

Wolfgang SÄNGER, Wiesloch

Die Bewertung der Standorteignung von Steine- und Erdenabgrabungen im Rhein-Neckar-Raum für ökologische Folgenutzungen*

1. Einleitung

Der Abbau von Steinen und Erden im Tagebau ist einer der nachhaltigsten Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt, der den Charakter des betroffenen Landschaftsausschnittes total zu verändern vermag (vgl. GERMAN 1975; HOFMANN 1986). Steine- und Erdenabgrabungen sind aber nicht nur als Landschaftsschäden zu betrachten. Sie stellen andererseits ein nicht unbedeutendes Flächenpotential für die Einrichtung der verschiedensten Folgenutzungen nach der Betriebsstilllegung dar. In unserer dichtbesiedelten und im Grunde bereits „übernutzten“ Landschaft eröffnen sie einen Freiraum, der es ermöglicht, vorhandene Nutzungsdefizite in einer Region zu vermindern und somit eine effektivere und ausgewogenere Flächennutzung als zuvor zu erreichen (vgl. ACKEN u. SCHLÜTER 1973; EHLERS 1984; SÖHNGEN 1976; VÖLKSEN 1976; WOHLRAB 1973).

Ein besonders großes Defizit besteht im Biotop- und Artenschutz, dem in einer ökologisch immer mehr verarmenden Kulturlandschaft eine äußerst wichtige Ausgleichsfunktion zukommt. Stillgelegte Steinbrüche und Gruben haben sich als außergewöhnlich wertvolle Refugien für die natürliche Tier- und Pflanzenwelt erwiesen; sich selbst überlassen entwickeln sich viele zu „Biotopen aus zweiter Hand“ (vgl. DAHL u. JÜRGING 1982; MAHLER 1980; WARTNER 1979).

* Dieser Aufsatz wurde bei der Ausschreibung 1990 „Aufsätze zur deutschen Landeskunde“ des Verbandes deutscher Hochschullehrer der Geographie und des Zentralausschusses für deutsche Landeskunde zur Veröffentlichung in den Berichten zur deutschen Landeskunde angekauft.

2. Arbeitsziel

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Standorteigenschaften betriebener und stillgelegter Abbaustellen der Steine- und Erdenindustrie für ökologische Folgenutzungen zu beurteilen. Hierbei soll ein Bewertungsverfahren eingesetzt werden, mit dessen Hilfe man nicht nur den Biotopwert von Abgrabungen, sondern auch das Eignungspotential für andere, konkurrierende Nutzungsformen zu bestimmen vermag, um einen direkten Vergleich der Standorteignung einer Abgrabung für verschiedene Folgenutzungen zu ermöglichen. Das Untersuchungsverfahren schafft eine Entscheidungsgrundlage, nach welcher den stillgelegten Abgrabungen einer Region die — auch gesamtträumlich betrachtet — am besten geeigneten Nutzungsformen zugewiesen werden können. Im Idealfall sollte eine Balance zwischen landschaftsökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Interessen entstehen.

Da an eine Anwendung in der Raumplanung gedacht ist, wo Entscheidungen oft unter Zeitdruck gefällt werden müssen und detaillierte, tiefgehende Untersuchungen zu umfangreich und langwierig sind, um als Entscheidungsgrundlage zu dienen, sollte das Verfahren außerdem so angelegt sein, daß relativ rasch und dennoch informativ und zuverlässig ein Überblick über die Folgenutzungseignung der Abgrabungen eines Planungsgebietes erreicht wird.

Eine Pionierarbeit in diesem Sinne leistete EHLERS (1984), der im Regierungsbezirk Mittelhessen alle Abgrabungen erfaßte und bewertete. Das von ihm entwickelte Verfahren wurde bereits von GÜNNEWIG (1982) im Beckumer Zementrevier und von KRAFT (1984) im Raum Lippstadt angewandt und diente dieser Arbeit als methodische Vorlage.

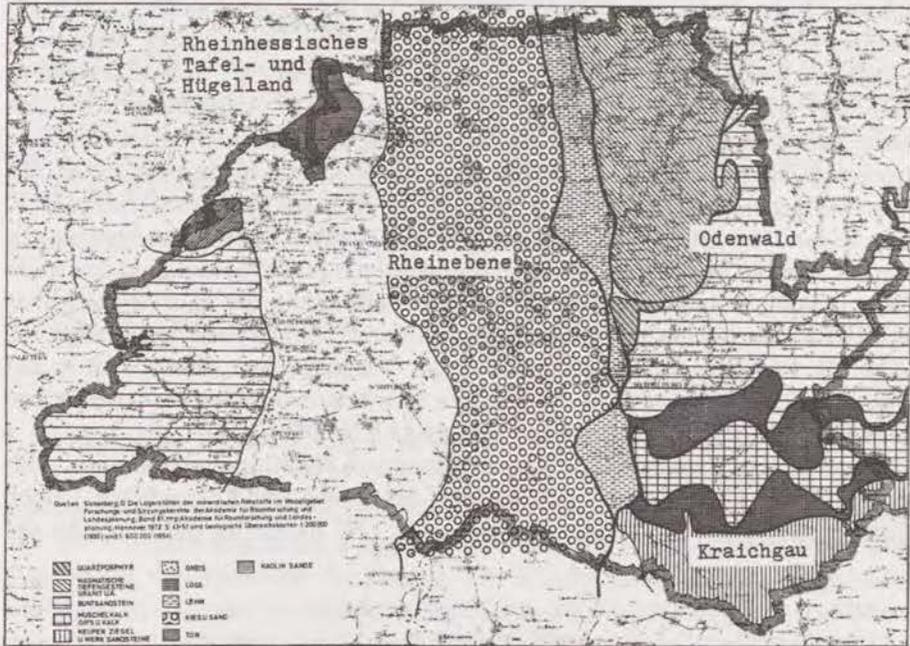
Die vorliegende Untersuchung ist unter dem Aspekt des Modellcharakters zu betrachten. Sie liefert dennoch bereits konkrete Ergebnisse für ein größeres Teilgebiet des Rhein-Neckar-Raumes und für eine größere Anzahl von Abgrabungsstandorten und möge als Ermunterung dienen, die lohnende Aufgabe in Angriff zu nehmen, die Untersuchung auf ganze Planungsregionen auszudehnen und die Bewertung der Abgrabungen für die gesamte Palette an Folgenutzungsmöglichkeiten unter besonderer Berücksichtigung des Naturschutzes durchzuführen.

3. Erläuterungen zum Steine- und Erdenbau im Rhein-Neckar-Raum

Der Rhein-Neckar-Raum ist für eine Untersuchung von Steine- und Erdenabgrabungen ausgesprochen geeignet. Hier befindet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Lagerstättenvorkommen entsprechend den komplizierten geologischen Verhältnisse, die aus dem Einbruch des Oberrheingrabens vor zirka 45 Millionen Jahren resultieren (s. Abb. 1).

Abgebaut werden a) vorwiegend pleistozäne Sande und Kiese im Rheingraben, b) tertiäre Tone und Lößlehm in der östlichen Grabenabbruchzone im Süden der Region, c) Tone und Kalksteine des Tertiärs, Kaolinsande und Löß im

Abb. 1: Mineralische Rohstoffvorkommen im Rhein-Neckar-Raum



Quelle: MODROW 1981, 651

nordwestlich gelegenen Rheinhesischen Tafel- und Hügelland, d) Muschelkalk, Keupersandstein und Löss im südöstlich gelegenen Hügelland des Kraichgaus, e) Buntsandstein in den Randgebirgen des Pfälzerwaldes und des südlichen Odenwaldes und f) Kristallingestein im nördlichen Odenwald (FALKE 1974; SICKENBERG 1974).

Der hier am Zusammenfluß von Rhein und Neckar entstandene Ballungsraum — mittlerweile der sechstgrößte in der Bundesrepublik rief einen großen Bedarf an Rohstoffen und damit auch einen entsprechend regen Abbau von Steinen und Erden in seiner Einflußsphäre hervor.

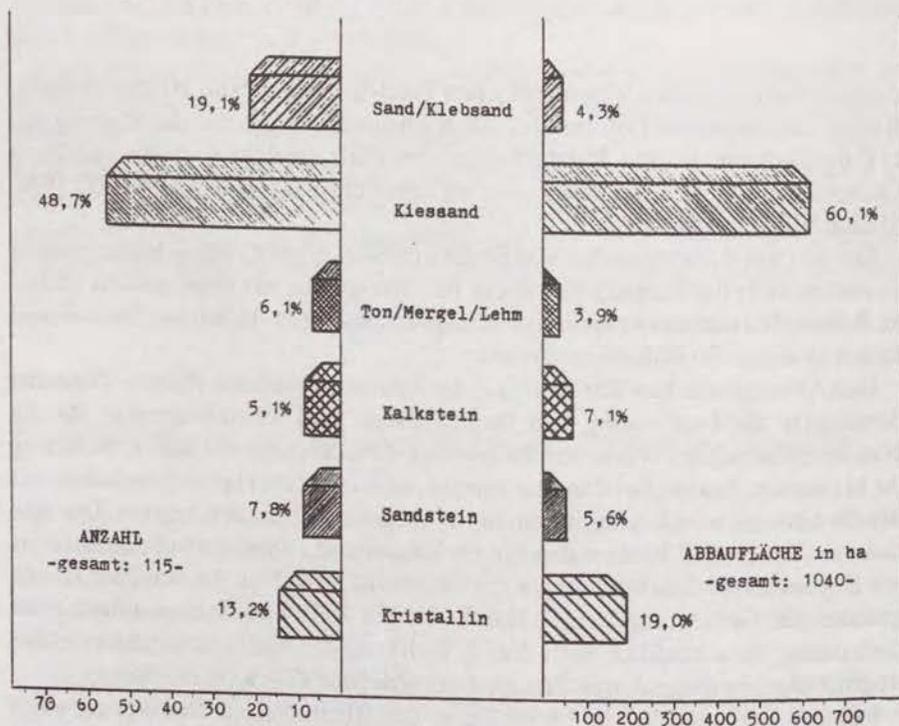
Das Abbaugeschehen läßt sich bis in die Römerzeit zurückverfolgen. Zunächst dominierte die Gewinnung von Buntsandstein und Kristallingestein für die Natursteinindustrie (Werk- und Bausteine); diese erreichte vor dem 1. Weltkrieg ihr Maximum, brach aber dann zusammen, woraufhin die Hartsteinindustrie mit der Gewinnung von Kristallingestein für Wegebaustoffe vorherrschte. Der Abbau von Tonen und Klebsanden für die Ziegel- und Feuerfeststoffeindustrie ist seit Beginn dieses Jahrhunderts in etwa konstant geblieben. Ab den 20er Jahren gewann die Gewinnung von Kalkstein für die Kalk- und Zementindustrie an Bedeutung, bis schließlich nach dem 2. Weltkrieg der Naßkiessandabbau in der Rheinebene gewaltige Ausmaße annahm (JÄGER 1974; KOLB 1963).

Mit der wirtschaftlichen Entwicklung des Rhein-Neckar-Raumes zu einer bedeutenden Agglomeration nahmen die Abbaustellen der Steine- und Erdenin-

dustrie in ihrer Zahl und Betriebsflächengröße zu und prägen das Landschaftsbild des Rhein-Neckar-Raumes deutlich mit. Im Gebiet des Raumordnungsverbandes Rhein-Neckar (ROV-RN), das Teile der Planungsregionen Rheinpfalz (Rheinland-Pfalz), Unterer Neckar (Baden-Württemberg) und Starkenburg (Hessen) umfaßt, sind zu Beginn der 80er Jahre 537 Abgrabungen bei den Behörden registriert. Durch die Auswertung topographischer Karten kommen nochmals 187 nichtgemeldete, sogenannte „historische“ Abbaustellen hinzu. Die Gesamtfläche der 422 gemeldeten, stillgelegten Abgrabungen beträgt zirka 2170 ha, die der 115 betriebenen Abgrabungen zirka 1040 ha. Die Kiessandgewinnung nimmt zirka 60 Prozent der Fläche des gesamten rezenten Steine- und Erdenabbaus in Anspruch, gefolgt vom Kristallingesteinsabbau der Hartsteinindustrie mit 19 Prozent; die übrigen Abgrabungsarten sind dagegen recht unbedeutend (s. Abb. 2). Der lebhafteste Sandsteinabbau der Vergangenheit drückt sich in der beachtlichen Anzahl von 165 stillgelegten Steinbrüchen in der Vorderpfalz und im Odenwald aus (alle Daten nach HELLMANN 1986).

In der Relation zu den Flächennutzungen durch Siedlung, Verkehr und Land- und Forstwirtschaft ist der Flächenbedarf des Steine- und Erdenabbaus jedoch gering; beispielsweise beträgt sein Anteil von 1297 ha an der Gesamtfläche des

Abb. 2: Verteilung der betriebenen Abgrabungen auf die einzelnen Abgrabungen im RNR, Stand 1980/82



Quelle: eigene Darstellung nach Daten von HELLMANN 1986

Landkreises Rhein-Neckar nur 1,3 Prozent (HELLMANN 1986). Dennoch ist der Einfluß der Abbautätigkeiten auf kleinere naturräumliche Einheiten beträchtlich. Besonders die Baggerseen in der Rheinebene verursachen schwere Landschaftsbelastungen. So befinden sich in der westlichen Rheinniederung des Rhein-Neckar-Raumes auf einer Gesamtfläche von 398 km² 139 betriebene und aufgelassene Gewinnungsstellen; das entspricht mit einer Flächenbeanspruchung von 19,5 km² einem Anteil von immerhin knapp 5 Prozent (PLANUNGSGEMEINSCHAFT RHEIN-PFALZ 1985, 19).

4. Untersuchungsverfahren

4.1 Festlegung des Arbeitsgebietes und der Untersuchungsstandorte

Das eigentliche Arbeitsgebiet umfaßt den östlichen Teil des Rhein-Neckar-Raumes bis hin zum Rheinstrom und repräsentiert einen Querschnitt durch alle abgebauten Gesteinsarten der Region. Die Flächenausmaße der Steine- und Erdengewinnung und die räumliche Verteilung der Abgrabungsarten im Untersuchungsgebiet veranschaulicht die auf der Datenbasis von Gemeindestatistiken (in: HELLMANN 1986) erstellte Computerkarte (s. Abb. 3).

Für die Untersuchung wurden 22 stillgelegte und 23 betriebene Abbaustellen herausgegriffen, die sich wie folgt auf die verschiedenen Gesteinsarten verteilen:

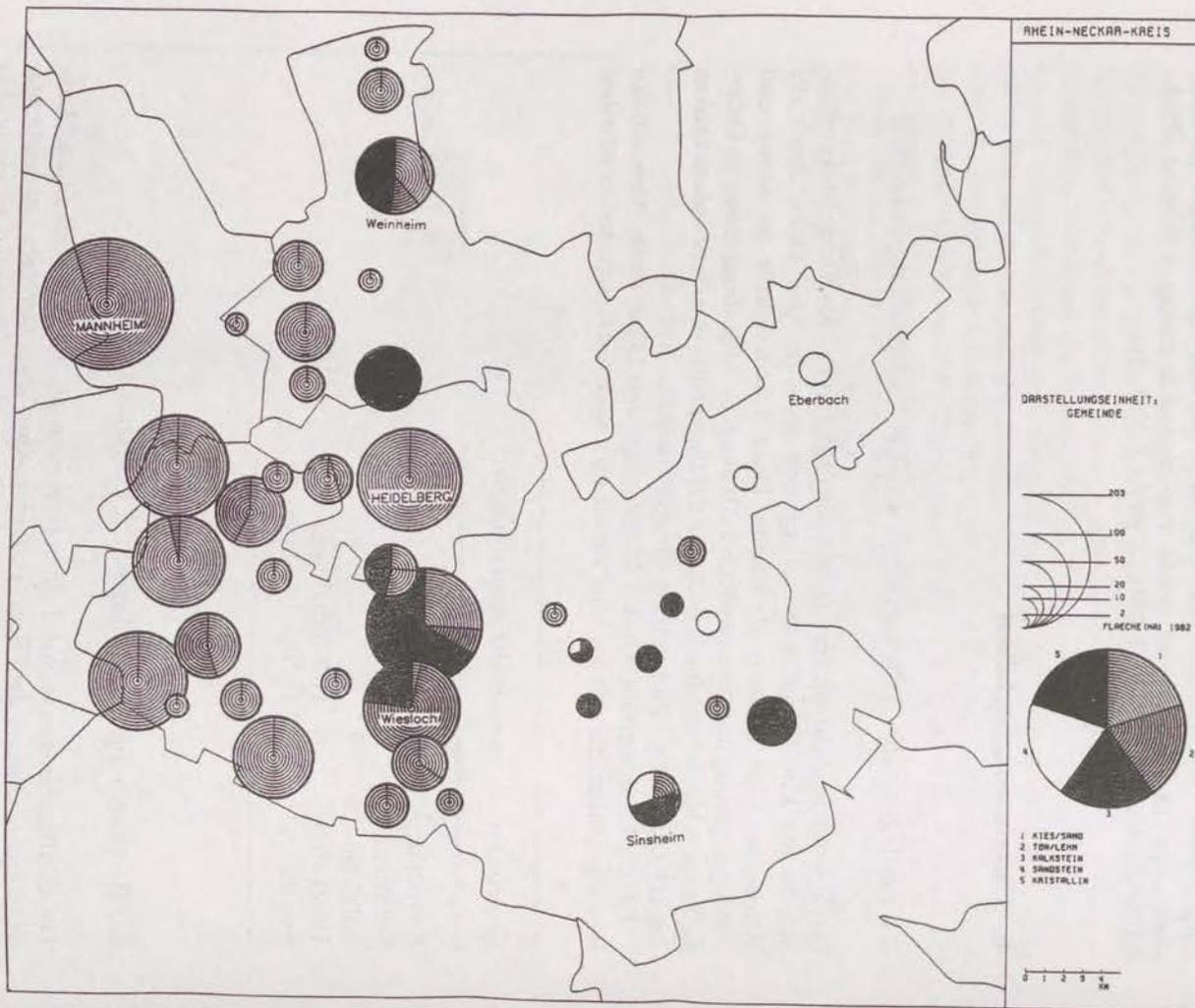
Gesteinsart	Anzahl der Abgrabungen
Kristallin	12
Sandstein	6
Kalkstein	9
Ton/Lehm	9 (1 Naßgrabung)
Sand/Kies	9 (5 Naßabgrabungen)

4.2 Beschreibung der ökologischen Folgenutzung

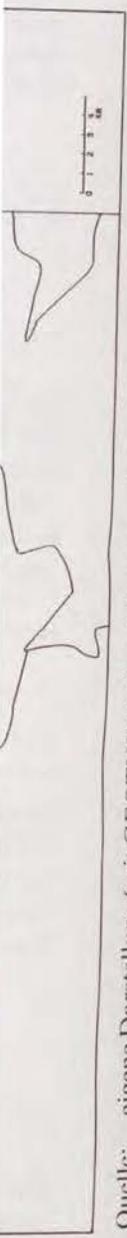
Die in Abgrabungen verwirklichten Interessen des Naturschutzes und der Landschaftspflege sind unter dem Begriff „ökologische Folgenutzungen“ zusammengefaßt, wobei nach EHLERS (1984) mehrere „Nutz“-Varianten unterschieden werden.

Der ökologische Nutzaspekt aller Varianten und damit ein gleiches Gestaltungsziel besteht in der Sicherstellung vielfältiger, reichstrukturierter Kleinle-

Abb. 3: Abgrabungsarten im östlichen Rhein-Neckar-Raum



Quelle: eigene Darstellung (mit GEOTHEM-I) nach Daten von HELLMANN 1986



Quelle: eigene Darstellung (mit GEOTHEM-1) nach Daten von HELLMANN 1986

bensräume, die einem großen Spektrum an Tier- und Pflanzenarten zugute kommen. Die Varianten divergieren nur in bestimmten Sonderfunktionen. Der „Wat- und Wasservogelsee“ (WVS) unterscheidet sich vom gewöhnlichen „Landschaftssee mit ökologischen Zellen für Flora und Fauna“ (LSS) vor allem dadurch, daß er besonders die von einigen Zugvogelarten als Rast- und Nahrungsplatz benötigten größeren Wasser- und Uferflächen bereitstellt; das heißt er muß eine große Wasserfläche und vegetationsfreie Uferzonen mit Schlick- und Schlammflächen aufweisen. Die Folgenutzung „Ökologische Zellen für Flora und Fauna“ (OEK) umfaßt den Biotop- und Artenschutz in Trockenabgrabungen. „Feldgehölze, Hecken und Windschutzanlagen“ (FHW) zählen im Gegensatz zu den „Ökologischen Zellen“ (OEK) nicht zu den naturrechtlich geschützten Biotopflächen; ihre ökologische Hauptaufgabe besteht darin, als Refugium für wildlebende Tiere und Pflanzen in einer zunehmend „ausgeräumten“ Agrarlandschaft zu dienen, ohne jedoch aufgrund ihres zersplitterten Bestandes und ihrer geringen Größe einen umfassenden Artenschutz gewähren zu können.

Als Nebennutzung für den Menschen, die mit dem ökologischen Nutzaspekt wenig kollidiert, sind in Abgrabungen nur extensive Erholungsformen zulässig; „Wandern und Naturbeobachtung“ in Trocken- und Naßabgrabungen (ERE und WNB) und die „Dokumentation geologischer und kulturhistorischer Besonderheiten“ (DOK).

Welche Eignungskriterien im einzelnen für die ökologischen Nutzvarianten gelten, zeigt Tabelle 1.

4.3 Erhebung der Geländedaten

Die Erfassung der Standorteigenschaften der Abgrabungen und ihrer näheren Umgebung erfolgte auf der Grundlage eines Kataloges von Standortkriterien (nach SÖHNGEN 1976 und EHLERS 1984), die eine rasche, informative und differenzierte Erhebung gewährleisten und nicht nur für ökologische, sondern für alle Folgenutzungsformen relevant sind (s. Abb. 4, Kap. 4.5). Die Kriterien sind außerdem so beschaffen, daß sie im Gelände mit relativ einfachen Hilfsmitteln wie Kompaß, Neigungsmesser, floristischer und faunistischer Bestimmungsliteratur und topographischer Karten zuverlässig aufgenommen werden können.

Neben der Geländearbeit ergaben sich wichtige Grundlageninformationen durch den Gebrauch der „Landschaftsschadenskarte des Rhein-Neckar-Kreises“ (1975), der „Rohstoffsicherungskarte des Regionalverbandes Rhein-Neckar“ (1982), Geologischer Literatur von KRAATZ u. SCHWEIZER (1986) und SCHÖTTLE (1984) und vor allem durch die Auszüge aus der „Biotopkartierung Baden-Württemberg 1982 und 1986“, deren Einsicht mir freundlicherweise von den Mitarbeitern der Bezirksstelle für Umwelt- und Naturschutz, Karlsruhe gestattet wurde. Weitere Informationen lieferten die Gespräche mit Angestellten des Umweltamtes Rhein-Neckar-Kreis und mit Abgrabungsunternehmern und ihren Angestellten.

Tab. 1: Eignungskriterien für die Einrichtung ökologischer Folgenutzungen

Folgenutzung	Eignungskriterien
Ökologische Zellen	<ul style="list-style-type: none"> — vielfältige Kleinlebensräume (Trocken- und Wasserflächen; vernäbte und feuchte Standorte; unebene, morphologisch abwechslungsreich gestaltete Sohlenfläche; Steilwände; versch. Bodensubstrate; nacktes Gestein etc.) — Größe: kleinste Flächen bzw. mind. 1 ha für kleinere Wirbeltierarten (weitere Gestaltungskriterien d. Entwicklung von Sekundärbiotopen: siehe Techn. Richtlinien z. Abgrabungsgestaltung f. NRW vom 1. 1. 84) — Floristische, faunistische Besonderheiten — keine Umweltbeeinträchtigungen ausreichende Entfernung zu störenden Nutzungen
Feldgehölzinsel	<ul style="list-style-type: none"> — Fläche: mind. 1000—3000 qm (Breite: > 10 m) — hohe Grenzlinienwirkung (zerlappter Saum) — Lage in der freien Landschaft; mind. 250 m entfernt von Waldrändern — Vielfalt an Kleinlebensräumen: siehe 1.1 (weitere Kriterien zu Bodensubstrat, Bodenregeneration, Exposition: siehe OLSCHOWY/ENGELHARDT 1978; ZIMMERLI 1971, 1979)
Landschaftssee mit ökologisch. Zellen für Flora und Fauna	<ul style="list-style-type: none"> — floristische Besonderheiten (gefährdete Pflanzenarten, verschiedenartige Pflanzengesellschaften, mehrere Sukzessionsstufen) — faunistische Besonderheiten (Brut-, Rast-, Durchzugs- u. Überwinterungsareale f. gefährdete Vogelarten; seltene Insekten, Amphibien, Reptilien, etc.) — Vielzahl verschiedener Kleinlebensräume; hohe Randlinienwirkung (Buchten; Sandbänke; Inseln; vegetationsoffene und bedeckte Flächen; flache bis steile Ufer und Böschungen; seichte, flache bis tiefe Gewässerbereiche; unterschiedliche Beschattung; nährstoffarme und nährstoffreiche Wasserflächen)

Folgenutzung	Eignungskriterien
Wat- und Wasservogelsee	<ul style="list-style-type: none"> — Lage: in sicherer Entfernung zu störenden (z. B. emissionsstarken) Nutzungen; mind. 1 km — Flächengröße: <ul style="list-style-type: none"> mindestens 6—8 ha (Brut/Rast) mindestens 20 ha (Schutzgebiet) — Vielfältige Ufergestaltung <ul style="list-style-type: none"> a) seichte, sand- u. schlickreiche Ufer mit geringer Vegetation u. offener Landschaft im Vorfeld der Abgrabung; Böschungsneigungen von 1:7 bis 1:10 b) Schilf- und Röhrichtgürtel; Böschungsneigungen von 1:5 bis 1:4 c) Steilufer — Mutterbodenauflage auf Unterwasserböschungen
Dokumentation geol. und kulturhistorischer Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> — Vorhandensein der genannten Besonderheiten
Wandern und Naturbeobachtung	<ul style="list-style-type: none"> — erholungswirksame Faktoren (Wald- und Gewässerränder, Nutzungsarten, Klima)

Quelle: eigene Zusammenstellung nach ACKEN u. SCHLÜTER 1973; EHLERS 1984; SÖHNGEN 1976; VÖLKSEN 1976

4.4 Standortbewertung

An die Datenerhebung schloß sich das ökologische Bewertungsverfahren an. Hierzu entwickelte EHLERS (1984) eine Grundlagenmethodik, wobei er die Verfahrensstruktur der „Nutzwertanalyse“ nach ZANGEMEISTER (1970) zur Folgenutzungsbewertung von Abgrabungen zu Hilfe nahm. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Standortbewertung hält sich bis auf wenige Unterschiede an die Methodik von EHLERS (1984).

Da die Nutzwertanalyse nichts anderes ist als ein Modell der Entscheidungsfindung, das nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Kriterien integriert, muß das Verfahren Transparenz, Nachvollziehbarkeit und eine klare Trennung seiner objektiven und normativen Elemente erkennen lassen (vgl. CERWENKA 1984; DEITERS 1988). Im folgenden wird deshalb dargelegt, welche Verfahrensschritte für die hier vorgenommene Untersuchung durchzuführen waren.

1. Bestimmung der Alternativen

Mit den „Alternativen“ sind hier die „ökologischen Folgenutzungen“, die in Kap. 4.2 kurz vorgestellt worden waren, gemeint.

2. Bestimmung der „Bewertungskriterien“

Zur Beschreibung der Standorteignung von Abgrabungen für die Nutzungsalternativen dient ein Katalog von insgesamt 32 „Bewertungskriterien“ (s. Abb. 6: Dritte Spalte der Bewertungsmatrix).

3. Bestimmung der „Meßkriterien“ bzw. „Zielerträge“

Die Bewertungskriterien sind unterteilt in 2–10 „Meßkriterien“. Diese treffen Aussagen über den „Zielertrag“, das heißt über die Eignung der Bewertungskriterien für die Nutzungsalternativen. Bei der Aufstellung von Meßkriterien bezieht man sich also auf die Eignungsrichtlinien, die für bestimmte Nutzungen gelten (s. Tab. 1). Die Meßkriterien können aus quantitativen und qualitativen Ausprägungen bestehen und sind in solcher Weise voneinander abgegrenzt, daß jeweils nur eines zur Beschreibung des Bewertungskriteriums herangezogen werden kann. So ist beispielsweise das Bewertungskriterium „Entfernung zum nächsten Wohnort“ in die quantitativen Entfernungskategorien „< 1 km“, „1–3 km“ und „> 3 km“ und das Bewertungskriterium „Lage im Relief“ in die qualitativen Beschreibungen „Kuppe, Oberhang“, „Mittel- bis Unterhang“ und „Mulde, Tal, Becken, Ebene“ unterteilt. Die Meßkriterien wurden von EHLERS (1984) aufgestellt und für diese Arbeit komplett übernommen und können in den Zielertragsmatrizen von Tabelle 6 im Anhang eingesehen werden.

Die Bewertungs- und Meßkriterien bilden das inhaltliche Gerüst für die Erstellung der Erhebungsbögen, mit denen die Geländedaten erfaßt werden.

4. Transformation der Zielerträge in „Zielerfüllungsgrade“

Da die Zielerträge aus unterschiedlichen Maßeinheiten und aus qualitativen Aussagen bestehen, werden sie in eine einheitliche Punkteskala transformiert, die zum Ausdruck bringt, welchen Nutzwert ein Bewertungskriterium für eine bestimmte Alternative hat. Sechs „Zielerfüllungsgrade“ werden vergeben:

- 0 = Nutzung in diesem Zustand nicht realisierbar
- 1 = geringer Nutzen
- 2 = ausreichender Nutzen
- 3 = indifferent
- 4 = mittelmäßiger bis guter Nutzen
- 5 = sehr guter bis optimaler Nutzen

Die Transformation vollzieht sich in den bereits erwähnten „Zielertragsmatrizen“ (s. Tab. 6, Anhang). Ein Beispiel einer Zielertragsmatrix sei an dieser Stelle in den Text eingefügt (s. Abb. 4):

Abb. 4: Beispiel einer Zielertragsmatrix

Bewertungskriterium: 6 Angrenzende Nutzungsformen										
Folge- nutzungs- varianten	Meßkriterien									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Erholungs- landschaft mit Seen, Wald und extensiver Landwirt- schaft	Wald, Feld- gehölze, extensives Grünland	Grün- land und Brach- flächen	Acker- land, intensives Grünland	Wohn- sied- lungen	gewerb- liche und indu- strielle Nutzung				
Transformierung der Zielerträge in Erfüllungsgrade										
Wasserflächen										
LSS	5	5	5	2	2	1				
WVS	5	5	5	2	2	1				
DOK	3	3	3	3	3	3				
WNB	5	5	5	4	2	1				
Landflächen										
OEK	5	5	5	4	2	1				
FHW	5	5	5	5	4	4				
DOK	3	3	3	3	3	3				
ERE	5	5	4	2	2	1				

Quelle: eigene Darstellung nach EHLERS 1984

Abb. 5: Beispiel für den Vorgang der Kriteriengewichtung

Oberziel	hierarchisch gegliederte Teilziele		
Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
100	Standorteigenschaften der näheren Umgebung der Abgrabung	45 <ul style="list-style-type: none"> Geographische und topographische Lage und Klima Erschließung Störfaktoren Morphologische Merkmale 	17 <ul style="list-style-type: none"> Entfernung zum nächsten Wohngebiet 3 Lage im Relief 4 Exposition der Abgrabung 3 Inklination der näheren Umgebung der Abgrabung 5 Höhenlage, Jahrestemperatur und -niederschlag 2 18 <ul style="list-style-type: none"> Angrenzende Nutzungsformen 17 Zugänglichkeit (Verkehrerschließung) 1 10 <ul style="list-style-type: none"> Umweltbelastende Einflüsse von außerhalb der Abgrab. 10 12 <ul style="list-style-type: none"> Bruttoabgrabungsfläche 3 Mittlere Abbautiefe bis Sohle bzw. Wasserspiegel 3 Böschungsneigung 3 Öffnungsgrad (sohlenniveaubezogen) 2 Terrassen/Bermen 1 Sohlenrelief / Umrißformen der ebenen Sohlenflächen / Nutzbare ebene Landfläche /

Folgenutzungsvariante: LSS	Standorteigenschaften der Abgrabung	30	<ul style="list-style-type: none"> Petrographische, pedologische und hydrologische Merkmale Störfaktoren innerhalb der Abgrabung Regenerativer Zustand 	<ul style="list-style-type: none"> 7 <ul style="list-style-type: none"> Art der Abgrabung Gesteine, Substrate, Böden der ebenen Sohlenflächen Abraum- und Mutterbodenwirtschaft Wasserdurchlässigkeit des Sohlenuntergrunds 4 <ul style="list-style-type: none"> Umweltbeeinträchtigung: Betriebsanlagen Umweltbeeinträchtigung: Wilde Mülldeponie die menschliche Nutzung beeinträchtigende Faktoren 7 <ul style="list-style-type: none"> Eventuell bereits vorhandene Nutzung Vorherrschende Vegetation Besonderheiten der Abgrabung 	<ul style="list-style-type: none"> 2 2 2 1 2 1 1 3 2 2
	Standorteigenschaften der Abgrabungswasserflächen	25	Gestaltung und Beschaffenheit	<ul style="list-style-type: none"> 25 <ul style="list-style-type: none"> Gewässerfläche Mittlere Gewässertiefe Unterwasserrelief Uferprofil Umrißformen der Gewässerflächen Trophiegrad (Sichttiefe) 	<ul style="list-style-type: none"> 5 3 3 3 5 6
	Summe der Gewichtspunkte	100		100	

Quelle: eigene Darstellung nach EHLERS 1984

Tab. 2: Die Gewichtsverteilung der einzelnen Bewertungskriterien für die Folgenutzungen ökologischer Art im Verlauf des Bewertungsverfahrens

WNB	Wasserflächen			ERE	Landflächen			OEK	Folgenutzungsvariante
	DOK	WVS	LSS		DOK	FHW	OEK		
Obere Bewertungskategorie									
35	20	25	30	45	20	35	34	Standorteigenschaften der näheren Umgebung der Abgrabung	
35	70	35	45	55	80	65	66	Standorteigenschaften der Abgrabungslandflächen	
30	10	40	25	/	/	/	/	Standorteigenschaften der Abgrabungsgewässerflächen	
Untere Bewertungskategorie									
13	6	9	14	17	6	12	13	Geographische und topographische Lage und Klima	
15	7	10	13	20	7	16	13	Erschließung	
7	7	6	7	8	7	7	8	Störfaktoren außerhalb der Abgrabung	
13	10	11	12	19	23	23	20	Morphologische Merkmale	
4	22	14	7	16	19	20	10	Petrographische, pedologische und hydrologische Verhältnisse	
6	8	4	5	8	7	11	9	Störfaktoren innerhalb der Abgrabung	
12	30	6	17	12	31	11	27	Regenerativer Zustand	
30	10	40	25	/	/	/	/	Gestaltung und Beschaffenheit der Abgrabungsgewässerflächen	
Bewertungskriterien									
2	1	2	3	4	1	2	3	1 Entfernung zum nächsten Wohngebiet	
3	2	2	3	3	2	3	2	2 Lage im Relief	
2	2	2	2	4	1	2	3	3 Exposition der Abgrabung	
4	1	2	4	4	1	3	2	4 Inklination der näheren Umgebung	
2	0	1	2	2	1	2	3	5 Höhenlage, Jahrestemperatur und -niederschlag	

12	6	8	11	17	3	13	9	6	Angrenzende Nutzungsformen
3	1	2	2	3	4	3	4	7	Zugänglichkeit (Verkehrerschließung)
7	7	6	7	8	7	7	8	8	Umweltbelastende Einflüsse von außen
3	0	4	3	4	1	3	2	9	Bruttoabgrabungsfläche
3	5	1	3	2	10	4	1	10	Mittlere Abbautiefe bis Sohle bzw. Wasserspiegel
3	4	3	3	2	4	3	3	11	Böschungsneigung
2	0	2	2	1	1	3	2	12	Öffnungsgrad (sohlniveaubezogen)
2	1	1	1	2	4	3	3	13	Terrassen; Bermen
/	/	/	/	2	1	3	4	14	Sohlenrelief
/	/	/	/	3	1	2	4	15	Umrißformen der ebenen Sohlenflächen
/	/	/	/	3	1	2	1	16	Nutzbare ebene Landfläche
1	9	5	2	4	6	4	3	17	Art der Abgrabung
2	12	5	2	7	10	9	5	18	Gesteine, Substrate, Böden (ebene Flächen)
1	1	3	2	5	3	7	2	19	Abraum- und Mutterbodenwirtschaft
0	0	1	1	0	0	0	0	20	Wasserdurchlässigkeit des Sohlenuntergrundes
4	6	3	4	5	4	7	5	21	Umweltbeeinträchtigungen
2	2	1	1	3	3	4	4	22	Die menschliche Nutzung störende Faktoren
3	2	2	4	4	4	4	6	23	Eventuell bereits vorhandene Nutzung
4	7	3	5	4	2	5	8	24	Vorherrschende Vegetation
5	21	1	8	4	25	2	13	25	Besonderheiten der Abgrabung
6	2	10	5	/	/	/	/	26	Gewässerflächen
2	2	3	3	/	/	/	/	27	Mittlere Gewässertiefe
2	1	3	3	/	/	/	/	28	Unterwasserprofil
3	2	8	3	/	/	/	/	29	Uferprofil
12	2	8	5	/	/	/	/	30	Umrißformen der Gewässerflächen
5	1	8	6	/	/	/	/	31	Trophiegrad (Sichttiefe)

5. Gewichtung der Bewertungskriterien

Die Bewertungskriterien haben für die verschiedenen Nutzaspekte der Alternativen unterschiedlich starke Bedeutungen und erhalten deshalb „Gewichte“ — das heißt Bedeutungsanteile an der Gesamtbedeutung für eine Nutzungsform — die zusammen immer 100 Prozent ausmachen. Die Vergabe von Gewichtsprozenten wird durch die hierarchisch geordnete Aufstellung von „Zielbäumen“ erleichtert (s. Abb. 5). Die Gewichtsverteilung für alle ökologischen Folgenutzungen ist in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Dieser Abschnitt des Bewertungsverfahrens ist eine heikle Phase, da sie vom subjektiven Bewertungsmaßstab desjenigen, der die Gewichte verteilt, abhängig ist. EHLERS (1984) hatte daher Fragebogen an 80 Experten verschiedenster Institutionen verschickt. Die Auswertung der Umfrage — 15 Sachverständige hatten letztendlich geantwortet — ließ „in den meisten Fällen eine gute Parallelität“ erkennen (EHLERS 1984, 221). Das kommt zwar keiner statistischen Verifikation gleich, belegt aber überzeugend die Plausibilität der von ihm vorgenommenen Gewichtsverteilung, die aus diesem Grund als Vorlage für das eigene Bewertungsverfahren übernommen wurde.

6. Berechnung der „Nutzwerte“

Die Multiplikation der Zielerfüllungsgrade mit den Gewichten ergibt den „Teilnutzen“ eines Bewertungskriteriums für jede Alternative. Der „Gesamtnutzwert“ für eine Alternative errechnet sich über die Addition aller Teilnutzen. Der Rechenvorgang läßt sich in einfachen mathematischen Gleichungen ausdrücken (aus EHLERS 1984, 208; nach ZANGEMEISTER 1970):

$$T_{ij} = e_{ij} \times g_j; \quad NG_i = \sum_{j=1}^n T_{ij}$$

- T_{ij} = Nutzwert der Folgenutzungsvariante i für Teilziel (Kriterium) j
 e_{ij} = Erfüllungsgrad des Teilzieles (Kriteriums) j durch Folgenutzungsvariante i
 g_j = Gewicht des Teilzieles j
 n = Anzahl der Teilziele j
 NG_i = Gesamtnutzwert der Folgenutzungsvariante i

Die Gesamtnutzwerte der Alternativen sind allerdings noch nicht direkt miteinander vergleichbar, da sie sich aus für jede Alternative verschiedenen gewichteten Teilnutzen gleicher Bewertungskriterien ergeben. Außerdem erhalten einige Meßkriterien in den Zielertragsmatrizen keinen optimalen Zielerfüllungsgrad (= 5), wenn sie für bestimmte Alternativen irrelevant (= 3) sind oder nur einen guten Nutzen (= 4) besitzen. Das führt dann dazu, daß der maximal mögliche Gesamtnutzen eben nicht bei $100 \times 5 = 500$ Punkten, sondern je nach Alternative um unterschiedliche Punktwerte darunter liegt.

Um diese Uneinheitlichkeit und mangelnde Vergleichbarkeit zu überwinden, muß eine „Eichung“ erfolgen, die die „absoluten“ in „relative“ Gesamtnutzwerte

überführt. Dieser letzte Verfahrensschritt unterscheidet sich deutlich von der Vorgehensweise von EHLERS (1984). EHLERS hatte die absoluten Gesamtnutzwerte relativiert, indem er das statistische Instrument der kumulierten Summenprozentente zu Hilfe nahm und darauf basierend Prozentränge bildete, die er in Klassen verschiedener Eignungsstufen einteilte. Dadurch geht aber der Zusammenhang zwischen diesen Endergebnissen mit den direkt ermittelten, ursprünglichen absoluten Gesamtnutzwerten verloren. Eine Überprüfung der „EHLERSchen Werte“ anhand der unten aufgeführten Tabelle zeigt, daß beispielsweise bei der Folgenutzung „FWE“ ein absoluter Gesamtnutzwert von 404 Punkten eine geringe Eignung (Nutzungseignungsklasse IV) bedeuten soll, bloß weil die Hälfte der Beobachtungen höhere Werte aufweist.

Tab. 3: Statistische Werte für landflächengebundene Folgenutzungsvarianten einschließlich der Nutzungseignungsklassen durch Summenprozentente der Gesamtnutzwerte

Folgenutzungsvariante	Anzahl der Bewertungen	Minimum	Maximum	Median	Nutzungseignungsklassen			
					I 100—90 %	II < 90—75 %	III < 75—50 %	IV < 50 %
1.1 OEK	188	295	458	390	458—432	431—411	410—390	≤ 389
1.2 FHW	186	338	409	377	409—397	396—389	388—377	≤ 376
1.3 DOK	19	345	404	383	404—399	398—394	393—383	≤ 382
2.1 LWA	3	322	484	355	484—456	455—411	410—355	≤ 354
2.2 LWE	42	298	464	378	464—446	445—411	409—378	≤ 377
3.1 FWA	41	303	436	366	436—408	407—399	398—366	≤ 365
3.2 FWE	126	318	463	405	463—443	442—428	427—405	≤ 404
4.1 SWO	13	314	421	347	421—386	385—374	373—347	≤ 346
4.2 EWO	63	322	411	362	411—387	386—374	373—362	≤ 361
4.3 IGB	53	255	405	312	405—361	361—339	338—312	≤ 311
4.4 KLG	83	283	439	351	439—399	398—379	372—351	≤ 350
4.5 LVK	163	224	405	308	405—355	354—336	335—308	≤ 307
5.1 PAR	181	289	457	373	457—430	429—400	399—373	≤ 372
5.2 SSI	33	333	435	386	435—415	414—404	403—384	≤ 383
5.3 SSA	86	294	455	371	455—420	419—390	389—371	≤ 370
5.4 LTR	183	312	445	386	445—415	414—403	402—386	≤ 385
5.5 ERE	190	295	442	389	442—431	430—418	417—389	≤ 388
6.1 MTN	10	280	355	312	355—334	333—324	323—312	≤ 311

Quelle: EHLERS 1984, 232

Abb. 6: Beispiel einer Bewertungsmatrix

Bewertungsmatrix ökologisch orientierter Folgenutzungsvarianten der Abgrabung: Objekt-Nr. 26 (R 3463400/H 5463950): Kiesgrube (Naß-Abbau) beim Insultheimer Hof, N von Altlußheim																
Obere Bewertungskategorie	Untere Bewertungskategorie	Bewertungskriterien	Folgenutzungen													
			LSS			WVS			DOK			WNB				
			G	E	T	G	E	T	G	E	T	G	E	T		
Standort-eigen-schaften der nä-heren Um-gebung der Abgra-bung	Geograpische und topographi-sche Lage und Klima	1	Entfernung zum nächsten Wohngebiet	3	2	6	2	2	4	1	3	3	2	5	10	
		2	Lage im Relief	3	5	15	2	5	10	2	3	6	3	5	15	
		3	Exposition der Abgrabung	2	3	6	2	4	8	2	3	6	2	4	8	
		4	Inklination der näheren Umgebung	4	5	20	2	5	10	1	3	3	4	5	20	
		5	Höhenlage, Jahrestemperatur und -niederschlag	2	3	6	1	5	5	0	.	.	2	4	8	
	Erschließung	6	Angrenzende Nutzungsformen	11	5	55	8	5	40	6	3	18	12	5	60	
		7	Zugänglichkeit/Verkehrerschließung	2	2	4	2	1	2	1	4	4	3	4	12	
		Störfaktoren au-ßerhalb d. Abgr.	8	Umweltbelastende Einflüsse von außen	7	5	35	6	5	30	7	5	35	7	5	35
Standort-eigen-schaften der Abgra-bung	Morphologische Merkmale	9	Bruttoabgrabungsfläche	3	3	9	4	4	16	0	3	0	3	5	15	
		10	Mittlere Abbautiefe bis Sohle bzw. Wsp.	3	3	9	1	5	5	5	2	10	3	2	6	
		11	Böschungsneigung	3	3	9	3	1	3	4	4	16	3	4	12	
		12	Öffnungsgrad (sohlniveaubezogen)	2	5	10	2	4	8	0	3	0	2	5	10	
		13	Terrassen/Bermen	1	3	3	1	3	3	1	3	3	2	4	8	
		14	Sohlenrelief
		15	Umrißformen der ebenen Sohlenflächen
		16	Nutzbare ebene Landfläche
	Petrographische, pedolog. und	17	Art der Abtragung	2	4	8	5	5	25	9	4	36	1	5	5	
		18	Gestein, Substrat, Böden (ebene Flächen)	2	5	10	5	5	25	12	5	60	2	5	10	

hydrologische Merkmale	19	Abraum- und Mutterbodenwirtschaft	2	4	8	3	4	12	1	3	3	1	5	5	
	20	Wasserdurchlässigkeit (Sohlenuntergrund)	1	5	5	1	5	5	0	.	.	0	.	.	
Störfaktoren innerhalb der Abgrabung	21	Störfaktor Betriebsanlagen	2	2	4	2	2	4	1	3	3	2	5	10	
	22	Störfaktor Wilde Mülldeponie	2	5	10	1	5	5	5	5	25	2	5	10	
	23	Störfaktor für die menschliche Nutzung	1	3	3	1	3	3	2	3	6	2	4	8	
Regenerativer Zustand	24	Eventuell bereits vorhandene Nutzung	4	4	16	2	2	4	2	3	6	3	5	15	
	25	Vorherrschende Vegetation	5	5	25	3	4	12	7	3	21	4	5	20	
	26	Besonderheiten der Abgrabung	8	3	24	1	3	3	21	0	0	5	1	5	
Standort-eigen-schaften der Abgrabungsgewässer	Gestaltung und Beschaffenheit	27	Gewässerfläche	5	5	25	10	3	30	2	0	0	6	4	24
		28	Mittlere Gewässertiefe	3	5	15	3	4	12	2	0	0	2	3	6
		29	Unterwasserrelief	3	5	15	3	5	15	1	0	0	2	5	10
		30	Uferprofil	3	3	9	8	5	40	2	0	0	3	3	9
		31	Umrißformen der Gewässerflächen	5	2	10	8	2	16	2	0	0	12	2	24
		32	Trophiegrad (Sichttiefe)	6	2	12	8	2	16	1	0	0	5	3	15
Summe der Gewichte G			100		100			100			100				
Gesamtnutzen GN = Summe der Teilnutzen T					386			371			0			395	
Relativer Gesamtnutzen RGN					0.814			0.77			0			0.82	

Quelle: eigene Darstellung

Erläuterungen zur Bewertungsmatrix

G = Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien: in „von Hundert“

E = Erfüllungsgrad der einzelnen Bewertungskriterien:

0 absolut kein Nutzen

1 geringer bis fast vernachlässigbarer Nutzen

2 ausreichender Nutzen

3 indifferenter Nutzen

4 mittelmäßiger bis guter Nutzen

5 sehr guter bis maximaler Nutzen

T = $G \times E$: Teilnutzen der Abgrabung für die betreffende Folgenutzung

GN = Summe der Teilnutzen T: Gesamtnutzen

Die Korrelation zwischen absoluten und relativen Werten bleibt besser gewahrt, wenn man einen simplen mathematischen „Kniff“ anwendet und die aus der Datenerhebung ermittelten absoluten Gesamtnutzwerte durch die Gesamtsumme der nach den Zielertragsmatrizen maximal möglichen Teilnutzen für jede Alternative dividiert:

Folgenutzungsvariante	Berechnung des relativen Gesamtnutzens
OEK	RGN = GN:480
FHW	RGN = GN:432
DOK (Landflächen)	RGN = GN:428
ERE	RGN = GN:463
LSS	RGN = GN:474
WVS	RGN = GN:482
WNB	RGN = GN:484

Jetzt erst ist es möglich, die Eignungsgrade der Abgrabungsstandorte für bestimmte Nutzvarianten bzw. die Eignungsgrade der verschiedenen Nutzvarianten für einen bestimmten Abgrabungsstandort direkt miteinander zu vergleichen.

4.5 Darstellung der Standortbewertung in Form von Computer-Matrizen

Die Bewertung der 45 untersuchten Abgrabungsstellen erfolgte mittels EDV am Heidelberger Universitätsrechenzentrum und wurde in Form von Matrizen — siehe hierzu Abbildung 6 — festgehalten. Die Matrizen enthalten in kompakter, anschaulicher Form die einzelnen Schritte der Verfahrensstruktur bis hin zum Endergebnis der relativen Gesamtnutzwerte.

Anwendung der Bewertungsmatrizen in der Landschaftspflege:
Weiterhin weisen die Matrizen eine Fülle von Einzelinformationen auf, die im praktischen Bereich der Landschaftspflege verwendet werden können.

Nehmen wir das in Abbildung 6 vorgestellte Beispiel der Bewertungsmatrix für den Naßkiesabbau „Silzwiesen“, nördlich von Altlußheim. Wir machen uns sogleich auf die Suche nach gravierenden Standortmängeln bezüglich der ökologischen Folgenutzungen, das heißt nach hochgewichteten, aber mit einem geringen Erfüllungsgrad bewerteten Standortkriterien. Es ist festzustellen, daß sich an den meisten Standortbeeinträchtigungen nichts verändern ließe: weder an der geringen Entfernung zum nächsten Wohnort (Kriterium 1), noch an der minderen Qualität des Wassers (Kriterium 32), noch an dem Mangel an Besonderheiten (Kriterium 26). Verbessern ließe sich aber unmittelbar die für alle ökologischen Folgenutzungen bedeutsame Grenzlinienwirkung der Gewässerränder, die

durch die rechteckige, geradlinige Form der Gewässerfläche stark eingeschränkt ist (Kriterium 31: Umrißformen der Gewässerflächen). Für die Folgenutzung 'WVS' könnten außerdem die Ufer oberhalb des mittleren Wasserspiegels flacher und abwechslungsreicher gestaltet werden (Kriterium 11). Da der Abbau weiter voran schreitet, wird auch die Gewässerfläche (Kriterium 27) zunehmen und günstigere Bedingungen schaffen. Dann wäre der Baggersee als Wat- und Wasservogelsee bereits gut geeignet.

Auf diese Weise können auch die parallel zum Abbaubetrieb oder nach der Stilllegung zu leistenden Rekultivierungsmaßnahmen überprüft werden. Seit der Neufassung des Bundesnaturschutzgesetzes von 1975 und den damit verbundenen Rekultivierungsrichtlinien der Länder müssen alle Betriebe der Steine- und Erdenindustrie, um eine Genehmigung zur Erschließung neuer Flächen zu erhalten, Rekultivierungspläne vorlegen, die auf einer bestimmten, a priori festgelegten Folgenutzung basieren. Doch in der Praxis geschieht es sicherlich, daß sich landschaftspflegerische Fehler einschleichen oder daß die Rekultivierungsaufgaben nur nachlässig befolgt werden. Mit Hilfe der Bewertungsmatrizen könnte man Abgrabungsbetriebe auf ihre Rekultivierungsleistung hin überprüfen und bei festgestellten Mängeln Korrekturmaßnahmen veranlassen.

5. Tabellarische und kartographische Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Aus den 45 Bewertungsmatrizen lassen sich die relativen Gesamtnutzwerte für die ökologischen Nutzvarianten zusammenstellen. Für eine leichter einsehbare, geordnete Darstellung empfiehlt es sich, die RGN in verschiedene Eignungsklassen einzuteilen (s. Tab. 4). Dieser Schritt entspricht der Beurteilungsphase im Ablaufschema einer Nutzwertanalyse und bereitet eine Entscheidung in der konkreten Situation eines Raumplanungsverfahrens vor.

Tab. 4: Beschreibung der Nutzungseignungsklassen

Klasse	Prozentanteil am maximal erreichbaren Nutzwert	verbale Eignungsbeschreibung
V	< 75	unter gegebenen Standortbedingungen zur Zeit wenig geeignet
IV	> 75— 80	bedingt geeignet
III	> 80— 85	geeignet
II	> 85— 90	gut geeignet
I	> 90—100	sehr gut bis optimal geeignet

Quelle: eigene Darstellung

Tab. 5: Gesamtübersicht der Abgrabungen, die für die ökologischen Hauptnutzungen die Eignungsklassen I bis III aufweisen

Abgrabung			Hauptnutzung nach Eignungsklassen			Nebennutzung nach Nutzungsklassen		
			I	II	III	I	II	III
Trocken- abbau	1	Stg. Muschelkalksteinbr. Schatthausen			OEK	DOK		
	2	Tongrube, Nußloch		OEK	FHW		DOK	ERE
	3	Stg. Muschelkalksteinbruch, Leimen		OEK, FHW		DOK		
	4	Stg. Kiessandgrube, Heidelberg		OEK, FHW				
	6	Aufg. Granitsteinbruch, Zotzenbach		OEK		DOK, ERE		
	7	Buntsandsteinbruch, Rockenau		OEK		DOK, ERE		
	8	Buntsandsteinbruch, Gaimühle			OEK	DOK, ERE		
	9	Schilfsandsteinbruch, Weiler			FHW	DOK		
	11	Muschelkalksteinbruch, Mauer			FHW	DOK	ERE	
	12	Granitsteinbruch, Niederliebersbach		OEK	FHW	ERE		
	13	Granitsteinbruch, Walderlenbach		OEK		ERE, DOK		
	15	Muschelkalkstbr., Neckarbischofsheim			OEK, FHW	DOK		ERE
	16	Aufg. Muschelkalkstbr. Eschelbronn	OEK, FHW			DOK, ERE		
	18	Aufg. Quarzporphyrstbr., Dossenheim			OEK	DOK, ERE		
	19	Stg. Quarzporphyrstbr., Schriesheim		OEK		DOK, ERE		
21	Tongrube, Rauenberg			FHW	DOK			
23	Tongrube, Malsch		FHW				DOK, ERE	
29	Muschelkalksteinbruch, Nußloch	OEK	FHW		ERE		DOK	

	30	Muschelkalksteinbruch, Wiesloch	OEK		DOK, ERE
	31	Stg. Quarzporphyrstbr., Dossenheim		OEK	DOK ERE
	32	Quarzporphyrstbr., Dossenheim		OEK	DOK, ERE
	33	Amphibolitstbr., Mackenheim		OEK	DOK, ERE
	36	Bundsandsteinbruch, Igelsbach		OEK	DOK, ERE
	41	Lößlehmgrube, Maisbach	FHW		ERE
	42	Aufg. Sandgrube, Walldorf	OEK		ERE
	43	Kiessandgrube, Heidelberg		FHW	
	44	Lößlehmgrube, Lobenfeld		FHW	
	45	Verfüllte Kiessandgrube, Heidelberg		FHW	
Naß- abbau	24	Aufg. Baggersee, Rot		LSS	WNB
	25	Baggersee, Rot		LSS	WNB
	26	Baggersee, Altlußheim		LSS	WNB
	27	Aufg. Baggersee, Altlußheim		LSS	WNB
	28	Stg. Baggersee, bei Brühl		LSS	WNB
	34	Aufg. Tongruben, bei Wiesloch		LSS	WNB

Quelle: eigene Darstellung

Der Grenzwert der untersten Klasse von 75 Prozent entspricht etwa der Hälfte der Spannweite zwischen den geringstmöglichen und den höchstmöglichen Gesamtnutzwerten. Die höchste Klasse wurde doppelt so breit gewählt wie die Klassen II, III und IV, weil in der Realität der Optimalwert unerreicht bleibt. Selbst das Naturschutzgebiet „Zugmantel“ (Nr. 42) weist für die Folgenutzung 'OEK' nur einen RGN von 95,4 Prozent auf.

Nach der vollzogenen Klassifizierung der RGN werden alle Abgrabungsstandorte, die für eine ökologische Hauptnutzung geeignet sind, in einer Tabelle zusammengestellt. Tabelle 5 enthält die Bewertung in Form der Eignungsklassen I, II und III; die Abgrabungen mit einer geringeren Standortqualität bleiben unberücksichtigt. Die kartographische Umsetzung der Untersuchungsergebnisse geschieht in Abbildung 7; die Karte beschreibt die Standorteignung aller Abgrabungen für die ökologischen Folgenutzungen 'OEK' und 'LSS'.

6. Beschreibung der Standortqualitäten der untersuchten Abgrabungen für die ökologischen Folgenutzungen

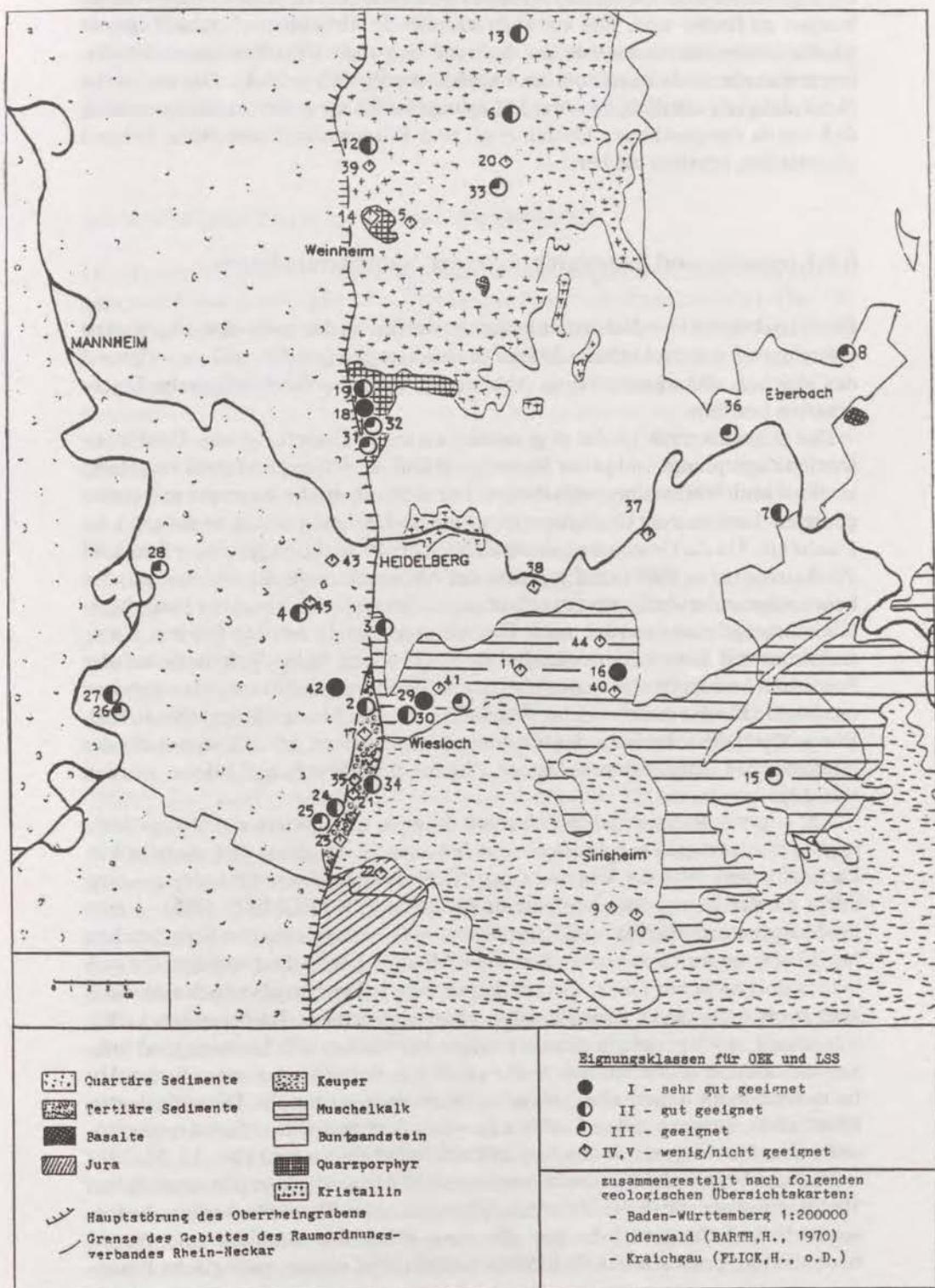
6.1 Betriebene und stillgelegte Abgrabungen

Die stillgelegten Abgrabungen weisen in der Regel fest implementierte Folgenutzungen auf oder sind — vor allem die zahlreichen unter 1 ha großen Objekte — von der Natur vollständig zurückerobert worden. Doch auch die betriebenen Abgrabungen verfügen über Flächen, die vom Abbaubetrieb ungestörte Renaturierungsprozesse erlauben.

Tatsächlich steht der nach dem Bewertungsverfahren ermittelte, durchschnittliche ökologische Eignungswert der betriebenen Abgrabungen dem der stillgelegten Abgrabungen nicht nach. Er liegt sogar nach dem Bewertungsverfahren für die Folgenutzungen 'OEK' und 'LSS' mit einem durchschnittlichen RGN von 82,4 Prozent gegenüber 79,3 Prozent bei den stillgelegten Abgrabungen geringfügig höher. Wenn man bedenkt, daß einige der sehr hoch bewerteten Abgrabungen (Nr. 1, 3, 16, 19, 31; siehe im folgenden stets Abb. 7. Außerdem kam dazu die Magisterarbeit des Verfassers in der Bibliothek des Geographischen Instituts der Universität Heidelberg eingesehen werden.) erst seit kurzer Zeit stillgelegt sind und keineswegs zu den in die umgebende Landschaft reintegrierten Standorten zählen, trifft es eher zu, daß die schon länger stillgelegten Steinbrüche und Gruben einen im allgemeinen etwas niedrigeren Biotopwert besitzen als frisch aufgelassene Abgrabungen.

Letztere beherbergen auf den spärlich oder locker bewachsenen Flächen Biozönosen früher Sukzessionsstadien, die bei weitfortgeschrittener Sukzession — und beschleunigt durch das Abböscheln von Steilwänden und andere Rekultivierungsmaßnahmen — von der zunehmenden, immer dichter und höher werdenden Vegetation verdrängt werden, ein gutes Beispiel liefern die Gelbbauchunken,

Abb. 7: Die Standorteignung der untersuchten Abgrabungen für die ökologische Folgenutzungen OEK und LSS



Quelle: eigene Darstellung

die vegetationsfreie Gewässer benötigen und daher eher in betriebenen Abgrabungen zu finden sind. Der vorwärtsschreitende Abbaubetrieb schafft immer wieder frische Sukzessionsphasen, während sich andere Flächen ungestört weiterentwickeln, so daß eine enorme, ökologische Vielfalt entsteht. Das macht die Notwendigkeit deutlich, nach der Stilllegung von Abbaustellen darauf zu achten, daß durch entsprechende Gestaltungs- und Pflegemaßnahmen frühe Sukzessionsstadien erhalten bleiben.

6.2 Kristallin- und Sandsteinbrüche der Natursteinindustrie

Die Steinbrüche der Natursteinindustrie werden nicht nach den abgebauten Gesteinarten unterschieden, sondern in eine Gruppe gestellt, weil sie aufgrund der gleichen, charakteristischen Abbauweise ähnliche morphologische Eigenschaften besitzen.

Der Abbaubetrieb ist im allgemeinen extensiv. Einzelne große Felsblöcke werden abgesprengt und in der Steinsägerei und -schleiferei und auch von Hand zu Bau- und Werksteinen verarbeitet. Die Abbaubetriebe kommen mit einem geringen Einsatz von Großmaschinen aus und nehmen selten mehr als 5 ha Fläche ein. Da die Gewinnung ausschließlich der Produktion spezieller Bau- und Werksteine dient, fällt fast die Hälfte des Abbaumaterials als Abraum an, der heutzutage anderweitig unverwertbar ist und im räumlich beengten Betriebsgelände untergebracht werden muß. Der Abraum besteht aus den feinsten Kornfraktionen bis hin zu übermannshohen Felsbrocken. Seine Verteilung auf der Sohlenfläche schafft die mannigfaltigsten Standortverhältnisse; oft entstehen temporäre Flachwasserbereiche, Feuchtflächen oder kleine Tümpel (Nr. 6, 7, 8). Einige Betriebe schneiden den Grundwasserspiegel an, so daß sich nach der Aufgabe der Abpumpvorrichtungen kleine Steinbruchseen bilden würden (Nr. 13).

Auf engstem Raum ergeben sich somit im nicht rekultivierten Abbaugelände sehr verschiedene Lebensbedingungen für aquatische, xero- und thermophile Lebensformen. Was die Vogelwelt betrifft, so besitzen hohe Felswände — vor allem die der Buntsandsteinbrüche im Odenwald (SCHILLING 1985) — eine große Bedeutung als Nist- und Brutplätze von Greifvögeln; in den Steinbrüchen Nr. 13 und 36 waren in letzter Zeit wieder Falken beobachtet worden, die sich jedoch dort nicht auf Dauer niedergelassen haben. Die betriebenen Steinbrüche sind noch weitgehend vegetationsfrei oder höchstens in Teilbereichen locker bewachsen, doch gerade in diesem Frühstadium lassen sich hervorragend Sukzessionsabläufe studieren, zumal der extensive, teilweise nur sporadische Abbaubetrieb keine dauerhaften, massiven Störungen verursacht. Die stillgelegten Steinbrüche dagegen geben Einblick in weiter fortgeschrittene Sukzessionsprozesse (Nr. 6), vielerorts ist das Klimaxstadium bereits erreicht (Nr. 12, 37, 39).

Die Steinbrüche des Buntsandsteinodenwaldes liegen in einer dünnbesiedelten Waldlandschaft, die in der Nähe des Ballungsraumes Rhein-Neckar eine bedeutende Naherholungsaufgabe hat. Sie sind daher für Wandern und Naturbeobachtung prädestiniert. Zahlreiche Steinbrüche weisen geologische Beson-

derheiten auf und sollten zumindest im Wandbereich als Naturdenkmal erhalten bleiben (Nr. 6, 7, 8, 36).

Wie gut sich die relativ kleinen Abbaustellen in die landschaftliche Umgebung reintegrieren und diese bereichern, belegen eindrucksvoll die malerisch roten Felswände der alten Buntsandsteinbrüche des Neckartals, die ein natürliches Erscheinungsbild suggerieren.

6.3 Kristallinbrüche der Hartsteinindustrie

Die Hartsteinbrüche des Odenwaldes sind durch die gleiche Abbaweise und die gleichen Absatzverhältnisse des abgebauten Materials charakterisiert. Das Gestein wird im Großbohrlochverfahren in ganzen Felspartien abgesprengt, durch sogenannte „Knäppersprengungen“ und anschließend in Steinmühlen weiter zerkleinert und überwiegend als Schotter, Split und Brechsand für den Straßenbau und als Betonzuschlagsstoff verkauft. Da fast kein unverwertbarer Abraum anfällt und sich der Verkauf nur in großen Mengen lohnt, führt der kapitalintensive, mit Großmaschinen betriebene Abbau zu weiten, offenen, abraumfreien Sohlenflächen und sehr hohen Abbauwänden. Der größte Steinbruch dieser Gruppe bei Weinheim (Nr. 14) besitzt ein Areal von 34 ha und eine maximale Wandhöhe von 220 m (!), die in 7 Sohlen unterteilt ist.

Während des intensiven Abbaubetriebes kann nur in den Randzonen und den abgelegeneren, bereits stillgelegten Bereichen Vegetation aufkommen. Dennoch gibt es reichlich Flächen, die vom Betrieb kaum beeinträchtigt sind, da das gesamte Betriebsgelände in der Regel recht groß ist. Und auch hier entstehen – weiträumiger als bei den Steinbrüchen der Natursteinindustrie – sehr verschiedenartige Standortverhältnisse. So ergibt sich für die drei Steinbrüche mit den Nummern 31, 32 und 33 trotz intensiven Betriebs und trotz der Vegetationsarmut ein befriedigender Nutzwert der Eignungsklasse III für die Folgenutzung 'OEK'; der „Vatter“-Steinbruch bei Dossenheim (Nr. 32) beherbergt beispielsweise die auf der Roten Liste stehende Art der Gelbbauchunken.

Wie reichhaltig auf den weiten, fast bodensubstratfreien Felsflächen die Vegetation sich ohne Rekultivierungsmaßnahmen entwickeln kann, zeigt der „Ölberg“-Steinbruch bei Schriesheim (Nr. 19). Die artenreiche und zum Teil seltene Flora und Fauna des Steinbruches nach knapp 20 Jahren Stilllegung ist geradezu verblüffend. Sie hat die Bezirksstelle für Naturschutz und Landespflege veranlaßt, seine Unterschutzstellung zu beantragen.

Die Steinbrüche Nr. 14, 18 und 19 gelten außerdem als schutzwürdige geologische Besonderheit. Da die Abgrabungen überwiegend in oder am Rande des Waldes liegen, sind sie für Wandern und Naturbeobachtung gut bis sehr gut geeignet; die hohen Abbauwände müssen dann allerdings gut abgesichert sein.

Die gravierenden Umweltbelastungen der Abbaustellen – vor allem durch die Veränderung des Landschaftsbildes – dürfen aber nicht vergessen werden. Die Steinbrüche Nr. 14, 19, 31 und 32 liegen allesamt am Odenwaldrand zur Rheinebene hin und sind mit ihren 80–220 m hohen Felswänden weithin sichtbar. Der große Mangel an Abraum stellt die geomorphologische Wiedereingliederung vor erhebliche Schwierigkeiten (vgl. SÄNGER 1989, unv.).

6.4 Kalksteinbrüche

Die Kalksteinbrüche des Kraichgaus unterscheiden sich in ihrer Abbauweise wenig von denen der Hartsteinindustrie des Odenwaldes. Die Abbaubetriebe nehmen ausgedehnte Flächen von in der Regel 10—20 ha, in einem Fall sogar von 70 ha (Nr. 29) ein. Die Höhe der Abbauwände überschreitet aber selten 30 m. Auch hier läßt sich das abbauwürdige Gestein vollständig verwerten, doch fällt außerdem eine große Abraummenge an, weil die wirtschaftlich wertlosen Gesteinsschichten über dem Muschelkalk zum Teil eine beachtliche Mächtigkeit besitzen. Die Rekultivierbarkeit ist daher im allgemeinen günstig einzuschätzen, zumal in der Lößlehmlandschaft des Kraichgaus genügend Bodensubstrat zur Verfügung steht.

Die Standortverhältnisse sind ähnlich vielseitig wie bei den zuvor beschriebenen Abgrabungsarten. Außerdem bieten die günstigen klimatischen Bedingungen im Kraichgau und dem Bereich der Bergstraße — milde Winter und relativ hohe Jahresmitteltemperaturen — und das Vorhandensein kalkreicher Substrate, sonnenbeschienener Hänge und Steilwände aus Lößlehm und Kalkstein xerothermophilen, mediterran geprägten Lebensgemeinschaften einen Lebensraum, der in der alten Bundesrepublik Deutschland sonst nur noch am Kaiserstuhl zu finden ist (WEISER 1980). Bemerkenswert ist auch der Reichtum an Gehölzarten (IFEU 1985).

Nach dem ökologischen Bewertungsverfahren stellen die Kalksteinbrüche des Kraichgaus die Spitzengruppe unter den Abgrabungen für die Folgenutzung 'OEK'. Der Steinbruch bei Eschelbronn (Nr. 16) ist bereits als flächendeckendes Naturdenkmal geschützt. Weiterhin sind Bestrebungen im Gange, die Steinbrüche Nr. 1, 3, 15 und 29 unter Naturschutz zu stellen. Bei einer landwirtschaftlichen Rekultivierung, der in der Agrarlandschaft des Kraichgaus häufig der Vorrang eingeräumt wird (Nr. 15, 29), bietet sich als ökologische Bereicherung wenigstens der Erhalt der Steilwände und der Aufbau von Feldgehölzinseln an.

Ausnahmen von diesem bemerkenswerten Biotopreichtum bilden die 1987 stillgelegte Abbaustelle bei Mauer (Nr. 11) — die sich bei der Untersuchung als engräumig, steil und hoch, schattenexponiert, arm an Abraum und Mutterboden und nahezu vegetationsfrei erwies — und die zwei kleinen aufgelassenen Steinbrüche Nr. 10 und 40, die bereits in Folgenutzung übergegangen sind.

Schutzwürdige geologische Besonderheiten besitzen die Steinbrüche Nr. 1, 3, 15, 16 und 30.

6.5 Tongruben

Die Tongruben am Rand des Oberrheingrabens zwischen Nußloch und Malsch verfügen größtenteils über eine außergewöhnliche Flora und Fauna. Sie entwickeln sich generell zu Feuchtbiotopen, da Vernässungs- und Flachwasserzonen aufgrund der wasserstauenden Eigenschaften des Tons sehr häufig auftreten. In vielen Fällen liegt die Grubensohle im Grundwasserniveau, so daß sich die Grube nach der Stilllegung mit Wasser füllt.

Im Untersuchungsraum stehen zwei aufgelassene Tongrubenseen nebst umliegendem Gelände bei Wiesloch-Frauenweiler (Nr. 34) seit 1983 unter Naturschutz; ein weiteres Tongrubengelände zwischen Nußloch und Walldorf (Nr. 2) befindet sich in der Naturschutzplanung. Die Tongrube „Dämmelwald“ bei Wiesloch (Nr. 17) gilt nach der Biotopkartierung Baden-Württembergs 1986 gleichfalls als potentiell Naturschutzgebiet, war aber zum Zeitpunkt der eigenen Erhebung wegen erheblicher Müll- und Bauschuttalagerungen nur bedingt geeignet. Außerdem ist die Grube nach wie vor unzureichend gegen den regen Verkehr der direkt angrenzenden Schnellstraße und der Zubringerstraße abgeschirmt. Auch die zwei betriebenen Tongruben bei Rauenberg und Melsch (Nr. 21 und 23) entwickeln sich allmählich zu wertvollen Biotopen, sind aber aufgrund verschiedener Störfaktoren vorerst nur für eine Nutzung als 'FHW' geeignet. Von allen Abgrabungsarten entwickeln sich aus Tongruben sicherlich die vielseitigsten Feuchtbiotope. Darüber hinaus sind die meisten der untersuchten Gruben (Nr. 2, 17, 21, 22, 23) in die Liste schützenswerter und schutzbedürftiger geologischer Naturdenkmäler von SCHÖTTLE (1984) aufgenommen worden.

Auf der anderen Seite wird Tongruben eine hohe Bedeutung als günstiger Standort für eine Zwischennutzung als Mülldeponie beigemessen. Solange die Interessen des Naturschutzes und der Landschaftspflege in einer Planungsregion insgesamt nicht zu kurz kommen, ist gegen die Verfüllung einzelner Abgrabungen auch nichts einzuwenden. Im Rhein-Neckar-Kreis wurde in diesem Sinne sogar der günstigste Standort für eine Kreismülldeponie ausgesucht, denn tatsächlich besitzt unter allen großen Tongruben des Kreises die Grube bei Rettigheim (Nr. 22) den niedrigsten Biotopwert, so daß der Verlust relativ gering bleibt.

6.6 Baggerseen des Naßabbaus von Sand und Kies

Baggerseen schaffen Lebensraum für hydrophile Lebensformen, wenn sie in geeigneter Weise gestaltet und gepflegt werden. Ihr Schutz vor Umweltverschmutzungen ist besonders wichtig, da sie mit kostbarem, noch relativ unbelastetem Grundwasser im engen Kontakt stehen. Wasser- und Watvögel, Amphibien, aquatische Tier- und Pflanzenarten sind auf permanente Wasser- und Feuchtflächen angewiesen, deren natürliche Standorte in unserer flurbereinigten Landschaft zum großen Teil schwer beeinträchtigt oder beseitigt sind. Da der Naßkiesabbau selbst große Feuchtgebiete vernichtet hat, müssen die neuentstandenen Seen unbedingt landschaftsökologischen Aufgaben dienen.

Die in die Untersuchung aufgenommenen 5 Baggerseen in der Rheinebene sind alle für eine Nutzung als Landschaftssee und für eine extensive Naherholung geeignet; allerdings erfüllt nur eine der Abgrabungen (Nr. 27) die spezifischen Anforderungen eines Watvogelsees. Hervorzuheben ist der betriebene Baggersee bei Rot (Nr. 25). Die Steilufer der westlichen Seeumrandung beherbergten bis vor kurzem eine der größten Uferschwalbenkolonien Nordbadens mit zirka 180 Brutpaaren (MAHLER 1980). Leider hat die strikte Befolgung der veralteten, einer Fischereinutzung angepaßten Rekultivierungsaufgabe dazu geführt, daß mittlerweile die Steilufer größtenteils abgeböscht sind. In der „Biotopkartierung

Baden-Württemberg 1986“ wird das Abbaugelände dennoch — wegen der an den verbliebenen Steilufern aufgeschlossenen würmeiszeitlichen Schotter und den dort guten Brutmöglichkeiten — als Landschaftsschutzgebiet und flächen-deckendes Naturdenkmal vorgeschlagen.

6.7 Trockenabbau von Lehm, Sand und Kies

Der Trockenabbau von Lehm, Sand und Kies zeichnet sich durch die gemeinsamen Merkmale einer geringen Abbautiefe, die selten tiefer als 10 m reicht, und eine geringe Abbaufäche von in der Regel weniger als 5 ha aus. Die Abbaustellen hinterlassen deshalb keine größeren Spuren in der Landschaft; größtenteils werden sie ohnehin verkippt oder durch Abböschungen wieder an das Gelände-relief angeglichen.

Eine ungestörte Biotopentwicklung ist wegen der geringen Flächengröße in den meisten Fällen ausgeschlossen. Ausnahmen bilden von den untersuchten Abbaustellen das zirka 7 ha große Naturschutzgebiet des ehemaligen Dünen-sandabbaus in der Waldgemarkung von Sandhausen (Nr. 42) mit der in der Untersuchung am höchsten ermittelten ökologischen Wertigkeit und eine zirka 1 ha große, umzäunte Kiessandgrube in der landwirtschaftlichen Nutzfläche zwischen Heidelberg und Schwetzingen (Nr. 4), die aus Feldgehölzen mit verschiedenen ökologischen Kleinzellen besteht.

Viele Trockenabgrabungen — insbesondere die des Neckarschwemmfächers und die des Lößlehmabbaus im Kraichgau — bieten immerhin die Möglichkeit, durch die Anlage von Feldgehölzinseln die Agrarlandschaft zu bereichern. Die Abgrabungen mit den Nummern 41, 42, 43, 44 und 45 sind hierfür gut bis sehr gut geeignet. Das gleiche gilt auch für die unvernäbten Randzonen von Tongruben, die im Untersuchungsraum in der Regel von landwirtschaftlicher Nutzung umgeben sind.

7. Schlußbetrachtung

Die Untersuchung von Abgrabungen des Rhein-Neckar-Raumes, östlich des Rheins zeigt, daß im Grunde alle Abgrabungen — gleich welches Gestein abgebaut wird, ob sie betrieben oder stillgelegt sind oder ob es sich um Trocken- oder Naßabgrabungen handelt — ein gutes Eignungspotential für ökologische Folgenutzungen besitzen: Rund 3/4 der untersuchten Abbaustellen haben sich als geeignet bis sehr gut geeignet erwiesen.

Sofern keine nachhaltigen Umweltbeeinträchtigungen innerhalb und in der näheren Umgebung der Abgrabung vorherrschen, kann fast jede Abgrabung — wenn man sie läßt — einen ökologischen Sonderwert erlangen, denn schließlich benötigt der Naturschutz jede freie Fläche, die in der vom Menschen total okkupierten Landschaft übrigbleibt oder — beispielsweise durch aufgelassene Abgrabungen — neu entsteht.

Ohne die teilweise gravierenden Umweltbeeinträchtigungen und den Verbrauch landschaftsökologisch wertvoller Flächen durch den Abbau von Steinen und Erden herunterspielen zu wollen, muß hier eindeutig festgestellt werden: Abgrabungen liefern — oft ohne willentliches Zutun des Menschen — einen wertvollen Beitrag zur ökologischen Bereicherung der Landschaft. Gerade deshalb, weil der Abbaubetrieb zunächst negative Umweltauswirkungen impliziert, sollte es Aufgabe der Raumplanung sein, das Potential der Abgrabungen zur Sekundärbiotopentwicklung entsprechend zu berücksichtigen. Bislang liegt der Flächenanteil nachhaltig reintegrierter Abgrabungen für die Belange des Naturschutzes jedoch bei nur 6—7 Prozent (DINGETHAL et al 1985). Das ist entschieden zu wenig. Angesichts von noch nicht einmal 2 Prozent der Gesamtfläche der alten Bundesrepublik Deutschland, die Naturschutzgebiete beanspruchen dürfen, ist es ganz sicherlich keine überzogene Forderung, in Zukunft mindestens 1/3 der bestehenden Abgrabungsflächen für den Biotop- und Artenschutz zu reservieren (vgl. auch HEYDEMANN 1982).

Die Gesamtheit aller Abgrabungsflächen zu erfassen und die wertvollsten und vielversprechendsten Sekundärbiotopflächen zu bestimmen, kann das für diese Arbeit hier eingesetzte Untersuchungs- und Bewertungsverfahren mit relativ geringem Aufwand bewältigen. Der große Vorteil des Verfahrens liegt aber woanders: Im Unterschied zu den gängigen Methoden der Biotopkartierung ist dieses methodische Instrument so konstruiert, daß die Standorteigenschaften der Untersuchungsflächen auch für konkurrierende, nicht-ökologische Nutzvarianten bewertet und auf gleicher Schiene miteinander verglichen werden können — selbst bei so konträren Nutzungsaspekten wie gewerbliche und industrielle Ansiedlung oder intensive Naherholung.

Der Regional- und Bauleitplanung steht damit eine methodische Entscheidungshilfe zur Verfügung, die die Entscheidungsträger dazu in die Lage versetzen kann, die Balance zwischen ökologischen und wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Ansprüchen an den Raum zu finden.

Literatur

- ACKEN, D. van u. U. SCHLÜTER 1973: Probleme, Kriterien und Verfahren zur Bestimmung von Folgenutzungen auf Entnahmestellen; in: *Natur u. Landschaft*, Jg. 48, H. 7/8, S. 220—223.
- CERWENKA, P. 1984: Ein Beitrag zur Entmythologisierung des Bewertungshokuspokus; in: *Stadt und Landschaft*, Jg. 16, H. 4, S. 220—227.
- DAHL, H.-J. u. P. JÜRGING: Abgrabungen als Sukzessionsfläche für Flora und Fauna; in: *Jb. f. Naturschutz u. Landschaftspflege* Bd. 32 (Hg. ABN), Greven, S. 55—80.
- DEITERS, J. 1986: Nutzwertanalyse in der Raumplanung; in: *Geogr. Rundschau*, 38. Jg., H. 4, S. 175—181.
- DINGETHAL et al. 1985: Kiesgrube und Landschaft. Handbuch über den Abbau von Sand und Kies; Hamburg, Berlin.
- EHLERS, M. 1979: Modelle für die planmäßige Reintegration von Abgrabungen in die umgebende Kulturlandschaft; in: *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges.*, Bd. 29, S. 977—988.
- FALKE, H. 1974: Die Geologie des Modellgebietes; in: *Veröff. Akad. f. Raumforschung u. Landesplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte*. Bd. 81, Hannover, S. 1—21.
- GERMAN, R. 1975: Schädigung unserer Landschaft durch Gesteinsabbau. Die geomorphologische Wiedereingliederung der Materialentnahmestellen, eine Aufgabe der Landschaftspflege; in: *Umschau*, Bd. 75, Frankfurt, S. 599—603.
- GERMAN, R. 1980: Felsen der mittleren Schwäbischen Alb und die Bedeutung natürlicher und künstlicher Felswände für Naturschutz und Landschaftspflege; in: *Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.*, Jg. 51/52, S. 167—182, Karlsruhe.
- GÜNNEWIG, M. 1983: Steinbrüche. Ihre Wirkung auf den Naturhaushalt, die von ihnen ausgehende Umprägung des Landschaftsbildes und ihre Einflüsse auf den Lebensraum des Menschen mit Beispielen aus zwei verschiedenen Regionen: Diplomarbeit (unv.), Gießen.
- HELLMANN, K. N. 1986: Rohstoffsicherungsplanung in der Regionalplanung am Beispiel des Raumordnungsverbandes Rhein-Neckar der Region Unterer Neckar und der Region Rheinpfalz, ARL-Arbeitsmaterial, Nr. 114, Hannover.
- HEYDEMANN, B. 1982: Die Bedeutung der Kiesgruben als Renaturisierungsgebiete, in: *Jb. f. Naturschutz und Landschaftspflege*, Bd. 32, S. 93—99, Greven.
- HOFFMANN, Manfred 1981: Belastung der Landschaft durch Sand- und Kiesabgrabungen, dargestellt am Beispiel des Niederrheinischen Tieflandes; *Forsch. z. dtsh. Landeskunde*, Bd. 219, Trier.
- HOFFMANN, M. 1986: Belastung der Landschaft durch Abgrabungen insbesondere durch Sand- und Kiesabgrabungen, in: *Stadt und Landschaft*, Jg. 18, H. 3, S. 97—104.
- INSTITUT F. ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG (IFEU) 1985: RNK-Deponiegutachten; unv., Heidelberg.

- JACOBITZ et al. 1976: Planungsgrundlagen für die Folgenutzung von Baggerseen unter Berücksichtigung der Belange der Wasserwirtschaft; Darmstadt.
- JÄGER, H. 1974: Die Industrie der Steine und Erden und ihr Zusammenhang mit Siedlungen, Bevölkerung und Wirtschaft; in: Veröff. Akad. f. Raumforschung u. Landesplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 81, Hannover, S. 1—21.
- KOLB, M. 1963: Die Natursteinindustrie des Pfälzer Waldes, des Nordpfälzer Berglandes und die des Odenwaldes mit angrenzendem Maintal; Lehramtszulassungsarbeit a. d. Univ. Heidelberg.
- KRAFT, M. 1980: Die Folgenutzungsauswahl und zielorientierte Rekultivierung von Baggerseen; Gießener Geogr. Schr., H. 52, Gießen.
- MAHLER, U. et al. 1980: Zufluchtinseln für bedrohte Tier- und Pflanzenarten. Über den ökologischen Wert von Sekundärbiotopen in anthropogen stark veränderten Landschaften am Beispiel des nordbadischen Ballungsraumes Mannheim-Heidelberg; in: Jb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt, Jg. 45, S. 135—154, München.
- MODROW, B. 1981: Steine-, Erden- und Kiesabbau. Sicherung oberflächennaher, mineralischer Rohstoffe; in: Schr.-R. d. Dtsch. Rates f. Landespflege, H. 37, S. 650—657.
- PLANUNGSSGEMEINSCHAFT RHEINPFALZ (Hrsg.) 1985: Rohstoffsicherung in der Region Rheinpfalz. Materialien zum regionalen Raumordnungsbericht, Mannheim.
- SCHÖTTLE, M. 1984: Geologische Naturdenkmale im Regierungsbezirk Karlsruhe — eine Zusammenstellung geschützter und schutzwürdiger Objekte; Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ., H. 38, Karlsruhe.
- SCHWEIZER, V. u. R. KRAATZ 1982: Kraichgauer und südlicher Odenwald; Sammlung geologischer Führer, Bd. 72.
- SICKENBERG, O. 1974: Die Lagerstätten der mineralischen Rohstoffe im Modellgebiet Rhein-Neckar-Raum; in: Veröff. Akad. f. Raumforschung u. Landesplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 81, Hannover, S. 21—54.
- SÖHNGEN, H. H. 1976: Die Rekultivierung der Abgrabungen von Steinen und Erden im Sinne einer optimalen Umweltgestaltung, Opladen.
- VÖLKSEN, G. 1976: Folgenutzungen auf Bodenabbauflächen. Ihre Bestimmung und deren Bedeutung für die Landschafts- und Regionalplanung; Forschungen z. Niedersächs. Landeskunde, Bd. 108, Göttingen, Hannover.
- WARTNER, H. 1979: Steinbrüche — von Menschen geschaffene Lebensräume. Eine Untersuchung über die Pflanzenwelt in aufgelassenen Bundsandstein-, Juramarmor- und Granitsteinbrüchen; Diplomarbeit, TH-München.
- WEISER, Ch. 1980: Revision des Antrages auf Unterschutzstellung der Böschungen und Steilwände im Nußlocher Steinbruch. Eine Empfehlung zur Integration von Naturschutz und Landwirtschaft auf benachbarten Flächen; unv.
- WOHLRAB, B. 1973: Rekultivierung, Begriff und Abgrenzung ihres Aufgabenrahmens; in: Forsch. u. Beratung, Reihe C, H. 22, S. 223—229.
- WÜRZNER, E. 1986: Bodenschutz, Landschaftsverbrauch und Bodenkontamination im Rhein-Neckar-Raum; Diplomarbeit: Univ. Heidelberg.
- ZANGEMEISTER, Ch. 1970: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, München.