abbaustätten wird durch solche „Trittsteine“ erheblich verbessert.

3 Management-Empfehlungen für die Renaturierung

Die Renaturierung von Folgenutzungsflächen unterscheidet sich erheblich von der klassischen Rekultivierung. Die Handlungsempfehlungen, die im Folgenden vorgestellt und erläutert werden, stehen daher häufig im Gegensatz zu den klassischen Konzepten. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Rekultivierung für eine intensive forst- und landwirtschaftliche Folgenutzung.

Zur forstwirtschaftlichen Rekultivierung ist allerdings anzumerken, dass sich mit dem zunehmend praktizierten Aufbau struktur- und artenreicher Laubmischwälder der Naturschutzwert der Ziel- und vor allem Vorwälder erheblich steigert. Die wachsende Bereitschaft der Forstverwaltungen, eine Teilumwidmung von Folgenutzungsflächen für Ziele des Naturschutzes zu akzeptieren, macht zudem Kompromisslösungen möglich.

3.1 Allgemeine Gesichtspunkte

Es hat sich bewährt, den Renaturierungsfortgang in mehrjährigem Abstand (ca. alle zwei bis drei Jahre) mit den zuständigen Stellen abzustimmen, z. B. im Rahmen von Begehungen. Hierdurch können Missverständnisse vermieden werden. Entsprechende Protokolle sollten in beiderseitigem Interesse gemeinsam verfasst werden.

Die während bzw. nach Abbauende entstehende Strukturvielfalt sollte nach Möglichkeit erhalten werden. Unter Strukturvielfalt ist ein häufiger Wechsel z. B. zwischen Bermen, Felswänden, Verwitterungsbereichen, Senken oder Erhöhungen sowie geschwungen und/oder unregelmäßig verlaufenden Felswänden unterschiedlicher Höhe zu verstehen.

Entsprechendes gilt für die Abbauführung. Zeigt sich in der Endphase des Abbaus, dass aufgrund der betrieblichen bzw. abbautechnischen Notwendigkeiten keine oder nur eine geringe Strukturvielfalt vorhanden ist, sollte durch geeignete Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden. Dies kann durch ein unregelmäßiges Absprengen der Felswände in erosionsverdächtigen

Bereichen, Stehen lassen kompakter Bereiche, Schaffung einzelner Felsköpfe, Schrägsprengen des Steinbruchrandes oder Schaffung von Felsschutt und Felsteilbereichen geschehen.

Zudem sollten größere Sohlenbereiche für Arten mit großen Raumansprüchen erhalten und die Sohle durch Senken unterschiedlicher Größe unregelmäßig gestaltet werden. Letzteres ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn abdichtendes Material vorhanden ist, das in die Senken eingebracht werden kann, oder wenn die Gesteine zu starker Verwitterung und Verdichtung neigen (wie z. B. Mergel).

3.2 Ausgewählte Renaturierungsverfahren

Renaturierungsverfahren dienen der gezielten Anlage bzw. Initiierung von naturschutzrelevanten Biotopen bzw. Pflanzengesellschaften (Vegetationstypen), bei deren Entwicklung sich Tiere ansiedeln.

Während Pflanzen bzw. deren Gesellschaften im Rahmen der Renaturierung vom Menschen angesiedelt werden können, ist ein aktiver „Import“ von Tieren bzw. Tiergemeinschaften durch den Menschen im Allgemeinen nicht sinnvoll. Die beste Förderung für Tierarten besteht in der Anlage und Bereitstellung von Lebensräumen mit den nötigen Strukturen und dem entsprechenden pflanzlichen Bewuchs. In Ausnahmefällen (z. B. bei hohem Gefährdungsgrad) können einzelne Tierarten umgesiedelt oder ausgewildert werden. Derartige Maßnahmen sind sehr kompliziert und erfordern für jede Tierart eine spezielle Herangehensweise, die hier nicht näher erläutert werden kann.

Nachfolgend werden kurz verschiedene Renaturierungsverfahren mit ihren Vor- und Nachteilen präsentiert. Diese Renaturierungsverfahren können in der Praxis häufig kombiniert werden. Detailliertere Angaben und weiterführende Literatur haben KIRMER & MAHN (1998), GILCHER & BRUNS (1999), TRÄNKLE et al. (1992) und TRÄNKLE & BEIBWENGER (1999) zusammengestellt.

3.2.1 Übersicht

■ **Auswilderung von Wildtieren:** Hierzu müssen Wildtiere selbst oder deren Jugendstadien (z. B. Raupen von Schmetterlingen) von Hand gesammelt oder beschafft und im neuen Lebensraum ausgesetzt werden. Bestimmte Tierarten werden im Rahmen spezieller Programme gezüchtet und als Jungtiere ausgewildert.

- Vorteile: gezielte Auswahl der gewünschten Arten; seltene Arten können gezielt eingebracht werden.

- Nachteile: sehr hoher Aufwand; Erfolg nicht nur bei spezialisierten Insekten zweifelhaft.

■ **Aussaat von Wildarten:** Samen seltener Wildarten können von Hand gesammelt und die verschiedenen Arten entweder einzeln oder in Mischung ausgebracht werden. Wildsaatgutmischungen sollten nur bei spezialisierten Anbietern gekauft, Mischungen zweifelhafter Herkunft hingegen nicht verwendet werden.

- Vorteile: gezielte Auswahl der gewünschten Arten; seltene Arten können gezielt eingebracht werden; Verwendung von naturraumidentischem oder zumindest standortgerechtem Saatgut.

- Nachteile: mittlerer bis hoher Aufwand; Selbstsammeln aufwändig und nur für kleine Teilflächen anwendbar; die Zusammenstellung einer Erfolg versprechenden Saatgutmischung ist nicht einfach.

■ **Pflanzung von Wildarten:** Hierzu müssen Wildpflanzen ausgegraben oder eigens dafür angezogen und in der Abbaustätte wieder ausgepflanzt werden.

- Vorteile: gezielte Auswahl der gewünschten Arten; seltene Arten können gezielt eingebracht oder erhalten werden.

- Nachteile: hoher Aufwand und Pflegeaufwand (z. B. bewässern); nur für kleine Teilflächen sinnvoll.

- **Erhöhung der Artenvielfalt in bestehenden Pflanzengesellschaften:** Entspricht der Pflanzung von Wildarten. Einsatz nur sinnvoll zur Wiederansiedlung oder Neueinbringung besonderer (z. B. stark gefährdeter) Arten.
 - Vorteile: gezielte Auswahl der gewünschten Arten; seltene Arten können gezielt eingebracht werden.
 - Nachteile: hoher Aufwand und Pflegeaufwand (z. B. bewässern); nur für kleine Teilflächen sinnvoll.

- **Sodenverpflanzung:** Teilstücke bestehender seltener Pflanzengesellschaften werden mit dem Boden versetzt und neu zusammengesetzt. Häufig synonym gebrauchte Begriffe sind Sodentransplantation und Biotopumsiedlung. Bei Wanderbiotopen wird diese Methode aufgrund der spärlichen Bodenentwicklung kaum Anwendung finden.
 - Vorteile: Erhalt der bestehenden Artenzusammensetzung möglich.
 - Nachteile: mittlerer Aufwand und, je nach Bestandstyp, hoher Pflegeaufwand; guter Erfolg nur bei bestimmten Vegetationstypen möglich.

- **Sodenschüttung:** Hier wird der Boden mit der Pflanzengesellschaft nicht stückweise versetzt, sondern mehr oder weniger zerkleinert; bei Wanderbiotopen durchaus anwendbar, sofern eine ausreichende zeitliche Überlappung zur Wiederbesiedlung durch Tiere vorhanden ist.
 - Vorteile: relativ geringer Aufwand; Erhalt der Artenzusammensetzung möglich.
 - Nachteile: je nach Bestandstyp unter Umständen hoher Pflegeaufwand; guter Erfolg nur bei bestimmten Vegetationstypen möglich; der Verlust an Tieren ist höher als bei der Sodenverpflanzung.

- **Erhalt von Vegetationsfragmenten:** Teile der Ursprungsvegetation (z. B. seltenere Pflanzengesellschaften) werden nicht abgebaut und dienen als Samenlieferanten. Im Randbereich können Bäume (möglichst Pionierarten



Abb. 14: Beispiel für die Erhaltung eines Vegetationsfragments in einem laufenden Abbau. Die Ursprungsvegetation dient als Keimzelle zur Wiederbesiedlung stillgelegter Abbauflächen.

wie z. B. Birken, Erlen, Zitterpappeln etc.) erhalten werden.

- Vorteile: Die Besiedlung erfolgt mit dem naturraumgerechten Pflanzenmaterial ohne oder mit geringem zusätzlichem Aufwand.
- Nachteile: Integration in den Abbaubetrieb ggf. kritisch und nur bedingt durchführbar.

- **Einsatz von Oberboden:** Oberboden enthält eine gewisse Menge an Samenmaterial der Ursprungsvegetation. Diese Samen können bei einer Ausbringung keimen. Oberboden sollte unmittelbar nach Ausbau, d. h. ohne Zwischenlagerung, wieder eingebaut werden.
 - Vorteile: geringer Aufwand; die Besiedlung erfolgt mit naturraumgerechtem Pflanzenmaterial.

- Nachteile: Der Erfolg ist fraglich, wenn das Samenpotenzial gering ist; nach mehrjähriger Zwischenlagerung sind Samen zahlreicher konkurrenzkräftiger Arten eingemischt, die die Ursprungsvegetation unterdrücken können; nur wenige Vegetationstypen sind geeignet (Waldboden müsste z. B. mit hohem Aufwand beschattet werden).

- **Mähgutausbringung:** Mähgut mit standorts- und naturraumgerechtem Samenpotenzial wird im Umfeld gewonnen und in der Abbaustätte ausgebracht. Häufig synonym gebrauchte Begriffe sind Mulchsaat, Häckselsaat, Schiechteln.
 - Vorteile: mittlerer Aufwand; die Besiedlung erfolgt mit naturraumgerechtem Pflanzenmaterial; Pflegeeffekt im Umfeld; große Variationsmöglichkeiten.

- Nachteile: Bei ungünstigen Herkunftsf lächen sind weitere Maßnahmen nötig. Bei weit einsehbaren Flächen wie z. B. Hangflächen, bei denen auch landschaftsästhetische Gesichtspunkte eine Rolle spielen, aufgrund der langen Entwicklungsdauer nur bedingt einsetzbar.

3.2.2 Mähgutausbringung

Ökologische Bedeutung

Kalkmagerrasen sind meist sehr artenreich und weisen ein großes Spektrum seltener und gefährdeter Arten auf. Der große Blütenreichtum zieht zahlreiche Insekten wie z. B. Schmetterlinge an, deren Jugendstadien ausreichend Futterpflanzen finden. Die pflanzliche Vielfalt fördert auch zahlreiche Käfer, Heuschrecken und Spinnen. Durch diese Tiere werden wiederum andere Tiergruppen angelockt.

Deshalb sollte das bei der notwendigen Kalkmagerrasenpflege anfallende Mähgut mit seinem artenreichen Samenpotenzial für die Renaturierung genutzt werden (Mähgutausbringung). Die Mähgutausbringung wird inzwischen immer häufiger großflächig eingesetzt. Dabei können hohe Artenzahlen erreicht werden.

Besonderheiten

Durch die inzwischen von mehreren Autoren nachgewiesene Übertragbarkeit des Mähgutverfahrens auf den Braunkohletagebau bzw. auf verschiedene Feuchtbestände ist eine Anwendung bei Abbaustätten verschiedenster Geologie möglich. Die Auswahl der Mähgutgewinnungsflächen und des exakten Mahdzeitpunktes sollten Fachleute vornehmen. Die Mahd muss unter Umständen von der zuständigen Naturschutzbehörde genehmigt werden. Um einen möglichst hohen Naturschutzwert der zu renaturierenden Abbauf lächen zu erreichen, sind einige Punkte bei der Anwendung des Entwicklungskonzeptes „Mähgut“ zu beachten:



Abb. 15: Großflächiger Einsatz von Halbtrockenrasenmähgut in einem süddeutschen Steinbruch. Fünf Jahre nach Anlage wurden über 100 Pflanzenarten, davon fünf gefährdete, nachgewiesen.

Maßnahmen

- Teile der zu renaturierenden Fläche sollten ohne jede Beeinflussung bleiben, um eine freie Entwicklung (Sukzession) zu ermöglichen. Auf tiefgründigen Standorten können ca. 30 bis 50 %, auf extremen Standorten ca. 20 bis 30 % unbeeinflusst bleiben (Orientierungswerte). Dadurch bleibt einwandernden und evtl. bereits vorhandenen Arten genügend Siedlungsraum.
- Das Mähgut sollte zwar naturraumgerechter Herkunft sein, gleichzeitig aber von möglichst vielen unterschiedlichen Stellen stammen, um ein großes und genetisch vielfältiges Arteninventar zu etablieren.
- Auf Großflächen ist eine vielfältige Variation der Bodensubstrate anzustreben,

also z. B. ein Wechsel von Schotter- und Mergelsubstraten. Hierdurch werden jeweils andere Arten gefördert.

- Es ist unbedingt darauf zu achten, dass genügend Feinmaterial (Ton, Schluff, Lehm) im Substrat vorhanden ist. Reiner Schotter, auch bei Korngrößen unter 1 cm, gewährleistet die Entwicklung nicht! Der Feinmaterialgehalt sollte bei mindestens 35 bis 40 % liegen.
- Auf kleine Teilflächen kann ergänzend Oberboden oder Erdaushub in dünnen Schichten aufgetragen werden, was auf diesen Flächen zu zügigerem Wachstum und damit zu schnellerer bzw. höherer Samenproduktion führt.
- Bei mangelhafter Mähgutqualität kann eine Mischung mit Ansaaten oder vegetativen Sprossen erfolgen.

- Die Standortparameter der Mähgutherkunftsfläche sollten mit denen der Ausbringungsfläche weitgehend übereinstimmen (Mähgut von trockenen Herkunftsflächen nicht für feuchte Standorte verwenden!).
- Mähgut wird vor allem von Anfang Juli bis Mitte September gewonnen. Optimaler Termin mit dem höchsten Anteil an Samen ist Mitte bis Ende Juli.
- Das Mähgut wird mit einer Schichtdicke von 5 cm bis maximal 20 cm aufgetragen.

3.2.3 Aussaat von Wildarten

Ökologische Bedeutung

Durch Aussaat von Wildarten ist es möglich, den gewünschten Vegetationstyp bei Kenntnis der vorhandenen Standortbedingungen sowie der Zielarten des Naturschutzes anzulegen bzw. zu initiieren, wobei die Artenvielfalt durch eine individuelle Zusammenstellung der Saatmischungen gezielt gesteuert werden kann. Hierdurch ist es vor allem in den ersten Jahren möglich, relativ blütenreiche Flächen mit einem für die Tierwelt günstigen Bestand (Nahrung, Versteckmöglichkeiten etc.) zu schaffen. Allerdings zielt die Zusammensetzung vieler Saatmischungen in erster Linie darauf ab, möglichst bunte, psychologisch beeindruckende Bestände zu erzeugen. Solche Bestände brechen nach wenigen Jahren mehr oder weniger zusammen, übrig bleiben vor allem die Gräser.

Besonderheiten

Eine Aussaat ist fragwürdig, wenn nicht garantiert ist, dass autochthones, das heißt bodenständiges Saatmaterial verwendet wird. Viele Mischungen, die als „bunte Blumenwiese“ angeboten werden, enthalten Arten, die zu Problemen mit der natürlichen Pflanzenwelt führen. Sie sind dann auch von der heimischen Tierwelt nicht oder nur begrenzt nutzbar, womit der ökologische Nutzen und die eingesetzten Mittel weitgehend wirkungslos verpuffen. Spezialisierte Sämereien bieten meistens gute und standortangepasste Saatmischungen an.



Abb. 16: Der Schwalbenschwanz (*Papilio machaon*) wird als weit umherwandernde Art sehr schnell von den blüten- und artenreichen Mähgutflächen angelockt.

Maßnahmen

- Eine Aussaat auf Rohböden ist ohne flankierende Maßnahmen nicht sinnvoll, da nur wenige Pflanzen überleben werden. Daher bietet sich eine Kombination mit dem Mähgutverfahren an. Das Mähgut wirkt als Keimlingsschutz. Alternativ können dünne Schichten von Erdaushub oder Oberboden verwendet werden, wodurch sich aber auch die Sukzession beschleunigt.
- Die Schichtdicke der Erdaushub- bzw. Oberbodenaufgabe braucht auf tiefgründigen Standorten 15 cm nicht zu überschreiten. Auf flachgründigen Standorten mit hoch anstehendem Fels sollte etwas mehr Bodenmaterial aufgebracht werden. Angaben zu Ansaatterminen und Ansaatmengen sind von kompetenten Anbietern der Saatgutmischungen zu erhalten.
- Ohne fortgesetzte Pflegemaßnahmen ist eine nachhaltige Entwicklung von Halbtrockenrasen oder anderen mageren Wiesenbeständen nicht möglich

und der Einsatz des teuren Saatmaterials unnützlich.

3.2.4 Pflanzung von Gehölzen

Ökologische Bedeutung

Die Anlage von Gehölzstrukturen verbessert die Vielfalt eines Lebensraumes. Insbesondere die Tierwelt profitiert durch das Angebot an Nahrung und Deckung. Lineare und verzweigte „Gehölznetze“ mit Anbindung an die Hecken der umgebenden Kulturlandschaft werden von vielen Arten als Wanderkorridore benutzt. Hierdurch wird der Biotopverbund in besonderem Maße gefördert.

Waldbestände sind dann von hoher ökologischer Bedeutung, wenn sie entsprechend angelegt bzw. etabliert werden. Derartige Waldbestände können durch Sukzession auf speziell vorbereiteten Böden, durch Pflanzung von Vorwaldbaumarten oder durch die Mischung von Vorwald- und Zielwaldbaumarten entstehen.



Abb. 17: Gehölzpflanzungen auf Bermen und Sohlen fördern den Biotopverbund zwischen Waldlebensräumen, die durch die Anlage eines Steinbruches getrennt wurden. Dies lässt zugleich naturschutzrelevante offene Felsstrukturen zu.

Besonderheiten

Wenn eine Abbaustätte ein Waldgebiet zerschneidet oder stark beeinträchtigt, wird von Seiten des Naturschutzes im Allgemeinen eine Gehölzpflanzung zur Sicherung bzw. Wiederherstellung des Waldbiotopverbundes gefordert.

Die Wiederbewaldung stellt grundsätzlich einen Neubeginn auf einem Rohboden unter verschärften Startbedingungen dar. Das waldbauliche Handeln muss in Kenntnis dieser Situation erfolgen, sodass hier fachliche Kompetenz unverzichtbar ist.

Nur für die etwa 20 dem Forstsaatgutgesetz unterliegenden Baumarten ist autochthones Pflanzmaterial im Handel erhältlich. Hier ist der Herkunftsnachweis streng geregelt. Für andere Baum- und Strauchar-

ten gibt es erst seit kurzem freiwillige Zusammenschlüsse und Kontrollen, um Saat- und Pflanzgut aus heimischen Wildpopulationen zu garantieren.

Maßnahmen

- Der Anteil der einzelnen Baumarten sollte entsprechend dem jeweils konkret verfolgten Naturschutzziel festgelegt werden.
- Gehölzpflanzungen sollten im Wesentlichen dort angelegt werden, wo ein Sichtschutz, Sicherheitsmaßnahmen (Abhalten von Besuchern, Schutz vor Steilwänden) oder eine Erhöhung der Standortsvielfalt (z. B. Trennung großer einheitlicher Bereiche durch Heckenriegel) notwendig sind.

- Beerenreiche und dornige Arten weisen einen hohen ökologischen Wert auf. Bei offenen Flächen bietet ein hoher Anteil von dornigen Arten (Rosen, Schlehe, Weißdorn; ca. 1/3 Anteil) Tieren guten Schutz; zugleich können so Zugriffe von Unbefugten vermindert werden.
- Nur Baum- und Straucharten verwenden, die dem Standort angepasst sind. Auf eine Anpflanzung von Robinien sollte verzichtet werden (Wurzelbrut, langfristige Schädigung des Bodens).

3.3 Verfüllung und Naturschutzfolgenutzung

Eine Verfüllung ehemaliger Abbaustätten ist in der Zementindustrie relativ selten notwendig. Aus Sicht des Natur- und Artenschutzes ist dies positiv zu werten. Sollte eine vollständige Verfüllung dennoch erforderlich sein, bietet sich folgende Kompromisslösung an:

- Nach einer Verfüllung können durch Auftrag von Abraum oder vergleichbaren Materialien wieder Rohbodenstandorte geschaffen werden, die dem Zustand vor der Verfüllung ähneln und ihrerseits die Folgenutzung „Naturschutz“ zulassen.
- Von den Felswänden können bei Steinbrüchen in Hangkanten die obersten Stellen erhalten bleiben. Durch Abschieben des Humus an der Hangschulter können blütenreiche und attraktive Bestände entwickelt werden.

3.4 Pflegemaßnahmen

Pflegemaßnahmen können nicht detailliert vorgegeben werden, sondern sind im Zusammenhang mit dem Umfeld, dem spezifischen Sukzessionszustand der betreffenden Flächen, den vorgegebenen lokalen, regionalen und überregionalen Pflegezielen und vor allem den vorhandenen Leitarten des Naturschutzes zu sehen.



Abb. 18: Magerrasen können als frühe Sukzessionsstadien durch Schafbeweidung erhalten werden.

Welche Arten gefördert werden sollen, ist mitunter eine eher subjektive als eine an naturschutzfachlichen Kriterien orientierte Frage. Die Antworten können dabei je nach Interessengruppe unterschiedlich ausfallen. Daher ist es unbedingt erforderlich, vor Beginn der Renaturierung eine Festlegung auf Zielarten bzw. -lebensgemeinschaften vorzunehmen, an der sich alle Folgemaßnahmen konsequent orientieren.

Die Frage, ob Pflegemaßnahmen durchgeführt werden sollen, wird kontrovers diskutiert. In der Tat sind die Ziele und Maßnahmen eines bloß „konservierenden“, d. h. den jeweiligen Status quo strikt erhaltenden Naturschutzes, in vielen Fällen nicht zielführend und nur begrenzt erfolgreich. Sinnvoll sind Pflegemaßnahmen aber dann, wenn seltene und gefährdete Arten, Lebensgemeinschaften oder Biototypen nachhaltig geschützt werden sollen und dies dem Ziel der Renaturierung entspricht.

Vor allem Pflegemaßnahmen zur Erhaltung früher Sukzessionsstadien müssen konsequent durchgeführt werden. Ggf. sind die Bedingungen erst wieder herzustellen, die den Naturschutzwert begründet haben. Notwendig ist in jedem Fall eine weitest-

gehende Entfernung von Humusbildungen, geschlossenen Vegetationsdecken und vor allem Gebüschstadien. Ein zu zögerliches Vorgehen macht Pflegeaktivitäten in kurzen Abständen nötig und führt zu hohen Kosten, ohne dass die Entwicklung (Sukzession) aufgehalten wird. Pflegemaßnahmen sollten aber nicht gleichzeitig auf der gesamten Fläche, sondern abwechselnd an verschiedenen Standorten durchgeführt werden.

3.5 Flankierende Maßnahmen

3.5.1 Besucherlenkung und Betretungsschutz

Steht der Naturschutz im Vordergrund, müssen Besucher gelenkt werden, um den Lebensraum für Pflanzen und Tiere ausreichend vor Störungen zu sichern. Dies geschieht bei betriebenen Abbaustätten schon aus Gründen der Sicherheit, gilt aber auch für stillgelegte Abbaustätten, bei denen die Besitzer zur Verhütung von Unfällen verpflichtet sind.

Eine vollständige Trennung zwischen den Ansprüchen der Bevölkerung und dem Na-

turschutz ist im Allgemeinen nicht zielführend, da die „ausgegrenzte“ Bevölkerung umso heftiger Einlass verlangen und durchsetzen wird, was den Schaden überdurchschnittlich hoch werden lässt. Nach Möglichkeit sollten daher der Artenschutz und das Interesse der Bevölkerung mittels Besucherlenkung kombiniert werden. Um aus Artenschutzgründen besonders wertvolle Bereiche zu entlasten, können weniger wertvolle Teilflächen gezielt für Besucher zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist auf folgende Punkte zu achten:

- Kernzonen, z. B. Abbruchwände, müssen festgelegt und leicht zugängliche Bereiche großräumig um sie herum geführt werden.
- Auch zu breiten Röhricht- und Flachwasserzonen sollte die Wegführung einen Abstand halten. Ein tiefer Graben schirmt unbetretene Gäste ab.
- Es können Beobachtungspunkte geschaffen werden, um die Besucher gezielt zu lenken. Beobachtungspunkte bzw. Aussichtsplattformen sollten in die Landschaft integriert werden.
- Zentrale Zugangsbereiche, insbesondere Parkplätze, bieten Möglichkeiten zur Besucherinformation (Gebietskarte, Daten, Lage von Beobachtungspunkten, Verhaltensregeln, Sperrungen in der Brutzeit etc.).

Soll das Betreten einer Abbaustätte bzw. einer Folgenutzungsfläche möglichst vollständig unterbleiben, bietet sich eine Kombination der folgenden Maßnahmen an:

- Fehlende Parkmöglichkeiten verringern die Erreichbarkeit und setzen dem bequemen Zugang Grenzen.
- Zäune können mit Hilfe dornenbewehrter Sträucher zusätzlich gesichert werden.
- Bei stillgelegten Abbaustätten sollten die Zufahrten (z. B. durch große Gesteinsblöcke) blockiert werden.

3.5.2 Abstimmung mit anderen Folgenutzungen

Eine enge Zusammenarbeit von Betreibern, Behörden, Naturschützern und anderen Nutzern ist wichtig, denn Naturschutz und andere Folgenutzungen schließen einander nicht von vorneherein aus. Ein Interessenausgleich in Form kombinierter Folgenutzungen ist häufig möglich und aufgrund der damit verbundenen Akzeptanzsteigerung für Naturschutzmaßnahmen auch aus ökologischer Sicht zielführend.

Das Verhältnis der Folgenutzungen untereinander muss aber in jedem Fall geregelt werden, was hier nur beispielhaft gezeigt werden kann, da die örtlichen Gegebenheiten, die Schutzziele und die diversen Nutzungsansprüche sehr unterschiedlich sind.

Beispiele

- Steht in den Gewässern der Schutz von Amphibien oder Wasserinsekten im Vordergrund, sollte auf zusätzlichen Fischbesatz verzichtet werden. Viele Fischarten – nicht nur „Raubfische“, sondern auch „Friedfische“ – fressen die Eier und Larven von Amphibien und Insekten und dezimieren deren Bestände erheblich.
- Bei stöempfindlichen, seltenen oder gefährdeten Arten ist zumindest zeitweise besondere Rücksicht notwendig. Falls z. B. die Abbauwände zum Klettern bzw. Free-Climbing geeignet sind, müssen zum Schutz von Felsbrütern wie Uhu oder Wanderfalke zeitlich befristete Schonbezirke eingerichtet werden.

3.5.3 Zusammenarbeit mit Naturschützern

Eine Einwanderung seltener und gefährdeter Arten in die Abbaustätten ist immer möglich. Dies gilt nicht nur für Abbaustätten, in deren Umfeld sich naturschutzrelevante Lebensräume befinden, sondern auch für solche, die von intensiv genutzten Flächen (Stichwort: „Agrarsteppen“) um-



Abb. 19: Gemeinsame Exkursionen von Betreibern, Verwaltung und Naturschützern fördern das gegenseitige Verständnis und verbessern die Zusammenarbeit.

geben werden. Der örtliche Naturschutz weiß hierüber häufig Bescheid.

Insofern ist es von Vorteil, fachlich versierte Naturschützer, z. B. durch regelmäßige Begehungen, zu einer Mitarbeit zu bewegen. Zudem können Konflikte so bereits im Vorfeld vermieden oder durch Kooperation abgeschwächt werden.

Beispiele

- Durch die Kenntnis des Standortes seltener Arten können diese möglichst lange geschont werden; unter Umständen lassen sich betriebsnotwendige Arbeiten (wie z. B. die Lagerung von Abraum) auch an anderer Stelle ausführen.

- Dringt der Abbau in Bereiche vor, in denen seltene Tierarten vorkommen, können in vielen Fällen (z. B. bei Vogel- oder Insektenarten) durch gezielte Planung bereits einige Jahre vor dem Abbau an anderer Stelle neue Biotop- oder Strukturen angelegt werden, die als Ausweichraum dienen. Kommen seltene Pflanzen vor, können deren Samen gesammelt werden oder der ganze Biotop bzw. Teile davon nach und nach verlagert werden (s. o.).

4 Zusammenfassung

Die Verfasser beschreiben für typische Teil Lebensräume von Abbaustätten (z. B. Steilwände, Fahrwege, Abraumhalden) Maßnahmen zur Optimierung des Naturschutzmanagements.

Es wird zwischen Maßnahmen während der Betriebsphase und Maßnahmen nach Abschluss der Rohstoffgewinnung unterschieden.

Im Hinblick auf die betriebenen Abbauflächen wird u. a. auf die Funktion und Entwicklung von „Wanderbiotopen“ eingegangen.

Renaturierungsverfahren für die Folgenutzung handeln die Verfasser zunächst im Überblick ab. Bewährte Ansätze, wie z. B. die Mähgutausbringung, werden anschließend ausführlicher beschrieben.

Ferner werden flankierende Maßnahmen, wie z. B. die bereits an vielen Standorten praktizierte Zusammenarbeit von Betreibern und ehrenamtlichem Naturschutz, kurz angesprochen.



Abb. 20: Stillgelegte und betriebene Abbaustätten können eine wichtige Funktion für den Natur- und Artenschutz einnehmen.

- Basten, M. (2002): *Investitionen, Rohstoffe und Naturschutz – Aspekte nachhaltiger Entwicklung am Beispiel der Zementindustrie in Nordrhein-Westfalen*. Zement-Kalk-Gips 55/2002, H. 3: 54-59.
- Beißwenger, T. (1993): *Vegetationskundliche und floristische Untersuchungen zur Sukzession von Kalksteinbrüchen des Blau- und Schammentals unter besonderer Berücksichtigung der Umgebung und der historischen Vegetation*. Unveröfftl. Diplomarbeit, Inst. für Landschafts- und Pflanzenökologie, Univ. Hohenheim.
- Böhmer, J.; Rahmann, H. (1997): *Faunistische Aspekte der Rekultivierung und des Naturschutzes in Steinbrüchen Südwestdeutschlands*. In: Poschlod, P.; Tränkle, U.; Böhmer, J.; Rahmann, H. (Hrsg.): *Steinbrüche und Naturschutz – Sukzession und Renaturierung*, Landsberg: 329-485.
- Bradshaw, A. D. (1989): *Management problems arising from succession processes*. In: Buckley, G. P. (Ed.): *Biological Habitat Reconstruction*, London 1989: 68-79.
- Brinkmeier, P. (1998): *Vegetationskundliche Untersuchungen in Quarzporphyr-Steinbrüchen des Mittleren Schwarzwaldes*. Unveröfftl. Diplomarbeit, Institut für Geobotanik, Universität Freiburg.
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (2001): *Naturschutz und Zementindustrie. Projektteil 1: Auswertung einer Umfrage*. Bearbeitet von Tränkle, U.; Röhl, M., Köln/Düsseldorf.
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (in Bearbeitung): *Naturschutz und Zementindustrie. Projektteil 2: Literaturstudie*. Bearbeitet von Tränkle, U.; Röhl, M.; Offenwanger, H.; Hübner, F.; Poschlod, P., Köln/Düsseldorf.
- Bundesverband der Deutschen Zementindustrie/Verein Deutscher Zementwerke (2002): *Zementrohstoffe in Deutschland. Geologie, Massenbilanz, Fallbeispiele*, Köln/Düsseldorf.
- Bundesverband Steine und Erden (1997): *Genehmigungsverfahren für Anlagen zur Gewinnung von Steinen und Erden im Überblick*, Frankfurt a. M.
- Davis, B. N. K.; Lakhani, K. H.; Brown, M. C.; Park, D. G. (1985): *Early seral communities in a limestone quarry. An experimental study of treatment effects on cover and richness of vegetation*. J. Appl. Ecol. 22: 473-490.
- Feldmann, R. (1977): *Sekundäre Lebensräume und ihre Bedeutung als ökologische Ausgleichsflächen*. Natur- u. Landschaftsk. Westf. 13 (4): 117-122.
- Gilcher, S. (1995): *Lebensraumtyp Steinbrüche – Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.17*. Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen; Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, München.
- Gilcher, S.; Bruns, D. (1999): *Renaturierung von Abbaustätten*, Stuttgart.
- Humphries, R. N. (1981): *The establishment of vegetation on quarry materials. Physical and chemical constraints*. In: *Ecology of quarries. The importance of natural vegetation*. ITE (Institute of Terrestrial Ecology) Symposium No. 11. Ed. by: B. N. K. Davis. Monkswood, Huntingdon (GB): 55-61.
- Interessengemeinschaft Teutoburger Wald (2000): *Kalk, Natur und Landschaft. Schriftenreihe der Interessengemeinschaft Teutoburger Wald e.V., Band 1*, Münster.
- Jedicke, E. (1997): *Die Roten Listen – gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern*, Stuttgart.
- Jefferson, R. G.; Usher, M. B. (1994): *Ökologische Sukzession und die Untersuchung und Bewertung von Nicht-Klimax-Gesellschaften*. In: Usher, M. B.; Erz, W. (Hrsg.): *Erfassen und Bewerten im Naturschutz. Probleme – Methoden – Beispiele*: 66-82.
- Kapfer, A.; Claßen, A. (1993): *Kiesgruben und Steinbrüche – Paradiese, Oasen oder Wüsten? Eine Bewertung aus Sicht des Naturschutzes*. Hrsg.: Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Kaule, G. (1991): *Arten- und Biotopschutz*, 2. Auflage Stuttgart.
- Kirmer, A.; Mahn, E.-G. (1996): *Verschiedene Methoden zur Initiierung naturnaher Vegetationsentwicklung auf unterschiedlichen Böschungsstandorten in einem Braunkohletagebau – Erste Ergebnisse*. Verh. Ges. Ökol. 26: 377-386.
- Kirmer, A.; Mahn, E.-G. (1998): *Beeinflussung von Sukzessionsprozessen*. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle: 55-63.
- Klepser, H.-H.; Wünsch, W. (1979): *Das Naturschutzgebiet „Blauer Steinbruch“ bei Ehingen. Ein schutzwürdiger Biotop aus zweiter Hand*. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 49/50: 31-50.
- Kundel, W.; Schreiber, K.-F.; Vogel, A. (1987): *Spontane Vegetation in Kalksteinbrüchen des Teutoburger Waldes. Empfehlungen zur Renaturierung und Landschaftspflege*. Münstersche Geographische Arbeiten 26: 131-146.
- Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (1994, 1996a, 1996b): *Methodik der Eingriffsregelung, Band 1-3*.
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg; Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg (1998): *Leitfaden für die Eingriffs- und Ausgleichsbewertung bei Abbauvorhaben*. Fachdienst Naturschutz Eingriffsregelung 1, Karlsruhe.
- Landesarbeitskreis Forstliche Rekultivierung (2000): *Forstliche Rekultivierung*. Schriftenreihe der Umweltberatung im Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V., Band 3, Ostfildern.

- Müller, W.; Schulz, P.-M. (2000): *Handbuch Recht der Bodenschätzegegewinnung*, Baden-Baden.
- Poschlod, P. (1986): *Vegetationskundliche Beobachtungen im Sotzenhausener Steinbruch – ein Beitrag zum Problem der natürlichen Vegetationsentwicklung in aufgelassenen Kalksteinbrüchen*. Mitteilungen des Vereins für Naturwissenschaft und Mathematik Ulm/Donau 34 (Festschrift Karl Igel): 1-36.
- Reimann, M.; Schulmeister, A. (1994): *Gipsabbau mit der Natur. Rekultivierung und Renaturierung abgebauter oberflächennaher Lagerstätten*. Gebr. Knauf Westdeutsche Gipswerke, Iphofen.
- Stein, V. (1985): *Anleitung zur Rekultivierung von Steinbrüchen und Gruben der Steine-und-Erden-Industrie*. Hrsg.: Bundesverband Steine und Erden e.V., Köln.
- Tränkle, U. (1997): *Vergleichende Untersuchungen zur Sukzession von Steinbrüchen in Südwestdeutschland und neue Ansätze für eine standorts- und naturschutzgerechte Renaturierung*. In: Poschlod, P.; Tränkle, U.; Böhmer, J.; Rahmann, H. (Hrsg.): *Steinbrüche und Naturschutz – Sukzession und Renaturierung*, Landsberg: 1-327.
- Tränkle, U.; Beißwenger, T. (1999): *Naturschutz in Steinbrüchen*. Schriftenreihe der Umweltberatung im Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V., Band 1, Ostfildern.
- Tränkle, U.; Poschlod, P.; Kohler, A. (1992): *Steinbrüche und Naturschutz. Vegetationskundliche Grundlagen zur Schaffung von Entwicklungskonzepten in Materialentnahmestellen am Beispiel von Steinbrüchen*. Projekt „Angewandte Ökologie“ (PAÖ), Band 4. Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- Trautner, J.; Bruns, D. (1988): *Tierökologische Grundlagen zur Entwicklung von Steinbrüchen*. Berichte ANL 12: 205-228.

