

Einleitung

Steinbrüche werden von manchen Autoren als "Wunden in der Landschaft" apostrophiert, von anderen als bedeutendste Sekundärstandorte Mitteleuropas gewürdigt. Dem Objekt dieser einander diametral gegenüberstehenden Betrachtungsweisen, den Steinbrüchen, ist dieser Band gewidmet.

Steinbrüche sind definiert als im Tagebau betriebene Abbaustellen, in denen Festgesteine nicht-organischen Ausgangsmaterials abgebaut werden. Sie stellen - sowohl, was das floristische, als auch, was das faunistische Inventar betrifft, und erst recht in bezug auf Entwicklungsperspektiven - weitgehend weiße Flecken auf der Landkarte des Naturschutzes dar. Eines der Hauptziele dieser Arbeit ist daher, das vorhandene Wissen über Steinbrüche systematisch zusammenzufassen und im Sinne einer Bestandsaufnahme dieses Lebensraumtypes aufzubereiten. Entsprechend ausführlich gestaltet sind die [Kapitel 1.4](#) (Pflanzenwelt; S. 23) und [1.5](#) (Tierwelt, S. 46).

Da eine zusammenfassende Arbeit zum Thema Steinbrüche bis heute nicht existiert, ist dieser hohe Detaillierungsgrad notwendig. Allerdings macht sich die Uneinheitlichkeit des Datenmaterials deutlich bemerkbar; nicht für alle Steinbruchtypen bzw. Artengruppen konnte ein zufriedenstellender Bearbeitungsstand erreicht werden. Die Inventarisierung mündet in ein vorläufiges Bewertungsschema (Kap. 1.9, S. 84), mit dessen Hilfe die Bedeutung des einzelnen Steinbruchs für den Naturschutz in groben Zügen abgeschätzt werden kann.

Kapitel 2 umfaßt eine [Wirkungsanalyse](#) der verschiedenen Pflege- und Entwicklungsvarianten, die in Steinbrüchen durchgeführt bzw. erwartet werden können. Die Analyse umfaßt dabei sowohl die Auswirkungen von Pflegeeingriffen als auch von solchen Mechanismen, die beim Ausbleiben von Pflegemaßnahmen zum Tragen kommen. Betrachtungsgegenstand sind weiterhin die Auswirkungen von Nutzungsumwidmungen, Störeinflüssen und flankierenden Maßnahmen. Das Kapitel schließt ab mit der Betrachtung von Steinbrüchen aus der Sicht der Verbundplanung und der Inselgeographie.

Kapitel 3 - mangels entsprechender Erfahrungen mit dem Lebensraumtyp Steinbruch nur einige Seiten - spricht die [Situation und Problematik der Pflege und Entwicklung](#) an.

Auf Grundlagenkapitel sowie Wirkungsanalyse aufbauend werden Ziele für den Lebensraumtyp entwickelt (Kap. 4.1). Kapitel 4.2 gibt Hinweise für die Gestaltung und Optimierung des Lebensraumtyps aus der Sicht des Natur- und Artenschutzes. Da naturgemäß kaum "Pflegetraditionen" vorhanden sind, lag dabei die Hauptaufgabe darin (in Abhängigkeit von verschiedenen Ausgangsparametern und in Abstimmung mit den regionalen Gegebenheiten), Pflegerichtlinien und -maßnahmen zu definieren bzw. erstmals zu beschreiben. Gerade hier klappt z.T. jedoch die Schere zwischen mangelnden Grundinformationen/Pflegeerkennnissen und Zwang zur Detaillierung besonders deutlich ausein-

ander - ein Dilemma, dem nur durch systematische Forschung abgeholfen werden kann. Eine Hauptaufgabe dieses Kapitels ist es darüberhinaus, die Diskussion über die Pflege und Entwicklung von Steinbrüchen in Gang zu setzen.

Für die Erstellung dieses Bandes wurde bis zum 31.12.1990 erschienene Literatur ausgewertet. Ab dem Jahr 1991 herausgegebene Literatur konnte nur noch ausnahmsweise berücksichtigt werden.

Obwohl ursprünglich allen Lebensraumtypenbänden ein einheitliches Gliederungsschema zugrundegelegt werden sollte, zeigte sich bald, daß die spezifischen Anforderungen dieses Bandes (immerhin behandelt er ja nicht einen der "klassischen" Biotoptypen, sondern ein "Technotop") einige Anpassungen erforderten. Die [Kapitel 1.3](#) (Abbaumaterialien und Verbreitung, S. 20) und [1.6](#) (Technik und Entwicklung des Abbaus, S. 66) weichen aus diesem Grund vom üblichen Schema ab. In einigen Fällen wurde der Wortlaut der Überschriften steinbruchbezogen ergänzt oder verändert. Auch bei der Untergliederung der Kapitel 4.1 und 4.2 weist dieser Band Modifikationen auf, welche den spezifischen Anforderungen Rechnung tragen und der Lesbarkeit und Umsetzbarkeit zugute kommen. Wie bereits angedeutet, muß der uneinheitliche Bearbeitungsstand der einzelnen Gesteine bzw. Artengruppen als ein zur Zeit leider noch nicht zu behebendes Manko hingenommen werden. Auch die Daten des Bayerischen Arten- und Biotopschutzprogramms (ABSP) konnten nur soweit verwendet werden, als sie bei Redaktionsschluß bereits in Form der Landkreiskartierungen vorlagen. Ähnliches gilt auch für die Biotopkartierung, die ebenfalls in der neuen Fassung noch nicht vollständig vorliegt und deren Auswertung durch das LfU erst im Laufe der folgenden Jahre durchgeführt wird. Die Definition der Leit- und Schlüsselarten und Aussagen auf regionaler Ebene müssen daher zwangsläufig so lange vorläufigen bzw. fragmentarischen Charakter behalten, bis sämtliche ABSP-Bände bzw. Landkreiskartierungen vorliegen und ausgewertet sind.

Angesichts der Möglichkeit, daß die Aussagen dieses Bandes - aus dem Zusammenhang gerissen - als Argumente für die Anlage von Steinbrüchen gebzw. mißbraucht werden könnten, müssen die folgenden Anmerkungen - vorbeugend - an den Anfang gestellt werden:

- Diejenigen Steinbrüche, die sich durch eine besonders hohe floristische Artenvielfalt und/oder das Vorkommen gefährdeter Arten auszeichnen, liegen meist in Kontakt zu primären Standorten bzw. Vorkommen. Diese sind aus naturschutzfachlicher Sicht bei weitem höher zu bewerten als die Sekundärstandorte.
- Viele Steinbrüche sind zu klein, um die Etablierung stabiler Populationen zu gewährleisten. Der Kontakt mit primären Lieferbiotopen und der ständige Austausch zwischen diesen und den

Ersatzstandorten ist in vielen Fällen unbedingte Voraussetzung für die längerfristige Erhaltung von Populationen der Sekundärbiotopie.

- Die erfolgreiche Besiedlung alter Brüche darf - sowohl, was die faunistischen als auch die floristischen Aspekte angeht - nicht zu dem Fehlschluß verleiten, daß dies auch heute beliebig wiederholbar sei. Manche dieser alten Brüche, die heute Refugien gefährdeter Arten darstellen, sind tatsächlich Reliktstandorte, in denen Pflanzen und Tiere die Landschaftsverarmung jenseits der Steinbruchgrenzen überlebt haben. Die Dichte an geeigneten Lieferbiotopen hat jedoch im Vergleich zu früher rapide abgenommen, so daß ähnlich erfreuliche Ergebnisse bei heute in Betrieb befindlichen Brüchen mit wesentlich geringerer Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind.

Daß Steinbrüche für viele heute bedrohte und stark im Rückgang begriffene Arten eine hohe Bedeutung gewonnen haben, liegt also nicht primär an der Existenz der Steinbrüche, sondern an der radikalen Veränderung und Zerstörung von alten Kultur- und Extremstandorten. Die Aufgabe traditioneller Nutzungsformen, Pestizid- und Düngereinsatz, Fließgewässerverbauung, Aufforstung und Gesteinsabbau sind die Hauptursachen dafür, daß Arten aus ihren primären Lebensräumen vertrieben wurden und Steinbrüche für manche Arten inzwischen als

Schlüsselbiotopie mit z.T. bayernweiter Bedeutung angesehen werden müssen. Aus dem Inhalt des vorliegenden Typenbandes läßt sich also kein "Persilschein" für die Anlage von Steinbrüchen herleiten. Die Konsequenz lautet also: nicht die Anlage von Sekundärbiotopen ist die vordringlichste Aufgabe, sondern konsequenter Schutz (noch) vorhandenen Potentials sowie begleitende Regenerationsmaßnahmen auf primären Standorten.

Dies entbindet jedoch nicht von der Verpflichtung, (nicht nur gefährdete) Arten in ihrem heutigen Vorkommen nach bestem Wissen zu schützen und ihre Lebensräume zu sichern, selbst dann, wenn es sich um eine Abbaustelle handelt. Für diese Notwendigkeit um Einsicht und Verständnis zu werben, ist Ziel dieser Arbeit.

Der Dank gilt besonders Herrn REITER für die Exkursion in die Steinbrüche des Bayerischen Waldes sowie Herrn WURZEL und Herrn GEIM für fachkundige Führungen durch Steinbrüche im Landkreis Wunsiedel bzw. Weißenburg-Gunzenhausen. Frau HUIS, Herrn QUINGER und Herrn ROßMANN wird für den fachlichen Austausch gedankt. Daneben soll allen denjenigen herzlicher Dank ausgesprochen werden, die durch ihre mündlichen oder schriftlichen Anregungen und Stellungnahmen dazu beigetragen haben, daß dieser Band in der vorliegenden Form entstehen konnte.

1 Grundinformationen

1.1 Charakterisierung

1.1.1 Allgemeine Erscheinung, Komplexaufbau, Struktur- und Nutzungsmerkmale

Neben den natürlichen Vorgaben - wie beispielsweise der Gesteinsart - bestimmen technische Aspekte des Abbaus in entscheidendem Maße die äußere Erscheinungsform eines Steinbruchs. Nach Art des gewonnenen Materials und dessen Verwendungszweck lassen sich vier Steinbruchtypen unterscheiden:

(1) Natursteinbrüche

Natursteine werden für den Wege-, sowie für den Wasser- und Betonbau verwendet. Der Großteil des Materials, nämlich 80% (LORENZ 1985), wird in gebrochener Form im Straßen- und Wegebau verwendet. Natursteine finden in dieser Form auch Verwendung als Zuschlagstoffe für Beton und bituminöse Beläge.

(2) Naturwerksteinbrüche

Naturwerksteine dienen als Groß- und Kleinsteinpflaster, als Kantensteine und Legplatten im Außenbereich, als Belag oder Verblendplatten im Innenbereich. Sie werden auch im handwerklichen (z.B. als Grabsteine) oder künstlerischen Bereich (Brunnen, Denkmäler) genutzt, heute außerdem zu Zwecken des Denkmalschutzes (Bausubstanzerneuerung) verwendet.

(3) Brüche für die Gewinnung technischer Grundstoffe

In Steinbrüchen werden zahlreiche Materialien gewonnen, die die Grundstoffe für eine Reihe von technischen Verarbeitungsprozessen liefern. Da an dieser Stelle nicht alle Verwendungszwecke aufgeführt werden können, soll nur beispielhaft auf die Verwendung von Kalk (in der Düngemittelherstellung, der Eisen- und Stahlindustrie, der Zementindustrie und der Branntkalkherstellung) und von Gips (Bauindustrie, Medizinischer Gips) hingewiesen werden.

(4) Brüche für Materialien mit anderen Verwendungszwecken

Aus Sandstein werden Mühlsteine oder Wetzsteine gebrochen. Der Abbau war regional beschränkt und wurde größtenteils bereits aufgegeben (Kleinweiler Steinbruchleiten - BURKART 1989).

Brüche zur Gewinnung technischer Grundstoffe und Natursteinbrüche unterscheiden sich in ihrer Grundstruktur- soweit sie für die hier zu behandelnde Fragestellung relevant ist - nur wenig. Bei beiden handelt es sich um Brüche zur Gewinnung von Massengütern. Dem gegenüber stehen die Naturwerksteinbrüche und Wetz- bzw. Mühlsteinbrüche, die sich ebenfalls aufgrund ihrer gemeinsamen Grundstruktur zusammenfassen lassen (der Einfachheit halber wird im folgenden für diese beiden

Steinbruchtypen der Begriff "Naturwerksteinbruch" verwendet).

Zwischen Naturwerksteinbrüchen und den Steinbrüchen zur Massengütergewinnung bestehen bedeutende Unterschiede. Bei den Steinbrüchen des ersten Typs steht meist die Gewinnung möglichst großer Gesteinsblöcke im Vordergrund. Diese werden mittels Keilen, Schnürsprengung oder seit neuem mittels Flammstrahl in aufwendiger Handarbeit gewonnen. Zwischen den abbauwürdigen Lagern ist häufig weniger hochwertiges Material eingelagert, das vor dem weiteren Abbau beseitigt werden muß. Bei Sedimentgesteinen handelt es sich naturgemäß um horizontal zur Lagerungsrichtung des Gesteins ausgerichtete Einlagerungen, in der Fachsprache "Fäulen" genannt; bei alten plutonischen Gesteinen (z.B. Graniten) können dagegen komplizierte Lagerungsverhältnisse zu einem hohen Anteil nicht verwendbaren Materials führen. Daher sind Werksteinbrüche meist schon von weitem an umfangreichen Abraumhalden zu erkennen. In den Solnhofener Plattenkalksteinbrüchen kann beispielsweise nur 10% des abgebauten Materials verwendet werden, während 90% des Materials als Abraum endet. Da in der Regel nur bestimmte Formate mit ganz bestimmten Anforderungen an Brauchbarkeit und Farbe gefragt sind, fällt auch bei der weiteren Verarbeitung ein hoher Anteil an Gesteinsabraum sowie an Feinstäuben (durch das Fräsen und Schleifen) an.

In Schotterbrüchen oder Brüchen, die der Gewinnung von Massenrohstoffen dienen, kommt es nicht darauf an, möglichst große Blöcke zu gewinnen, da fast jede Materialgröße einer Verwendung zugeführt werden kann. In Schotterbrüchen existieren spezielle Brecher- und Sortieranlagen, die diesen Vorgang zum Teil vollautomatisch durchführen (Steinbruch Rieger und Seil). Für bestimmte Verwendungszwecke (Düngergrundstoff, Zement) ist sogar ein Mahlen der Grundstoffe notwendig, so daß hier nur geringe Anforderungen an die Mindestgröße des Ausgangsmaterials gestellt werden. Durch die geringeren Anforderungen an die Gewinnungsgröße des Materials kann der Abbau (durch entsprechende Abbautechniken, z.B. Sprengen) sehr viel "raumgreifender" gestaltet werden als bei der Werksteingewinnung. Diese Brüche sind daher meist größer und einheitlicher strukturiert als solche, in denen Werksteine gewonnen werden. Die Wände sind meist ungegliedert; abbaubedingte kleine Simse fehlen. Die Berme, also die durch Abbau entstandenen Felssimse, dagegen sind meist breit genug, um den Werksverkehr aufzunehmen. Da ein weiteres Spektrum an Gesteinsgrößen genutzt wird, fällt auch ein wesentlich geringerer Anteil an Abraum an. Ins Gewicht fällt höchstens der durch den Brechvorgang entstehende Feinstaub ("Füller").

In einigen Brüchen existieren Werksteingewinnung und Massengütergewinnung nebeneinander.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium stellt die Morphologie der Steinbrüche dar:

(1) Kesselförmige Steinbrüche

Wo keine natürlichen Anschnitte der abzubauenen Gesteinsschichten - beispielsweise durch ein (Fluß-)Tal - existieren, sind kesselförmige Steinbrüche verbreitet (Beispiel: Gipsbrüche). Ebenso finden sich kesselförmige Steinbrüche dort, wo die abzubauenen Gesteine stock- oder schlotförmig anstehen, was bei Vulkaniten (Basalt, Diabas) häufig der Fall ist; auch durch die tiefgründige Verwitterung von Granit muß z.T der Abbau dem qualitativ besseren Gestein in die Tiefe folgen (vgl. RICHTER-BERNBURG 1968). Kesselförmige Steinbrüche weisen eine meist größere Variationsbreite an kleinklimatisch unterschiedlichen Standorten auf. Der kesselförmige Abbau formt sowohl süd- als auch nordexponierte Teilbereiche. Kesselförmige Steinbrüche können meist erst aus unmittelbarer Nähe wahrgenommen werden (s. Abb.1/1).

(2) Steinbrüche an Hangkanten und Hängen

Steinbrüchanlagen an Hängen und flußbegleitenden Leiten weisen einen natürlichen Erschließungsvorteil auf: durch die Neigung des Geländes sind die abzubauenen Gesteinsschichten bereits angeschnitten (z.B. Buntsandsteinbrüche am Main); auch ist die Oberbodenmächtigkeit in Hanglagen meist geringer als in der Ebene (vgl. RICHTER-

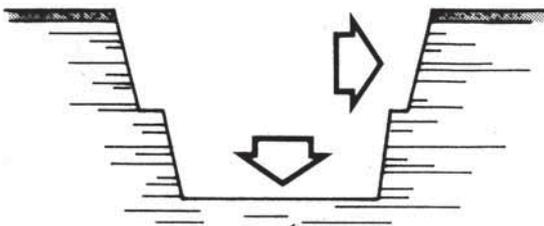


Abbildung 1/1

Kesselförmiger Steinbruch (Vollhohlform) (schematischer Schnitt)

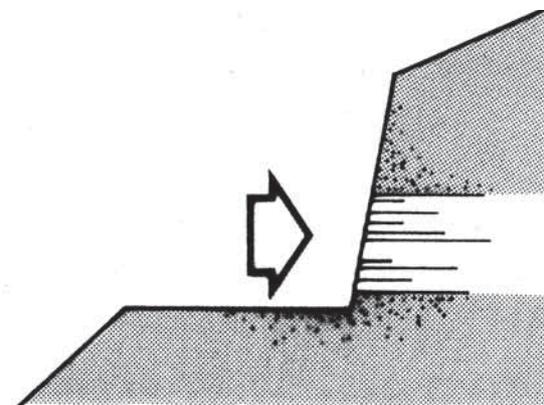


Abbildung 1/2

Hanganschneidender Steinbruch (schematischer Schnitt)

BERNBURG 1968). Steinbrüche an Hangkanten sind - wenn sie nicht von Bäumen oder Galerien abgeschirmt werden - weithin sichtbar. Die Exposition bestimmt im wesentlichen das Steinbruchklima (s. Abb. 1/2).

Wie aus dieser Darstellung ersichtlich wird, darf sich eine Typisierung der Steinbrüche also nicht auf den abzubauenen Gesteinstyp beschränken, sondern muß abbaubedingte Vorgaben mitberücksichtigen. Sie sind verantwortlich für Entstehung und Existenz der verschiedenen Teillebensräume eines Steinbruchs und seiner Standortbedingungen, die im folgenden Kapitel und **Kapitel 1.7** (S. 70) ausführlich besprochen werden.

1.1.2 Teillebensräume des Steinbruchs

Steinbrüche gewinnen ihre Faszination und Attraktivität nicht nur für Pflanzen- und Tierwelt durch die enge räumliche Verknüpfung oft gegensätzlicher, vielfältiger Standorte (zur Terminologie der Teillebensräume s. Abb. 1/3, S. 17): Sonnenexponierte Halden, flache Tümpel und schattige Felspartien sind einander oft unmittelbar benachbart. Diese Teillebensräume bilden i.d.R. ein sehr kleinräumiges Mosaik mit ausgeprägten Gradienten, wie sie in der Kulturlandschaft heute nicht oder fast nicht mehr existieren. Steinbrüche sind daher Komplexlebensräume; gerade dies macht sie als Rückzugsraum besonders wertvoll. Sie können daher als Ersatzstandorte für sehr unterschiedliche primäre Standorte fungieren (s. Tab. 1/1, S. 17).

Die folgende Charakterisierung der Teillebensräume zeigt, wie weit die Amplitude der Standortverhältnisse innerhalb eines Steinbruchs gespannt sein kann. An den Anfang der jeweiligen Darstellung sind die maßgeblichen Parameter gestellt, die das Erscheinungsbild des Standortes charakterisieren. Nicht berücksichtigt wurden Parameter, deren Einfluß für alle Standorte gleichermaßen von Bedeutung ist (Nährstoffverfügbarkeit, Klima), sowie funktionale Zusammenhänge, die ausführlich in **Kap.1.7** (S. 70) diskutiert werden. **Abb. 1/3**, S. 17, benennt die einzelnen Teillebensräume.

1.1.2.1 Abbruchkante/Räumfläche

Maßgebliche Parameter:

- Feinerdeanteil
- Inklination

Vor einer Erweiterung eines Steinbruchs steht die Freilegung der Gesteinsschichten von der aufliegenden, mehr oder minder verwitterten Gesteins- bzw. Bodenschicht, die unterschiedliche Mächtigkeiten erreichen kann (bis zu 35 m, in der Regel dagegen nicht über 7m - REITER 1989, mdl.). Die Räumung erfolgt mittels maschinellen Abschiebens. Zurück bleibt ein Standort mit sehr flachgründigen Böden oder/und offengelegten Felsbereichen und meist hohem Lichtgenuß.

Tabelle 1/1

Sekundärstandorte des Steinbruchs und ihre Entsprechung am Primärstandort (nach NEUHAUS 1987, KREBS u. WILDERMUTH 1976, BAUER 1987, SCHMIDT 1985, HÖLZINGER 1987)

Sekundärbiotop	"Primär"-Biotop
Abbruchwände u. Bermen	natürliche Felswände, Blockschuttfuren, Prallhänge
Schuttkegel und -hänge	Schuttkegel am Fuß natürlicher Felswände, Blockschuttfuren, Steinriegel, Schwemmfächer
Abraumhalden	Blockschuttfuren, Halbtrocken- und Trockenrasen, Weinbergsmauern, Lesesteinmauern, Steinriegel
Steinbruchoberkanten	Felsköpfe/Felsfuren, Halbtrocken- und Trockenrasen
Trockene Steinbruchsohlen	Halbtrocken- und Trockenrasen, trockene Auestandorte, Brennen, trockene Ruderalstandorte
Sohlen mit Tümpeln	feuchte Auestandorte, Bruchwaldstandorte, feuchte Ruderalstandorte
Steinbruchsee	natürlicher See, Altläufe
Schleifschwammbecken	Schlickflächen, Schwemmland

1.1.2.2 Bruchwand

Maßgebliche Parameter:

- Wandhöhe
- Labilität
- Inklination
- Lagerungsart
- Wandtextur

Die Abbruchwand ist je nach Gesteinsart (Standfestigkeit, Lagerungsart, Wandtextur) und Abbaufahrer (Wandhöhe, Steilheit) unterschiedlich ausgeprägt. Die Makrotextur der Wand ist von der Lagerungsart des jeweiligen Gesteins abhängig; diese reicht von der bankigen Lagerung der Sedimentgesteine (z.B. Sandsteine, Plattenkalke) bis zur undifferenzierten Lagerung der plutonischen (Granit) und biogenen Gesteine (Kalk- und Dolomitriffe). Die Makrotextur beschreibt auch die Ausbildung von Rissen oder Spalten, die bei Sedimentgesteinen hauptsächlich parallel zur Bankung, bei Basalt dagegen z.B. häufig netzartig verlaufen.

Von Bedeutung ist ebenso die Standfestigkeit einer Bruchwand: Sie entscheidet darüber, ob sich Pflanzen dauerhaft ansiedeln können oder ob ein Be-

wuchs erst dann möglich ist, wenn die Wand zur Ruhe gekommen ist. Für die Standfestigkeit der Bruchwand ist neben dem Ausgangsgestein die Ausrichtung der Schichtflächen bzw. markanter Trennflächen ausschlaggebend: Steigen die Schichtflächen vom Steinbruch aus in den Berg hinein an, ist die Wand instabiler als im gegenteiligen Fall, wenn nämlich die Schichtflächen vom Steinbruch aus in den Berg hinein abtauchen (STEIN 1985).

Bruchwände können mit ihrem Wechsel von Spalten und Ritzen mit blankem, ungliedertem Gestein unterschiedlichste Standortbedingungen auf engstem Raum bieten: In den Ritzen sammeln sich Feuchtigkeit und Humus - hier finden sich zuerst Pflanzen ein. Ungliederter Fels dagegen bleibt über lange Zeiträume hin zumindest in Hinsicht auf höhere Pflanzen vegetationslos.

Die Wände sind durch den Abbau meist in einzelne Abschnitte unterteilt, die durch Berme unterbrochen sind. Die Breite der Berme variiert in Abhängigkeit von der Abbaufahrer. Brüche, die großindustriell abgebaut werden, besitzen z.B. Berme, auf denen der gesamte Transport- und Ladeverkehr abläuft.

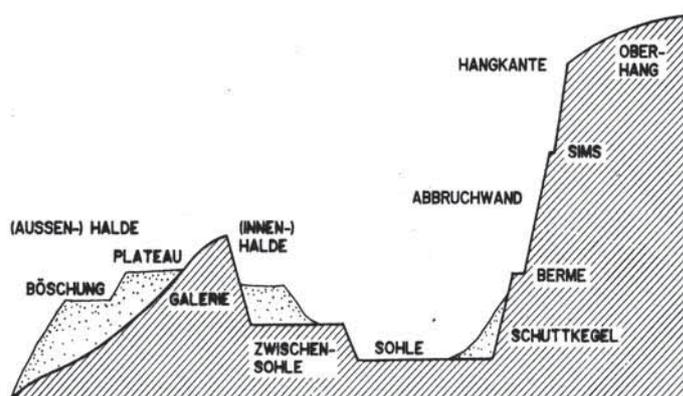


Abbildung 1/3

Teillebensräume des Steinbruchs sowie weitere Ausstattungselemente (schematisch)

1.1.2.3 Schuttkegel/Schutthänge

Maßgebliche Parameter:

- Inklination
- Labilität
- Höhe der Wand oberhalb des Schuttkegels
- Feinerdeanteil

Erodiertes Gesteinsmaterial bildet Schuttkegel am Fuß der Steinbruchwand. Diese sind um so stärker ausgeprägt, je höher der Anteil des Lockermaterials (bzw. leicht erodierbaren Materials) innerhalb der Wand und je größer die Nachlieferung (d.h. je höher die oben anschließende Wand) ist. Der Anteil des erodierbaren Lockermaterials ist vom Ausgangsgestein abhängig. Mergeleinlagerungen in Kalkgestein (sog. "Fäulen") sind für die ausgeprägten Schuttkegel am Fuß der Abbruchwand verantwortlich. Auch bei den verschiedenen Sandsteinen sind leicht verwitterbare, geringer verfestigte Einlagerungen zwischen den nutzbaren Schichten häufig. Das erodierte Material umfaßt unterschiedliche Korngrößen, wobei meist jedoch kleine Korngrößen mit beteiligt sind, was sich auf die Wasserversorgung dieser Standorte positiv auswirkt.

Durch die Schwerkraft wird das herabfallende Material sortiert; in den unteren Bereichen des Kegels finden sich vor allem die größeren Blöcke, die aufgrund ihres Gewichts und ihrer kinetischen Energie stärker nach unten rutschen, in den oberen Bereichen in erster Linie das Feinmaterial. Aufgrund der Sortierung des herabfallenden Gesteins (grobes Material unten, Feinmaterial oben) entstehen unterschiedliche Standortbedingungen: Für die Bereiche mit hohem Grobshuttanteil gilt das auch im Abschnitt "Halden" näher Erläuterte. In feinerdereicherer Abschnitten ist dagegen die Fähigkeit zur Wasserspeicherung deutlich besser ausgebildet. Setzt die Erosion punktförmig an (bzw. ist erodierbares Material nur punktförmig vorhanden), bilden sich einzelne Schuttkegel. Ist das erodierbare Material gleichmäßig verteilt (Kalkmergel!), kommt es im Verlauf der Erosion zum Abbau der eigentlichen Bruchwand und zur Ausbildung ganzer Schutthänge.

1.1.2.4 Sohle

Maßgebliche Parameter:

- Feinerdeanteil/Skelettanteil
- Lehm-/Tonanteil
- Wasserhaushalt
- Verdichtungsgrad
- Zusätzliche Ausstattungselemente

Die Steinbruchsohle besteht aus Festgestein, auf das infolge der Erosion, der Abbauarbeiten und des Transports (Stäube, Transportverluste) bzw. infolge von Einwehung Material aufgelagert wird. Der Anteil des bindigen Materials (Lehm, Ton) entscheidet mit über Schwere, Tiefgründigkeit und wasserstauende Eigenschaften des Bodens. Ist der Untergrund klüftig und/oder das Material zu einem hohen Prozentsatz nicht bindig, so entstehen flachgründige Böden ohne wasserstauende Eigenschaften. Trockene Sohlen umfassen zahlreiche Mikrostandorte, die

sich z.B. im Verdichtungsgrad und im Skelettanteil unterscheiden. Bei Steinbrüchen, die von einer Hangkante aus waagrecht in den Berg hinein vorstoßen, wächst die Sohlenfläche im Lauf der Abbautätigkeit. Bei kesselförmigen Brüchen hingegen nimmt die Fläche um so mehr ab, je mehr Abbauebenen entstehen, da jede Abbauebene durch eine Berme oder Zwischensohle gesichert werden muß und ihrerseits Fläche beansprucht.

1.1.2.5 Temporäre und perennierende Gewässer (ausschl. Schleifschlammbecken)

Maßgebliche Parameter:

- Wasserdurchlässigkeit des Ausgangsgesteins
- Anteil des bindigen Materials
- Vorhandensein von Hohlformen
- Verdichtung
- Wasserführung

Die Bildung von Wasserflächen läßt sich entweder darauf zurückführen, daß das Ausgangsgestein an sich wasserundurchlässig ist (Plutonite wie Granit, Metamorphite wie Serpentin), oder daß Teile der Steinbruchsohle durch den hohen Anteil an bindigem Material (Lehm, Ton), das mittels Erosion oder Eintrag in den Steinbruch gelangt, wasserstauende Eigenschaften aufweisen. In einigen Fällen können auch Tonschichten, die unterhalb der abbauwürdigen Gesteinslager die Steinbruchsohle bilden (z.B. in einigen Keupersandsteinbrüchen) der Grund für die Entstehung von Wasserflächen sein. Zu unterscheiden sind perennierende Gewässer mit ständiger Wasserführung und temporäre bzw. ephemere Gewässer, deren Wasserführung unregelmäßig ist. Letztere werden ausschließlich durch das Niederschlagswasser gespeist; sie können bei entsprechenden klimatischen Voraussetzungen auch zeitweise trockenfallen.

1.1.2.6 Abraumhalden

Maßgebliche Parameter:

- Materialgröße
- Verdichtung
- Inklination
- Labilität

Umfangreiche Abraumhalden sind Kennzeichen der Werksteinbrüche.

Zu unterscheiden sind das Haldenplateau und die Haldenböschung. Die Steilheit der Haldenböschung ist von der Größe des Schüttmaterials abhängig: je größer und kantiger das Material, desto steiler der Böschungswinkel. Die Schüttungsart bedingt die Haldenform (Spitzkegelhalden, trapezförmige Halden). Entscheidend für eine eventuelle Vegetationsentwicklung ist der Unterschied zwischen punktueller Verkippung (das Material wird nur von einem Punkt aus auf die Halde gekippt) und flächiger Verkippung: Vegetation kann sich nur dort entwickeln, wo sie nicht ständig von neuem Material begraben wird. Das anfallende Material kann je nach Herkunftsgestein und Arbeitsgang sehr unterschiedlich beschaffen sein. Durch den Schüttvorgang entsteht

eine ähnliche Sortierung, wie sie bereits unter dem Stichwort "Schuttkegel" beschrieben wurde. Feinerdeanteile werden - besonders an der Haldenböschung - durch den Regen in die Tiefe und in den Haldenuntergrund gewaschen, so daß nur das grobe Material an der Oberfläche zurückbleibt. Halden lassen sich anhand ihrer Lage in Außenhalden (d.h. außerhalb des eigentlichen Steinbruchs gelegene Halden) und Innenhalden (d.h. im Steinbruchbereich befindliche Halden) unterteilen.

1.1.2.7 Schleifschlammbecken

Maßgebliche Parameter:

- Einleitungshäufigkeit
- Größe des Absetzbeckens

Schleif- und Frässlämme sind Abfallprodukte der Werksteinindustrie. In Schleifschlammbecken werden die durch das Schleifen und Fräsen anfallenden wässrigen und in wässriger Emulsion befindlichen Reststoffe deponiert. In der Regel sind die Sedimente bzw. das Schlammwasser frei von chemischen Zusätzen. Nach Untersuchungen von SCHALL (1985) besteht nur etwa 1% der Ablagerungen aus Grobsand (0,65 - 2,0mm), der überwiegende Rest

aus Schluff, Fein- und Mittelsand. "Beim Einleiten des Boden-Wassergemisches [...] findet eine Differenzierung entsprechend der Korngröße statt. Die schweren Grobschluffanteile sedimentieren relativ rasch und werden daher in unmittelbarer Nähe zum Einschlammepunkt abgelagert. Mit zunehmender Entfernung zum Einschlammepunkt werden dann die Mittel- und Feinschluffanteile sedimentiert" (FASCHING et al.,1989). Je kleiner der Schlammteich ist und je unregelmäßiger die Einleitungen, desto undifferenzierter ist die Ablagerung.

1.1.2.8 Sonderstandorte

Als Sonderstandorte in Steinbrüchen sind Gebäude und Betriebseinrichtungen anzusprechen. Abhängig vom Zeitpunkt der Errichtung sowie dem derzeitigen Erhaltungszustand (bzw. Grad des Verfalles) bilden die baulichen Einrichtungen eine breite Palette anthropogener Habitatelemente.

1.2 Wirkungsbereich

Im Mittelpunkt der Betrachtungen steht der Steinbruchkomplex mit sämtlichen, in [Kapitel 1.1.2](#) (S. 16)

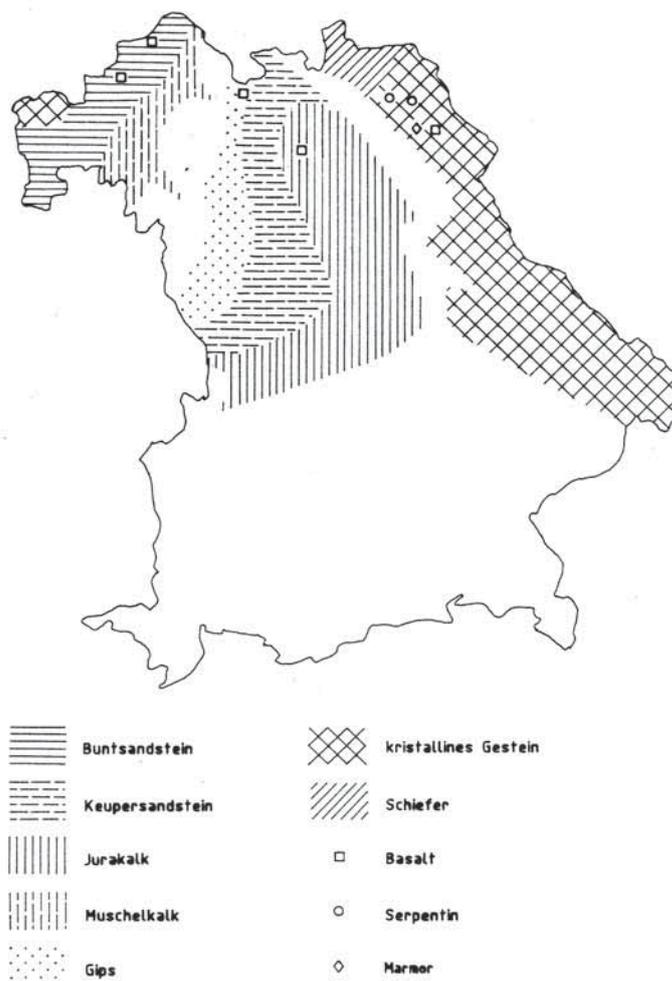


Abbildung 1/4

Übersicht über die Verteilung der wichtigsten Gesteinsarten im außeralpinen Bayern

beschriebenen Teillebensräumen. Angesichts der zahlreichen Wechselwirkungen zwischen einem Steinbruch und seinem Umfeld ist es hingegen unumgänglich, den betrachteten Bereich etwas weiter zu fassen. Dies betrifft in erster Linie Aussagen, die sich mit den negativen Aspekten des Gesteinsabbaus befassen (Zerstörung wertvoller Flächen, Emissionen), aber auch Fragen der Pufferung unerwünschter Einflüsse. Ein aus der Sicht des Arten- und Biotopschutzes wichtiger Punkt ist die Isolation eines Steinbruchs (Besiedlungspotential, Besiedlungsgeschwindigkeit), der ebenfalls eine Betrachtung auch des Steinbruchumfeldes erfordert.

1.3 Abbaumaterialien und Verbreitung

1.3.1 Verbreitung abbauwürdiger Gesteinsarten in Bayern

Steinbrüche finden sich überall dort, wo abbauwürdige Gesteine ohne tertiäre oder quartäre Überlagerungen dicht an die Oberfläche treten, oder im Bereich tertiärer oder quartärer Lockergesteinsverfestigungen (s. *Abb.1/4*, S. 19). Ersteres ist vor allem in Nordbayern der Fall. Nur an wenigen Stellen existieren oberflächennahe Vorkommen des kristallinen Grundgebirges oder des Deckgebirges südlich der Donau. In den Ablagerungen des Tertiärs und Quartärs bestehen oder bestanden Brüche nur im Bereich lokaler Lockergesteinsverfestigungen (z.B. subalpine Oligozänmolasse, altdiluvialer Nagelfluh) oder Kalktuffablagerungen.

1.3.1.1 Die Grundgebirge

Die Grundgebirge (Vorderer Bayerischer Wald, Innerer Bayerischer Wald, Oberpfälzer Wald, Vorspessart, Frankenwald und Fichtelgebirge) umfassen ursprünglich sedimentäre Gesteine des Erdaltertums, die durch diagenetische Umformung (Druck und Temperatur) schwach bis stark metamorphisiert wurden, sowie Gesteine plutonischer Herkunft.

(1) Bayerischer Wald

Die Gesteine des Bayerischen Waldes haben den höchsten Grad der Metamorphose erreicht; Granite und Gneise nehmen etwa den gleichen Flächenanteil ein. Es finden sich zahlreiche verschiedene Gneis-Varietäten sowie zwei unterschiedlich alte Granite; der ältere gelangte im Verlauf der kaledonischen, der jüngere während der variskischen Gebirgsbildung nach oben. Eine Besonderheit stellt der Pfahl dar, ein mit Quarz ausgefülltes Fiederluftsystem mit maximal 120m Breite, das der Hauptstörungsrichtung folgt (RUTTE 1981).

(2) Fichtelgebirge

Zusammen mit der variskischen Gebirgsbildung, die die Fichtelgebirgszone im Karbon erfaßte, wurden die abgelagerten Sedimente sowie die alten Vulkanite und Plutonite einer Metamorphose unterzogen. Damit verbunden drangen Granite empor, die heute etwa die Hälfte der Fichtelgebirgsfläche ausmachen.

Eine Besonderheit ist der dunkle Redwitzit. Weiterhin finden sich im Fichtelgebirge Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Marmor und Speckstein (RUTTE 1981).

(3) Vorspessart

Die ehemaligen sedimentären Ablagerungen wurden durch die variskische Gebirgsbildung erfaßt und in Streifen, die von Südwesten nach Nordosten verlaufen, gruppiert. Im nördlichsten Teil stehen Quarzite und Glimmerschiefer an, nach Süden zu schließen sich verschiedenartige Gneise an. Ganz im Süden finden sich Diorit-Granodiorit-Komplexe. Punktuell tritt auch Quarzporphyr und Zechstein an die Erdoberfläche (RUTTE 1981, RICHTER 1986, HENNINGSEN 1986).

(4) Frankenwald

Die Gesteine des Frankenwaldes waren während der verschiedenen Gebirgsbildungsphasen im Vergleich zu denen anderer Gebirge einer relativ geringen umformenden Kraft ausgesetzt und sind daher nicht (wie bei den anderen Grundgebirgen) überwiegend kristallin. Der Frankenwald besteht aus Schiefern, Grauwacken und Konglomeraten mit hauptsächlich unterkarbonischem Ursprung. Während im Norden die Schichtfolge relativ ungestört ist, treten im Süden engräumige Wechsel der Lagerungs- und Gesteinsverhältnisse auf, die durch die Münchberger Gneismasse induziert wurden (HENNINGSEN 1986). Der Diabas-Keil von Bad Berneck wird gemeinhin nicht dem Frankenwald zugeordnet (s. Kap.1.3.1.3, S. 21; MÜLLER 1984).

(5) Oberpfälzer Wald

Im Gegensatz zum Bayerischen Wald lassen sich für den Oberpfälzer Wald keine exakten Angaben darüber machen, welche Faltungsvorgänge für die Ausbildung der Gneise verantwortlich sind. Die Gneise des Oberpfälzer Waldes sind in der Hauptsache aus Sedimenten hervorgegangen; sie treten in zahlreichen Variationen auf. Es finden sich Metabasite wie Gabbro und Serpentin. Die Entstehung der Granite ist zwei verschiedenen Erdzeitaltern zuzuordnen (s. Bayerischer Wald). Der Oberpfälzer Wald ist für seinen Reichtum an Pegmatiten (= Gangfüllungen aus Restschmelzen) bekannt. Dazu gehören z.B. Quarz, Flußspat, Granat und Turmalin (RUTTE 1981, MÜLLER 1984).

1.3.1.2 Das Nordbayerische Deckgebirge (Fränkisches Schichtstufenland)

Das nordbayerische Deckgebirge besteht aus diagenetisch verfestigten Sedimenten unterschiedlicher Genese (klastische und chemische Sedimente) und Zusammensetzung (karbonatreiche und silikatreiche Gesteine); es war keinen Faltungsvorgängen unterworfen. Der Ablagerungszeitraum umfaßt die erdgeschichtlichen Perioden Perm, Trias, Jura und Kreide (BayStMWV 1978). Die ältesten Gesteine finden sich im Nordwesten, die jüngsten Gesteinsbildungen im Südosten des Bayerischen Schichtstufenlandes. Die Gesteinsschichten fallen von Nordwesten nach Südosten ein und bilden jeweils an ihrer nordwestlichen Kante eine mehr oder minder ausge-

prägte Steilstufe (s. Abb.1/5, S. 21). Bei den ältesten Gesteinen handelt es sich um Buntsandsteine aus dem Perm. Ihnen lagern Muschelkalkschichten, Sandstein- und Gipsschichten des Keupers, Tone des Lias und Jurakalke auf (HENNINGSEN 1986).

1.3.1.3 Gesteine vulkanischen Ursprungs

An der Grenze zum Frankenwald und in der nördlichen Oberpfalz zeugen Diabase und metamorphisierte Magmatite (Serpentin, Gabbro) von altpaläozoischer und präkambrischer Vulkantätigkeit (RUTTE 1981).

In Nord- und Nordostbayern finden sich als vulkanische Gesteine tertiären Ursprungs Tuffe und Basalte (Sammelbegriff Basalt: Basanit, Limburgit, Phonolith, Olivinnephelinit). Sie treten als mehr oder minder geschlossene Vorkommen (Rhön) oder in Form von Einzelvorkommen (Heldburger Gangschar westlich von Coburg, Gangscharen bei Marktredwitz) auf, die die aufliegenden Gesteinsmassen - das Nordbayerische Deckgebirge bzw. das kristalline Grundgebirge - durchschlagen haben (HENNINGSEN 1986). Bei den heute noch sichtbaren Kuppen handelt es sich um Schlotfüllungen, die aufgrund ihrer geringeren Verwitterbarkeit gegenüber ihrer Umgebung als Härtlinge hervortreten (HENNINGSEN 1986).

Die Basalte der Rhön entstammen verschiedenen Eruptionsphasen. Die Förderung begann mit Tuffen und olivinbasaltischen Laven, denen in der Haupteruptionsphase Basanite (Hornblendebasalt) folgten. In der Spätphase schlossen sich phonolithische Tephrite und Olivinnephelinite an. Hauptbestandbildner der Vulkanite des Fichtelgebirges und der nördlichen Oberpfalz sowie der Heldburger Gangschar sind Feldspat- und Nephelinbasalte sowie Olivinnephelinite. Der einzige Aufschluß von Phonolith in Bayern befindet sich in der Rückerbacher Schlucht im kristallinen Vorspessart (OTT 1981).

1.3.1.4 Das Ries

Das Ries entstand durch den Einschlag eines Meteoriten im Spät-Tertiär. Durch die freiwerdenden Energien fanden - in Abhängigkeit von der Entfernung vom Einschlagpunkt - Umformungen, Umlagerungen oder strukturelle Veränderungen der betroffenen Gesteine statt. Bekanntestes Produkt des Einschlages ist der Suevit; er besteht aus einer tuffartigen Grundmasse, in der Kristallingesteine als Brekzienbestandteile eingeschlossen sind. Der Suevit lagert kranzförmig um den Einschlagkrater. Ebenfalls auf dieses Ereignis läßt sich die Entstehung der Bunten Brekzie und die Zertrümmerung der Jura-Kalke in der Umgebung des Rieses zurückführen (RUTTE 1981, FISCHER 1982).

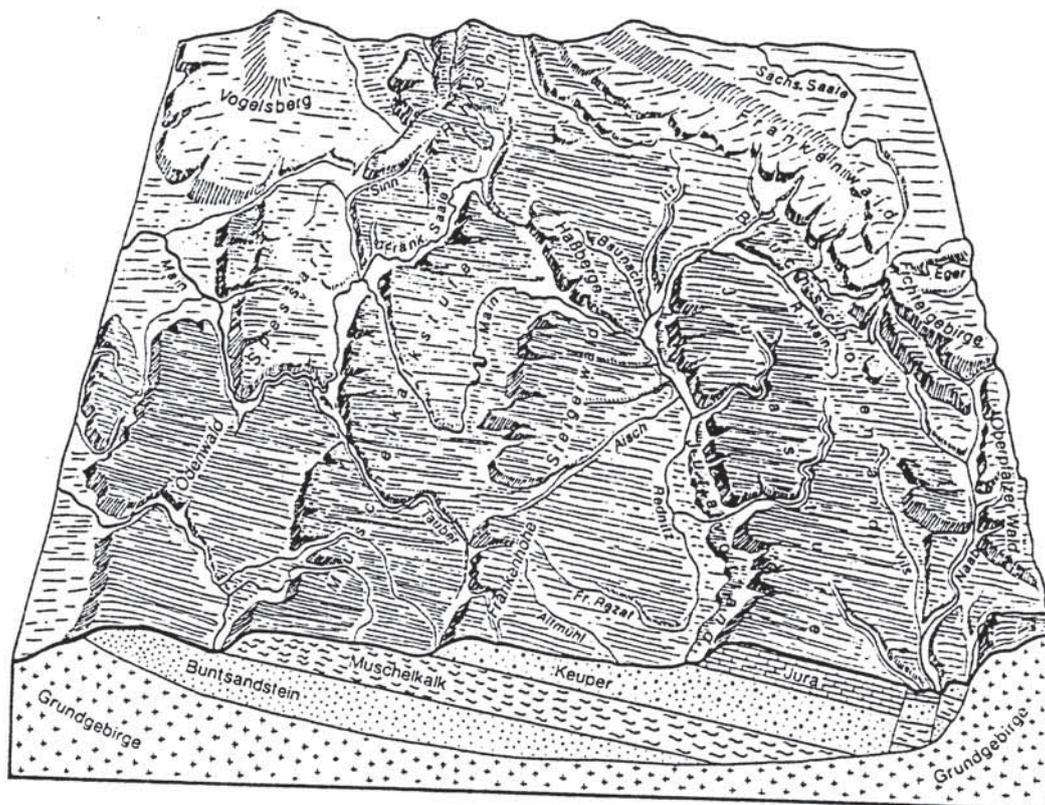


Abbildung 1/5

Schema des fränkischen Schichtstufenlandes (GERNDT, o.J.)

Tabelle 1/2

Die prozentual am stärksten am Aufbau von Basalt beteiligten Stoffe (MÜCKENHAUSEN 1977, DIMROTH et al. 1965)

Bestandteil	Prozent Feldspatbasalt (Basalt i.e.S.)	Nephelinbasalt
SiO ₂	48,80	39,20
Al ₂ O ₃	15,80	11,23
CaO	8,90	12,89
FeO und Fe ₂ O ₃	12,00	14,50
MgO	6,00	12,61

Tabelle 1/3

Die prozentual am stärksten am Aufbau von Sandsteinen und Grauwacken beteiligten Stoffe (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979:8)

Bestandteil	Sandstein	Grauwacke
SiO ₂	79,50	69,00
Al ₂ O ₃	9,20	11,00
Fe ₂ O ₃	3,60	2,60
MgO	0,70	4,00
K ₂ O	4,50	1,70

1.3.2 Entstehung ausgewählter Gesteinsarten

Die Beschreibung der Entstehung aller in Bayern abgebauten Gesteine würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen; daher werden im folgenden nur die wichtigsten Gesteinsarten herausgegriffen und kurz charakterisiert.

(1) Karbonatgesteine (außer Gips und Marmor)

Die Entstehung von Kalk- (CaCO₃) und Dolomitgesteinen (CaMg(CO₃)₂) kann auf chemische Sedimentation, aber auch auf biogene Vorgänge (Korallen) zurückzuführen sein (Fossil-Kalke). Zu unterscheiden sind Kalksteine mit mehr als 70% Kalziumkarbonatanteil und Kalkmergel mit 10-70% Kalziumkarbonatanteilen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 8). Karbonatgesteine mit einem Anteil von mehr als 50% des Minerals Dolomit werden als Dolomite bezeichnet. Dabei entspricht der Gehalt an Magnesium etwa 6,5% (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979:8). Dolomit existiert in Bayern in Form von sekundärem Dolomit, der durch Diagenese entstanden ist. Dabei wird Magnesium in die Kalk-Poren eingelagert.

(2) Gips

Gips (CaSO₄ x 2 H₂O) und Anhydrit (CaSO₄) sind chemische Sedimente marinen Ursprungs. Sie sind Evaporite, d.h. Gesteine, die sich hauptsächlich aus

leicht löslichen Salzmineralen aufbauen und sich aus eindampfenden wässrigen Lösungen abgeschieden haben. Die Verdampfung erfolgte in flachen Meeresbecken unter trockenen und heißen Klimabedingungen (Entstehung der bayerischen Lagerstätten vorwiegend im Trias-Zeitalter). Durch geologisch-physikalische Vorgänge (v.a. Erwärmung in der Tiefe) kann Gips in Anhydrit, durch Kontakt mit Niederschlagswasser Anhydrit wieder in Gips umgewandelt werden. Gipslagerstätten überlagern daher in der Regel Anhydritlagerstätten und sind meist von nur geringer Mächtigkeit. Sie sind - in geologischen Zeiträumen betrachtet - der Auswaschung ausgesetzt (BayStMWV 1978).

(3) Vulkanische Förderprodukte (Basalte, Diabase u.ä.)

Basalte und Diabase sind vulkanische Förderprodukte mit unterschiedlichen Anteilen der an ihrem Aufbau beteiligten Stoffgruppen. Vor allem die Anteile an Feldspat und SiO₂ können variieren und Bodenreaktion und Nährstoffverfügbarkeit beeinflussen. Gemeinhin können saure vulkanische Gesteine (Si-Anteil 65%) und basische Gesteine (Si-Anteil < 52% - NIGGLER 1979) sowie intermediäre Gesteine unterschieden werden.

Die sauren vulkanischen Gesteine älterer Förderperioden werden als Diabas bezeichnet. Unter Diabas versteht man Basalte, in denen "die Plagioklase in verschiedene wasserhaltige Kalkalumosilikate, die Pyroxene und Olivin in Serpentin umgewandelt [wurden]" (RICHTER 1986). Metamorphe Gesteine älterer vulkanischer Tätigkeit sind Serpentin, Pikrit, Eklogit ("Ultrasite") und Gabbro.

Der Sammelbegriff Basalt umfaßt Gesteine aus tertiärer vulkanischer Tätigkeit, die sich im Chemismus unterscheiden können, insgesamt jedoch zu den basischen vulkanischen Gesteinen zählen (vgl. Tab. 1/2). Zu unterscheiden sind als wichtigste Vertreter Feldspatbasalte (Basalt i.e.S.), Nephelinbasalte und Nephelinite (MÜLLER 1984). Durch relativ schnell vor sich gehende Erstarrungsvorgänge ist das Material feinkörnig (RICHTER 1986). Bei vulkanischen Förderprodukten in Form von Lava bilden sich Schwundrisse; unter optimalen Bedingungen kommt es zur Ausbildung von Säulenbasalten (Rhön). Am Meeresboden ausfließende Förderprodukte führen zur Entstehung von sog. Kissenlava (kleinräumig bei Diabasen im Frankenwald).

(4) Sandsteine und Grauwacken

Sandsteine und Grauwacken sind verfestigte Trümergesteine; sie gehören zu den sog. klastischen Sedimenten. Sandsteine bestehen hauptsächlich aus verkitteten Quarzkörnern, denen weitere Silikate (z.B. Glimmer und Feldspate) untergeordnet beigemischt sind. Grauwacken haben dagegen einen hohen Feldspat-Anteil (s. Tab. 1/3). Die z.T. auffällige Färbung des Sandsteins ist auf Beimischung verschiedener Minerale zurückzuführen. Für die rote Färbung des Buntsandsteins sind beträchtliche Mengen an eingelagertem Hämatit und Goethit verantwortlich. Grünsandsteine ("Regensburger Grünsandstein") enthalten dagegen Glaukonit (RICHTER 1986).

(5) Granite

Granite sind Plutonite, d.h. Gesteine, die durch Erstarrung von Magmen unter der Erdoberfläche entstanden sind. Ihr Gefüge und ihr Chemismus werden von der Abkühlungsgeschwindigkeit und der Zusammensetzung des Magmas bestimmt. Tiefengesteine, die nur sehr langsam abkühlen, sind hauptsächlich grob bis mittelkörnig, in Bereichen schneller Abkühlung ist das Gestein feinkörniger. Durch Erstarrungsvorgänge entstehen regelmäßige Systeme von Klüften, die sich in drei Dimensionen durch das Gestein erstrecken. Sie bedingen die gute Teilbarkeit der Tiefengesteine. Durch Druckentlastung bei der Abtragung der Deckgesteine reißen die Fugen parallel zur Erdoberfläche auf. Zusammen mit den Längs- und Querklüften kann dies zur "Woll-sack-Verwitterung" führen (RICHTER 1986). Die am Aufbau des Granits beteiligten Bestandteile zeigt Tab. 1/4. Die Reihenfolge der Ausscheidung der einzelnen Bestandteile unterliegt klaren Gesetzmäßigkeiten.

(6) Gneise und andere Metamorphite

Die Gesteinsmetamorphose unterliegt zwei Komponenten: Druck und Temperatur (die jedoch nicht den Schmelzpunkt erreicht). Durch das Zusammenspiel beider Faktoren können aus vorhandenen Ausgangsgesteinen deren Metamorphite hervorgehen (bei Sedimenten als Ausgangsgestein spricht man bei deren Metamorphiten von Paragesteinen, bei Magmatiten als Ausgangsgestein von Orthogesteinen). Höhe der Temperatur und Ausrichtung des Druckes bestimmen neben dem Ausgangsgestein in wesentlichem Maße das "Endprodukt" (Tab. 1/5, RICHTER 1986, BRINKMANN 1980).

1.4 Pflanzenwelt

Im Gegensatz zu den "klassischen" Biotoptypen sind Untersuchungen über die Vegetation der Steinbrüche selten. Vegetation und Sukzession der Steinbrüche sind nur in Einzelfällen - beispielsweise in Kalkbrüchen der Schwäbischen und Fränkischen Alb (POSCHLOD 1984, unpubl., POSCHLOD &

Tabelle 1/4

Die prozentual am stärksten am Aufbau von Granit beteiligten Stoffe (MÜCKENHAUSEN 1977)

Bestandteil	Prozent
SiO ₂	72,00
Al ₂ O ₃	13,10
K ₂ O	4,8
Na ₂ O	3,5

MUHLE 1985, POSCHLOD 1987, unpubl., KUGLER 1989, unpubl.) oder in Gipsbrüchen des Harzes (ZUNDEL & FIESELER 1988), gut dokumentiert. Für einige Gesteinsarten liegen so gut wie keine Untersuchungen vor (Schiefer, Urkalk), für andere nur kurze Notizen (Diabas, Grauwacke, Dolomit). Eine weitere Schwierigkeit für die Auswertung des vorliegenden Materials bestand in dessen Uneinheitlichkeit. In manchen Fällen konnten ausschließlich Artenlisten ausgewertet werden, in anderen Fällen wurde die Vegetation auf Assoziationsebene diskutiert. Diese Uneinheitlichkeit spiegelt sich zwangsläufig auch in der vorliegenden Arbeit wider. Die Bezeichnung der Vegetationseinheiten erfolgt durchgehend in Anlehnung an die einzelnen AutorInnen. Häufig taucht - hauptsächlich bei den Arbeiten von POSCHLOD - die Bezeichnung "Vegetationsgemeinschaft" auf, was als Indiz für noch unvollständig ausgebildete und daher nur schwer in das pflanzensoziologische System einzuordnende Einheiten zu werten ist. KUGLER (1989, unpubl.) arbeitet in entsprechenden Fällen mit dem Begriff der "Basalgemeinschaft" (KOPECKY & HEJNY 1978, zit. in KUGLER 1989, unpubl.).

Der Versuch, anhand der verschiedenen Untersuchungen ein Sukzessionsschema für einzelne Gesteinsarten und Standorte zu erstellen, warf weitere Probleme auf. Diese resultieren aus dem methodischen Ansatz der ausgewerteten Untersuchungen, die sich meist nur über einen relativ kurzen Zeitraum erstreckten (jedenfalls im Verhältnis zum Sukzessi-

Tabelle 1/5

Beispiele für die Abhängigkeit der Metamorphose von Ausgangsgestein, Druck und Temperatur (RICHTER 1986, stark verändert)

Temperatur	niedrig	hoch	hoch
Einseitiger Druck	stark	mittel	schwach
Tonstein	Phyllit	Paragneis	Paragneis
Granit	Quarzphyllit	Glimmerschiefer	Orthogneis
Kalkmergel	Kalkphyllit	Kalkglimmerschiefer	Kalksilikat-Fels
Kalkstein	Marmor	Marmor	Marmor
Quarzsandstein	Quarzit	Quarzit	Quarzit
Kohle	Graphit	Graphit	Graphit

Tabelle 1/6

Pflanzensoziologische Einordnung der Steinbruchvegetation auf unterschiedlichen Ausgangsgesteinen; Werte in % (Auswertung der Arbeiten von WARTNER 1983, POSCHLOD & MUHLE 1984, POSCHLOD 1987, BRÄU & LIPSKY 1988, unpubl.)

Vegetationstyp	ZM	PK	TM	MI	HA	BW
<u>Süßwasservegetation</u>						
LEMNETEA			-	0,5	0,6	-
POTAMOGETONETEA			-	-	-	0,5
PHRAGMITETEA			-	3,0	3,0	5,1
MONTIO-CARDAMINETEA			-	-	-	0,5
SCHEUCHZERIO-CARICETEA FUSCAE			-	-	0,5	0,6
<u>Krautige Vegetation oft gestörter Plätze</u>						
ISOETO-NANOJUNCETEA			0,5	-	0,6	1,0
BIDENTETEA			-	-	1,2	2,0
CHENOPODIETEA	5,1	5,7	7,6	3,4	3,6	7,1
SECALIETEA	0,6		2,8	1,0	0,6	1,5
ARTEMISIETEA	4,0	5,7	5,2	5,4	6,7	8,1
AGROPYRETEA	1,1	2,0	2,4	-	-	0,5
PLANTAGINETEA	3,4	3,6	3,3	3,4	4,8	3,0
<u>Steinfluren und alpine Rasen</u>						
ASPLENIETEA	1,1	2,0	1,0	2,0	1,8	1,0
THLASPIETEA	0,6	2,0	1,4	1,5	1,2	1,0
<u>Anthropo-zoogene Heiden und Wiesen</u>						
NARDO-CALLUNETEA	1,7	1,0	1,4	4,4	4,2	4,0
SEDO-SCLERANTHETEA	2,3	5,7	4,3	2,4	3,6	3,5
FESTUCO-BROMETEA	19,9	16,4	15,7	8,3	3,9	1,0
MOL.-ARRHENATHERETEA	18,7	11,8	17,7	15,6	17,6	22,2
<u>Waldnahe Staudenfluren und Gebüsche</u>						
TRIFOLIO-GERANIETEA	7,4	8,7	7,1	3,9	1,8	2,5
EPILOBIETEA ANGUST.	2,3	3,6	4,8	3,4	4,8	6,1
<u>Nadelwälder</u>						
ERICO-PINETEA	1,1	2,0	1,0	0,5	0,6	1,0
VACCINIO-PICEETEA	4,0	2,0	1,0	1,0	0,6	1,0
<u>Laubwälder</u>						
SALICETEA PURPUREAE	1,1	0,5	-	0,5	0,6	-
ALNETEA GLUTINOSAE			-	1,0	1,2	1,0
QUERC. ROB.-PETR.	1,7	1,5	1,9	2,4	2,4	1,5
QUERCO-FAGETEA	12,5	16,9	12,9	15,1	10,9	8,1
Indifferent	10,8	8,9	8,1	20,4	24,0	13,6
Gesamt	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Artenzahl (= 100%)	176	195	210	205	165	198
ZM: Zementmergel (5 Steinbrüche) PK: Solnhofener Plattenkalke (4 Steinbrüche) TM: Treuchtlinger "Marmor" (23 Steinbrüche) MI: Miltenberger Buntsandstein (10 Steinbrüche) HA: Granitbrüche um Hauzenberg (12 Steinbrüche) BW: Granitbrüche des Bayerischen Waldes (24 Steinbrüche)						

onsablauf). Sukzessionsabläufe wurden in diesen Arbeiten meist durch deduktive Ableitung, d.h. aus der gleichzeitigen Betrachtung verschieden alter Entwicklungsstadien konstruiert. Eine Überprüfung der auf diese Weise erzielten Arbeitshypothesen durch eine induktive Vorgehensweise, d.h. die Betrachtung bestimmter Flächen über einen längeren Zeitraum hinweg (Dauerbeobachtungsflächen), steht noch aus.

In Steinbrüchen finden sich Lebensräume mit den unterschiedlichsten Standortbedingungen auf engstem Raum, dementsprechend weit ist auch das Spektrum der Pflanzenarten, die diese Teillebensräume und die unterschiedlichen Mikrostandorte besiedeln.

Das Ausgangsgestein ist der entscheidende Faktor für die Ausbildung einer Pflanzengemeinschaft. Dies schlägt sich in den unterschiedlichen Anteilen der Vegetationsklassen auf den verschiedenen Ausgangsgesteinen nieder (s. Tab.1/6, S. 24).

Der Auswertung liegen Untersuchungen von POSCHLOD (1987, Treuchtlinger Marmor, Solnhofener Plattenkalke), POSCHLOD & MUHLE (1984, Kalkmergel), BRÄU & LIPSKY (unpubl.; Granitbrüche des Bayerischen Waldes) und WARTNER (1983; Buntsandsteinbrüche bei Miltenberg, Granitbrüche bei Hauzenberg/Bayer. Wald) zugrunde.

Die regelmäßig höchsten Anteile in fast allen Steinbrüchen verzeichnet die Klasse MOLINIO-ARRHENATHERETEA. Erwartungsgemäß tritt sie nur in den Plattenkalkbrüchen, bei denen keine oder fast keine Bodenbildung erkennbar ist, zugunsten der Klasse FESTUCO-BROMETEA zurück. Bei anderen Gesellschaften ist eine deutliche Polarisierung in bezug auf das Ausgangsgestein zu erkennen.

Ganz besonders deutlich wird dies im Vergleich zwischen Granit- und Kalkgestein. Eine Reihe von Gesellschaften ist in Granitbrüchen stärker vertreten als in Kalkbrüchen, so z.B. die Klassen ARTEMISIETEA, NARDO-CALLUNETEA und EPILOBIETEA ANGSTIFOLIAE. Der gegenteilige Fall, nämlich ein überproportionales Auftreten in Kalkbrüchen, ist bei Arten der Klasse TRIFOLIO-GERANIETEA und in aller Deutlichkeit bei Arten der Klasse FESTUCO-BROMETEA zu beobachten. Letzteres ist leicht verständlich, da diese Gesellschaft ihren Verbreitungsschwerpunkt auf basenreichen Standorten hat. Ebenso sind Arten der Klasse AGROPYRETEA, der ruderalen Pionier-Trockenrasen, überwiegend auf Kalkstandorten zu finden.

Granitbrüche verzeichnen den höchsten Anteil an indifferenten Arten. Die untersuchten Buntsandsteinbrüche nehmen hinsichtlich der prozentualen Zuordnung der Arten zu den einzelnen Pflanzengesellschaften eine Mittelstellung zwischen Granit- und Kalkbrüchen ein.

Ebenso interessant wie der Anteil der Vegetationsklassen am Aufbau der Vegetation auf unterschiedlichem Ausgangsgestein ist die Frage nach der Vollständigkeit der Artenausstattung in den einzelnen Gesellschaften auf Sekundärstandorten. Hervorzu-

heben ist, daß nur in wenigen Gesellschaften das vollständige Artenspektrum, das auch am natürlichen Standort anzutreffen ist, erwartet werden darf.

1.4.1 Besiedelungsmechanismen

Für die Besiedelung von Steinbrüchen durch Pflanzen sind in der Hauptsache zwei Parameter verantwortlich:

- Keimbedingungen und Keimfähigkeit der einzelnen Arten (auch in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein);
- die Entfernung der zu besiedelnden Fläche von vorhandenen "Lieferbiotopen" bzw. dem Ausbreitungsvermögen der einzelnen Arten.

Aus den Arbeiten von SKALLER (zit. in PARK 1982) geht hervor, daß nicht die Verfügbarkeit und der Eintrag von Samen, sondern die dem Sameneintrag nachfolgenden Ereignisse die limitierenden Faktoren für den Besiedelungsprozess darstellen ("[...] it was concluded that seed input was not a limiting factor in the colonisation process but rather events following the arrival of seeds on the soil surface" - PARK 1982). Wichtig für die Überlebens- und Keimungschancen eines Samens sind in erster Linie die aktuellen klimatischen Bedingungen, vor allem die verfügbare Feuchtigkeit. Dies veranschaulicht **Abb. 1/6** (S. 26). Eine Trockenperiode führte im Juni und Juli 1979 dazu, daß ein Großteil der Keimlinge (verschiedene Arten auf fünf Beobachtungsflächen) abstarben. 1980 erreichten die Keimlinge wegen der günstigeren Feuchteverhältnisse eine höhere Überlebensrate. Dies bestätigt die Erkenntnis von EGLER (1977, zit. in HABER 1983), daß die "Zusammensetzung oder Entwicklung von Ökosystemen [...] stärker durch Katastrophen, d.h. durch Standortdynamik 3.Grades [...] als durch andere standörtliche Vorgänge bestimmt" wird.

Die klimatischen Verhältnisse spielen eine um so größere Rolle bei der Besiedelung, je enger zeitlich begrenzt die Keimfähigkeit eines Samens ist und je stärker eine Art auf die generative Vermehrung (Therophyten) angewiesen ist (HUMPHRIES 1982).

Als weiterer kritischer Parameter - der sich hingegen erst in einer späteren Wachstumsphase bemerkbar macht - entpuppt sich die Nährstoffversorgung, was sich sowohl in kleineren Populationen als auch in der Eliminierung einzelner Arten ausdrücken kann ("Low resource levels can result in small populations even if there has been a high recruitment from seed. As species differ in their response to resource level, then the level of resource may act selectively to eliminate individual species" HUMPHRIES 1982). Den Forschungen von MÜLLER (1985) zufolge lassen sich - speziell in späteren Phasen der Keimlingsentwicklung - Bodenverdichtungen als Faktoren ansprechen, die selektierend auf die Artenzusammensetzung wirken.

Die Vegetation von Steinbrüchen reflektiert also in starkem Maß die Fähigkeit der einzelnen Arten, sich längerfristig auf ungünstige Lebensbedingungen

einzustellen ("K-Strategen") oder die Fähigkeit, kurzfristig auf zeitweise gute Umweltbedingungen ("R-Strategen") zu reagieren. Dies erklärt die Tatsache, daß in Steinbrüchen vorwiegend Arten zu finden sind, für die folgendes zutrifft:

- Sie können rasch die für sie günstigen Umweltbedingungen nützen, d.h. sie verfügen über effektive, distanzüberwindende Ausbreitungsmechanismen. Hier bestimmt weitgehend der Zufall, welche Art in den Steinbruch einwandert (vgl. HABER 1983). Ihre Konstanz ist jedoch relativ gering.
Beispiele hierfür liefern die Untersuchungen von WOLF (1985): Auf kiesig-sandigen Rohböden konnten sich relativ rasch Arten mit den Schwerpunkten in Segetal-, Ruderal-, Saum- und Waldverlichtungsgesellschaften ausbreiten. Ihr Artenmaximum wurde 2 Jahre nach der Nutzungsauflassung mit 27 Arten erreicht; nach 17 Jahren waren nur noch 7 Arten aus dieser Artengruppe vorhanden. Ebenso sank innerhalb des gleichen Zeitraums die Zahl der Grünlandarten von 10 auf 4 Arten ab.
- Sie sind bereits an ihrem Primärstandort an extreme Bedingungen angepaßt. Ihre Einwanderung in den Steinbruch ist eine Frage der Zeit und der Nähe des Lieferbiotops. Sie ist nicht im

eigentlichen Sinne zufallsbedingt. Wo zwischen Primärstandort und dem Sekundärstandort "Steinbruch" nur geringe Entfernungen zu überwinden sind, wird der Einfluß der zweiten Gruppe besonders deutlich. Es finden sich bereits in kurzer Zeit entsprechende Arten ein. POSCHLOD & MUHLE (1985) berichten von einem Fall, in dem sich ein Trockenrasen in einem Steinbruch in seiner typischen Ausbildung bereits nach 25 - 30 Jahren entwickelt hatte, wobei die entsprechenden primären Vegetationseinheiten unmittelbar an den Steinbruch angrenzten.

Wesentlich für eine mögliche Besiedelung ist hingegen nicht nur die Entfernung als solche, sondern auch die Strukturierung der Flächen, die Primärstandort und Steinbruch trennen. Je mehr sich der Lieferbiotop und die dazwischenliegenden Flächen in Klima, Licht- und Wasserhaushalt unterscheiden, desto mehr kommt der dazwischenliegenden Fläche eine Rolle als Ausbreitungshindernis zu. Ein Wald beispielsweise stellt für die Verbreitung von Arten der Trockenrasen eine ernstzunehmende Barriere dar, während von landwirtschaftlichen Nutzflächen vermutlich ein geringerer Ausbreitungswiderstand ausgeht (POSCHLOD 1990, mdl.). Arten, die durch den Wind verbreitet werden, besiedeln Rohböden am schnellsten. Zu unterscheiden sind u.a. Ballon-

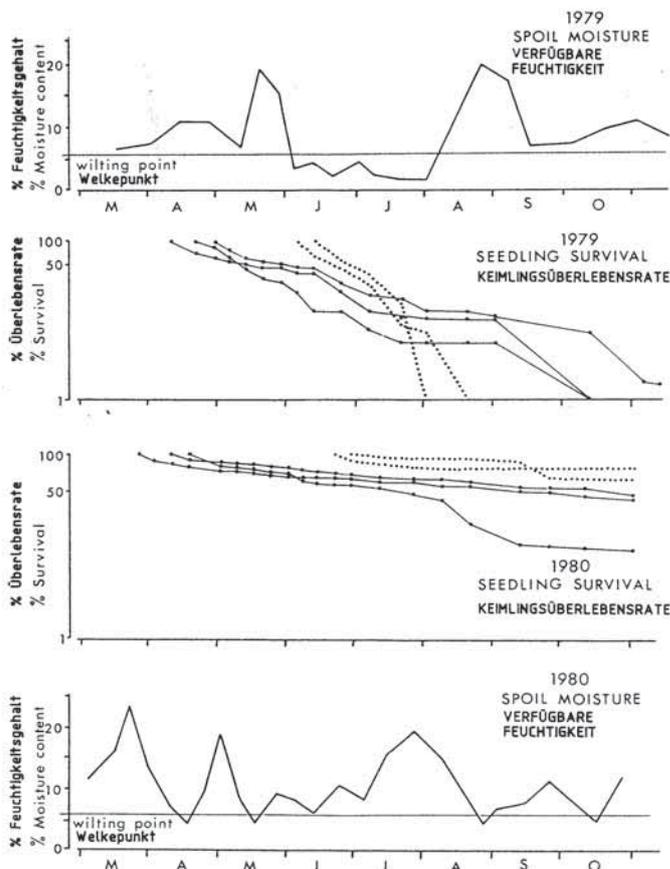


Abbildung 1/6

Überlebensrate von Keimlingen in fünf Dauersquaren in Abhängigkeit von der verfügbaren Feuchtigkeit in zwei verschiedenen Jahren (SKALLER, zit. in PARK 1982)

Tabelle 1/7

Haarschirmflieger (Beispiele)

<i>Salix spec.</i>	<i>Populus spec.</i>
<i>Hieracium spec.</i>	<i>Carduus spec.</i>
<i>Cirsium spec.</i>	<i>Epilobium spec.</i>
<i>Sonchus spec.</i>	<i>Tussilago farfara</i>

Tabelle 1/8

Abhängigkeit des Anteils windverbreiteter Arten von der Dauer der Nutzungsaufgabe (nach POSCHLOD 1984, WOLF 1985)

Jahre seit der Nutzungsaufgabe	Anteil der windverbreiteten Arten (in Prozent)	
	1984	1985
3	97,3	95
5	89,7	k.A.
10	88,9	k.A.
15	85,8	85

flieger (z.B. Orchideen) und Haarschirmflieger (Tab. 1/7).

Bestimmte Arten, deren Verbreitungsmechanismus eine Ausbreitung nur in sehr geringem Umfang zuläßt, finden sich nur dann in Steinbrüchen ein, wenn Bestände unmittelbar an den Steinbruch angrenzen.

Der Anteil der windverbreiteten Arten ist am Beginn der Sukzession besonders hoch und nimmt - je weiter die Sukzession voranschreitet - mehr oder weniger beständig ab (s. Tab. 1/8).

Bei der durch Ameisen verbreiteten *Carex humilis* reicht bereits ein trennender Feldweg oder ein Ge-

büschaum aus, um mit großer Sicherheit die Ansiedlung der Art auf einer Steinbruchfläche zu verhindern (MEIEROTT 1989, mdl.). KAULE vermutet, daß die Arten der Kalkmagerrasen bei der Besiedelung neuer Standorte stärker auf einen direkten Kontakt mit diesen angewiesen sind. Ausnahmen sind die Pioniergesellschaften auf Kalk, die sich in annähernd kompletter Artenausstattung in Steinbrüchen einfinden können, auch ohne daß ein direkter Kontakt existiert (MOHR 1989, mdl.). Dies trifft z.B. auf das CERASTIETUM PUMILI und auf das GALIOPSISIETUM ANGUSTIFOLIAE zu. In den Gesellschaften späterer Sukzessionsstadien fehlen auf Sekundärstandorten eine Reihe von Arten (Arten mit nur geringer Verbreitungsgeschwindigkeit, z.B. *Carex humilis*, oder standortkonservative Arten wie *Anthericum ramosum*). Arten der Sandmagerrasen dagegen benötigen "dank hoher Samenproduktion und Windverbreitung nur 1 bis 3 Jahre, um neue Standorte mit einer relativ hohen Artenzahl [...] zu besiedeln" (KAULE 1986: 407).

1.4.2 Arealtypenspektren in den Steinbrüchen (Verteilung unterschiedlicher Geoelemente)

Die Zuordnung der Arten zu den verschiedenen Florengebieten verdeutlicht die unterschiedlichen Potentiale, die den Brüchen mit unterschiedlichen Ausgangsmaterialien auch aus arealgeographischer Sicht zukommt. **Es wird deutlich, daß Granit- und Kalkbrüche jeweils am äußersten Ende einer Skala stehen, die durch den geringsten bzw. höchsten Anteil an (sub-) mediterranen bzw. nördlichen Florenelemente markiert wird.** Deutliche Unterschiede in der Florenelement-Ausstattung zwischen Brüchen mit verschiedenen Ausgangsmaterialien und in verschiedenen Naturräumen belegt auch die Untersuchung von WARTNER (1983) (s. Tab. 1/9).

Die detaillierte Auswertung (Tab. 1/10, S. 28 bis Tab. 1/12, S. 31) zielt vor allem darauf ab, die Grundlagen für die verschiedenen Entwicklungsziele

Tabelle 1/9

Zugehörigkeit der Arten zu den Florengebieten (WARTNER 1983) (Arten, die mehreren Florengebieten angehören, wurden mehrfach zugeordnet; Werte in %)

Florengbiet	1	2	3
(no-) eurasisch-subozeanisch	47	37	30
(no-) eurasisch	29	28	23
präalpin	6	2	5
submediterrän	45	56	64
gem.-kontinental bis kontinental	7	14	21
subatlantisch	14	14	16

1: Granit (Hauzenberg)
2: Buntsandstein (Miltenberg)
3: Jurakalk (Treuchtlingen - Pappenheim)

Tabelle 1/10

In Kalkbrüchen vorkommende Arten mit über das eurassubozeanische Florengebiet hinausreichenden Arealen oder Schwerpunkten in diesen

Nordisch (nordisch-eurasisch)	
<i>Cerastium fontanum</i>	<i>Epilobium angustifolium</i>
<i>Maianthemum bifolium</i>	<i>Moneses uniflora</i>
<i>Orthilia secunda</i>	<i>Pyrola rotundifolia</i>
<i>Potentilla anserina</i>	<i>Gymnadenia conopsea</i>
<i>Carex ericetorum</i>	
Nordisch-präalpin (arktisch-präalpin)	
<i>Alchemilla monticola</i>	<i>Gymnocarpium robertianum</i>
<i>Senecio nemorensis</i>	<i>Saxifraga decipiens</i>
Präalpin	
<i>Crepis alpestris</i>	<i>Polygala chamaebuxus</i>
<i>Thesium bavarum</i>	<i>Gentiana verna</i>
<i>Carlina acaulis</i>	<i>Gentiana germanica</i>
<i>Thesium pyrenaicum</i>	
Präalpin-submediterrän (1: Präalpin-gemäßigt kontinental)	
<i>Cirsium eriophorum</i>	<i>Galeopsis angustifolia</i>
<i>Gentianella ciliata</i>	<i>Luzula luzuloides</i>
<i>Buphtalmum salicifolium</i>	<i>Allium carinatum</i>
Submediterrän	
<i>Aphanes arvensis</i>	<i>Asperula cynanchica</i>
<i>Alyssum alyssoides</i>	<i>Bromus erectus</i>
<i>Bromus sterilis</i>	<i>Cerastium brachypetalum</i>
<i>Chaenorrhinum minus</i>	<i>Cornus sanguinea</i>
<i>Dianthus carthusianorum</i>	<i>Euphorbia cyparissias</i>
<i>Euphorbia verrucosa</i>	<i>Hippocrepis comosa</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Lactuca virosa</i>
<i>Minuartia hybrida</i>	<i>Melica ciliata</i>
<i>Sedum reflexum</i>	<i>Stachys recta</i>
<i>Teucrium montanum</i>	<i>Vicia villosa</i>
<i>Linum tenuifolium</i>	<i>Linum austriacum</i>
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	<i>Peucedanum carvifolia</i>
<i>Stachys germanica</i>	<i>Thlaspi perfoliatum</i>
<i>Lithospermum purpureocaeruleum</i>	
Submediterrän-kontinental (submediterrän-gemäßigt kontinental)	
<i>Aquilegia vulgaris</i>	<i>Campanula rapunculoides</i>
<i>Coronilla varia</i>	<i>Cephalanthera rubra</i>
<i>Campanula persicifolia</i>	<i>Carex humilis</i>
<i>Galeopsis pubescens</i>	<i>Geranium sanguineum</i>
<i>Polygala amarella</i>	<i>Polygala comosa</i>
<i>Sedum sexangulare</i>	<i>Sedum maximum</i>
<i>Trifolium alpestre</i>	<i>Trifolium montanum</i>
<i>Verbascum lychnitis</i>	<i>Aster linosyris</i>
<i>Verbascum phlomoides</i>	
Submediterrän-mediterrän	
<i>Althaea hirsuta</i>	<i>Caucalis platycarpus</i>
<i>Crepis taraxacifolia</i>	<i>Dipsacus sylvestris</i>
<i>Juncus inflexus</i>	<i>Saxifraga tridactylites</i>
<i>Teucrium chamaedrys</i>	<i>Legousia speculum-veneris</i>
<i>Eryngium campestre</i>	<i>Galium tricornerum</i>
Mediterrän-kontinental	
<i>Chenopodium vulvaria</i>	<i>Xanthium strumarium</i>
Kontinental-gemäßigt kontinental	
<i>Anthericum ramosum</i>	<i>Crepis biennis</i>
<i>Cadus acanthoides</i>	<i>Digitalis gradiflora</i>
<i>Dactylis polygama</i>	<i>Erysimum odoratum</i>
<i>Fragaria moschata</i>	<i>Matricaria inodora</i>
<i>Pulsatilla vulgaris</i>	<i>Potentilla heptaphylla</i>
<i>Pulmonaria obscura</i>	<i>Prunella grandiflora</i>
<i>Trifolium aureum</i>	<i>Valeriana wallrothii</i>
<i>Gypsophila muralis</i>	<i>Veronica spicata</i>
<i>Geranium pratense</i>	<i>Scabiosa canescens</i>
<i>Thesium linophyllum</i>	<i>Trifolium rubens</i>

Fortsetzung Tabelle 10

Aster amellus
Camelina sativa
Gentiana cruciata

Submediterran- eurasisch

Anthemis tinctoria
Ajuga genevensis
Arenaria serpyllifolia
Calamintha acinos
Carduus nutans
Echium vulgare
Galium spurium
Hypericum hirsutum
Malva sylvestris
Myosotis ramosissima
Origanum vulgare
Senecio erucifolius
Senecio vulgaris
Orobanche lutea
Campanula glomerata
Peucedanum cervicaria
Carduus nutans

Submediterran-subatlantisch

Allium vineale
Centaurium erythraea
Cerastium pumilum
Cirsium acaule
Galium pumilum
Hypericum montanum
Koeleria pyramidata
Petrorrhagia prolifera
Rosa arvensis
Sedum album
Teucrium botrys
Lactuca virosa
Cirsium tuberosum
Epipactis purpurata

Subatlantisch

Alchemilla xanthochlora

Seseli anuum
Inula hirta

Asplenium ruta-muraria
Arabis hirsuta
Barbarea vulgaris
Clinopodium vulgare
Epilobium adnatum
Geranium columbinum
Geranium pusillum
Lactuca serriola
Medicago lupulina
Medicago falcata
Picris hieracioides
Saponaria officinalis
Turritis glabra
Orchis militaris
Dictamnus albus
Centaurium pulchellum

Anthyllis vulneraria
Cephalanthera damasonium
Carlina vulgaris
Geranium dissectum
Hedera helix
Hieracium sabaudum
Mycelis muralis
Potentilla tabernaemontani
Saxifraga granulata
Trifolium campestre
Trinia glauca
Rosa micrantha
Teesdalia nudicaulis
Bryonia dioica

le und -schwerpunkte in Steinbrüchen mit unterschiedlichem Ausgangsgestein zu verdeutlichen. Die Ergebnisse machen klar, daß eine stereotype Forderung z.B. nach flachgründigen, südexponierten Standorten als Entwicklungsmaxime für **sämtliche** Steinbrüche nicht den Zielen des Natur- und Artenschutzes entsprechen kann.

(1) Kalkbrüche

In den Kalkbrüchen erreichen vor allem jene Arten hohe Anteile, deren Verbreitungsareal die submediterrane Zone umfaßt oder die in dieser ihren Verbreitungsschwerpunkt haben (Tab. 1/10). Auch mediterrane und mediterran-kontinentale Florenelemente sind regelmäßig in Kalkbrüchen zu finden. Diese Florenelemente sind um so stärker an Kalkuntergrund gebunden, je nördlicher sie anzutreffen sind (wobei dies eine Folge der Konkurrenzverhältnisse ist). Die z.T. extremen Standortsituationen in Kalkbrüchen, d.h. die Flachgründigkeit der Böden, die geringe Wasserkapazität und andere Standortfaktoren, wirken selektierend auf die Pflanzenwelt, hauptsächlich in niederschlagsarmen Sommern. Hier genießen (sub-) mediterrane Arten einen Kon-

kurrenzvorteil, weil sie an diese Faktoren angepaßt sind und sich rasch zu regenerieren vermögen (ELLENBERG 1982:651).

(2) Sandsteinbrüche

Im Gegensatz zu Kalkbrüchen und auch zu Granitbrüchen spielen in Sandsteinbrüchen atlantische Florenelemente eine größere Rolle. Das Verhältnis zwischen den nordischen bzw der (sub-) mediterranen Arten ist relativ ausgeglichen (s. Tab. 1/11, S. 30).

(3) Granitbrüche

Die Häufung nordischer (nordisch-kontinentaler, nordisch-präalpiner) Elemente in Granitbrüchen (vgl. Tab. 1/12, S. 31) kann vermutlich als späte Folge nacheiszeitlicher Arealverschiebungen aufgefaßt werden: "Mit dem Rückgang der Eisschilde, wegen steigender Temperatur, setzte auch eine Sukzession zu einer geschlossenen Vegetationsdecke ein [...] Daher wurden die meisten hier behandelten Arten (Florenelemente mit nordischer Verbreitung - Anm. d. Verf.) auf wenige, ihnen ökologisch und physiologisch zusagende Standorte zurückgedrängt, wo sie nur einer geringen Konkurrenz ausgesetzt

Tabelle 1/11

In Sandsteinbrüchen vorkommende Arten mit über das eurassubozeanische Florengebiet hinausreichenden Verbreitungsarealen bzw. Verbreitungsschwerpunkt in diesen.

Nordisch (arktisch-alpin)	
<i>Cryptogramma crista</i>	<i>Dryopteris austriaca</i>
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	<i>Polystichum lonchitis</i>
Nordisch-eurasisch (nordisch-kontinental)	
<i>Pyrola rotundifolia</i>	<i>Antennaria dioica</i>
<i>Drosera rotundifolia</i>	<i>Eleocharis palustris</i>
<i>Athyrium filix-femina</i>	<i>Carex pallescens</i>
<i>Epilobium angustifolia</i>	<i>Equisetum palustre</i>
<i>Pyrola minor</i>	<i>Diphysium issleri</i>
<i>Diphysium complanatum s.s.</i>	<i>Orthilia secunda</i>
<i>Lycopodium clavatum</i>	
Nordisch-präalpin	
<i>Lycopodium annotinum</i>	<i>Luzula luzuloides</i>
<i>Huperzia selago</i>	
Präalpin-submediterrän	
<i>Senecio fuchsii</i>	
Submediterrän	
<i>Bromus erectus</i>	<i>Euphorbia cyparissias</i>
<i>Stachys recta</i>	<i>Festuca trichophylla</i>
<i>Sedum reflexum</i>	
Submediterrän-kontinental	
<i>Campanula cervicaria</i>	<i>Isatis tinctoria</i>
<i>Campanula persicifolia</i>	<i>Sedum maximum</i>
<i>Genista germanica</i>	<i>Geranium sanguineum</i>
<i>Bromus tectorum</i>	
Submediterrän-mediterrän (Smed-med-Kontinental)	
<i>Filago vulgaris</i>	<i>Filago arvensis</i>
<i>Lepidium campestre</i>	<i>Vulpia myuros</i>
<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Vicia angustifolia</i>
Submediterrän-eurasisch	
<i>Barbarea vulgaris</i>	<i>Neottia nidus-avis</i>
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Potentilla argentea</i>
<i>Vicia hirsuta</i>	<i>Medicago falcata</i>
<i>Medicago lupulina</i>	<i>Picris hieracioides</i>
<i>Senecio erucifolius</i>	
Submediterrän-subatlantisch	
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>
<i>Carlina vulgaris</i>	<i>Hieracium sabaudum</i>
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	<i>Aira caryophylla</i>
<i>Hedera helix</i>	<i>Polystichum lobatum</i>
<i>Centaurea erythraea</i>	<i>Mycelis muralis</i>
<i>Saxifraga granulata</i>	<i>Senecio viscosus</i>
Subatlantisch	
<i>Genista pilosa</i>	<i>Galium hircynicum</i>
<i>Blechnum spicant</i>	<i>Aira praecox</i>
<i>Hypericum pulchrum</i>	<i>Teucrium scorodonia</i>
<i>Juncus squarrosus</i>	<i>Lycopodiella inundata</i>
<i>Pedicularis sylvatica</i>	<i>Digitalis purpurea</i>

Tabelle 1/12

In Granitbrüchen vorkommende Arten mit über das eurassubozeanische Florengebiet hinausreichenden Verbreitungsarealen oder Verbreitungsschwerpunkt in diesen.

Nordisch (nordisch-arktisch)	
<i>Eriophorum angustifolium</i>	<i>Epilobium palustre</i>
<i>Carex fusca</i>	<i>Carex leporina</i>
<i>Carex rostrata</i>	<i>Comarum palustre</i>
<i>Equisetum sylvaticum</i>	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>
Nordisch-eurasisch	
<i>Alopecurus geniculatus</i>	<i>Alopecurus aequalis</i>
<i>Athyrium filix-femina</i>	<i>Eleocharis palustris</i>
<i>Scutellaria galericulata</i>	<i>Equisetum arvense</i>
<i>Equisetum fluviatile</i>	<i>Equisetum palustre</i>
<i>Maianthemum bifolium</i>	<i>Carex canescens</i>
<i>Orthilia secunda</i>	<i>Pyrola minor</i>
<i>Antennaria dioica</i>	
Nordisch-kontinental	
<i>Ranunculus sceleratus</i>	<i>Diphysium complanatum s.s.</i>
<i>Diphysium issleri</i>	
Nordisch-präalpin	
<i>Nardus stricta</i>	<i>Epilobium collinum</i>
<i>Arnica montana</i>	<i>Alchemilla monticola</i>
<i>Alchemilla glaucescens</i>	<i>Hieracium bifidum</i>
<i>Vaccinium uliginosum</i>	<i>Huperzia selago</i>
<i>Lycopodium annotinum</i>	<i>Melampyrum sylvaticum</i>
<i>Stellaria nemorum</i>	<i>Asplenium septentrionale</i>
Präalpin	
<i>Calamagrostis villosa</i>	<i>Lonicera nigra</i>
<i>Erica carnea</i>	
Präalpin-submediterrän	
<i>Prenanthes purpurea</i>	
Submediterrän	
<i>Chrysanthemum parthenicum</i>	<i>Veronica triphyllos</i>
Submediterrän-eurasisch (submediterrän-kontinental)	
<i>Calamintha acinos</i>	<i>Turritis glabra</i>
<i>Euphorbia cyparissias</i>	<i>Matricaria chamomilla</i>
<i>Galeopsis pubescens</i>	<i>Scleranthus perennis</i>
<i>Verbascum lychnitis</i>	<i>Sedum maximum</i>
<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>Lithospermum arvense</i>
<i>Myosotis stricta</i>	
Submediterrän-subatlantisch	
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>Hieracium sabaudum</i>
<i>Senecio fuchsii</i>	<i>Filago minima</i>
<i>Clinopodium vulgare</i>	<i>Jasione montana</i>
<i>Senecio viscosus</i>	<i>Saxifraga granulata</i>
<i>Phyteuma spicatum</i>	
Submediterrän-mediterrän	
<i>Filago arvensis</i>	<i>Centaurium pulchellum</i>
<i>Raphanus raphanistrum</i>	
Kontinental-gemäßig kontinental	
<i>Hieracium bauginii</i>	<i>Digitalis grandiflora</i>
<i>Viscaria vulgaris</i>	<i>Carex brizoides</i>
<i>Centaurea stoebe</i>	<i>Melampyrum nemorosum</i>
<i>Genista germanica</i>	
Subatlantisch	
<i>Galium harcynicum</i>	

waren. Es sind in der Regel kühle, feuchte bis nasse, +/- nährstoffarme Biotope wie Kaltluftlöcher, Eiskeller und Blockhalden, nordexponierte Felswände, Quellfluren [...] (MILBRADT 1976).

Nordexponierte oder beschattete Steinbrüche können also unter geeigneten Umständen als Sekundärstandorte für Spezialstandorte in Frage kommen, die - wie z.B. im Bayerischen Wald - zur Zeit der größten Vereisung vergletschert waren und nach der Erwärmung Rückzugsgebiete für einstmals weitverbreitete Arten darstellten (ebd.).

1.4.3 Floristisch-vegetationskundliche Ausstattung unterschiedlicher Steinbruch- und Haldenstandorte

Die Pflanzenbesiedlung der verschiedenen Sukzessionsphasen in (ehemaligen) Steinbrüchen korrespondiert mit der jeweiligen Umgebung, enthält aber immer wieder auch zumindest aus örtlicher Sicht "steinbruchspezifische" Flechten-, Moos- und Gefäßpflanzenarten, ja sogar weithin einzigartige Vorkommen.

Größere, nicht mehr oder nur sporadisch genutzte Bruch- und Haldenareale sind floristisch-vegetationskundlich gesehen "Kleinlandschaften", deren standörtliche und syndynamische* Komplexität eine hohe Aufnahmekapazität für oligohemerobe** Arten und Pflanzengemeinschaften bedingt.

Natürlich differieren die Arten- und Gesellschaftsinventare und -potentiale sehr stark nach den Gesteins-, Verwitterungs- und Florengebietstypen. Die an dieser Stelle notgedrungen stark vereinfachende Darstellung nimmt eine Untergliederung nach Ausgangsgesteinen vor; sie gliedert sich also in Kalk- und Dolomit-, Gips-, Basalt- und Diabas-, Sandstein- und Grauwacken-, Granit- sowie Serpentinbrüche.

1.4.3.1 Kalk- und Dolomitbrüche

Kalkbrüche zählen zu den am besten untersuchten Steinbruchtypen. Hervorzuheben sind in erster Linie die Arbeiten von HENRION (1985), POSCHLOD & MUHLE (1985), POSCHLOD (1987) und KUGLER (1989, unpubl.). Für Dolomit liegt nur eine kurze Notiz im Rahmen der Arbeit von HENRION (1985) vor. Soweit eine weitergehende Differenzierung - hauptsächlich regionaler Art - des sehr umfangreichen Komplexes "Kalkbrüche" notwendig erscheint, wird im Text darauf hingewiesen.

Die Vegetation der Kalkbrüche umfaßt annähernd das gesamte Spektrum der natürlichen bzw. halbnatürlichen Kalk-Standorte mit Ausnahme gut ausgebildeter Quell- und Flachmoorstandorte. Während der nasse Flügel eher selten ist und die Einheiten nur fragmentarisch ausgebildet sind, zeigt sich ein deutlicher Schwerpunkt bei den Gesellschaften der

Trockenstandorte. Hier wird der höchste Artenreichtum und der höchste Anteil an seltenen und gefährdeten Arten erreicht. Den vorliegenden Untersuchungen zufolge scheint dies überraschenderweise nicht nur in vorwiegend südexponierten Brüchen der Fall zu sein, sondern auch in nordexponierten Lagen (Kalkbruch bei Ursprung). In vielen Fällen sind die Abraumhalden - v.a. in alten Werksteinbrüchen - floristisch und vegetationskundlich ebenso interessant wie die übrigen Teillebensräume.

Im Mittelpunkt stehen die Weißjura- und Muschelkalksteinbrüche der germanischen Fazies Mittel- und Nordbayerns. Die hiervon stark abweichenden Verhältnisse anderer (ehemals) ausgebeuteter Karbonatfelsstandorte (Bayerische Alpen, Kalktravertin- und Tuffbrüche des Alpenvorlandes und Juras, Nagelfluhbrüche des alteiszeitlich geprägten Alpenvorlandes, Rieser Süßwasserkalke etc.) werden nur gelegentlich gestreift, soweit eigene Beobachtungen vorliegen.

Vegetation der Abbruchkante / der Räumfläche

In einem nordexponierten Steinbruch der Nördlichen Frankenalb sind die Felsköpfe oberhalb der eigentlichen Abbruchkante Standorte von Farn- und Moosgesellschaften (NECKERO-ANOMODONTETUM VITICULOSI, ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM FRAGILIS, ASPLENIETUM TRICHOMANO-RUTA MURARIAE). An einigen Stellen mit geringer Rohhumusaufgabe etablieren sich Vertreter des Verbandes ALYSSO ALYSSOIDIS-SEDION ALBI. Direkt am Übergang zur Abbruchwand dominieren Arten der Klasse SEDOSCLERANTHETEA (*Sedum album*, *Arenaria serpyllifolia*), in einigen Fällen kommt es zur Dominanz von Einzelarten z.B. von *Inula conyza* und *Fragaria-Hybriden* (KUGLER 1989, unpubl.).

In den meist seit langem stillliegenden, bei Polling (WM) aber noch extensiv abgebauten Kalktuffbrüchen des Alpenvorlandes haben sich die sekundären Felskanten und die Räumflächen zu bedeutenden Ersatzstandorten für verschwundene Kalkmagerrasen entwickelt. Eine Reihe prä- und dealpiner Arten wie der Alpenquendel (*Calamintha alpina*), das Rindsauge (*Bupthalmum salicifolium*) und der Berggamander (*Teucrium montanum*) haben sich dort zusammengefunden.

Vegetation der Abbruchwand

In Brüchen der Südlichen Frankenalb beschreibt POSCHLOD (1987) für feinerdereiche Fugen und Spalten in südexponierten Lagen eine *Aloina rigida*-Gemeinschaft. Auf Felssimsen etabliert sich die *Sedum-album*-Gemeinschaft, die von der namengebenden Art dominiert wird. In nordexponierten Wänden siedelt die *Encalypta streptocarpa*-Gemeinschaft. Ebenfalls in Nordexposition anzutreffen ist die *Asplenium ruta-muraria*-Gemeinschaft, die neben *Asplenium ruta-muraria* auch *Asplenium trichomanes* und *Cystopteris fragilis* beinhaltet

* Vielfalt unterschiedlicher Sukzessionsphasen

** für naturnahe Standorte bezeichnend

(Fragmente des ASPLENIO-CYSTOPTERIDETUM FRAGILIS). Die *Arrhenatherum elatius*-Gemeinschaft besteht in der Regel nur aus der namensgebenden Art. Sie findet sich auf den Felssimsen, gelegentlich begleitet von *Dactylis glomerata*.

Im Steinbruch bei Urspring (Nördliche Frankenalb) hat sich noch keine typische Felsband-/Felsspalten-gesellschaft ausgebildet, was auf die Instabilität der Wand zurückzuführen ist. An einigen Stellen läßt sich die *Encalypta streptocarpa*-Gemeinschaft nachweisen. Als einzige höhere Pflanze ist *Sedum album* befähigt, den Standort zu besiedeln (KUGLER 1989, unpubl.). An den Wänden der Muschelkalkbrüche kann *Anthemis tinctoria* faziesbildend auftreten (ULLMANN 1977).

Vegetation der Schuttkegel/ der Schutthänge

Die Kalkmergelschichten bzw. -einlagerungen werden nach ihrer Aufschließung durch das Wasser leicht erodiert und bilden Mergelsyroeme (MÜCKENHAUSEN 1977). POSCHLOD & MUHLE (1985) fanden in den Feinschutthalde der Mergelbrüche der Schwäbischen Alb *Tussilago farfara* als dominierenden Pionier, der im Laufe der Sukzession von *Brachypodium pinnatum* abgelöst wird, wobei diese Entwicklung auf nordexponierten Hängen schneller vor sich geht als in südexponierten Lagen. Als Gehölzpioniere siedelten sich nach dieser ersten oberflächlichen Festlegung durch Pioniere - wiederum bevorzugt in nordexponierten Lagen - *Acer campestre*, *Acer pseudoplatanus*, *Picea abies* und *Pinus sylvestris* an (nach POSCHLOD & MUHLE 1984). Die weitere Entwicklung dokumentieren Bereiche, in denen die Buche bereits einen Deckungsgrad von 50% besitzt; in der Krautschicht fanden sich Waldarten wie *Anemone nemorosa*, *Asarum europaeum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Galium sylvestris* und *Melica nutans* (nach POSCHLOD & MUHLE 1985).

Auf den stark nach Größenklassen sortierten Schuttkegeln im Bereich der Südlichen Frankenalb (Treuchtlingen/Solnhofen) zeigt sich - zumindestens in Südexposition - eine deutliche Zonierung: die vom Grobmaterial bedeckten Flächen werden von *Galeopsis angustifolia* beherrscht (daneben *Geranium rober-*

tianum). Die feinerdereicheren Oberhänge beherbergen dagegen zahlreiche Arten einerseits der thermophilen Säume wie *Origanum vulgare* und *Anthemis tinctoria*, andererseits der *Daucus carota*-*Melilotus alba*-Gemeinschaft. Beschattete Schuttkegel sind dagegen sehr artenarm; häufig werden sie von *Clematis vitalba* überwuchert (nach POSCHLOD 1987).

In einem Kalksteinbruch der Nördlichen Frankenalb (Urspring) erwiesen sich die nordexponierten Schuttkegel als typischer Standort für die Arten der Klasse EPILOBIETEA ANGUSTIFOLIAE (EPILOBI-GERANIETUM ROBERTIANI): *Epilobium angustifolia* dominiert, daneben kommen u.a. *Epilobium montanum*, *Mycelis muralis* und *Torilis japonica* vor (KUGLER 1989, unpubl.). Einen Überblick über tatsächliche oder mögliche Sukzessionsabläufe gibt Abb. 1/7.

Vegetation der Sohle

Im Bereich der Schwäbischen Alb lassen sich nach POSCHLOD & MUHLE (1985) in Kalkmergelbrüchen folgende Gesellschaften abgrenzen: Auf schwach steinigen, trockenen bis wechsellückigen Böden siedelt das POO-TUSSILAGINETUM FARFAE mit den Arten *Poa compressa*, *Tussilago farfara*, *Phleum pratense*, *Daucus carota* und *Lotus corniculatus*. In dieser Gesellschaft finden sich - besonders in der Initialphase - auch Arten der ausdauernden Stickstoff-Krautfluren (ARTEMISIETEA, PLANTAGINETEA). Mit der Ablösung des Initialstadiums geht ihr Anteil deutlich zurück.

Eng verzahnt mit dieser Gesellschaft ist das ECHIO-MELILOTETUM, das dagegen stärker an verdichtete, stark steinige Böden gebunden ist. Charakteristische Arten sind neben den namensgebenden Arten *Echium vulgare* und *Melilotus alba* auch *Melilotus officinalis*, *Cichorium intybus* und *Hieracium piloselloides*. Als Folgegesellschaft wurden auf sonnenexponierten Standorten MESOBROMETEN, auf schattigeren Standorten mit ausgeglichenerem Wasserhaushalt GENTIANO-KOELERIETEN (mit hohem *Brachypodium pinnatum*-Anteil) gefunden. Wie Tab. 1/13 (S. 34) zeigt, können auch Stadien mit Dominanz der Aufrechten Trespe im Verlauf der

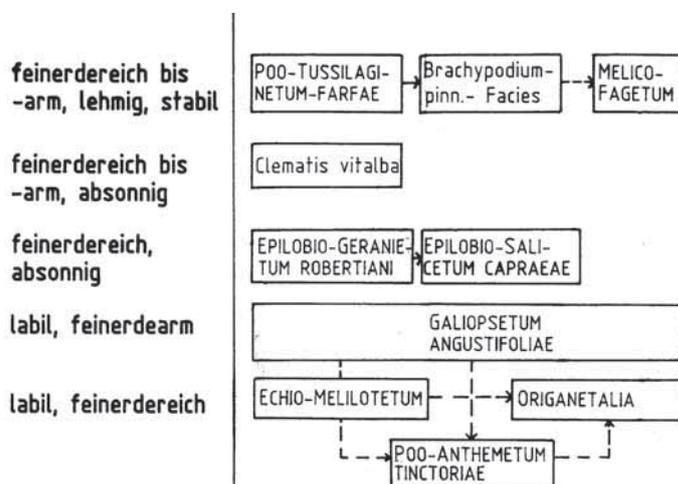


Abbildung 1/7

Sukzessionsschema für Schutthänge/Schuttkegel von Kalksteinbrüchen

Tabelle 1/13

Kalk- und Dolomitbrüche: Entwicklungs- und Übergangsstadien der Vegetation der Sohle (POSCHLOD & MUHLE 1985, leicht verändert)

Stadium	1	2	3	4	5
Zahl der Aufnahmen	10	8	10	12	13
Alter d. Flächen (Jahre)	0-15	10-25	30-50	40-80	40-80
Baumschicht					
<i>Pinus sylvestris</i>	I	I	II	IV	V
<i>Picea abies</i>	I	II	II	I	III
<i>Acer pseudoplat.</i>	I	I	I	III	II
<i>Salix caprea</i>	I	III	I		I
Strauchschicht					
<i>Juniperus communis</i>			I	III	II
<i>Frangula alnus</i>			I	II	III
<i>Cornus sanguinea</i>				II	IV
<i>Viburnum lantana</i>				II	IV
<i>Ligustrum vulgare</i>				I	II
Krautschicht					
<i>Hieracium piloselloides</i>	III				
<i>Daucus carota</i>	V	V			
<i>Phleum pratense</i>	V	V			
<i>Picris hieracioides</i>	III	IV			
<i>Dactylis glomerata</i>	III	III		I	
<i>Leontodon autumnalis</i>	III	II			
<i>Lolium perenne</i>	III	II			
<i>Echium vulgare</i>	III	I			
<i>Melilotus alba</i>	III	I			
<i>Trifolium pratense</i>	III	I			
<i>Cichorium intybus</i>	II	II			
<i>Arrhenatherum elat.</i>	I	IV		I	
<i>Poa compressa</i>	V	V	I		
<i>Tussilago farfara</i>	IV	III	I		
<i>Hypericum perforatum</i>	III	IV	I		
<i>Linum catharticum</i>	III	II	III		I
<i>Medicago lupulina</i>	III	I	I		I
<i>Agrostis gigantea</i>	II	III	II		
<i>Erigeron acris</i>	II	III	I		
<i>Plantago lanceolata</i>	IV	IV	I	I	
<i>Lotus corniculatus</i>	IV	V	III	II	IV
<i>Taraxacum officinale</i>	III	III	I	II	III
<i>Hieracium pilosella</i>	II	II	I	I	I
<i>Hieracium murorum</i>	I	IV	I	III	II
<i>Carex flacca</i>	I	II	V	V	III
<i>Prunella grandiflora</i>	I	II	IV	III	I
<i>Trifolium medium</i>	I	I	I	II	II
<i>Agrimonia eupatoria</i>	I		I	I	II
<i>Senecio erucifolius</i>		II	I		
<i>Scabiosa columbaria</i>		I	III		
<i>Ononis spinosa agg.</i>		I	III	I	
<i>Bupthalmum salicifolium</i>		I	II	I	
<i>Potentilla tabernaemontani</i>		I	II	I	
<i>Bromus erectus</i>		IV	V	IV	II
<i>Sanguisorba minor</i>		III	III	IV	IV
<i>Origanum vulgare</i>		III	I	I	II
<i>Festuca ovina</i>		I	V	III	I
<i>Brachypodium pinnatum</i>		II	IV	IV	V
<i>Anthyllis vulneraria</i>		II	I	I	I

Fortsetzung					
Stadium	1	2	3	4	5
<i>Koeleria cristata</i>		I	II	III	II
<i>Euphorbia cyparissias</i>		I	II	II	II
<i>Plantago media</i>		I	II	II	I
<i>Medicago falcata</i>		I		IV	II
<i>Thymus pulegioides</i>			II		
<i>Globularia elongata</i>			III	II	
<i>Pimpinella saxifraga</i>			III	I	
<i>Galium verum</i>			I	II	
<i>Aster amellus</i>			I	I	
<i>Clinopodium vulgare</i>			I		I
<i>Leontodon hispidus</i>			III	II	I
<i>Hippocrepis comosa</i>			II	III	I
<i>Asperula cynanchica</i>			II	I	I
<i>Carlina vulgaris</i>			I	I	I
<i>Goodyera repens</i>				II	II
<i>Fragaria vesca</i>	II			I	III
<i>Moneses uniflora</i>				I	III
<i>Orthilia secunda</i>				I	III
<i>Pyrola rotundifolia</i>				I	II
<i>Hieracium umbellatum</i>				I	II
<i>Rubus saxatilis</i>				I	I

1: *Poa compressa*-Stadium
 2: Übergang zum *Bromus erectus*-Stadium
 3: *Bromus erectus*-Stadium
 4: Übergang zum *Brachypodium pinnatum*-Stadium
 5: *Brachypodium pinnatum*-Stadium

Die römischen Ziffern geben die Frequenz der Art an.
 I: in 1 - 20% der Aufnahmen
 II: in 21 - 40% der Aufnahmen
 III: in 41 - 60% der Aufnahmen
 IV: in 61 - 80% der Aufnahmen
 V: in 81 - 100% der Aufnahmen

weiteren Sukzession von Fiederzwenken-reichen Beständen abgelöst werden. Die an sich deutlichen floristischen Unterschiede zwischen GENTIANO-KOELERIETUM und MESOBRUMETUM, die auf die unterschiedliche Nutzung (Beweidung oder Mahd) zurückzuführen sind, verwischen sich auf den ungenutzten Steinbruchflächen (HENRION 1985). Selbst in Gesellschaften, die eindeutig dem GENTIANO-KOELERIETUM zugeordnet werden können, ist nicht selten die Aufrechte Trespe mit einem hohen Deckungsgrad vertreten (POSCHLOD & MUHLE 1985, HENRION 1985).

Auf extrem wechselfeuchten, gelegentlich staunassen Böden stockt eine *Agrostis stolonifera*-*Carex flacca*-Gesellschaft, wobei *Agrostis stolonifera* vor allem in den beschatteten Bereichen ausgedehnte Herden bildet, *Carex flacca* wiederum in den besonnten Bereichen stärker dominiert. Mit zunehmendem Alter wandern zahlreiche Weidenarten ein (*Salix caprea*, *S. alba*, *S. cinerea*, *S. eleagnos*, *S. myrsinifolia*, *S. purpurea*) und bilden eine ausdauernde Vorwaldgesellschaft.

Neben der *Poa compressa*-Gemeinschaft (POO-TUS-SILAGINETUM FARFARAE) ist die *Sedum album*-Gemeinschaft auf den Steinbruchsohlen der Südlichen Frankenalb vorherrschend. *Sedum album* ist die häufigste der fünf vorkommenden *Sedum*-Arten. In dieser Gemeinschaft ist auch *Arrhenatherum elatius* mit oft hohen Deckungsgraden vertreten (nach PO-

SCHLOD 1987). Auf lehmigen, auch verdichteten Standorten haben die Pflanzengesellschaften der Klassen ARTEMISIETEA und AGROPYRETEA MEDI-REPERTIS einen Konkurrenzvorteil (KLOTZ 1990).

KUGLER (1989, unpubl.) fand in einem Steinbruch der Nördlichen Frankenalb auf wechselfeuchten Böden eine von *Juncus compressus* dominierte Gesellschaft, die - darauf weisen auch die vergesellschafteten Arten *Agrostis stolonifera* und *Ranunculus repens* hin - der von POSCHLOD & MUHLE (1985) beschriebenen *Agrostis stolonifera*-Gesellschaft sehr ähnlich sein dürfte.

Auf trockenen, trittbelasteten Stellen siedelt ein halbruderaler Pionier-Trockenrasen, dem neben *Poa compressa* (vgl. POSCHLOD & MUHLE 1985) auch Arten der xerothermen Standorte wie *Sedum album* und *Arenaria serpyllifolia* sowie Trittbelastungszeiger wie *Plantago major* und *Poa annua* angehören (nach KUGLER 1989, unpubl.).

In den nordbayerischen Muschelkalkbrüchen treten mit *Cerastium pumilum*, *Saxifraga tridactylites*, *Cerastium brachypetalum* und *Minuartia hybrida* die typischen Arten des CERASTIETUM PUMILI in Erscheinung (MEIEROTT 1989, mdl.).

Da Primärstandorte heute rar geworden sind, bilden Steinbrüche deren wichtigsten Ersatzlebensraum. Nach WITSCHERL (1980) kann diese Gesellschaft von einem XEROBROMETUM abgelöst werden.

Denkbar ist auch ein Abbau durch das POO-ANTHEMETUM TINCTORIAE, dessen Arten (z.B. *Melica ciliata*, *Poa compressa*, *Anthemis tinctoria*) in das CERASTIETUM einwandern (ULLMANN 1977). Die im Abschnitt "Abraumhalden" noch ausführlicher zu besprechende Assoziation von *Galeopsis angustifolia* findet sich auch in den Muschelkalkbrüchen. Hier besiedelt sie allerdings nicht rutschende oder zur Ruhe gekommene Abraumhalden, sondern vorwiegend flache Steinhäufen auf der Sohle (ULLMANN 1977). Auf einer bereits weiter entwickelten Sohle konnte MEIEROTT (1989, mdl.) mit *Trinia glauca* und *Carex humilis* die Charakterarten des TRINIO-CARICETUM HUMILIS feststellen.

Auf Standorten mit ausgeglichenem Wasserhaushalt können Arten der Segetalflora wie *Caucalis platycarpus* und *Althaea hirsuta* sowie Arten des SISYMBRION z.B. *Chenopodium vulvaria* und *Xanthium strumarium* (MEIEROTT 1989, mdl.) angetroffen werden.

Auf lehmigen, frischen und z.T. staunassen Böden konnten in Nordrhein-Westfalen ausgeprägte Pfeifengrasbestände festgestellt werden, die von *Carex panicea*, *Luzula campestris*, *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatum* und *Potentilla erecta* begleitet wurden (HENRION 1985). Einen Überblick über mögliche Sukzessionsabläufe gibt Abb. 1/8.

HENRION (1985) beschreibt einen Dolomitbruch, der erst vor kurzer Zeit aufgegeben wurde. Die Autorin konnte daher vor allem kurzlebige Ruderalgesellschaften feststellen, die zum einen Arten der Hackunkrautgesellschaften (POLYGONO-CHENOPO-

DIETALIA), zum anderen Arten des SISYMBRION enthielten. Vertreter der Halbtrockenrasen waren nur vereinzelt zu finden. Selbst auf flachgründigem Boden wird die lückige Vegetation binnen kurzem vom Vorwaldstadium abgelöst (ebd.).

Vegetation temporärer und perennierender Gewässer

Auf einem Steinbruchstandort der Schwäbischen Alb, der durch einen angeschnittenen Quellhorizont charakterisiert war, stockte ein CARICETUM DAVALLIANAE. Im Übergang zu den angrenzenden Trockenrasen faßten Arten des CIRSIO TUBEROSI - MOLINIETUM ARUNDINACEAE Fuß. In flachen Tümpeln dominiert häufig *Eleocharis palustris*, in manchen Fällen begleitet von *Equisetum palustre*, *Juncus articulatus* und *Alisma plantago-aquatica* (POSCHLOD & MUHLE 1985).

KUGLER (1989) beschreibt in einem bis zu 0,3 m tiefen Tümpel eine *Typha latifolia*-Gesellschaft mit den Arten *Typha latifolia*, *Mentha aquatica* und *Equisetum arvense*, weiterhin *Chara vulgaris* und *Ranunculus trichophyllos*.

Vegetation der Abraumhalde

Nicht überall entstanden im Verlauf des Gesteinsabbaus so gewaltige, landschaftsprägende Halden wie im Gebiet der Solnhofener Plattenkalkbrüche, bei denen nur 10% des Materials genutzt werden konnten, die restlichen 90% als Abraum anfielen. Halden treten jedoch in kleineren Ausmaßen in allen zur Werksteingewinnung dienenden Kalkbrüchen auf. Grobe und scherbige Materialien bleiben über eine

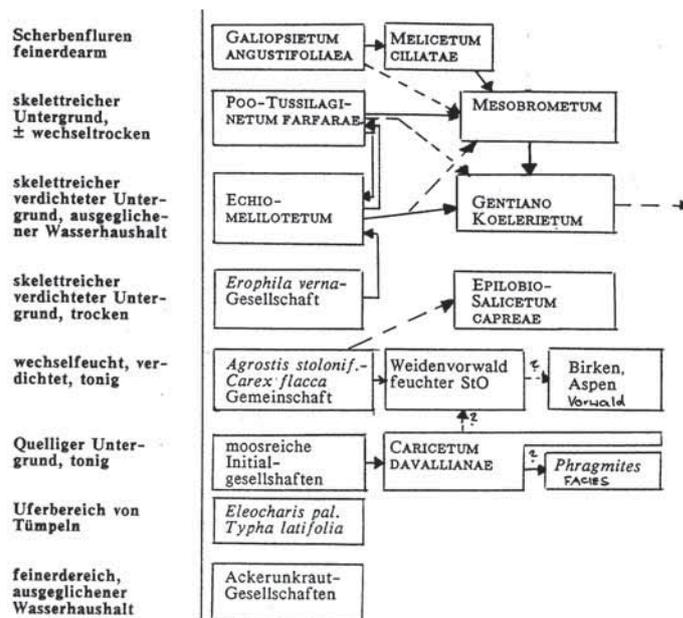


Abbildung 1/8

Sukzessionschema für die Sohle von Kalksteinbrüchen

lange Zeitspanne vegetationsfrei, wie dies die 40 und mehr Jahre alten Halden des Solnhofener Plattenkalkgebietes zeigen.

Auf mehr oder weniger südexponierten Halden der Südlichen Frankenalb, die sich entweder durch endogene Ursachen oder anthropogene Einwirkung (häufiges Betreten) noch in Bewegung befinden, dominiert der Schuttpionier *Galeopsis angustifolia* (POSCHLOD 1987). Er meidet aber auch zum Stillstand gekommene Halden nicht. Ausschließlich auf rutschende Hangpartien beschränkt sich dagegen das Vorkommen von *Chaenorrhinum minus* (SCHÖNFELDER 1967), das damit als Charakterart rutschender Kalkschutthänge angesprochen werden kann. Beide Arten sind Vertreter der nur wenige Arten umfassenden Assoziation GALIOPSIETUM ANGUSTIFOLIAE, deren primärer Standort auf "Schotterhalden am Fuß von Bergstürzen" (KORNECK 1975) zu finden ist. Sie erfuhr durch die Besiedelung sekundärer Standorte eine deutliche Ausbreitung (nach HILBIG & REICHHOFF 1977).

In enger Nachbarschaft zum GALIOPSIETUM ANGUSTIFOLIAE findet sich - mit Schwerpunkt auf den festgelegten Schutthalden - das TEUCRIO-MELICETUM CILIATAE. *Melica ciliata* als namengebende Art beansprucht auf den Haldenböschungen eine vergleichsweise geringe Fläche, zeigt sich hingegen auf den etwas feinerreicheren Haldenplateaus bestandsbildend. Zusammen mit *Geranium robertianum* und *Sedum album* sowie *Teucrium botrys* bildet *Melica ciliata* eine Pioniergemeinschaft auf z.T. verdichteten ebenen Flächen (POSCHLOD 1987, GEIM 1989, mdl.). Auf grobblockigem Material ist häufig eine Ausbildung mit *Galeopsis angustifolia* anzutreffen (OBERDORFER 1983), was die enge Verzahnung mit dem GALIOPSIETUM ANGUSTIFOLIAE unterstreicht (zur Verteilung der Einzelarten auf den Halden s. Abb. 1/9). In der südlichen Frankenalb findet sich *Carlina vulgaris* fast ausschließlich in dieser Gesellschaft (GEIM 1989, mdl.). Ebenso wie das GALIOPSIETUM ANGUSTIFOLIAE breitete sich das TEUCRIO-MELICETUM CILIATAE auf Sekundärstandorten stark aus, während nur

noch sehr wenige, typisch ausgebildete Primärstandorte existieren (nach RUNGE 1977). Steinbruchhalden stellen (neben Lesesteinmauern und aufgelassenen Weinbergen) also den letzten Rückzugsraum für diese Pflanzengesellschaft dar.

Im weiteren Verlauf der Sukzession wandert *Bromus erectus* auf trockene, verdichtete Standorte des Haldenplateaus ein, auf feinerreicheren Standorten ist dagegen *Brachypodium pinnatum* anzutreffen (nach HILBIG & REICHHOFF 1977). Auf besonnten, feinerreicheren Haldenschultern bildet oftmals *Arrhenatherum elatius* in enger Verzahnung mit der *Sedum album*-Gesellschaft kleine Herden.

Als Gehölzpioniere fungieren - sowohl auf der Haldenböschung als auch auf dem Plateau - in erster Linie *Pinus sylvestris* und *Salix caprea*, unter deren Schirm sich vor allem *Brachypodium pinnatum* ausbreitet.

Am Hanggrund kann sich in einem späteren Sukzessionsstadium auf einem Mullhorizont über Grobschutt unter älteren Salweiden und Kiefern eine *Pyrola rotundifolia*-Gemeinschaft etablieren. Auf beschatteten Haldenböschungen dominiert häufig *Clematis vitalba*, die sich in Form eines dichten Teppichs über den Blockschutt, der auch sehr grob sein kann, breitet. Auf Grobschutt - doch mit einem hohen Anteil humusreicher Feinerde - in nordexponierter Lage stockt die *Gymnocarpium robertianum*-Gemeinschaft.

In den Muschelkalkbrüchen Nordbayerns herrscht auf skelettreichen, häufig noch mobilen Steinbruchhalden das POO-ANTHEMETUM TINCTORIAE vor, während das GALIOPSIETUM ANGUSTIFOLIAE - zumindest auf den Halden - zwar vorhanden ist (MEIEROTT 1989, mdl., ULLMANN 1985), hingegen mehr in den Hintergrund tritt (ULLMANN 1977). *Melica ciliata* ist sowohl im POO-ANTHEMETUM TINCTORIUM als auch im TEUCRIO BOTRYOS-MELICETUM CILIATAE anzutreffen. Die letztgenannte Gesellschaft besiedelt nicht nur scherbenreiche, noch nicht konsolidierte Halden, sondern auch feinerreichere Flächen. Auf feinerdearmen Böden wird sie nach Beobachtung von ULLMANN (1977

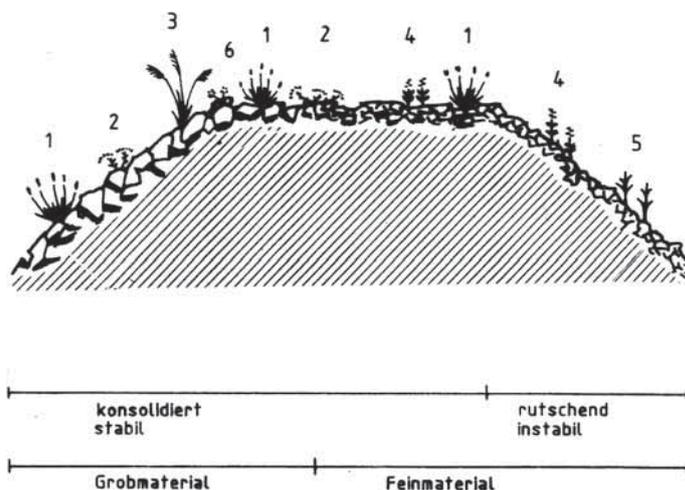


Abbildung 1/9

Verteilung der Einzelarten auf einer Kalk-Heide der Südlichen Frankenalb, schematisch

1 = *Melica ciliata*; 2 = *Sedum album*;
3 = *Arrhenatherum elatius*; 4 = *Galeopsis angustifolia*; 5 = *Chaenorrhinum minus*;
6 = *Geranium robertianum*

und 1985) ebenso wie das DAUCO-PICRIETUM auf feinerreicheren Böden jüngerer Brachen vom POO-ANTHEMETUM abgelöst (s. Abb. 1/10). *Pastinaca sativa*, *Daucus carota*, *Melilotus officinalis* und *Picris hieracioides* sind als Differentialarten gegenüber dem MELICETUM CILIATAE anzusehen (ULLMANN 1977). Die weitere Entwicklung des POO-ANTHEMETUM auf stark tonig-mergeligen Böden führt "entweder zu Initialstadien des MESOBROMION auf sonnigen Standorten oder zu Gesellschaften der ORIGANETALIA" (ULLMANN 1977).

Vegetation der Kalkschlammbecken

Kalkschlammbecken werden häufig in nicht mehr genutzten Steinbrüchen oder Steinbruchteilen eingerichtet. Selbst der an sich klüftige Untergrund der Kalkbrüche dichtet durch die Deposition des schluffigen Feinmaterials ab. Meist kann erst nach Beendigung der Ablagerung die Vegetationsentwicklung einsetzen, die vorher durch oft stark schwankenden Wasserstand verhindert wurde. Gleichzeitig setzt sich der Kalkschlamm ab, das Wasser klärt sich und der Austrocknungsvorgang beginnt.

In Nordrhein-Westfalen beherbergen Kalkschlammbecken Laichkaut-Gesellschaften auf der Wasseroberfläche und Teich-Röhrichte im Uferbereich. Von Beginn an können auch Weiden-Gesellschaften und Huflattich-Fazies beteiligt sein. Durch die zunehmende Austrocknung werden Pflanzengesellschaften mit höheren Ansprüchen an Nässe und Feuchtigkeit von in dieser Beziehung weniger anspruchsvollen Gesellschaften abgelöst (s. Abb. 1/11, S. 39). Als Dauergesellschaft könnte sich schließlich ein Kalk-Buchenwald oder ein Edellaubholz-Wald einfinden (SCHALL 1985).

Untersuchungen an Kalkschlammablagerungen aus quartären Kiesen im Wiener Becken zeigten im Gegensatz zu den oben angeführten Ergebnissen keine

ausgeprägte Vegetationsentwicklung, solange die Flächen nicht ausgetrocknet waren. Künstlich eingebrachter *Typha latifolia* starb infolge von Nährstoffmangel binnen kurzem ab; nur in einer der Untersuchungsflächen bestand längere Zeit eine kleine Wasserfläche, in der sich *Phragmites communis* ansiedeln konnte. Nach der Austrocknung bestimmen in den ersten Jahren *Tussilago farfara* und *Salix purpurea* den Aspekt. In fünf Jahre aufgelassenen Schlammbecken waren Arten der Klassen ARTEMISIETEA, MOLINIO-ARRHENATHERETEA, SEDOSCLERANTHETEA und FESTUCO-BROMETEA reichlich vertreten; die Autoren weisen jedoch darauf hin, daß der Artenreichtum in dem beschriebenen Fall wohl weniger auf das Alter als vielmehr eine starke innere Strukturierung des Geländes zurückzuführen ist. Spätere Sukzessionsstadien (20 Jahre nach Auflassung) zeigen einen deutlichen Zuwachs an Arten der TRIFOLIO-GERANIETEA-Klasse sowie an Arten der Klassen SALICETEA PURPUREAE und QUERCO-FAGETEA (FASCHING et al. 1989).

Für Bayern lassen sich in bereits ausgetrockneten Kalkschlammbecken in Brüchen der Fränkischen Alb sowohl die Weiden-Gesellschaften als auch die Huflattich-Dominanzgesellschaft nach eigenen Beobachtungen bestätigen.

1.4.3.2 Gipsbrüche

Gipslagerstätten sind aufgrund ihrer geologischen Entstehung meist nur geringmächtig. In den meisten Fällen sind daher die Abbautiefen geringer als in anderen Steinbruchtypen. Sie sind allerdings aufgrund der geringen Lagerungsmächtigkeit des abzubauenen Materials sehr flächenintensiv. Wegen der meist nur geringen Höhenunterschiede und des hohen Flächenaufkommens wird in Bayern heute nach dem Abbau häufig eine Rekultivierung in Form von landwirtschaftlicher Fläche angestrebt.

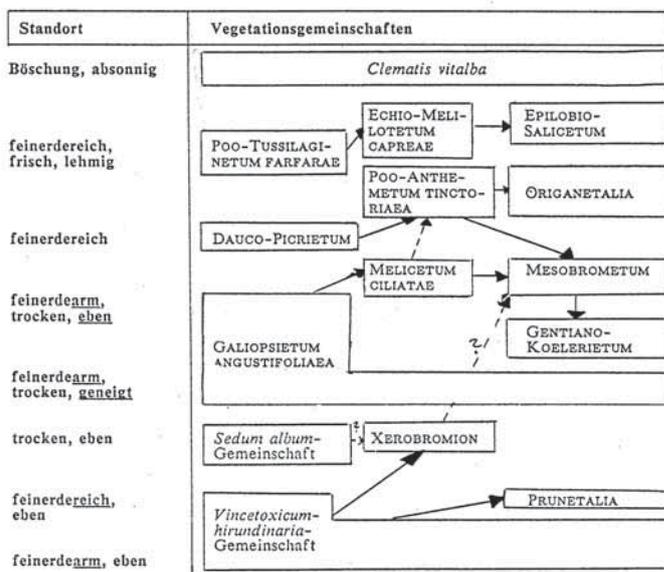


Abbildung 1/10

Sukzessionsschema für Abraumhalden in Kalksteinbrüchen

Wenn die Rekultivierung bereits parallel zum Abbau betrieben wird, so daß nur relativ kleine Flächen über einen längeren Zeitraum offenliegen (HERRMANN et al. 1976), kommt es nur in geringem Umfang zur Etablierung dauerhafter Gesellschaften. Dies ist beispielsweise in den Gipsbrüchen bei Sulzheim der Fall. Um die weitergehende Entwicklung zu beleuchten, wurden die Erhebungen von ZUNDEL & FIESELER (1988) aus Gipsbrüchen des südlichen Harzes herangezogen. Aufgrund der unterschiedlichen klimatischen und pflanzengeographischen Bedingungen sind die Ergebnisse als solche nur sehr bedingt auf bayerische Verhältnisse übertragbar. Insgesamt sind jedoch die Parallelen zur Vegetationsentwicklung auf Kalk (hingegen auch einige markante Abweichungen) unübersehbar. Ebenso wird erneut deutlich, wie sehr die Wiederbesiedlung aufgelassener Abbaustellen von der Vegetation angrenzender Bestände geprägt wird.

Vegetation der Abbruchkante / der Räumfläche

In den mittel- und unterfränkischen Abbaugebieten werden die für den Abbau bestimmten Flächen großflächig abgeräumt, doch die "Schlutten", für Gips typische Erosionshohlformen, werden zunächst noch nicht gesäubert. So entsteht ein Standortmosaik aus sehr flachgründigen, trockenen Böden über dem anstehenden Gestein und tiefgründigen, gut wasserversorgten Böden über den Schlutten. Die Abbaugebiete liegen inmitten intensiv landwirtschaftlich genutzter Flächen. Dies ist der Grund dafür, warum eine Reihe von Ackerwildkräutern dort anzutreffen sind.

Die weiträumig vom Oberboden befreiten Flächen bieten Pflanzen der Segetalflora, hauptsächlich Arten des CAUCALIDION, hervorragende Rückzugsflächen, darunter als charakteristische Arten *Adonis flammea*, *Lathyrus tuberosus*, *Consolida regalis*, *Papaver rhoeas* und *Viola arvensis* (Beobachtungen der Verfasserin). Mit *Adonis flammea* ist auch in einem der Gipsbrüche bei Sulzheim die Kennart des CAUCALIDIO-ADONIDETUM vorhanden, welches "zu den artenreichsten Getreideunkrautgesellschaf-

ten Mitteleuropas" gehört (OBERDORFER 1983). Die meisten Arten des CAUCALIDIO-ADONIDETUM "finden sich in der Roten Liste der stark gefährdeten oder gefährdeten Blütenpflanzen" (ders.).

In den Gipsbrüchen des Harzes ist die Vegetation in ihrer Artenzusammensetzung stark durch die Ausgangsvegetation - Wald oder waldfreie Blaugrashalden - geprägt. Die dort vorkommenden Arten *Sesleria varia* und *Calamagrostis varia* können als Fragmente der *Gentianella germanica-Sesleria varia*-Gesellschaft gedeutet werden; dies um so mehr, da der Vergleich mit länger aufgelassenen Brüchen eine Einwanderung weiterer Charakterarten dieser Gesellschaft zu Tage bringt. Wo, wie es in mehreren Aufnahmeflächen der Fall ist, Buchengesellschaften (MELICO-FAGETUM) benachbart sind, finden sich auf den Räumflächen rasch Charakterarten des Perlgras-Buchenwaldes ein. Ausgesprochen flachgründige Bereiche können dagegen Arten der SEDO-SCLERANTHETEA beherbergen (ZUNDEL & FIESELER 1988).

Vegetation der Abbruchwand

Die Abbruchwände sind meist vegetationsfrei. Nach ZUNDEL & FIESELER (1988) werden die Steilhänge in den Abbaugebieten des Harzes in Ausnahmefällen von Vertretern der Klasse SEDO-SCLERANTHETEA und der *Gentiana germanica-Sesleria varia*-Gesellschaft besiedelt.

Vegetation der Schuttkegel / der Schutthänge

Auf südexponierten Flächen fanden ZUNDEL & FIESELER (1988) zahlreiche Arten der Halbtrockenrasen, auf west- und nordexponierten Hängen Huflattich-Fazies und ausgedehnte Bestände des Land-Reitgrases. Auf einer nordexponierten, noch bewegten Schuttfläche wurde ein GYMNOCAPIETUM ROBERTIANI ausgemacht.

Vegetation der Sohle

Auf flachgründigen Gipsflächen siedeln sich nach ZUNDEL & FIESELER (1988) bevorzugt Arten des ONOPORDION, dem beispielsweise *Cirsium*

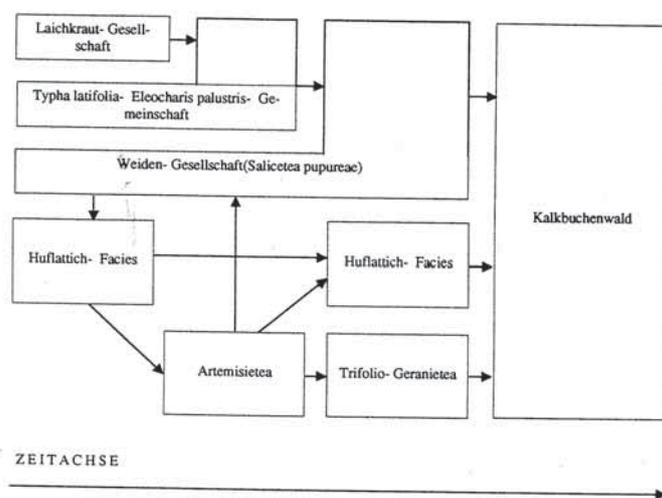


Abbildung 1/11

Sukzessionsschema für Kalkschlammbecken (nach SCHALL 1982 unpubl. in FELDMANN 1987, FASCHING et al. 1989)

acanthoides und *Cirsium nutans* angehören. Auf der Fläche eines etwa seit 50 Jahren stillliegenden Gipsbruchs am Südrand des Harzes hat sich eine etwa 15m hohe Vorwaldgesellschaft, bestehend vor allem aus Birke und Salweide (untergeordnet auch noch Zitterpappel, Kiefer und Fichte) eingefunden. Darunter existiert bereits eine Verjüngung, in der die Eiche und der Bergahorn dominieren; in der Strauchschicht herrschen Arten der PRUNETALIA vor. Die Krautschicht variiert in Abhängigkeit von den Standortbedingungen: neben Arten der Waldlichtungsfluren (*Epilobium angustifolium*, *Senecio fuchsii*, *Rubus fruticosus*) finden sich in lichterem Bereichen Arten der Halbtrockenrasen. Dazwischen findet sich eine weite Bandbreite standörtlicher Abstufungen, die von Arten der Ruderalfluren i.w.S. (DAUCO-MELILOTION, ARCTION, AEGOPODION, POLYGONION AVICULARIS), der Wiesen und Weiden (ARRHENATHERETION, CYNOSURION) und der Buchenwaldgesellschaften besetzt werden (ZUNDEL & FIESELER 1988).

Vegetation der Abraumhalde

Die i.d.R. mit hohem Feinerdeanteil ausgestatteten Abraumhalden der Gipsbrüche im Raum Sulzheim bieten einen Rückzugsraum für eine Reihe von Ackerwildkräutern, allen voran *Papaver rhoeas* und *Consolida regalis*. Auffallend ist außerdem der Reichtum an Disteln, der eine Parallele zu den Beobachtungen von ZUNDEL & FIESELER (1988) darstellt und möglicherweise als Besonderheit der Gipsbrüche gewertet werden muß.

Die Abraumhalden der Gipsbrüche des Harzes beinhalten eine Mischung aus ECHIO-MELILOTETUM und TANACETO-ARTEMISIETUM (ZUNDEL & FIESELER 1988). Gipsreiche Schüttungen enthalten neben den Arten des ECHIO-MELILOTETUMS eine Reihe von Disteln (*Cirsium acanthoides*, *Cirsium nutans*), die dem ONOPORDION zuzurechnen sind. Bei besserer Nährstoffversorgung treten die Arten des ARCTION hinzu, bei geringerer Nährstoffversorgung Arten der Halbtrockenrasen. Auf mehreren beobachteten Teilflächen konnten bereits Arten der PRUNETALIA und der Edellaub-Mischwälder Fuß fassen (ebd.).

1.4.3.3 Basalt- und Diabasbrüche

- Aufgrund der unterschiedlichen mineralischen Zusammensetzung der Basalte lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen zur Pflanzenwelt machen. In erster Linie sind die unterschiedlichen Kalzium- bzw. SiO₂-Anteile für die Ausprägung der Vegetation verantwortlich. Die chemische Heterogenität der Standorte findet in der Ausprägung der Pflanzengemeinschaften ihren Niederschlag: auf kalziumreichen Standorten können zahlreiche Pflanzen beobachtet werden, deren Hauptverbreitung auf basenreichen Standorten liegt, eine Phänomen, das möglicherweise durch physikalische Ähnlichkeiten mit Karbonatböden (NIGGLER 1979) zu erklären ist. Auf kalziumarmem Substrat sind im trockenen Flügel Arten der Sandmagerrasen verstärkt zu beobachten, auf Böden mit ausgeglichenerem Was-

serhaushalt Arten der ein- und mehrjährigen Ruderalgesellschaften.

Vegetation der Abbruchwand

Basaltwände unterliegen einer raschen Verwitterung, die durch die Strukturen der Bruchwand vorgegeben ist. Durch die langsame Erstarrung des Gesteins entstanden zunächst senkrecht stehende, fünf- bis achteckige Säulen, die auch häufig senkrecht zur Säulenausrichtung gerissen sind. Dadurch entsteht ein Muster von Rissen und Kanten, das sich netzartig über die Bruchwand zieht. Auf instabilen Wänden kann sich keine Vegetation halten, in stabileren Wänden dominiert *Arrhenatherum elatius*.

Vegetation der Sohle

Auf kalziumreichem Substrat konnte KÜMPEL (1986, 1991, mdl.) insbesondere in der Initialphase der Besiedelung die Etablierung individuenreicher Orchideenvorkommen feststellen. *Orchis mascula* und *Dactylorhiza fuchsii* erreichten in mehreren Brüchen nach ca. 20 Jahren ihr Optimum mit tausenden Exemplaren. Auf exponierten Haldenteilen stellten sich auch *Gymnadenia conopsea* und *Epipactis helleborine* ein.

Auf kalziumarmem, trockenem, grusigem bis feinerdreichem Material siedelt eine Therophytengesellschaft mit den Arten *Arabis glabra*, *Filago arvensis*, *Cerastium glutinosum* und *Myosotis stricta*, zu denen sich der Hemikryptophyt *Potentilla argentea* gesellt (MEIEROTT 1989, mdl.). Auf trockenen, erst vor kurzem entstandenen Flächen konnte MÜLLER (1991, mdl.) ein Mosaik aus Arten verschiedener Gesellschaften feststellen; hauptsächlich beteiligt waren Arten mit Verbreitungsschwerpunkt im SISYMBRION (Klasse CHENOPODIETEA), im DAUCO-MELILOTION (Klasse ARTEMISIETEA VULGARIS) und in der Klasse SEDO-SCLERANTHETEA. Bei den Assoziationen des Verbandes SISYMBRION handelt es sich um Pioniergesellschaften, die relativ konkurrenzschwach sind und bereits im zweiten oder dritten Jahr von ausdauernden Gesellschaften - vorwiegend aus der Klasse ARTEMISIETEA - abgelöst werden (OBERDORFER 1983, S.63). Aus seit längerer Zeit (20-25 Jahre) aufgelassenen Basaltbrüchen Niedersachsens berichtet MEDERAKE (1984) von grasreichen Pflanzengemeinschaften, die zahlreiche Arten des Grünlandes enthalten. Als bestandsbildende Gräser nennt der Autor *Arrhenatherum elatius*, *Holcus lanatus* und *Agrostis tenuis*, zu denen sich *Taraxacum officinale*, *Rumex acetosella* und *Cerastium holosteoides* gesellen.

Aus Diabasbrüchen liegen nur einzelne Vegetationsaufnahmen vor (MÜLLER 1991, mdl.). Auf trockenem und grusigem Untergrund bzw. auf Schottern kommen mit *Erophila verna*, *Rumex acetosella*, *Scleranthus perennis* und *Taraxacum laevigatum* Charakterarten der Klasse SEDO-SCLERANTHETEA vor. Mit *Sagina ciliata* und *Scleranthus polycarpus* erscheinen auch Charakterarten des THERO-AIRION, doch sind für eine genaue Einordnung umfangreichere Erhebungen notwendig.

Vegetation der Abraumhalde / der Schutthänge

Nach den Untersuchungen MEDERAKEs (1984) in mehreren Basaltbrüchen Niedersachsens stellt sich am Beginn der Sukzession auf relativ feinerdereichen Hängen und Böschungen verhältnismäßig rasch ein POO-TUSSILAGINETUM FARFARAE ein, dessen Begleitarten jedoch je nach Standort und Umgebung (Samenpotential!) variieren können. Auffälligste und stetigste Begleiter des Huflattichs sind *Epilobium angustifolium* und *Senecio viscosus*, daneben eine Reihe weiterer Arten der Kahlschlag- und Trittpflanzen-Gesellschaften. Instabile Bodenverhältnisse können eine Weiterentwicklung verhindern und dazu führen, daß sich diese Gesellschaft über einen langen Zeitraum hinweg behaupten kann. Auf Halden- und Hangstandorten, die bereits seit etwa 10 Jahren keiner Nutzung mehr unterliegen, haben sich zahlreiche Arten der Ruderalgesellschaften, vorwiegend der Klassen CHENOPODIETEA und ARTEMISIETEA angesiedelt. Ärmere Varianten konnten v.a. in Südexposition ausgewiesen werden, welche die Arten *Trifolium arvense*, *Trifolium aureum* und *Filago arvensis* beherbergen. Kleinflächig können auch Faziesbestände von *Anthemis tinctoria* und *Hieracium pilosella* auftreten. Die Deckung der Vegetation beträgt etwa 45%. In anderen Bereichen dominiert dagegen *Epilobium angustifolium* in faziesbildenden Beständen (z.T. begleitet von *Rubus idaeus*), die bis zu 85% Deckung erreichen können. Am Hangfuß, der im Frühjahr regelmäßig überstaut ist und auch sonst frische Bodenverhältnisse aufweist, dominiert *Epilobium adenocaulon* (MEDERAKE 1984).

Als problematisch könnte sich nach Meinung des Autors die Ansaat von *Lupinus polyphyllus* (durch einen Imker) erweisen: Die Pflanze ist in den untersuchten Steinbrüchen "in einer expansiven Ausbreitung" (MEDERAKE 1984) begriffen und unterdrückt aufgrund ihrer Konkurrenzkraft zudem fast alle anderen Pflanzenarten.

Auf west-, nord- und ostexponierten Hängen kann sich bereits nach verhältnismäßig kurzer Zeit eine Vorwaldgesellschaft einstellen, die der Klasse EPILOBIO-SALICETEA CAPREAE zuzurechnen ist. Eine Weiterentwicklung zu Buchenwäldern (GALIO ODORATI-FAGETUM) ist zumindest dort, wo Wälder an den Steinbruch angrenzen, bereits absehbar. Von dieser Entwicklung zeugt nicht nur die Buche, die sich im Vorwald etabliert, sondern auch die typischen Charakterarten der Krautschicht, wie *Galium odoratum*, *Lamium galeobdolon*, *Viola reichenbachiana*, *Milium effusum* und *Melica uniflora* (MEDERAKE 1984).

Auf Blockhalden mit ausgesprochen grobem Gesteinsmaterial spielen Gehölze von Beginn der Sukzession an eine bedeutende Rolle. Neben der Pionierarten *Salix caprea* und *Betula pendula* treten auch *Acer pseudoplatanus*, *A. platanoides* und *Fraxinus excelsior* regelmäßig auf. An südexponierten Hängen dominiert eine *Rubus idaeus*-Gesellschaft. Während sich die Krautschicht in südexponierten Bereichen überwiegend aus Vertretern der Gesellschaften gestörter Standorte zusammensetzt, sind in

Nordexposition die Waldarten mit höheren Anteilen vertreten. Hier haben auch die Farne *Polypodium vulgare*, *Dryopteris filix-mas* und *Athyrium filix-femina* den Schwerpunkt ihrer Verbreitung (MEDERAKE 1984).

Vegetation von temporären und perennierenden Gewässern

In Brüchen mit kalziumarmem Substrat können sich in ephemeren Tümpeln und Pfützen auf der Sohle rasenartige Bestände von *Juncus bufonius* etablieren, vereinzelt begleitet von der sehr viel selteneren *Juncus ranarius* und *Centaurium pulchellum* (Basaltbruch Voccawind).

In temporären Gewässern bzw. auf nur im Frühjahr überschwemmten Flächen fand MEDERAKE (1984) in Basaltbrüchen Niedersachsens entlang eines Feuchtigkeits- bzw. Überschwemmungsgradienten eine Vegetationsabfolge, die deutlich von der Dauer der Überschwemmung bestimmt wurde. Die *Eleocharis palustris*-*Alopecurus aequalis*-Gesellschaft besiedelt die feuchtesten Bereiche, begleitet von Arten, die dem Verband AGROPYRORUMICION zuzuordnen sind. Auf feuchten, jedoch nicht überstauten Standorten schließt sich eine *Juncus conglomeratus*-Gesellschaft an, in der außer der namensgebenden Art auch *Cirsium palustre*, *Lotus uliginosus*, *Carex leporina* und *Epilobium adenocaulon* vorkommen. Auf ähnlichen Standorten bildet das konkurrenzstarke *Calamagrostis epigeios* Reinbestände und breitet sich vegetativ weiter aus ("Wenn nicht ein feuchtes Jahr die Pflanze zurückdrängen wird, ist schon fast abzusehen, daß der überwiegende Teil der Feuchtbereiche von der unduldsamen Pflanze überwuchert werden wird" - MEDERAKE 1984).

1.4.3.4 Sandstein- und Grauwackebrüche

Die Standortbedingungen von Sandsteinen und Grauwacken können aufgrund ihrer unterschiedlichen Ton- und Basenanteile deutlich variieren. Burg-, Schilf-, Blasen- und Coburger Sandstein sowie Unterer Keupersandstein können aus vegetationskundlicher Sicht zusammengefaßt werden. Der Obere Keuper (=Rhätsandstein) muß dagegen gesondert behandelt werden, da er einen deutlich höheren Tonanteil als die anderen Keupersandsteine besitzt. Ähnliches gilt für den Buntsandstein: hier sind die Plattensandsteine ton- und nährstoffreicher, der Miltenberger Sandstein dagegen tonarm. Dies hat sowohl Einfluß auf die Bodenreaktion wie auch auf die wasserstauenden Eigenschaften.

Sandsteinbrüche bieten einem breiten Spektrum von Gesellschaften mit Verbreitungsschwerpunkt auf bodensauren Substraten Lebensraum. Sowohl in sehr feuchten, z.T. auch regelmäßig überstauten Bereichen als auch auf sehr trockenen Standorten können sich floristisch interessante Pflanzengesellschaften ansiedeln. Im trockenen Flügel spielen Arten der Sandmagerrasen und bodensaurer Magerrasen eine große Rolle, im nassen Flügel finden sich Elemente der Moorinitialflora. Auf Standorten mit ausgeglichenerer Wasserversorgung ist die Artenzu-

Tabelle 1/14

Arten der Buntsandstein-Bruchwände (WARTNER 1983)

<i>Mycelis muralis</i>	Mauerlattich
<i>Campanula rotundifolia</i>	Rundblättrige Glockenblume
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel
<i>Asplenium trichomanes</i>	Schwarzstieliger Strichfarn
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	Schwarzer Strichfarn
<i>Polypodium vulgare</i>	Tüpfelfarn
<i>Athyrium filix-femina</i>	Wald-Frauenfarn
<i>Polystichum lobatum</i>	Gelappter Schildfarn

Tabelle 1/15

Arten (höhere Pflanzen) der Sandsteinbrüche im Bereich der gefalteten Molasse

<i>Acer pseudoplatanus</i>	Bergahorn
<i>Ulmus glabra</i>	Bergulme
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder
<i>Blechnum spicant</i>	Rippenfarn
<i>Impatiens parviflora</i>	Kleinblütiges Springkraut
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch
<i>Athyrium filix-femina</i>	Wald-Frauenfarn

sammensetzung meist von geringerem floristischem Interesse.

Vegetation der Abbruchwand

In den Bruchwänden der Buntsandsteinbrüche stellte WARTNER (1983) die in Tab. 1/14 aufgeführten Arten fest.

Vegetation der Sohle

Die chemische Reaktion des Sandsteines ist deutlich sauer, was sich im Vorkommen zahlreicher säuretoleranter Pflanzen niederschlägt (s. auch Kap.1.7.1.1, S. 70). In den Schilf- und Burgsandsteinbrüchen bilden Arten der Gesellschaften des THERO-AIRION das Pionierstadium; bezeichnend dafür sind *Aira caryophylla* und *Filago arvensis*. Bei fortschreitender Sukzession entwickeln sich entweder Dominanzbestände von *Calluna vulgaris* (beigesellt *Antennaria dioica*) oder von *Agrostis tenuis* (MEIEROTT 1989, mdl.).

Auf den Plattensandsteinen (Buntsandstein) bilden *Agrostis gigantea* bzw. *A. stolonifera* ausgedehnte Pionierassen.

Auf den tonärmeren Sohlen des Miltenberger Sandsteines spielen *Vulpia myuros* und *Aira praecox* die Rolle der Initialbesiedler. Sie sind Vertreter der Ordnung THERO-AIRETALIA, die sowohl auf natürlichen (sandige Raine, offene Waldränder) als auch anthropogenen Standorten (Entnahmestellen) des mittleren Maingebiets anzutreffen ist (OBERDORFER 1983). Verdichtete Bereiche werden von *Holcus la-*

natus, *Carex flacca* und *Carex pallescens* besiedelt (WARTNER 1983).

Einen Überblick über tatsächliche und mögliche Sukzessionsabläufe vermittelt [Abb.1/12](#) (S. 43).

Die tertiären Sandsteine des Alpenvorlandes, die vor allem als Baumaterial als auch bei der Schleifsteinherstellung eine regionale Bedeutung hatten, wurden in kleinen, bäuerlichen Brüchen ausgebeutet, sind jedoch seit ca. 1950 aufgelassen. Zum Teil haben sich bereits typische Schluchtwaldarten in den häufig von Wald umgebenen Brüchen eingestellt (Tab. 1/15).

In Grauwacke-Brüchen Nordrhein-Westfalens konnte HENRION (1985) neben einer Hufblattich-Initialgesellschaft auf blockreichen, lehmigen Rohböden auch zahlreiche Vertreter der Schlaggesellschaften feststellen, die dem EPILOBIO-DIGITALIETUM PURPUREAE zuzuordnen waren. Der bereits vorhandene Vorwald setzt sich fast ausschließlich aus Birken zusammen.

Vegetation der temporären und perennierenden Gewässer

Da die Sohle des Oberen Keupers (Rhätsandstein) häufig aufgrund des höheren Tonanteils wasserstauend wirkt, sind Sphagnen bei entsprechenden Standortbedingungen nicht selten. KREH (1950) stellte außerdem in aufgelassenen Stubensandsteingruben Baden-Württembergs auf zeitweise überstauten Standorten *Equisetum fluviatile*, *Lycopodiella inundata*, *Carex gracilis*, *Juncus articulatus* und *Cirsi-*

um palustre fest. In einem fortgeschrittenen Stadium können weitere Arten der Übergangsmoore hinzutreten; dies zeigt das Birkenseemoor (Baden-Württemberg), das ebenfalls in einem seit längerem aufgelassenen Steinbruch angesiedelt ist. Hier konnten *Drosera rotundifolia*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Carex filiformis*, *Juncus squarrosus* und *Eriophorum angustifolium* kartiert werden (KREH 1950).

In den Plattensandsteinbrüchen führt die Verdichtung i.d.R. zur Bildung von Tümpeln und Kleingewässern, in denen sich *Glyceria fluitans*, *Juncus effusus*, *Juncus tenuis*, *Typha latifolia* und u.U. auch *Lemna minor* etablieren.

1.4.3.5 Granitbrüche

Nach der Zusammensetzung des Ausgangsgesteins können zwei verschiedene Granit-Typen unterschieden werden: der feldspatreiche Granit mit einem höheren Kalziumanteil und der feldspatarme Granit mit geringen Kalziumanteilen. Dieser Unterschied spielt im Nährstoffhaushalt und damit bei der Ausbildung von Pflanzengesellschaften eine entscheidende Rolle.

Der Stand der floristischen und vegetationskundlichen Erforschung von Granitbrüchen ist angesichts der weiten Verbreitung in Bayern besonders unbefriedigend. Das häufige Auftreten von perennierenden oder temporären Gewässern hat das Auftreten von Pflanzengesellschaften wasserbeeinflusster Böden zur Folge (amphibische Vegetation, Ufervegetation unterschiedlicher Sukzessionsstadien). Auffällig ist das Fehlen oder allenfalls fragmentarische Auftreten von Gesellschaften bodensaurer Magerstandorte, das möglicherweise durch den Wasserhaushalt der Böden oder durch fehlende Lieferbiotope begründet werden kann. Dagegen dominieren

auf fast allen mehr oder minder trockenen Steinbruchstandorten Gesellschaften der Schlagfluren und Vorwaldgesellschaften.

Vegetation der Abbruchkante / der Räumfläche

An den Hangkanten und den für den weiteren Abbau abgeräumten Flächen bilden sich häufig Zwergstrauchbestände mit *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Avenella flexuosa*, *Carex pilulifera*, *Lycopodium clavatum* und *Calluna vulgaris*, im östlichen Oberfranken auch mit *Erica carnea* (WURZEL 1989, mdl.).

Vegetation der Abbruchwand

Die Bruchwände des Granits sind i.d.R. nicht durch lagerungsbedingte (waagrechte) Schichten und Bänke gegliedert. Sichtbare Simse und Klüfte in der Abbruchwand resultieren meist aus Abbauvorgängen, wobei in Werksteinbrüchen eine stärkere Gliederung zu erkennen ist als in Schotterbrüchen, deren Gestein mit Großbohrlochsprengung gewonnen wird.

In Steinbrüchen des Epprechtsteins (Fichtelgebirge) stockten auf geneigten Simsen die in Tab. 1/16 (S. 44) wiedergegebene Arten (WURZEL 1989, mdl.).

Zu den in Tab. 1/16 genannten Arten tritt auf feldspatarmen Graniten des Fichtelgebirges noch *Huperzia selago* hinzu (WURZEL 1989, mdl.).

Für feldspatreichen Felsen charakteristische Arten sind *Sedum acre*, *Saxifraga granulata*, *Sedum telephium*, *Cystopteris fragilis* sowie *Asplenium rutamuraria* und *A. septentrionale*. In absonnigen Lagen siedeln sich in wasserüberrieselten Wandbereichen Farnengesellschaften an (Steinbruch am Wetzstein/Fichtelgebirge), die jedoch noch nicht näher untersucht wurden. Im Verlauf der Sukzession erobert auch *Pinus sylvestris* relativ rasch diese Standorte,

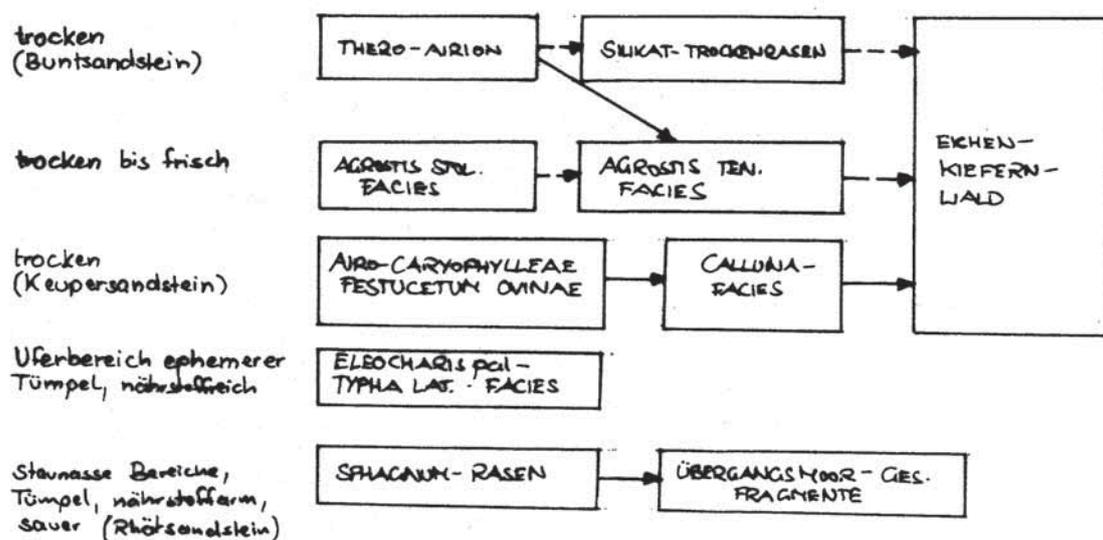


Abbildung 1/12

Sukzessionschema für die Sohle von Sandstein- und Grauwackebrüchen

Tabelle 1/16

Arten der trockenen Granitbruch-Bermen am Beispiel des Epprechtsteins (Fichtelgebirge - WURZEL 1989, mdl.)

<i>Sedum acre</i>	Scharfer Mauerpfeffer
<i>Sedum telephium</i>	Purpur-Fetthenne
<i>Saxifraga granulata</i>	Knöllchen-Steinbrech
<i>Alchemilla subglobosa</i>	Frauenmantel
<i>Polypodium vulgare</i>	Tüpfelfarn
<i>Potentilla argentea</i>	Silber-Fingerkraut
<i>Cerastium arvense</i>	Acker-Hornkraut
<i>Epilobium collinum</i>	Hügel-Weidenröschen

z.T. begleitet von *Salix caprea*, *Populus tremula* und *Picea abies*. Auf breiteren, beschatteten Simsien finden sich *Lonicera nigra* und *Actaea spicata*.

Vegetation der Schuttkegel / der Schutthänge

Ausgeprägte Schuttkegel konnten in keinem der Steinbrüche des Bayerischen Waldes und des Fichtelgebirges festgestellt werden, da einerseits bei aufgelassenen Granitsteinbrüchen häufig der Fuß der Abbruchwand auf dem Grund eines Sees liegt, andererseits die Standfestigkeit des Ausgangsmaterials und die Abbautätigkeit keine Zeit für die Entstehung ließen. Bemerkenswert ist jedenfalls die Mächtigkeit einer Geröllhalde, die durch Probsprengungen im inzwischen aufgelassenen Bruch der Fa. Kusser in Bauzing entstand.

Am Scheuchenberg (O Regensburg) dominiert auf besonnten Feinschutthalde, die noch nicht ganz zur Ruhe gekommen sind, *Galeopsis ladanum*, häufig zusammen mit *Artemisia absinthium*, *Arrhenatherum elatius*, *Hieracium tauschii*, *Sedum reflexum* und *Daucus carota*. Auf grusigem, stärker beschattetem Standort findet sich *Galeopsis ladanum* neben *Gnista tinctoria*, *Cardaminopsis arenosa*, *Jasione montana* und *Rumex acetosella*. Auf beweglichem Schutt in absonnigen Lagen setzt sich *Clematis vitalba* durch (SCHEUERER 1988, unpubl.).

Vegetation der Sohle

Trockene Sohlen weisen - so in den Steinbrüchen des Bayerischen Waldes - eine Reihe von Charakterarten des SENECONI SYLVATICI-EPILOBIETUM ANGUSTIFOLIAE auf (BRÄU & LIPSKY, unpubl.). Im allgemeinen fehlt die namengebende Art *Senecio sylvaticus*, da ihr Auftreten an Situationen mit starker Stickstoffmobilisierung gebunden ist (OBERDORFER 1983, Bd.II: 307), wie sie in Steinbrüchen in der Regel nicht auftreten. Es lassen sich zwei unterschiedliche Varianten erkennen: Zum einen erscheinen auf etwas nährstoffreicheren Standorten Arten des Extensivgrünlandes sowie gestörter Standorte, zum anderen auf ärmeren Standorten Arten der sauren Heiden wie *Calluna vulgaris* und *Vaccinium myrtillus*.

Das EPILOBIETUM ANGUSTIFOLIAE wird in zahlreichen Steinbrüchen abgelöst durch das EPILOBIO-SALICETUM CAPREAE, das von OBERDORFER (1983, Bd.II: 327) als bezeichnender Waldpionier auf aufgelassenen Kulturböden der offenen Landschaft, in

Steinbrüchen und Mergelhalden ausgewiesen wird. Der Autor weiter: "Im übrigen kann das EPILOBIO-SALICETUM CAPREAE länger überdauern als alle anderen Vorwaldgesellschaften und bei herabgesetzter Walddynamik, sei es wegen der Ferne des Waldes (z.B. in Steinbrüchen), sei es aus standörtlichen Gründen (trockene Lagen), zu einem höherwüchsigen Stadium auswachsen" (OBERDORFER 1983, Bd.II: 327).

WARTNER (1983) fand auf flachgründigen Granitgrusböden Fragmente des FESTUCO-VERONICETUM DILLENII, eine Pioniergesellschaft mit Verbreitungsschwerpunkt auf voll besonnten Felsköpfen und vorspringenden Felsgraten (OBERDORFER 1978, Bd. II).

Auf feldspatreichen Standorten des Fichtelgebirges konnten sich Magerrasen mit *Dianthus deltoides*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Alchemilla monticola*, *A. glaucescens*, *Turritis glabra* und *Lembotropis nigricans* etablieren. Auf grusigen, verdichteten Standorten dominiert *Danthonia decumbens*. Im Schatten der Vorwaldgehölze findet sich an einigen Stellen *Diphysium issleri*.

In den Steinbrüchen des Scheuchbergs (östl. Regensburg) beschreibt SCHEUERER (1988, unpubl.) außerdem das RANUNCULETUM SCELERATI als Dauergesellschaft auf Böden, die starken Wasserstandschwankungen unterworfen sind, mit den Arten *Ranunculus scleratus*, *Equisetum arvense*, *Rorippa palustris*, *Phragmites communis*, *Ranunculus acris* und *Salix purpurea*. Abb. 1/13 (S. 45) gibt eine Übersicht über tatsächliche und mögliche Sukzessionsstadien.

Vegetation temporärer und perennierender Gewässer

Zahlreiche Sohlen aufgelassener Granitsteinbrüche stehen unter Wasser. Dies ist die Folge der kesselartigen Abbautätigkeit einerseits und des zufließenden Hangwassers andererseits. Dabei handelt es sich meist weder um Quell- noch um Grundwasser, sondern um einen oberflächennahen Abfluß, den sogenannten "Interflow" (WEINIG 1989, mdl.). Diese Seen erreichen häufig eine beachtliche Ausdehnung und beachtliche Tiefen; als maximale Tiefe eines derartigen Steinbruchsees wurden 37 m genannt (REITER 1989, mdl.). Eine Fläche von 1/2 - 2 ha ist keine Ausnahme. Die Ufer stürzen meist mehr oder minder senkrecht bis zur nächsten Berme, die

sich häufig schon tief im Wasser befindet. Bedingt durch die i.d.R. steilen Ufer finden Pflanzen nur in wenigen Fällen Siedlungsraum. WARTNER (1982) erwähnt bei Steinbrüchen im Raum Hauzenberg (Bayerischer Wald) *Carex leporina*, *Lycopus europaeus* und *Typha latifolia*.

In Steinbrüchen des Fichtelgebirges bilden *Comarum palustre*, *Eriophorum angustifolia*, *Carex rostrata* und *Carex canescens* sowie *Juncus effusus* die Ufervegetation. Auch *Utricularia spec.* und *Chara spec.* wurden in den Seen beobachtet (WURZEL 1989, mdl.). *Alnus glutinosa* und *Betula pendula* besiedeln die an die Seen angrenzenden Uferbereiche, sofern es sich nicht um an die Seefläche angrenzende Steilabstürze handelt. In den vernäßten Bereichen, die in manchen Fällen den "Überlauf" des Steinbruchgewässers bilden, erscheinen *Alnus glutinosa*-Bestände.

Nasse und feuchte Fahrspuren der Steinbrüche am Scheuchenberg beherbergen Bestände, in denen *Alopecurus aequalis* dominiert, häufig begleitet von *Juncus tenuis* (ähnliche Beobachtungen wurden auch im Raum Hauzenberg gemacht). Auch in dauerhaften Tümpeln ist *Alopecurus aequalis* vertreten, hier hingegen vergesellschaftet mit *Epilobium adenocaulon*, *Montia rivularis* oder *Stellaria alsine* (SCHEUERER 1988, unpubl.).

Vegetation der Abraumhalde

Je nach Verwendungszweck des Materials fallen unterschiedliche Mengen an Abraum an. In den Werksteinbrüchen um Hauzenberg und Tittling im Bayerischen Wald prägen Abraumhalden das Landschaftsbild.

Der Abraum beinhaltet - bedingt durch die Art der Verarbeitung - unterschiedliche Anteile an Fein- und Grobmaterial. Halden mit hohem Feinmaterialanteil werden binnen kürzester Zeit von Vorwaldgehölzen

(*Salix caprea*, *Populus tremula*, *Pinus sylvestris*, *Betula pendula*) erobert. Diese Vorwaldgesellschaft kann sich als sehr stabil erweisen und über einen langen Zeitraum den Aspekt bestimmen (OBERDORFER 1983, Bd.II. S.327). Daneben existieren auch Halden aus Grobmaterial, die selbst Jahrzehnte nach der Nutzungsaufgabe noch nicht besiedelt sind. Sandreiche Halden aus feldspatarmem Granit beherbergen Arten wie *Senecio viscosus*, *Rumex acetosella*, *Cardaminopsis arenosa*, daneben in tieferen Lagen *Teesdalia nudicaulis* (WURZEL 1989, mdl.).

1.4.3.6 Serpentinbrüche

(Bearbeitet von J. Vogel)

Serpentinbrüche sind Standorte mit extremen Standortbedingungen sowohl hinsichtlich ihres Bodenchemismus als auch physikalischer Parameter. Nahezu alle Serpentinstandorte Europas weisen daher eine spezifische (Serpentin-) Vegetation auf, die sich von der umgebenden Vegetation in meist deutlichem Maß unterscheidet (GIGON 1983, MUNTEAN 1979). In den bayerischen Serpentinbrüchen ist besonders das Vorkommen der Serpentinflur-Gesellschaft hervorzuheben.

Vegetation der Abbruchwand

Als ausgesprochene Seltenheiten (Vorkommen in der Bundesrepublik fast ausschließlich auf Bayern beschränkt) können die Serpentinflur *Asplenium adnigrum* und *Asplenium cuneifolium* gelten, die in einigen Steinbrüchen die Abbruchwand besiedeln. Sie formen eine eigene Assoziation, das ASPLENIETUM SERPENTINI.

Vegetation der Schuttkegel / der Schutthänge

Auf den Schuttfluren am Fuß der Felsen finden sich Borstgrasrasen-Fragmentgesellschaften (verarmte Fazies von Serpentin-Magerrasen), die dem POLY-

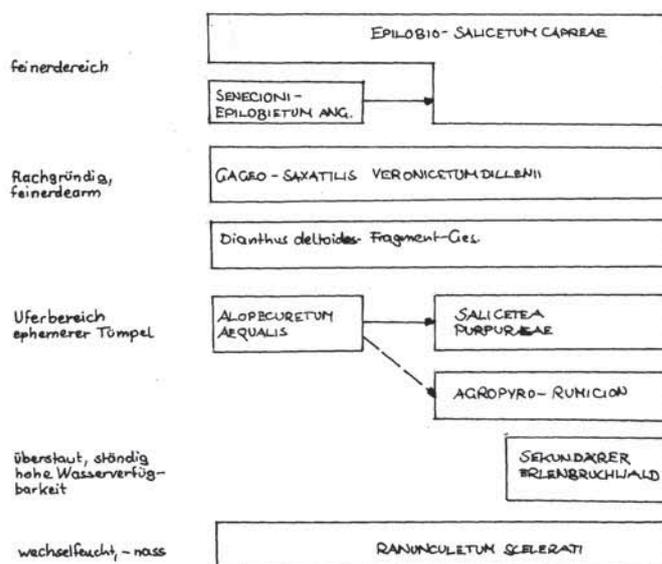


Abbildung 1/13

Sukzessionsschema für Sohlen der Granitbrüche

GALO-NARDETUM zugeordnet werden können. Auch auf diesen Standorten kann sich *Asplenium cuneifolium* einfinden. Die Sukzession verläuft auf Feinschottern mit hohem Boden- bzw. Lehmantel anders als auf Feinschottern ohne Beimischung dieser Bestandteile. Auf Feinschottern erfolgt eine erste Besiedelung durch *Silene vulgaris* und *Alyssum alyssoides* (Letztere nur Woja-Leite). Wenn der Feinschotter sich stabilisiert hat, gesellen sich *Lychnis vulgaris*, *Campanula rotundifolia* und *Festuca ovina* hinzu. Instabile Bereiche können von *Poa compressa* und *Thymus pulegioides* besiedelt werden.

Feinschotter mit hohem Boden- bzw. Lehmantel werden deutlich schneller besiedelt als Schotter ohne diese Beimischung. Damit verbunden ist ein höherer Deckungsgrad der Pflanzendecke. Dies könnte darauf hinweisen, daß ein hoher Humusanteil die standortbestimmenden Charakteristika des Ausgangsgesteins Serpentin (hohe Schwermetallkonzentration, ungünstiges Ca-Mg Verhältnis) abschwächt. Auf einer relativ frischen Erdaufschüttung im Steinbruch bei Wurlitz wurde - auf einer leicht nach Norden geneigten Fläche - eine interessante Fazies mit *Asplenium cuneifolium* beobachtet. Die Besonderheit besteht darin, daß der Farn offene und gestörte Stellen besiedelt, ein Verhalten, welches bisher nur in den sehr viel humideren Alpen festgestellt werden konnte.

Vegetation der Sohle

Trockene Flächen werden nicht selten von Beifuß-Rainfarn-Beständen eingenommen. Zusätzlich finden sich eine Reihe wärmeliebender Arten sowie Arten, die in der Umgebung nur selten anzutreffen sind, so *Arnica montana* und *Genista germanica*. Die Beifuß-Rainfarnengesellschaft kann vom EPILO-BIO-SALICETUM CAPREAE abgebaut werden.

Vegetation temporärer und perennierender Gewässer

In Steinbruchseen konnten im ufernahen Bereich *Utricularia vulgaris* und *Typha latifolia* beobachtet werden. In vernähten Bereichen siedelten sich *Lythrum salicaria*, *Equisetum fluviatile* und *Succisa pratensis* an.

Vegetation der Abraumhalde

Zur Bodenbildung im Grobschotter tragen hauptsächlich Moose und Flechten bei, die Feinerdematerial in ihren Polstern einfangen. Eine weitere Besiedelung erfolgt dann durch *Brachypodium pinnatum*, das mittels unterirdischer Ausläufer in diese Flächen vordringen kann. Auch Pflanzen mit oberirdischen Ausläufern - wie *Hieracium pilosella* und *Fragaria viridis* - gelingt es, Fuß zu fassen. In Grobschotter siedeln außerdem die Serpentinfarne *Asplenium cuneifolium* und *Asplenium adulterinum*, sowie die basiphile Kleinart *Asplenium trichomanes ssp. quadrivalens*. Ersterer kann sich möglicherweise lange Zeit an diesem für ihn günstigen Standort behaupten und wird erst durch aufkommenden Wald und die dadurch zunehmende Beschattung verdrängt.

1.5 Tierwelt

Die Fauna der Steinbrüche in Bayern ist nur in Einzelfällen - d.h. entweder bezogen auf ein meist eng begrenztes Gebiet oder auf eine bestimmte Tiergruppe bzw. Einzelarten - gut dokumentiert. Daneben liegen die Daten der Biotopkartierung vor, die jedoch nur mit gewissen Vorbehalten verwendet werden können. Sie resultieren aus der Erhebungsmethode der Aufnahmeverfahren, die sich in der Hauptsache nicht an den Methoden faunistischer Kartierungen orientiert. Dazu kommt noch der uneinheitliche Kenntnisstand der Kartierer. Daher kann vermutlich davon ausgegangen werden, daß die tatsächlichen Vorkommen höher sind als die Angaben der Biotopkartierung annehmen lassen. Als weitere Quellen standen die Artenschutzkartierungen und die ABSP-Landkreisbände zur Verfügung.

Heute bereits gibt es einige Arten, die - zumindest in einzelnen Regionen Bayerns - zu einem Großteil auf Sekundärstandorte in Abbaustellen angewiesen sind. Die Tatsache, daß bereits 90% der Flußregengepfeiferpopulation Nordbayerns auf anthropogene Standorte angewiesen ist (ORNITHOLOG. GES./Lfu 1987),

unterstreicht die Bedeutung der Sekundärstandorte in Bereichen, in denen sich die Standortdynamik 3. Grades aufgrund menschlichen Wirkens (Flußverbauung etc.) nicht mehr auf natürliche Weise manifestieren kann. Ein weiteres Beispiel für die Bedeutung der Sekundärlebensräume in Steinbrüchen liefert der Uhu: Etwa die Hälfte der bayerischen Population ist in Steinbrüchen anzutreffen. Auch etwa ein Viertel der bekannten Geburtshelferkrötenpopulationen - darunter die individuenstärksten - siedeln in Steinbrüchen.

Für die Besiedelung von Steinbrüchen und die Etablierung von mehr oder minder stabilen Populationen sind zwei Faktoren maßgeblich:

- Mobilität/Vagilität der einzelnen Tierarten bzw. die Nähe des zu besiedelnden Lebensraumes zu möglichen Lieferbiotopen,
- Übereinstimmung der vorhandenen Situation im Steinbruch (Flächengröße, Raumstruktur, Nahrungsgrundlagen) mit den Ansprüchen der siedelnden Art.

Demgemäß treten in Steinbrüchen vor allem drei Gruppen von Tierarten auf: zum einen "Zuwanderer und Neubesiedler, die die Flächen überwiegend aktiv aufsuchen und die zumeist Flüchtlinge aus der umgebenden Kulturlandschaft sind und [...] Arten, die im Zuge von Arealverlagerungen oder bei saisonaler, periodischer bzw. aperiodischer Wanderung auf Trittsteinlebensräume stoßen, sowie besonders vagile Arten und Pionierarten, die auf häufige Standortwechsel genetisch vorprogrammiert sind" (MALTZ 1984).

In den Steinbrüchen haben sich viele Arten eingefunden, deren Primärhabitats vor allem auf nährstoffarmen und extensiv bewirtschafteten Standorten zu suchen sind, die durch zivilisatorische Maßnahmen im Rückgang (Strukturverarmung, Pestizi-

deinsatz) begriffen waren und auch noch weiterhin sind. Mit ihnen findet sich ein Artenspektrum ein, das nicht unmittelbar auf steinbruchtypische Lebensräume wie Steilwand oder vegetationsfreie Halde angewiesen ist. Steinbrüche spielen daher nicht nur für ausgesprochene Fels- oder Rohbodenbewohner eine Rolle, sondern auch für Arten, die durch die Veränderungen der traditionellen Kulturlandschaft verdrängt werden und deren primäre Lebensräume keine oder nur geringe Ähnlichkeiten mit Steinbruchbiotopen aufweisen. Ihre Akzeptanz gegenüber dem Biotoptyp "Steinbruch" kann darauf beruhen, daß entweder bestimmte, z.B. für die Brut erforderliche Strukturelemente vorhanden sind, oder daß nahrungsökologische Beziehungen bestehen.

Dabei übernimmt der Steinbruch in Abhängigkeit von der Raum-Zeit-Einbindung der einzelnen Art unterschiedliche Funktionen, in zeitlicher Hinsicht z.B. als Ganzjahreslebensraum oder Sommerlebensraum. In vielen Fällen, z.B. bei mobilen Arten und/oder Arten mit hohem Arealanspruch, kann der Steinbruch nur räumliche Teilfunktionen, z.B. als Brutplatz oder als Jagdrevier, abdecken. Die Funktionen lassen sich nur bedingt den in Kap.1.1.2 (S. 16) vorgestellten Teil Lebensräumen oder verschiedenen Ausgangsgesteinen zuordnen. In den folgenden Ausführungen wird daher nicht eine Gliederung nach Standorten oder Gesteinsarten zugrunde gelegt, sondern anhand charakteristischer Tiergruppen und Arten die Einnischung im Steinbruch beispielhaft aufgezeigt.

Unter dem Begriff "Schlüsselart" sind seltene Arten zu verstehen, die eine Umstellung der Standardpflege auf eine artbezogene Spezialpflege notwendig machen. Dies gilt auch für Leitarten (zur Definition von Leit- und Schlüsselart siehe Kap. 1.9.1, (S. 84).

Während für die Vögel und Amphibien relativ umfangreiche Untersuchungen vorliegen, sind Untersuchungen zu anderen Tiergruppen nur spärlich oder überhaupt nicht vorhanden bzw. veröffentlicht (z.B. Säuger: Fledermäuse).

1.5.1 Vögel

Steinbrüche werden durch ihre reiche Strukturierung und durch die Vielfalt der ökologischen Nischen zahlreichen Habitatansprüchen gerecht. Fol-

gende Gruppen können in Steinbrüchen erwartet werden (vgl. Abb.1/14, S. 47):

- **Felsbrüter**

Die Eignung der Abbruchwand für Felsbrüter verändert sich auch mit fortschreitendem Alter nicht, weil sie in der Regel nur in geringem Maß der Veränderung durch die Sukzession unterliegt. Zu unterscheiden sind Arten, die auf Felsen obligat angewiesen sind (Wanderfalke, bedingt auch der Uhu), und Arten, die diese Brutmöglichkeiten neben weiteren anderen nutzen (Mauersegler, Schleiereule - GÖRNER 1978).

- **Arten des vegetationslosen (-armen) Offenlandes**

Die von diesen Arten bevorzugten Bereiche wie Sohle und Abraumhalde sind in Abhängigkeit von Exposition, Wasserhaushalt und Gesteinsart der Sukzession ausgesetzt und daher nur eine begrenzte Zeit für diese Arten nutzbar.

- **Arten gehölzreicher Komplexstandorte**

Diese Arten lösen solche des vegetationslosen Offenlandes auf Sohle und Halde ab.

VIDAL (1980) kommt zu folgender Feststellung: "**Mit zunehmendem Verlust des offenen Ödlandcharakters wird die Artenzusammensetzung untypischer**" (ebd.). BRUNS (1987) ergänzt: "Mit zunehmender Verbuschung, hauptsächlich des Halde- und Sohlenbereichs, gleicht sich die Artenzusammensetzung der Vogelwelt anderen Gehölzbiotopen an. Die Artenmannigfaltigkeit (Diversität) der Vogelgemeinschaft nimmt mit dem Fortschritt der Sukzession zunächst stetig zu. Kommt es zu einer flächendeckenden Verbuschung, nimmt die Diversität wieder ab" (ebd.).

SCHMIDT (1976) berichtet aus Ungarn, daß einige Vogelarten ihr Verbreitungsareal durch die Besiedelung von Steinbruchbiotopen deutlich erweitern konnten. Arten der in Ungarn nur in wenigen Gegenden verbreiteten Felswände und Abstürze besiedelten auch Flach- und Hügelland, als dort Steinbrüche geschaffen wurden. Profitieren konnten vor allem echte Felsenbrüter wie Steinrötel (*Monticola saxatilis*), Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*) und Hausrotschwanz (*Phoenicurus ochruros*), doch auch nicht auf Felsabstürze spezialisierte Arten wie Neuntöter (*Lanius collurio*) und Heidelerche (*Lul-*

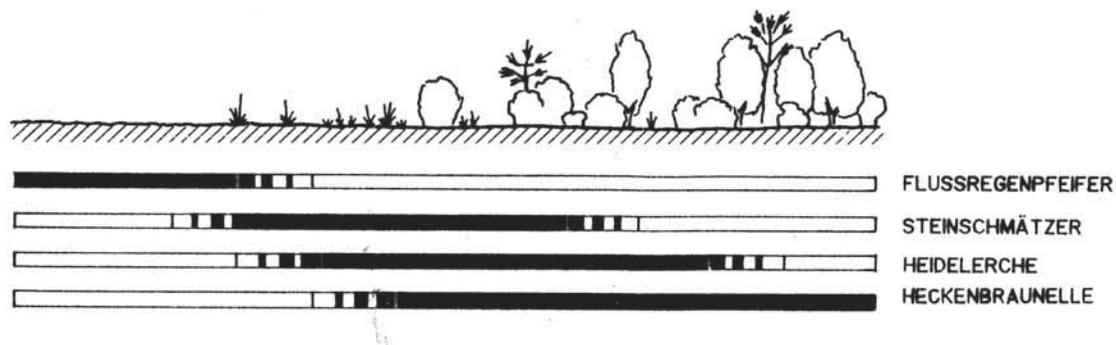


Abbildung 1/14

Abhängigkeit einzelner Vogelarten von bestimmten Sukzessionsstadien in Steinbrüchen (eigene Darstellung)

Tabelle 1/17

Steinbrüche nutzende Vogelarten aus der Roten Liste Bayern. Quellen: "Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern (LfU 1992), Arten nach Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, VIDAL (1980), SCHERZINGER (1987), HÖLZINGER (1987), PLACHTER (1983), DORKA (1973), BECKER (1990, mdl.), GÖRNER (1978), BRAINICH (1981)

<u>Gefährdungsstufe 1:</u>	
Auerhuhn	<i>Tetrao urogallus</i>
Brachpieper #	<i>Anthus campestris</i>
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>
Steinkauz	<i>Athene noctua</i>
Steinschmätzer #	<i>Oenanthe oenanthe</i>
Wiedehopf	<i>Upupa epops</i>
Zippammer #	<i>Emberiza cia</i>
<u>Gefährdungsstufe 2:</u>	
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>
Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubetra</i>
Heidelerche #	<i>Lullula arborea</i>
Mittelspecht	<i>Dendrocopos medius</i>
Ortolan	<i>Emberiza hortulana</i>
Rohrweihe	<i>Circus aeruginosus</i>
Wanderfalke #	<i>Falco peregrinus</i>
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>
Wespenbussard	<i>Pernis apivorus</i>
<u>Gefährdungsstufe 3: Gefährdet</u>	
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>
Flußregenpfeifer	<i>Charadrius dubius</i>
Hohltaube	<i>Columba oenas</i>
Neuntöter #	<i>Lanius collurio</i>
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>
Sperber	<i>Accipiter nisus</i>
Turteltaube	<i>Streptopelia turtur</i>
Uhu #	<i>Bubo bubo</i>
Waldschnepfe	<i>Scolopax rusticola</i>
<u>Gefährdungsstufe 4R:</u>	
Habicht	<i>Accipiter gentilis</i>
Rauhfußkauz	<i>Aegolius funereus</i>
Sperlingskauz	<i>Glaucidium passerinum</i>
<u>Gefährdungsstufe 4S:</u>	
Felsenschwalbe	<i>Ptyronoprogne rupestris</i>
Mauerläufer	<i>Tichodroma muraria</i>
# : typische Brutvögel in Steinbrüchen	

lula arborea). Bis auf den Steinrötel, der in Bayern im außeralpinen Bereich verschollen ist, lassen sich die Beobachtungen von SCHMIDT durch die Auswertung der Bayerischen Biotopkartierung und die Untersuchungen von VIDAL (1980) bestätigen.

Er betrachtet den bereits erwähnten Hausrotschwanz sowie die Bachstelze (*Motacilla alba*) als Charaktervögel der Steinbrüche. Die Auswertung der Bayerischen Biotopkartierung (Stand Juni 1989) zeigt, daß zahlreiche Vogelarten - darunter auch

hochgradig gefährdete Arten - den Steinbruch zumindest zeitweise aufsuchen und nutzen (s. Tab. 1/17).

Im folgenden werden die Bedeutung der Steinbrüche für ausgewählte, gefährdete Arten sowie die speziellen Ansprüche dieser Arten an ihre Umwelt näher dargelegt. Dabei stehen der Uhu und der Wanderfalke stellvertretend für die Felsbrüter, der Flußregenpfeifer für die Brüter auf vegetationslosen Flächen, der Steinschmätzer für die Arten mit Prä-

ferenz für vegetationsarme Bereiche mit einzelnen Gehölzkomplexen und die Heidelerche für etwas weiter fortgeschrittene Sukzessionsstadien mit ausgebildeter Krautschicht und auch ausgeprägterem Gebüsch.

1.5.1.1 Uhu (*Bubo bubo*)

Die Bestandsentwicklung des Uhus war in der Bundesrepublik Deutschland bis in die 60er Jahre stark rückläufig. Diese Entwicklung konnte vor allem durch Wiedereinbürgerungsmaßnahmen und durch rigide Beachtung des Abschlußverbotes entschärft werden, doch zählt der Uhu immer noch zu den gefährdeten Arten (RL-Status 3). In Bayern ist der Uhu vor allem in der Frankenalb, im Oberpfälzer und im Bayerischen Wald sowie in den Alpen als seltener Brutvogel nachgewiesen (ORNITHOLOG. GES/ LFU 1987).

Als Altvogel ist der Uhu extrem standorttreu. Das von einem Paar beanspruchte Wohngebiet umfaßt 12 - 20 km². Jungvögel sind dagegen sehr mobil; sie entfernen sich im Herbst und Frühwinter bis zu 200km vom Horst (DRACHENFELS 1983). "Der Uhu ist äußerst plastisch in der Brutplatzwahl. Innerhalb seines [...] Verbreitungsgebietes nutzt er so unterschiedliche Standorte wie Felsbänder, Schutthalden, Moorbülden, Baumhöhlen, Reisighorste, Wurzelteller, Hangmulden oder Gebäude. [...] Für mitteleuropäische Verhältnisse gilt der 'Felsenuhu' als typisch. Die Beschränkung auf exponierte, oft schwer zugängliche Felsareale ist aber ein Sekundärzustand als Anpassung auf jahrhundertelange Verfolgung [...]. Im Zuge verschärfter Schutzbestimmungen [...] werden in zunehmendem Maß auch weniger anspruchsvolle Brutplätze angenommen" (SCHERZINGER 1987). "Einsame, walddreiche Berggegenden gehören nicht zu den Optimallebensräumen des Uhus; solche Habitate waren zu Zeiten extremen Jagddrucks die Rückzugsgebiete des Uhus" (HÖLZINGER 1987). "Der Uhu bevorzugt [...] eine möglichst abwechslungsreiche, vielfältig gegliederte (Kultur-) Landschaft. Von Vorteil sind ausgedehnte Randlinien zwischen Wald und offener Landschaft, die dem Uhu vielfältige Jagdmöglichkeiten bieten. Vorteilhaft ist das Vorhandensein weiterer Ökotope wie beispielsweise Verlangungszonen stehender Gewässer und Flußufer" (ebd.).

Im Bayerischen Wald stößt der Uhu bei etwa 850 mü.NN an eine Verbreitungsgrenze, da er aufgrund der anhaltenden Schneelage in größerer Höhe im Winter nicht mehr in der Lage ist, seinen Nahrungsbedarf zu decken (SCHERZINGER 1987).

Das bisher Gesagte macht die Schlußfolgerung SCHERZINGERS verständlich, nämlich "daß felsige Bachschluchten und **Steinbrüche** des milderen Vorlandes [des Bayer. Waldes - Anm. des Verf.] die günstigsten Uhuhabitats stellen" (SCHERZINGER 1987). Die Bedeutung der Steinbrüche für den Uhu wird auch für den gesamt-bayerischen Raum noch dadurch unterstrichen, daß nach FICHTEL (1989, mdl.) etwa jeder zweite Uhu Bayerns in Steinbrüchen horstet.

Am Beispiel des Bayerischen Waldes erläutert SCHERZINGER (ebd.), warum Steinbrüchen eine derart herausragende Rolle zufällt: "Das Angebot an Naturfelsen und Steinbruchwänden ist in Abhängigkeit von der Seehöhe sehr ungleich verteilt. Die Masse strukturell geeigneter Felsgebiete findet sich in Kamm- und Hanglagen höherer Berge. Diese sind durch geschlossene Waldungen, unbedeutende Gewässer, anhaltende Schneedecke und eine generell geringe Beutedichte charakterisiert. Im milderen Talbereich nehmen Wald- und Felsanteile ab, Gewässerqualität und Beuteangebot aber zu. Bis auf die Felsen der Bachschluchten gibt es in dieser Höhenlage kaum geeignete Felsbildungen. [...] **Das anthropogene Felsangebot der Steinbrüche [spielt] eine hervorragende Rolle**, da diese in der offenen Kulturlandschaft begünstigter Seehöhe liegen. [...] Die geeignetsten Steinbrüche [treffen] mit der höchsten Beutedichte zusammen" (SCHERZINGER 1987).

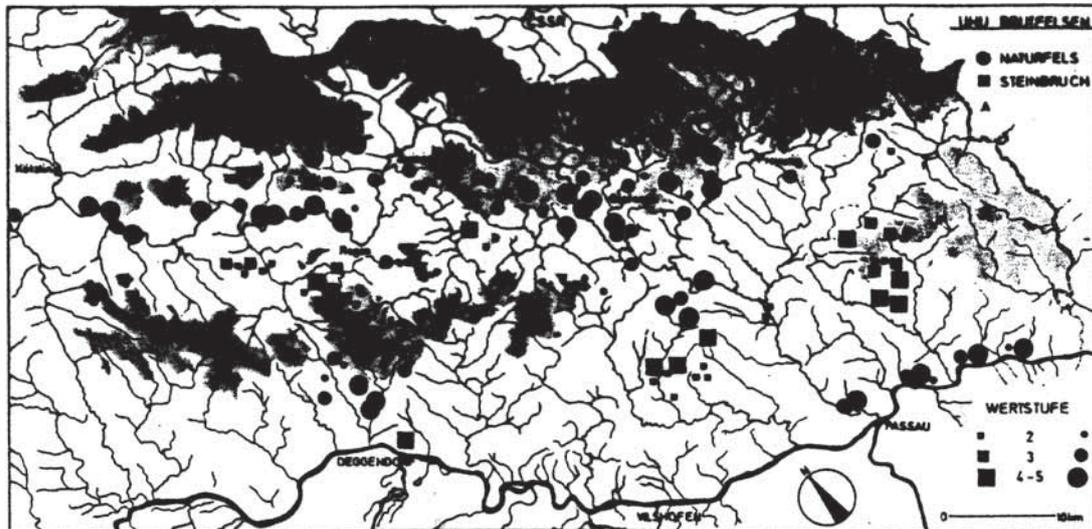
Einen anschaulichen Vergleich zwischen potentiellen Habitaten und tatsächlichem Vorhandensein des Uhus unter Berücksichtigung der Steinbrüche zeigt [Abb.1/15](#) (S. 50).

Welche Bedingungen muß ein potentielles Brut habitat - z.B. ein Steinbruch - konkret erfüllen? Weniger die Gesamthöhe einer Felswand als vielmehr ihre Gliederung durch Bänder oder Simse ist für die Eignung als Brutfelsen ausschlaggebend, wobei "der Uhu [...] nicht zwischen natürlichem und anthropogenem Brutfelsenangebot unterscheidet" (SCHERZINGER 1987). Der freie Anflug zum Brutfelsen muß gegeben sein, ebenso sollte aber auch ein ausreichendes Deckungsangebot in unmittelbarer Nähe, für den Tageseinstand, bestehen. Wie bei zahlreichen Felsbrütern werden vor allem überwiegend südexponierte Felsen bevorzugt, nordexponierte Felsen häufig vollständig gemieden. Die Nähe zu Gewässern und der Reichtum an Grenzlinien wirkt sich ebenfalls positiv aus.

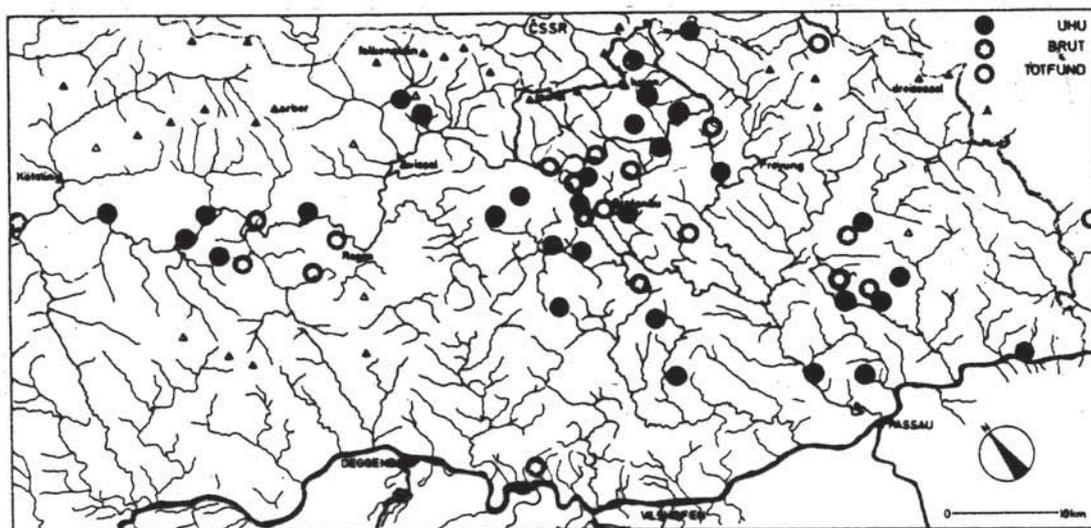
Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß SCHERZINGER weder den bäuerlichen Materialentnahmestellen ("meist ganz von Wald umgeben, vielfach auch völlig zugewachsen" - ders. 1987) noch den großen Schotterbrüchen eine Bedeutung als potentielle Uhu-Brutplätze zumißt. Nur Werksteinbrüche, in denen "große Granitquader abgesprengt und ausgebeutete Steinbrüche wieder einer natürlichen Sukzession mit Pionierpflanzen überlassen werden, liefern optimale Bedingungen für den Uhu."

Als besonders negativ wertet der Autor

- die Verfüllung und Zuschüttung von Steinbrüchen;
- die Nutzung von Steinbrüchen als Bade- oder Fischteich;
- Kletterrouten, Wanderwege und Skiloipen in unmittelbarer Nähe des Brutareals;
- die Nähe von Siedlungen zu potentiellen Brutbiotopen.



Angebot zur Brut geeigneter Naturfelsen und Steinbrüche im erweiterten NP-Vorfeld. Berücksichtigt wurden nur Wertstufen 2–5 (subjektiv). Durch Rasterung sind die 700-m- (Grenze permanenter Schneedecke im Winter) und 850-m-Höhenlinie (Biotopminderung durch hohen Waldanteil und geringe Beutedichte) hervorgehoben. Das Angebot der wenig geeigneten Montanstufe (über 850 m NN) wurde nur punktuell eingetragen.



Uhubeobachtungen im erweiterten NP-Vorfeld (1972–1985; einschließlich Totfunden). Die Vorkommen konzentrieren sich auf das Flußsystem von Regen und Donau sowie auf die Steinbrüche bei Paterndorf, Tittling und Hauzenberg.

Abbildung 1/15

a und b: Koinzidenz zwischen Uhubeobachtungen und geeigneten Lebensräumen im erweiterten Vorfeld des Nationalpark Bayerischer Wald (1972 - 1985) (SCHERZINGER 1987)

Welche Bedeutung Störungen anthropogenen Ursprungs bei der Besiedelung zukommt, zeigt die Tatsache, daß zahlreiche von der Ausstattung und von der Nähe zu Ausbreitungszentren optimale Bereiche nicht besiedelt werden, wenn sie Störungen unterworfen sind. Dagegen werden suboptimale Areale angenommen, wenn sie störungsfrei sind (SCHERZINGER 1987). Der Autor erwähnt, daß hingegen aktiver Steinbruchbetrieb vom Uhu u.U. sogar zur Brutzeit toleriert werden kann, "solange der Brutfels nicht von Personen betreten wird" (SCHERZINGER 1987). Dies erfordert störungsfreie Restflächen, wie sie z.B. in den schotterverarbeitenden Großbetrieben nicht gewährleistet werden können.

Der Uhu ist nicht als Leit-, sondern als **Schlüsselart** anzusehen. Da er durch die Empfehlungen zur Pflege von Steinbrüchen (Kap.4.2.4) vermutlich einer zu starken Störung ausgesetzt wäre, sind Pflegeeingriffe in den vom Uhu besiedelten Steinbrüchen mit Ausnahme unbedingt notwendiger Maßnahmen (z.B. Entbuschung der Simse) von Mitte Januar bis Mitte Oktober zu unterlassen.

1.5.1.2 Wanderfalke (*Falco peregrinus*)

Der Rückgang des Wanderfalken läßt sich auf eine Reihe von Ursachen zurückführen: Anthropogene Eingriffe (Aushorstung, intensive Freizeitnutzung wie z.B. Klettern, Verlust des Lebensraumes - HÖLZINGER 1987) sowie der ehemals hohe Einsatz von DDT in der Landwirtschaft sind dafür ebenso verantwortlich wie interspezifische Konkurrenz um Brutplätze (Uhu, Kolkkrabe) sowie Prädation durch Marder oder Uhu. Zumindest in Baden-Württemberg kann jedoch inzwischen - v.a. durch die Aktivitäten der Arbeitsgemeinschaft Wanderfalkenschutz (AGW) - eine positive Bestandsentwicklung festgestellt werden.

Der Jahresvogel Wanderfalke besiedelt in Bayern außerhalb der Alpen nur zwei Regionen. Die höchste Individuenzahl findet sich in den bis zu 70m hohen Felsen der aufgelassenen Buntsandsteinbrüche am Main. Hier bestätigt sich einmal mehr die Tatsache, daß der Wanderfalke markante Felsen und Felsformationen bevorzugt als Brutplatz annimmt (HEPP 1982), wenn diese auch nicht - wie in Baden-Württemberg - vorwiegend nach Osten oder Nordosten, sondern nach Südosten exponiert sind. Felswände und -galerien dienen dem Wanderfalken nicht nur als Brutplatz, sondern auch als Rupfkäuzeln oder Schlaffelsen. Für die Wahl des Horstplatzes ausschlaggebend ist in den meisten Fällen die Höhe des Felsens sowie das Vorhandensein "störungsfreier, gegen Tropfwasser und Schnee geschützter, geräumiger Plattformen" (HÖLZINGER 1987). Auch künstliche Horstplätze werden angenommen, wenn dem subjektiven "Sicherheitsbedürfnis" des Wanderfalken Rechnung getragen wird (ebd.), also ein mindestens 15cm starker Unterbau (dann auch freitragend) vorhanden ist. Horstbauten nach dem neuesten Stand der Technik beschränken sich jedoch nicht nur allein auf das Heraussprengen oder den Einbau von Nischen, sondern berücksich-

tigen auch Drainage (Einbau wasserableitender Rollkiesaufschüttungen) sowie den Schutz vor Tropfwasser und Schnee-Einwehungen (HEPP 1982, HÖLZINGER 1987). Detaillierte Beschreibungen der Anlage von Kunsthorsten finden sich bei HEPP (1982) und SCHILLING & ROCKENBAUCH (1985). Auf Beklettern besiedelter Felsen reagiert der Wanderfalke äußerst empfindlich, teils sogar mit Aufgabe des Horstes (ROCKENBAUCH 1965 in HÖLZINGER 1987). Ungezielte Behelligungen wie "Störung durch Forstbetrieb, Sprengung im Steinbruch, Straßenbauarbeiten" (SCHILLING & ROCKENBAUCH 1985) können in gewissen Grenzen offenbar toleriert werden.

Voraussetzung für eine Bestandserholung in Bayern sind die Aktionen der AGW (Bewachung der Horste, Schaffung künstlicher Horste, Prophylaxe gegen Prädatoren und Parasiten) sowie eine konsequente Unterschutzstellung besiedelter Horstfelsen und Steinbrüche. Das Angebot an attraktiven Felswänden könnte durchaus noch erhöht werden, da auch die Bruchwände der Muschelkalkbrüche des Würzburger Raums enorme Höhendifferenzen überwinden und aus diesem Grund für den Wanderfalken attraktiv sein müßten. In vielen Fällen schreiben die Sicherheitsvorschriften vor, daß die Bermen, die die Abbauwand unterteilen, aus Gründen der Standfestigkeit erhalten werden müssen, so daß die Möglichkeit, eine Steilwand zu schaffen, nicht wahrgenommen werden kann.

Der Wanderfalke ist nicht als Leit-, sondern als **Schlüsselart** anzusehen. Da er durch die Empfehlungen zur Pflege von Buntsandsteinbrüchen (Kap.4.2.4.7) vermutlich einer zu starken Störung ausgesetzt wäre, sind Pflegeeingriffe in den vom Wanderfalken besiedelten Steinbrüchen von Mitte Januar bis Mitte Oktober zu unterlassen.

1.5.1.3 Flußregenpfeifer (*Charadrius dubius*)

Der Ausbau und die Begradigung der Flüsse verursachen einen starken Bestandsrückgang des Flußregenpfeifers, der deswegen in Bayern zu den gefährdeten Arten (RL-Status 3) zählt. In Südbayern besiedelt er überwiegend noch seine natürlichen Habitate, d.h. vegetationsarme Kies- und Sandbänke an Flußläufen; in Nordbayern weichen im Gegensatz dazu 90% der Population auf Sekundärhabitats wie Kies- und Sandgruben sowie Steinbrüche aus (ORNITHOLOG. GES/ LFU 1987 - vgl. Abb. 1/16, S. 52).

Der Flußregenpfeifer benötigt nur leicht reliefierte, vegetationsarme Areale oft nur geringer Flächenausdehnung; bereits Versuche mit 400m² führten zur erfolgreichen Ansiedlung eines Flußregenpfeifer-Pärchens (FURRINGTON & HÖLZINGER 1975, zit. in HÖLZINGER 1987). Auf das Substrat bzw. die Korngröße des Materials scheint der Flußregenpfeifer recht flexibel zu reagieren: Neben den natürlichen Standorten Sand und Kies nimmt er - beispielsweise in Steinbrüchen - sowohl recht grobes (Gipsbruch Sulzheim - BANDORF & LAUBENDER 1982) als auch grusiges (Basaltbruch Zeilberg bei Voccawind - eigene Beobachtung) Material an.

Obwohl der Flußregenpfeifer Flachwasserzonen für die Nahrungssuche benötigt, müssen Nistplätze nicht unbedingt in unmittelbarer Nähe zum Wasser liegen: "Fehlen im näheren Nistbereich günstige Ernährungsbedingungen, werden oft mehrere Kilometer entfernte günstige Nahrungsgebiete aufgesucht" (HÖLZINGER 1987).

Der Flußregenpfeifer läßt sich von Abbaumaßnahmen, die um ihn herum ablaufen, nur wenig beeindrucken, vorausgesetzt allerdings, daß die von ihm beanspruchte Fläche während des Sommers nicht betreten und bearbeitet wird.

Der Abbau leistet durch die ständige Neuschaffung vegetationsarmer Areale eine wichtige Voraussetzung dafür, daß die Attraktivität einer Fläche für den Flußregenpfeifer erhalten bleibt. Zwar kann auch der Steinbruchbetrieb durch Störungen Beeinträchtigungen nach sich ziehen, doch wirken sich Freizeitaktivitäten wesentlich negativer aus. HÖLZINGER (1987) veranschaulicht dies anhand von Kiesabbaugebieten. Dabei hebt er zwei Aspekte be-

sonders hervor: Zum einen wird "die überwiegende Mehrzahl der [...] Abbaugelände nicht für Biotop- und Artenschutzmaßnahmen sichergestellt, sondern für verschiedene Freizeitaktivitäten [...] verplant", was schwerwiegende Lebensraumveränderungen für den Flußregenpfeifer mit sich bringt. Zum anderen stören Badende und sonstiger Freizeitbetrieb den Flußregenpfeifer in seinem Brutgeschäft.

Da für die meisten Steinbrüche eine derartige Umwandlung in intensiv genutzte Freizeitgebiete allein schon mangels ausreichend groß dimensionierter Wasserflächen nicht in Frage kommt, stehen in Steinbrüchen die Chancen, den Flußregenpfeifer als Brutvogel zu halten, relativ gut, vorausgesetzt, daß entsprechende Nahrungsbiotope nicht allzuweit entfernt sind und die Sukzession sich nicht über ein für den Flußregenpfeifer tolerierbares Stadium hinausentwickelt.

Der Flußregenpfeifer ist **für bestimmte Landkreise als Leitart** zu betrachten.

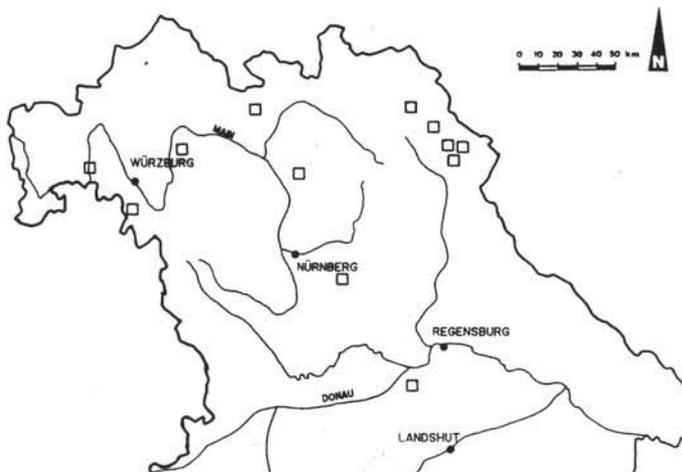


Abbildung 1/16

Vorkommen des Flußregenpfeifers (*Charadrius dubius*) in bayerischen Steinbrüchen (Darstellung auf Basis der TK 1 : 25.000), Quelle: Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989

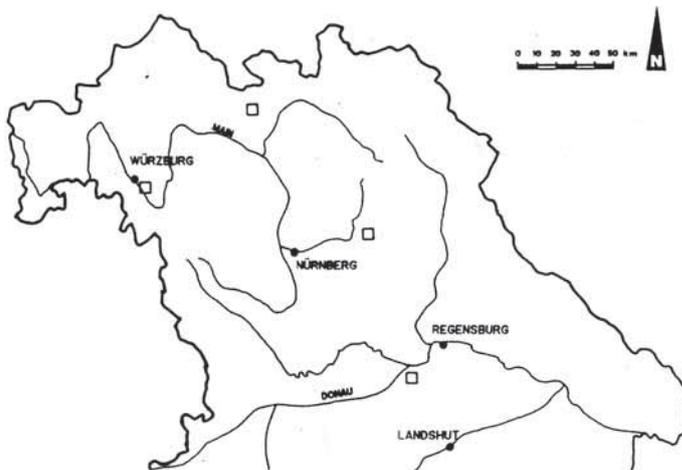


Abbildung 1/17

Vorkommen des Steinschmätzers (*Oenanthe oenanthe*) in bayerischen Steinbrüchen (Darstellung auf Basis der TK 1 : 25.000), Quelle: Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989

1.5.1.4 Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*)

Die Population des Steinschmätzers ist seit etwa 1950 stark rückläufig, wobei diese Tendenz weiterhin anhält (HÖLZINGER 1987). In der Roten Liste Bayern wird er deswegen in die Kategorie der stark gefährdeten Arten (RL-Status 1) eingeordnet. In Bayern ist der Steinschmätzer als Brutvogel vor allem in den Main-nahen Gebieten Unterfrankens und in der Hochrhön noch beheimatet. Kleinere brütende Populationen oder einzelne Paare wurden auch noch in Mittelfranken und Oberfranken beobachtet. Im übrigen Bayern sind die ehemaligen Brutvorkommen vermutlich erloschen (BANDORF & LAUBENDER 1982, ORNITHOLOG. GES./ LFU 1987).

Neben dem Einfluß von Umweltchemikalien, widrigen Klimafaktoren und negativen Entwicklungen im Winterquartier stellt die Zerstörung des Lebensraumes den größten Bedrohungsfaktor dar: Durch die Flurbereinigung von Acker- und Wiesengebieten sowie in Weinbergen sind infolge der damit bis in die jüngste Zeit verbundenen Ausräumung der Landschaft sehr viele Brutgebiete zerstört worden. "Geeignete Neststandorte, wie Natursteinmauern und Lesesteinhaufen, sowie Singwarten in einer ehemals reich strukturierten Kulturlandschaft sind verschwunden" (HÖLZINGER 1987).

"Der Steinschmätzer bevorzugt als Bruthabitat offenes, trockenes, vegetationsarmes und steiniges Gelände von Felsfluren, Geröllhalden, Heideflächen, [...] Abbaugeländen, hier vor allem Kies- und Sandgruben, Steinbrüche; [...] vegetationsfreie Flächen zur Nahrungssuche und höher gelegene Singwarten müssen vorhanden sein. Süd- bis Südost-Hanglagen werden allen in anderen Richtungen exponierten Hängen vorgezogen" (HÖLZINGER 1987). **Aufgelassene Steinbrüche kommen den Habitatansprüchen des Steinschmätzers also in der Regel sehr entgegen.** Zudem sind Steinbrüche geeignet, zwei der wesentlichen Gefährdungsfaktoren abzumildern: einerseits sind Steinbrüche weitgehend frei

vom direkten Einfluß der Agrochemikalien, andererseits entpuppen sich sowohl südexponierte als auch kesselförmig angelegte Steinbrüche als "Wärmefallen", die dem Steinschmätzer deutlich bessere klimatische Bedingungen bieten als das Umland (vgl. Abb. 1/17, S. 52).

Regelmäßige Vorkommen von Steinschmätzern in Steinbrüchen und auf deren Halden sind aus den Landkreisen Rhön-Grabfeld und Würzburg (Unterfranken) belegt. Vorkommen von Brutpaaren, die sich möglicherweise im Steinbruch befinden, wurden außerdem aus Bayreuth und Wunsiedel (Oberfranken) sowie Cham und Amberg-Salzbach (Oberpfalz) gemeldet. Der Steinschmätzer ist bayernweit als **Leitart** zu betrachten.

1.5.1.5 Heidelerche (*Lullula arborea*)

Die Heidelerche hat ihr Hauptvorkommen nördlich der Donau. Im Bayerischen Wald sowie im Fichtelgebirge - wie allgemein in etwas höheren Lagen - bestehen deutliche Verbreitungslücken (ORNITHOLOG.GES/ LFU 1987).

Der Bestand der Heidelerche ist seit langem rückläufig. Ursachen dafür sind in erster Linie der Einsatz von Umweltchemikalien und die Zerstörung der primären Lebensräume. Die Heidelerche ist ein "Charaktervogel der sandigen Kiefernwälder", der ferner "in Wacholderheiden mit Kiefernflug oder in von lichtem Wald umstandenen Sand- und Kiesgruben vorkommt" (ORNITHOL.GES/ LFU 1987).

Laut HÖLZINGER (1987) bevorzugt die Heidelerche "trockene, lichte und schütter bewachsene steppenartige Lebensräume [...], Viehweiden, Kahlschläge [...] Brachländereien sowie Weinberge und aufgelassene Kiesgruben. Einzelstehende Büsche und Bäume sind unabdingbare Habitat-Elemente" (ebd.).

Nicht nur in den erwähnten Kies- und Sandgruben, sondern auch in aufgelassenen Steinbrüchen (s. Abb. 1/18, S. 53) ist die Heidelerche in Nordbayern zwar ein seltener, jedoch regelmäßiger Gast (Bayer.

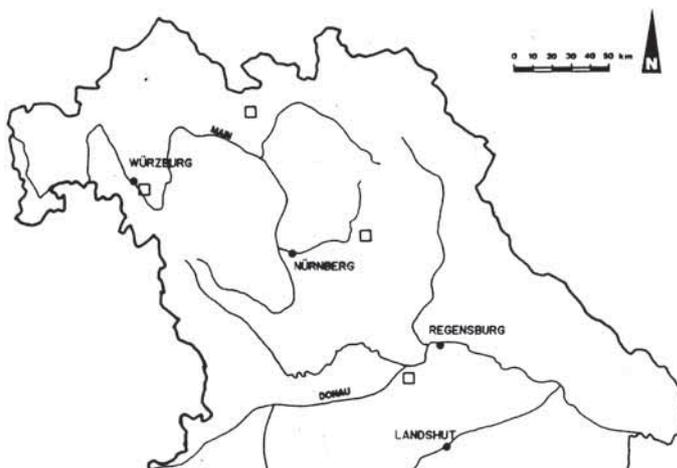


Abbildung 1/18

Vorkommen der Heidelerche (*Lullula arborea*) in bayerischen Steinbrüchen (Darstellung auf Basis der TK 1 : 25.000), Quelle: Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989

Biotopkartierung, Stand Juni 1989). An dieser Stelle darf nicht verschwiegen werden, daß gerade der Gesteinsabbau Lebensräume der Heidelerche zerstört, doch scheint sie - zumindest in gewissem Umfang - in der Lage zu sein, die dadurch entstandenen Ersatzbiotope zu besiedeln, wobei sie wie der Steinschmäter von den günstigen klimatischen Bedingungen sowie dem nahezu chemikalienfreien Umfeld profitiert.

Die regelmäßigen Vorkommen von Heidelerchen in Steinbrüchen und auf deren Halden sind belegt aus Haßberge und Würzburg (Unterfranken), Bayreuth (Oberfranken) und Kelheim (Niederbayern). Vorkommen von Brutpaaren, die sich möglicherweise im Steinbruch befinden, wurden außerdem aus Kronach und Wunsiedel (Oberfranken) gemeldet. Die Heidelerche ist **für bestimmte Landkreise als Leitart** zu betrachten.

1.5.1.6 Zippammer (*Emberiza cia*)

In ganz Bayern existiert nur zwischen Miltenberg und Erlenbach eine kleine Population der Zippammer mit etwa 8-10 Paaren (BANDORF & LAUBENDER, 1982). Die Zippammer besiedelt steile bis sehr steile, west- bis süd-exponierte Buntsandsteinhänge, bewachsene und unbewachsene Geröllhalden und senkrechte Felswände mit intensiver Besonnung (BANDORF & LAUBENDER 1982). Die Zippammer nistet zwischen Felsen am Boden oder auch in Spalten, teils auch in niedrigem Gebüsch, wobei sie zu starke Sonneneinstrahlung meidet (BANDORF & LAUBENDER (1982). Die Jungvögel halten sich nach dem Verlassen des Nestes in dichter Bodenvegetation, später in Büschen oder kleinen Bäumchen auf (BRÄU 1991 unpubl.). Ein Paar der Zippammer konnte in einem Steinbruch nachgewiesen werden (Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989). Auch in Baden-Württemberg wurden Geröllhalden in aufgelassenen Steinbrüchen als Habitat angenommen (HÖLZINGER 1987). Für die **Landkreise Miltenberg, Würzburg und Main-Spessart** kann die Zippammer als **Leitart** betrachtet werden.

1.5.1.7 Sonstige Vogelarten

Nach BANDORF & LAUBENDER (1982) wurde der Brachpieper (*Anthus campestris*) mehrfach in Steinbrüchen und anderen Abbaugeländen beobachtet. Auch im Rahmen der Biotopkartierung wurden zwei aktuelle Sichtungen aus Steinbrüchen gemeldet. Bei insgesamt etwa 10 Brutpaaren in Unterfranken (Schätzung BANDORF & LAUBENDER 1982) stellen Abbaugelände also wesentliche Ausweich-Habitats dar, wobei das trocken-heiße Klima der Sommermonate sowie schütterer oder kurzrasige Vegetation ausschlaggebend sind.

Auch der Neuntöter scheint Steinbruchstandorte gerne anzunehmen. Vereinzelt werden auch Vorkommen des Wiedehopfs (*Upupa epops*) aus Steinbrüchen gemeldet.

Bedeutend erscheint außerdem auch die Aussage von PLACHTER (1984), daß die Bestände des Auerhuhns (im außeralpinen Bereich) noch nicht hinreichend durch Schutzgebiete gesichert sind. Für diese Vogelart können Steinbrüche zumindest Teilfunktionen übernehmen: WURZEL (1989, mdl.) beobachtete im Fichtelgebirge Auerhühner in den beerenstrauchreichen Oberhängen von Steinbrüchen, die sie zur Nahrungsaufnahme und auch zur Aufnahme von kleinen Steinkörnern aufsuchten.

1.5.2 Reptilien

Im Vorfeld des Bayerischen Waldes (Abgrenzung des Untersuchungsgebietes s. Kap.1.5.3, S. 55 "Amphibien") wurden neben der Zauneidechse (*Lacerta agilis*) auch die Schlingnatter (*Coronella austriaca*) und die Ringelnatter (*Natrix natrix*) des öfteren in Steinbrüchen und auf Steinbruchhalden nachgewiesen (ASSMANN et al. 1985, unpubl.).

1.5.2.1 Schlingnatter (*Coronella austriaca*)

"Optimalbiotope zeichnen sich durch eine heterogene Vegetationsstruktur aus, wobei ein kleinräumiges Mosaik aus Einzelbäumen, Gebüschgruppen, grasigen Partien und vegetationsfreien Flächen deren Lebensraum kennzeichnen" (GLANDT 1986 in

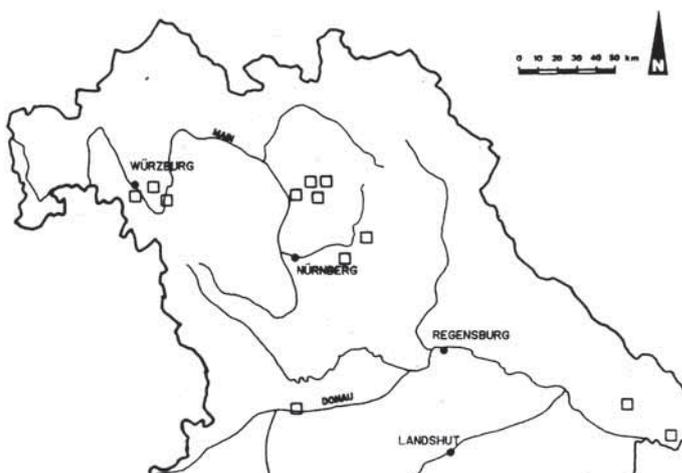


Abbildung 1/19

Verbreitung der Schlingnatter (*Coronella austriaca*) in bayerischen Steinbrüchen (Darstellung auf Basis der TK 1 : 25.000), Quelle: Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989

BRÄU 1991, unpubl.). Anderen Autoren zufolge bevorzugt die Schlingnatter "relativ dicht bewachsenes Gelände, Waldränder, verbuschte Geröllhalden, Weinberge" (BAEHR, M. 1987) und meidet einerseits geschlossenen Wald, andererseits großflächige Bereiche mit ausschließlich niedrigwüchsiger Vegetation. Sie erbeutet überwiegend Zauneidechsen, in mesophileren Bereichen auch Blindschleichen. Sie kommt daher vor allem an Eidechsenstandorten, d.h. in südexponierten Lagen vor (BAUER 1987). Vegetationsfreie Stellen und Steinhäufen werden als Sonnenplätze, Steinplatten und Felsblöcke als Unterschlupf angenommen (BRÄU 1991, unpubl.).

Einzelne Schlingnatter-Paare stellen mit 1-5ha (BLAB 1980 zit. in ASSMANN et al. 1985) Arealansprüche, die von Steinbrüchen gut gedeckt werden können. In Baden-Württemberg lagen vier von insgesamt 54 Fundstellen der Schlingnatter in Steinbrüchen (BAUER 1987). Die Fundstellen in Bayern zeigt [Abb.1/19](#) (S. 54).

1.5.2.2 Smaragdeidechse (*Lacerta viridis*) und Äskulapnatter (*Elaphe longissima*)

Die Smaragdeidechse und die Äskulapnatter sind ausgesprochen thermophile Arten; ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt im Mittelmeerraum. In Bayern stoßen Äskulapnatter und Smaragdeidechse an den Donauhängen bei Jochenstein an ihre nördliche Verbreitungsgrenze. Primärer Lebensraum beider Arten waren Blockhalden und kahle Felspartien, die durch die erodierende Tätigkeit der Donau und das nachfolgende Abrutschen der Hänge entstanden. Sowohl Äskulapnatter als auch Smaragdeidechse konnten von FRÖR (1986) in aufgelassenen Steinbrüchen, die in den Komplex der Jochensteiner Hänge integriert sind, festgestellt werden.

1.5.2.3 Kreuzotter (*Vipera berus*)

Meldungen von Funden der Kreuzotter in Steinbrüchen liegen vor allem aus dem Fichtelgebirge und den angrenzenden Naturräumen gehäuft vor, ein Befund, in dem sich der Schwerpunkt der Verbreitung insgesamt spiegelt (VÖLKL 1986). Den Untersuchungen VÖLKLs zufolge präferiert die Kreuzotter im Fichtelgebirge Waldschläge und Waldsäume mit Zwergstrauchbewuchs (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Calluna vulgaris*). Die Fundortmeldungen aus Steinbrüchen lassen sich daher leicht damit erklären, daß entsprechende Vegetationsausbildungen auch häufig an der Steinbruchoberkante zu beobachten sind. Während sich ausgewachsene Kreuzottern vor allem von Kleinsäugern ernähren, sind junge Schlangen dagegen auf Frösche und Eidechsen angewiesen, die ebenfalls - wie durch Fundortmeldungen der bayerischen Biotopkartierung belegt - häufig in Steinbrüchen anzutreffen sind.

Auch in der Rhön finden sich zahlreiche Vorkommen der Kreuzotter in Steinbrüchen (SCHOLL, mdl., zit. in TRAUTNER & BRUNS 1988).

1.5.3 Amphibien

Bei der Besiedelung von neuen Standorten spielen in erster Linie jene Arten eine Rolle, die ein ausgeprägtes Wanderverhalten zeigen. Neben den bekannten vagabundierenden Arten wie der Gelbbauchunke besiedeln dagegen auch Arten mit ausgeprägter Laichplatztreue Feuchtstandorte in Steinbrüchen. Zum einen kann bei verspätetem Aufbruch aus dem Winterquartier die allgemeine Gewässerorientierung die Orientierung hin zum angestammten Laichplatz überwiegen, zum anderen führen vor allem Jungtiere Wanderungen aus, die ein Vielfaches der durchschnittlichen Radien der Jahreslebensräume betragen können (BLAB 1986). BLAB folgert aus der raschen Besiedelung neu entstandener Gewässer, daß "diese Tiere [...] bereits in den für eine Fortpflanzung bis dahin (da gewässerfrei) ungeeigneten Landstrichen vorhanden" gewesen seien (ebd.).

Die einzelnen Arten stellen unterschiedliche Ansprüche an ihren Lebensraum, d.h. an Laichgewässer, Sommer- und Winterquartier, wobei nicht zwangsläufig das Laichgewässer den Minimumfaktor darstellen muß (M.BAEHR 1987). Die Bedeutung der Steinbrüche liegt daher nicht nur darin, daß sie Laichplätze zur Verfügung stellen, sondern daß ihre meist reiche Strukturierung in den direkt an die Gewässer angrenzenden Bereichen sie für die Amphibien auch als Sommer- und Winterlebensräume qualifiziert. Die Ansprüche der einzelnen Arten an Laichgewässer, Sommer- und Winterlebensraum umreißt Tab. 1/18 (S. 56). Alle Amphibienarten - mit Ausnahme des Alpensalamanders - benötigen Gewässer zur Ablage des Laiches. Darüber hinaus verbringen eine Reihe von Amphibienarten auch den Rest des Jahres überwiegend im Wasser, während andere Arten ein auf dem Land gelegenes Sommer- und Winterquartier beziehen, das häufig in unmittelbarer Nähe zum Laichgewässer gelegen ist.

Die Mehrzahl der Steinbrüche beherbergt nur eine Amphibienart, doch immerhin sind auch Steinbrüche bekannt, in denen bis zu sieben Arten registriert wurden. Die Arten sind jedoch nicht in allen Naturräumen gleichermaßen vertreten. In den von ASSMANN (1985, unpubl.) untersuchten Naturräumen (Hinterer Bayerischer Wald, Vorderer Bayerischer Wald (teilweise), Lallinger Winkel (teilweise), Wegscheider Hochfläche, Passauer Abteiland und Neuburger Wald) fehlen Kammolch, Kreuz- und Wechselkröte sowie Grünfrösche, obwohl von der Verbreitung in angrenzenden Landschaftsräumen her hauptsächlich Kammolch und Kreuzkröte auch in Steinbrüchen erwartet werden könnten. ASSMANN (ebd.) vermutet, daß die Silikatgesteine limitierend auf einzelne Arten wirken können, da ARNOLD (1983) eine Schädigung von Erdkröten und Molchen bei einem pH-Wert von 4,4 nachweisen konnte, wobei der Kammolch am meisten betroffen war. Dieser pH-Wert wird in einigen Steinbruchgewässern des Bayerischen Waldes sogar noch unterschritten, wie Messungen von THIELE (1989, mdl.), die bei einem pH von 3,7 lagen, bestätigten. Bei der Beurteilung von Steinbrüchen anhand der Anzahl

Tabelle 1/18

Ansprüche von Amphibienarten an Laichplatz und Sommerlebensraum; Wanderverhalten der Arten und Akzeptanz von Sekundärlebensräumen (Steinbrüchen)

	I				II			III	IV
	1	2	3	4	1	2	3		
Gelbbauchunke	-	x	-	x	-	x	x	xx	xx
Erdkröte	x	(x)	(x)	(x)				(x)	x
Kreuzkröte	-	x	-	x	-	x		x	x
Wechselkröte	-	x	-	x		x			(x)
Geburtshelferkröte	-	x	-	x				-	xx
Knoblauchkröte	x	-	(x)	(x)		x		-	-
Bergmolch	x	x	-	-					x
Teichmolch	x	x	x	x					x
Fadenmolch	x	-		(-)	x				(x)
Kammolch	x	(-)	x	x			x	x	x
Grasfrosch	x	-	x					(x)	(x)
Grünfrosch	x	-	x				x		x
Laubfrosch	x	-	x						-
Feuersalamander	-	-	-	-	x	-	-		(-)

xx: sehr hoch
x: positiv bzw. hoch
(x): bedingt positiv bzw. mittel
(-): bedingt negativ bzw. gering
-: negativ bzw. ungeeignet

<u>I Laichgewässer</u>	<u>II Sommerquartier</u>	<u>III Vagilität</u>
1: stabil, groß	1: mesophiler Laubwald	
2: ephemere, klein	2: Offenbiotope	<u>IV Eignung der Steinbrüche als</u>
3: Bewuchs	3: im Wasser	<u>Sekundärhabitat für die</u>
4: Besonnung		<u>genannte Art</u>

der vorgefundenen Amphibienarten ist daher dem Fehlen einzelner Amphibienarten in bestimmten Naturräumen Rechnung zu tragen: drei Amphibienarten an einem Laichplatz des hinteren Bayerischen Waldes können - bezogen auf den Naturraum - bereits als artenreicher Bestand gelten (ASSMANN 1985). In Nordbayern (Lkr. Rhön-Grabfeld) ebenso wie am Südrand der Fränkischen Alb konnten dagegen bis zu 7 Amphibienarten in einem einzigen Steinbruchgewässer nachgewiesen werden (WEID, im Druck, DEININGER & MAYER 1987).

Bis auf den Alpensalamander, den Fadenmolch und den Moorfrosch konnten sämtliche Amphibienarten in den bayerischen Steinbrüchen nachgewiesen werden (s. Tab. 1/19, S. 57). Auf der Grundlage der Bayer. Biotopkartierung (Stand Juni 1989) läßt sich die Gelbbauchunke als erfolgreichster Besiedler der Steinbrüche charakterisieren. Sie wurde in 87 von 180 mit Gewässern ausgestatteten Steinbrüchen registriert. Etwas weniger "erfolgreich" waren Bergmolch (in 60 Steinbrüchen), Teichmolch und Erd-

kröte (in je 57 Steinbrüchen) sowie Grasfrosch (in 50 Steinbrüchen).

Es sind vor allem drei Faktoren, die potentielle Steinbruchhabitats für Amphibienarten unbesiedelbar machen oder zumindest ihre Attraktivität drastisch herabsetzen:

- Fischbesatz;
- Steilufer;
- natürliche Sukzession (für Pionierarten und Spezialisten).

KRACH (1990) weist darauf hin, daß immer noch zuwenig erkannt wird, "daß gerade das unregelmäßige Austrocknen, nicht die regelmäßige Wasserführung, solche Steinbruchlachen für die doch insgesamt nicht häufigen Spezialisten reserviert und die Bildung von Laichtraditionen der Allerweltsarten, v.a. aber der direkten Larvenkonkurrenz Erdkröte, zumindest einschränkt."

Tabelle 1/19

Häufigkeit des Vorkommens von Amphibienarten in 180 potentiell geeigneten bayerischen Steinbrüchen (nach Bayer. Artenschutzkartierung, Stand März 1990, PLACHTER 1983)

Lateinischer Artname	Deutscher Artname	Fundorte
<i>Bombina variegata</i>	Gelbbauchunke	87
<i>Triturus alpestris</i>	Bergmolch	60
<i>Triturus vulgaris</i>	Teichmolch	57
<i>Bufo bufo</i>	Erdkröte	57
<i>Rana temporaria</i>	Grasfrosch	50
<i>Bufo calamita</i>	Kreuzkröte	22
<i>Rana "esculenta"</i>	"Wasserfrosch"	20
<i>Triturus cristatus</i>	Kammolch	20
<i>Hyla arborea</i>	Laubfrosch	10
<i>Alytes obstetricans</i>	Geburtshelferkröte	6
<i>Salamandra salamandra</i>	Feuersalamander	6
<i>Pelobates fuscus</i>	Knoblauchkröte	2
<i>Bufo viridis</i>	Wechselkröte	1
<i>Rana dalmatina</i>	Springfrosch	1

1.5.3.1 Gelbbauchunke (*Bombina variegata*)

Die Gelbbauchunke ist während der ganzen Vegetationsperiode über am Wasser anzutreffen. Sie ist eine ausgesprochene Pionierart mit deutlich vagabundierendem Verhalten und trifft nicht selten als eine der ersten Arten in ephemeren Steinbruchgewässern ein. Bevorzugt werden flache und belichtete Klein- und Kleinstgewässer. Bereiche mit dichter aquatischer oder amphibischer Vegetation werden meist gemieden, einzelne vertikale Strukturen dagegen beim Ablachen benötigt (BLAB 1986, HÖLZINGER 1987).

Die Gelbbauchunke konnte in 87 von 180 potentiell geeigneten Steinbrüchen beobachtet werden; damit ist sie unter den Lurchen der erfolgreichste Besiedler. In einigen Naturräumen Bayerns stellen Steinbrüche Habitate für die individuenreichsten Populationen im Umkreis dar und sind daher von überregionaler Bedeutung (vgl. ABSP). Die Gelbbauchunke ist in weiten Teilen Bayerns als **Leitart** zu betrachten.

1.5.3.2 Kreuzkröte (*Bufo calamita*)

Die Kreuzkröte besiedelte ursprünglich Wildflußlandschaften mit hoher Dynamik, an die sie durch ihr Wandervermögen angepaßt war. Wildflußlandschaften existieren heute nicht mehr, daher stellen Sekundärbiotope mit hoher, anthropogen induzierter Dynamik den heutigen Verbreitungsschwerpunkt dar (COMES 1987). Die Kreuzkröte ist relativ unempfindlich gegen Trockenheit. Als ausgesprochener Laichplatzvagabund trifft sie häufig als erste an neuentstandenen Kleingewässern ein. Sie stellt sehr geringe Ansprüche an Größe und Ausstattung der Gewässer. Unabdingbar sind dagegen flache Uferbereiche und ausgeprägte Flachwas-

serzonen, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind. Da die Larvenentwicklung sehr rasch vor sich geht, werden auch austrocknende Gewässer regelmäßig als Laichplatz angenommen. Vegetation wird nur in sehr geringem Umfang toleriert. Obwohl sie sandige Böden bevorzugt (wo sie sich eingraben kann), ist sie auch in Steinbrüchen relativ häufig (BAUER 1987, BAEHR 1987, BLAB 1986 a).

Die Kreuzkröte ist in Bayern in 22 von 180 potentiellen Lebensräumen in Steinbrüchen kartiert worden. In zahlreichen Landkreisen sind Steinbrüche als Schlüsselhabitate, die Art selbst als **Leitart** anzusehen (vgl. ABSP, s. Tab. 1/39, S. 86).

1.5.3.3 Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans*)

Die Geburtshelferkröte findet sich vorwiegend an sonnenexponierten, vegetationsarmen Gewässern. Kiesiger bzw. steiniger Untergrund und vegetationsarme Umgebung werden bevorzugt. In unmittelbarer Nachbarschaft zum Gewässer benötigt die Geburtshelferkröte entweder grabbaren Untergrund (Sand) oder Unterschlupfmöglichkeiten zwischen Steinen oder Geröll, wohin sie sich in Trockenzeiten (v.a. während des Sommers) zurückziehen kann. Die Geburtshelferkröte ist ausgesprochen laichplatztreu (BLAB 1986, HÖLZINGER 1987) und wenig vagil.

Wenn auch neuere Untersuchungen (Artenschutzkartierung Bayern, WEID 1991) die Aussage von PLACHTER (1983), daß alle bayerischen Populationen der Geburtshelferkröte ausschließlich in Basaltsteinbrüchen ablaichen, nicht bestätigen, so stellen doch Steinbruchgewässer nach wie vor ein Schlüsselbiotop (vgl. ABSP) für diese nur in Nordbayern verbreitete Art dar. Die Geburtshelferkröte konnte an 29 Fundorten nachgewiesen werden, da-

von lagen sieben, also ein Viertel der Vorkommen, in Steinbrüchen. Die Anzahl rufender Tiere ist dort auch regelmäßig am höchsten und erreicht bis zu 30 Individuen.

Die Geburtshelferkröte ist in ihrem Verbreitungsareal in Nordbayern als **Leitart** anzusehen (vgl. Tab. 1/38, S. 85).

1.5.3.4 Kammolch (*Triturus cristata*)

Der Kammolch verbringt den größten Teil des Jahres im Wasser. Er bevorzugt größere, perennierende, vornehmlich besonnte Gewässer mit ausgeprägter submerser Vegetation (BLAB 1986, HÖLZINGER 1987).

Der Kammolch ist in 19 von 180 potentiellen Lebensräumen in Steinbrüchen kartiert worden. In zahlreichen Landkreisen sind Steinbrüche als Schlüsselhabitate, die Art selbst als **Leitart** anzusehen (vgl. ABSP, s. Tab. 1/39, S. 86).

1.5.4 Insekten

1.5.4.1 Libellen

Libellen - besonders Großlibellen - sind hervorragende Flieger und zu ausgedehnten Flügen befähigt. Manche Arten, hauptsächlich die der Fließgewässer und Moore, zeigen kein ausgesprochenes Wanderverhalten, obwohl nicht auszuschließen ist, daß einzelne Individuen weite Strecken überwinden. Andere Arten hingegen unternehmen weite Wanderflüge, so z.B. *Libellula depressa*, *Libellula quadrimaculata*, *Sympetrum flaveolum* und *S. vulgatum* (SOUTHWOOD 1962, zit. in DRACHENFELS 1983). Mehreren Untersuchungen zufolge sind selbst standorttreue Arten in bis zu 10km Entfernung zum nächsten potentiellen Brutbiotop festgestellt worden (SCHMIDT, E. 1964, zit. in DRACHENFELS 1983).

Nach den Untersuchungen von BRÄU (1990) ist die Habitateignung von Gewässern für Libellen von der Größe der Gewässer (s. Kap.2.5.1.2), dem Anteil an Flachuferbereichen, der Deckung der Unterwasservegetation sowie der amphibischen Krautschicht abhängig. Mit zunehmendem Anteil an Flachuferbereichen und zunehmender Deckung der amphibischen Vegetation steigt die Artenzahl. Bei der Unterwasservegetation scheint ein Wert von etwa 50% für die Libellen optimal zu sein. Die Ergebnisse lassen dagegen keine Rückschlüsse auf die Qualität der Artenzusammensetzung, d.h. auf den Anteil gefährdeter oder seltener Arten zu.

In den bayerischen Steinbrüchen konnten 33 von 67 heimischen Libellenarten beobachtet werden (s. Tab. 1/20, S. 59), allen voran die Blaugrüne Mosaikjungfer (*Aeshna cyanea*), die zu den anspruchslosesten und anpassungsfähigsten Großlibellen gehört (BELLMANN 1987). In der Reihenfolge ihrer Häufigkeit an Steinbruchgewässern nennt die Bayer. Biotopkartierung weiterhin die Hufeisen-Azurjungfer (*Coenagrion puella*), den Plattbauch (*Libellula depressa*) und die Becher-Azurjungfer (*Enallagma cyathigerum*). Die genannten Arten sind allgemein

weit verbreitet. Doch es finden sich auch Seltenheiten an den Steinbruchgewässern, z.B. die Gebänderte Heidelibelle (*Sympetrum pedemontanum*) oder der Südliche Blaupfeil (*Orthetrum brunneum*). Letzterer ist "eine ausgesprochen südliche Libelle" (BELLMANN 1987) mit Vorkommen vor allem in Süddeutschland. Der Südliche Blaupfeil bevorzugt flache, sich schnell erwärmende Gewässer; er tritt in manchen Steinbrüchen gemeinsam mit der Kleinen Pechlibelle (*Ischnura pumilio*) und dem Plattbauch auf. Das Kleine Granatauge (*Erythromma viridulum*), eine mediterrane Art (BELLMANN 1987), stellt sich ebenfalls - wenn auch selten - in Steinbrüchen ein.

In einigen Naturräumen scheinen die artenreichsten Vorkommen in sekundären Abbaustandorten zu liegen. Als Beispiele seien die Rhät- und Keupersandsteinbrüche der südlichen Haßberge und einige wasserführende Kalkbrüche der nördlichen Frankenalb genannt. So wurden in den Steinbrüchen bei Eichelberg/Burgpreppach (HAS), NO Voccawind (HAS), ONO Neuses (HAS) und NO Sattelmansberg (FO) zwischen 11 und 18 Libellenarten nachgewiesen (Bayer. Biotopkartierung, Stand: Juni 1989, WEBER 1990), mithin also Zahlen, die in anderen Lebensräumen vergleichbarer Ausdehnung in diesen Gebieten kaum erreicht werden.

1.5.4.2 Schmetterlinge

(In Zusammenarbeit mit J. Weidemann)

Mindestens 67 gefährdete Großschmetterlingsarten sind zumindest gebietsweise von Felsbandhabitaten abhängig (BLAB 1984). Nach dem weitgehenden Verwalden und Verwachsen der kleineren bis mittelgroßen Fels- und Felsheidestandorte in den nordbayerischen niederen Mittelgebirgen kommt den offenen felsigen Sekundärstandorten, insbesondere alten Abbauwänden und Kalkabbauhalden eine umso höhere relative Bedeutung zu. Für manche Arten sind sie sogar essentiell.

Von PETERSEN (1984) wurden in zwei aufgelassenen niedersächsischen Kalkbrüchen (10,4ha und 25ha groß) insgesamt 328 Arten (Tagfalter, Spinner, Eulen) nachgewiesen, das sind etwa 40% der in Niedersachsen bodenständigen Lepidopteren. Ein Drittel der Arten findet sich auf der Roten Liste. Eine wesentliche Erkenntnis dieser Untersuchung ist, daß nicht die Wirtspflanzen den Minimumfaktor für die Besiedelung von Abbaustellen durch Schmetterlinge darstellen, da sie häufig und allgemein weit verbreitet sind, sondern andere Faktoren ausschlaggebend sein müssen. Die hohen Artenzahlen und die hohe Diversität sind laut PETERSEN in dem reichhaltigen Struktur- und Wirtspflanzenangebot sowie den günstig ausgeprägten Ökotonen begründet, die in der umgebenden Landschaft durch zahlreiche Ursachen im Rückgang begriffen sind.

In den bayerischen Steinbrüchen sind Arten der mesophilen Waldränder und Säume wie auch Arten xerothermer Standorte vertreten und nehmen einen gleichermaßen hohen Anteil ein (Auswertung der bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989). Der hohe Anteil der mesophilen Wald(rand-)

Tabelle 1/20

Libellen in Steinbrüchen (Auswertung der Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, MANDERY 1988); Statuszuordnung nach "Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern" (LFU 1992)

RL-Status 2	
Kleines Granatauge	<i>Erythromma viridulum</i>
Kleine Binsenjungfer	<i>Lestes virens</i>
Gebänderte Heidelibelle	<i>Sympetrum pedemontanum</i>
RL-Status 3	
Torf-Mosaikjungfer	<i>Aeshna juncea</i>
Blauflügel-Prachtlibelle	<i>Calopteryx virgo</i>
Speer-Azurjungfer	<i>Coenagrion hastulatum</i>
Fledermaus-Azurjungfer	<i>Coenagrion pulchellum</i>
Kleine Pechlibelle	<i>Ischnura pumilio</i>
Glänzende Binsenjungfer	<i>Lestes dryas</i>
Gefleckte Heidelibelle	<i>Sympetrum flaveolum</i>
Gemeine Winterlibelle	<i>Sympetma fusca</i>
Stüdlicher Blaupfeil	<i>Orthetrum brunneum</i>
RL-Status 4R	
Braune Mosaikjungfer	<i>Aeshna grandis</i>
Gebänderte Prachtlibelle	<i>Calopteryx splendens</i>
Große Heidelibelle	<i>Sympetrum striolatum</i>
RL-Status 4S	
Westliche Keiljungfer	<i>Gomphus pulchellus</i>
ohne Status	
Blaugrüne Mosaikjungfer	<i>Aeshna cyanea</i>
Herbst-Mosaikjungfer	<i>Aeshna mixta</i>
Große Königslibelle	<i>Anax imperator</i>
Hufeisen-Azurjungfer	<i>Coenagrion puella</i>
Becher-Azurjungfer	<i>Enallagma cyathigerum</i>
Große Pechlibelle	<i>Ischnura elegans</i>
Gemeine Binsenjungfer	<i>Lestes sponsa</i>
Weidenjungfer	<i>Lestes viridis</i>
Kleine Moosjungfer	<i>Leucorrhinia dubia</i>
Plattbauch	<i>Libellula depressa</i>
Vierfleck	<i>Libellula quadrimaculata</i>
Großer Blaupfeil	<i>Orthetrum cancellatum</i>
Frühe Adonislibelle	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>
Glänzende Smaragdlibelle	<i>Somatochlora metallica</i>
Schwarze Heidelibelle	<i>Sympetrum danae</i>
Blutrote Heidelibelle	<i>Sympetrum sanguineum</i>
Gemeine Heidelibelle	<i>Sympetrum vulgatum</i>

arten überrascht zunächst. Zwei Gründe können für das Vorkommen dieser ökologischen Gruppe verantwortlich gemacht werden: zum einen besitzen Steinbrüche häufig gemeinsame Grenzlinien mit Waldbeständen - sei es, daß sie in Wäldern angelegt sind, sei es, daß sie in unmittelbarer Nähe zu Wald-rändern liegen. Zum anderen können bereits länger aufgelassene Steinbrüche selbst Gebüsch- und (Vor-) Waldstrukturen aufweisen, die sich vor allem aus Weichhölzern zusammensetzen, die zahlreichen Arten als Raupenfutterpflanze dienen. Mit Großem

Fuchs (Raupenfutterpflanze u.a. *Salix caprea*, *Populus tremula* - diese und alle folgenden Angaben nach EBERT 1991), Großem Eisvogel (Raupenfutterpflanze *Populus tremula*) und Kleinem Eisvogel (*Lonicera xylosteum*), Trauermantel (Raupenfutterpflanze u.a. *Salix caprea* und schmalblättrige Weiden), Großem Schillerfalter (Raupenfutterpflanze *Salix caprea*) und Kleinem Schillerfalter (Raupenfutterpflanze *Populus tremula*, *Salix caprea*) konnten gefährdete Vertreter dieser ökologischen Gruppe festgestellt werden.

Genauso stark vertreten sind die xerothermen Offenlandarten. Sie erreichen in Deutschland die Nordgrenze ihrer Verbreitung und sind meist auf ausgesprochene Wärmeinseln beschränkt. Sie benötigen verhältnismäßig hohe Temperaturen, hohe Sonneneinstrahlung, milde Wintertemperaturen und geringe Niederschläge. "Diese Bedingungen sind [...] vor allem über kalkhaltigen und flachgründigen Böden realisiert" (BLAB & KUDRNA 1982). **Ausschlaggebender Faktor für die Ansiedlung speziell thermophiler Arten in Steinbrüchen ist daher in erster Linie das von der Umgebung abweichende Mikroklima. Die hohe Hitzeeinstrahlung während des Tages, die auf den in Steinbrüchen z.T. unbewachsenen Böden nicht durch eine Vegetationsschicht gemindert wird, sowie die Abgabe der gespeicherten Wärme in der Nacht rufen submediterrane Klimacharakteristika hervor. Außerdem spielt der Windschutz, wie er in vielen Steinbrüchen geboten wird, eine wesentliche Rolle** (WEIDEMANN 1992, mdl.). Er ist im Larvalstadium von entscheidender Bedeutung, jedoch auch für Imagines von Arten mediterraner und submediterraner Herkunft, die im Winter keine absolute Winterruhe halten (im Gegensatz zu z.B. borealen Arten) und an frostfreien Tagen auf Nahrungssuche gehen (WEIDEMANN 1992, mdl.).

In Abhängigkeit von der Vegetationsentwicklung bzw. der Sukzession findet auch bei den Faltern eine Artenverschiebung statt. In relativ frühen Sukzessionsstadien, die von *Sedum album* beherrscht werden, kann der Apollofalter (*Parnassius apollo*) auftreten; in vergleichbaren Sukzessionsstadien mit *Festuca* ist die Berghexe (*Chazara biseis*) anzutreffen. Mit Zunahme der Leguminosen, u.a. *Lotus corniculatus*, *Hippocrepis comosa* und *Onobrychis viciifolia*, treffen verschiedene Bläulinge und Blutröpfchen (Zygänen) ein. Ältere Entwicklungsstadien, die bereits Krüppelschlehen aufweisen, können Habitatfunktionen für den Segelfalter (*Iphiclides podalirius*) und eine Reihe weiterer seltener Arten (z.B. die Zygäne *Aglaope infausta*) übernehmen (WEIDEMANN 1992, mdl.). Im Gegensatz zu den mesophilen Waldarten kann hier der Steinbruch wesentliche Biotopfunktionen übernehmen, die durch Pflegemaßnahmen zu optimieren sind. Die Einnischung von Schmetterlingen in Steinbruchhabitats wird anhand des Apollofalters und des Segelfalters beispielhaft aufgezeigt. Die in Tab. 1/21 (S. 61) genannten Arten können als qualitätsbestimmend angesehen werden.

- **Apollo (*Parnassius apollo*)**

Der Apollo ist in Bayern - neben dem Alpenraum - nur noch im Fränkischen Jura lokal verbreitet. In den letzten Jahren ist ein erschreckender Rückgang dieser Art zu beobachten (KAUFHOLD 1990, mdl.), wobei dieser nicht nur auf Bayern beschränkt ist, sondern auch in Baden-Württemberg (EBERT 1991) festgestellt werden mußte. BLAB & KUDRNA (1982) fordern daher, die verbliebenen außeralpinen Restpopulationen dieser Art umgehend unter Schutz zu stellen. EBERT (1991) nennt als Lebensraum heute nur noch anthropogene Standorte wie "aus Naturstein aufgeschichtete Bahn- und

Straßenböschungen und Abraumhalden von Steinbrüchen, auf die nach Verlust der ursprünglichen Lebensräume ausgewichen wurde" (ebd.). Diese Analyse trifft wortwörtlich auch für die bayerischen Verhältnisse zu. Hauptursache für den Rückgang des Apollofalters auf den primären Standorten sind Lebensraumveränderungen, insbesondere Vergrasung von lückiger Krautvegetation und Verbuschung bzw. Bewaldung früher offener Standorte (EBERT 1991).

Der Apollo ist ein Streubrüter, der seine Eier an dürre Grashalme, überhängende Steine und trockene Stengel der Raupenfutterpflanze heftet. Die bevorzugte Futterpflanze der Apolloraupen ist der Weiße Mauerpfeffer (*Sedum album*), doch wird auch die Große Fetthenne (*Sedum telephium*) angenommen; für das Gedeihen der Raupen sind ausgesprochene Massenbestände notwendig. Dabei werden zumindest in Nordbayern durch Gräser leicht beschattete bzw. windberuhigte *Sedum*-Vorkommen bevorzugt (WEIDEMANN 1990, mdl.). Die Aufenthaltsorte der Imagines lassen sich pflanzensoziologisch häufig dem TEUCRIO-BOTRYOS-MELICETUM CILIATAE zuordnen. Auch als Imago saugt der Falter an den Blüten des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*), daneben "sind es vor allem rote und violettrote Blütenpflanzen wie Disteln, z.B. *Carduus nutans* und *Cirsium eriophorum*, Flockenblumen, z.B. *Centaurea jacea* und *Origanum vulgare*, die bevorzugt von den Faltern zur Nahrungsaufnahme aufgesucht werden" (EBERT 1991). Die Männchen scheinen bevorzugt an offenen, also nicht verbuschten Hang- bzw. Böschungskanten zu patrouillieren (eigene Beobachtung). Die Abraumhalden der Plattenkalkbrüche der Frankenalb kommen den Habitatansprüchen des Apollo in jeder Hinsicht entgegen. Massenbestände des Weißen Mauerpfeffers (*Sedum album*) finden sich regelmäßig auf meist mittelgrobem bis feinem, oft plattigem Abraummateriale in mehr oder minder ebener Lage (nicht in grobem Blockschutt auf Böschungen). Auf diesen Standorten schreitet die Sukzession aufgrund der im allgemeinen vegetationsfeindlichen Bedingungen nur sehr langsam vorwärts; daher konnten sich in einigen Steinbruchkomplexen stabile, individuenreiche Populationen etablieren, ohne daß bis heute eine Pflege oder Neuschaffung entsprechender Standorte nötig gewesen wäre. Den Imagines bieten sowohl die Bestände des Weißen Mauerpfeffers als auch die Pflanzenbestände älterer Sukzessionsstadien, wie sie entweder auf länger aufgelassenen Haldenplateaus, auf Steinbruchsohlen oder in angrenzenden extensiv genutzten Magerrasen bestehen, optimale Nahrungshabitate. Die Halden sind meist trapezförmig und in mehreren Ebenen angelegt, so daß Hang- und Böschungskanten in reichem Maße vorhanden sind.

Der Apollofalter ist eine **Leitart** der Kalkbrüche. Von ihm besiedelte Steinbrüche besitzen höchste naturschutzfachliche Bedeutung.

- **Berghexe (*Chazara briseis*)**

Die Berghexe ist ein in Bayern inzwischen vom Aussterben bedrohter Falter, dessen Lebensraum vor allem in Xerobrometen und Mesobrometen, die

Tabelle 1/21

Typische Schmetterlingsarten in Steinbrüchen (Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, EBERT 1991, WEIDEMANN 1992, mdl.); Statuszuordnung nach "Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern" (LfU 1992)

Frühe Sukzessionsstadien unterschiedlicher Ausprägung, v.a. in S-expon. Steilbereichen			
RL-Status:	1	<i>Chazara briseis</i>	Berghexe
	2	<i>Hipparchia semele</i>	Rostbinde
	2	<i>Parnassius apollo</i>	Apollo
Frühe, leguminosen-dominierte Sukzessionsstadien			
RL-Status:	1	<i>Agrodiaetus damon</i>	Grünblauer Bläuling
	2	<i>Meleageria daphnis</i>	Zahnflügel-Bläuling
	2	<i>Plebicula dorylas</i>	Wundklee-Bläuling
	4	<i>Cupido minimus</i>	Zwerg-Bläuling
	-	<i>Colias australis</i>	Hufeisenklee-Gelbling
	-	<i>Hemaris tityus</i>	Skabiosen-Schwärmer
	-	<i>Zygaena carneolica</i>	
	-	<i>Zygaena ephialtes</i>	
	-	<i>Zygaena purpuralis</i>	
an <i>Thymus</i>			
	2	<i>Maculinea arion</i>	Ameisen-Bläuling
	-	<i>Zygaena pimpinellae</i>	
an <i>Euphorbia cyparissias</i>			
		<i>Celerio euphorbiae</i>	Wolfsmilch-Schwärmer
Xerotherme Magerrasen und Säume mit Felsfluren oder Felsköpfen			
RL-Status:	2	<i>Lycaeides argyrognomon</i>	Kronwicken-Bläuling
	2	<i>Melitaea didyma</i>	Roter Scheckenfalter
	3	<i>Pyrgus alveus</i>	Sonnenröschen-Würfel-Dickkopffalter
	-	<i>Pyrgus armoricanus</i>	Zweibrütiger Würfel-Dickkopffalter
	-	<i>Pyrgus malvae</i>	Kleiner Würfel-Dickkopffalter
		<i>Spialia sertorius</i>	Roter Würfel-Dickkopffalter
Schlehen-dominierte Sukzessionsstadien			
RL-Status:	2	<i>Iphiclides podalirius</i>	Segelfalter
	2	<i>Nordmannia acaciae</i>	Akazien-Zipfelfalter
	3	<i>Strymonidia spini</i>	Kreuzdorn-Zipfelfalter
Steinbrüche als Teilhabitate innerhalb komplexer Lebensraumsprüche			
RL-Status:	4	<i>Lasiommata maera</i>	Braunauge, Rostbinde
	4	<i>Lasiommata megera</i>	Mauerfuchs
	4	<i>Papilio machaon</i>	Schwalbenschwanz

von offenen Felsfluren und kleinen Erosionsstellen durchsetzt sind, zu finden war. In Thüringen kommt die Berghexe heute noch auf Kalkmagerrasen vor, die einen hohen Anteil an Rohböden aufweisen (WEIDEMANN 1992, mdl., QUINGER et al. 1991). Auf derartigen Flächen, die häufig auch noch kleine Mulden aufweisen, profitiert die Berghexe ebenso wie in den Abbaustellen von dem für sie günstigeren Mikroklima.

Während der Apollofalter frühe Sukzessionsstadien mit *Sedum album*-Fluren bevorzugt, ist die Berghexe zwar ebenfalls frühen Sukzessionsstadien zuzuordnen, v.a. aber auf *Festuca spec.* (v.a. *ovina agg.*) zu finden. Laut WEIDEMANN (1992, mdl.) konnte die Berghexe bis in die 70er Jahre hinein als typische

Art der kleinen Werkkalkbrüche gelten. Wesentlich für das Aussterben der Berghexe innerhalb kurzer Zeit auf beinahe allen bekannten Standorten war die Aufgabe der Brüche.

Die durch den Abbau entstehenden offenen Stellen über felsigem Untergrund waren den Sukzessionsvorgängen ausgesetzt und verbuschten, so daß die Habitate nicht mehr den Ansprüchen der Berghexe entsprachen. Seit 1978 ist sie in der nördlichen Frankenalb und inzwischen auch in Mainfranken verschollen. Restpopulationen befinden sich noch in den Brüchen um Solnhofen.

Steinbrüche, die von der Berghexe besiedelt werden, besitzen höchste naturschutzfachliche Bedeutung. Die Art ist als **Leitart** zu betrachten.

Tabelle 1/22

Habitatansprüche ausgewählter Heuschreckenarten (DETZEL o.J.)

Offene, sich stark aufheizende Flächen	
<i>Chorthippus brunneus</i>	(Brauner Grashüpfer)
<i>Chorthippus mollis</i>	(Verkannter Grashüpfer)
<i>Tetrix bipunctata</i>	(Zweipunkt-Dornschröcke)
<i>Oedipoda caerulea</i>	(Blaufügelige Ödlandschröcke)
<i>Oedipoda germanica</i>	(Rotflügelige Ödlandschröcke)
<i>Metriopectera bicolor</i>	(Zweifarbige Beißschröcke)
Leicht bewachsene, heiße Flächen	
<i>Stenobothrus lineatus</i>	(Heidegrashüpfer)
<i>Platycleis albopunctata</i>	(Westliche Beißschröcke)
Gebüschstrukturen	
<i>Pholidoptera griseoaptera</i>	(Gewöhnliche Strauchschröcke)
<i>Nemobius sylvestris</i>	(Waldgrille)
<i>Gomphoceris rufus</i>	(Rote Keulenschröcke)

- **Segelfalter (*Iphiclides podalirius*)**
(Bearbeitet von B. Quinger in Zusammenarbeit mit M. Bräu)

Im Gegensatz zum Apollofalter und der Berghexe ist der Segelfalter ein Bewohner fortgeschrittener Sukzessionsstadien und stellt höhere Ansprüche an die Komplexsituation seines Lebensraumes. Sein primäres Habitat ist auf strukturreichen, (krüppel-)schlehenreichen Schafhutungen (MESO- und XEROBROMION) mit hohem Strahlungsgenuß zu suchen. Die Eiablage erfolgt überwiegend an Krüppelschlehen, meist dicht über dem Erdboden (Mikroklima! - WEIDEMANN 1989, mdl.). Höhere Schlehen werden meist nur in ausgesprochenen Hitzestaussituationen (vor Felswänden) angenommen. Der ausgewachsene Falter bevorzugt bei der Partnersuche "sonnige Bergkuppen und Felsnasen, also Komplexe aus MESOBROMION/XEROBROMION, ALYSSO-SEDONALBI. [...] Freistehende Bäume dienen hier dem Segelfalter-Männchen als Ausschau- und Ruheplatz" (EBERT 1991). In den Flugpausen werden v.a. Kiefernäzweige aufgesucht (ebd.). Neben einer Reihe anderer Pflanzen saugt der Falter auch an mehreren typischen Pflanzen des Kalkschutts (bzw. der anthropogenen Halden), z.B. an *Vincetoxicum hirundinaria* (EBERT 1991), *Echium vulgare* und *Cirsium spec.*

Sein Auftreten als Imago in seit längerer Zeit aufgelassenen Kalkbrüchen des südlichen Frankenjura und des Muschelkalks sowie in Urkalkbrüchen südwestlich von Marktredwitz ist durch die Biotopkartierung hinreichend belegt. Von früheren Entwicklungsstadien (Ei, Larve) liegen keine Beobachtungen vor. **Kalkbrüche und -halden können zumindest teilweise die Habitatansprüche des Segelfalters abdecken, insbesondere dann, wenn prägnante, stark besonnte Felsstrukturen vorhan-**

den sind. Angesichts der verschiedenen und räumlich nicht unbedingt identischen Teilhabitate läßt sich der hohe Flächenanspruch des Falters (50ha - DRACHENFELS 1983) erklären. Abgesehen von den ausgedehnten Steinbruchkomplexen in der Südlichen Frankenalb können kleinere Steinbrüche vermutlich nur in Zusammenhang mit Magerrasen eine Lebensraumfunktion für den Falter übernehmen. Der Segelfalter kann mit Sicherheit für die Urkalkbrüche, möglicherweise auch für die Kalkbrüche des Südlichen Frankenjura und des Muschelkalks als Leitart angesehen werden.

1.5.4.3 Heuschrecken

Viele Heuschrecken sind flugfähig. Einige davon sind sehr vagil, beispielsweise *Chorthippus mollis*, *Ch. brunneus*, *Ch. longicornis* und *Oedipoda caerulea* (HEUSINGER 1980, zit. in DRACHENFELS 1983). Bezüglich der Ansprüche an die Habitatstrukturen führt DRACHENFELS aus, daß "viele Heuschreckenarten ein kleinräumiges Mosaik unterschiedlich strukturierter Vegetation benötigen, wo sie je nach Alter, Wetter und Jahreszeit jeweils optimale Bereiche aufsuchen können" (DRACHENFELS 1983). Nach DETZEL lassen sich Standortbedingungen beschreiben, deren Vorhandensein für bestimmte Arten Vorbedingung ist (s. Tab. 1/22, S. 62). Die Betrachtung zeigt, daß die beschriebenen Standortbedingungen mit dem Alter des Steinbruchs, respektive dem Fortschreiten der Sukzession verknüpft sind.

Nach Untersuchungen von HEUSINGER (1988) in Steinbrüchen und auf Steinbruchhalden der Fränkischen Alb (Lkr. Weißenburg-Gunzenhausen) stellen Steinbrüche in Gebieten, in denen noch großflächige Trockenrasen vorhanden sind, für Heuschrecken eher ein Besiedelungshinder-

nis als einen potentiellen Siedlungsraum dar: Kalkbrüche bzw. "geeignete Teilbereiche wie Abraumhalden oder aufgelassene Abtragungen werden nach selbst zehn oder mehr Jahren nach Aufgabe der Nutzung bzw. nach Ablagerung des Abraummateri als i.d.R. nur von wenigen Arten als Ersatzlebensraum angenommen" (HEUSINGER 1988).

Den Unterschied zwischen naturnahen Trockenstandorten und durch Abbau entstandenen Trockenstandorten unterstreicht die in beiden Biotopen gefundene mittlere Artenzahl: Demnach wurde auf primären Trockenstandorten eine mittlere Artenzahl von 18,2 Heuschreckenarten nachgewiesen, auf sekundären Standorten hingegen nur von 3,6! Der Autor kommt zu folgendem Schluß: "Besonders hinsichtlich der trockenheitsliebenden Heuschreckenarten der Kalkmagerrasen stellen die großflächigen Kalksteinbrüche im Weißjura eine nicht zu vernachlässigende Beeinträchtigung dar.

Bei Lage der Abbaugelände im Bereich südexponierter Hanglagen der Juratäler können die Abbaubereiche bis weit über den Stilllegungszeitpunkt hinaus als Barrieren für die Ausbreitung bzw. für die Vernetzung von Beständen schlecht kolonisierender Heuschreckenarten wirken" (HEUSINGER 1988).

In Bereichen, in denen Trockenrasen oder natürliche Pionierstandorte fehlen, kann dagegen Steinbrüchen eine echte Refugialfunktion zukommen (*Platycleis albopunctata* im Landkreis Forchheim - SACHTELEBEN 1992, briefl.).

Die Auswertung der Bayerischen Biotopkartierung zeigt, daß die in Steinbrüchen vorkommenden Heuschreckenarten im allgemeinen weit verbreitet sind (s. Tab. 1/23, S. 64). Allerdings gibt es eine bemerkenswerte Ausnahme: Gerade intensiv besonnte, vegetationslose Flächen auf der Sohle und den Halden können Habitate für spezialisierte, z.T. stark gefährdete Arten darstellen. Die Rotflügelige Ödlandschrecke (*Oedipoda germanica*), die vor allem im Bereich des Muschelkalks in Steinbrüchen vorkommen kann, ist ein Beispiel dafür.

- **Rotflügelige Ödlandschrecke**
(*Oedipoda germanica*)
(Bearbeitung: M. Bräu)

Die Rotflügelige Ödlandschrecke verfügte früher wohl über ein geschlossenes Verbreitungsgebiet, das die Steppenheiden der Fränkischen Platten vom Taubertal über das mittlere Maintal bis zur Fränkischen Saale umfaßte und in den Miltenberger Raum und die südliche Frankenalb hinein reichte. Heute existieren nur noch sehr wenige, individuenarme Restvorkommen, die fast alle an den Maintalhängen (Landkreise Würzburg und Main-Spessart) zu finden sind. Sie kommt auch mehrfach in Steinbrüchen des Altmühltals vor (SACHTELEBEN, 1992 mdl.).

Die Rotflügelige Ödlandschrecke ist eine xerothermophile Art vegetationsarmer, steiniger oder felsiger Standorte. HARZ (1957) bezeichnet sie als Charakterart von Kalkstein-Geröllhalden und offenen Steppenheiden auf Kalk. So ist es nicht zu verwundern, daß sie auch aufgelassene Muschelkalkbrüche

besiedelt, solange die Sukzession dort nicht zu weit fortgeschritten ist.

Oedipoda germanica ist als **Leitart** für die Muschelkalkbrüche Unterfrankens zu betrachten.

1.5.4.4 Laufkäfer

Im südlichen Teil des Landkreises Weißenburg-Gunzenhausen wurden sieben Lebensräume - darunter auch zwei Abraumhalden - auf ihre Laufkäferfauna hin untersucht, und zwar auf zwei Halden, von denen die eine nach SSW, die andere nach NNO ausgerichtet war (im zitierten Text "LR 6" bzw. "LR 7").

"Die Artenzahl ist in beiden untersuchten Lebensräumen relativ groß, selbst im nordexponierten LR7. [...] Dies ist vermutlich die Folge des gemeinsamen Vorkommens von xerophilen Arten, von mesophilen Feldarten und Waldarten, aber auch von leicht hygrophilen Feldarten, die auf stärker wechselfeuchten, lehmigen Stellen vorkommen. Die Vielfältigkeit der Mikrohabitate ist jedenfalls auf den Abraumhalden besonders groß. Offenbar hat die Exposition einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Artenzusammensetzung. Die untersuchte NW-exponierte Halde [...] wird ganz entscheidend von mesophilen Waldarten geprägt [...], die [südexponierte] Halde dagegen mehr von xerophilen Feldarten" (M. BAEHR 1987). Für die Abraumhalden zieht der Autor folgendes Resümee: "Die ökologische Diversität der einzelnen Lebensräume und die Vielgestaltigkeit der Abraumhalden ist noch weit größer (als die der Wacholderheiden - Anm. d. Verf.), damit auch ihre Gesamtartendiversität. Seltene Arten treten ebenfalls auf.

Im Gegensatz zu den Wacholderheiden ist die Gefahr der Biotopveränderung bzw. -zerstörung durch äußere Einwirkungen hingegen noch größer. Auch die Veränderung durch die natürliche Vegetationsukzession ist vermutlich stärker und verläuft sicherlich rascher als auf den Wacholderheiden. Abraumhalden unterschiedlichster Exposition und in den verschiedensten Sukzessionsstufen dürften im Landkreis häufig sein. Um die auf ihnen vorhandene Artenvielfalt zu erhalten, muß jedoch vermutlich eine große Anzahl von einzelnen Lebensräumen geschützt werden" (M.BAEHR 1987). Nach M. BAEHR **sind Steinbruchhalden nach den Niedermooren die im Landkreis hochwertigsten Lebensräume für Laufkäfer**, die damit einen höheren Wert haben als selbst Wacholderheiden und kurzrasige Schafweiden.

Vom selben Autor stammt die Untersuchung eines Gipsbruchs bei Tübingen (Baden-Württemberg), der verschiedene hinsichtlich Klima, Feuchte und Vegetation variierende Standorte aufwies. Diese Untersuchung erbrachte eine im Verhältnis zur Fläche des Bruchs (4ha) hohe Artenzahl an Laufkäfern (M.BAEHR 1985). Unter den 82 gefundenen Arten befanden sich eine Reihe sehr seltener Arten (*Bembidion inustum*, *B. lunulatum*, *Nothiophilus pusillus*, *Metoponus rupicola*, *Amara cursitans*, *A. munic-*

Tabelle 1/23

Heuschrecken in Steinbrüchen (Auswertung der Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, HESS 1989, mdl.; Habitattyp-Indizes nach BELLMANN 1985; RL-Statuszuordnung nach "Rote Liste gefährdeter Tiere in Bayern", LfU 1992)

RL-Status 1	
Rotflügelige Ödlandschrecke	<i>Oedipoda germanica</i> ¹⁾
RL-Status 2	
Blauflügelige Ödlandschrecke	<i>Oedipoda caerulescens</i> ¹⁾
RL-Status 3	
Warzenbeißer	<i>Decticus verrucivorus</i>
Plumpschrecke	<i>Isophya pyrenaea</i>
Feldgrille	<i>Gryllus campestris</i> ²⁾
Westliche Beißschrecke	<i>Platycleis albopunctata</i> ¹⁾
RL-Status 4	
Nadelholz-Säbelschrecke	<i>Barbitistes constrictus</i> ³⁾
Sumpfgrashüpfer	<i>Chorthippus montanus</i> ³⁾
Gefleckte Keulenschrecke	<i>Myrmeleotettix maculatus</i> ²⁾
Sichelschrecke	<i>Phaneroptera falcata</i> ²⁾
Heidegrashüpfer	<i>Stenobothrus lineatus</i> ²⁾
ohne RL-Status	
Nachtigall-Grashüpfer	<i>Chorthippus biguttulus</i>
Brauner Grashüpfer	<i>Chorthippus brunneus</i> ²⁾
Gemeiner Grashüpfer	<i>Chorthippus longicornis</i>
Verkannter Grashüpfer	<i>Chorthippus mollis</i> ¹⁾
Kleine Goldschrecke	<i>Chrysochraon brachyptera</i>
Rote Keulenschrecke	<i>Gomphocerus rufus</i>
Roesels Beißschrecke	<i>Metrioptera roeseli</i>
Zweifarbige Beißschrecke	<i>Metrioptera bicolor</i> ¹⁾
Kurzflügelige Beißschrecke	<i>Metrioptera brachyptera</i>
Waldgrille	<i>Nemobius sylvestris</i>
Bunter Grashüpfer	<i>Omocestus viridulus</i>
Strauschschrecke	<i>Pholidoptera griseoaptera</i>
Säbel-Dornschröcke	<i>Tetrix subulata</i> ³⁾
Zweipunkt-Dornschröcke	<i>Tetrix bipunctata</i> ¹⁾
Gemeine Dornschröcke	<i>Tetrix undulata</i>
Langfühler-Dornschröcke	<i>Tetrix tenuicornis</i> ²⁾
Grünes Heupferd	<i>Tettigonia viridissima</i>
Zwitscherschröcke	<i>Tettigonia cantans</i> ³⁾
1) an warmtrockene Standorte streng gebunden	
2) warmtrockene Standorte bevorzugend	
3) feuchte Standorte bevorzugend	

palis), darunter auch solche, deren Nachweis in Baden-Württemberg erst zum zweiten Mal gelang (*Metoponus melleti*, *Bradycellus czikii*). Die Gründe für das Vorhandensein einer reichhaltigen und diversen Laufkäferfauna liegen "in den klimatischen, besonders den Feuchtigkeitsunterschieden, auf die sehr viele Laufkäfer besonders fein reagieren. Wichtig sind ferner die Unterschiede in Zusammensetzung und Dichte der Vegetation, dies insbesondere, da die Anzahl der herbivoren Arten [...] sehr groß ist" (M. BAEHR 1985).

BRUNS (1987) konnte aufgrund von Untersuchungen in Kalkbrüchen der Schwäbischen Alb eine deutliche Abhängigkeit zwischen dem Anteil der Roh- und Offenbodenarten und dem Alter der untersuchten Standorte nachweisen. Der Anteil der Roh- und Offenbodenarten nimmt mit zunehmendem Alter des Steinbruchs bzw. mit dem Fortschritt des Sukzessionsprozesses erwartungsgemäß ab. Die Sukzession der Vegetation und die Veränderung der Laufkäferzusammensetzung gehen Hand in Hand. Auf kiesig-sandigen Rohböden konnte MADER

Tabelle 1/24

Seltenen und gefährdete Ameisen in Steinbrüchen (UHLENHAUT 1987, Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989; RL-Zuweisung nach "Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns", LfU 1992)

RL-Status 1	
<i>Anergates atratulus</i> # <i>Camponotus lateralis</i> # <i>Formicoxenus nitidulus</i> #	<i>Plagiolepis pygmaea</i> # <i>Polyergus rufescens</i> <i>Strongylognathus testaceus</i> #
RL-Status 2	
<i>Leptothorax nigriceps</i>	
RL-Status 3	
<i>Myrmica sabuleti</i>	<i>Lasius myops</i> #
RL-Status 4R	
<i>Formica sanguinea</i>	
RL-Status 4S	
<i>Leptothorax tuberum</i>	
ohne RL-Status	
<i>Leptothorax acervorum</i> <i>Leptothorax muscorum</i> <i>Myrmica laevinodis</i>	<i>Myrmica ruginodis</i> <i>Myrmica scabrinodis</i>
# : in Muschelkalkbrüchen	

(1985) einen Rückgang der Laufkäferdiversität schon ab dem fünften Jahr nach der Nutzungsauflassung feststellen.

1.5.4.5 Bienen und Wespen

Im Vergleich zu Sand- und Kiesgruben ist das Artenspektrum von Bienen und Wespen in Steinbrüchen geringer. Grabende Arten, die die Hauptarten-gruppe in Sand- und Kiesgruben stellen, finden - möglicherweise mit Ausnahme von leicht erodierbaren und sandigen Substraten in Sandsteinbrüchen - keine geeigneten Nisthabitate. Es sind daher vor allem oberirdisch nistende Arten (Mauerbienen, Mörtelbienen) vertreten (WESTRICH 1989).

In Sandsteinbrüchen ist dagegen die Nischenbreite deutlich höher, bedingt zum einen durch die zahlreichen "Fäulen", die durch leicht erodierbares und grabbares Material gebildet werden, zum anderen durch den ebenfalls leicht grabbaren sandigen Boden. Dies bestätigen Beobachtungen, die in den Jahren 1928 bis etwa 1940 in den Steinbrüchen bei Ebelsbach und deren Umfeld (Lkr. Haßberge) gemacht wurden (Bearbeiter unbekannt). Dabei wurden rund 160 Arten festgestellt, darunter zahlreiche Arten, die heutzutage bereits ausgestorben sind (z. B. *Andrena carbonaria*, *Halictus pallens*, *Nomada mutica*, *Sphecodes maialis*) oder unmittelbar vom Aussterben bedroht sind (z.B. *Andrena agilissima*, *Andrena lepida*, *Andrena rosae*, *Halictus coarctatus*, *Halictus maior*, *Halictus quadricinctus*, *Halictus subfasciatus*).

1.5.4.6 Ameisen

BAUSCHMANN (1987) untersuchte die Ameisenfauna am Vogelsberg in Hessen. Neben verschiedenen anderen Lebensräumen wurden dabei auch Basaltbrüche untersucht. In ihnen konnten 16 Ameisenarten, davon 5 Arten der Roten Liste, festgestellt werden. Damit lag der Lebensraum "Steinbruch" in bezug auf den Artenreichtum etwa im "Mittelfeld" aller untersuchten Lebensraumtypen, in bezug auf den Anteil der "Rote-Liste"-Arten im oberen Drittel (das Artenmaximum wurde in Hecken und Waldrändern mit 27 Arten erreicht, die höchste Anzahl von "Rote-Liste"-Arten auf Trockenhängen mit 9 Arten).

In Bayern existieren Untersuchungen über Ameisen nur für den Landkreis Hof sowie fragmentarisch im Rahmen der Biotopkartierung (s. Tab. 1/24, S. 65).

Eine weitergehende Interpretation - etwa zur Frage, ob das Vorkommen der vom Aussterben bedrohten Ameisenarten auf Muschelkalkbrüche beschränkt ist - muß aufgrund des mangelnden Datenmaterials unterbleiben. Auf die besondere Bedeutung von Ameisenarten für die Larvalentwicklung bestimmter Bläulinge kann an dieser Stelle nur hingewiesen werden (Bläulinge leben im Raupenstadium symbiontisch oder parasitisch in Ameisenkolonien. Die Ameisenart *Myrmica sabuleti* spielt beispielsweise die Rolle des Wirtes für die Raupe von *Maculinea arion*, BLAB & KUDRNA 1982).

1.5.5 Spinnen

Die von M. BAEHR (1987) auf die Laufkäfer hin untersuchten Standorte der Südlichen Frankenalb wurden von M. BAEHR (1988) auf ihre Spinnenfauna hin untersucht. Bezüglich Artenreichtum und Zusammensetzung der Lebensformen ergeben sich Parallelen zwischen einer südexponierten, unbeweideten Wacholderheide und einer südwestexponierten Abraumhalde. Trotz Unterschiede in der Zahl der Charakter- bzw. seltenen Arten ist die SW-exponierte Abraumhalde zumindest bedingt als Ersatzbiotop für einen unbewirtschafteten Xerothermstandort zu werten.

Die SW-exponierte Abraumhalde beherbergt 63 Arten, davon einen Neufund für Bayern und eine Reihe seltener und gefährdeter Arten (s. Tab. 1/25, S. 67); die NW-exponierte Abraumhalde hingegen ist mit 47 Arten etwas weniger artenreich und umfaßt auch ein geringeres Spektrum an seltenen Arten (M. BAEHR 1988).

Untersuchungen im Bayerischen Wald (UHLENHAUT 1985, unpubl.) lassen die Folgerung zu, daß sowohl die Individuen - als auch die Artenzahl in den dortigen Steinbrüchen deutlich geringer ist als in anderen Untersuchungsgebieten. Der Autor führt dies auf den feuchtkühlen Charakter der Region sowie auf die feuchten und sauren Böden zurück, auf denen grundsätzlich weniger Bodenspinnen zu erwarten sind.

UHLENHAUT (unpubl.) untersuchte in den Jahren 1986/87 im Rahmen einer faunistischen Kartierung im Landkreis Hof acht Steinbrüche (Schiefer, Diabas) auf ihre Spinnenfauna. Die Brüche befanden sich zum Zeitpunkt der Aufnahmen in unterschiedlichen Sukzessionsstadien, die von fast vegetationslosem Zustand bis zur Vorwaldgesellschaft in Teilen des Abbaubereiches reichten. Seit längerem aufgelassene Brüche zeichnen sich i.d.R. durch hohe Diversität aus, die auf ein breites Nischenangebot für die einzelnen Arten schließen lassen. In einem aufgelassenen Bruch konnten 75 Arten nachgewiesen werden, im Schnitt fanden sich pro Bruch knapp 60 Arten. Besonders hervorzuheben ist der Anteil an xerophilen und hygrophilen Arten. In einigen Brüchen erreichte der Anteil an stenök auf diese Situationen angewiesenen Arten beachtliche Anteile. Neben den regional seltenen Arten (vor allem xerophile Arten) und mehreren Arten der Roten Liste Bayerns gelang UHLENHAUT der Zweitnachweis einer bis dahin nur in der Schwäbischen Alb nachgewiesenen Art (*Euophris thorelli*) in drei der untersuchten acht Steinbrüche. Ein Erstnachweis für Deutschland gelang durch den Fund von *Zelotes puritanus* auf der Wajaleite und in einem Steinbruchgelände (Tab. 1/26, S. 67). Aufgrund seiner Ergebnisse folgert UHLENHAUT, daß "zumindest bezüglich der Kleintierfauna auch kleine Biotope wie z.B. [...] der Steinbruch bei Döbra hochdifferenzierte Artengesellschaften aufweisen und als Rückzugslebensräume für seltene und gefährdete Species dienen" (ebd.).

Auch DELLING & HIEBSCH (1982) stellten im Rahmen ihrer Untersuchungen in einem seit länge-

rem aufgelassenen Quarzporphyrbruch am Rand der Leipziger Tieflandbucht einige bemerkenswerte Spinnenarten fest. Der Nachweis von *Centromerus leruthi* erfolgte in Mitteleuropa erst fünf Mal; selten sind ebenso die Arten *Atypus affinis* und *Wideria mitrata*.

Während sich die bisher genannten Erhebungen mit dem Spinneninventar an sich beschäftigten, untersuchte MADER (1985) auch die zeitliche Dimension des Besiedelungsablaufes durch Spinnen. Danach lassen sich drei Besiedelungswellen unterscheiden. In der ersten Besiedelungswelle sind hauptsächlich Zwerg- und Baldachinspinnen vertreten, während die zweite (im dritten und vierten Jahr) und dritte Welle (im siebten Jahr) von Glattbauch- und Wolfspinnen dominiert wird. Die Erstbesiedler sind i.d.R. Pionierarten, häufige Arten des offenen Geländes und Argonauten, die Arten der folgenden Besiedelungsschübe meist schon Spezialisten mit Verbreitungsschwerpunkt auf sandigen oder vegetationslosen Böden. Die Artenvielfalt (Diversität) nimmt wie die Artenzahl im Verlauf des Beobachtungszeitraumes (14 Jahre) zu (MADER 1985).

1.6 Technik und Entwicklung des Abbaus

Dieses Kapitel gibt einen kurzen Abriss der Entwicklung des Abbaus, sowohl bezüglich der wirtschaftlichen Aspekte als auch der technischen Rahmenbedingungen. Die Betrachtung unterscheidet dabei in erster Linie zwischen Werksteinbrüchen und Brüchen, die der Massengütergewinnung dienen. Im Anschluß daran erfolgt ein kurzer Überblick über den Verwendungszweck der abgebauten Materialien.

1.6.1 Historische Entwicklung des Abbaus

Die Bedeutung der unterschiedlichen Steinbruchtypen und deren wirtschaftliches Umfeld haben sich im Lauf der Geschichte stark gewandelt. Im Mittelalter stand die Werksteingewinnung im Mittelpunkt des Abbaugeschehens, heute dagegen hat die Gewinnung von Schottern und von zur Weiterverarbeitung bestimmten Grundstoffen die Werksteingewinnung mengenmäßig weit überflügelt. Besonders seit 1945 nahm die Menge der für Schotter und für Grundstoffgewinnung abgebauten Massenrohstoffe rapide zu. Gleichzeitig vergrößerten sich aufgrund technischer Möglichkeiten die durchschnittliche Flächenausdehnung und die Fördermenge der einzelnen Steinbrüche. Heute beläuft sich die von den Abbaugebieten (Steinbrüche, Kies-, Sand- u. Lehmabbau) beanspruchte Fläche in Bayern auf etwa 0,2% der Gesamtfläche, wobei der Wert in den einzelnen Regierungsbezirken zwischen 0,1% und 0,56% schwankt (LORENZ 1985). Gebietsweise, z.B. im Fürstensteiner Granitmassiv oder im Eichstätter Plattenkalk, können Brüche und Haldenflächen sogar mehrere Prozent der jeweiligen Gemeindeflächen beanspruchen. Der jährliche Zuwachs der von Steinbrüchen beanspruchten Fläche liegt nach

Tabelle 1/25

Seltene und gefährdete Spinnen auf einer SW-exponierten Abraumhalde der Südlichen Frankenalb (B. BAEHR 1988); RL-Zuweisung nach "Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns" (LfU 1992)

RL-Status 1	
<i>Micaria dives</i>	
RL-Status 3	
<i>Callilepis schuszeri</i> <i>Erigonoplus globipes</i>	<i>Trochosa robusta</i>
RL-Status 4R	
<i>Alopecosa accentuata</i>	<i>Zodarion germanicum</i>

Tabelle 1/26

Seltene und gefährdete Spinnen in Steinbrüchen im Lkr. Hof (UHLENHAUT 1987, unpubl.); RL-Zuweisung nach "Rote Liste gefährdeter Tiere Bayerns" (LfU 1992)

RL-Status 2	
<i>Meioneta equestris</i> <i>Theonoe minutissima</i>	<i>Zelotes puritanus</i>
RL-Status 3	
<i>Alopecosa aculeata</i> <i>Drepanotylus uncatus</i>	<i>Trochosa robusta</i> <i>Walckenaeria kochi</i>
RL-Status 4R	
<i>Zora silvestris</i>	
RL-Status 4S	
<i>Euophris thorelli</i> <i>Jacksonella falconeri</i>	<i>Peponocranium orbiculatum</i>
ohne RL-Status	
<i>Agroeca proxima</i> <i>Altella bipunctata</i> <i>Argenna subnigra</i> <i>Clubiona diversa</i> <i>Enoplognatha thoracica</i> <i>Harpactea rubicundra</i> <i>Lepthyphantes obscurus</i>	<i>Mecophisthes peusi</i> <i>Metopobactrus prominutus</i> <i>Pardosa hortensis</i> <i>Phlegra fasciata</i> <i>Trematocephalus cristatus</i> <i>Zora nemoralis</i>

Angaben des Industrieverbands Steine und Erden bei ca. 60 ha (REITER 1989, mdl.). Für einige Abbaumaterialien liegen die Abbauzentren in Bayern, beispielsweise beim Abbau von kristallinen und karbonatischen Naturwerksteinen (BMBau 1982).

Während Massengüter, also Schotter und zur Weiterverarbeitung bestimmte Gesteine, sehr "transportempfindlich" sind (d.h. aufgrund der hohen Transportkosten sind lange Wege unrentabel), fällt dieser Aspekt bei Werksteinen nicht oder kaum ins Gewicht. Besondere Werksteinqualitäten werden auch über sehr weite Strecken transportiert, wenn sie dem Zeitgeschmack, der jeweiligen Mode entsprechen.

Demzufolge unterscheidet sich die Entwicklung der Werksteinherstellung deutlich von den Trends in der Massengütergewinnung. Die Naturwerksteingewinnung in Deutschland erlebte bereits Anfang dieses Jahrhunderts eine Blütezeit, in der beispielsweise Granit bis nach Nordamerika oder Argentinien verschifft wurde. Auch während des "Dritten Reiches" war einheimischer Naturwerkstein nicht zuletzt aus ideologischen Gründen sehr gefragt; hohe Nachfrage bestand vor allem nach Muschelkalk. Das Inkrafttreten der EWG-Verträge 1959 markiert einen deutlichen Einbruch, da durch sie der Schutz von einheimischen Produkten mittels Außenzöllen außer Kraft gesetzt wurde. Die Folge war, daß ein-

heimische Produkte wegen des starken Wettbewerbsdrucks durch kostengünstigere Produkte anderer Länder - vor allem Italiens - nicht mehr konkurrenzfähig waren (GRAFELMANN 1989, mdl.).

Am Beispiel der Betriebe des Bayerischen Waldes läßt sich fast exemplarisch die Entwicklung seit Beginn der 70er Jahre aufzeigen: Die Zahl der Beschäftigten der Steine- und Erden-Industrie ging zwischen 1969 und 1977 von 3.217 auf 2.285 zurück; die Zahl der Betriebe sank beträchtlich. Auch hielt die Rationalisierung auf breiter Front Einzug: Waren im Ulmer Raum in einzelnen Betrieben gegen Ende der 50er Jahre oft mehr als 80 Steinlader beschäftigt (KNOBLOCH 1967), so verrichten heute einige wenige Facharbeiter, ausgerüstet mit modernsten Lade- und Transportgeräten, die Arbeit.

Durch das landschaftsgebundene Bauen sowie die starke Verwendung von Naturwerksteinprodukten im Außenbereich kann die Werksteinindustrie heute wieder mehr Produkte absetzen (GRAFELMANN 1989, mdl.). Ein Indiz für diese momentan relativ günstige Situation ist die erneute Inbetriebnahme stillliegender Brüche, z.B. im Fichtelgebirge (WURZEL 1989, mdl.).

1.6.2 Technik des Abbaus

Es sind vor allem zwei Einflußgrößen, die heute die Abbautechnik bestimmen: zum einen sicherheitstechnische Vorschriften und Erwägungen, zum anderen Abbautechnik (Sprengtechnik) und Verwendungszweck des abgebauten Materials.

Die Sicherheitsvorschriften beinhalten Aussagen zum Abstand zur nächstliegenden Bebauung, der aus sprengtechnischen Gründen einzuhalten ist (300m), und zum Abstand der Bruchwand zu benachbarten Grundstücken und Nutzungen (5m zu Nachbargrundstücken, 10m zu Flurwegen, Waldrändern und Hecken, 20m zu Straßen). Außerdem ist die Abbruchwand durch Bermen zu gliedern; die maximal durch eine Steilwand abzufangende Höhe beträgt 12 m.

Die **Werksteingewinnung** hat die Gewinnung qualitativ hochwertiger, möglichst großer Einheiten zum Ziel, die erst im Verlauf der Weiterverarbeitung zerkleinert und auf Formate zugeschnitten werden. Heute erfolgt diese meist mit dem Brennstrahlverfahren, das nach dem Raketenprinzip funktioniert. Dabei wird eine 1.200°C heiße Flamme mit Ultraschallgeschwindigkeit auf das Gestein gerichtet, dessen Oberfläche durch die Wärmeausdehnung Schicht für Schicht abplatzt. Dadurch entsteht ein Spalt, der breiter als die Brennerflamme ist. Bei diesem Verfahren wird der Lärmpegel eines startenden Flugzeugs erreicht. Das Gestein selbst wird über den Spalt hinaus nicht geschädigt oder deformiert (BAYER. HANDWERKSTAG e.V. 1989, MERKENSCHLAGER jun. 1989, mdl.).

Das Brennstrahlverfahren hat das "Gassenschießen" abgelöst, ein Sprengverfahren, bei dem mit nur gering brisantem Sprengstoff (meist Schwarzpulver) eine Gasse in den Felsen getrieben wurde, wobei nicht selten Sprengrisse und Deformationen in den

hochwertigen Gesteinslagern entstanden, die diese für eine Weiterverarbeitung unbrauchbar machten (hoher Abraumanteil). Vereinzelt trifft man auf eine noch ältere Technik, das Abkeilen, wobei Keillöcher gebohrt werden und die Spaltung mit Federkeilen erfolgt (Werksteingewinnung aus Kalktuff, Poling).

Der Mechanisierung der Weiterverarbeitung sind durch die speziellen Ansprüche Grenzen gesetzt; sie ist daher arbeitsintensiv. Die Weiterverarbeitung erfolgt vielfach bereits an Ort und Stelle, d.h. in abgebauten Bereichen der Steinbruchsohle. Typische Produkte sind Groß- und Kleinsteinpflaster (DIN 18502) sowie Bordsteine (DIN 482). "Großsteinpflaster werden von Hand mittels Preßlufthammer und Kantkeilen aus größeren Blöcken auf das vorgegebene Maß gespalten. Klein- und Mosaiksteinpflaster werden mit Hilfe von sogenannten Pflastersteinspaltmaschinen hergestellt" (BAYER. HANDWERKSTAG e.V. 1989).

Die oft kleinflächig wechselnde Qualität des Gesteins kann ein schwerwiegendes Problem darstellen. Unvorhersehbare Qualitätsdifferenzen erschweren die Abbauplanung: Geringwertiges Material ist nicht zu gebrauchen, muß aber trotzdem zur Seite geräumt werden; der Abbau folgt selektiv der besten Gesteinsqualität, was durchaus innere Erschließungsprobleme nach sich ziehen kann. Die Suche nach geeigneten Gesteinsqualitäten ist aufwendig und endet nicht immer erfolgreich (KUSSER 1989, mdl.). Dies ist nicht geeignet, die Kosten zu mindern oder eine langfristige Abbauplanung zu ermöglichen.

Auch bei **Brüchen**, die der Gewinnung von **Schotter** oder **technischen Grundstoffen** dienen, hat sich die Abbautechnik seit 1950 verändert. Früher orientierte sich der Einsatz von Sprengstoffen an vorhandenen Spalten und Klüften im Gestein ("Lassenschüsse" - MEDERAKE 1984, "Kesselschüsse" - KNOBLOCH 1967). "Das Sprengverfahren prägte auch das Aussehen der Bruchwand. Diese war entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften auf weniger als 60° abgebösch und wies immer wieder Absätze auf, die durch Kesselschüsse entstanden waren und dann als Standplatz innerhalb der Bruchwand dienten" (KNOBLOCH 1967). Seit Mitte der 50er Jahre ist die Großbohrlochsprengung verbreitet, bei der parallel zur Abbruchkante Bohrlöcher in den Fels getrieben und mit Sprengstoff gefüllt werden.

Diese Abbauweise erfordert im Gegensatz zur früher üblichen (s.o.) eine sorgfältigere Abbauplanung und eine Unterteilung der Abbruchwand durch Sohlen bzw. Bermen. Während der Abstand der Sohlen zueinander in den Anfängen des Großbohrlochverfahrens bis zu 50m betrug, verringerte sich die Höhendifferenz bis heute aus Gründen der Betriebssicherheit und der Wirtschaftlichkeit teilweise bis auf 12m. Im Gegensatz zum Kesselschießen konnten die Bruchwände steiler gestellt werden, die Abbruchwände sind einheitlicher und weniger stark gegliedert (KNOBLOCH 1967). Der weitere Ablauf ist weitgehend von der innerbetrieblichen Situation

Tabelle 1/27

Verwendungszweck des abgebauten Steinbruchmaterials (BMBau 1982, VOGEL 1990, BMWi 1979)

	Zement	Schotter	Gips	Werkstein	Sonstiges
Granit	-	x	-	x	-
Serpentin	-	x	-	-	-
Basalt/Diabas	-	x	-	(x)	-
Kalkstein	x	x	-	x	x
Kalkmergel	x	-	-	-	x
Keupersandstein	-	-	-	x	-
Buntsandstein	-	-	-	x	-
Gips	-	-	x	-	-
Nagelfluh	-	(x)	-	(x)	-
Grauwacke	-	x	-	(x)	-
Marmor	-	x	-	(x)	x
Schiefer	-	-	-	-	(x)

x : Nutzung
 - : keine Nutzung
 (x) : ehemals bzw. nur in geringem Umfang genutzt

abhängig; i.d.R. nehmen Bagger oder Schaufellader das lose Gestein ("Haufwerk") auf, das von Großlastwagen bzw. Muldenkippern zu einer Brecheranlage transportiert wird. In der Folge wird das Material klassiert, d.h. nach Größenklassen sortiert, oder je nach Verwendungszweck weiterverarbeitet (z.B. gemahlen). Die möglicherweise wechselnde Qualität des Ausgangsgesteins wird durch die Aufarbeitung weitgehend aufgefangen. Der optimalen inneren Erschließung und der langfristigen Abbauplanung kommt eine hohe Bedeutung zu.

1.6.3 Verwendungszweck der abgebauten Materialien

Nicht jedes Ausgangsgestein kann gleichermaßen für jeden Verwendungszweck eingesetzt werden. Das hat einerseits qualitative, andererseits wirtschaftliche Gründe.

Tab. 1/27 (S. 69) gibt einen Überblick über die Verwendungszwecke der wichtigsten Gesteine.

Natursteine aller verwendeten Ausgangsgesteine finden heute in gebrochener Form (Schotter) zu 80% im Wegebau, zu 5% im Bahnbau, zu 3% im Wasserbau Verwendung (12% andere Verwendungszwecke).

Zur Zementgewinnung können ausschließlich Kalkgesteine genutzt werden; 75% des für diesen

Zweck gebrochenen Materials werden zu Portlandzement weiterverarbeitet (CaCO₃-Gehalt 75-80Gew.%). Für die Herstellung von Weißzement und Branntkalk werden Kalksteine mit über 90Gew.% für Sonderzwecke in der chemischen, Eisen- und Stahlindustrie sehr reine Kalksteine mit über 96Gew.% benötigt. Dolomit wird hauptsächlich zur Gewinnung von Sinterdolomit in der Feuerfest-Industrie gebrochen (BMBau 1982). Eine Besonderheit bildet der Suevit des Nördlinger Rieses: er wird zu Traß (Spezialzement) verarbeitet.

Ein Drittel der Gipssteinproduktion geht ungebrannt an die Zementindustrie, wo er als Abbinderegler dient; 90% des ungebrannten Gipses werden als Baugips, auch in Form von Gipsbauplatten weiterverwendet. 10% finden als Spezialgips (Keramische Industrie, Medizin, Orthopädie) Verwendung (BMBau 1982).

Eine Reihe von abgebauten Gesteinen dient Spezialzwecken: Quarz (Vorkommen am Pfahl, Pegmatitstöcke der Oberpfalz) wird in der chemischen, keramischen und in der Glasindustrie verwendet, Specksteine (einziges abbauwürdiges Vorkommen: bei Göpfersgrün) dienen in hochwertiger Form als Rohstoffe in der Elektrokeramik, in der kosmetischen und pharmazeutischen Industrie, in geringwertiger Form als Füllstoffe beispielsweise in der Papierfabrikation (BMBau 1982).

Tabelle 1/28

Durchschnittlicher Nährstoffgehalt ausgewählter Gesteine in % (die Werte entsprechen jedoch nicht gleich den verfügbaren Mengen!), (MÜCKENHAUSEN 1977, GIGON 1983, BRADSHAW et al. 1982, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979)

	Kalkstein	Basalt	Sandstein	Granit	Serpentin
CaO	48,0 - 80	8,95	0,1 - 5,5	1,99	3,20
K ₂ O	0,33	1,52	1,31 - 4,5	4,11	0,08
P ₂ O ₅	0,04	0,45	0,08	0,19	k.A.
MgO		6,20	0,70	0,55	33,00
MnO		0,31	k.A.	0,11	
N ₂ O		3,10	0,20	3,50	

1.7 Für die Existenz wesentliche Lebensbedingungen

Dieses Kapitel behandelt die wesentlichen Standortbedingungen, die für die Etablierung und Existenz der charakteristischen Phyto- und Zoozönosen verantwortlich sind. Neben den Standortfaktoren im engeren Sinn (Nährstoffe, Wasser, Klima) werden auch Faktoren angesprochen, die nicht im engeren Sinn als Standortfaktoren zu bezeichnen sind, ihrerseits jedoch Einfluß auf die funktionalen Zusammenhänge nehmen (z.B. Störungsfrequenz).

1.7.1 Ausgangsgestein, Bodenbildung und Nährstoffverfügbarkeit

1.7.1.1 Auswirkungen auf die Pflanzenwelt

Ein einheitliches Charakteristikum sämtlicher Steinbrüche ist die Nährstoffarmut des Substrats (vgl. Tab. 1/28, S. 70), besonders im Hinblick auf die Versorgung mit Stickstoff, da die Gesteine keinen pflanzenverfügbaren Stickstoff enthalten. Diese Nährstoffarmut bezieht sich i.d.R. nicht auf Phosphor. Obwohl Phosphat meist in einer für Pflanzen zunächst nur schwer verfügbaren Form vorliegt (MÜCKENHAUSEN 1977, POSCHLOD & MUHLE 1985), sind am Beginn der primären Sukzession im Vergleich zu späteren Entwicklungsstadien die höchsten Mengen an Phosphor bzw. Phosphatverbindungen im Boden vorhanden (VITOUSEK & WALKER 1987). Das prinzipielle Vorhandensein von Nährstoffen ist hingegen nicht mit deren Verfügbarkeit gleichzusetzen.

Die Nährstoffverfügbarkeit wird entscheidend vom pH-Wert des Ausgangsgesteins geprägt: "Die Mineralstoffvorräte des Bodens hängen weitgehend von der Konzentration der Wasserstoffionen ab. Diese beeinflussen die Einstellung des Ionenfließgleichgewichts: Sehr saure Böden sind arm an Kationen wie an lebenswichtigen Kalium-, Kalzium- und Magnesium-Ionen. Phosphor wird als schwer verfügbares Fe- und Al-Phosphat festgelegt" (STEUUBING & SCHWANTES 1981). Auch die Verfügbarkeit von Stickstoff ist pH-abhängig: Stickstoff kann in unterschiedlichen Formen vorliegen (Ammonium-, Nitrat- und Nitrit-Ionen), die von verschiedenen Pflanzen unterschiedlich gut aufgenommen werden können.

Die Nitrifizierung, d.h. die Oxidation von Ammonium-Ionen zu meist besser verfügbaren Nitrit- und Nitrat-Ionen, wird durch einen niedrigen pH-Wert des Bodens verzögert (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979).

Da die Bodenbildung nur sehr langsam vor sich geht, wirkt sich außerdem am Beginn der Sukzession das Fehlen von kolloidalen Ton- und Humus-Komplexen negativ auf die Nährstoffverfügbarkeit aus. "Die Funktion der kolloidalen Ton- und Humuskomplexe beruht [...] in der Adsorption der Nährmetalle und der Stabilisierung der Ionenverhältnisse in der Bodenlösung; sie stellt schließlich noch einen gewissen Schutz vor Auswaschung dar" (STEUUBING & SCHWANTES 1981).

Stickstoff und teilweise auch Phosphor-Verbindungen gelangen durch Eintrag - Verwehung von angrenzenden Intensivstandorten, Erosion, Niederschläge (im Mittel etwa 10 kg/haxJahr - SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 234, andere Quellen nennen bis zu 50 kg N/haxJahr), Eintrag mit den Werksfahrzeugen - in den Steinbruch. Doch erst im Verlauf der Bodenbildung und der Sukzession werden diese Nährstoffe in nennenswerter Menge angereichert und pflanzenverfügbar. Dafür sind einerseits die Anreicherung organischer Substanz (95% des Gesamtstickstoffs ist organisch gebunden - SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 225) und die Zunahme von Ton-Komplexen durch chemische Verwitterung verantwortlich, zum anderen die Belebung des Bodens durch Mikroorganismen, die elementaren Stickstoff aus der Luft in pflanzenverfügbare Stickstoffverbindungen umwandeln können.

Einen wesentlichen Anteil an der Bodenentwicklung haben die Leguminosen, die mit Hilfe ihrer Knöllchen-Bakterien freien Stickstoff fixieren können (BRADSHAW et al. 1982); auch Blaualgen tragen zur N-Fixierung bei. Die Mineralisierung von Stickstoff unterliegt verschiedenen Umweltfaktoren; sie kann durch Bodentrockenheit, wie sie in südexponierten Steinbrüchen nicht selten vorkommt, oder unter anaeroben Bedingungen bei Wassersättigung herabgesetzt sein (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 228).

Da Bodenbildung und Nährstoffversorgung vom Ausgangsgestein abhängig sind, werden im folgen-

den einige ausgewählte Gesteinsarten bezüglich dieser Faktoren charakterisiert.

(1) Karbonatgesteine

Die Verwitterung der Karbonatgesteine geht nur äußerst langsam vor sich, da zunächst durch physikalische Verwitterung eine Oberflächenvergrößerung stattfinden muß, damit die Karbonate gelöst und weggeführt werden können. Die nicht-karbonatischen Anteile bleiben als bodenaufbauende Bestandteile zurück (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979). Je höher der Karbonatanteil ist, um so geringer ist also unter gleichen Ausgangsbedingungen die Bodenbildung pro Zeiteinheit. "Auffallend flachgründig sind deshalb [...] die Rendzinen aus rückstandsarmen, ungegliederten Massenkalken (=diagenetisch veränderten Schwamm- und Korallenriffen)[...] Dies gilt insbesondere für dolomitierte Massenkalke. Rendzinen aus Schichtkalken, die leichter mechanisch zerfallen, sind gewöhnlich tiefgründiger und erlangen schneller einen höheren Tonanteil. Die Tonanreicherung ist zusätzlich beschleunigt, wenn Mergelschichten zwischen den Kalkbänken einen höheren Nichtcarbonanteil in den Feinschutt einspeisen. Am schnellsten schließlich schreiten Karbonatlösung und Rückstandsanreicherung bei weichen, rasch zerfallenden Kalkmergeln voran [...]" (REHFUESS 1981: 44f.). Die Bodenbildung vollzieht sich über Karbonat-Syroseme zu Rendzinen. Durch die hohe Konzentration von Kalzium- und Magnesium-Ionen (sowie durch Trockenheit) kann die Aufnahme von Kalium eingeschränkt sein. Phosphor ist bei höheren pH-Werten als Ca-Phosphat gebunden und schwer löslich. Auch Mangan und Eisen liegen nur in oxidiertem und damit für Pflanzen in nur schwer aufnehmbare Form vor (REHFUESS 1981: 49).

Eine Vorstellung vom zeitlichen Ablauf der Stickstoff- und Kohlenstoffanreicherung auf Karbonatböden geben die Untersuchungen von POSCHLOD & MUHLE (1985): demnach war nach 10 Jahren nach der Auflassung in den obersten fünf Zentimetern der Kohlenstoffgehalt von etwa 0,3% auf 1% gestiegen, der Gesamtstickstoff von etwa 0,01% auf 0,1%. In einem bereits seit 50 Jahren aufgelassenen Steinbruch wurden unter einem lückigen Kiefernwald Werte von 10% (Kohlenstoff) und 0,4% (Stickstoff) gemessen (ebd.).

Die Bodenzusammensetzung im Kalkbruch kann sich - vor allem bei hohen Mergel-Anteilen - von den flachgründigen Rendzinen umgebender Standorte durch einen höheren Lehmantel unterscheiden. Den flachgründigen, wasserdurchlässigen Böden naturnaher Standorte können tiefgründige, schwere und wasserstauende Böden auf der Sohle des Bruchs gegenüberstehen, so daß die Sohle nicht als standörtliches Pendant für Rendzinen aufgefaßt werden darf (vgl. KLOTZ 1990).

(2) Gips

Offengelegter Gips ist bei Austrocknung starken Schrumpfungprozessen, bei Nässe Quellungsprozessen ausgesetzt, Vorgänge, die sich auf verdichteten Böden (Befahren) verstärkt bemerkbar machen. Bereits bei geringen Niederschlägen entstehen stau-

nasse Bereiche, in Trockenzeiten bilden sich ausgeprägte Schwundrisse. Die starken Extreme bedingen die Vegetationsfeindlichkeit des Standort.

(3) Vulkanische Förderprodukte (Basalte, Diabas)

Auf silikatischen, doch basenreichen Ausgangsgesteinen (Basalt, Diabas) entwickeln sich über das Initialstadium des Silikat-Syrosems basenreiche Ranker. Die Basenversorgung ist im allgemeinen gut (REHFUESS 1981). Bei Basalt schreitet die physikalische Verwitterung nur sehr langsam vorwärts, die entstehenden Böden sind flachgründig (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 17). Daher ist ihre Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser nur gering.

(4) Sandsteine und Grauwacken

Aus den silikathaltigen, quarzreichen Sandsteinen gehen über Silikat-Syroseme basenarme Ranker hervor. Der pH-Wert der obersten Bodenschicht liegt zwischen 3 und 4, die Basenversorgung ist gering (REHFUESS 1981). Bei Sandsteinen können insbesondere die Nährstoffe Kalium (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 216) und Magnesium (REHFUESS 1981) im Minimum sein.

(5) Granit

Granite und andere, mehr oder minder grobkörnige Tiefengesteine unterliegen einer starken physikalischen Verwitterung; ihre Mineralbestandteile setzen jedoch der chemischen Verwitterung einen hohen Widerstand entgegen, so daß tiefgründige, doch in ihrer Mineralzusammensetzung gegenüber dem Ausgangsgestein nur wenig veränderte Böden entstehen (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1979: 17). Bei Graniten kann zwischen feldspatarmen und feldspatreichen Gesteinen unterschieden werden. Feldspat beinhaltet Ca^{++} -Ionen, so daß feldspatreiche Granite gleichzeitig reich an Kalzium-Ionen sind; im Verein mit der tiefgründigen physikalischen Verwitterung wirkt sich dies direkt auf die Zusammensetzung der Pflanzendecke aus (WURZEL 1990, mdl.). Die Bodenbildung verläuft über Silikat-Syroseme zu basenarmen Rankern oder zu Ranker-Podsolen. Der pH-Wert überschreitet selten den Wert 4, Magnesium befindet sich als Nährstoff häufig im Minimum (REHFUESS 1981).

(6) Serpentin

Serpentin besteht aus Mg-Fe-Silikaten mit einem hohen Gehalt an Mg^{++} -Ionen. Durch Verwitterung werden die Schwermetallionen Nickel, Chrom und Kobalt pflanzenverfügbar. Für die Nährstoffökologie hat dies die Auswirkungen, daß Mg^{++} -Ionen die Aufnahme von Kalium- und Kalzium-Ionen einschränken können (Kalzium-Mangel), daß weiterhin die mikrobiotische Nachlieferung von Stickstoff durch die Schwermetalle gehemmt sein kann, ebenso wie die Aufnahme von Spurenelementen (z.B. Molybdän). Gleichzeitig sind Serpentine relativ witterungsbeständig, so daß die natürliche Bodenbildung nur sehr langsam vor sich geht (VOGEL 1990). MUNTEAN (1979) konnte bei seinen Untersuchungen auf süd- bis südostexponierten Serpentinstandorten an Strahlungstagen auffallend hohe

Bodentemperaturen feststellen. Im Zusammenhang damit standen niedrige Luftfeuchtigkeit und - aufgrund der Flachgründigkeit des Standort - geringer Wassergehalt des Bodens. Alle genannten Faktoren bewirken, daß sich die Vegetation auf Serpentinstandorten von ihrer Umgebung - sowohl, was die Artenzusammensetzung, als auch, was die Wüchsigkeit betrifft - mehr oder minder deutlich abhebt (VOGEL 1990, GIGON 1983).

1.7.1.2 Auswirkungen auf die Tierwelt

Die Gesteinsart kann sowohl unmittelbar als auch mittelbar über die Ansiedlung einer Art mitbestimmen. Unmittelbar sind die Auswirkungen dann, wenn durch die unterschiedliche Strukturierung der verschiedenen Ausgangsgesteine (Standfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit) unterschiedliche Standorte entstehen. Der Gesteinsart spielt bei Säugern, Reptilien und Vögeln eine untergeordnete Rolle; ihre Akzeptanz gegenüber dem Biotyp "Steinbruch" beruht i.d.R. darauf, daß bestimmte einzelne Strukturelemente oder eine Kombination verschiedener Strukturelemente vorhanden sind. Ausgangsgesteine mit z.T. geringer Standfestigkeit (Basalt, Kalkmergel) können zum Beispiel nicht in dem Umfang von Felsbewohnern besiedelt werden wie standfestere Gesteinsarten. Auch die Wasserdurchlässigkeit nimmt Einfluß auf die Faunenzusammensetzung, was sich in der scheinbar banalen Feststellung ausdrückt, "daß bei fehlenden Gewässern keine Libellen oder Amphibien bodenständig sind" (TRAUTNER & BRUNS 1988). Anders verhält es sich z.B. bei phytophagen Insektenarten. Sie sind meist auf bestimmte Pflanzenarten spezialisiert, deren Vorhandensein an bestimmte physico-chemische Standortfaktoren - und damit ans Ausgangsgestein - gebunden ist. Bei phytophagen spezialisierten Tierarten kann daher mit einer indirekten Bindung an bestimmte Gesteinsarten gerechnet werden. Die Bindung ist um so stärker, je höher der Spezialisierungsgrad einer Tierart auf eine oder wenige Pflanzenarten und je geringer die standörtliche Amplitude dieser Wirtspflanze(n) ist. Beispiel: die Raupe des Apollofalters (*Parnassius apollo*) ist auf Massenvorkommen von *Sedum album* angewiesen. Diese *Sedum*-Art kommt fast ausschließlich auf xerothermen Kalkstandorten vor. "Außerdem scheint die Gesteinsart direkt durch ihre chemische Zusammensetzung entscheidenden Einfluß auf die Besiedelung durch Tiere auszuüben. Dies ist z.B. bei den Gehäuseschnecken der Fall, die Kalk zum Aufbau ihrer Schale benötigen" (TRAUTNER & BRUNS 1988). Das Ausgangsgestein spielt auch insofern eine mittelbare Rolle, als es durch die Verwitterungsgeschwindigkeit auf den Fortschritt der Sukzession Einfluß ausübt und somit über den Zeitraum bestimmt, in dem z.B. Pionierarten optimale Bedingungen vorfinden.

1.7.2 Wasserhaushalt

Die Verfügbarkeit von Wasser unterscheidet sich nicht nur in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein

und dem Stadium der Bodenbildung, sondern auch von Teillebensraum zu Teillebensraum.

- **Abraumhalde**

Abraumhalden haben - und dies um so mehr, je größer im Durchschnitt das abgelagerte Material ist - nur einen geringen Anteil an Feinerde, da diese durch die Niederschläge durch die Klüfte des gröberen Materials nach unten ausgewaschen wird. Dies bewirkt, daß nur sehr wenig Feuchtigkeit gespeichert werden kann, kapillare Kräfte nicht zum Tragen kommen. Zusätzlich führen die große Oberfläche und Windeinfluß zu einer starken Verdunstung. Haldenböschungen aus Grobmaterial stellen daher - neben den Standorten der Bruchwand - die trockensten Standorte eines Steinbruchs dar. Da das Haldenplateau meist durch Befahren verdichtet ist, außerdem dort vermehrt Feinanteile durch den Transportvorgang abgelagert sein können, ist das Haldenplateau weniger als die Haldenböschung von Austrocknung betroffen.

- **Abbruchwand**

Bei der Abbruchwand sind Gesteinsart und Textur bestimmend für die Wasserversorgung. Klüftige Gesteine weisen praktisch nur in Ritzen höhere Vegetation auf, da Ritzen der einzige Ort sind, wo sich Humus als Wasserspeicher sammeln kann, da sonst das Wasser durch die Klüfte abrinnt (Karbonatgesteine). Auf anderen Gesteinsarten (z.B. Granit, Sandstein) kann dagegen das Wasser oberflächlich ablaufen, so daß - hauptsächlich in schattigen Lagen - ständig feuchte Wandbereiche existieren.

- **Sohle**

Für die Wasserversorgung der Sohle spielen Durchlässigkeit des anstehenden Gesteins, Bindigkeit und Korngröße des aufliegenden Materials und Verdichtung desselben eine wesentliche Rolle.

- **Schuttkegel**

Schuttkegel besitzen meist - bedingt durch den höheren Anteil an erodiertem Feinmaterial - eine bessere Wasserversorgung.

Auch die Besiedelung durch Moose spielt bei der Wasserversorgung höherer Pflanzen eine Rolle. HÜBSCHMANN (zit. in WOLF 1985) führt dazu aus: "Moose und Flechten sind aufgrund der kapillaren Wasseraufnahme über die gesamte Oberfläche, wenn auch von Art zu Art unterschiedlich [...] befähigt, Niederschlagswasser festzuhalten und auf dem Weg der Verdunstung wieder freizugeben. Die Wasserkapazität einer Moosdecke steigt mit zunehmender Dichte und Höhe der Moospflänzchen. [...] Dadurch wird der oberflächliche Abfluß und die Erosion bei Niederschlägen, insbesondere nach längerer Trockenheit, und auch die Versickerung des Niederschlagswassers vermindert oder gar verhindert. Für die Wurzeln der Blütenpflanzen ist somit nach Austrocknung des Bodens weniger Wasser verfügbar. Andererseits konnte durch Laborversuche ermittelt werden, daß der Boden unter einer Mooschicht langsamer austrocknet als ohne Moosdecke" (ebd.). Für die Untersuchungsfläche - kiesig-sandiger Roh-

boden - kommt der Autor zu dem Ergebnis, daß die verdunstungshemmende Wirkung der Moos- und Flechtenvegetation erst nach Starkniederschlägen und bei vollständiger Bodendurchfeuchtung wirksam wird. "Wenn die Niederschläge nur wenig ergiebig sind und die Speicherfähigkeit der Moosdecke nicht überschreitet, bedingt die hohe Wasserkapazität der Moos- und Flechtendecke eine stärkere Ausprägung von Trockenphasen während der Vegetationszeit" (HÜBSCHMANN, zit. in WOLF 1985). Dichte Moos- und Flechtenschichten können also witterungsbedingte Streßsituationen, wie sie eine Trockenphase darstellt, noch verstärken.

1.7.3 Geländeklima

Das Kleinklima in Steinbrüchen weicht vom Klima in der Umgebung in mehr oder minder starkem Maße ab. Bestimmende Faktoren für das Klima in Steinbrüchen sind:

- Inklination
- Exposition
- Lage im Gelände
- Vorhandensein von Wasserflächen
- Verhältnis Grundfläche zu Randhöhe
- Wärmeleitfähigkeit des Ausgangsgesteins

WILMERS (1974) faßt die wichtigsten Faktoren zusammen: "Erniedrigend wirken auf die nächtlichen Temperaturen der Kaltluftfluß von den Hängen und der höheren Umgebung, die Herabsetzung des turbulenten Austauschs sowie die Verkürzung der Tageslänge durch verspäteten Sonnenaufgang und verfrühten Sonnenuntergang infolge der Horizonteinkung. Gegen die Absenkung der Temperaturen wirken die Verstärkung der atmosphärischen Gegenstrahlung durch die größere Abschirmung des Horizonts, damit die Verminderung der effektiven Ausstrahlung und die verstärkte Wärmezufuhr aus dem Boden tagsüber besonnter Hangbereiche [...]" (ebd.) und weiter: "Letztlich entscheidet das Verhältnis der Grundflächenausdehnung zur Randhöhe, und vor allem im Zusammenhang mit dem Ausmaß der direkten Besonnung auf Bereiche der Grube" (ebd.). Enge, aber trotzdem besonnte Gruben sind daher durchweg wärmer als ihre Umgebung; in engen, aber unbesonnten Gruben dagegen können "die Einwirkungen der Atmosphäre so zurücktreten [...], daß in der Grube ständig die langjährige Mitteltemperatur gemessen wird" (ebd.). Je höher die Grundflächenausdehnung im Verhältnis zur Randhöhe ist, desto größer ist - insbesondere bei Strahlungswetterlagen - der Temperaturgang. Kaltluftseen entstehen nachts vor allem dann, wenn der Steinbruch/ die Steinbruchsohle der tiefste Punkt im Gelände ist. Ist der Grubenboden nicht der tiefste Punkt, so kann die Kaltluft abfließen, so daß angenommen werden kann, daß auch in diesem Fall Brüche wärmer sind als ihre Umgebung.

Auch die Bodenentwicklung (und damit die Vegetationsentwicklung) in einem Steinbruch ist zu einem gewissen Teil vom Kleinklima bzw. seiner Exposition abhängig: auf nordexponierten Hängen fand POSCHLOD (1984, unpubl.) in Kalkbrüchen der Schwäbischen Alb einen bereits entwickelten Bo-

den (Mullrendzina-Syrosem), in südexponierten Lagen ist selbst nach mehreren Jahrzehnten keine Entwicklung des Rohbodens und damit keine Vegetation erkennbar. Beobachtungen, die dies untermauern, machte auch KUGLER (1989, unpubl.) in einem nordexponierten Steinbruch der Nördlichen Frankenalb.

Neben dem "Gesamt"-Klima eines Steinbruchs können einzelne Teillebensräume ein eigenes, spezifisches Klima entwickeln:

- **Abbruchwände**
Die rasche Aufwärmung von Felswänden ist eine Folge ihrer spezifischen Temperaturleitfähigkeit. Die Wärmeströme sind um so höher, je größer die spezifische Dichte eines Festmaterials ist.
- **Sohle**
Submediterrane Charakteristika kann das Mikroklima v.a. über anstehendem Fels oder Rohboden annehmen, die sich aus der hohen Einstrahlung während des Tages, verbunden mit einer Abgabe der Wärme während der Nacht (v.a. für Insekten von Bedeutung) ergeben. Gleichzeitig zeichnen sich Steinbrüche auch durch ihre Windgeschütztheit aus, was den submediterranen Charakter weiter verstärken kann (WEIDEMANN 1992, mdl.).
Wasserflächen in Steinbrüchen haben dagegen die ausgeglichendsten Temperatur-Tagesgänge und wirken daher langfristig ausgleichend (WILMERS 1974). Existieren in einem Steinbruch dauerhafte Seen, so kann die Verdunstung auslösender Faktor für die Ansiedlung hygrophiler Pflanzengesellschaften - vor allem auch von Moosen und Farnen - in schattseitigen Bereichen sein. Beobachtungen dieser Art lassen sich v.a. in den Granitbrüchen des Fichtelgebirges und des Bayerischen Waldes machen.
- **Abraumhalden**
Halden fallen durch ihr extremes Mikroklima auf: An der Oberfläche erfolgt die Ein- und Ausstrahlung beinahe ungehindert, d.h. extreme Hitze bei Sonnenbestrahlung und Kälte in der Nacht sind typische Charakteristika dieses Standortes. In den Sommermonaten wurden auf Halden in südexponierten Lagen extreme Temperaturverhältnisse registriert: Die Oberfläche von frei der Sonne ausgesetzten Halden erhitze sich auf über 60°C, kühlte während der Nacht dann auf 15°C ab. Ursache für diese weite Amplitude sind niedrige spezifische Wärmeleitfähigkeit und geringer Wassergehalt der Rohböden (FRANZ 1960, zit. in CZECH 1987). Andererseits entwickelt sich in den Klüften schon wenige Zentimeter oder Dezimeter unter der Oberfläche ein ausgeglicheneres Klima.

1.7.4 Gradienten und innere Grenzlinien

Die Raumstruktur ist für Tiere ein wesentlicher Faktor bei der Habitatwahl. In Steinbrüchen (v.a. älteren Werksteinbrüchen) finden sich unterschiedliche Standortfaktoren auf engstem Raum, die eine Fülle verschiedener Strukturen bedingen. **Die Benachba-**

Die Nutzung unterschiedlichster Faktorenkombinationen auf engem Raum kann als ein wesentlicher Grund für die Bedeutung von Steinbrüchen für die Tierwelt gelten. Nicht weniger bedeutsam ist die Tatsache, daß sich zwischen den einzelnen Extremen meist deutlich ausgeprägte Gradienten befinden. Dies ist deswegen besonders hervorzuheben, weil derartige Situationen aus der heutigen Kulturlandschaft annähernd vollständig verschwunden sind (zu den Folgen vgl. RINGLER 1980). Wesentliches Merkmal der verschiedenen Standorte in Steinbrüchen ist außerdem, daß sie häufig ineinander verschachtelt sind bzw. mosaikartig ineinandergreifen. Die Länge der inneren Grenzlinien ist also im Vergleich zu anderen Biotoptypen (erst recht im Vergleich zu intensiv genutztem Kulturland) meist überdurchschnittlich hoch. **Der "Limes diversus" als Produkt aus Standortunterschieden, Standortgefälle (Gradienten) und hohem Anteil innerer Grenzlinien muß als eine der herausragendsten und wertbestimmendsten Eigenschaften in Steinbrüchen angesehen werden.**

1.7.5 Nutzungseinflüsse

Die Nutzung ist aufs engste mit der Erscheinung des Biotoptyps "Steinbruch" verbunden (s. dazu Kap.1.1.1, S. 15, 1.1.2, S. 16, 1.6.2, S. 68). Sie ist im wesentlichen verantwortlich für die morphologische Erscheinungsform des Steinbruchs. Mit dem Steinbruchbetrieb gehen eine Reihe weiterer, nutzungsbedingter Einflüsse einher, z.B. Lärm- und Staubemissionen, Einträge nicht bodenständigen Materials, interne Materialumlagerungen (Halden) und Verdichtung des Substrats.

Auf manchen Standorten spielt die Störungsfrequenz für die Etablierung von **Pflanzengesellschaften** eine entscheidende Rolle, nämlich dort, wo Wuchsorte mehr oder minder regelmäßig überschüttet werden. Dies ist besonders auf den Abraumhalden durch Ablagerung neuen Materials, wie auch auf den Schuttkegeln und -halden unterhalb der Abbruchwände durch natürliche Erosion der Fall. Dies kann zum einen die Folge haben, daß sich - bei entsprechend häufiger Überschüttung - keine Pflanzen ansiedeln können, zum anderen, daß etablierte Gemeinschaften zerstört werden und die Sukzession wieder von neuem beginnt.

Nutzungseinflüsse spielen auch bei der Habitategnung von Steinbrüchen für **Tiere** eine Rolle. Brüche, in denen Massenrohstoffe gewonnen werden, hinterlassen i.d. R. ungegliederte Wandflächen, Werksteingewinnung hingegen vielfältig gegliederte Abbruchwände, die aus diesem Grund von einer Reihe von Felsbewohnern unter den Tieren genutzt werden können. Halden als Lebensraum für spezialisierte Arten sind ebenfalls hauptsächlich an die Werksteingewinnung gekoppelt. **In alten, aufgelassenen Brüchen ist der weitgehende Wegfall von Insektizideinflüssen sowie die relative Störungsarmut bedeutsam. Ersteres kann sich in einer entsprechend reichen Insektenfauna manifestieren, letzteres im Vorkommen störungsempfindlicher Arten.**

1.8 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

In diesem Kapitel wird die Bedeutung für die Arten (Kap. 1.8.1), für Lebensgemeinschaften (Kap. 1.8.2), für die Landschaft (Kap. 1.8.3) und die Erd- und Heimatgeschichte (Kap. 1.8.4) kurz umrissen.

Eine wesentliche Einschränkung vorneweg: So hoch der Wert einzelner Steinbrüche für den Natur- und Artenschutz in manchen Fällen auch eingeschätzt wird, darf nicht übersehen werden, daß es sich dabei in der Regel entweder um seit langer Zeit aufgelassene Abbaustellen handelt oder um solche, die in engem Kontakt zu primären Habitaten stehen; die in ihnen präsenten Lebensgemeinschaften stellen nicht selten Relikt-Gemeinschaften einer ehemals reicheren Kulturlandschaft dar. Das Vorhandensein schutzwürdiger Lebensgemeinschaften in alten Steinbrüchen kann daher nicht als Argument für die Anlage neuer Steinbrüche herhalten.

1.8.1 Arterhaltung

Unter dem Begriff "Arterhaltung" sind im folgenden sowohl qualitative Momente (wobei als "Qualitätsmerkmal" die Seltenheit bzw. Gefährdung einer Art in Form ihres Rote-Liste-Status herangezogen wurde) als auch quantitative Momente (Artenzahl, doch ohne Flächenbezug) erfaßt. Im Gegensatz zu Kapitel 1.4 (S. 23) und 1.5 (S. 46), wo zur Erläuterung der Sachverhalte - wenn notwendig - auch außerbayerische Beispiele herangezogen wurden, stützen sich die in diesem Kapitel aufgeführten Daten ausschließlich auf bayerische Erhebungen.

1.8.1.1 Flora

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Standorte und Standortbedingungen beherbergen Steinbrüche eine reichhaltige Flora. **Bezüglich des Artenreichtums liegen die Kalkbrüche an der Spitze mit bis zu 260 (Südl. Frankenalb) bzw. 282 Arten (Nördl. Frankenalb). Im Miltenberger Buntsandstein wurden 205 Arten kartiert, in den Granitbrüchen des Bayerischen Waldes bis zu 198 Arten.** Die absolute Artenzahl ist jedoch nur eine Komponente:

WARTNER (1983) konstatiert: "Im Raum Miltenberg und Treuchtlingen-Pappenheim findet sich jeweils ein Drittel aller für den Quadranten erfaßten Arten (in den Steinbrüchen - Anm. d. Verf.), um Hauzenberg sogar über die Hälfte aller in der weiteren Umgebung vorkommenden Pflanzen. Für die meist nur 2 - 4ha großen Steinbrüche ist dies gewiß ein bemerkenswertes Ergebnis." KUGLER (1989, unpubl.) konnte in ihrer Untersuchung **die Hälfte der für das Meßtischblatt ermittelten höheren Pflanzenarten in einem einzigen Steinbruch nachweisen.** Die relativ hohe Artenzahl in den aufgelassenen Steinbrüchen ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß nicht nur Florenelemente mit Verbreitungsschwerpunkt in Mitteleuropa in den Steinbrüchen vertreten sind, sondern in starkem Maß auch Pflanzen in den Steinbruch einwandern, die ein größeres Verbreitungsareal oder ihren Ver-

breitungsschwerpunkt jenseits des subatlantischen-subkontinentalen Areals haben. Sie profitieren von den extremen Standortbedingungen, die Steinbrüche bieten können.

Die Vegetation basenreicher Gesteine ist artenreicher als jene der Gesteine mit geringem Basenanteil (ELLENBERG 1982). Dies spiegelt sich auch in den Steinbrüchen wider. Aus der Artenzahl allein lassen sich daher keine Kriterien für die Schutzwürdigkeit von Flächen herleiten. Vergleiche dieser Art sind allenfalls bei Steinbrüchen mit gleichem Ausgangsgestein statthaft. Es wird in den wenigsten Fällen so sein, daß alle verschiedenen Florenelemente gleichzeitig und gleichmäßig in einem Steinbruch anzutreffen sind. Die Gesamtheit der verschiedenen Florenelemente spiegelt vielmehr eine Standortmanigfaltigkeit wider, die über das hinaus geht, was ein einzelner Bruch anbieten kann. Der Schutz eines Bruchs oder einzelner Brüche vor konkurrierenden Nutzungsansprüchen reicht also nicht aus, um den Ansprüchen des gesamten Arten- bzw. Vegetationsspektrums gerecht zu werden. Es gilt daher, möglichst viele unterschiedliche Standortbedingungen, d.h. letztlich möglichst viele Steinbrüche für den Arten- und Biotopschutz auszuweisen.

Das Wissen über die in Steinbrüchen vorkommenden regional und lokal seltenen Arten ist leider sehr unvollständig und bedarf dringend der Ergänzung. Als Indikator für die Seltenheit einer Art mußte bei der Erstellung der Tabellen 1/29 (S. 76) bis 1/32 (S. 79) sowie 1/4 (S. 23) und 1/35 (S. 80) dieses Kapitels auf die "Rote Liste gefährdeter Farn und Blütenpflanzen Bayerns" (1986) und die Angaben der einzelnen AutorInnen zurückgegriffen werden.

1.8.1.1.1 Kalk- und Dolomitbrüche

(siehe Tabelle 1/29, S. 76)

1.8.1.1.2 Gipsbrüche

(siehe Tabelle 1/30, S. 78)

1.8.1.1.3 Basaltbrüche

(siehe Tabelle 1/31, S. 78)

1.8.1.1.4 Sandsteinbrüche

(siehe Tabelle 1/32, S. 79)

In den i.d.R. trockeneren Brüchen tritt - vor allem in engem Kontakt zu den Trockenrasen des Maintales - eine reichhaltige Hieracien-Flora zum Vorschein (Tab. 1/33, S. 79).

1.8.1.1.5 Granitbrüche

(siehe Tabelle 1/34, S. 80)

Eine Besonderheit stellen die von SCHEUERER (1988, unpubl.) im Rahmen eines Gutachtens untersuchten Steinbrüche am Scheuchenberg (östlich von Regensburg) dar, da zahlreiche kalkliebende Arten hier auf den kristallinen Untergrund übergreifen.

1.8.1.1.6 Serpentinbrüche

(siehe Tabelle 1/35, S. 80, bearbeitet von J. VOGEL)

1.8.1.2 Fauna

Zur Bedeutung der Steilwände, denen ja auch die Abbruchwände der Steinbrüche zugerechnet werden müssen, schreibt BLAB (1986): "Ganz besondere Bedeutung erlangen Felssteilwände [...] als Bruthabitat für verschiedene Insekten (z.B. Mörtelbienen) und Vogelarten [...]. So finden sich heute die Horste aller bundesdeutschen Wanderfalkenpaare nur in herausragenden, das Landschaftsbild deutlich bestimmenden Felssteilwänden [...]; so zeigt eine Auswertung der Roten Liste der gefährdeten Großschmetterlinge nach ihrer Habitatzuordnung (PRETSCHER 1977), daß allein 67 gefährdete Falterarten [...] ausschließlich oder auch in Felsbandgesellschaften siedeln" (ebd.).

Welchen Beitrag zur Arterhaltung nicht nur die Steilwände, sondern der gesamte Steinbruch an sich leisten kann, zeigt exemplarisch die Untersuchung von Steinbrüchen im Landkreis Forchheim (Tab. 1/36, S. 81).

Dabei fällt auf, daß von jeder Tiergruppe immer mindestens ein Drittel der im gesamten Landkreis vertretenen Arten in Steinbrüchen präsent ist, teils die Anteile noch höher liegen. Dies ist angesichts der relativ geringen von Steinbrüchen eingenommenen Fläche eine beachtliche Tatsache.

Eine Auswertung relevanter Untersuchungen zeigt, daß die in Steinbrüchen vorkommenden Arten schematisch drei Kategorien zugeordnet werden können (vgl. auch Kap. 1.9.1, S. 84).

Kategorie 1: Arten, die - mit dem Bezugsrahmen Bayern - mit einem wesentlichen oder überwiegenden Teil der Population in Steinbrüchen vorkommen.

Kategorie 2: Arten, die bezogen auf einzelne Landkreise (entsprechend dem heutigen Kenntnisstand) mit einem überwiegenden Teil der Population oder mit den größten und vitalsten Populationen in Steinbrüchen vorkommen. Mangels weitergehender Differenzierung in den Landkreisbänden des ABSF muß in manchen Fällen diese Angabe auf Abbaugebiete im allgemeinen bezogen werden. Arten dieser Kategorie können (zumindest in den jeweils genannten Landkreisen) als steinbruchtypisch angesehen werden. Für die Arterhaltung in den entsprechenden Landkreisen sind Steinbrüche von vorrangiger Bedeutung.

Kategorie 3: Arten, die nicht als steinbruchtypisch anzusehen sind, für die Steinbrüche jedoch möglicherweise Funktionen als Ausweichlebensraum übernehmen und deren Lebensräume in Steinbrüchen durch entsprechende Pflege optimiert werden können. Für die Arterhaltung in den entsprechenden Landkreisen sind die Steinbrüche zwar nicht vorrangig bedeutsam, sie leisten aber dennoch einen Beitrag zur Arterhaltung, der um so höher einzuschätzen ist, je seltener die einzelne Art ist.

Tabelle 1/29

Gefährdete, geschützte und regional seltene Arten in Kalkbrüchen

	Südliche Frankenalb	Nördliche Frankenalb	Muschelkalk	Marmor
RL-Status 1				
<i>Polycnemum arvense</i>	+			
RL-Status 2				
<i>Ajuga chamaepytis</i>	+			
<i>Nepeta cataria</i>	+			
<i>Hieracium zizianum</i>		+	+	
<i>Minuartia hybrida</i>			+	
<i>Althaea hirsuta</i>			+	
<i>Chenopodium vulvaria</i>			+	
<i>Xanthium strumarium</i>			+	
<i>Trinia glauca</i>			+	
RL-Status 3				
<i>Alyssum montanum</i>	+			
<i>Centaurium pulchellum</i>	+			
<i>Petrorhagia saxifraga</i>	+			
<i>Rosa micrantha</i>	+			
<i>Allium carinatum</i>	+			
<i>Orobanche lutea</i>	+			
<i>Scabiosa canescens</i>	+			
<i>Trifolium rubens</i>	+			
<i>Cirsium tuberosum</i>	+			
<i>Peucedanum carvifolia</i>	+			
<i>Aster amellus</i>	+			
<i>Legousia speculum-veneris</i>	+			
<i>Aster linosyris</i>	+			
<i>Inula hirta</i>	+			
<i>Dictamnus albus</i>	+			
<i>Saxifraga decipiens</i>	+			
<i>Seseli annuum</i>	+			
<i>Taxus baccata</i>	+	+		
<i>Dactylorhiza maculata</i>	+			+
<i>Thesium pyrenaicum</i>		+		
<i>Linum tenuifolium</i>		+		
<i>Galium cf. spurium</i>		+		
<i>Schoenoplectus lacustris</i>		+	+	
<i>Orchis militaris</i>		+		+
<i>Gentiana verna</i>		+		+
<i>Caucalis platycarpos</i>			+	
<i>Linum austriacum</i>			+	
<i>Epipactis purpurata</i>			+	
<i>Eryngium campestre</i>			+	
<i>Gentiana cruciata</i>			+	
<i>Anemone sylvestris</i>			+	+
<i>Botrychium lunaria</i>				+
<i>Carex praecox</i>				+
Regional seltene Arten				
<i>Carlina vulgaris</i>	+			
<i>Corydalis lutea</i>	+			
<i>Crepis alpestris</i>	+			
<i>Erysimum odoratum</i>	+			
<i>Carex ericetorum</i>	+			

Fortsetzung Tabelle 1/29				
	Südliche Frankenalb	Nördliche Frankenalb	Muschelkalk	Marmor
Regional seltene Arten				
<i>Euphorbia verrucosa</i>	+			
<i>Orthilia secunda</i>	+			
<i>Rosa arvensis</i>	+			
<i>Hypericum hirsutum</i>	+			
<i>Petrorhagia prolifera</i>	+			
<i>Teucrium montanum</i>	+			
<i>Phleum phleoides</i>	+			
<i>Pyrola rotundifolia</i>	+			
<i>Gymnocarpium robertianum</i>	+	+		
<i>Hieracium maculatum</i>	+	+		
<i>Teucrium botrys</i>	+	+	+	
<i>Cirsium eriophorum</i>	+	+	+	
<i>Carlina vulgaris</i>	+		+	
<i>Saxifraga tridactylites</i>		+	+	
<i>Cerastium brachypetalum</i>		+	+	
<i>Carduus acanthoides</i>		+		
<i>Myosotis ramosissimum</i>		+		
<i>Senecio nemorensis</i>		+		
<i>Carduus nutans</i>		+		
<i>Verbascum phlomoides</i>		+		
<i>Allium vineale</i>		+		+
<i>Lactuca virosa</i>			+	
<i>Lactuca perennis</i>			+	
<i>Monotropa hypopitys</i>			+	
<i>Bryonia dioica</i>			+	
<i>Cerastium pumilum</i>			+	
<i>Ajuga genevensis</i>				+
<i>Neslia paniculata</i>				+
<i>Globularia elongata</i>				+
<i>Salvia pratensis</i>				+
Geschützte Arten				
<i>Aquilegia vulgaris</i>	+			
<i>Veronica spicata</i>	+			
<i>Cephalanthera rubra</i>	+			
<i>Dianthus carthusianorum</i>	+			
<i>Epipactis atrorubens</i>	+	+	+	+
<i>Gentianella ciliata</i>	+	+	+	+
<i>Gymnadenia conopsea</i>	+	+		+
<i>Daphne mezereum</i>	+	+		+
<i>Gentianella germanica</i>	+			+
<i>Listera ovata</i>	+			+
<i>Pulsatilla vulgaris</i>		+		+
<i>Primula veris</i>		+	+	
<i>Epipactis helleborine</i>		+	+	
<i>Juniperus communis</i>		+		
<i>Centaureum erythraea</i>		+		
<i>Cephalanthera damasonium</i>		+		
<i>Carlina acaulis</i>		+		
<i>Lilium martagon</i>			+	
1 : Südliche Frankenalb: POSCHLOD (1987, unpubl.), WARTNER (1983), Bayer. Biotopkartierung (Stand Juni 1989), ABSP, HERRE (1990, briefl.)				
2 : Nördliche Frankenalb: KUGLER (1989, unpubl.), SACHTELEBEN (1990, mdl.), Bayer. Biotopkartierung (Stand Juni 1989), ABSP				
3 : Muschelkalk: MEIEROTT (1989, mdl.), Bayer. Biotopkartierung (Stand Juni 1989), ULLMANN (1985)				
4 : Marmor (Fichtelgebirge und Umfeld): Bayer. Biotopkartierung (Stand 1989), ABSP				

Tabelle 1/30

Gefährdete, geschützte und regional seltene Arten in Gipsbrüchen

RL-Status 1	
<i>Adonis flammea</i>	Flammen-Adonisröschen
RL-Status 3	
<i>Consolida regalis</i>	Acker-Rittersporn

Tabelle 1/31

Gefährdete, geschützte und regional seltene Arten in Basaltbrüchen (MEIEROTT 1989, mdl.)

RL-Status 3	
<i>Centaureum pulchellum</i>	Kl. Tausendgüldenkraut
<i>Antennaria dioica</i>	Katzenpfötchen
<i>Arnica montana</i>	Berg-Wohlverleih
<i>Pedicularis sylvatica</i>	Wald-Läusekraut
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Seebirse
Regional seltene Arten	
<i>Juncus ranarius</i>	Frosch-Birse
<i>Filago arvensis</i>	Acker-Filzkraut
<i>Cerastium glutinosum</i>	Bleiches Hornkraut
Geschützte Arten	
<i>Digitalis grandiflora</i>	Großblütiger Fingerhut
<i>Dactylorhiza maialis</i>	Breitblättr. Knabenkraut

1.8.2 Lebensgemeinschaften

Pioniergesellschaften sind in frühen Sukzessionsphasen in Steinbrüchen häufig in ihrer typischen Ausbildung anzutreffen. Dies ist insofern von Bedeutung, als Ereignisse, die entsprechende Standorte natürlicherweise schaffen würden, heute fast nicht mehr auftreten oder allenfalls nur noch sehr kleinflächige Rohbodenstandorte erzeugen. Ausgedehnte Bestände von *Melica ciliata* einschließlich der typischen Begleiter finden sich in der Südlichen Frankenalb daher nur noch in aufgelassenen Kalkbrüchen (GEIM 1989, mdl.). Auch die Pioniergesellschaften kalkarmer Standorte (FLAGINI-VULPIETUM, AIRO CARYOPHYLLEAE-FESTUCETUM OVINAE, AIRETUM PRAECOCIS) finden sich nicht selten großflächig in Steinbrüchen ein - hauptsächlich in Sandsteinbrüchen, doch auch in Basaltbrüchen. Serpentinbrüche können eine äußerst seltene Serpentinflora-Gesellschaft beherbergen.

Auch in späteren Sukzessionsstadien treten u.U. Pflanzengemeinschaften auf, die in der Region als selten oder gefährdet angesprochen werden müssen: Dazu gehören beispielsweise "Hochmoorinitiale" in den Brüchen des Mittleren Keupers (WEBER 1990), sekundäre Schwinggras- und sekundäre Erlenbruchwälder im Fichtelgebirge (WURZEL 1989, mdl.) sowie das CERASTIETUM PUMILI (MEIEROTT

1989, mdl.) in den Muschelkalkbrüchen Mainfrankens.

Tabelle 1/37 (S. 82) gibt einen provisorischen und vorläufigen Überblick über qualitätsbestimmende Pflanzengesellschaften in Steinbrüchen.

1.8.3 Landschaftsbild

Die Einschätzung von Steinbrüchen nicht nur hinsichtlich ihrer optischen Wirkung auf Natur und Landschaft wird entscheidend vom Standpunkt (und den Vorurteilen!) des Betrachters geprägt. Die angeführten Zitate geben einen repräsentativen Querschnitt über die vorhandene Meinungsvielfalt.

- Einen der frühesten "Berichte" über Steinbrüche verfaßt EOBANUS HESSUS 1532 in lateinischen Hexametern.

"Kaum dreitausend Schritte entfernt, so nahe gelegen schuf der Natur wohlwollende Güte so wertvolle Schätze, So ergiebig ist sie, so reich das Vermögen des Waldes. Denn wo dieser allmählich hebt zu steileren Höhen Da wird das Innere durchzogen von Felsengebilden.

Alle die Hügel sind sozusagen ein einziger Steinblock, Denn gehäuft sind Steinbruchnischen nach jeglicher Richtung.

Die Brecher bringen hervor Naturtheater und Wände

Tabelle 1/32

Gefährdete, geschützte und regional seltene Arten in bayerischen Sandsteinbrüchen

	Keupersandstein	Buntsandstein
RL-Status 1		
<i>Filago vulgaris</i>		+
<i>Campanula cervicaria</i>		+
RL-Status 2		
<i>Diphasium issleri</i>	+	
<i>Cryptogramma crispa</i>	+	
<i>Aira praecox</i>		+
<i>Diphasium complanatum s.s.</i>	+	
RL-Status 3		
<i>Drosera rotundifolia</i>	+	
<i>Digitalis purpurea</i>	+	
<i>Lycopodiella inundata</i>	+	
<i>Huperzia selago</i>	+	
<i>Pedicularis sylvatica</i>	+	
<i>Trifolium fragiferum</i>	+	
<i>Sorbus torminalis</i>	+	
Regional seltene Arten		
<i>Blechnum spicant</i>	+	
<i>Lycopodiella inundata</i>	+	
<i>Spagnum div. spec.</i>	+	
<i>Carex canescens</i>	+	
<i>Carex stellulata</i>	+	
<i>Juncus squarrosus</i>	+	
<i>Juncus bufonius</i>	+	
<i>Juncus bulbosus</i>	+	
<i>Polystichum lobatum</i>	+	+
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	+	+
<i>Vulpia myuros</i>	+	+
<i>Carex paniculata</i>	+	
<i>Pyrola minor</i>	+	
<i>Orthilia secunda</i>	+	
Geschützte Arten		
<i>Lycopodium clavatum</i>	+	
<i>Lycopodium annotinum</i>	+	
<i>Polystichum lonchitis</i>	+	
<i>Neottia nidus-avis</i>		+
1 : Keupersandsteinbrüche (MEIEROTT 1989, mdl., WEBER 1990, Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, ABSP)		
2 : Buntsandsteinbrüche (WARTNER 1983), Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, ABSP		

Tabelle 1/33

Hieracien der trockenen Keupersand-Steinbrüche Bayerns (MEIEROTT 1989, mdl.)

<i>Hieracium bauhini</i>	<i>Hieracium pilosella</i>
<i>Hieracium brachiatum</i>	<i>Hieracium pilosellinum</i>
<i>Hieracium fallacinum</i>	<i>Hieracium piloselloides</i>
<i>Hieracium lachenalii</i>	<i>Hieracium praecox</i>
<i>Hieracium maculatum</i>	<i>Hieracium tauschii</i>
<i>Hieracium murorum</i>	

Tabelle 1/34

Gefährdete, geschützte und regional seltenen Arten in Granitbrüchen

	1	2	3
RL-Status 2			
<i>Galium tricornerutum</i>		+	
<i>Diphysium complanatum s.s.</i>	+		+
<i>Diphysium issleri</i>	+		+
<i>Hieracium zizianum</i>		+	
RL-Status 3			
<i>Montia fontana</i>	+	+	
<i>Centaureum pulchellum</i>		+	
<i>Filago minima</i>		+	
<i>Gypsophila muralis</i>		+	
<i>Huperzia selago</i>			+
<i>Teesdalia nudicaulis</i>			+
<i>Lycopodiella inundata</i>	+		
<i>Antennaria dioica</i>			+
<i>Arnica montana</i>	+		+
<i>Lithospermum arvense</i>			+
<i>Lychnis viscaria</i>	+		+
Regional seltene Arten			
<i>Alopecurus aequalis</i>	+	+	
<i>Centaureum erythraea</i>		+	
<i>Filago arvensis</i>		+	
<i>Hieracium pilosellinum</i>		+	
<i>H. fallacinum</i>		+	
<i>H. tauschii</i>		+	
<i>H. bauhini</i>		+	
<i>Calamagrostis villosa</i>			+
<i>Euphorbia verrucosa</i>	+		
<i>Carex pulicaris</i>			+
<i>Erica carnea</i>			+
Geschützte Arten			
<i>Digitalis grandiflora</i>	+		+
<i>Lycopodium annotinum</i>	+		+
<i>Dianthus deltoides</i>	+		+
1 : BRÄU & LIPSKY (1988, unpubl., für Bayerischen Wald), Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, ABSP			
2 : SCHEUERER (1988, unpubl., für den Scheuchenberg bei Regensburg), Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, ABSP			
3 : WURZEL (1989, mdl., Fichtelgebirge), Bayer. Biotopkartierung, Stand Juni 1989, div. ABSP-Landkreisbände			

Tabelle 1/35

Gefährdete, geschützte und regional seltene Arten in bayerischen Serpentin-Brüchen (VOGEL 1990)

RL-Status 3	
<i>Asplenium adulterinum</i>	<i>Huperzia selago</i>
<i>Asplenium cuneifolium</i>	
Regional seltene Arten	
<i>Genista germanica</i>	<i>Lychnis vulgaris</i>
<i>Polygala chamaebuxus</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>
<i>Alyssum alyssoides</i>	
Geschützte Arten	
<i>Arnica montana</i>	<i>Polystichum lonchitis</i>

Tabelle 1/36

In Landkreis Forchheim in Steinbrüchen festgestellte Tiergruppen (SACHTELEBEN 1990, mdl.)

Tiergruppe	Artenzahl	1	2
Vögel	44	34	9
Amphibien	8	57	2
Reptilien	4	66	2
Libellen	15	37	3
Heuschrecken	21	49	2
Tagfalter	52	52	14

1 : Anteil an der Gesamtzahl der im Landkreis vorkommenden Arten dieser Tiergruppe (%)
2 : Anteil der Arten mit RL-Status (absolut)

aus nur einem Block, gewaltig und nirgends gespalten und nirgends verletzt, es sei denn, wo Felsabstürze entstehen beim Abbau.

Voller Gewalt wird das steinerene Herz des Gebirges behauen.

Keile zerreißen mit großer Kraft den spaltenden Felsen, Teilen ihn ab in verschiedene Klötze und in rohe Quader.

Mit schweren Hämmern zu ebnen sind diese, Zu Steinen der Mauer zu formen durch kundige Hand."

(HESSUS 1532; Übersetzung von v.FREYBERG 1977, verändert)

Wie aus den zitierten Abschnitten hervorgeht, bedeuten Steinbrüche für den Autor eine wertvolle und wichtige Ressource für Baumaterial, ohne das der Städtebau (nicht nur des Mittelalters) nicht denkbar gewesen wäre. Im Bewußtsein dieser Tatsache stellen sich ihm die Steinbrüche - modern gesprochen - nicht als negativer Eingriff dar.

- Auch GRADMANN (1910) äußert sich positiv über Steinbrüche: "ein verlassener Steinbruch (kann) so malerisch wirken [...] wie eine natürliche Felswand, man muß ihn nur der Natur überlassen, die den Abraum schon begrünen wird" (GRADMANN 1910, zit. in WARTNER 1982).
- Doch bereits 1926 fällt in einem Artikel von W. PFEIFFER im Zusammenhang mit der Beschreibung von Steinbrüchen der Begriff von der "häßlichen Wunde im Landschaftsbild" (der sich seither in fast jedem Artikel wiederfindet). PFEIFFER belegt dies anhand von Photographien besonders exponierter Abbaustellen in Baden-Württemberg. Er regt an, Steinbrüche an weniger auffallenden Stellen anzulegen ("am besten im Wald") und empfiehlt gar, Material aus Steinbrüchen, die keine Rücksicht auf Landschaft und Landschaftsbild nehmen, zu boykottieren.
- LINCK verdeutlicht bereits 1956, daß für die Beurteilung eines Steinbruchs der Standpunkt des Betrachters entscheidend ist: "Jeder Steinbruch ist [...] für den Geologen ein Aufschluß, ein Fenster, das Einblick in den Bau und die Geschichte der Erde gewährt. [...] der Land-

schaftsschutz [...] sieht sie im allgemeinen als landschaftsschädigend [...]."

- "Ein Naturdenkmal, von einer besonderen Farbenbuntheit, ist der Schilfsandsteinbruch mit den darüberliegenden Berggipsschichten auf der westlichen Seite des Berges (gemeint ist der Schwanberg - Anm. d. Verf.) [...] die mannigfachen Schichten des Berggipses ergeben ein Farbenspiel von seltener Schönheit", begeistert sich ZWÖSTA (in PAMPUCH 1959).

Schon aus diesen kurzen Zitaten wird deutlich, daß es sehr unterschiedliche Einschätzungen zum Thema "Steinbruch und Landschaftsbild" gibt. Dies ist nicht verwunderlich, da diese Einschätzung Lern- und Sozialisationsprozessen unterliegt und somit also nicht "Ergebnis einer autonomen Entscheidung ist, sondern einer verinnerlichten gesellschaftlichen Norm" (NOHL 1990). Welche Faktoren bestimmen jedoch, was als "schön" und was als "häßlich" empfunden wird? Dazu sollen zunächst der Prozeß und die Ebenen des Wahrnehmens dargestellt werden; die Aufnahme und Verarbeitung des Landschaftsbildes läßt mehrere Ebenen erkennen (nach MINISTER F. UMWELT U. RAUMORDNUNG 1987):

- **Perzeptive Sinnschicht**
Wahrnehmung der gegenständlichen, objektiven Landschaft mit Hilfe der Sinnesorgane und der Rezeptoren
- **Symptomatische Sinnschicht**
Entschlüsselung von Zusammenhängen; dies erfordert i.d.R. Vorkenntnisse über die zu deutenden Zeichen (Erfahrungen). Hier trifft der Satz zu, daß man nur das sieht, was man weiß, z.B. Zusammenhänge zwischen Steinbruch und Baustoffsubstanz oder im speziellen Fall des Solnhofener Plattenkalks, Steinbruch und Lithographie.
- **Symbolische Sinnschicht**
Verknüpfung mit subjektiven Assoziationen. Ein Steinbruch kann beispielsweise als Symbol für von sich selbst überlassener Natur im positiven Sinn, von "Wildnis" stehen.

Dies verdeutlicht, daß sich hinter dem Begriff "Landschaftsbild" sehr viel mehr verbirgt als nur formal-ästhetische Gesichtspunkte. Vielmehr

Tabelle 1/37

Beispiele für qualitätsbestimmende Pflanzengesellschaften (Leitgesellschaften) in Steinbrüchen (Artengemeinschaften bzw. Artengruppen beziehen sich auf die Tab. 1/10, S. 28, bis 1/12, S. 31)

<p>Kalk- u. Dolomitbrüche</p> <ul style="list-style-type: none"> • MELICETUM CILIATAE • CERASTIETUM PUMILI • Artengemeinschaften mit präalpinem, submediterran-mediterranem bzw. mediterranem Verbreitungsschwerpunkt (Artengruppen von <i>Crepis alpestris</i>, <i>Althaea hirsuta</i>) • Assoziationen des CAUCALIDION • Assoziationen des SISYMBRION • Davallseggen- und Pfeifengrasreiche • Initialvegetation
<p>Sandsteinbrüche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artengemeinschaften mit nordischem, nordisch-eurasischem, submediterran-mediterranem oder submediterran-subatlantischem Verbreitungsschwerpunkt (Artengruppen von <i>Cryptogramma crispa</i>, <i>Pyrola rotundifolia</i>, <i>Filago vulgaris</i>, <i>Cornus sanguinea</i>) • Moorinitiale • Zwergbinsengesellschaften und deren Fragmente • Assoziationen des THERO-AIRION • <i>Diphasium issleri</i>
<p>Granitbrüche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Artengemeinschaften mit nordisch, nordisch-kontinentalem, nordisch-eurasischem, nordisch-präalpinem und submediterran-mediterranem Verbreitungsschwerpunkt (Artengruppen von <i>Eriophorum angustifolium</i>, <i>Alopecurus geniculatus</i>, <i>Ranunculus sceleratus</i>, <i>Nardus stricta</i>, <i>Filago arvensis</i>) • Farn-Synusien • Oligo- und mesotrophe Ufergesellschaften • Sekundäre Schwinggrasen • Amphibische Gesellschaften und Gesellschaften wechselfeuchter/-nasser Standorte wie das RANUNCULETUM SCELERATI • Erlenbruchwaldähnliche Bestände und sekundäre Erlenbruchwälder • <i>Diphasium issleri</i> • Magerrasen-Fragmente
<p>Basalt- u. Diabasbrüche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assoziationen des THERO-AIRION • Orchideenreiche Initialgesellschaften • Zwergbinsengesellschaften • Moos- und Farnsynusien
<p>Serpentinbrüche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Serpentinfarn-Gesellschaften

fließen auf anderen Ebenen funktionale und assoziative Zusammenhänge mit ein.

Es ist somit nicht ausreichend, sich bei der Bewertung - in diesem Falle des Landschaftsbildes - auf einen formal-ästhetischen Standpunkt zurückzuziehen. Doch auch noch in der neueren Literatur finden sich Ansätze, die sich eine rein formal-ästhetische Bewertung zu eigen machen. Es ist nicht auszuschließen, daß es sich dabei um ein Symptom für ein extrem ausgeprägtes Ordnungsdenken handelt. GERMAN fordert in diesem Sinn sehr bezeichnend: "[wir haben] heute die Verpflichtung, auch unseren

Nachkommen eine gesunde, harmonische und gepflegte Landschaft zu hinterlassen bzw. nach unumgänglichen Veränderungen diese wieder ordentlich hervorheben" (GERMAN 1975, Hervorhebung durch die Verf.). Hinter dieser Forderung verbergen sich Maßnahmen wie "landschaftsgerechte Auffüllung" oder "landschaftschirurgische Maßnahmen", da nach Meinung des Autors natürlicher Pflanzenwuchs auf ehemaligen Materialentnahmestellen "höchstens ein Notbehelf" (ebd.) sei. WARTNER (1982) kommentiert treffend: "So nivelliert man vorhandene Vielfalt in Grund und Boden."

Welche konkreten Faktoren machen gerade aufgelassene Steinbrüche interessant und attraktiv?

- Kleine Brüche vermitteln eine ausgeprägte Raumwahrnehmung. Diese kommt zustande, wenn die Wandhöhe mindestens 1/3 - 1/6 des Steinbruchdurchmessers beträgt (WEYMANN et al. 1988). Durch konkave Abgrabungsformen entsteht als weitere "Attraktion" häufig eine Raumwirkung, wie sie aus griechischen Theatern vertraut ist.
- Die Strukturen in aufgelassenen Brüchen wechseln kleinflächig. Für das Auge entsteht so eine hohe Reizdichte. Daher läßt sich die Fläche meist nicht auf "einen Blick" erfassen. Dies stachelt die Neugier an und regt dazu an, die Fläche weiter zu erkunden.
- Viele aufgelassene Steinbrüche besitzen Wasserflächen in unterschiedlicher Größe. NOHL (in StMELF 1987) konnte in seinen Befragungen feststellen, daß Wasserflächen beinahe "automatisch" zu einer größeren Wertschätzung eines Landschaftsausschnittes führen.

Abbaustellen geraten -nicht zuletzt, weil die Durchschnittsgröße der Abbaustellen seit etwa 1960 ständig zunimmt- sehr leicht ins Zentrum der Kritik. Die Abbau- und Rekultivierungszeiträume von teilweise 60 Jahren und mehr sind nur noch sehr schwer überblickbar und tragen nicht dazu bei, Ressentiments abzubauen. Auch die Maßnahmen der Landschaftspflege zur Verringerung des optischen Störeffekts können angesichts der ausgewiesenen Flächen von nicht selten 60 - 100ha darüber nicht hinwegtäuschen.

Der Akzeptanz von in Betrieb befindlichen Großanlagen sind also deutliche Grenzen gesetzt. Dagegen fällt es relativ leicht, sich in bezug auf aufgelassene Steinbrüche von dem Begriff der "Wunde in der Landschaft" zu lösen (speziell mit dem Wissen, daß es sich dabei um Rückzugsräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten handelt). Dazu könnte auch eine gezielte Aufklärung beitragen, die sowohl die symptomatische als auch die symbolische Sinnerfahrung anspricht. Statt mit großem Aufwand Steinbrüche "landschaftschirurgisch" (GERMAN 1975) an die Umgebung anzupassen, sollte durch verstärkte Aufklärung darauf hingewirkt werden, die Akzeptanz von Steinbrüchen zu erhöhen.

1.8.4 Erd- und Heimatgeschichte

Neben natürlichen Felswänden stellen Steinbrüche die einzigen flächigen Aufschlüsse von Festgesteinen dar, die Einblicke in das erdgeschichtliche Geschehen geben. Die Geowissenschaften profitieren in mehrfacher Hinsicht von diesen künstlichen Aufschlüssen (LEITZ 1990, mdl.):

- Die geologische Kartierung stützt sich in großen Teilen auf Informationen, die durch Steinbrüche erschlossen werden. Die geologische Karte beruht auf der flächigen Interpolation der punktuell erhobenen Daten. Wie in anderen Wissenschaften auch muß es aus Aspekten der Nachprüfbarkeit angelegen sein, nicht nur geologische

Schlüsselstellen, sondern einen großen Teil der Aufschlüsse zu bewahren und zugänglich zu erhalten.

- Flächige Aufschlüsse dienen der Aus-, Fort- und Weiterbildung. Riffbildungen, Transgressionen, Faltungen u.a.m. lassen sich vor Ort erleben und nachvollziehen. Steinbrüche sind für Geologen Bildungsstätten, für die kein Ersatz geschaffen werden kann.
- Nach wie vor warten eine Reihe von Phänomenen, deren Manifestation sich in Steinbrüchen besichtigen läßt, auf ihre Aufklärung. Hier liegt der Schlüssel zu neuen Erkenntnissen über die Erdgeschichte.

Neben der Geologie profitieren auch Palaeobotanik und -zoologie und liefern wesentliche Erkenntnisse über das Leben in vorgeschichtlicher Zeit. Neben zahlreichen anderen Funden sei an dieser Stelle auf die spektakuläre Entdeckung des Archaeopteryx in den Plattenkalkbrüchen von Solnhofen und Pappenheim verwiesen, jenem "missing link" in der Entwicklungsgeschichte vom Reptil zum Vogel. Die Bedeutung des Fundes weist über palaeozoologische Grenzen hinaus, konnte doch auf diese Weise die Evidenz der Darwin'schen Evolutionstheorie, auf die sich unser heutiges Weltbild stützt, unterstrichen werden.

Aus der Sicht von TRUNKO & FREY (1983) sollten daher Steinbrüche, die

- charakteristische Schichtfolgen zeigen;
- bedeutende Fossilfundstellen darstellen;
- bedeutende Aufschlüsse für Forschung und Lehre darstellen;
- Spuren tektonischer Bewegung verdeutlichen.

als flächige Naturdenkmale unter Schutz gestellt werden. SÖHNGEN (1976) weist auf einen zusätzlichen, kulturell-technischen Aspekt hin: Manche Steinbrüche stellen aufgrund der in ihnen angewandten Abbaumethode ein kulturelles Denkmal dar. Ein Beispiel dafür ist der (noch in Betrieb befindliche) Kalktuffbruch einer Firma bei Polling: hier werden in Handarbeit und mit Geräten, die annähernd ein halbes Jahrhundert alt sind (GEIGER 1989, mdl.), Kalktuffplatten gebrochen und bearbeitet.

Neben der Bedeutung für Geologie und Paläowissenschaften ist auch die heimatgeschichtliche Bedeutung vieler Steinbrüche nicht zu unterschätzen. Aus einem Steinbruch entstanden Häuser, Burgen, ganze Städte. Das anstehende Gestein nahm unmittelbar Einfluß auf Hausbau und -konstruktion, auf die Dorf- und Stadtlandschaft. Dies ist heute noch vor allem in weiten Teilen Frankens sehr gut nachvollziehbar. Durch die Aufgabe von Steinbrüchen (v.a. Keuper- und Buntsandstein), die im regionalen oder auch nur örtlichen Kontext eine bedeutende Rolle gespielt haben, steht die Baudenkmalpflege heute oft vor dem Problem, daß die entsprechenden Steinqualitäten für eine Restaurierung nicht mehr oder nur unter erschwerten Bedingungen zu beschaffen sind (REUTER 1989, mdl.).

Für den Bau verwendbare Steine bildeten außerdem einen natürlichen Reichtum. Besondere Steinqualitäten wurden - meist auf dem Wasserweg - über große Entfernungen transportiert. Der Stephansdom in Wien ist dafür ein eindrucksvolles Beispiel: das Baumaterial stammt aus den Grünsandsteinbrüchen bei Regensburg. Die Liste der unter Schutz zu stellenden Steinbrüche von TRUNKO & FREY (1983, s.o.) müßte also zumindest um das Kriterium "heimatgeschichtlich bedeutende Steinbrüche" ergänzt werden.

1.9 Bewertung einzelner Flächen

Ein theoretischer Ansatz, der darauf abzielt, ein bayernweit gültiges Bewertungsschema für alle Steinbrüche zu liefern, muß zwangsläufig scheitern. Wie vor allem aus den Kapiteln 1.4 (S. 23) und 1.7.1 (S. 70) hervorgeht, sind Pflanzenwelt und Standortbedingungen der Brüche mit unterschiedlichen Ausgangsmaterialien nicht zu vergleichen. Allenfalls für die Tierwelt lassen sich grob gefaßte Qualitätskriterien ableiten. Ein Vergleich und gegenseitiges Aufrechnen des pflanzlichen Inventars unterschiedlicher Brüche kommt dagegen nicht in Frage. Eine Bewertung darf höchstens auf der Basis von Brüchen desselben Ausgangsmaterials - also naturraumspezifisch - erfolgen. Um dies in einer befriedigenden Weise durchzuführen, fehlt zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch das Datenmaterial. Zum einen erfolgten die faunistischen Beobachtungen im Rahmen der Biotopkartierung relativ unsystematisch, da deren Hauptintention vor allem in der floristischen/vegetationskundlichen Erfassung liegt. Dies führte vermutlich auch dazu, daß Steinbrüche, die zwar von der Fauna her als interessant zu werten gewesen wären, floristisch aber wenig "zu bieten" hatten, in der Biotopkartierung nicht als schützenswerte Biotope auftauchen. Zum anderen existieren Untersuchungen, die das Manko haben, sich nur mit wenigen Tiergruppen oder nur mit einem kleinen Landschaftsausschnitt zu beschäftigen. Die Informationsbasis ist für die Vegetation im allgemeinen besser, läßt sich jedoch ebenfalls nicht als befriedigend bezeichnen. Während ein Hindernis für die Bewertung also mit dem Stichwort "Informationsdefizit" umschrieben werden kann, liegt in der Bewertung noch genutzter oder gerade aufgelassener Brüche ein weiteres Problem. Wie können die Potentiale, die mögliche Entwicklung des biotischen Inventars, in eine Bewertung einfließen? Während die Argumentation für den Naturschutz bei länger aufgelassenen Steinbrüchen, d.h. bei vorhandener floristischer und faunistischer Artenausstattung, verhältnismäßig einfach ist, fällt die Begründung naturschutzfachlichen Interesses angesichts (noch) fehlender Artenausstattung schwer.

Warum dann überhaupt ein Bewertungsversuch? Zum einen lassen sich anhand des Artenrückgangs und der Artenverluste tatsächlich unterschiedliche Dringlichkeiten definieren, zum anderen sind die Pflegemittel begrenzt, so daß sie dort einzusetzen sind, wo sie am effektivsten zum Tragen kommen.

Der im folgenden unternommene Versuch, Bewertungskriterien aufzustellen, hat angesichts der aufgezählten Einschränkungen nur vorläufigen Charakter. Die Angabe der Tierarten und Pflanzengesellschaften spiegelt den Stand des heutigen Wissens wieder. Eine weitere Detaillierung und Regionalisierung der Artenlisten auf Basis der Landkreisebände des ABSP ist unumgänglich.

An dieser Stelle ist noch ein kurzer Exkurs nötig. Möglicherweise fällt auf, daß der Faktor "Entwicklungszeitraum", der bei anderen Biotoptypen als charakteristischer und aussagekräftiger Parameter zur Bewertung herangezogen wird, im folgenden nicht auftaucht. Dies geschieht aus drei Überlegungen heraus:

- Bei einer Einbeziehung des Zeitfaktors z.B. beim Vergleich eines vor längerem aus dem Betrieb genommenen Bruchs (etwa in landwirtschaftlich intensiv genutzter Umgebung) mit einem Bruch, der sich gerade in der Stilllegungsphase befindet (und an extensive Standorte angrenzt), würde sich die Waagschale unwillkürlich zu ersterem neigen (da sich ja möglicherweise schon Arten angesiedelt haben). Das **Potential** des zweiten Bruchs bliebe damit bei der Bewertung unberücksichtigt, auch dann, wenn dieses - wie in diesem Fall - aufgrund der Lage in Benachbarung von Extensivstandorten höher zu bewerten wäre als das Potential des isoliert gelegenen Bruchs.
- Zum zweiten sind es gerade frühe Sukzessionsstadien, die eine Reihe von Brüchen zu Rückzugsräumen gefährdeter Arten machen. Die Orientierung am "Qualitäts"-Kriterium "Alter" könnte sich aus der Sicht des Natur- und Artenschutzes in diesem Fall schnell als Schlag ins Wasser erweisen.
- Brüche mit hohem Anteil an Rohbodenflächen (häufig erst seit kurzem aufgelassen) und stark bewachsene Brüche können eine hohe Bedeutung für ganz unterschiedliche Arten erlangen. Das kann jedoch nicht gegeneinander aufgerechnet werden.

1.9.1 Bewertungskriterien Tierwelt

Eine Reihe von Arten hat ihren Verbreitungsschwerpunkt oder zumindest einen wesentlichen Siedlungsbereich - bayernweit oder auf regionaler Ebene - in Steinbrüchen. Ihr Vorkommen oder Nicht-Vorkommen stellt einen wesentlichen Teilaspekt für die Bewertung von Steinbrüchen dar. Nicht auszuschließen ist, daß sich die Bewertung von Steinbruchbiotopen ausschließlich anhand der beschriebenen Kriterien in manchen Fällen als ein zu weitmaschiges Sieb erweisen könnte. Als - wenn auch untergeordnetes - Bewertungsmerkmal kann auch das Vorkommen von überdurchschnittlich vielen Arten einer Ordnung in einem Steinbruch (z.B. Libellen) herangezogen werden.

Insgesamt lassen sich drei Kategorien (vgl. Kap.1.8.1.2, S. 75) definieren, die im folgenden

Tabelle 1/38

Arten, bei denen ein wesentlicher Teil der Population bayernweit in Steinbrüchen zu finden ist
(Arten der Kategorie 1)

Geburtshelferkröte #	<i>Alytes obstetricans</i>
Wanderfalke +	<i>Falco peregrinus</i>
Apollofalter #	<i>Parnassius apollo</i>
Uhu +	<i>Bubo bubo</i>
Rotflügelige Ödlandschrecke #	<i>Oedipoda germanica</i>
Berghexe #	<i>Chazara briseis</i>
#: bayernweit Leitart	
+: bayernweit Schlüsselart	

genauer erläutert sind. Gleichzeitig erfolgt die Zuweisung zum Status "Leitart" oder "Schlüsselart". Unter beiden Termini sind seltene Arten zu verstehen, die eine Umstellung der Standardpflege auf eine artbezogene Spezialpflege notwendig machen.

Leitarten sind im Unterschied zu Schlüsselarten weniger vagil. Dementsprechend können sie definiert werden als

- stenotope Kulturflüchter mit geringer Migrationsfähigkeit sowie vom Aussterben bedrohte und stark gefährdete Pionierarten; meist nur (noch) regional verbreitete, stark gefährdete Arten, für deren Erhaltung bayernweit Habitats in Steinbrüchen ausschlaggebend sind (Apollofalter, Berghexe, Geburtshelferkröte, Rotflügelige Ödlandschrecke)

Bei Schlüsselarten handelt es sich dagegen um

- stark gefährdete und gefährdete, doch vagile Arten, für die Steinbrüche bayernweit Schlüsselhabitats darstellen (z.B. Wanderfalke, Uhu, Steinschmätzer).

Arten der Kategorie 1

Arten, bei denen ein wesentlicher Teil der Population bayernweit in Steinbrüchen zu finden ist (vgl. Kap.1.8.1.2, S. 75 und Tab. 1/38, S. 85).

Arten der Kategorie 2

Steinbruchtypische Arten, bei denen ein wesentlicher Teil der Population regional oder zumindest landkreisweit auf Steinbrüche angewiesen ist oder bei denen Steinbrüche regional oder landkreisweit die vitalsten und größten Populationen beheimaten (Tab. 1/39, S. 86).

Arten der Kategorie 3

Arten, die primär in anderen Biotoptypen anzutreffen sind, für die der Steinbruch aber ein wesentliches Rückzugsareal darstellt (Tab. 1/39, S. 86). Aufgenommen wurden in diese Kategorie überwiegend Arten, die stark im Rückgang begriffen sind.

1.9.2 Bewertungskriterien Pflanzenwelt

- Vorhandensein von seltenen Pflanzengesellschaften (meist nur auf regionaler Ebene zu definieren, vgl. Tab.1/37, S. 82).
- Vorhandensein seltener Einzelarten (siehe "Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen Bayerns" 1986 bzw. die Artenlisten im Kap. 1.8.1.1, Tab. 1/29 bis Tab. 1/35).

1.9.3 Bewertungskriterien Lage und Größe

- Räumlich konzentrierte Vorkommen von Abbaustellen, d.h. zahlreiche Brüche in mehr oder weniger engem räumlichen Zusammenhang können nach Maßgabe der örtlichen Verhältnisse naturschutzfachlich wertvoller sein als zerstreute Vorkommen, diese wiederum höher als vereinzelte Vorkommen. Dieser Bewertung liegen einerseits inselgeographische Aspekte zugrunde (Kap.2.5), zum anderen die Annahme, daß bei räumlicher Benachbarung der Abbaustellen die Auswirkung von Eingriffen (Verfüllung, Deponienutzung, sonstige Störeinflüsse) in einen Bruch durch die benachbarten Brüche zumindest teilweise aufgefangen werden können. Bei vereinzelt gelegenen Abbaustellen ist dagegen eher damit zu rechnen, daß eine Beeinträchtigung für die Lebensgemeinschaften katastrophale Auswirkungen zeitigt, die nicht kompensiert werden können.
- Steinbruchgröße und Entfernung zum nächsten potentiellen Lieferbiotop sind bei der Bewertung ebenfalls zu berücksichtigen. Je weiter ein potentieller Lieferbiotop entfernt ist, desto geringer ist i.d.R. der Wert eines Steinbruchs für den Arten- und Biotopschutz. Bei einer direkten Benachbarung zu extensiv genutztem landwirtschaftlichem Gelände spielt die Größe dagegen eine untergeordnete Rolle (vgl. Kap.2.5).
- Weiterhin sollten Abbaustellen besonders beachtet werden, deren Ausgangsgestein im Bodenchemismus deutlich von der Umgebung abweicht (z.B. Marmor- oder Basaltvorkommen im Grundgebirge, silikatreiches Gestein wie Suevit auf der Fränkischen Alb). In ihnen finden sich nicht selten isolierte, doch überlebensfähige

Tabelle 1/39

In Steinbrüchen beobachtete Arten; Zusammenstellung nach Landkreisen differenziert (aufgeführt wurden Landkreise, von denen ausreichend Informationsmaterial vorlag und in denen in nennenswertem Maß Steinbrüche vorkommen). Kategorie 2: Steinbruchtypische Arten, bei denen ein wesentlicher Teil der Population regional oder zumindest landkreisweit auf Steinbrüche angewiesen ist oder bei denen Steinbrüche regional oder landkreisweit die vitalsten und größten Populationen beheimaten. Kategorie 3: Arten, die primär in anderen Biotypen anzutreffen sind, für die der Steinbruch aber ein wesentliches Rückzugsareal darstellt; aufgenommen wurden in diese Kategorie überwiegend Arten, die stark im Rückzug begriffen sind.

Unterfranken		
NES	K3	Kreuzotter (<i>Vipera berus</i>)
MSP	K2	Kammolch (<i>Triturus cristatus</i>)
HAS	K2	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>) Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>)
	K3	Heidelerche (<i>Lullula arborea</i>) <i>Nymphalis polychloros</i> <i>Halictus tricinctus</i> Kammolch (<i>Triturus cristatus</i>) Südl. Blaupfeil (<i>Orthetrum brunneum</i>) Kl. Pechlibelle (<i>Ischnura pumilio</i>)
MIL	K3	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>) # Kammolch (<i>Triturus cristatus</i>) Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) Blauf. Ödlandschrecke (<i>Oedipoda caerulescens</i>) #
SW	K3	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>)
WÜ	K2	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>) # Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>) # Südl. Blaupfeil (<i>Orthetrum brunneum</i>)
	K3	Heidelerche (<i>Lullula arborea</i>) Brachpieper (<i>Authus campestris</i>) # Zippammer (<i>Emberiza cia</i>) Wiedehopf (<i>Upupa epops</i>) # Wendehals (<i>Jynx torquilla</i>) # Gestreifte Zartschrecke (<i>Leptophyes albovittata</i>) # Plumpschrecke (<i>Isophya pyrenaea</i>) # Gemeine Sichelschrecke (<i>Phaneroptera falcata</i>) #
Mittelfranken		
ERH	K2	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) #
	K3	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) # Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>)
FÜ	K3	Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>)
LAU	K2	Heidelerche (<i>Lullula arborea</i>) Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>)
NEA	K3	Neuntöter (<i>Lanius collurio</i>)
# : Status im Landkreis in bezug auf Steinbrüche nicht völlig geklärt, oder die Aussagen des ABSP beziehen sich auf Abbaustellen im allgemeinen		

Fortsetzung Mittelfranken		
WUG	K2	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) <i>Micaria dives</i>
	K3	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Segelfalter (<i>Iphiclides podalirius</i>) Dukatenfalter (<i>Heodes virgaureae</i>) <i>Myrmica sabuleti</i>
Oberfranken		
BA	K3	(<i>Bombus pomorum</i>) Kl. Granatauge (<i>Erythromma viridulum</i>)
BT	K2	Speer-Azurjungfer (<i>Coenagrion hastulatum</i>) # Glänzende Binsenjungfer (<i>Lestes dryas</i>) # Schwarze Heidelibelle (<i>Sympetrum danae</i>) #
	K3	Kreuzotter (<i>Vipera berus</i>) Kl. Pechlibelle (<i>Ischnura pumilio</i>) #
FO	K2	Berglaubsänger (<i>Phylloscopus bonelli</i>) Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) <i>Platydeis albopunctata</i>
	K3	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>) Blaukehlchen (<i>Luscinia svecia</i>) Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>) Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>)
HO	K2	<i>Zelotes puritanus</i> <i>Euophris thorelli</i>
KC	K2	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) Knoblauchkröte (<i>Helobates fuscus</i>) Speer-Azurjungfer (<i>Coenagrion hastulatum</i>) # Glänzende Binsenjungfer (<i>Lestes dryas</i>) # Kl. Moosjungfer (<i>Leucorrhinia dubia</i>) # Torf-Mosaikjungfer (<i>Aeshna juncea</i>) # Kl. Binsenjungfer (<i>Lestes virens</i>) #
	K3	<i>Mythimna sicula</i> Kl. Pechlibelle (<i>Ischnura pumilio</i>) #
KU	K2	Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>) #
WUN	K2	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>) # Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>) # Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Knoblauchkröte (<i>Helobates fuscus</i>) # Kl. Binsenjungfer (<i>Lestes virens</i>) Kl. Moosjungfer (<i>Leucorrhinia dubia</i>) Kl. Pechlibelle (<i>Ischnura pumilio</i>) Südl. Binsenjungfer (<i>Lestes barbarus</i>) Torf-Mosaikjungfer (<i>Aeshna juncea</i>) Schwarze Heidelibelle (<i>Sympetrum danae</i>) Glänzende Binsenjungfer (<i>Lestes dryas</i>) Segelfalter (<i>Iphiclides podalirius</i>)
# : Status im Landkreis in bezug auf Steinbrüche nicht völlig geklärt, oder die Aussagen beziehen sich auf Abbaustellen im allgemeinen		

Fortsetzung Oberfranken		
	K3	Auerhuhn (<i>Tetrao gallus</i>) Kreuzotter (<i>Vipera berus</i>) <i>Myrmica sabuleti</i>
Oberpfalz		
CHA	K2	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Kreuzotter (<i>Vipera berus</i>) Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>) Segelfalter (<i>Iphiclides podalirius</i>) #
NM	K2	Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>)
NEW	K3	Mopsfledermaus (<i>Barbastella barbastellus</i>) Nord. Fledermaus (<i>Eptesicus nilssonii</i>) Gr. Mausohr (<i>Myotis myotis</i>) Fransenfledermaus (<i>Myotis nattereri</i>)
R	K2	Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>) # Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Segelfalter (<i>Iphiclides podalirius</i>) #
TIR	K2	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) Flußregenpfeifer (<i>Charadrius dubius</i>)
Niederbayern		
REG	K2	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>)
FRG	K2	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>)
	K3	Hautflügler allg. Libellen allg.
KEH	K2	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>)
Oberbayern		
EI	K2	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>) Glänzende Binsenjungfer (<i>Lestes dryas</i>)
	K3	Kl. Pechlibelle (<i>Ischnura pumilio</i>) Südl. Blaupfeil (<i>Orthetrum brunneum</i>)
ND	K2	Schlingnatter (<i>Coronella austriaca austr.</i>)
	K3	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>)
Schwaben		
DLG	K2	Gelbbauchunke (<i>Bombina variegata</i>) Kammolch (<i>Triturus cristatus</i>)
	K3	Kreuzkröte (<i>Bufo calamita</i>)
DON	K2	Kammolch (<i>Triturus cristatus</i>)
# : Status im Landkreis in bezug auf Steinbrüche nicht völlig geklärt, oder die Aussagen beziehen sich auf Abbaustellen im allgemeinen		

Populationen von Arten, die in der Umgebung aufgrund andersartiger Standortbedingungen fehlen (z.B. Segelfalter und Wiesen-Salbei in Urkalk- und Basaltbrüchen des Fichtelgebirgs-vorlandes) und daher als regional selten eingestuft werden müssen.

Ein wichtiges Kriterium für die naturschutzfachliche Bewertung von Steinbrüchen ist ferner das Maß der Beeinträchtigung durch noch vorhandene Abbautätigkeit oder durch sonstige Nutzer (z.B. Erholungsuchende, Kletterer etc.)

1.10 Gefährdungssituation

Kap. 1.10.1 (S. 89) behandelt die Gefährdung wertvoller Biotope durch den Abbau von Festgesteinen, Kap.1.10.2 (S. 90) die Gefährdung von Biotopen in (aufgelassenen) Steinbrüchen durch verschiedene Nachnutzungen und Folgefunktionen.

1.10.1 Gefährdung von wertvollen Biotopen durch Abbau

Obwohl die Abbaugesamtfläche sowie deren jährlicher Zuwachs im Gegensatz zu anderen flächengebundenen Maßnahmen insgesamt bescheiden anmutet (in Bayern beträgt der jährliche Zuwachs der Abbauflächen etwa 700ha, davon entfallen etwa 10% auf den Abbau von Festgesteinen-DINGETHAL 1982, REITER 1989, mdl.), ist das Konfliktpotential mit dem Arten- und Biotopschutz beträchtlich. Dies liegt vor allem daran, daß der Gesteinsabbau vor allem dort effektiv und lohnenswert ist, wo das abzubauen Gestein (fast) unmittelbar an die Erdoberfläche tritt. Dies sind jedoch zugleich auch Standorte, deren Flachgründigkeit und geringe Produktivität bis heute der landwirtschaftlichen Intensivierung (z.T. auch der Aufforstung) entgegenstanden. Diese Standorte konnten - wenn überhaupt - nur auf sehr extensive Weise bewirtschaftet werden, so daß sich - wie z.B. auf Felsköpfen - eine hochgradig spezialisierte Flora, auf beweideten Kalkmagerrasen eine außerordentlich artenreiche Vegetation mit zahlreichen, heute stark gefährdeten Arten entwickeln konnte. Häufig sind es biogeographisch außerordentlich bedeutsame Relikt- und Vorposten-, ja sogar Endemiten-Standorte. Der Konflikt zwischen lohnendem Abbau und Arten- und Biotopschutz ist also bereits in vielen Fällen vorprogrammiert, ja unausweichlich.

Besonders betroffen sind xerotherme Talflanken- und Traufstandorte, so etwa Wellenkalkheiden im Maintal zwischen Ochsenfurt und Karlstadt, Jura-Donautalränder zwischen Donauwörth und Regensburg, Silikattrockenrasen (Donau- und Regenleiten/R, SR, DEG, Diabasabstürze/KUL, HO, KC) und wärmeliebende Eichen-Trockenwälder (z.B. unteres Naabtal/R).

Aber auch die an Steiflanken von der forstlichen Intensivierung verschont gebliebenen naturnahen Laub- und Mischwaldreste wurden und werden verschiedentlich in den Abbau einbezogen (z.B. Köchelwälder im Murnauer Moos/GAP, Schratten- und

Wettersteinkalkbrüche bei Nußdorf/RO, Vogelflug/TS, Fischbachau/MB, Tiefenbach/OAL, Rohrmoos/OAL). Dem selektiven Abbau (relativ) seltener Inselgesteine fallen in der Regel auch spezifische, von der Umgebung abweichende Pflanzenbestände zum Opfer: z.B. helvetische Quarzite und Sandsteine bei Burgberg/OAL, Ohlstadt/GAP, Serpentinlinsen am Rand der Münchberger Gneismasse (HO, KUL) und in der nördlichen Oberpfalz (SAD, NEW, TIR), bodenbasierte Basalt-, Amphibolit-, Kalkschiefer- oder Urkalkgänge innerhalb von Buntsandstein- oder Silikatgebirgen (Fichtelgebirge, Fränkische Linie, Passauer Wald, Haßberge, Rhönvorland usw.), bodensaure granitische Auswurfmassen und Suevite in der Riesperipherie (DON, DIL), karbonatreiche Dolomitarkose im Keupersandsteingebiet (N, ERH, FÜ, NEA) oder extrem nährstoffarme Quarzstandorte im mäßig nährstoffreichen Gneisgebiet (Nebenpfähle im Passauer Wald, Hauptpfahl).

Ein frühes Beispiel für diesen Konflikt stellt die Wojaleite dar, deren typische Serpentinvegetation - in Bayern eine Seltenheit - durch den voranschreitenden Abbau bedroht war. Der Abbau auf diesem Standort konnte erst durch die Unterschutzstellung der Leite gestoppt werden, nachdem bereits über die Hälfte des ursprünglichen Standortes zerstört worden war (GAUCKLER 1954, SULKE 1969, zit. in WARTNER 1982, VOGEL 1990). Auch in Schwarzenbach an der Saale, am Galgenberg bei Winklarn sowie am Haarbühl bei Voggendorf sind die ehemals beschriebenen Serpentinfauna-Vorkommen durch den Steinbruchbetrieb völlig zerstört worden (MERGENTHALER 1966 und LUERSSSEN 1889 in VOGEL 1990, VOGEL 1990). Bei insgesamt nur 20 bekannten Vorkommen der Serpentinfauna-Gesellschaft in Bayern stellt dies einen eklatanten Verlust dar.

Gefährdungen für wertvolle Biotope bestehen jedoch nicht nur durch die unmittelbare Vernichtung, sondern auch durch Beeinträchtigungen aus dem Abbaubetrieb (Stäube, Lärm, Abwasser). SCHOLL (1989, briefl.) führt hierzu aus: "Generell wird und wurde der Gipsabbau bis an die NSG-Grenzen herangetrieben [...], wobei Beeinflussungen, respektive Schädigungen des Naturschutzgebietes durch Stäube und andere Emissionen mit Sicherheit angenommen werden können." BOHN (1981) berichtet aus der Rhön: "Durch den Abbau von Basalt, in den Hanglagen auch von Muschelkalk, wurde vielerorts die ursprüngliche Geländeform und damit mancher besondere Pflanzenstandort wie Bergkuppen, Blockmeere und flachgründige Hänge mit Trockenheit ertragenden Wäldern, Gebüsch und Rasen irreversibel zerstört [...] Größere Beeinträchtigungen der angrenzenden besonders schutzwürdigen Bereiche sind [...] noch durch die Ausweitung des Betriebs am Bauersberg zu befürchten" (ebd.).

Durch Sprengung, Zerkleinerung und Umlagerung des Gesteins entstehende Stäube wirken sich in der Regel nicht auf den (Boden-) Chemismus ihrer Umgebung aus (es sei denn, die Umgebung weicht bezüglich des Bodenchemismus deutlich vom Immissionsmaterial ab: ETHERINGTON (1978) ver-

weist auf deutliche Veränderungen des Bodenchemismus in einem oberflächlich entkalkten Boden, die nachweislich auf Kalkstaubeinträge aus einem nahen Kalkbruch zurückzuführen sind. Veränderungen der Vegetationszusammensetzung waren die Folge, doch kann möglicherweise die Nährstoffsituation beeinflusst werden. Gravierender sind Staubablagerungen auf Pflanzen und Pflanzenteilen, die nicht nur zu verminderter Vitalität führen (MANNING 1971), sondern auch ihre Attraktivität als Futterpflanzen (z.B. für Schmetterlingsraupen) deutlich herabsetzen können (KRÜGER et al. 1986).

Weitere Auswirkungen können sein:

- Verringerung des Lebensraumes oder potentiellen Lebensraumes durch Verkleinerung der zur Verfügung stehenden Fläche (Flächenentzug für Habitatfunktionen).
- Unterbrechung der funktionellen Beziehungen zwischen Teilflächen, die entweder im räumlichen (als Biotopverbundelemente) oder zeitlichen Kontext (Teilhabitats, Sommerlebensräume u.ä.) eine Bedeutung für die Vernetzung innehatten, durch Entzug eines (potentiellen) Trittsteins.
- Erhöhung des Verinselungsgrades benachbarter Flächen (Steinbruch als Hindernis). Die Zunahme der Verinselung läßt sich am Beispiel des NSG "Keilsteiner Hang" belegen (ABSP Landkreisband Regensburg).
- Zerschneidungseffekte durch Straßenneu- oder -ausbauten, die durch den Verkehr von und zum Steinbruch nötig werden (Isolierung von Teilpopulationen und Teilflächen).
- Veränderung der Faktoren Interzeption (ein Teil des Niederschlagswassers wird von der Baum-, Strauch- und Krautschicht abgefangen, verdunstet dort und dringt nicht in den Boden ein), Transpiration (aktive Abgabe von Wasserdampf an die Luft durch die Pflanzen) und Retention (Rückhaltung des Niederschlagswassers im Boden). Dies ist gleichbedeutend mit einer Veränderung des Wasserhaushalts. Diese kann sich nicht nur auf der (zukünftigen) Steinbruchfläche selbst auswirken, sondern auch angrenzende Flächen betreffen, insbesondere dann, wenn der Steinbruch auf einer Kuppe oder am Hang liegt. Die unterhalb liegenden Flächen werden vom Hangwasserstrom abgeschnitten (GILCHER 1991, unpubl.).
- Erhöhter Niederschlagsabfluß innerhalb kürzerer Zeit, der zum nächsten Vorfluter abgepumpt oder abgeleitet werden muß (Beitrag zur Bildung von Hochwasserspitzen).
- Veränderung des Geländeklimas auf der Abgrabungsfläche. Dabei sind sowohl Temperatur als auch Luftfeuchtigkeit betroffen, wobei die Exposition des Steinbruchs eine entscheidende Rolle spielt. In mehr oder minder starkem Maße werden sich die Temperaturextreme verstärken und die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit erniedrigen.

1.10.2 Gefährdung von wertvollen Abbaubiotopen durch konkurrierende Nutzungsansprüche

"Das Interesse des planenden Menschen an nicht mehr bewirtschafteten Abgrabungsgeländen hat eine dreifache Quelle. Zum einen sind es landschaftsästhetische Vorstellungen, die aus einer bestimmten Werthaltung erwachsen: Erdaufschlüsse sind nach weitverbreiteter Ansicht eo ipso Landschaftsschäden, "Wunden in der Landschaft", die es zu sanieren gilt. [...] Zum zweiten ist es das Interesse der Landeigentümer, deren zumeist land- oder forstwirtschaftlich genutzte Flächen von der Abgrabung betroffen sind, diese [...] nach vorausgegangener technischer Herrichtung wieder im herkömmlichen Sinne nutzbar zu machen. Schließlich gibt es unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen, deren Interesse sich auf bestimmte Strukturen der Gruben richtet, etwa auf die Wasserflächen (Nutzung: Badebetrieb, Camping, Boots- und Angelsport, Wasserwirtschaft), das Planum vieler Abgrabungen [...], Steinbruchwände [...] u.a." (FELDMANN 1987).

Gerade in diesem Zusammenhang kommen Rekultivierungsmaßnahmen in großem Umfang zum Einsatz. Dazu DARMER (zit. in FELDMANN 1987): "Mit wachsendem Umfang oberflächiger bergbaulicher Eingriffe in die nutzbare Erdrinde [...] wird das naturbedingte Wirkungsgefüge und das sozialräumliche Leistungsvermögen der betroffenen Teillandschaften zeitweilig reduziert, verschlechtert oder zerstört. Solche Eingriffe wirken sich nach Form, Ausdehnung und zeitlichem Ablauf in verschiedenem Grade abträglich auf Lebens- und Produktionsbedingungen, das Erscheinungsbild und den Erholungswert des Tagebaugesbietes aus und müssen auf dem Weg sorgfältiger Rekultivierung wieder gut gemacht werden". FELDMANN kommentiert: "**Die Erkenntnis, daß Abgrabungen wertvolle sekundäre Lebensräume darstellen können, daß Rekultivierungen im oben verstandenen Sinne ihrerseits wieder rigide Eingriffe in sich selbst regulierende Ökosysteme bedeuten und daß der ökologische Wert vieler aufgelassener Gruben und Brüche ungleich höher ist als die genormten, landschaftsgärtnerisch gestalteten Flächen [...] hat in diesem Denkschema allenfalls randlichen Platz.**"

Der Naturschutz hat es daher nach wie vor schwer, Steinbrüche ausschließlich für Zwecke des Arten- und Biotopschutzes der Folgefunktion Naturschutz zuzuführen (begrifflich wird dies mit Regeneration bzw. Renaturierung umschrieben), was angesichts des massiven Interessensdrucks von zahlreichen konkurrierenden potentiellen Nutzern verständlich ist. Die Ausweisung von Folgefunktionen geht in vielen Fällen zu Lasten des Naturschutzes. Manche Folgefunktionen lassen sich auf keine Weise mit den Zielen des Naturschutzes vereinbaren (s.u.). Häufig werden aber auch Kompromisse zwischen den verschiedenen Folgefunktionsvarianten in ein und demselben Steinbruch praktiziert, d.h. neben dem Naturschutz werden auch weitere Folgefunktionen für einen Steinbruch vorgesehen. Doch auch ver-

Tabelle 1/40**Mögliche Folgenutzungen** (nach EHLERS 1984, ACKEN & SCHLÜTER 1973, verändert)**Mögliche Folgenutzungen auf Landflächen**

- Ökologische Zellen für Flora und Fauna
- Dokumentation von geologischen und kulturhistorischen Erscheinungsformen
- Herrichtung landwirtschaftlicher Nutzflächen
- Herrichtung forstwirtschaftlicher Nutzflächen
- Siedlungsmäßige Bebauung
- Industrielle und gewerbliche Bebauung
- Anlage von ortsnahen Grünflächen (Parks)
- Spiel-, Sport- und Sondersportplätze (intensive Erholung, z.B. Klettern)
- Wandern und Naturbeobachtung (extensive Erholung)
- Militärische Nutzung
- Nutzung als Deponie

Mögliche Folgenutzungen an und auf Wasserflächen

- Ökologische Zellen für Flora und Fauna
- Dokumentation von geologischen und kulturhistorischen Erscheinungsformen
- Fischzucht, Fischhaltung
- Angeln
- Baden und Schwimmen
- Wandern und Naturbeobachtung (extensive Erholung)

meintlich praktikable Kompromißlösungen in Form von Mehrfachnutzungen (Naturschutz und extensive Erholung u.ä.) werfen Probleme auf: gerade in kleineren Brüchen gehen Kompromißlösungen - also die Etablierung zweier oder mehrerer Nutzungsvarianten - zumeist auf Kosten des Erfüllungsgrades der Funktion Naturschutz. Dazu FELDMANN (1987): "In kleinräumigen, reich strukturierten Abgrabungen [...] sind nach allen vorliegenden Erfahrungen zusätzliche Nutzungen auszuschießen, wenn man den Schutzzweck nicht verfehlen will."

In Oberfranken beispielsweise werden im Regionalplan für 88% der Abgrabungsgebiete (Kies, Ton, Lehm, Sand, Steine) Naturschutzfunktionen vorgesehen; allerdings stehen nur 22% ausschließlich für den Naturschutz zur Verfügung, in 66% der Fälle ist der Naturschutz nur eine von mehreren Folgenutzungen (MODER 1990, mdl.) (vgl. auch Tab.1/40, S. 91).

Eine Mehrfachnutzung läßt sich jedoch nicht mit allen Nutzungsvarianten gleichermaßen durchführen: Die Nutzung als Deponie und Funktionen für Zwecke des Naturschutzes lassen sich schwerlich auf einen Nenner bringen. Die im gegenwärtigen Kontext z.T. unlösbaren Konflikte zwischen Naturschutz und anderen Folgenutzungsvarianten zeigen die folgenden Beispiele:

Beispiel 1: Konflikt mit der Landwirtschaft

Gipssteinbrüche werden - da es sich um meist ausgedehnte Flächen handelt - häufig mit dem Ziel landwirtschaftlicher Folgenutzung rekultiviert. Ziel ist die Herstellung eines guten, landwirtschaftlich nutzbaren Bodens, obwohl dies mit großem Aufwand verbunden ist (vgl. KISSENKOETTER 1973).

Durch entsprechende Wiedernutzbarmachung im Sinne der Landwirtschaft sind, so SCHOLL, ehemals bestehende Vorkommen von Brachpieper, Steinschmätzer und Wechselkröte in aufgelassenen Gipsbrüchen erloschen.

Durch besonders effiziente Arbeitsweise wird der Natur- und Artenschutz auch als Zwischennutzung (z.B. Etablierung von Ackerwildkrautgesellschaften) ausgeschlossen: "Nur beim Neuaufschluß eines Steinbruchs muß der anfallende Mutterboden, für den noch keine endgültige Wiederablagerung möglich ist, in flachen Mieten zwischengelagert werden. Sobald im Verlauf der Ausbeutung eine abgebaute, mit Abraum wiederaufgefüllte Teilfläche zur Verfügung steht, wird der aufgenommene Mutterboden [...] dorthin verbracht und einplaniert" (HERRMANN et al. 1976).

Beispiel 2: Konflikt mit der Forstwirtschaft

Die Forstwirtschaft ist zur Erhaltung und gegebenenfalls zur Vermehrung der Waldfläche verpflichtet. War die Abbaufäche vor der Nutzung bewaldet, so ist die Wiederaufforstung ein vorrangiges Ziel. Die Forstbehörden bestehen in Erfüllung ihres gesetzlichen Auftrags zur Erhaltung und Mehrung der Waldfläche i.d.R. auf einer flächenmäßig identischen Wiederaufforstung (ENDERS 1991, mdl.). Der Aufwand zur Schaffung geeigneter Voraussetzungen für eine Aufforstung speziell in Steinbrüchen ist allerdings sehr hoch. Da die Steinbruchsohle als solche für die von der Forstwirtschaft bevorzugten Baumarten nicht die nötige Durchwurzelungstiefe und Nährstoffversorgung bereitstellen kann, sind Anschüttungen von bindigem, meist lehmigem Material in einer Aufbringstärke von mindestens 1 - 1,5m notwendig. Darauf wird der zuvor zur Seite geschobene Oberboden aufgebracht und die Pflanzung durchgeführt (GRANDJOT 1968).

Beispiel 3: Konflikt mit der Abfallbeseitigung

Hohlformen wirken als Deponieraum sehr anziehend. Auf diese Weise kann Müll und Schutt, der sich andernorts zu Bergen und Halden aufürmen würde, beinahe unauffällig "unter die Erde" gebracht werden.

Die Nachnutzung einer Abgrabung als Deponie kann aus zweierlei Gründen für den Betreiber rentabel sein:

- die Rekultivierungskosten können u.U. erheblich gesenkt werden (KISSENKOETTER 1973);
- durch die Nachnutzung eines Steinbruchs als Deponie eröffnet sich gleichzeitig eine weitere Einnahmequelle (MOHR 1989, mdl.).

Auf die Problematik der Nutzung von Steinbrüchen als Deponieraum geht VORREYER (1973) ein: "Die Ablagerung von Abfallstoffen in Steinbrüchen ist in wasserwirtschaftlicher Hinsicht besonders problematisch. [...] Die meist relativ geringe Wasserführung im klüftigen Gestein [...] wirkt sich negativ auf die Verdünnung aus. [...] Werden nur wenige Hauptklüfte als Fließwege bevorzugt, so kommt es durch die hohe Fließgeschwindigkeit zu weitreichenden Verunreinigungen. Adsorption und Ionenaustausch spielen im klüftigen Gestein kaum eine Rolle, da die spezifische Oberfläche sehr klein ist. Die meist relativ hohe Grundwasserfließgeschwindigkeit begünstigt also eine weitreichende Verunreinigung und ist besonders in hygienischer Hinsicht bedenklich. Verkarstete Gesteine sind besonders ungünstig in bezug auf die Abfallagerung zu beurteilen" (VORREYER 1973).

Wie hoch der Nutzungsdruck auf aufgelassene Steinbrüche von seiten der Abfallwirtschaft ist, zeigt sich am Beispiel des Landkreises Wunsiedel (Abb. 1/20, S. 93 - GORNY 1991, briefl.). 15 Steinbrüche werden als Deponien genutzt oder sind als solche vorgesehen. Dies sind etwa doppelt so viele, wie neu ausgewiesen bzw. erweitert werden (8 Brüche).

Neben der Beseitigung von Abfall mit amtlicher Genehmigung darf die private "Entsorgung" von Abfall nicht unerwähnt bleiben. Nach Darstellungen von KUSSER (1989, mdl.) werden zahlreiche wassergefüllte Steinbrüche des Bayerischen Waldes illegal als Mülldeponien "genutzt". Eigene Beobachtungen bestätigten, daß es sich dabei nicht um isolierte Einzelfälle handelt.

Im Zusammenhang mit der Abfallentsorgung in aufgelassenen Abbaustellen erscheint ein Gerichtsurteil interessant, das sich mit Fragen der Genehmigung befaßt. Der Besitzer eines aufgelassenen, mit Grundwasser vollgelaufenen Grubenareals beantragte die Genehmigung für die Verfüllung mit (wasserunschädlichem) Erdaushub, Bauschutt und Abbruchmaterialien. Das Gericht verweigerte die Genehmigung. Dazu Auszüge aus der Begründung: "Grundsätzlich sind [...] Wasserflächen durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu erhalten und zu vermehren. Dieser Grundsatz wäre durch ein Zuschütten des Grundwassersees verletzt worden. Außerdem wäre der Grundsatz nicht beachtet worden, daß Gewässer vor Verunreinigungen zu schützen sind. Außerdem besteht die gesetzliche Verpflichtung, wild lebende Tiere und wild wachsende Pflanzen und ihre Lebensgemeinschaften als Teil des Naturhaushaltes in ihrer Artenvielfalt zu schützen [...] Seit Abschluß der Abbauarbeiten hatten sich auf dem brachliegenden Grundstück eine reichhaltige Flora und Fauna neu entwickelt und damit sogenannte Sekundär-Biotope für verschiedene Pflanzen- und Tierarten gebildet. Solche sekundären Biotope sind aber für den Arten- und Biotopschutz bedeutsam, weil bestimmte ursprüngliche Biotope in der Natur immer weniger anzutreffen sind. Das galt insbesondere für die gegebene Kombination von Wasserflächen mit warmen, besonnten und nährstoffarmen steilen Uferhängen. Ihr Bestand war daher zu sichern, weil sie sich als Lebensraum für gefährdete Arten eignen.

Unerheblich war demgegenüber, daß nach Darstellung des Grundeigentümers die vorhanden gewesenen Vogelbrutplätze leer geblieben waren, nachdem er das Gelände einem Verein zur Nutzung übertragen hatte. Das schloß die Eignung des Geländes als Biotopfläche für gefährdete Arten nicht aus. Es stand nämlich fest, daß solche Arten das Grundstück besiedelten, als dort Störungen nach Abschluß des Abbaus und durch Einzäunung weitgehend vermieden wurden" (Urteil des Verwaltungsgerichtes Hamburg vom 17.2.88 - 2 VG 144/86 - zit. in OTTO 1989).

Eine andere Variante der eben geschilderten Problematik stellt die Verfüllung mit Materialien dar, die beim Steinbruchbetrieb anfallen, doch nicht weiter verwendet werden können ("Füller" oder - bei Werksteinbrüchen - Material, das den Qualitätsansprüchen nicht gerecht wird). Da die Ablagerung dieser Materialien flächenintensiv ist und damit auch bei den Kosten stark zu Buche schlägt (Ankauf oder Anpacht zusätzlicher Flächen - KUSSER 1989, mdl.), wird dieses Problem nicht selten auf eine

andere Weise gelöst: Gerne werden die nicht mehr nutzbaren Materialien daher in nahegelegene, bereits aufgelassene Brüche verfüllt, ungeachtet dessen, daß sich dort möglicherweise schon schützenswerte Pflanzen- und Tiergesellschaften eingefunden haben (WURZEL 1989, mdl.).

Beispiel 4: Konflikt durch erneute Inbetriebnahme

In manchen Fällen werden Steinbrüche nicht kontinuierlich genutzt oder liegen aus wirtschaftlichen Gründen eine Weile brach. In der Zwischenzeit finden sich Pflanzengemeinschaften oder Tierpopulationen ein und belegen den Steinbruch mit der "Zwischennutzung" Natur- und Artenschutz. Die erneute Inbetriebnahme bedeutet hingegen in den meisten Fällen das "Aus" für die etablierte Lebensgemeinschaft. Einzelne Naturschutzbehörden versuchen bereits, die Eingriffe, soweit dies möglich ist, durch eine zeitliche Begrenzung der Abbautätigkeit auf wenige Monate im Jahr (außerhalb der Vegetations-

und Brutzeit) zu minimieren (SCHMALE 1989, mdl.).

Als erneute Inbetriebnahme im weiteren Sinn kann auch die Aufarbeitung alter Halden in Kalkbrüchen aufgefaßt werden: WARTNER (1982) berichtet, daß alte Steinbruchhalden von Kalkbrüchen im Raum Treuchtlingen zur Zementgewinnung verwendet werden.

Dabei werden seit 40 oder 50 Jahren unberührte Halden abgetragen und das Material für industrielle Zwecke weiterverwendet. Dies geschieht u.a. mit mobilen Brecheranlagen (REITER 1989, mdl.). Die Standorte der Kalkschuttgesellschaften, wie beispielsweise der Wimper-Perlgrasfluren (die ihren Verbreitungsschwerpunkt im Altmühltal fast ausschließlich auf anthropogenen Standorten haben), werden dadurch vernichtet. **Die Auswirkungen des Haldenabbaus können z.B. für den Apollofalter katastrophal sein.**

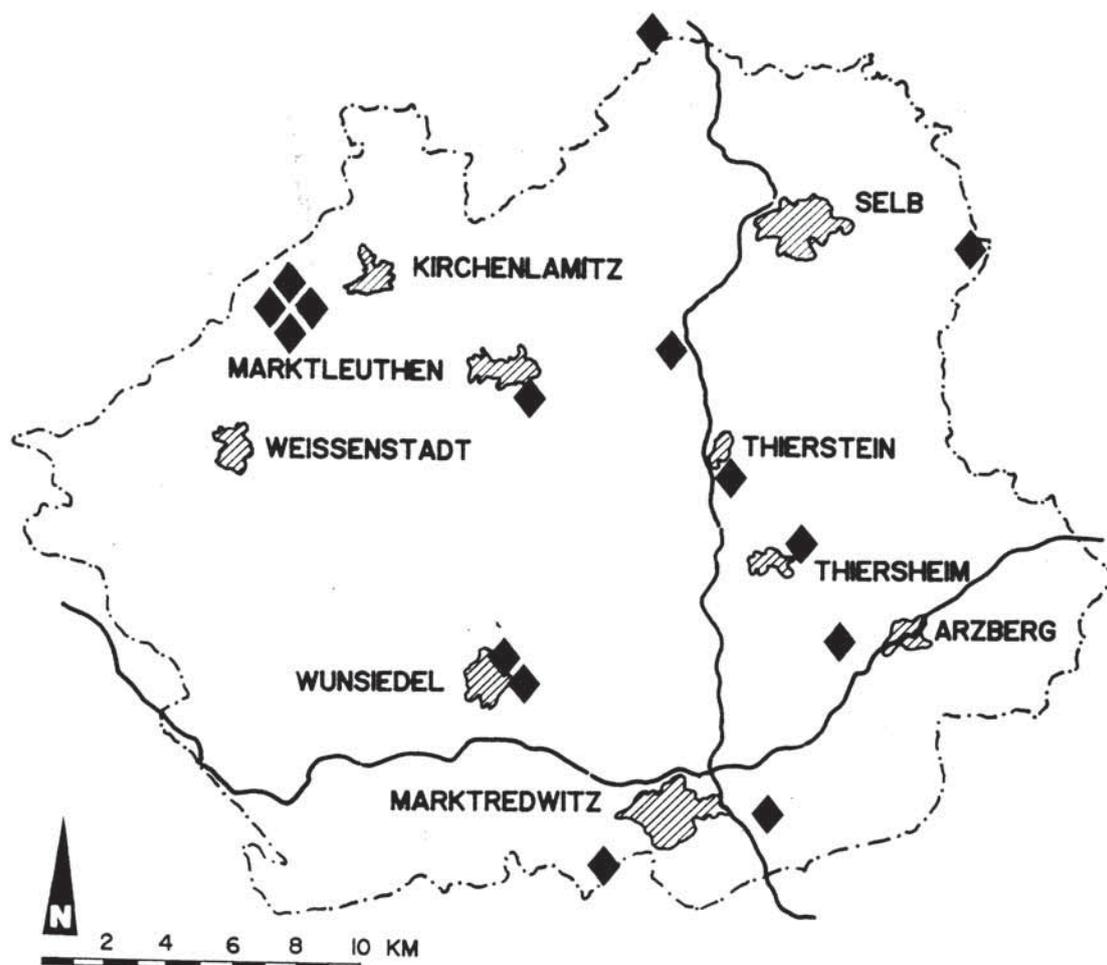


Abbildung 1/20

Steinbrüche mit Folgefunktion "Deponie" im Lrk. Wunsiedel (GORNÝ 1991, briefl.)

Beispiel 5: Konflikt mit der Rekultivierung

Bei der Rekultivierung steht die Wiederherstellung des Landschaftsbildes, also vorwiegend optische Aspekte (vgl. Kap.1.8.4, S. 83), im Brennpunkt der Bemühungen. Auch diese Maßnahmen können die Lebensräume von heimischen Tier- und Pflanzenarten beeinträchtigen oder zerstören. Die Abschrägung bzw. das Absprengen von Abbruchwänden führt zur Verminderung von Extremstandorten; den gleichen Effekt hat das Aufbringen von nährstoffreicheren Substraten und humosem Oberboden. Dadurch und durch die Anpflanzung von (auch standortgerechten) Gehölzen werden die Möglichkeiten für die Etablierung von Pionier- oder lichtliebenden Gesellschaften eingeschränkt. WILDERMUTH (in HÖLZINGER 1987) führt einen Fall an, in dem für einen Kalksteinbruch ein Plan zur geo-

morphologischen Wiedereingliederung vorgelegt wurde, in dem das Vorkommen von Flußregenpfeifer und Steinschmätzer, von vier Reptilien- und sechs Amphibienarten schlichtweg ignoriert wurde.

Beispiel 6: Konflikt durch Überbauung (Ansiedlung von Gewerbebetrieben, Sporteinrichtungen etc.)

Steinbrüche im Siedlungsrandbereich bieten nicht selten einen willkommenen Standort für Gewerbebetriebe, die einerseits von der optischen, andererseits von der akustischen Abschirmung gegenüber dem Umland profitieren (STEIN 1985). Außer Frage steht, daß durch Überbauung und weitergehende Störeffekte wie Lärmentwicklung u.a. das Gelände für den Arten- und Biotopschutz weitgehend entwertet wird.

Titelbild: Reich strukturierter, stillgelegter (Kalk-) Werksteinbruch mit gegliederten Abbruchwänden, Schuttkegel und Aufschüttungen unterschiedlicher Körnung (westl. Solnhofen). Die Sukzession macht auf den Halden nur langsame Fortschritte.
(Foto: Sabine Gilcher)

**Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.17
Lebensraumtyp Steinbrüche**

ISBN 3-931175-05-7

Zitiervorschlag: Gilcher, S. (1995)
Lebensraumtyp Steinbrüche;- Landschaftspflegekonzept Bayern,
Band II.17 (Alpeninstitut GmbH, Bremen; Projektleiter A. Ringler);-
Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
(StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
(ANL), 176 Seiten; München

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Auftraggeber: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München, Tel. 089/9214-0

Auftragnehmer: Alpeninstitut GmbH
Friedrich-Mißler-Str. 42, 28211 Bremen, Tel. 0421/20326

Projektleitung: Alfred Ringler

Bearbeitung: Sabine Gilcher

Mitarbeit: Markus Bräu
Johannes Chr. Vogel

Redaktion: Detlef Roßmann, Sabine Arnold

Schriftleitung und Redaktion bei der Herausgabe: Michael Grauvogl (StMLU)
Dr. Notker Mallach (ANL)
Marianne Zimmermann (ANL)

Hinweis: Die im Landschaftspflegekonzept Bayern (LPK) vertretenen Anschauungen und Bewertungen sind Meinungen des oder der Verfasser(s) und werden nicht notwendigerweise aufgrund ihrer Darstellung im Rahmen des LPK vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen geteilt.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz, Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)