



Rohstoffsicherungskonzept Hessen

Fachbericht Sand und Kies



Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
www.hlug.de



Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
www.hmulv.hessen.de



Umweltallianz Hessen - Bündnis für nachhaltige Standortpolitik –
www.umweltallianz.de

Vorwort

Der vorliegende Fachbericht Sand und Kies wurde von der Projektgruppe Rohstoffsicherungskonzept Hessen unter Federführung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) verfasst. Er ist integraler Bestandteil des im Rahmen der Hessischen Umweltallianz von Verwaltung und Industrie gemeinsam erarbeiteten Rohstoffsicherungskonzeptes, das insgesamt aus folgenden Bausteinen besteht:

1. Rohstoffsicherung in Hessen (allgemeiner Teil)
2. Fachbericht Gipsrohstoffe
3. Fachbericht Kalk- und Zementrohstoffe
4. Fachbericht Natur- und Naturwerksteine
- 5. Fachbericht Sand und Kies**
6. Fachbericht Tonrohstoffe
7. Karte Rohstoffsicherung
8. Faltblatt „Wege zur Versorgung mit mineralischen Rohstoffen“

Auf der Website des HLUG können die Bausteine 1 – 6 eingesehen und von dort heruntergeladen werden:

(www.hlug.de/medien/geologie/rohstoffe/rohstoffsicherungskonzept/index.html)

Zu den Bausteinen 1-6 wurden zudem rohstoffgeologische Themenkarten im Übersichtsmaßstab 1:300.000 erstellt, die beim HLUG erhältlich sind. Die Karte Rohstoffsicherung wird digital blattschnittfrei in den Maßstäben 1:25.000 und 1:100.000 beim HLUG geführt und laufend fortgeschrieben. Das Faltblatt „Wege zur Versorgung mit mineralischen Rohstoffen“ liegt in gedruckter Form vor und kann beim HLUG angefordert werden.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung und Begriffsbestimmung	6
2. Lage	9
3. Untersuchungsstand	9
4. Geologie und Mineralogie	9
4.1 Quartärzeitliche Lagerstätten	10
4.2 Tertiärzeitliche Lagerstätten	11
5. Eigenschaften und Qualitätskriterien	11
5.1. Korngröße	12
5.2. Kornform	14
5.3. Mineralogische Zusammensetzung	14
5.4. Technische Anforderungen	16
6. Abbausituation und Verwendung	18
6.1. Produktionsschritte	18
6.2. Förderung	19
6.3. Produkte	20
6.4. Markttrends und technologische Entwicklung	23
7. Vorräte und Rohstoffsicherung	24
7.1. Vorräte	25
7.2. Rohstoffsicherung	25
7.2.1. Grundwasserschutz	26
7.2.2. Natura 2000-Flächen	28
7.2.3. Naturschutzgebiete sowie Schutz- und Bannwälder	29
7.2.4. Landwirtschaft	31
7.2.5. Infrastruktur, Bebauung und Freizeitnutzung	31
7.2.6. Flächendynamik und –dimensionierung	32
7.2.7. Investitionssicherheit	33
8. Transportlage	33
9. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme	34
10. Folgenutzung	34
10.1. Naturschutz	35
10.2. Hochwasserschutz	37

10.3. Freizeit und Erholung	39
10.4. Fischerei	39
10.5. Bebauung, Land- und Forstwirtschaft	40
11. Substitution und Recycling	40
11.1. Substitution	40
11.2. Recycling	42
12. Sand- und Kiesvorkommen in Hessen	45
12.1. Nördlicher Oberrheingraben	45
12.1.1. Lage	45
12.1.2. Untersuchungsstand	46
12.1.3. Geologie und Mineralogie	46
12.2. Hanauer Becken	49
12.2.1. Lage	49
12.2.2. Untersuchungsstand	50
12.2.3. Geologie und Mineralogie	50
12.3. Zenerner Senke	51
12.3.1. Lage	51
12.3.2. Untersuchungsstand	52
12.3.3. Geologie und Mineralogie	52
12.4. Nieder- und Hochterrassen hessischer Flüsse nördlich des Main	54
12.4.1. Lage	54
12.4.2. Untersuchungsstand	54
12.4.3. Geologie und Mineralogie	54
12.4.4. Flussgebiete nördlich des Mains im Einzelnen	55
12.4.4.1. Eder und Schwalm	55
12.4.4.2. Fulda	55
12.4.4.3. Lahn und Ohm	55
12.4.4.4. Werra, Weser und Diemel	56
12.4.4.5. Kinzig	57
12.5. Niederhessische Senke	57
12.5.1. Lage	57
12.5.2. Untersuchungsstand	57

12.5.3. Geologie und Mineralogie	58
12.6. Wetterau	58
12.6.1. Lage	58
12.6.2. Untersuchungsstand	58
12.6.3. Geologie und Mineralogie	58
12.7. Gießen und Amöneburger Becken	61
12.7.1. Lage	61
12.7.2. Untersuchungsstand	61
12.7.3. Geologie und Mineralogie	61
12.8. Limburg-Idsteiner Tertiärsenken	61
12.8.1. Lage	61
12.8.2. Untersuchungsstand	61
12.8.3. Geologie und Mineralogie	62
12.9. Verwitterungssande und –kiese	63
12.9.1. Lage	63
12.9.2. Untersuchungsstand	63
12.9.3. Geologie und Mineralogie	63
12.9.3.1. Mürbsande	63
12.9.3.2. Grus	65
13. Literatur	66
14. Nützliche Websites	66

1. Einleitung und Begriffsbestimmung

Sande und Kiese (Abb. 1) sind nach den Natur- und Naturwerksteinen mengenmäßig betrachtet die wichtigste Rohstoffgruppe in Hessen. Sie finden zu mehr als 90% im Hoch-, Tief- und Straßenbau Verwendung. Als vielfältige Bau- und Zuschlagsstoffe eingesetzt, können sie je nach Rohstoffqualität auch höchsten bautechnischen Ansprüchen gerecht werden.



Abb. 1: Sande und Kiese unterschiedlichster Korngröße und Kornform. Die Bildbreite entspricht im Vordergrund ca. 25 cm

Jeder Bundesbürger verbraucht pro Jahr im Schnitt 4,7 t Kies und Sand, was durchschnittlich 13 Kilogramm Sand und Kies pro Tag entspricht. Auf ein angenommenes Lebensalter von 70 Jahren hochgerechnet sind dies 329 t. Im gleichen Zeitraum verbraucht ein Mensch durchschnittlich 166 Tonnen Erdöl. Damit liegen Kies und Sand bundesweit deutlich vor allen anderen Rohstoffen. Sande und Kiese sind in ihrer Rohform Produkte mechanischer und chemischer Verwitterung von Gesteinen. Sie können daher, je nachdem aus welchem Gestein sie hervorgegangen sind, aus ganz unterschiedlichen Mineralen bestehen und unterschiedliche Kornformen und Farben aufweisen.

Sand wird geologisch-gesteinskundlich als ein aus Partikeln zusammengesetztes natürlich gebildetes Lockergestein mit einer **Korngröße** zwischen **0,063** und **2 mm** Durchmesser definiert (Tab. 1). In der industriellen Praxis unterscheidet man dagegen je nach Einsatzgebiet Sande mit den Korngrößen 0-2 mm und 2-4 mm.

Als **Kiese** werden dagegen Partikel zwischen **2** und **63 mm** Durchmesser bezeichnet, die mehr oder weniger gut gerundet sind. Sind diese Partikel noch überwiegend eckig, weil sie kaum transportiert wurden, so nennt man das Lockergestein **Grus**.

Tab. 1: Korngrößenbereiche von Lockergesteinen (nach DIN 4022)

Materialverhalten/ Benennung	Kürzel	Korngrößenbereich [mm]	Größenvergleich	
rollig (durch körnige Struktur der Partikel) Grobkornbereich	Blöcke	Y	> 200	
	Steine	X	> 63 ... 200	
	Kiese	G	> 2 ... 63	
	Grobkies	gG	> 20 ... 63	
	Mittelkies	mG	> 6,3 ... 20	
	Feinkies	fG	> 2 ... 6,3	
	Sande	S	> 0,063 ... 2,0	
	Grobsand	gS	> 0,63 ... 2,0	ungefähr zwischen Stecknadel- und Streichholzköpfen
	Mittelsand	mS	> 0,2 ... 0,63	einzelne Körner noch klar erkennbar
	Feinsand	fS	> 0,063 ... 0,2	mehlartiger Charakter; es lassen sich einzelne Körner noch deutlich spüren, wenn man das Material zwischen den Fingern zerreibt.
bindig (durch Plättchenstruktur der Partikel) Feinkornbereich	Schluffe	U	> 0,002 ... 0,063	
	Grobschluff	gU	> 0,02 ... 0,063	
	Mittelschluff	mU	> 0,0063 ... 0,02	
	Feinschluff	fU	> 0,002 ... 0,0063	
	Tone	T	< 0,002	

Natürlich vorkommende Sande und Kiese bestehen meist aus einem Gemenge von Körnern unterschiedlicher Größe, in dem auch Anteile von Überkorn (Steine und Blöcke) sowie Schluff oder Ton enthalten sind (Tab. 1). Nahezu reine Sande oder Kiese sind daher in der Natur selten. Häufig bestehen Sand und Kies-Lagerstätten vorwiegend aus Sanden, die Kieskörnung enthalten und/oder in die Kieslagen eingeschaltet sind. Man spricht dann von **Kiessanden**.

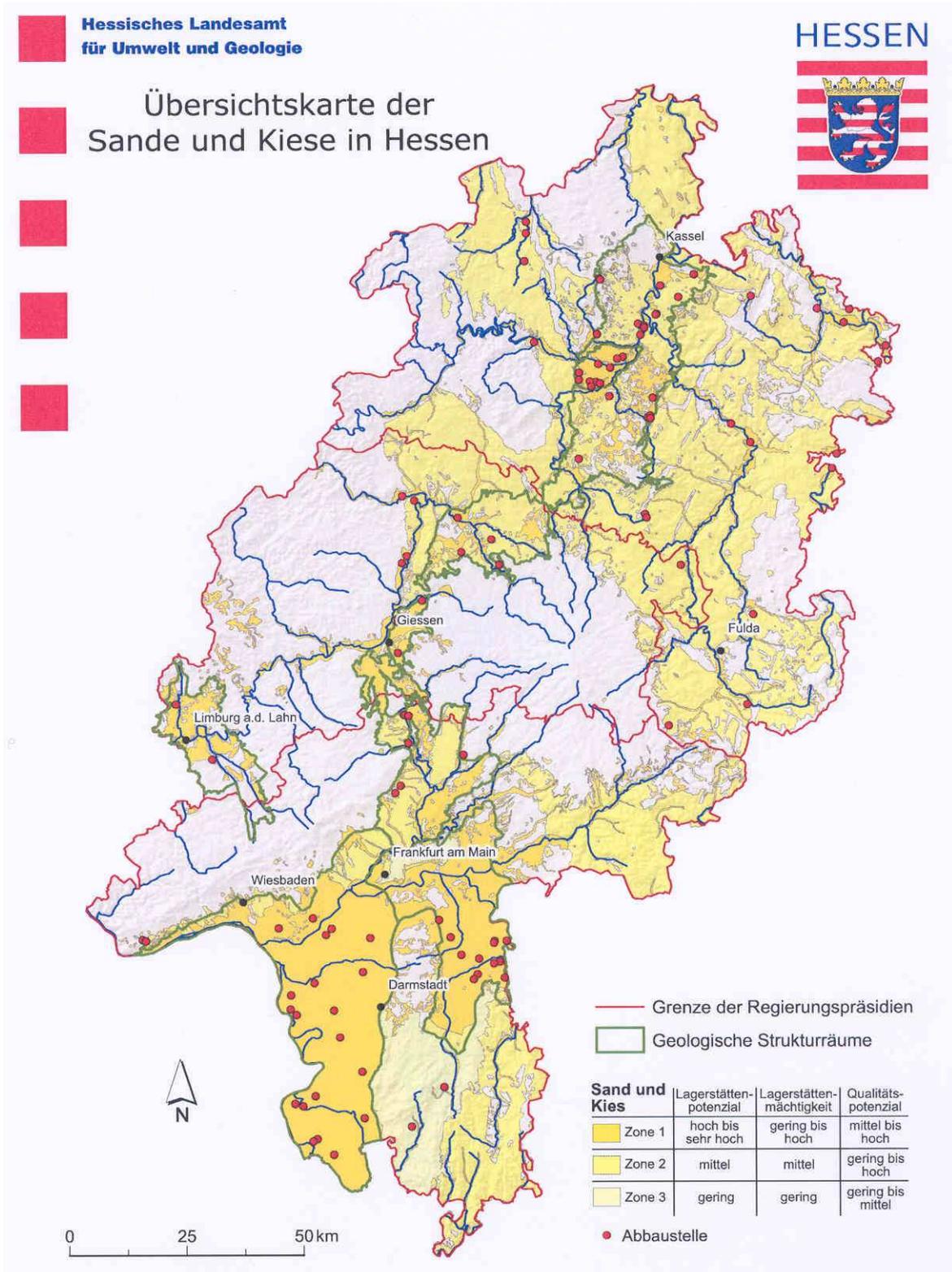


Abb. 2: Übersichtskarte der Sande und Kiese. Die in Hessen auftretenden Sande und Kiese werden Zonen unterschiedlicher Lagerstättenpotenziale, -mächtigkeiten und Qualitätspotenziale zugeordnet. Dargestellt sind darüber hinaus aktuelle Abbaustellen und für Sande und Kiese wichtige geologische Strukturräume. Weitergehende Angaben sind der diesem Bericht zugeordneten Übersichtskarte im Maßstab 1 : 300000 zu entnehmen.

2. Lage

Sande und Kiese sind bis auf große Bereiche des Rheinischen Schiefergebirges, des Vogelsbergs und einzelner Basalt-, Ton- und Kalksteinareale Nordhessens in ganz Hessen verbreitet (Abb. 2). Schwerpunkte der Sand- und Kies-Verbreitung in Südhessen sind das Oberrheintal, das Hanauer und das Mainzer Becken sowie die Wetterau. Im Oberrheintal liegen die mit Abstand größten Vorräte an Sand und Kies in Hessen. Hier befinden sich auch die meisten Abbaustellen. In Nord- und Mittelhessen konzentrieren sich Vorkommen von Sanden und Kiesen auf die Täler der größeren Flüsse wie Fulda, Werra, Eder, Lahn und Diemel. Abbauschwerpunkte sind der Raum Fritzlar – Felsberg - Borken, Marburg - Gießen und die Region Limburg.

In Nord- und Mittelhessen sind Sandsteine lokal bis regional oberflächennah zu nutzbaren Sanden und Kiesen verwittert. Zu Grus entfestigte Granite, Granodiorite und Gneise treten im kristallinen Teil des Odenwaldes auf.

3. Untersuchungsstand

Der Erkundungsgrad der Rohstoffgruppe Sande und Kiese in Hessen ist insgesamt als befriedigend zu bezeichnen. Regional und im Detail gibt es jedoch noch Handlungsbedarf. Ausführungen hierzu sind dem *Kapitel 12* zu entnehmen.

4. Geologie und Mineralogie

Die Entstehung der Sande und Kiese beginnt mit „Zerstörung“. Durch Erosion aus dem Liefergestein gelösten Partikel wurden durch Wind, Wasser und Eis transportiert, sortiert und wieder abgelagert. In Hessen haben sich Sand- und Kies-Lagerstätten überwiegend im Einzugsbereich von Flusssystemen gebildet. Ursprünglich scharfkantige Blöcke wurden auf ihrer Reise immer weiter zerkleinert und zu Kies oder Sand gerundet. Die Mineralkörner unterlagen während des Transportes einem mechanischen Abrieb. Stärker abgerundete Körner haben daher meist eine längere Reise hinter sich als eckige Partikel oder mehrere erdgeschichtliche Abtragungs- und Transportzyklen durchlaufen. So fand in der Natur eine erste natürliche Aufbereitung und Sortierung statt (Abb. 3). Wegen ihrer geringen Härte wurden dabei – auch für die Bauindustrie weniger geeignete - Bestandteile wie angewitterte, mürbe, weiche und poröse Gesteine oder glimmer-, gips- und pyrithaltiges Gestein, aber auch tonreiche Kalksteine und Tonschiefer, weiter zerrieben und teilweise ausgeschwemmt. Verwitterungsresistente Komponenten wie z.B. harte Sandsteine, Quarzite, Kiesel-schiefer oder Hornsteine wurden dagegen im Flussbett angereichert. So entstanden Lagerstätten mit hochwertigen Rohstoffen.



Abb. 3: Reine Sandschicht durch Abtragungs- und Transportzyklen natürlich aufbereitet.

Die hessischen Sand- und Kiesvorkommen wurden während des Quartär- und Tertiärzeitalters entweder in Senkungsgebieten oder entlang sich in das Gestein einschneidender Flüsse abgelagert. Untergeordnet entstanden in der Verwitterungszone älterer Festgesteine Mürbsande und Gruse, die nicht umgelagert wurden.

4.1. Quartärzeitliche Lagerstätten

Die quartärzeitlichen Ablagerungen in den Talauen und auf den älteren, höher gelegenen Terrassen der großen Flüsse stellen die größten Vorkommen von Kiesen und Sanden dar. Am bedeutendsten ist der in einer aktiven Senkungszone fließende Rhein mit seinen Nebenflüssen (insbesondere der Main) sowie deren größerer Zuflüsse. In Mittel- und Nordhessen sind als Ablagerungsräume die Niederterrassen der Talauen und Reste älterer Hauptterrassen der Weser, Werra, Fulda, Eder und Lahn zu nennen. Meist nur lokale Bedeutung haben die Sand- und Kiesvorkommen entlang kleinerer Flussläufe. Die jungen Terrassen der Flussauen weisen einen relativ geringen Flurabstand zum Grundwasser auf, weshalb häufig bei Abbauvorhaben konkurrierende Nutzungsansprüche mit der Wasserwirtschaft auftreten. Die höher gelegenen älteren Flussterrassen sind zwar qualitativ heterogener aufgebaut, der Rohstoff hat jedoch oft ein breiteres Einsatzspektrum bei gleichzeitig höheren Mächtigkeiten. Abbaubedingte Probleme mit dem Grundwasser sind hier weniger häufig.

Die Abgrenzung der quartären Sedimente von den darunter liegenden älteren tertiärzeitlichen Sanden und Kiesen ist nicht immer - über markante Sedimenteinschlaltungen, Farbabstufungen oder Qualitätssprünge – eindeutig. In der Niederhessischen Senke reichen Sand- und Kieslagerstätten häufig vom oberflächennahen z.T. geringermächtigen Quartär bis ins Tertiär hinein. Für die an Flussterrassen gebundenen tertiären bis quartären Kiessandlagerstätten gilt die folgende stark generalisierte Charakteristik:

Tab. 2: Terrassencharakteristik

Geologische Einheit	Qualität	Mächtigkeit	Verteilung der Ton-/Schluffanteile	Ökologische Empfindlichkeit	Sand- und Kiesabbau
Junge Terrassen (Auen)	geringer	gleichmäßig	± homogen	hoch, da grundwassernah	restriktiv, - durch konkurrierende Flächennutzungen (NATURA 2000-Flächen) zunehmend weitgehend gesperrt
Alte Terrassen (Pleistozän bis Pliozän)	hoch	stark wechselnd, z. T. hoch	sehr heterogen	gering, da grundwasserfern	überwiegend möglich

4.2. Tertiärzeitliche Lagerstätten

Tertiärzeitliche Vorkommen von Sanden und untergeordnet Kiesen sind an die tektonischen Strukturen des nördlichen Oberrheingrabens, der nördlich angrenzenden Wetterau sowie der Hessischen Tertiärsenke mit ihren kleineren isolierten Randsenken, dem Limburger Becken und der Idsteiner Senke gebunden. Sie besitzen tektonisch bedingt häufig kleinräumige und komplexe Architekturen und lokal wechselnde Rohstoffqualitäten und Abbaumächtigkeiten. Sie wechsellagern häufig mit Tonen und Braunkohleflözen und zeichnen sich nicht selten durch hohe Quarzanteile aus. Daher stehen die meisten tertiären Sandgruben unter Bergaufsicht (siehe allgemeiner Teil).

Tertiäre Sande mit untergeordnet kiesigen Anteilen und mitunter tonigen bis kohligen Einschaltungen werden vor allem in der Wetterau, in Randbereichen des Vogelsberges, nördlich Schwalmstadt, in der Niederhessischen Senke und im Großraum Kassel abgebaut.

5. Eigenschaften und Qualitätskriterien

Natürlich vorkommende Sande und Kiese unterschiedlichster Ausgangsgesteine können mittels geeigneter Abbau- und Aufbereitungsmethoden (Sieben, Waschen etc.) sowie Zumischung evtl. fehlender Körnungen in der Regel technisch so optimiert werden, dass ein breiter industrieller Einsatz möglich wird. Wirtschaftlich ist dies aber nur, wenn die betreffende Lagerstätte qualitative wie quantitative Rahmenbedingungen für entsprechenden Produkte und Produktlinien erfüllt.

Aus geologischer Sicht sind die drei Basiskriterien, die technische Eigenschaften wie z.B. Frostwiderstand, Verdichtbarkeit oder Wasseraufnahme bedingen, das *Korngrößenspektrum*, die *Kornform* und nicht zuletzt die *mineralogische Zusammensetzung*.

5.1. Korngröße

Für die industrielle Verwendung wird das Korngrößenspektrum eines Korngemisches im Labor bestimmt, indem das Korngemisch nach DIN-Norm in einzelne Korngrößenklassen - die Kornfraktionen – gesiebt und die Anteile der verschiedenen Fraktionen in Form von **Siebkurven** dargestellt werden.

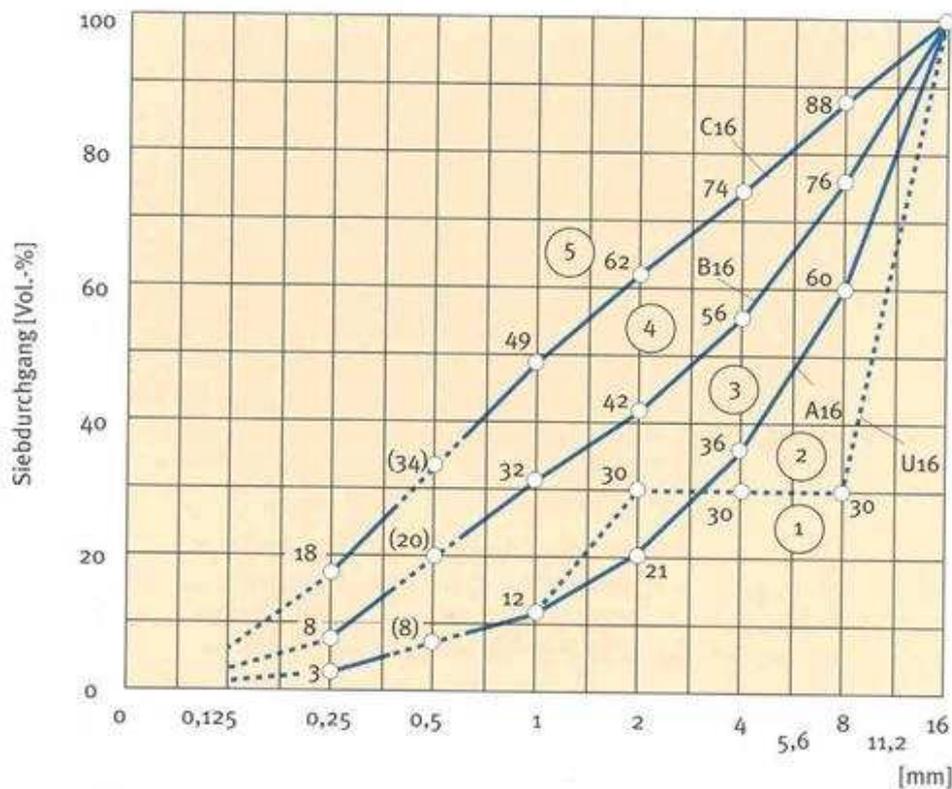


Abb. 4: Regelsieblinien und Sieblinienbereiche für Korngemische 0/16 (DIN 1045-2). Die dargestellten Sieblinien A, B und C grenzen die Bereiche 1 bis 5 ab. Sieblinienbereich 1: grobkörnig (unterhalb Sieblinie A), 2: Ausfallkörnung (unstetige Sieblinie), 3: grob- bis mittelkörnig (Sieblinienbereich A/B), 4: mittel- bis feinkörnig (Sieblinienbereich B/C), 5: feinkörnig (oberhalb Sieblinie C). Korngemische unterhalb Sieblinie A (Bereich 1) haben sich als ungünstig erwiesen, da sie zu grobkornreich sind und einen schwer verarbeitbaren Beton ergeben, der außerdem zum Entmischen neigt. Ebenfalls ungünstig ist ein Korngemisch mit einer Sieblinie jenseits C im Bereich 5, weil wegen der großen zu umhüllenden Oberfläche der Körner der Bedarf an Zementleim zu hoch ist. Quelle: [1].

Sande und Kiese einer Lagerstätte besitzen nach dem Waschen und Sieben selten die ideale Zusammensetzung für eine Weiterverarbeitung z.B. im Betonbau. Durch weitere Verfahren lassen sich jedoch Sieblinien so einstellen, dass sie im Bereich der durch **Regelsieblinien** definierten **Sieblinienbereiche** liegen (Abb. 4). Das Korngrößenspektrum hat einen wesentlichen Einfluss auf das technische Verhalten von Gesteinskörnungen und beeinflusst in hohem Grad deren Güte. Besteht das Körnungsgemisch z.B. für Beton und Mörtel aus einem breiten Intervall unterschiedlicher

Korngrößen, so lässt sich eine hohe Lagerungsdichte mit wenigen Hohlräumen erreichen, weil die kleineren Körner die Zwickel zwischen den Größeren ausfüllen. Dies reduziert den Bindemittelverbrauch und führt zu einer größeren Dichtigkeit und Festigkeit des Produktes. Für die unterschiedlichen Produkte werden daher spezifische Grenzparameter definiert, die entsprechend dem Stand der Forschung ständig angepasst und normiert werden. Für Beton, Mörtel, Glas und Feuerfestprodukte sind diese in Tabelle 3 aufgeführt.

Tab. 3: Korngröße und Verwendung

Rohstoff	Korngröße	Verwendungsbeispiel
Sand & Kies	bis 32 mm	Beton
Sand & Kies	bis 8 mm	Mörtel
Quarzsand	bis 5,6 mm	Feuerfestprodukte
Quarzsand	bis 0,5 mm	Glas

Abgesehen von Lagerstätten in der Zenerner Senke bei Fritzlar und einigen Flussabschnitten Mittel- und Nordhessens zeichnen sich hessische Sande und Kiese in der Masse durch ein Defizit an Kieskörnung 8/16 und 16/32 aus. Dies betrifft insbesondere den nördlichen Oberrhein. Während flussaufwärts z.B. in Baden-Württemberg der Körnungsanteil > 2 mm 70% und mehr betragen kann, sinkt der Wert im hessischen Teil des Oberrheingrabens im Durchschnitt auf 5-30% ab. Die Hauptabnehmer für Sande und Kiese, die Betonindustrie und der Straßenbau, benötigen jedoch zu etwa 40% Sand und zu 60% Kies [2].



Abb. 5: Kiessand unterschiedlicher Korngrößen aus einer Abbaustelle der Zenerner Senke bei Borken-Großenenglis. Die Bildbreite entspricht ca. 30 cm.

5.2. Kornform



Abb. 6: Kornformen von Gesteinskörnung. Quelle: [1].

Die Kornform (Abb. 6) der einzelnen Komponenten ist eine äußerst wichtige Eigenschaft bei der Betonherstellung z.B. im Hinblick auf den Wasseranspruch, die Festigkeit, die Verarbeitung und für die Verdichtbarkeit. Die Form der Gesteinskörnung sollte in der Regel möglichst gedrunen (kugelig, würfelig) sein, da solche Körner höhere Druck- und Zugfestigkeiten aufnehmen können als flache oder längliche. Korngemenge mit flachen Körner lassen sich zudem schlecht verdichten.

5.3. Mineralogische Zusammensetzung

Ein wichtiger Kennwert zur rohstoffgeologischen Beurteilung von Sand- und Kies-Lagerstätten ist die mineralogische und petrografische Zusammensetzung, d.h. welche Liefergesteine sind in welchem Verhältnis beteiligt und aus welchen Mineralien besteht die Körnung. Diese Information trägt entscheidend zur Beurteilung der Einsatzmöglichkeiten und der Qualität des Rohstoffs bei.

Für den Einsatz in bestimmten Branchen, insbesondere der Glasindustrie, in Gießereien und der keramischen Industrie ist eine hohe natürliche Anreicherung (min. $\geq 80\%$) und Reinheit der Quarzkomponente eines speziellen Korngrößenspektrums erforderlich.

In Abhängigkeit von den Bildungsbedingungen treten neben den Hauptbestandteilen Quarz und verschiedenem Gesteinsbruch z.B. von Quarzit, Sandstein, Kalkstein, Dolomitstein, Kieselschiefer und kristallinen Gesteinen, in natürlichen Sanden und Kiesen unterschiedlich große Mengen an Feinanteil und zu groben Komponenten (sog. Überkorn) auf.

Als schädliche Bestandteile in Gesteinskörnungen für Beton gelten Stoffe, die

- das Erstarren des Betons stören,
- die Festigkeit oder
- die Dichte des Betons herabsetzen,
- zu Absprengungen oder
- Verfärbungen führen oder
- den Korrosionsschutz der Bewehrung beeinträchtigen.

Schädlich können je nach Menge und Verteilung u.a. wirken:

- Feinanteile < 0,063 mm (Richtwerte nach EN 12620) wie Ton, Lehm und sehr feiner Gesteinstaub. Diese binden nicht mit Zement bzw. unterbrechen den festen Verbund zwischen Bindemittel und Gesteinskörnung, bzw. erfordern einen höheren Wasserzusatz
- Stoffe organischen Ursprunges (z.B. humose Stoffe),
- nicht raumbeständige, erweichende, quellende, treibende Bestandteile (z.B. Braunkohle),
- lösliche Salze,
- Schwefelverbindungen,
- Opalsandstein, Kieselkreide und bestimmte Grauwacken (aus Hessen bisher nicht beschrieben. Zwischen diesen Gesteinskörnungen und den Alkalien aus dem Zement kann es zur Alkali-Kieselsäure-Reaktion mit dem Ergebnis von Rissen kommen),
- wasserlösliche Eisenverbindungen,
- Glimmer,
- Zucker und zuckerhaltige Stoffe.

Im Rohkies kann der Anteil an Feinkomponenten mehr als 10% betragen. Bei Nassauskiesung verbleiben größere Anteile davon im Kieseel zurück und reduzieren so den Anteil abschlämmbarer Bestandteile im geförderten Rohkies. Eine „Voraufbereitung“ findet somit bereits bei der Gewinnung im Baggersee statt. Durch technische Maßnahmen wie z.B. das Auswaschen und das Aussieben werden Feinkomponenten weiter reduziert. Die Menge an Feinkomponenten und deren Zusammensetzung in einer Lagerstätte kann aber mitunter über die Wirtschaftlichkeit einer Abbaumaßnahme entscheiden.

Korngröße, Kornform und mineralische Zusammensetzung in Kombination bedingen die technische Verwendung von Sanden und Kiesen. Putzsande, Sportsande und Pflastersande sollen dies beispielhaft verdeutlichen:

- Für *Putzsande* z.B. hat die Körnung zwischen 0-3 mm (Grobputze) und 0 bis 1-2 mm (Feinputze) zu liegen. Die Kornform sollte möglichst gedrunken, kubisch, scharfkantig sein. Flaches langsplittiges Korn ergibt schlecht verarbeitbare Mörtel und weniger dichte Putze. Nur genügend festes und frostbeständiges Korn gewährleistet witterungsbeständigen Putz. Sande mit hohem Gehalt an Glimmer und Schiefer sind für Außenputze ungeeignet. Der Gehalt an lehmigen und tonigen Bestandteilen sollte möglichst 3 % nicht überschreiten. Bei Gehalten von max. 5% ist der Sand noch eben brauchbar, durch einen höheren Gehalt wird die Mörtelfestigkeit bedeutend herabgesetzt.
- Zur *Besandung und Belüftung von Sport- und Golfplätzen* sind z.B. gut gerundete Quarzsande mit einem speziellen Körnungsspektrum beliebt. Da Quarz eine hohe Härte besitzt, bleibt das Korn stabil und wird nicht bei Belastung im Gefüge zermahlen. Ein hoher Anteil gut gerundeter Partikel ist ein Garant dafür, dass Sand nicht verdichtet, falls er punktuell

belastet wird. Dank dieser wichtigen Eigenschaft bleibt der Sand immer wasserdurchlässig. Je grober der Sand, desto schneller fließt Oberflächenwasser ab.

- Gut gerundeter, feinkörniger *Pflastersand* ist anfällig für Ameisenbefall. Ameisen befördern die gerundeten Sandkörner durch die Pflasterritzen hinaus. Geeignet ist scharfkantiger Sand oder gebrochenes, kantiges Material.

5.4. Technische Anforderungen

Für vorgegebene Materialeigenschaften gibt es definierte Anforderungen, die in europäischen Normen festgelegt und in Prüflabors überprüft werden. Beispielsweise gelten für die Herstellung von Beton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 Gesteinskörnungen als geeignet, wenn sie den Anforderungen nach DIN EN 12620 entsprechen. Festlegungen hierfür sind in der DIN V 20000-103:2004-04 getroffen worden (Tab. 4). Zusätzlich unterliegen die Kiese und Sande und deren Herstellung strengen Kontrollen speziell zugelassener Überwachungs- und Zertifizierungsstellen.

Bei regelmäßigen Qualitätskontrollen werden Stichproben des Materials den verschiedensten Prüfungen unterzogen. Durch Sieben, Vermessen, Wiegen, Zertrümmern, Schleifen, Gefrieren, Kochen sowie verschiedene chemische Analysen und mineralogische Untersuchungen wird den Eigenschaften der Kiese und Sande auf den Grund gegangen. Dabei werden Kriterien wie Kornzusammensetzung, Kornform, Festigkeit, Frostbeständigkeit, Gehalt an organischen Bestandteilen, Abriebfestigkeit usw. bestimmt und die mineralogische und chemische Beschaffenheit der Kiese und Sande analysiert.

Die Prüfergebnisse sind nicht nur ein Nachweis für eine gleichmäßige ausreichende Qualität der Kiese und Sande als Bau- oder Zusatzstoff und eine Garantie dafür, dass nur für den jeweiligen Einsatzzweck geeignetes Material zum Einsatz kommt. Sie dienen auch dazu, den Aufbereitungsprozess zu kontrollieren und zu steuern. So gelingt es, aus einem natürlich entstandenen Material gezielt Qualitätsprodukte herzustellen, die genau definierte technische Anforderungen erfüllen.

Tab. 4: DIN V 20000-103:2004-04. Anforderungen für die Verwendung in Beton

Zeile	Eigenschaft	DIN EN 12620	Regelanforderung
1	Kornzusammensetzung		
1a	Grobe Gesteinskörnungen mit $D/d \leq 2$ oder $D \leq 11,2$	4.32	G _{C85/20}
1b	Feine Gesteinskörnungen	4.3.3	Toleranzen nach DIN EN 12 620, Tabelle 4
1c	Korngemische	4.3.5	G _{A90}
2	Kornform	4.4	FI ₅₀ oder SI ₅₅
3	Muschelschalengehalt	4.5	SC ₁₀
4	Feinanteile		
4a	Grobe Gesteinskörnung	4.6	f _{1,5}
4b	Natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8	4.6	f ₃
4c	Korngemisch	4.6	f ₃
4d	Feine Gesteinskörnung	4.6	f ₃
5	Widerstand gegen Zertrümmerung	5.2	LA _{NR} oder SZ _{NR}
6	Widerstand gegen Verschleiß von groben Gesteinskörnungen	5.3	M _{DENR}
7	Widerstand gegen Polieren	5.4.1	PSV _{NR}
8	Widerstand gegen Oberflächenabrieb	5.4.2	AAV _{NR}
9	Widerstand gegen Abrieb durch Spike-Reifen	5.4.3	A _{NNR}
10	Frost-Tau-Widerstand	5.7.1	F ₄
11	Magnesiumsulfat-Wert	5.7.1	MS _{NR}
12	Chloride	6.2	Chloridgehalt $\leq 0,04$ % Massenanteil
13	Säurelösliches Sulfat für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstückschlacken	6.3.1	AS _{0,8}
14	Säurelösliches Sulfat Hochofenstückschlacken	6.3.1	AS _{1,0}
15	Gesamtschwefel für alle Gesteinskörnungen außer Hochofenstückschlacken	6.3.2	$\leq 1\%$ Massenanteil
16	Gesamtschwefel für Hochofenstückschlacken	6.3.2	$\leq 2\%$ Massenanteil
17	Leichtgewichtige organische Verunreinigungen		
17a	Feine Gesteinskörnung	6.4.1 und G.4	$\leq 0,5\%$ Massenanteil
17b	Grobe Gesteinskörnung, natürlich zusammengesetzte Gesteinskörnung 0/8 und Korngemisch	6.4.1 und G.4	$\leq 0,1\%$ Massenanteil

6. Abbausituation und Verwendung

6.1. Produktionsschritte

Ist das Material einer Kies- und Sandlagerstätte grundsätzlich für die Verwendung als Rohstoff geeignet und entspricht es den grundlegenden Anforderungen (siehe Kap. 5.4.) für die vorgesehene Verwendung, so ist der erste Produktionsschritt die Gewinnung des Kies-Sand-Gemisches aus der Lagerstätte.



Abb. 7: Trockenabbau und Aufbereitung in einer Sandgrube bei Kaufungen.

Je nach Höhe des Grundwasserstandes und den Genehmigungsaufgaben erfolgt die Gewinnung im Trocken- und/oder Nassabbau. Beim Trockenabbau, der im Bereich von Hauptterrassen z.B. im Bereich Fritzlar – Felsberg - Borken umgeht, wird oberhalb der Grundwasserlinie ausgekiest (Abb. 7). Im Oberrheintal und dem Hanauer Becken sowie im Bereich der Niederterrassen mittel- und nordhessischer Flüsse muss hingegen aufgrund des oberflächennahen Grundwasserstandes in der Regel das Material im Nassabbau, unterhalb der Grundwasserlinie, gewonnen werden. Dadurch entstehen Baggerseen (Abb. 8).

Für den Nassabbau stehen heute computergesteuerte und GPS-gesteuerte Gewinnungssysteme zur Verfügung, welche die technisch bedingten Förderverluste von früher bis zu 30 % auf ca. 15 % minimieren können. Dadurch wird eine bessere Ausnutzung des Rohstoffvorkommens möglich.

Der gewonnene Rohkies muss meist zur Entfernung der nicht nutzbaren Bestandteile anschließend aufbereitet werden. In der Aufbereitung (Abb. 9) wird das Kies-Sand-Gemisch in verschiedenen Schritten gewaschen, von Holz und zu feinen Anteilen getrennt und durch Siebung in einzelne Korngrößenfraktionen zerlegt. Nur im Ausnahmefall ist es erforderlich, Kies, der für den Verkauf zu grob ist, über spezielle Brecheranlagen zu zerkleinern.



Abb. 8: Nassabbau bei Rodgau-Dudenhofen



Abb. 9: Sand- und Kiesaufbereitung bei Weilbach

Nach der Aufbereitung werden die einzelnen Produkte für den Weiterverkauf getrennt gelagert. Dies geschieht auf Kies- und Sandhalden, in Lagerboxen oder Silos.

6.2. Förderung

In Hessen wird derzeit in 99 Abbaustellen Sand und Kies gefördert, von denen 76 unter Bergaufsicht stehen.

Die Produktion von Kies und Sand in Hessen betrug im Jahr 2003 ca. 9,3 Mio. t (Angaben des Bundesverbands der Deutschen Kies- und Sandindustrie e. V.). Dies entspricht einem Anteil von ca. 3% an der deutschen Gesamtförderung. Einschließlich der nicht im Industrieverband organisier-

ten Firmen, wird die Jahresproduktion für das Jahr 2003 auf > 10,5 Mio. t geschätzt, wovon 2004 ca. 6,6 Mio. t aus Betrieben unter Bergaufsicht gewonnen wurden.

Damit kann die hessische Produktion, wie bereits in den vergangenen Jahren (vgl. [3]), nur zu ca. 50% den Verbrauch von ca. 19,8 Mio. t im Jahr 2003 decken (nach Angaben des entsprechenden Bundesverbandes).

6.3. Produkte

Sande und Kiese werden seit fast 200 Jahren industriell gewonnen. Eine Palette an Produkt- und Verwendungsmöglichkeiten zeigt Tab. 5. Nach entsprechender Aufbereitung gehen ca. 90 % der Sande und Kiese in den Baubereich (Abb. 10 und 11).



Abb. 10: Beton im Hochbau

Für Quarzsand und Quarzkies ergibt sich aufgrund seines Chemismus und z. T. spezieller Korngrößen ein erweiterter Einsatzbereich. Nach dem Bundesberggesetz (BBergG) versteht man unter Quarzsanden und Quarzkiesen solche Sande und Kiese, die sich zur Herstellung von feuerfesten Erzeugnissen oder Ferrosilizium eignen. Aufgrund gängiger Verwaltungspraxis wird zur Eignungsfeststellung ein Quarzanteil von $\geq 80\%$ zugrunde gelegt.

Quarzsande mit einem SiO_2 -Gehalt von mindestens 96 % finden in einer Vielzahl von Industriebranchen Verwendung (Tab. 6). Sie sind für die Herstellung von Glas, als Form- oder Kernsand in Gießereien, bei der Aufbereitung von Trinkwasser und sonstigen Wässern, als Chemierohstoff, als Füllstoff für Kunstrasenplätze und verschleißfeste Industrieböden, für Sport und Freizeit, Dekormaterialien, die Herstellung von Feuerfest-Produkte oder als Zuschlag in der Stahlindustrie geeignet.

Tab. 5: Produkte aus und mit Sand und Kies

Industriezweig und Verwendung	Erzeugnis (Beispiele)
<p>Kies und Sand als Hauptanteil:</p> <p>Zuschlag für die Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transportbetonindustrie • Mörtelindustrie • Betonfertigteileindustrie / Baustoffwerke • Kalksandsteinindustrie • Asphaltmischanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportbeton • Porenbeton • Mauermörtel • Putzmörtel (Isolier- und Edelputz) • Fugenputz • Estrich • vorgefertigte Betonerzeugnisse: Vollsteine, Formsteine, Dachsteine, Pflastersteine, Gehwegplatten, Palisaden, Rohre, Eisenbahnschwellen, Fertigaragen, Pfeiler, Masten, Großflächendecken, Treppen, Betonmobiliar, Fassadensteine, Pflanzwandsysteme, usw. • Kalksandsteine • Gasbetonstein • Asphalt sand
<p>Direkter Einsatz in der Bauindustrie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • öffentlicher Hoch- und Tiefbau • gewerblicher Bau • Wohnungsbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Straßenbaumaterial (Frostschutzkies, Tragschichtkies) • Eisenbahnbaumaterial (Gleisunterbau) • Gewässerbaumaterial • Auffüllmaterial • Grabenverfüllungen (z.B. Rohrleitungen) • Drainagekies • Dachkies • Material f. d. Landschafts- u. Gartenbau
<p>Kies und Sand als Nebenanteil:</p> <p>Zusatz- / Hilfsstoff für die Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie sowie Einsatzstoff für die Verbrauchsgüterindustrie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ziegelindustrie • Eisenschaffende Industrie • Gießereiindustrie • Chemische Industrie • Glasindustrie • Keramische Industrie • Pharmazeutische Industrie • Computerindustrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffzusatz • Formsande • Filtermaterial • Prozesshilfsmittel • Flachglas • Hohlglas • Bauglas • Wasserglas • optische Gläser • Glaswolle • Glasfaser • Elektrokeramik (Isolatoren) • Sanitärkeramik (WC, Waschbecken ect.) • feuerfeste Steine und Mörtel • Reinigungsmittel (Scheuermittel) • Spachtelmassen, Dichtungsmassen • Fliesenkleber • Farben • Zahnpasta
<p>Sonstige Bereiche:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sprunggrubensand • Besandungsmaterial für Kunstrasen • Belüftung von Rasenplätzen • Spielsand • Vogelsand • Aquarienkiese • Zierkiese • Wirbelschichtsand in Müllverbrennungsanlagen • Strahlsand • Abstreumaterial • Bremssand für Schienenfahrzeuge • Frac-Sand für Bohrungen • Kies und Sand für Dekorationszwecke



Abb. 11: Etwa 90% der Sand- und Kiesförderung geht in den Baubereich

Gemahlene reine Quarzsande mit einem Quarzgehalt von mindestens 99,9 % (Quarzmehle) dienen als Füllstoffe für hochwertige Kunststoffmaterialien, als Bestandteile von Bauchemieprodukten oder auch als Putzkörper in Reinigungs-, Pflege- und Poliermitteln. Hochreiner Quarzsand und -kies und ist übrigens auch der Grundstoff für Silizium, das zur Herstellung von Hightech-Produkten der Halbleiterindustrie, insbesondere Mikrochips und Solarzellen, unersetzlich ist. Ihre heutige Bedeutung verdanken Kiese und Sande vor allem der Entwicklung des Betonbaus. Mit knapp 140 Mio. t bundesweit ist der Betonbau, ob als Frisch- oder Fertigbeton, der größte Einsatzbereich von Kies und Sand (Abb. 11). Jeder Kubikmeter Beton besteht zu über 70 % aus Gesteinskörnungen, die sich wiederum in den meisten Fällen aus Kiesen und Sanden zusammensetzen. Somit steht als Hauptverwendungsbereich für Kies und Sand der Bausektor an erster Stelle. Von den 2003 in Deutschland produzierten ca. 297 Millionen Tonnen an Sanden und Kiesen wurden ca. 53 Prozent der Gesamtproduktion wurden von der öffentlichen Hand im Hoch- und Tiefbau verwendet. Im Straßenbau finden Sande und Kiese als Frostschutzkies, Tragschichtkies und als Kiesplitt für Straßendecken Verwendung. Auch für den Einsatz in Asphalt sind Sande unersetzlich. Im Eisenbahnbau werden Sande und Kiese als Gleisunterbau, als Drainagekies und seit jüngster Zeit auch als Betonzuschlag beim Bau von Betongleisbetten eingesetzt. Nur 20 Prozent wurden für den Wohnungsbau verbraucht. Sande und Kiese werden auch für die Produktion von Kalksandsteinen, Porenbeton und als Zuschlagsstoff für die Mauer-, Putz- und Estrichmörtelindustrie benötigt. Weitere Einsatzgebiete sind der Gewässer-, Garten- und Landschaftsbau. Darüber hinaus werden insbesondere Quarzsande als Grundlage für die Herstellung aller Arten von Gläsern, Reinigungsmitteln und Spachtelmassen eingesetzt. Für viele Industriezweige unersetzlich ist Sand zum Formen, als Prozesshilfsmittel oder als Rohstoffzusatz wie beispielsweise in der Zement- und Ziegelindustrie.

Tab. 6: Einsatzgebiete für Quarzsande

Industriezweige (Quarzsande und Quarzkiese)	Erzeugnis (Beispiele)
Bauchemie	In Edelputzen, Spachtelmassen, Polymerbeton, Magnesit-Estrich, gussasphalt (Abstreusand), Ausgleichsmassen, Buntsteinputz, Fliesenkleber
Bauwirtschaft	Abstreusand für Grundierungen, Dachkies, Dachpappensand, Quarzkies für Schornstein- und Tankverfüllung, Quarzmehl für die Kalksandsteinherstellung, Quarzsand als Einstreusand in Pflasterfugen und Holzbalkendecken, Quarzsand als Trockenmörtel, in Mauermörtel, in Estrich, in Fugenmörtel, Silbersand, Quarzmischungen für Reaktionsharze, Reperaturmörtel, Spachtel
Beschichtungen	Estriche, Füllstoffe für Farben und Lacke, Industrieböden auf Magnesitbasis, Kratzspachelungen, Kunstharzfußböden
Chemische Industrie	Filterkies für Wasseraufbereitung, inerte Füllstoffe für Kunstharz, Reaktorsand
Emaile und Glasuren	Quarzmehl aus Quarzsand mit SiO ₂ -Gehalt < 99,5%
Gießerei	Reiner Quarzsand für höchste Gussqualität, Formsand
Glasindustrie	Quarzsand in der Herstellung von Glas (Glas-Sand)
Feuerfestindustrie	Quarzsand als Hilfsstoffe für feuerfeste Erzeugnisse
Elektroindustrie	Quarzkristalle dienen wegen ihrer optischen und elektr. Eigenschaften als Bauelemente in der Optik, Elektronik (z.B. Mikrochips) und Nachrichtentechnik.
Landwirtschaft	Quarzsand hat eine dehydrierende Wirkung. Diese Eigenschaften fanden schon im alten Ägypten im Vorratsschutz Verwendung. Der an der Insektenhaut anhaftende Staub entzieht dem Körper Wasser (Insektizid-Sand)
Garten- und Landschaftsbau	Drainagekies, Gartenkies, Pflastersand, Zierkies
Sport, Spiel, Freizeit	Quarzsand für das Besanden von Reitplätzen und Reithallen, für Springgruben, für das Einsanden von Kunstrasen und als Kinderspielsand.
Sonstige	Quarzsand zum Polieren, Schleifen und Strahlen mit Wasser (Strahlsand)

6.4. Markttrends und technologische Entwicklung

Zwei bedeutsame Entwicklungen prägen die Sand- und Kiesindustrie der letzten Jahrzehnte:

1. nationale und internationale Normung der Baustoffe und die damit einsetzende Entwicklung zu immer höherwertigeren Betonen und
2. die im Zuge des Umweltschutzes zunehmenden Flächenrestriktionen gegenüber dem Abbau oberflächennaher Rohstoffe.

Die Flächennutzungskonflikte haben dazu geführt, dass die Sand- und Kiesindustrie mehr und mehr dazu gezwungen war, für Beton immer ungünstiger zusammengesetzte, d.h. sandreichere Lagerstätten abzubauen. Diese Tatsache wiegt umso schwerer, als die meisten Lagerstätten bundesweit - so auch in Hessen - Gebiete mit einem Überschuss an Sanden sind. Nimmt man für Hessen eine mittlere Zusammensetzung von Sanden zu Kiesen in Lagerstätten von 80:20 % an und im Betonbau von 60:40 %, so resultieren hieraus 50% Sand-Überschussmengen, die im Betonbau nicht verwendbar sind. Konsequenz: Grobe Gesteinskörnungen werden aus anderen Bundesländern nach Hessen für den Einsatz in Beton transportiert. Außerdem hat der ersatzweise Einsatz von Gesteinskörnungen aus gebrochenem Naturstein an Bedeutung gewonnen. Die Sandüberschüsse verringern sich in der Praxis durch die Verwendung von Sanden in der Asphalt- und anderen Indust-

rien z. B. zur Herstellung von Dachpfannen, Mörtel, Kalksandsteinen, Gasbeton etc.. Bundesweit waren 1995 nach Schätzungen des Bundesverbandes der deutschen Kies- und Sandindustrie e.V. ca. 12% der gewonnenen Sande und Kiese nicht verkaufsfähige Sande, die z.B. beim Waschprozess als zurückbleibende „Spülsande“ anfallen. Im Verbandsgebiet Hessen, Rheinland-Pfalz und Saarland waren es laut Statistik nur 3%.

Angesichts knapper werdender Ressourcen und des trotz der gegenwärtigen Absatzschwäche im Baugewerbe immer noch hohen Bedarfs an Sanden und Kiesen, müssen Wege gesucht werden, wie die regional vorhandenen Rohstoffe optimal genutzt werden können.

Die Verwendung von mehr Sand im Betonbau muss daher ein technologisches Ziel sein, um regionalen Besonderheiten Rechnung tragen zu können. In verschiedenen umfangreichen Untersuchungen wird die Entwicklung sandreicher Betone vorangetrieben. Erste Ergebnisse lassen erwarten, dass sandreiche Betone aus technischer Sicht wie die üblichen Betone eingesetzt werden können. Allerdings wird der Gesamterfolg maßgeblich durch die Wirtschaftlichkeit bestimmt. Es ist davon auszugehen, dass zukünftig sandreiche Betone durch die Weiterentwicklung von Verflüssigern mit extrem hoher Wirksamkeit zunehmend wirtschaftlicher hergestellt werden können.

Auf dem Rohstoffmarkt ist vor dem Hintergrund der Rezession im Baubereich ein Trend hin zu stärker spezialisierten und veredelten Sanden als Grundstoff für hochwertige Bau- und Industriestoffe zu beobachten, um einerseits neue Märkte zu erschließen und andererseits dem Preisverfall von Sand und Kies entgegenzuwirken. Mit dieser Umorientierung werden sich langfristig die Produktion, die Aufbereitung wie auch die Absatzmärkte und Abnehmerstrukturen ändern. Während bisher vorwiegend transportempfindliches Schüttgut (= unverpacktes, loses Gut) verfrachtet wird, werden die veredelten Baustoffe zunehmend in Silosystemen, palettiert oder in geschlossenen Behälterfahrzeugen transportiert.

Sand als Treibstoff der Zukunft? Bei dem von dem Chemiker und Mathematiker Dr. Plichta entdeckten Kreislaufprozess liefert Sonnenenergie den elektrischen Strom, so dass aus dem Rohstoff Quarzsand über eine chemische Drucksynthese hochwertige Silanöle hergestellt werden können [4]. In einem Motor verbrennt dieser „Treibstoff“ zu Wasser und dem ungiftigen Siliciumnitrid, das in der chemischen Industrie zu Ammoniak gespalten werden kann. Dieser liefert bei Verbrennung elektrischen Strom und Luftstickstoff. Sollte in ferner Zukunft eine großtechnische Umsetzung möglich sein, ergäbe dies neue Perspektiven für den Sand- und Kiesabbau.

7. Vorräte und Rohstoffsicherung

Das Lagerstättenpotenzial an Sand- und Kies in Hessen insgesamt ist allein aufgrund der großen Flächen und hohen Mächtigkeiten im nördlichen Oberrheintal als langfristig ausreichend zu bezeichnen. Nur ein Bruchteil der Vorräte ist aber landesplanerisch gesichert und kommt damit fak-

tisch für einen Abbau in Frage. Außerdem wird eine Gewinnung des Massenrohstoffes Kiessand mit steigender Transportweite schnell unwirtschaftlich. Mengen, Körnung und Qualität sind zudem regional sehr unterschiedlich verteilt.

7.1. Vorräte

Am nördlichen Oberrhein beziffern sich die Brutto-Vorräte in den genehmigten Abbauf lächen auf nur noch ca. 35 Mio. m³, eine Menge, die der Bedarfssituation in den Ballungsräumen Rhein-Main und Rhein-Neckar in den nächsten 10 Jahren nicht gerecht werden könnte. Einige Abbaubetriebe haben nur noch für wenige Jahre Vorräte und sind dringend auf Erweiterungsflächen angewiesen. Die geologischen Vorräte in den Rohstoffsicherungsflächen insgesamt sind sicherlich mit > 500 Mio. m³ zu prognostizieren. Limitierender Faktor bei der genehmigungsfähigen Abbautiefe ist im Allgemeinen nicht die Gewinnungstechnik sondern die hydrogeologische Situation. Derzeit betragen die Abbaumächtigkeiten 8 -30 m bei maximalen Lagerstättenmächtigkeiten von bis zu 100 m und darüber. In der Region Babenhausen - Rodgau kann mit > 40 Mio. m³, im Bereich der Niederhessischen Senke mit ca. 380 Mio. m³ Vorrat gerechnet werden.

Als geologische Vorräte an den mittel- und nordhessischen Flüssen können > 100 Mio. m³ angenommen werden. Angesichts des Mangels an Sand- und Kiesvorkommen in Nordhessen sind die Werrakiese trotz ihres relativ hohen, evtl. qualitätsmindernden Anteils an Muschelkalk ein begehrter Rohstoff.

Bei den tertiären Sanden und Kiesen der Limburg-Idsteiner Tertiärgräben belaufen sich die Vorräte auf 8 bis 9 Mio. m³, gewinnbar davon ca. 6,5 Mio. m³. Für die Wetterau, den Raum der Giessener und der Niederhessischen Tertiärsenke ist die Vorratssituation nicht näher bezifferbar, deutlich > 50 Mio. m³ sind aber auch hier zu erwarten.

Die Vorratslage an Mürbssanden und Grusen ist aufgrund der heterogenen Lagerstättenausbildung und unzureichender Erkundung nur schwer zu abzuschätzen, dürfte aber im einstelligen Millionen-kubikmeterbereich liegen.

7.2. Rohstoffsicherung

Als Abwägungsgrundlage für die Regionalplanung der Regierungspräsidien erstellt das Rohstoffdezernat im HLUg die digitale Karte Rohstoffsicherung (KRS 25) im Maßstab 1 : 25000, die ständig aktualisiert wird. Aktuell (Stand Dezember 2005) sind 531 Sand- und Kiesflächen als Rohstoffsicherungsflächen in der KRS 25 ausgewiesen, davon 139 (0,19 % der Landesfläche) als *Gebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten* und 392 (1,5 % der Landesfläche) als *Gebiete oberflächennaher Lagerstätten*.

Die Mehrzahl der KRS 25-Flächen entspricht den in den Regionalplänen der drei Regierungspräsidien 2000 bzw. 2001 ausgewiesenen Rohstoffsicherungsflächen.

7.2.1. Grundwasserschutz

Wasserwirtschaft und Rohstoffabbau sind häufig Nutzungskonkurrenten, da Kies und Sand hervorragende Grundwasserleiter sind. In Hessen sind 28,1% (Stand Ende 2004) der Landesfläche als Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen. Damit steht Hessen bundesweit an der Spitze. Benachbarte Bundesländer wie Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz haben mit 24,2% bzw. 10,4%, z.T. deutlich kleinere Trinkwasserschutzgebietsausweisungen, Bayern gar nur 3,9%.

Lagerstätten werden daher häufig von Trinkwasserschutzgebieten überlagert. Das gilt weniger für hochwertige Lagerstätten Nordhessens wie im Raum Fritzlar, als vielmehr für Sand- und Kieslagerstätten in Mittel- und Südhessen, insbesondere für den Nördlichen Oberrhein und den Raum Babenhausen. Eine zufrieden stellende Lösung des Miteinanders von Rohstoff- und Wasserwirtschaft ist daher für die Ballungsräume Rhein-Main und Rhein-Neckar von großer Bedeutung.

Konflikte mit *Heilquellenschutzgebieten* entstehen im Rahmen von Abbaumaßnahmen durch die Festlegung von zusätzlichen Auflagen in Genehmigungsbescheiden, um ein Gefährdungspotenzial durch den Abbau und die anschließende Wiederherrichtung der Abbaufäche auszuschließen.

Da Kies, Sand und Grundwasser regional untrennbar gemeinsam vorkommen, kann möglichen Konflikten nicht durch einen Wechsel des Abbaustandortes begegnet werden. Es sind daher einzel-fallbezogene Lösungen zu erarbeiten, die ein Mit- und Nebeneinander von Rohstoffabbau und Grundwasserschutz ermöglichen.

Aktuelle Studien wie das KaBa-Projekt (KaBa = **K**onfliktarme **B**aggerseen) des Umweltministeriums Baden-Württemberg [9] belegen, dass die Befürchtung einer generell nachteiligen Auswirkung des Nassabbaus von Kies- und Sandlagerstätten auf die Beschaffenheit des Grundwassers nicht zutrifft.

Als exemplarisches Beispiel für die Rohstoff-Grundwasser-Problematik und der Umgang damit kann der Nutzungskonflikt in den Gemarkungen der Stadt Babenhausen (Abb. 12) dienen. Hier betreiben zwei regionale Wasserverbände Wasserwerke mit zusammen etwa 35 Brunnen. Darüber hinaus werden Firmenbrunnen und für die Landwirtschaft Bewässerungsbrunnen betrieben. Sämtliche Brunnen fördern jährlich insgesamt etwa 8 Mio. m³ Grundwasser. Das in den Wasserwerken geförderte Wasser versorgt die Bevölkerung im Ostteil des Kreises Darmstadt-Dieburg und im südlichen Teil des Kreises Offenbach. Für die öffentlich genutzten Brunnen sind Wasserschutzgebiete ausgewiesen oder vorgeschlagen. In den Wasserschutzzonen I, II und III A sind neue Gewinnungsstellen für Sand und Kies untersagt. Außerhalb von Wasserschutzgebieten sowie der Zone III B von Wasserschutzgebieten ist aus hydrogeologischer Sicht ein Sand- und Kiesabbau grundsätzlich möglich.

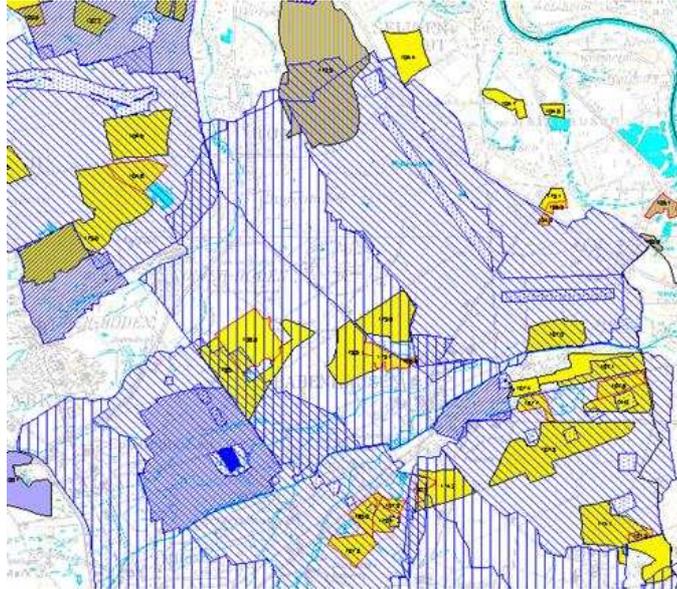


Abb. 12: Flächennutzungskonflikt zwischen der Rohstoffsicherung von Sand- und Kiesflächen (Gelb) und Trinkwasserschutzgebieten der unterschiedlichsten Kategorien (blaue Flächen und Schraffuren) im Raum Babenhausen-Rodgau.

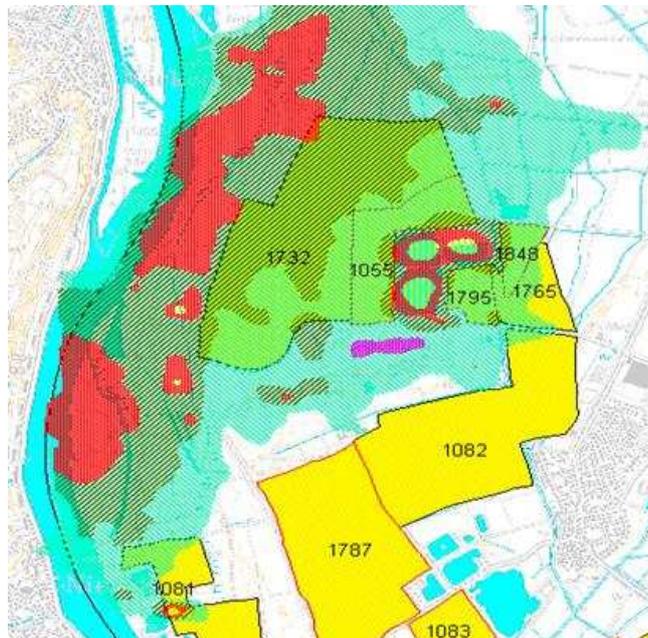


Abb. 13: Salzauftrieb im Hessischen Ried entlang des Rheins. Mit zunehmender Entfernung vom Rhein nach Osten nimmt die Salzkonzentration ab. Rot: hohe Salzkonzentration, grüne Schraffur: geringere Salzkonzentration; (Gelb) Sand- und Kiesflächen.

In Gesprächen zwischen der Wasserwirtschaft und den rohstoffabbauenden Firmen wird nach konsensfähigen Lösungen für beide Flächennutzungen gesucht, wobei das HLUK ist hierbei beratend tätig ist. Außerhalb von Grundwasserschutzgebieten wird die - grundsätzlich auch aus Nachhaltig-

keitsgründen angestrebte - vollständige Lagerstättennutzung aufgrund von Risiken für das Grundwasser begrenzt und durch begleitende Maßnahmen wie z.B. Grundwassermessstellen überwacht. Dies ist z.B. dann erforderlich, wenn Lagerstätten hohe Wasserdurchlässigkeiten aufweisen oder eine wirksame natürliche Stockwerkstrennung zwischen Grundwasserleitern besteht, die nicht gefährdet werden soll. Eine solche Stockwerksbarriere trennt den zur Wassergewinnung genutzten Grundwasserleiter z.B. von tiefer liegenden höher mineralisierten Wässern oder Aufstiegszonen salzhaltiger Wässer, wie dies westlich Groß-Gerau der Fall ist (Abb. 13).

7.2.2. Natura 2000-Flächen

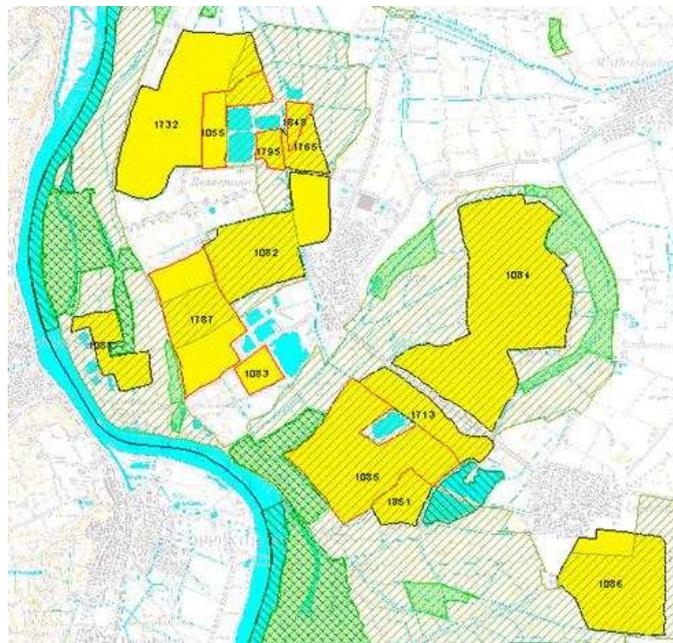


Abb. 14 Sand- und Kiesflächen (Gelb) und Natura 2000-Flächen (grüne Schraffuren) in der Region Geinsheim. Die FFH-Gebietsvorschläge sind bereits heute als Naturschutzgebiete ausgewiesen (grünes Punkteraster).

Die Überplanung derzeit bestehender Abbaubetriebe der Kies- und Sandindustrie sowie ausgewiesener Vorrangflächen für die Rohstoffgewinnung durch europäische Schutzgebiete (Natura 2000: FFH-(=Fauna-Flora-Habitat) und Vogelschutzgebiete(VSG)) birgt für die betroffenen Unternehmen der Kies- und Sandindustrie ein schwer zu kalkulierendes Planungsrisiko. Von den nicht in die derzeit gültigen Regionalpläne übernommen Rohstoffsicherungsflächen der Karte Rohstoffsicherung (KRS) des HLUG sind ca. 20% Kies- und Sand-Flächen.

In Südhessen werden mehrere Abbaustandorte der Kies- und Sandindustrie vollständig von großflächigen, mehrere tausend Hektar großen Schutzgebieten, insbesondere Vogelschutzgebieten (VSG), überlagert (Abb. 14). Die Genehmigung weiterer Abbaufächen zur Fortführung des Ab-

baus wird dadurch erschweret oder ausgeschlossen, obwohl stillgelegte, z.T. auch in Betrieb befindliche Abbaustandorte vielfach besondere Lebensräume für zu schützende Arten darstellen.

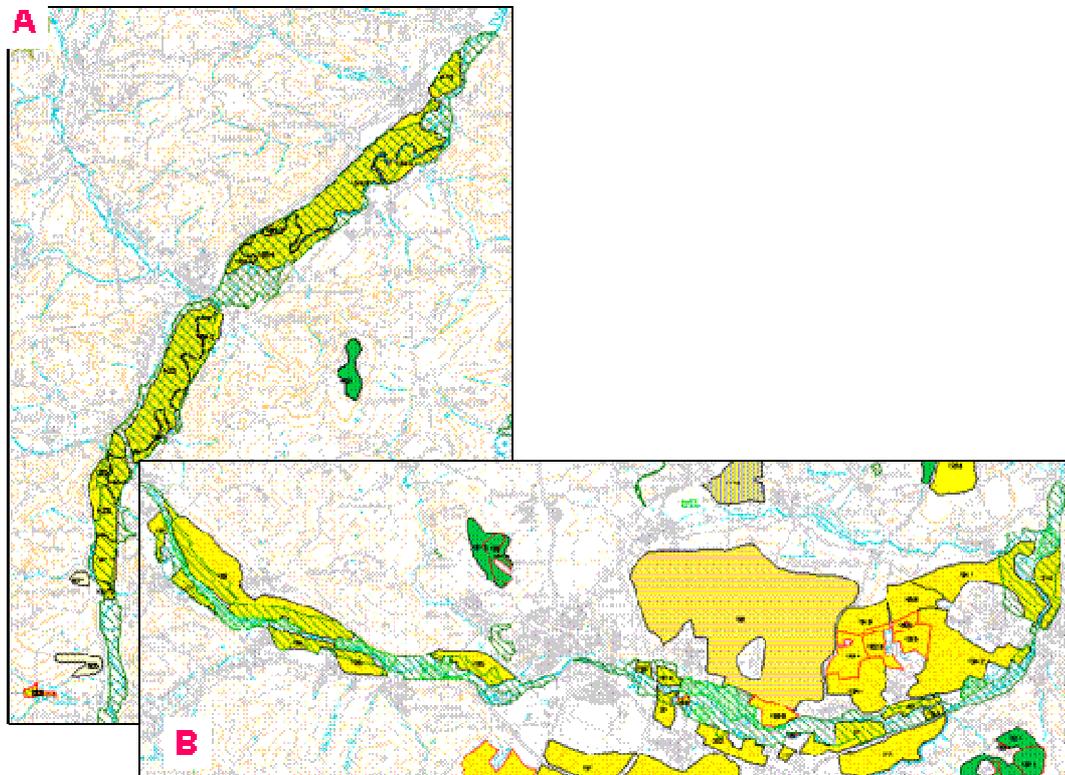


Abb. 15: A) Fuldatal bei Niederaula: FFH- und Vogelschutzgebiete B) Edertal bei Fritzlar: FFH-Gebiete; Gelb: Sand- und Kiesflächen, grüne Schraffuren: Natura 2000-Flächen

In Nord- und Mittelhessen liegen Sand- und Kieslagerstätten im Wesentlichen im Bereich der größeren Flusstäler und werden gerade dort durch Natura 2000-Flächen vielfach überlagert. VSG überdecken größere Lagerstättenflächen im Lahntal zwischen Marburg und Gießen sowie im Ohmtal bei Kirchhain. An der mittleren Fulda werden die Kiessandvorkommen nahezu vollständig von VSG überlagert. Im mittleren Edertal wurden Rohstoffsicherungsflächen aufgrund von FFH- und VSG-Flächen schon bei der Fortschreibung zum derzeit gültigen Regionalplan Nordhessen 2000 nicht mehr berücksichtigt. Zahlreiche Kiesseen zeugen vom intensiven Rohstoffabbau in der Vergangenheit, gleichwohl sind noch markante Sand- und Kies-Vorräte vorhanden, die derzeit aber nicht regionalplanerisch gesichert sind (Abb. 15).

7.2.3. Naturschutzgebiete sowie Schutz- und Bannwälder

Ausgewiesene Naturschutzgebiete und Bannwaldgebiete nach § 22 Hessisches Forstgesetz (HFG) stellen in der Regel Ausschlusskriterien für den Betrieb von Kies- und Sandabgrabungen dar. Nur in Ausnahmefällen– nach Prüfung der Veträglichkeit der Maßnahme mit den Schutzgütern - wer-

den Abgrabungen zugelassen. Die Folge sind Einschränkungen bei der Wahl möglicher Abbauflächen, ein Faktor, der zu einer konkreten Reduzierung der Nutzung des geologischen Rohstoffpotenzials beiträgt und damit den „Flächendruck“ verstärkt.

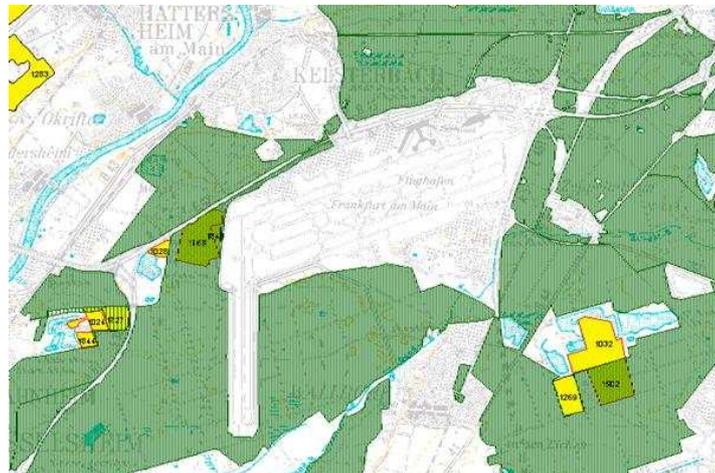


Abb. 16: Im Einzugsgebiet des Frankfurter Flughafens von der Bannwald-Ausweisung (grüne Schraffur) betroffene Sand- und Kiesflächen. Rote Flächenumrandung: Gebiete für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten.

Viele Naturschutzgebiete in Hessen verdanken ihre Entstehung und Ausweisung ganz oder teilweise ehemaligen Abbaustellen da diese für spezielle Arten der Flora und Fauna als exklusive Rückzugsgebiete und Sekundärbiotope in Kulturlandschaften dienen. Dies gilt insbesondere für durch Nassabbau geschaffene Kiesseen, die ohne Rohstoffabbau nicht existieren würden.

Die weitaus größten Flächenanteile ausgewiesener oder geplanter Forstschutzflächen, wie Bann- und Schutzwälder liegen in Südhessen, insbesondere im Einzugsgebiet des Frankfurter Flughafens (Abb. 16). Die unterdurchschnittliche Ausweisung von Rohstoffsicherungsflächen in dieser Region lässt sich u.a. mit dem Vorrang der Ausweisung von Schutz- und Bannwald nach § 22 HFG erklären. Das Potenzial qualitativ hochwertiger Sand- und Kieslagerstätten ist hier weitaus größer als im Regionalplan Südhessen 2000 ausgewiesen. Bannwald steht derzeit notwendigen Erweiterungsvorhaben von zwei der insgesamt drei Sand- und Kiesgruben der Flughafenregion entgegen. Betriebseinstellungen mangels qualitativ vergleichbarer Erweiterungsalternativen in der Region hätten Auswirkung auf die Versorgungslage des Frankfurter Raumes mit hochwertigen Baurohstoffen. An Lösungswegen wird seitens aller Beteiligten aktiv gearbeitet.

7.2.4. Landwirtschaft

Landwirtschaft ist in vielen Fällen die Hauptnutzung auf den Flächen der Kies- und Sandlagerstätten. Obwohl von Natur aus kein funktionaler Zusammenhang zwischen Kies- und Sandabbau und Landwirtschaft besteht, ist dennoch Konfliktpotenzial vorhanden, insbesondere dann, wenn - wie im hessischen Ried - landwirtschaftliche hochwertige Böden vorliegen. Die Konfliktsituation gilt nicht nur für Abbauflächen, sondern inzwischen auch für Kompensationsflächen, die gegebenenfalls zur Leistung eines forstrechtlichen Ausgleichs zu erbringen sind. Zum naturschutzrechtlichen Ausgleich ist die Kompensationsverordnung zu beachten, die einen naturschutzrechtlichen Ausgleich auch im bestehenden Wald ermöglicht. Kompensationsflächen gehen vielfach zu Lasten der landwirtschaftlichen Flächen.

7.2.5. Infrastruktur, Bebauung und Freizeitnutzung

Wenn Straßen- und Bahntrassen, aber auch oberirdisch wie unterirdisch verlegte Energieversorgungsleitungen Lagerstätten durchschneiden, werden u.U. Neuaufschlüsse anstatt Abbauerweiterungen notwendig. Erforderliche Sicherheitsabstände reduzieren die abbaufähigen Lagerstättenvorräte. Kleinere Abbauflächen können so schnell unrentabel werden. Da Sande und Kiese in Hessen überwiegend in Regionen hoher Bevölkerungsdichte vorkommen, besteht eine Konkurrenz des Rohstoffabbaus mit geplanten Wohn- und Gewerbegebieten, Verkehrsflächen sowie einer Nutzung als Freizeit- und Erholungsflächen, z.B. Golfplätze. Dies wird durch den anhaltenden Trend zur Abwanderung aus wirtschaftlich schwachen Regionen in die Ballungsgebiete Südhessens mit entsprechend steigendem Siedlungsdruck noch verstärkt.

In der Rhein-Main-Region und in der Oberrheinebene bis an die südliche Landesgrenze, wo das größte Sand- und Kiespotenzial Hessens liegt, ist durch Flächenversiegelung unterschiedlicher Art die Rohstoffnutzung jetzt schon an vielen Stellen langfristig oder dauerhaft ausgeschlossen. Prominentestes Beispiel hierfür ist der Frankfurter Flughafen. Wie Abbauaktivitäten bis in die späten 60er Jahren belegen, liegen auf seinem Gelände hochwertige Sande und Kiese.

Eine weitere Entwicklung, die erst am Anfang steht, ist die zunehmende Flächenausweisung für alternative Energienutzungen. Bei Sand- und Kies-Lagerstätten spielen Ausweisungen zur Windenergiegewinnung zwar auf Grund überwiegend ungünstiger Windverhältnisse keine große Rolle, die Ausweisung von flächenverbrauchenden Solarparks [5] im sonnenverwöhnten Südhessen hat aber bereits begonnen. Beispielsweise entsteht in der Gemarkung Griesheim derzeit eine erste Photovoltaik-Freifeldanlage.

Im Rahmen von Planungsvorhaben auf Landes- und Kommunalebene sollte die Berücksichtigung der Rohstoffsicherung auch im Sinne einer nachhaltigen Nutzung heimischer Rohstoffe optimiert

werden. Es könnte z.B. vor Ausweisung von neuen Siedlungs- und Gewerbeflächen geprüft werden, ob im Vorfeld eine zeitlich befristete Auskiesung möglich ist.

7.2.6. Flächendynamik und -dimensionierung

Auf der Ebene der Landesplanung sollte die Dynamik eines fortschreitenden Abbaus stärker Berücksichtigung finden. Die geplante Verdoppelung der Gültigkeitsdauer von Regionalplänen macht dies zwingend notwendig, um den Abbaufirmen entsprechende langfristige Planungssicherheit einzuräumen.

Der fortschreitende Abbau von Kies und Sand mit seiner Dynamik der Flächennutzung und Flächenveränderung bietet die Möglichkeit, neue wertvolle Lebensräume zu schaffen. Die Abbaunternehmen der Kies- und Sandindustrie streben in der Regel an, vielfältige und naturraumtypische Standortverhältnisse bereits während des Abbaus zu erreichen. Dies können z. B. die Anlage von Steilwänden, die Schaffung von Flachwasserzonen oder von Oberboden freigehaltene Kiesbänke als nährstoffarme Teilgebiete sein.

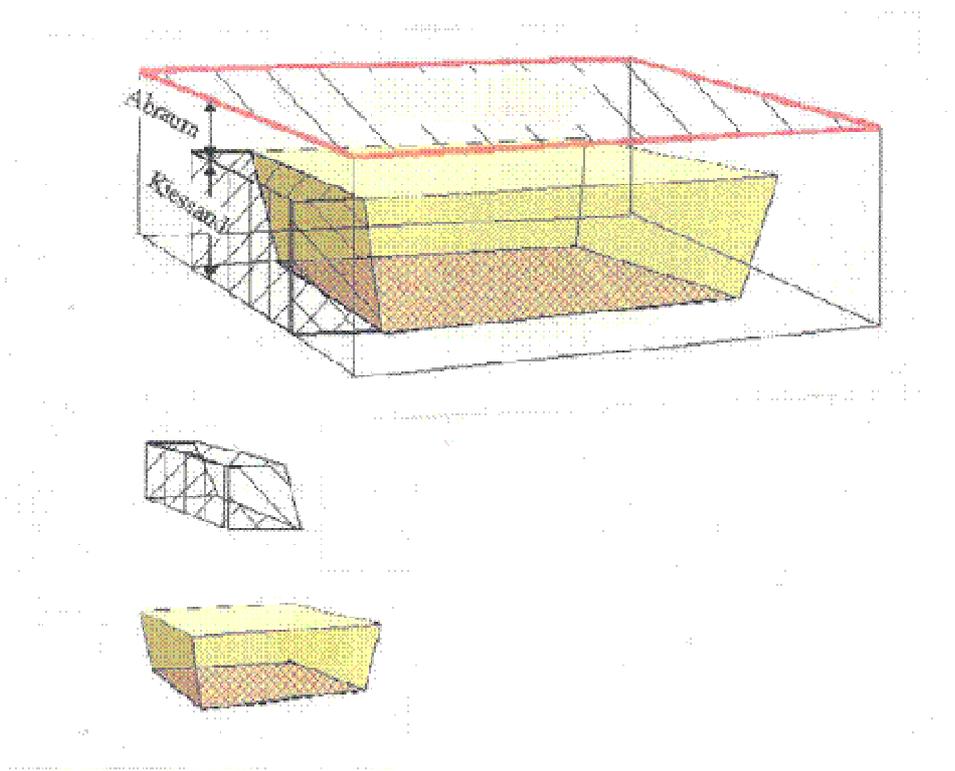


Abb. 17: Rohstoffsicherungsfläche und Abbauverluste [6].

Eine langfristig ausreichende Rohstoffversorgung ist nur über entsprechend dimensionierte Vorrangflächen zu sichern, da nur Teile der in den Regionalplänen ausgewiesenen „Bereiche für den Abbau oberflächennaher Lagerstätten“ letztendlich für die Rohstoffgewinnung zur Verfügung stehen. In der Praxis treten zum Teil erhebliche Abbauverluste auf, die durch konkurrierende Nutzun-

gen, privatrechtliche Flächenverfügbarkeit, geologisch nicht vorhersehbare Bereiche unzureichender Rohstoffqualität, ungünstige Lagerstättenschnitte, Gewinnungsgeräte und Böschungen, Sicherheitsabstände, notwendige Aufbereitungs- und Rekultivierungsarbeiten und markttechnische Aspekte etc. verursacht werden [6]. Die Größenordnung dieser Verluste steht in Abhängigkeit zur Gesamtabbaufläche und der abbaufähigen Rohstoffmächtigkeit. Prinzipiell verringert sich der relative Abbauverlust mit Vergrößerung der Abbaufläche. Beispielsweise sinkt dieser bei einer angenommenen Abbaumächtigkeit von 16 m von ca. 46% bei einer abbaubaren Fläche von 25 ha, auf ca. 38% bei einer Abbaufläche von 50 ha.

Die flächenhafte Darstellung in den Regionalplänen berücksichtigt weder diese Einschränkungen, noch können nutzbare bzw. genehmigte Abbaumächtigkeiten abgelesen werden, die Aufschluss über die nutzbaren Vorräte geben könnten. Regionalpläne können daher, wie z.B. im hessischen Ried, eine auf den ersten Blick großzügige Ausweisung von Rohstoffsicherungsgebieten suggerieren, die so nicht gegeben ist, zumal der Großteil der Rohstoffsicherungsflächen nur den Status von Reserveflächen („Bereich oberflächennaher Lagerstätten“) besitzt. Diese Flächen sind als potenziell abbauwürdige Lagerstätten nur vorsorgend planerisch dargestellt.

Bundesweite und länderbezogene Bedarfsprognosen der letzten Jahre (z.B. [3]) kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Allgemein wird eine Bedarfsprognose als Grundlage der planerischen Rohstoffsicherung kritisch gesehen (siehe Allgemeiner Teil). Rohstoffflächen für Sand und Kies sollten langfristig und bedarfsunabhängig in ausreichendem Umfang regionalplanerisch gesichert werden.

7.2.6. Investitionssicherheit

Die rohstoffabbauenden Betriebe der Kies- und Sandindustrie sind kleine und mittlere Unternehmen, die für ihren Betrieb Investitionen in erheblicher Größenordnung tätigen müssen. Dieses im Verhältnis zur Betriebsgröße überdurchschnittlich hohe Investitionsvolumen erfordert eine entsprechende Planungssicherheit. Die Sicherung von Vorrangflächen sollte dem zumindest durch Ausweitung der Gültigkeitsdauer auf 25 Jahre gerecht werden. Abbaugenehmigungen sind für ausreichend lange Zeiträume zu erteilt, damit eine wirtschaftliche Planung größerer Anlagen mit kalkulierbaren Investitionsrisiken möglich wird.

8. Transportlage

Der Transport von Sanden und Kiesen zur weiteren Verwendung in Transportbetonwerken, Betonfertigteilwerken, Asphaltmischwerken, für den Garten- und Landschaftsbau u.s.w. erfolgt in der Regel bis zu einer Entfernung von 50 km mit LKW. Dabei müssen für die große Masse der Kunden der Kies- und Sandindustrie die Verkehrsträger in der Fläche präsent sein, weil sich deren Produktionsstandorte meist im Außenbereich befinden. Die Kunden der Kies- und Sandindustrie verlangen

eine Versorgung mit den Massenbaustoffen, die "just in time" erfolgt und flexibel auf Nachfrageänderungen reagieren kann.

Bundesweit wird etwa 11 % der Sand- und Kiesproduktion auf Wasserstraßen transportiert. Gerade am Rhein und anderen größeren Flüssen Deutschlands liegen einige der Kies- und Sandgruben so, dass direkt vom Werk über Förderbänder Binnenschiffe beladen werden könnten.

In Hessen haben Schifftransporte für im die im Land produzierten Kies- und Sandtonnagen bisher keine Relevanz. Importe von Kies nach Hessen erfolgen über Rhein und Main (siehe Kap. 9).

9. Volkswirtschaftliche Bedeutung und Stoffströme

Sande und Kiese als sind als Massenrohstoffe in der Regel transportkostenempfindlich, d.h. die Rentabilität nimmt mit zunehmender Entfernung zum Kunden ab. Die Transportkosten-Empfindlichkeit spielt bei logistischen Überlegungen für die Entwicklung einzelner Märkte eine bedeutsame Rolle. Bei LKW-Transport liegt der wirtschaftlich noch vertretbare Kundenradius, je nach Region und örtlichem Preisgefüge bei 30-50 km. Rohstoffabbau rechnet sich daher nur im engeren Einzugsgebiet der jeweiligen Verbraucher. Da die Sand- und Kies-Industrie überwiegend regionalen Charakter hat können Stoffströme aus benachbarten Bundesländern per LKW vernachlässigt werden. Grenznahe Im- und Exporte neutralisieren sich in etwa.

Anders sieht es bei der Versorgung mit in Hessen unzureichend vorkommender Kieskörnung aus. Der Import von Kiesen nach Südhessen rechnet sich auch über größere Entfernungen, da er per Schiff über die hessischen Binnenhäfen an Rhein und Main abgewickelt wird. Jährlich werden mehr als 5 Mio. t Kieskörnung über den Rhein nach Hessen verschifft. Exporteure sind insbesondere Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und das Elsass (Frankreich), die dadurch ihre Überschüsse an Kieskörnung abbauen. Um den interregionalen Ausgleich, der sich aus den geologischen und marktabhängigen Unterschieden ergibt, auf möglichst ökologische Weise zu optimieren, sollte der Schifftransport wo dies wirtschaftlich sinnvoll ist bevorzugt werden.

Quarzsande, insbesondere höherwertige Industrie- oder Spezialsande können auch überregionale Absatzgebiete erschließen. Abnehmer in der Feuerfestindustrie befinden sich auch im europäischen Ausland wie z.B. in Frankreich, Belgien, Holland und Großbritannien.

10. Folgenutzung

Rohstofflagerstätten werden durch den Abbau nur vorübergehend genutzt, die Flächen werden durch den Sand- und Kiesabbau nicht „verbraucht“. Rohstoffabbau ist eine temporäre Nutzung und ehemaligen Abbaufächen stehen vielfältigen Folgenutzungen zur Verfügung. So hängt die Gestaltung eines Kiesabbaus und die Wiederherrichtung der Flächen entscheidend davon ab, welche Fol-

genutzung für die Zeit nach dem Abbau vorgesehen wird. Als Folgenutzung einer Kies- und Sandabgrabung kommen z. B. in Betracht:

- Naturschutz und Landschaftspflege,
- Freizeit und Erholung,
- Fischerei (in Baggerseen),
- Land- und Forstwirtschaft (in der Regel nur bei Trockenabbau),
- bauliche Nutzung (in der Regel nur bei Trockenabbau).

10.1. Naturschutz

Die Nutzung als Refugium für die Natur ist die häufigste Art der Folgenutzung von Kies- und Sandabgrabungen. Durch den Nassabbau von Kies und Sand entstehen neue Gewässer und nicht selten werden alte Gewässer, wie Altarme von Flüssen, wieder belebt. Obwohl als Sekundärbiotop entstanden, können diese wichtige ökologische Funktionen früherer natürlicher Wasserflächen übernehmen. Abbauflächen von Kies und Sand eignen sich in besonderer Weise zur Entwicklung wertvoller Lebensräume. Dies setzt voraus, dass eine entsprechende Gewässerstruktur gezielt hergestellt wird, um die biologische Vielfalt der Region zu sichern und zu vermehren, die umgebenden Lebensräume zu stabilisieren und dem Artenrückgang entgegenzuwirken, neue Lebensräume für Pflanzen und Tiere (Abb. 18) zu schaffen und letztendlich zu einem funktionierenden Biotopverbundsystem beizutragen.



Abb. 18: Amphibien finden in ehemaligem Abbaugelände neue Lebensräume

Soweit abbautechnisch möglich und wirtschaftlich verhältnismäßig, besteht vielfach die Möglichkeit, naturraumtypische Standortverhältnisse bereits während des Abbaus zu erreichen. Hierzu gehören z. B. die Anlage von Steilwänden, die Schaffung von Flachwasserzonen, welche die Funktionen von natürlichen Flachseen und Altarmen übernehmen können und die Freihaltung von Kiesbänken zur Schaffung nährstoffarmer Teilgebiete.



Abb. 19: Baggersee mit Schilfgürtel

Abbaufächen bieten auch ausgezeichnete Standortmöglichkeiten für eine natürliche Sukzession, z.B. mit Ausbildung einer vielgestaltigen Uferzonierung mit Wasserpflanzen-, Schwimmblatt- und Röhrichtgürteln. Die natürliche Sukzession ist ein langwieriger Prozess, der durch die Spontanbesiedlung der Fläche mit häufig sehr seltenen Arten geprägt ist. Dies kann durch vorbereitende Maßnahmen, wie z. B. Geländemodulationen, Abschirmpflanzungen und sonstige Pflegemaßnahmen gezielt gesteuert werden. Nicht selten ist aber „Nichtstun“ die beste Pflegemaßnahme. Sukzessionsräume stellen während ihrer Entwicklung wichtige Naturräume mit unterschiedlichsten Funktionsausprägungen dar. Die endgültigen naturräumlichen Funktionen sind häufig erst nach Jahrzehnten vollständig ausgebildet. Während dieser Zeit bilden die sich langsam entwickelnden Flächen mit Flora- und Faunaarten, die dieser speziellen Entwicklungsbedingungen bedürfen, wertvolle naturräumliche Bereiche. Hierzu gehören z. B. die breiten Schilfsäume (Abb. 19), die häufig an Baggerseen anzutreffen sind. Sie werden nicht nur bevorzugt von Libellen aufgesucht, sondern dienen auch der Wasserreinhaltung.

Baggerseen und ihre Ufer, die in den letzten Jahren aus ökologischen Gründen zunehmend gezielt strukturiert wurden, nehmen heute wichtige Ersatzfunktionen im Naturhaushalt wahr. So waren früher z. B. Prallhänge von Bächen und Flüssen die angestammten Brutgebiete der Uferschwalbe. Durch Wasserbaumaßnahmen der Vergangenheit sind derartige natürliche Prallhänge weitestgehend aus der Landschaft verschwunden. Deshalb werden heute von den Uferschwalben insbesondere die Steilwände der Sand- und Kiesgruben zum Anlegen ihrer Brutröhren genutzt. Häufig können im Zuge von Baggerungen auch gewünschte Sekundäreffekte zum Erhalt oder zur Wiederherstellung natürlicher Gegebenheiten erzielt werden. Hierzu zählt z. B. die Reaktivierung von Wasserflächen in alten Flussschleifen durch die mit der Kies- und Sandgewinnung einhergehende Entschlammung von Altwässern, wenn deren Verlandung nicht gewünscht ist. Durch die gezielte Wiedereinbringung des dabei anfallenden Schlammes können an anderer Stelle gewünschte Flachwasserbereiche geschaffen werden oder ganze Inseln neu entstehen.

An die Renaturierung eines Baggersees und seiner Uferbereiche werden hohe Anforderungen gestellt. Für das Abbaunternehmen bestehen hierbei vielfältige Möglichkeiten, unterschiedliche Einzelmaßnahmen vorzunehmen. Die Erfolge der Renaturierung hängen allerdings entscheidend davon ab, wie diese Einzelmaßnahmen zusammenwirken. Dabei ist es von Abbau zu Abbau unterschiedlich, was machbar ist. So erfordern aufwendige Gestaltungsmaßnahmen, wie z. B. die Herstellung von Flachwasserbereichen, geschwungene Uferlinien, Halbinseln und Inseln, dass hierfür entsprechende Materialmengen zur Verfügung stehen müssen, die auch aus wasserwirtschaftlicher Sicht als Verfüllmaterial geeignet sind. Auch der beim Waschen von Kies anfallende Waschlamm aus tonig-lehmigen Feinstteilchen kann für Auflandungen angespült werden. Diese Flächen können dann selten gewordene Extremstandorte für Binsen, Röhrichte und im späteren Stadium Weidengebüsche bilden. All diesen gestalterischen Überlegungen steht die Notwendigkeit entgegen, die in Abbau befindliche Lagerstätte möglichst vollständig zu nutzen, um nicht unnötige Abbauf Flächen an anderer Stelle in Anspruch nehmen zu müssen. Die Anlage von Flachwasserzonen oder Inseln aus natürlich anstehendem Material verursacht allerdings in der Regel erhebliche Rohstoffverluste.

Welche Maßnahmen möglich und umsetzbar sind, wird maßgeblich von der wirtschaftlichen Verhältnismäßigkeit und technischen Machbarkeit mitbestimmt. Zweck des Abbaus bleibt die Gewinnung von Kies und Sand, wodurch sich die durchzuführenden Renaturierungsmaßnahmen zwangsläufig am Abbau auszurichten müssen. Beide Zielsetzungen lassen sich sinnvoll miteinander verbinden, wenn geplante Renaturierungsmaßnahmen bereits beim Abbau berücksichtigt werden.

Baggerseen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und Nutzungsphasen sind heute Teil der sich ständig verändernden ökologischen Vielfalt in den Abbaugebieten von Kies und Sand. Nicht selten haben sie sich als neue landschaftsprägende Elemente entwickelt, die heute kaum mehr wegzudenken und aufgrund ihrer Strukturvielfalt für Mensch und Tier von hohem Wert sind.

10.2. Hochwasserschutz

Hochwasserschutz: Konkurrierende oder kooperierende Nutzung? In Hessen sind zahlreiche Rohstoffsicherungsflächen z.B. im vom Hochwasser bedrohten Hessischen Ried landesplanerisch ausgewiesen.

Die Hälfte des Hessischen Rieds wäre von einem statistisch gesehen 200 jährigen Hochwasser bei Brechen der Rheindämme betroffen (Abb. 20). Insbesondere in den Bereichen Geinsheim und Biebesheim sowie lokal innerhalb der Region Gernsheim - Lampertheim mit zahlreichen Kiesgruben und großen Sand- und Kiesmächtigkeiten würden sogar mittlere Hochwasserstände von 4 bis > 6 m auftreten. Ein geplanter Polder bei Trebur ist in der Vergangenheit am Widerstand der Gemeinde

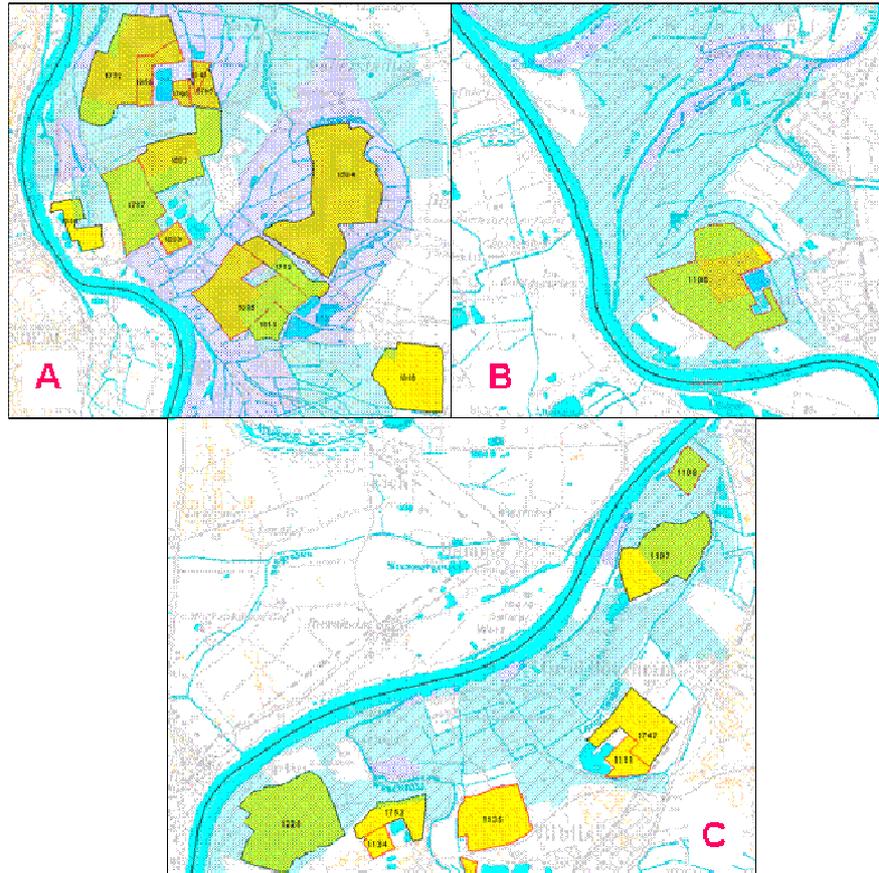


Abb. 20: Rohstoffsicherungsgebiete in Hochwassergefährdungsgebieten. A) Raum Geinsheim, B) Raum Biebesheim am Rhein, C) Raum Biblis; Grundlage für die Angabe des Extremfalls sind mittlere Geländehöhen und errechnete Wasserstände für Abflüsse, wie sie statistisch alle 200 Jahre einmal erreicht oder überschritten werden zuzüglich einem Aufschlag von 0,5 Meter. Dunkelblaues Punktraster: Mittlere Überflutungshöhe (offene Systeme und durch Deiche geschlossene Systeme) > 4m; Blaue Schraffur: < 4m. Quelle: Verändert nach Hochwassergefährdungskarte des Regierungspräsidiums Darmstadt für den Rhein.

gescheitert. Die geplante Deichrückverlegung Kirschgartshausen ist rechtskräftig planfestgestellt und die Baumaßnahmen laufen derzeit an. Positiv ist, dass für den auch vom Extremhochwasser betroffenen Bereich bei Riedstadt-Leeheim, im Rahmen einer geplanten Tagebauerweiterung umfangreiche Synergieeffekte zwischen Hochwasserschutz und Rohstoffabbau attestiert werden. Eine Machbarkeitsstudie ist derzeit in Ausarbeitung. Im Anschluss daran soll ein Raumordnungsverfahren eingeleitet werden. In Rheinland-Pfalz ist man schon weiter. Hier wird die Planung von Sand- und Kiesabbau in Poldern grundsätzlich positiv gesehen und umgesetzt. Auch in Sachsen-Anhalt wird der Rohstoffabbau in Hochwassergebieten positiv gesehen. Zitat des Ministeriums für Bau und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt hierzu: „Rohstoffabbau in Flusstalauen lässt keine Beeinträchtigung des Hochwasserabflusses befürchten“.

10.3. Freizeit und Erholung

Neben der Renaturierung von Baggerseen spielt die Herrichtung solcher Wasserareale besonders als Erholungsräume für den Menschen eine immer wichtigere Rolle. So entstand z.B. infolge einer Firmeninitiative aus dem Langener Waldsee (Abb. 20) und den umgebenden Arealen das größte Naherholungsgebiet im Rhein-Main-Gebiet. Hier etablierte sich auch aufgrund der Gebietsgröße und der hervorragenden Wasserqualität der „Ironman-Germany“-Triathlon, ein Sportgroßereignis von internationaler Bedeutung.

Strukturreiche Seenlandschaften können bei entsprechender Planung und Entwicklung das Angebot für eine naturnahe Erholung und für verschiedenste Freizeit Zwecke wesentlich bereichern. Hierzu gehören zum Beispiel Angeln, Baden, Schnorcheln, Tauchen, Segeln, Wandern, Reiten, Radfahren oder nur die stille Beobachtung von Fauna und Flora. Das Management dieser Nutzungen kann sehr aufwendig werden und somit wird „Freizeit“ als Folgenutzung von den betroffenen Gemeinden nicht immer nur positiv gesehen. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass insbesondere Bade- und Sportseen bei intensiver Nutzung Belastungen für den örtlichen Naturhaushalt mit sich bringen können.



Abb. 21: Freizeitnutzung am Langener Waldsee

Durch frühzeitige Abstimmungen mit anderen regionalen Planungen kann eine insgesamt verträgliche Nutzung solcher Wasserflächen erreicht werden.

10.4. Fischerei

Baggerseen, die zur Fischerei genutzt werden, dienen der extensiven Erholung. Je nach Wassertiefe und Nutzungsintensität sind eventuell auf den Baggersee einwirkende negative Effekte zu beachten, wie z. B. eine mögliche Überdüngung des limnologischen Systems durch Anfütterung.

10.5. Bebauung, Land- und Forstwirtschaft

Flächenbebauung oder Land- und Forstwirtschaft als Folgenutzung kommt beim Nassabbau nur dann in Betracht, wenn der Baggersee auch verfüllt werden darf und geeignetes Material in ausreichender Menge und Qualität zur Verfügung steht. Verfüllungsmaterial dieser Qualität ist jedoch ein knappes Gut. In Anbetracht der derzeitigen amtlichen Tendenzen zur Verschärfung der Anforderungen an Verfüllmaterial besteht die Gefahr, dass Genehmigungen für Nassabbau versagt werden, weil der Nachweis ausreichender Materialmengen zur späteren Verfüllung nicht erbracht werden kann.

11. Substitution und Recycling

Aufgrund der bereits durch Flächenversiegelung einem Abbau entzogenen Lagerstättenanteile und der vielfältigen Flächennutzungskonflikte wird auch für Sand und Kies der Frage nachgegangen, inwieweit Substitution und Recycling die Primärproduktion entlasten können.

11.1. Substitution

Unter Substitution versteht man generell den Ersatz von bestimmten Rohstoffen durch andere Materialien, die ihrerseits auch Rohstoffe sein können.

Feste Natursteine wie Basalt, Metabasalt (Diabas), Quarzit, Gabbro, Granodiorit, Phonolith und andere eignen sich teilweise in gebrochener Form als Substitutionsmaterial (Tab. 7). In Hessen werden bereits bis zu 30 % der Gesteinskörnungen für Beton durch gebrochenen Naturstein substituiert. Kalksteine sind in der Regel aufgrund ihrer geringeren Härte und anderer Qualitätskriterien nur bedingt als Substitutionsmaterial zu gebrauchen. Da in Osthessen, nicht zuletzt aus Gründen der Naturschutz- und Natura 2000-Flächenausweisung im Bereich der Flussauen, ein Mangel an geeigneten Kiessanden besteht, könnten hier zukünftig die vorhandenen Kalksteinlagerstätten dennoch an Bedeutung gewinnen.

Der Substitution sind dort Grenzen gesetzt, wo die Ersatzstoffe die geforderten und normierten Eigenschaften nicht erfüllen können. Kiese und Sande werden u.a. gerade wegen ihrer Kornform und Kornrundung, ihrer mechanischen Härte sowie wegen ihrer chemischen Stabilität und Zusammensetzung eingesetzt.

Auch technisch-energetische Rahmenbedingungen sind bei der Substitution zu bedenken. So ist derzeit das Mahlen von Naturstein zu Brechsand aus Kostengründen unwirtschaftlich und ohnehin ausreichend verfügbar.

Tab. 7: Natürliche und künstliche Gesteinskörnungen und ihre Grenzwerte der Kornroh-
 dichte. Quelle: [1].

Art	natürliche Gesteinskörnungen		Künstliche Gesteinskörnungen	Grenzwerte der Kornroh- dichte nach DIN 4226 [kg/dm ³]
	natürlich gekörnt	mechanisch gekörnt		
schwere Gesteinskörnung	Baryt (Schwerspat), Magnetit	Baryt, Magnetit, Roteisenstein, Ilmenit, Hämatit	Stahlgranalien, Ferrosilicium, Schwermetallschlacke, Strahlsand, Ferrophosphor	≥ 3,0
normale Gesteinskörnung	Flusssand, Flusskies, Grubensand, Grubenkies, Moränensand, Moränenkies, Dünen sand	Brechsand, Splitt und Schotter aus Kies und geeigneten Fels- gesteinen	Hochofenschlacke, Metallhütenschlacke, Klinkerbruch, Sintersplitt, Hartstoffe wie künstl. Korund und Silizium- karbid	≥ 2,0 < 3,0
leichte Gesteinskörnung	Bims, Lavakies, Lavasand	gebrochener Bims	Blähschiefer, Bläh-ton, Ziegelsplitt	0,4 2,0
recycelte Ge- steinskörnung			Betonsplitt, Betonbrechsand, Bauwerksplitt, Bauwerksbrechsand	≥ 2,0
			Mauerwerksplitt, Mauerwerkbrechsand	≥ 1,8
			Mischsplitt, Mischbrechsand	≥ 1,5

In einigen Bereichen ist sogar die umgekehrte Zielrichtung, also der Ersatz anderer Rohstoffe durch Sand und Kies, sinnvoll und notwendig. Wenn z.B. bei Kunststoffherstellung ein Teil des Produkts durch natürlichen Quarz als Füllstoff ersetzt werden kann, so spart dies Energie, schont die knappen Erdöl- und Erdgasvorkommen und trägt zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes bei. Von allen Rohstoffen sind Kies und Sand nach wie vor die am besten verfügbaren und preiswertesten Rohstoffe.

11.2. Recycling

Die Aufbereitung und Verwertung gebrauchter mineralischer Baustoffe zu Recyclingbaustoffen hat sich in den vergangenen 20 Jahren zu einem technisch hoch entwickelten und ökologisch verantwortlichen Weg entwickelt. Sie tragen damit maßgeblich zur Schonung der Beseitigungskapazitäten (Deponien) einerseits und der natürlichen Ressourcen an mineralischen Rohstoffen andererseits bei.

Recyclingbaustoffe müssen wie jeder andere Baustoff auch die einsatzspezifischen Anforderungen einhalten, um beim Bau verwendet werden zu können. Die wesentlichen Anforderungen an Baustoffe, seien es Recycling- oder Primärbaustoffe, ergeben sich aus ihrem Zweck, mit wirtschaftlichem Aufwand standfeste, sichere und ausreichend dauerhafte Bauwerke zu errichten. Darüber haben sie die Anforderungen des Bauproduktengesetzes (BauPG vom 28.04.1998) zu erfüllen, woraus die wesentlichen baustofftechnologischen Anforderungen resultieren. Da nicht jeder Baustoff für jeden Anwendungszweck gleich gut geeignet ist, begrenzen sowohl die baustofftechnischen Eigenschaften der Recyclingbaustoffe einerseits als auch die bautechnischen Anforderungen der Bauvorhaben andererseits die Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbaustoffen in technischer Hinsicht. Insbesondere hochwertige Anwendungsgebiete außerhalb traditioneller Einsatzgebiete wie dem Straßen- und Tiefbau sind daher infolge unterschiedlicher technischer Ursachen für Recyclingbaustoffe nach wie vor weitgehend unerreichbar.

Beton, der z.B. bei Abbrucharbeiten im Hoch- und Tiefbau anfällt, findet sowohl im Gemisch mit anderen mineralischen Baureststoffen als auch sortenrein als Betonbruch Verwendung in der Recyclingindustrie. Beton besteht zu ca. 80 % aus Zuschlägen, überwiegend natürlichem Sand und Kies oder Naturstein. Da diese Zuschläge beim Produktionsprozess weder chemisch umgewandelt noch in ihren physikalischen Eigenschaften (Frostbeständigkeit, Festigkeit usw.) wesentlich verändert werden, sind sie in besonderer Weise geeignet, mehrfach verwendet zu werden. Anhaftungen und Verunreinigungen sowie Schwankungen in den Beschaffenheiten (z. B. schwankende Wasseraufnahme) durch unterschiedliche Qualitäten des Abbruchbetons führen allerdings häufig dazu, dass eine wirtschaftliche Wiederverwendung in Beton nicht mehr möglich ist und der Verwertung als Mineralgemisch für ungebundene oder gebundene Schichten im Erd- und Straßenbau der Vorzug zu geben ist. Unabhängig davon sind die Produzenten stets bemüht, neue Einsatzgebiete zu erschließen. So haben Recyclingbaustoffe zum Beispiel nun auch normativ im Sektor der Recycling-Betonproduktion Eingang gefunden. Bisherige Betonnormen sind durch entsprechende Ergänzungen überarbeitet worden, um die Einsatzmöglichkeiten von Recyclingbaustoffen im Betonbau auf soliden technischen Grundlagen zu erweitern. Ferner sind neue europäische Normen mit der Konsequenz anzuwenden, dass auch sekundäre Gesteinskörnungen in den technischen Liefer- und Prüfbestimmungen gleichwertig mit Primärrohstoffen vertreten sind.

Mit dieser Anerkennung der Verwendbarkeit von bestimmten Recyclingbaustoffen im Bereich der Betonherstellung wird die Bedeutung der Recycling-Baustoffe zweifellos erheblich aufgewertet. Es ist allerdings anzumerken, dass sich dadurch gegenüber den bisherigen Verwertungsmöglichkeiten bislang keine neuen oder weitergehenden Anwendungsbereiche ergeben haben. Verantwortlich hierfür sind vermutlich Gründe, die im Zusammenspiel mit dem erhöhten Aufwand für die Produktion und die Überwachung der Recyclingbaustoffe vor dem Hintergrund der derzeitigen Baukonjunktur einem wirtschaftlichen Einsatz entgegenstehen.

Die Gesamtmenge an Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle in Deutschland betrug in Deutschland nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Kreislaufwirtschaftsträger Bau (ARGE KWTB), einem Zusammenschluss der am Bau beteiligten Wirtschaftszweige und Verbände der Bundesrepublik, im Jahre 2000 88,6 Mio. t (54,5 Mio. t Bauschutt, 22,3 Mio. t Straßenaufbruch und 11,8 Mio. t Baustellenabfälle).

Dem 3. Monitoring-Bericht der ARGE KWTB aus dem Jahr 2003 zufolge wurden im Jahre 2000 von den in der Bundesrepublik angefallenen Baurestmassen von insgesamt 88,6 Mio. t (Bauschutt, Straßenaufbruch sowie Baustellenabfälle) 61,4 Mio. t in stationären und mobilen Recyclinganlagen recycelt, d.h. die Recyclingquote (ohne Bodenaushub) beträgt ca. 70 %. Dies entspricht einer Substitutionsquote von ca. 10 % der primären mineralischen Massenbaustoffe, was im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft nicht nur Abbau- sondern auch Deponievolumen einspart.

Mit der so genannten „Recyclingquote“ wird der Anteil der verwerteten Mengen am Aufkommen der Baureststoffe umschrieben, die „Substitutionsquote“ umschreibt den Umfang, in dem Recyclingbaustoffe primäre mineralische Baustoffe ersetzen.

Eine Studie von Schmidt Consult [10] kommt zu einem ähnlichen Ergebnis, d. h. auch mittelfristig und unter sehr günstigen Voraussetzungen können nur maximal 10 bis 15 % der primären Rohstoffe in Deutschland durch Recyclingmaterial ersetzt werden. Selbst wenn es gelänge, die Verwertungsquote auf 20% zu steigern, könnte der Bedarf an den Primärrohstoffen Sand und Kies sowie Naturstein nur wenig reduziert werden.

Zurzeit ist eine deutliche Minderung des bundesdeutschen Aufkommens an Baureststoffen infolge der anhaltend rückläufigen konjunkturellen Entwicklung der Bauwirtschaft um ca. 20 % im Vergleich zu den Mengen aus dem Jahr 2000 festzustellen. Darüber, wie sich die Baureststoffmengen in Zukunft entwickeln werden, bestehen unterschiedliche Vorstellungen. Die vorhandenen Prognosen gehen sehr weit auseinander. Gründe hierfür sind insbesondere unterschiedliche Annahmen über die zukünftige Bau- und Abrisstätigkeit sowie die Unabwägbarkeiten der zu prognostizierenden Wirtschafts- und demografischen Entwicklung.

Zwar liegt die Recyclingquote von Baurestmassen noch deutlich <100 %, so dass rein theoretisch noch ungenutztes Recyclingpotenzial vorhanden wäre (z. B. beim Bauschutt ca. 4,2 Mio. t depo-

nierte Mengen pro Jahr). Realistisch lässt sich dies jedoch nicht erreichen. Allein aus logistischer und wirtschaftlicher Betrachtung ist die Ausweitung von Recyclingaktivitäten, z. B. in ländlichen Regionen, aufgrund der meist weiteren Transportwege kaum möglich.

Für die Zukunft erwartet die ARGE KWTB, dass bei unveränderten Entwicklungen zu weiteren Verschärfungen umweltspezifischer Verwertungskriterien sogar deutlich weniger mineralische Baureststoffe aufbereitet und verwertet werden können. Die Verwertungsquote bezogen auf die Gesamtmenge an Bauschutt, Straßenaufbruch und Baustellenabfälle könnte dann von etwa 70 % (im Jahr 2000) auf bis zu 40 % absinken. Der Rest müsste dann zusätzlich deponiert werden.

Die zurzeit nicht sehr optimistischen baukonjunkturellen Aussichten einerseits und die anhaltende Tendenz steigender Restriktionen infolge sich weiter verschärfender Grundwasser- und Bodenschutzanforderungen andererseits sprechen gegen eine weitere Erhöhung der Substitutionsquote.

Aktuelle Zahlen verdeutlichen, dass die Substitutionsquote von primären Massenbaustoffen durch Recyclingbaustoffe von vormals knapp 10 % derzeit rückläufig ist.

Nach Auffassung der Bauschuttrecyclingindustrie ist daher auch mittel- bis langfristig davon auszugehen, dass – trotz erheblicher Anstrengungen – der Anteil an recycelten Ausgangsstoffen 10 % des Rohstoffbedarfs nicht übersteigen wird.

Daher ist es für die Zukunft wichtig Hemmnisse für den Einsatz von Recyclingbaustoffen zu verringern. Hemmnisse sind die zur Zeit ungünstige wirtschaftliche Situation (hohe Kosten der Aufbereitung bei niedrigen Marktpreisen für Recyclingbaustoffe aufgrund niedriger Preise des Konkurrenzproduktes Sand und Kies), die geringere Baustoffqualität im Vergleich zu Primärrohstoffen, teils fehlende Erfahrung zu Qualität, Haltbarkeit und Verarbeitung, Vorbehalt bei Nutzern, mangelnde Informationen und schlechtes Marketing.

Die häufig geforderte, jedoch nicht sicher einhaltbare Umweltauflagen (Stichwort Z0-Werte der Technischen Regel der LAGA) stellen zusätzliche Hemmnisse dar, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass ein beträchtlicher Teil der in Deutschland vorkommenden Böden die Anforderungen nach Z0 nicht erfüllen würden.

12. Sand und Kiesvorkommen in Hessen

12.1 Nördlicher Oberrheingraben

12.1.1 Lage

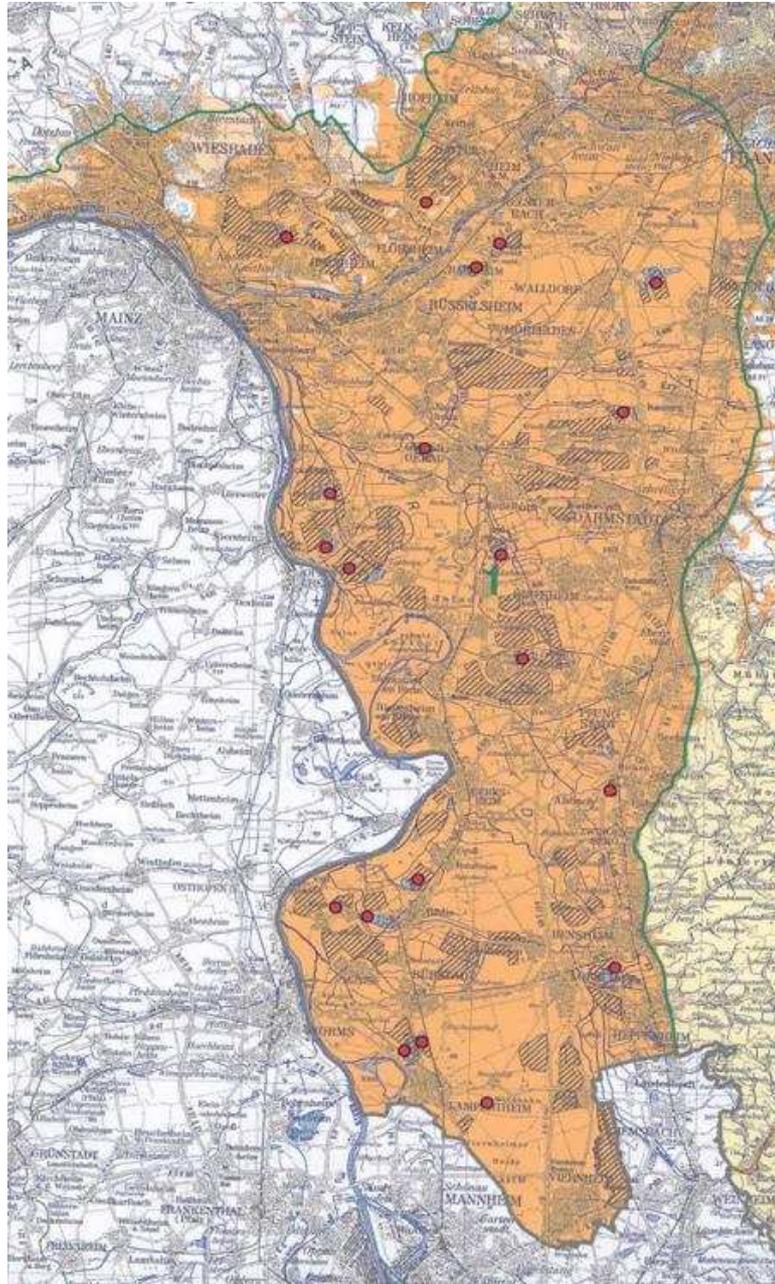


Abb. 22: Nördlicher Oberrheingraben mit Rohstoffsicherungsgebieten (schwarze Schraffurflächen) und Abbaustellen.

Die quartärzeitliche Füllung des nördlichen Oberrheingrabens zwischen Rhein und Odenwald sowie zwischen Taunus im Norden und der baden-württembergischen Landesgrenze im Süden besitzt das größte Lagerstättenpotenzial für Sand und Kies in Hessen. Die Region (Abb. 22) umfasst das

Hessischen Ried als Schwerpunktregion sowie die nordwestlich bzw. nördlich sich anschließenden Strukturräume des *Mainzer Beckens* und der *Kelsterbacher Tiefscholle und Taunusrandschollen*.

12.1.2. Untersuchungsstand

Der Kenntnisstand der Sand/Kies-Abfolgen mit tonig-schluffig-feinsandigen Zwischenschichten ist insgesamt ausreichend, um verallgemeinerte Aussagen für die Fläche im kleinen Maßstab ableiten zu können. Im Bereich des Hessischen Rieds sind in der Vergangenheit mehr als 3000 Bohrungen zu verschiedenen Zwecken abgeteuft worden, deren Verteilung allerdings sehr heterogen ist, so dass größere, wenig untersuchte Lücken auftreten. Qualitative Betrachtungen, wie z.B. die Verteilung von Sanden zu Kiesen können mit den zur Verfügung stehenden Schichtenverzeichnissen meist nicht zuverlässig durchgeführt werden, da es sich zu über 90 % um Spülbohrungen handelt, bei denen eine Vermischung von Sand und Kies stattgefunden hat.

Für kleinräumigere Aussagen zur Lagerstättenarchitektur und den tektonischen Rahmen sind daher zusätzliche engmaschige Untersuchungen im nördlichen Oberrheintal notwendig.

12.1.3. Geologie und Mineralogie

Die Absenkung des Oberrheingrabens, Teil einer bis heute aktiven, tektonischen Schwächezone, begann vor etwa 45 Millionen Jahren im Alttertiär (Mittel-Eozän). Insgesamt wurden bis zu 2500 m Lockersedimente abgelagert. Im ausgehenden Pliozän (Jungtertiär) und beginnenden quartären Eiszeitalter (Pleistozän) wurde im sich einsenkenden Oberrheingraben eine mehrfache Abfolge von grob- bis feinkörnigen Flusssedimenten vorwiegend alpiner Herkunft abgelagert.

Entscheidend für die Lagerstättenbildung im Nördlichen Oberrheintal war der Durchbruch des Rheins in nördliche Richtung an der Wende Tertiär/Quartär vor rund 2 Mill. Jahren. Bis zu diesem Zeitpunkt war der Oberrhein, dessen Quellgebiet nördlich des Kaiserstuhls lag, ein Nebenfluss des Mains.

Die Vergletscherung des Hochgebirges im Pleistozän führte zu gewaltigen periodischen Schmelzwasserabflüssen und entsprechenden Sedimentfrachten. Während des Holozäns (Jungquartär) wurden die eiszeitlichen Ablagerungen dann durch Flüsse umgelagert.

Unter ständiger Verlegung ihres Laufes und wechselnden Strömungsverhältnisse schütteten Rhein, Neckar und Main vorwiegend Sande und Kiese, in die tonig-schluffige, meist linsenförmige Körper eingeschaltet sind. Entsprechend dieser Ablagerungsbedingungen sind Ausbildung und Verbreitung der überwiegend aus gutgerundeten, größtenteils sehr widerstandsfähigen Gesteinskomponenten zusammengesetzten Sande und Kiese sowohl horizontal wie vertikal stark variabel.

Die quartärzeitlichen Lockersedimente werden i.A. unterlagert von tertiärzeitlichen Ablagerungen und weiträumig überdeckt von Auenlehmen und bereichsweise von pleistozänen Flugsanddecken (mit bis über 10 m hohen Dünenaufwehungen). Letztere sind im östlichen Teil des Nördlichen

Oberrheintals von Viernheim bis zum Main verbreitet und dienten früher nicht selten der Sandgewinnung.

Die als Lagerstätte nutzbaren Sande und Kiese gehören zum überwiegenden Teil dem Quartär, dessen Mächtigkeiten zwischen 20 m und 250 m schwanken. Im südlich Bensheim tiefer abgesenkten Bereich des „Heidelberger Lochs“ werden sogar mehr als 250 m erreicht.

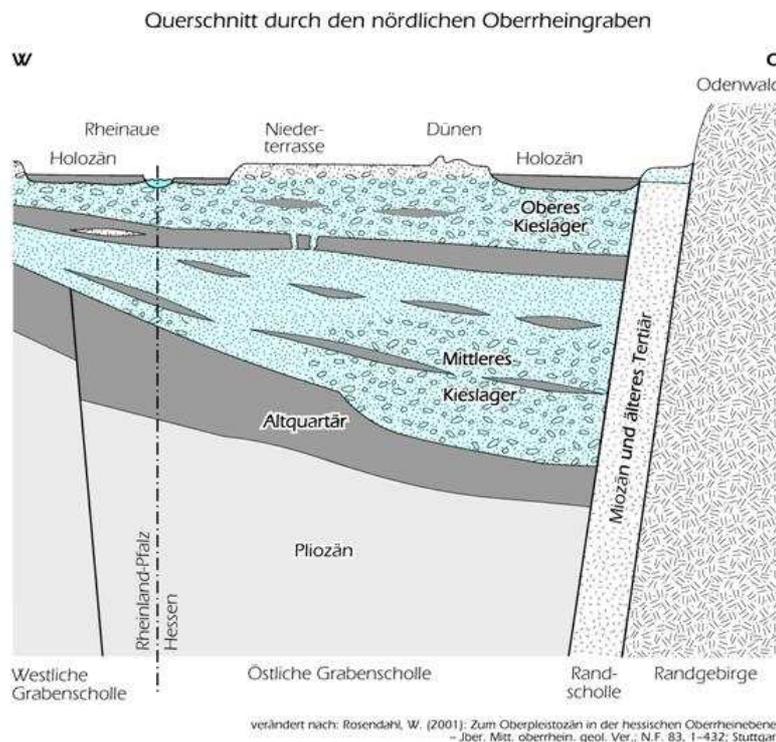


Abb. 23: Profilschnitt durch den Oberrheingraben mit Kieslagern und Grundwasserleitern (Blau) Nach [7].

Generell nimmt die Mächtigkeit quartärer Sedimente nach Norden ab. Im Mainzer Becken, nordwestlich einer Störungszone Nackenheim - Rüsselsheim und nördlich einer Linie Rüsselsheim - Darmstadt liegen die quartären Mächtigkeiten meist nur noch zwischen 10 und 40 m. In den Sanden und Kiesen treten immer wieder schluffig-tonige Zwischenlagen, z.T. mit Torf, auf, die nach Süden zunehmen. Diese sind vielfach jedoch nur als lokal, kaum miteinander korrelierbare Linsen ausgebildet, können aber, insbesondere im Süden, auch über größere Flächen verfolgt werden. Einer dieser Tonhorizonte, der „Obere Zwischenhorizont (OZH)“ tritt von Mannheim bis zur Linie Biblis - Bensheim nahezu flächendeckend auf (Abb. 23). Weiter nördlich bis nach Mörfelden ist sein Vorkommen auf die östliche Hälfte des Rieds beschränkt, nördlich von Mörfelden fehlt der Horizont ganz. Die Tiefenlage solcher Zwischenhorizonte kann stark variieren.

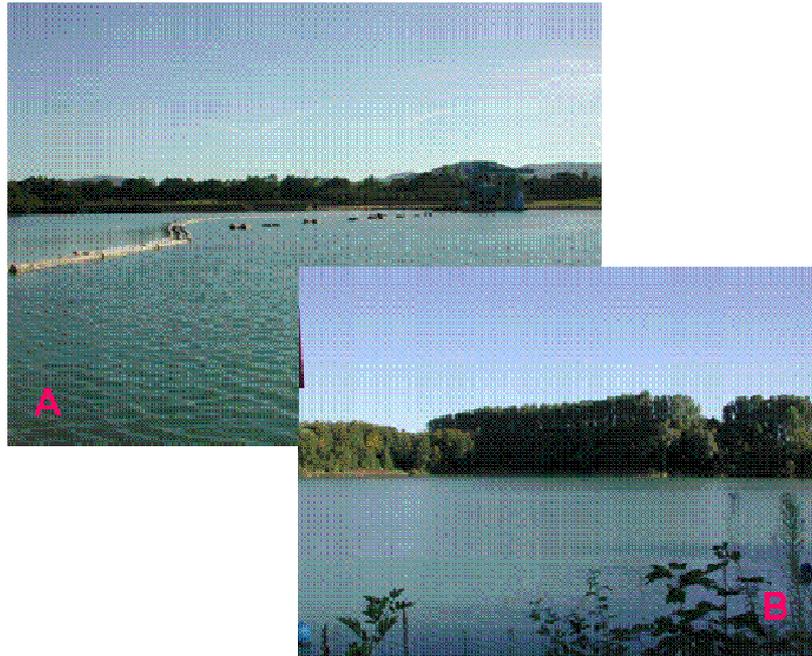


Abb. 24: Kiesgrube Erlache bei Bensheim. A) aktueller Abbaubereich, B) Baggersee nach Abbau

Bisher wird für den Bereich des Hessischen Rieds die Liegendgrenze der Bauwürdigkeit einer Kies- und Sandlagerstätte dort definiert, wo eine zusammenhängend mehr als 3 m mächtige Ton-, Schluff- oder Feinsandschicht auftritt. Je nach Tiefenlage einer solchen Schicht treten Lagerstättenmächtigkeiten von 12 bis > 100 m auf. Derzeit werden die quartären Sedimentmächtigkeiten aber nur bis zu 60 m genutzt, was weniger auf technische Probleme zurückzuführen ist als vielmehr der Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher und hydrogeologischer Gesichtspunkte dient.

Der Kieskörnungsanteil in Lagerstätten des hessischen Oberrheins liegt mit < 30% deutlich unter denen des südlich angrenzenden badischen Oberrheins, wo der Kiesanteil 70% und mehr erreicht. Gründe hierfür sind u.a. die von der Quelle zur Mündung eines Flusses generell abnehmende Transportenergie und die tektonische Architektur des Rheingrabens. Für die Betonherstellung werden etwa 60% Kies und 40% Sand verwendet. Der Hessische Oberrhein hat demnach bezogen auf die Betonherstellung ein erhebliches „Kiesdefizit“.

Generell handelt es sich bei den Sand- und Kieskomponenten um Sandsteine und Kalksteine des Erdmittelalters (Mesozoikum), Quarzite, Gangquarze und Hornsteine sowie magmatische und metamorphe Gesteine des Paläozoikums. Die Korngrößen- und mineralogische Zusammensetzung in einzelnen Lagerstätten ist jedoch im Detail abhängig vom liefernden Flusssystem (Tab.8). Es lassen sich in grober Verallgemeinerung für das Maingebiet, einen breiten Streifen östlich des Rheins und einen ca. 5 km schmalen Streifen westlich des Odenwalds von Viernheimer Raum bis nach Pfungstadt (ehemaliger Neckarverlauf) jeweils unterschiedliche Zusammensetzungen charakterisie-

ren. So sind z.T. spezifische Leitkomponenten wie der aus dem Fichtelgebirge stammende schwarze Kieselschiefer, eine typische Mainkomponente, enthalten. Der Kiesanteil der Main- und Neckar-sedimente kann bis zu 30% betragen, im Neckarbereich lokal auch darüber. Der Kiesanteil der Rheinsedimente ist meist niedriger. Im Raum Groß-Gerau verzahnen sich die drei Ablagerungsbe-reiche miteinander.

Tab.8: Zusammensetzung der Kiessand-Lagerstätten unterschiedlicher Flussregime

Typ	Kieskörnung	Kieskomponenten	Kiesanteil	Kalkkörnung als Nebengemenganteil	Leit-Komponenten
Main	Fein- Mittel- bis Grobkies häufig im Verhältnis 1:1:1	Kieszusammensetzung: Quarze, Quarzit, Buntsandstein (entweder rotbraun, teils mit gebleichten Säumen sog. „Bleichrinde“ oder vollständig gebleichte Sandsteine), aufgearbeitetes Kristallin des Vorspessarts	10 bis 30%	In der Regel karbonatfrei!	Kieselschiefer (schwarz-graugedert) des Frankenwaldes als „Leit-Komponente“
Rhein	Mittel- bis Feinkies, selten Grobkies		5 bis 20 %	In der Regel karbonatisch! Karbonatgesteinskomponenten: grau, bunt; in Kies- und Sand-Fraktion; Anteil nimmt in der Sand-Fraktion sogar zu	
Neckar		Kieszusammensetzung: Kristallin und Buntsandstein des Odenwaldes, Kalkstein des Muschelkalkes (hellgrau-beige), Dolomit	10 bis >30%		bräunliche, feinkörnige Dolomite als „Leit-Komponente“

12.2. Hanauer Becken

12.2.1. Lage

Die Region umfasst die *Hanau-Seligenstädter Senke*, ein Gebiet vom östlichen Rhein-Main-Gebiet im Norden bis Babenhausen im Süden. Im Westen begrenzt der *Sprendlinger Horst* als nördliche Verlängerung des Odenwalds und im Osten die Bayerische Landesgrenze diese Teilregion. Im Raum Dieburg schließt sich nach Süden die *Dieburger Bucht* an und odenwaldnah die *Reinheimer Randscholle*. Kerngebiet der Sand- und Kiesgewinnung ist der Raum Babenhausen.

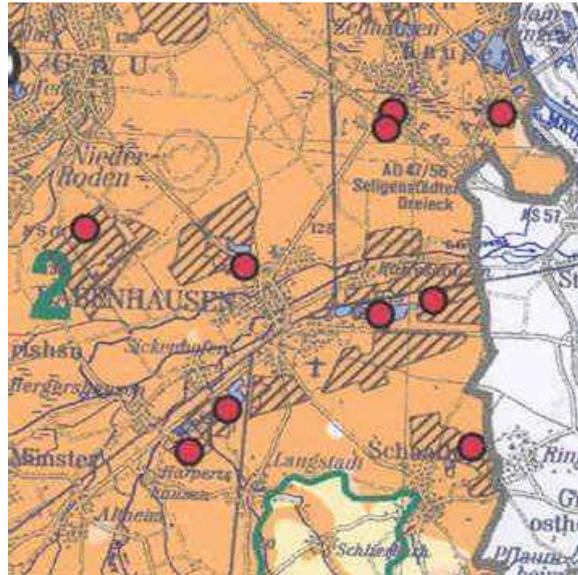


Abb. 25: Raum Babenhausen - Rodgau mit Rohstoffsicherungsflächen und Abbaustellen

12.2.2. Untersuchungsstand

Die Region ist durch zahlreiche Bohrungen von Seiten der Rohstoff- wie der Wasserwirtschaft recht gut untersucht. Für den Raum Babenhausen liegt ein Gutachten „Perspektivplan Sand und Kies“ aus dem Jahr 1997 vor, das durch den Magistrat der Stadt in Auftrag gegeben worden war. Es standen im Untersuchungsgebiet 208 Schichtenverzeichnisse von Bohrungen unterschiedlicher Qualität für die Bewertung der Lagerstättenregion zur Verfügung. Bei Abbauerweiterungen oder Lagerstättenneuaufschlüssen sind gegebenenfalls einzelfallbezogene weitere Detailuntersuchungen notwendig.

12.2.3. Geologie und Mineralogie

Die Hanau-Seligenstädter Senke hat sich während verschiedener geologischer Zeiträume gegenüber den angrenzenden Hochgebieten Spessart, Sprendlinger Horst und Böllsteiner Odenwald abgesenkt. Die dabei entstandene Hohlform wurde vom Alttertiär bis zum Beginn des Pliozän (Jungtertiär) überwiegend mit tonig-mergeligen Sedimenten mariner Entstehung aufgefüllt. Mit Beginn des Pliozän trat der Ur-Main bei Großostheim (Bayern) westlich seines heutigen Laufs in die Hanau-Seligenstädter Senke ein und lagerte dort ein umfangreiches Sand- und Kieslager ab. Die größten Lagerstättenmächtigkeiten werden im Raum Babenhausen-Rodgau erreicht, bedingt durch eine von Südosten aus dem Raum Ringheim (Bayern) nach Nordwesten Richtung Rodgau-Nieder-Roden verlaufende Rinne des Ur-Mains.

Außer dem Ur-Main gab es auch schon eine Ur-Gersprenz, welche überwiegend feinkörnige, regional geprägte Sedimente von Südwesten in das Dieburger Becken und die Hanau-Seligenstädter

Senke schüttete. Ihre Ablagerungen verzahnen sich nach Osten bis in die Gegend von Babenhausen mit den Sanden und Kiesen des Mains.



Abb. 26: Aufbereitungsanlage für Main-Kies bei Rodgau-Dudenhofen

Die Lagerstätten bestehen aus einer Wechselfolge von sandigen Kiesen bis Sanden mit typischen Mainkomponenten in den Kiesfraktionen (Buntsandstein, Spessartkristallin, hoher Quarzanteil, untergeordnet paläozoische Gerölle aus dem Oberlauf des Mains, z. B. Lydit). Der mittlere Kieskörnungsanteil liegt bei 22%, der Sandanteil bei 62% und der Schlämmkornanteil ($< 0,63 \text{ mm } \emptyset$) bei 16%. Hervorzuheben ist der relativ hohe Quarzanteil in der Kies- und besonders der Sandfraktion. Die quarzreichen Sande sind auffällig hell, der Quarzgehalt nimmt nach den feinen Fraktionen hin zu. Die Sand- und Kiesmächtigkeiten der Region liegen im Durchschnitt bei ca. 25 m, im Bereich der Rinne können aber auch $> 50 \text{ m}$ erreicht werden. Die Abraummächtigkeit schwankt zwischen 0–10 m mit 3 m im Mittel. Aufgrund geringer Grundwasser-Flurabstände wird der Rohstoff überwiegend im Nassabbau gewonnen. Vor allem wegen der Vorherrschaft von Kiesen in einer Teufe von 22 - 25 m, des geringmächtigen Abraums und der Qualität der unter den Kiesen bis in eine Teufe von 40-45 m anstehenden Sande besitzt die Lagerstättenregion Hanauer Becken einen hohen volkswirtschaftlichen Wert.

12.3. Zenerner Senke

12.3.1. Lage

Die weitaus größten nordhessischen Sand/Kies-Vorräte von hoher Qualität liegen in der Region Fritzlar–Felsberg–Borken innerhalb der Zenerner Senke (Abb. 27), einem stärker abgesenkten Teilbereich der Niederhessischen Tertiärsenke.

12.3.2. Untersuchungsstand

Im Rahmen des übergeordneten Perspektivplanes *Mineralische Rohstoffe Region Borken-Fritzlar-Wabern-Felsberg* erstellte das damalige Hessische Landesamt für Bodenforschung (HLfB) 1993 ein rohstoffgeologisches Gutachten über die Lagerstättenregion. Hierzu standen abzüglich der Bohrungen aus überbauten Flächen und ehemaligen Bergbauflächen (Braunkohleflächen) ca. 675 Bohrungen mit sehr unterschiedlicher Qualität zur Auswertung zur Verfügung. Der Untersuchungsstand ist insgesamt als gut, in Teilbereichen als sehr gut zu bezeichnen.

12.3.3. Geologie und Mineralogie

Die Region umfasst zwei bis zu 60 m mächtige Terrassen (Abb. 27), südlich der Eder die *Großenengliser Platte* und nördlich davon das *Gudensberger Hügelland*. Die Kiessande der quartären (altpleistozänen) bis tertiären (pliozänen) Terrassen besitzen einen hohen Kiesanteil von 50–60 % und werden von 3 - 10 m mächtigen sandigen Lössen und Lösslehmen bedeckt, die z.T. grobkeramische Eigenschaften für die Ziegelindustrie aufweisen, aber bisher keine rohstoffwirtschaftliche Verwendung gefunden haben.

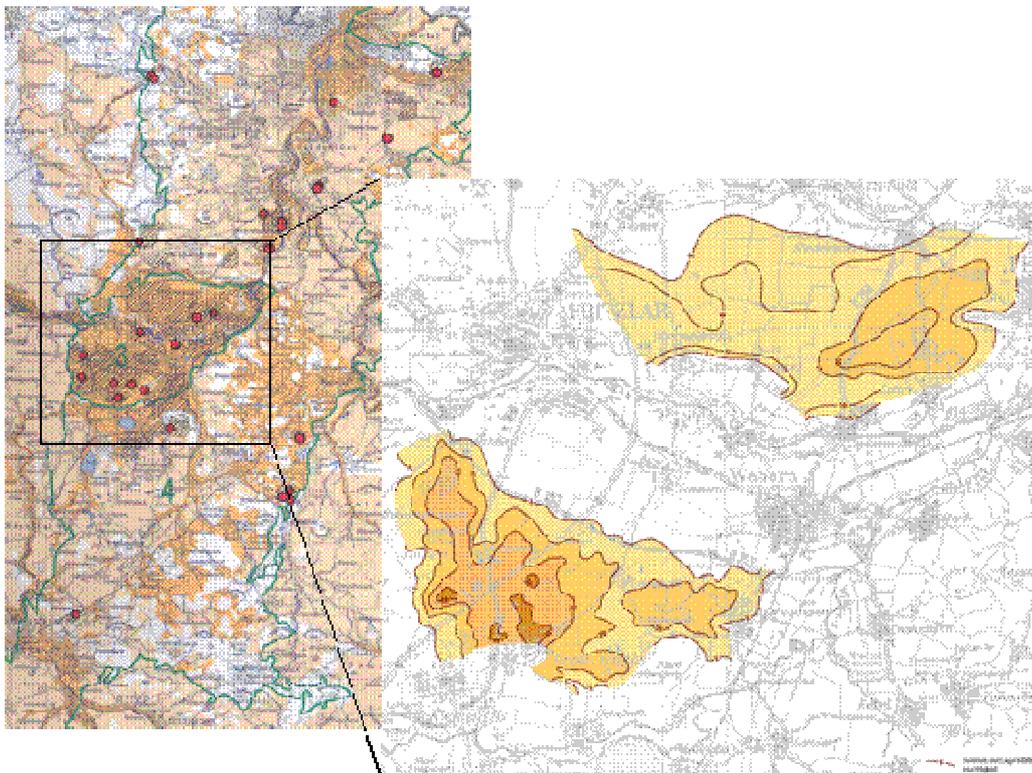


Abb 27: Zennener Senke im Raum Borken-Fritzlar-Wabern-Felsberg mit Rohstoffsicherungsgebieten (schwarze Schraffurflächen) und Abbaustellen. Die Detailabbildung rechts zeigt die Verteilung der Kiessandmächtigkeit in den Teilgebieten der *Großenengliser Platte* (unten) und dem *Gudensberger Hügelland* (oben).

Großenengliser Platte und Gudensberger Hügelland sind morphologisch auffällige Teile einer größeren geologischen Senke, der sog. *Zenerner Senke*, die sich im Pliozän vor ca. 2 Mio. Jahren durch allmähliches Absinken der Erdoberfläche gebildet hat.

Die lange Zeit aktive Senkungszone wurde von den Vorläufern der heutigen Flüsse Schwalm und Eder mit Sedimenten gefüllt. Aus der Gesteinszusammensetzung der Kiese (Sandsteine des Buntsandsteins, Gangquarz, Quarzit, Kieselschiefer) ist zu vermuten, dass diese Fracht überwiegend eine „Ur“- Schwalm aus südwestlicher Richtung aus dem Gebiet des Kellerwaldes lieferte. Dadurch entstand ein bis zu 60 m mächtiges Sand- und Kieslager. In den Bereichen mit Mächtigkeiten unter etwa 35 m lassen sich zwei Grobschüttungseinheiten unterscheiden, über 35 m oft drei Einheiten, die durch wenig niveaunkonstante, 2–8 m starke Ton-, Schluff- und Feinsandlagen getrennt werden.



Abb. 28 Kiessandabbau in der Zenerner Senke

Aufgrund des weiten Korngrößenspektrums und insbesondere des hohen Kieskörnungsanteils müssen die abbauenden Unternehmen keine Kieskörnung für ihre Produkte aus anderen Regionen importieren. Aus dem Sand/Kiesgemisch der Lagerstätte können alle marktgängigen Körnungen durch Siebung erzeugt werden. Der überwiegend aus Kieselschiefer und Quarzit zusammengesetzte Kiesanteil gilt zudem lokal als Betonzuschlag „1. Wahl“.

Ein Lagerstättenabbau wird dadurch erleichtert, dass kaum Konflikte mit der Wasserwirtschaft auftreten, da die Kiese und Sande überwiegend oberhalb der Grundwasserleiter liegen. Außerdem gewährleisten Mächtigkeit und Qualität des Abraumes (Lösslehme und Löss zwischen ca. 3 und 10 m) eine Rekultivierung nach Abbauende als ertragsstarke land- und forstwirtschaftliche Standorte.

12.4. Nieder- und Hauptterrassen hessischer Flüsse nördlich des Main

12.4.1. Lage

Abgesehen von der quantitativen wie qualitativen Sonderstellung der Zennener Senke (Kap. 12.3) sind quartäre Sand- und Kieslagerstätten von wirtschaftlicher Bedeutung in Mittel- und Nordhessen sowie den nordöstlichen Teilen Südhessens auf Talauen und Hauptterrassen der Flüsse Fulda, Werra, Eder, Schwalm, Lahn, Ohm, Kinzig und Weser sowie bereichsweise breiterer Nebenflüsse beschränkt.

12.4.2. Untersuchungsstand

Der Untersuchungsstand ist insgesamt sehr heterogen. In den Abbauschwerpunkten wie z.B. im Werratal bei Eschwege, im mittleren Edertal oder im Lahn - Ohm-Gebiet zwischen Giessen, Sterzhausen und Kirchhain liegen ausreichend Bohrungen zur Bewertung der Lagerstättensituation vor.

12.4.3. Geologie und Mineralogie

Die Kiessande der Niederterrassen wurden von den Flüssen der letzten Weichsel-Kaltzeit bei einer periodisch wesentlich stärkeren Wasserführung als heute von einem den ganzen Talboden überziehenden Flussnetz abgelagert. Gegen Ende des Pleistozäns ging die Wasserführung stark zurück, die Flüsse konzentrierten sich stärker auf ein Flussbett und schnitten sich in die vorher abgelagerte Talfüllung ein.

Die Lagerstätten in den Niederterrassen bestehen aus Kiessanden, die entsprechend ihrer geologisch unterschiedlichen Ausgangsgesteine, differenzierter Erosions- und Transportkraft, sowie durch veränderte Flussläufe in Raum und Zeit auch unterschiedlich zusammengesetzt sind. Der Kiesanteil ist daher regional sehr unterschiedlich, insgesamt aber relativ hoch. Die Lagerstätten bestehen häufig aus einzelnen Kies- und Sandlagen mit mehr oder weniger markanten Einlagerungen von Ton und Schluff.

Allgemein sind die Rohstoffmächtigkeiten mit 3 bis 8 m relativ gering. In bestimmten Flussabschnitten können sie lokal auf 15 bis 20 m und mehr ansteigen, was häufig auf besondere geologischen Bedingungen zurückzuführen ist. Die Mächtigkeiten des überwiegend tonig-lehmig-sandigen Abraums schwanken zwischen wenigen Dezimetern bis zu 5 m und mehr. Ältere quartäre Hauptterrassen können Mächtigkeiten bis zu 10 m und mehr erreichen. Nicht selten sind aber nur wenige Meter mächtige Erosionsreste erhalten geblieben. Die Hauptterrassensedimente gehen mitunter im Liegenden in ältere, tertiäre Sande über, was die Mächtigkeit der Gesamtlagerstätte beträchtlich erhöhen kann.

12.4.4. Flussgebiete nördlich des Mains im Einzelnen

12.4.4.1. Eder und Schwalm

In den jungpleistozänen Niederterrassen der Flüsse Eder und Schwalm beträgt die Abbaumächtigkeit der Kiessande zwischen 3 und 16 m. Bislang sind in der Ederauwe erhebliche Mengen an Sand und Kies gewonnen worden, die eine von den begleitenden Terrassensedimenten der Zennerner Senke abweichende Zusammensetzung aufweisen. Der Nassabbau zog sich in der Vergangenheit parallel der Eder kilometerweit hin. Viele kleinere Wasserflächen zeugen noch von der einstigen Nutzung, heute sind nur noch einzelne Restabbau in Betrieb.

Die Kieslagen der Niederterrassen sind teils stark sandig und schluffig, können aber auch markante Kieslagen („Ederkiese“) besitzen wie z.B. nördlich Wabern. Als Komponenten treten Kieselschiefer, Hornstein, Grauwacke, Diabas, Sandstein, Quarzit, weißer Gangquarz und untergeordnet Basalt auf.

Sand- und Kieslagerstätten im Bereich der Hauptterrassen des unteren Ederlaufes können aus zeitlich unterschiedlichen Stockwerken zusammengesetzt sein. Im Raum Ellenberg - Wolfershausen sind die pleistozänen Hauptterrassen durch häufig verlehnte Kiese und Sande charakterisiert. Im Liegenden folgen tertiäre, z.T. quarzreiche Feinsande mit Braunkohlenquarzitlagen und mitunter eine sandige Verwitterungszone im Bundsandstein als untere Begrenzung der Lagerstätte. Solche Lagerstätten können dann eine Gesamtmächtigkeit von 20 m erreichen.

12.4.4.2. Fulda

Im Unterlauf des Fuldatales sind die Kiesanteile kleiner als im benachbarten Edertal, der Anteil der Sandsteine ist höher und Braunkohlenquarzit tritt auf. Ab Edermünde fehlen die Kieselschiefer des Rheinischen Schiefergebirges.

Auch im Mittel- und Oberlauf der Fulda dominiert als Komponente Sandstein, regional auch Kalkstein. Die Sandsteine zeigen eine unterschiedliche Kornbindung und sind nicht selten weich und mürbe. Zudem ist der Quarzgehalt mitunter gering, was Einfluss auf die Qualität des Rohstoffs hat. Abgebaut wird Kiessand bei Guxhagen, Kassel-Berghausen und im Raum Bebra.

12.4.4.3. Lahn und Ohm

Die Lagerstätten der Lahn liegen zwischen Leun und Biedenkopf, im Ohmtal zwischen Cölbe und Amöneburg. Abgebaut werden Kiessande zwischen Giessen und Marburg sowie zwischen Sterzhausen und Kirchhain. Diese Bereiche liegen im Übergangsbereich von Rheinischem Schiefergebirge im Westen zur Hessischen Tertiärsenke im Osten. Den Übergang vermitteln eine Reihe großer Störungen, deren Aktivitäten für die morphologische Begrenzung der Talauen von Lahn und Ohm prägend waren.

Die *Lahnkiese* sind braun, schluffig bis sandig gebunden und oberflächennah nicht selten grobkörnig, ihr Kiesanteil ist hoch. Die Kiessande setzen sich aus Kieselschiefer, Grauwacke, Sandstein,

Quarz, Quarzit, Diabas, Basalt, Hornfels und Tonschiefer zusammen, je nach Talabschnitt in unterschiedlicher Zusammensetzung, mit mehr oder weniger gut gerundeten Komponenten. Die wirtschaftlich nutzbaren Lagerstättenmächtigkeiten differieren von Talabschnitt zu Talabschnitt, im Lahntal zwischen 3 und 12 m, im Ohmtal zwischen 5 und 9 m. Die Abraummächtigkeiten im Lahn-Ohm-Gebiet schwanken zwischen wenigen Dezimetern und 5 m im Amöneburger Becken nahe Kirchhain.

Die Kiessande südlich Marburg bei Niederweimar besitzen relativ hohe Mächtigkeiten bis zu 10 m bei Abraummächtigkeiten von 1 bis 3 m. Es sind überwiegend gut nach Korngrößen gestufte sandige Kiese mit nur geringen schluffigen Beimengungen, gelegentlich sind Gerölle eingelagert. Die Kiessande weisen einen hohen Quarzanteil auf. Hauptkomponenten sind Quarzit, Kieselschiefer und Sandstein.

12.4.4.4. Werra, Weser und Diemel

In Hessen sind nur die Werra-Lagerstätten von wirtschaftlicher Bedeutung, im Wesertal findet Abbau nördlich Hann. Münden nur auf niedersächsischer Seite statt. Vorkommen im Diemeltal zwischen Haueda und Trendelburg mit Kiessand-Mächtigkeiten zwischen 2 und 5 m werden nicht abgebaut.

Die Lagerstätten des Werratal erstrecken sich von Gärtenbach bei Witzenhausen bis nach Heldra und zwischen Obersuhl und Phillipsthal mit Rohstoffmächtigkeiten zwischen 3 und > 30 m wie z.B. bei Widdershausen. Die Kiesanteile sind z.T. sehr hoch, in der Wendershausener Aue südlich Witzenhausen > 70%. Komponenten der Grobkiesfraktion sind hier überwiegend Kalkstein, gefolgt von Sandstein, Grauwacke und Quarzit/Quarz. Da der Sandanteil der Lagerstätten für die Nachfrage nicht ausreicht, wird Sand zusätzlich durch Brechen von Kies gewonnen.

Die größte Lagerstätte liegt in der 500 bis 2000 m breiten Werratalaue bei Eschwege. Die Lagerstätte besteht zum größten Teil aus Kieskorndurchmessern allgemein bis zu 5 cm, der Sandanteil beträgt nur 35%. Örtlich finden sich innerhalb der Kiesschicht aber auch zwischen Kies- und Deckschichten kleinere Sandlager (bis 1 m mächtig). Wo die Lagerstättenmächtigkeit besonders hoch ist, steigt auch der Ton- und Schluffanteil stark an. Bei den Komponenten der Kiesfraktion handelt es sich überwiegend um Muschelkalk, Buntsandstein, untergeordnet treten auch Porphyry, Quarz und Quarzit, Basalt und Granit auf.

Die Mächtigkeit der Kiessande liegt hier überwiegend zwischen 3 und 4 m, lokal werden aber auch mehr als 20 m erreicht. Durch großflächige Auslaugungs- und Lösungsprozesse der Salze und Gipse des Zechstein-Zeitalters im gesamten Bereich der Aue kam es zu Absenkprozessen, die die flächenhafte Ablagerung von Kies und Sand stark begünstigten. In lokal begrenzten Absenktrichter innerhalb einer solchen *Subrosionssenke* steigt die Lagerstättenmächtigkeit nochmals an. Große

Absenkungstrichter wurden im Zuge der Erkundung der Kieslagerstätten im Gebiet zwischen Eschwege und Albugen gefunden und spielen auch im Bereich Obersuhl eine Rolle.

Die Kiessande der Lagerstätte Suhl weisen einen hohen Kiesanteil auf, in den tieferen Lagerstättenanteilen nimmt der Sandanteil zu. Kalksteine als Komponenten fehlen. Der Quarzanteil ist nicht über die gesamte Lagerstätte konstant. In Obersuhl wird bei einem Quarzanteil von > 80% unter Bergaufsicht abgebaut, in Untersuhl mit < 80% Quarzanteil untersteht die Lagerstätte nicht dem Bergrecht.

12.4.4.5. Kinzig

Kiessande des Kinzigtals zwischen Hanau und Gelnhausen besitzen Lagerstättenmächtigkeiten zwischen 3 und 10 m, überdeckt von bis zu 4 m lehmigem Abraum. Abbau findet hier derzeit nicht statt.

12.5. Niederhessische Senke

12.5.1. Lage

Die Niederhessische Senke umfasst einen Korridor von Schwalmstadt bis nördlich von Kassel mit einzelnen Randsenken wie z.B. bei Großalmerode, Hessisch Lichtenau oder im Bereich des Meißner, deren Sedimente von einzelnen Vulkanschloten durchschlagen oder insbesondere in Randbereichen nicht selten durch Reste von Basaltdecken überlagert sind. In der Vergangenheit wurden an verschiedenen Stellen im Rahmen der Braunkohlegewinnung Sande unterschiedlichster Qualität, insbesondere Quarzsande, abgebaut. Abbau quarzreicher Sande findet derzeit im Raum Kaufungen-Wellerode und in Remsfeld bei Homberg (Efze) statt.

12.5.2. Untersuchungsstand

Der Untersuchungsstand ist sehr heterogen und abgesehen von den Abbaubereichen noch unbefriedigend.

12.5.3. Geologie und Mineralogie

Die im Tertiär unter kurzzeitigem Meereseinfluss in Seen und durch Flüsse zu Lagerstätten akkumulierten Sande sind infolge komplexer Bruchtektonik auf einzelne kleinere Becken und ein Mosaik aus Hoch- und Tiefschollen verteilt. Die Lagerstätten sind dementsprechend meist kleinräumig, die Sande wechsellagern mit Tonen und Braunkohlen. Von Bedeutung ist der „Obere Quarzsand“ (Oligozän), der beispielsweise im Kasseler Graben bei Kaufungen auftritt. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um quarzreiche Feinsande mit geringem Tonanteil. Der Kasseler Meeressand im Liegenden des Oberen Quarzsandes ist zum Teil stark tonig (mit dem grünen Tonmineral Glauko-

nit) und besitzt daher ein geringeres Veredelungspotenzial. Beide Sandschichten erreichen zusammen eine Mächtigkeit von bis zu 40 m.

12.6. Wetterau

12.6.1. Lage

Die Wetterau als Naturraum ist die nördliche Fortsetzung des Oberrheingrabens zwischen Frankfurt und dem Raum Butzbach-Münzenberg (Abb. 29). Die Lagerstätten liegen in einer 6-12 km breiten N-S-ausgerichteten Senke zwischen Taunus im Westen und Vogelsberg im Osten.

12.6.2. Untersuchungsstand

Aufgrund der tektonisch bedingten stark gestörten und kleinräumig wechselnden Lagerstättenarchitekturen und Rohstoffinhalt in dieser Region ist eine engmaschige Erkundung mittels Bohrungen zur Einschätzung der verwertbaren Rohstoffmengen und -qualitäten unabdingbar. In den derzeitigen und geplanten Abbauflächen ist der Erkundungsgrad durch eine Vielzahl von Firmenbohrungen als befriedigend bis gut zu bezeichnen. In den übrigen Lagerstättenbereichen besteht noch Erkundungsbedarf.

12.6.3. Geologie und Mineralogie

Der betrachtete Bereich wird von einem Sockel gefalteter paläozoischer Festgesteine aufgebaut, dessen Abtragungsschutt den größten Teil der Lagerstätten aufbaut. Wesentliches Ausgangsgestein und von besonderer ökonomischer Bedeutung ist hier der Taunusquarzit. Überwiegend im Mesozoikum erfolgte die tektonische Zerlegung des Sockels in Einzelschollen mit unterschiedlich starker Heraushebung und daraus resultierender Abtragung. Mit Bildung des Oberrheingrabens begann die Eintiefung der Region und im Tertiär kamen hier überwiegend Fluss- und Seesedimente zur Ablagerung. Anschließend erfolgte eine erneute tektonische Zergliederung in Einzelschollen. Der primär ausgeprägte Wechsel zwischen grob- und feinkörnigen Sedimenten sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung und der tektonische Bau sind prägend für die Lagerstätten.

Die tertiären Sedimente beginnen mit Ton- und Sandablagerungen (Rupelton, Schleichsand). Darüber folgen die miozänen Rockenberger Schichten. Die hier vorkommende Quarzsande, die sog. "*Gambacher Quarzsande*", werden in einer Mächtigkeit bis ca. 40 m (Ø 25 m) im Trocken- und Nassabbau gewonnen. Die qualitativ hochwertigen weiß, gelb, grün und rotbraunen, stellenweise stark tonigen Quarzsande sind z.T. quarzitisch verfestigt. Die Kornverteilung des Rohmaterials innerhalb der einzelnen Schichten variiert sehr stark. Die quartäre Überdeckung besteht aus 3 bis 20 m Lehmen und Tonen. Die im Raum Gambach – Münzenberg - Rockenberg gewonnenen und aufbereiteten Quarzsande dienen der regionalen Versorgung der Gießerei-, Bauchemie- und Glas-

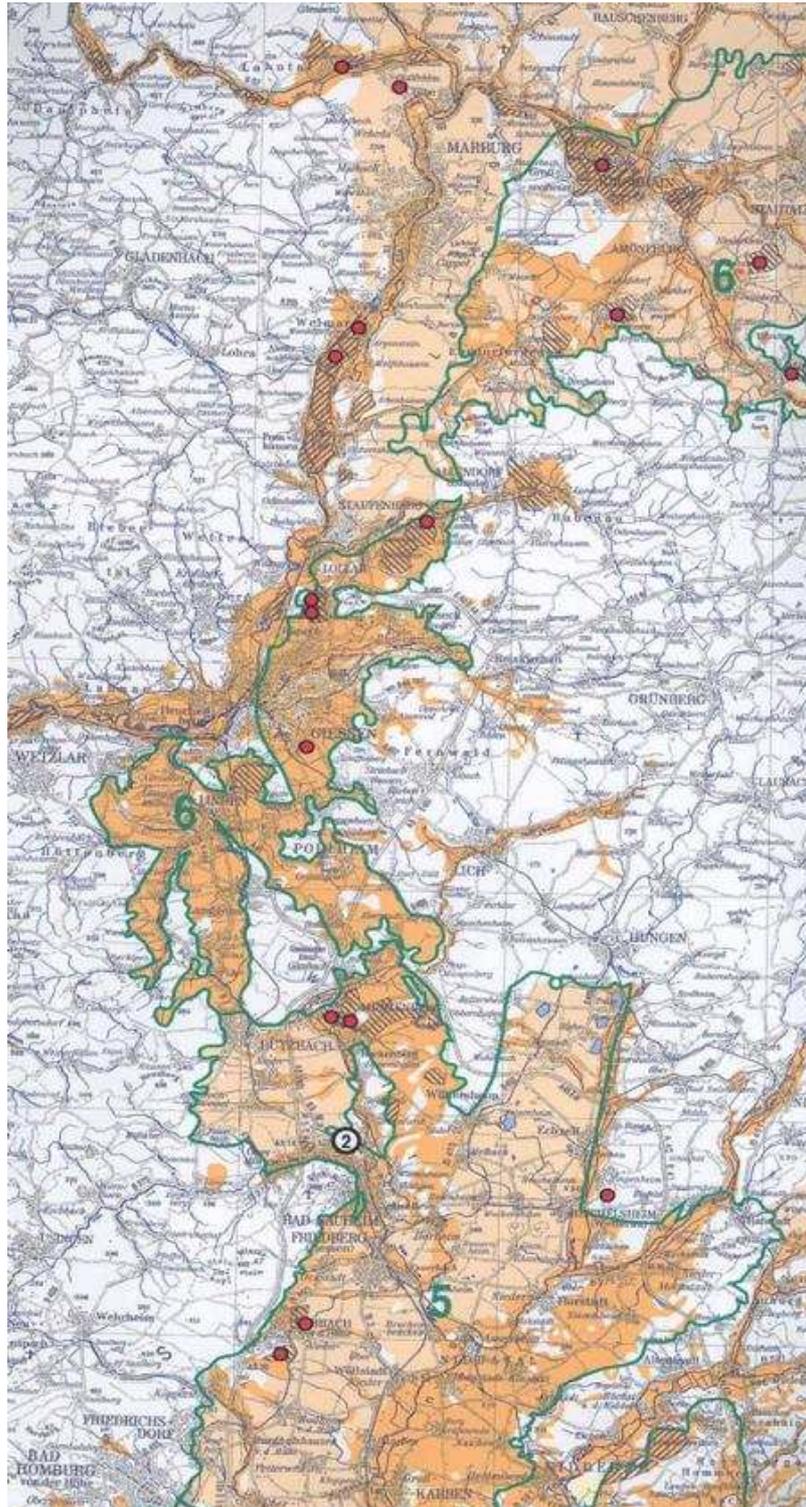


Abb 29: Raum Wetterau und Gießen-Marburg mit Rohstoffsicherungsgebieten (schwarze Schraffurflächen) und Abbaustellen.



Abb. 30: Nauheimer Kantkiese von Bad Nauheim-Nieder-Mörlen. Die Bildbreite entspricht ca. 50 cm.

industrie. Mehr als 75% der Gesamtfördermenge findet als Spezialsand für Industriebetriebe im Land Hessen und darüber hinaus Verwendung. Hauptabnehmer sind aufgrund des hohen Quarzanteils (bis > 99%) insbesondere Gießereibetriebe mit ca. 65% und Hersteller von Spezialprodukten für das Baugewerbe mit ca. 20%. Alternative Lagerstätten außerhalb Hessens liegen erst im Kölner Raum und bei Haltern/Westfalen.

Bei Rosbach vor der Höhe tritt eine tertiäre Deltaschüttung aus dem Taunus auf, die zu einer unregelmäßigen Abfolge überwiegend toniger weißgelber bis gelbbrauner Sande geführt hat, welche vertikal in fein- bis mittelkörnige Kiese übergehen können. Die Sand- und Kieskomponenten bestehen überwiegend aus Quarz, auffällig sind linsenförmige, z.T. lagenartige Eisen-Mangan-Verkrustungen. Die Mächtigkeit der Lagerstätten liegt zwischen 6 bis 13 m bei einer Abraumüberdeckung zwischen 2 und 6 m. Sande und Kiese werden separat gewonnen und im Kanal- und Leitungsbau verwendet.

Nördlich Bad Nauheim bei Nieder-Mörlen treten im Liegenden von 3 und 6 m mächtigen quartären Terrassenkiesen gelbbraune, schwach schluffige tertiäre Fein- und Mittelkiese mit hohem Quarzanteil auf. Auffällig ist die geringe Kantenrundung der Kieskörnung (*Nauheimer Kantkiese*), die für ihre hohe Festigkeit bekannt sind (Abb. 30). In der Lagerstätte wechseln gut geschichtete rote und weiße Sande, Gerölllagen, blauen Tone und ungeschichtete Sande und Kiese mit Gesamtmächtigkeiten von 20 m, lokal sogar bis zu max. 50 m.

12.7. Gießen und Amöneburger Becken

12.7.1. Lage

Der Bereich umfasst einen Raum am Rande des nordwestlichen Vogelberges von Giessen über Allendorf und Homberg (Ohm) nach Kirtorf. Tertiäre Sande werden dort an mehreren Stellen abgebaut.

12.7.2. Untersuchungsstand

Der Kenntnisstand ist sehr heterogen und nur in Abbaubereichen und nördlich Gießens befriedigend.

12.7.3. Geologie und Mineralogie

Die Lagerstätten liegen in abgesenkten Beckenstrukturen der hessischen Tertiärsenke. Im Bereich des Giessener Nordkreuzes treten tertiäre fein- bis mittelkörnige Quarzsande und -kiese mit Mächtigkeiten bis zu 15 m auf. Überdeckt werden diese Sande durch bis zu 10 m mächtige Terrassenkiese und -sande, die ebenfalls von ökonomischem Interesse sind. Beide Rohstofflagen zeichnen sich durch geringe Schluffanteile (< 5%) aus. Lokal können in der Region aber auch Klebsande d.h. Quarzsande mit hohen Tonanteilen auftreten. Bei Treis werden unter einer Überdeckung von 1 bis 4 m ca. 10 bis 15 m mächtige quarzreiche weiß bis rötliche Feinsande mit gelben Zwischenlagen abgebaut. Hier treten auch kaolinreiche Sande (Kaolinsande) auf.

12.8. Limburg-Idsteiner Tertiärsenken

12.8.1. Lage

Die Region (Abb. 31) umfasst das *Limburger Becken* und die *Idsteiner Senke*, die durch Gräben und Störungen miteinander vernetzt sind. Sie reicht vom Westerwald nördlich Hadamar über Limburg bis südlich von Bad Camberg.

12.8.2. Untersuchungsstand

Mit über 1900 Bohrungen sehr unterschiedlicher Qualität und den Bohrungen entlang der Bundesbahn-Neubautrasse Köln-Rhein/Main sowie einigen Lagerstättenbohrungen ist der Untersuchungsstand für die Region als befriedigend bis gut zu bezeichnen. Für das Limburger Becken liegt ein „Perspektivplan Sand und Kies“ vor [8]. Aufgrund der sehr heterogenen Geologie sind jedoch vor und während der Lagerstättennutzung Detailerkundungen unabdingbar.

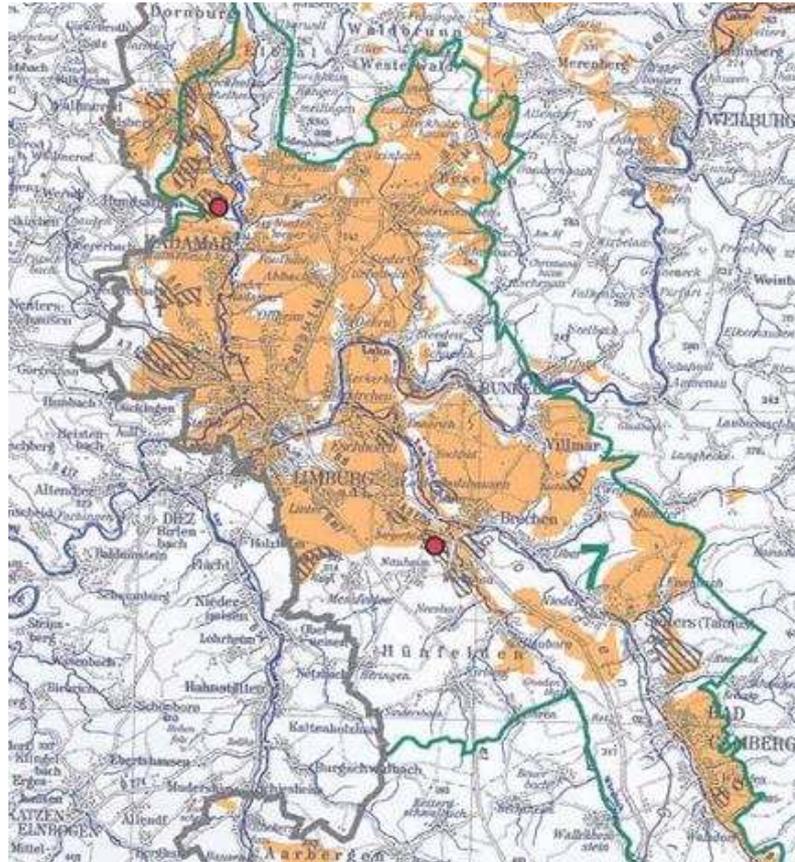


Abb. 31: Limburger Becken und die Idsteiner Senke mit Rohstoffsicherungsgebieten (schwarze Schraffurflächen) und Abbaustellen.

12.8.3. Geologie und Mineralogie

Mit Bildung des Oberrheingrabens kam es in seiner direkten nordwestlichen Fortsetzung zur Bildung mehrerer Graben- und Bruchstrukturen zwischen Taunus und Westerwald, der Idsteiner Senke, dem Wiesbaden-Diezer Graben und dem Limburger Becken mit seinen Gräben wie z.B. dem Elzer Graben. Innerhalb der Idsteiner Senke, dem Wiesbaden-Diezer Graben und dem Elzer Graben liegen über einem Mosaik aus Hoch- und Tiefschollen verteilt, bis zu 20 m mächtige tertiäre (oligozäne) Terrassensande und -kiese, aufbereitete und umgelagerte Abtragungsprodukte einer tiefgreifenden Verwitterungsdecke mesozoischen bis tertiären Alters. Die derzeit abgebauten Lagerstätten weisen Mächtigkeiten von durchschnittlich 10-20 m auf, bei 2-5 m Abraum (max. 8 m) aus quartärem Löss und Lösslehm, sowie tertiären Schluffen und Tonen. Der Rohstoff mit markantem Kiesanteil besteht fast ausschließlich aus weißen Milchquarzen, sehr untergeordnet finden sich auch Gerölle anderer widerstandsfähigerer Gesteine (Quarzit, Kieselschiefer etc.). Die Sedimente lagerten sich als „Arenberger Schichten“ mit überwiegend eckige Komponenten und „Vallendarer Schotter“ mit gut gerundete Geröllen auf Erosionsresten oder direkt auf dem erodierten, z.T. verkarsteten paläozoischem Grundgebirge ab. Wegen ihres hohen Quarzanteils (90-95%) und guter

Kornabstufung werden diese Quarzsande- und -kiese qualitativ als hochwertiger als die jüngeren, quartären Terrassenablagerungen eingestuft. Die abschlämmbaren tonig-schluffigen Bestandteile im Rohstoff betragen durchschnittlich 23%. Tertiäre Terrassenkiese werden derzeit im Raum Brechen und Niederzeuzheim abgebaut.

12.9. Verwitterungssande und -kiese

12.9.1. Lage

Zu Sand und Kies entfestigte, d. h. verwitterte Gesteine treten lokal begrenzt in Schichtgliedern des Buntsandsteins und in kristallinen Gesteinen des Odenwaldes auf. Mürbsande sind insbesondere im Raum Volkmarsen-Wolfhagen (Abb. 32), nördlich von Marburg, nördlich Eschwege an der Thüringischen Grenze, bei Ottrau, im Raum Friedewald und südlich Fulda verbreitet. Abbauwürdige Gruse finden sich im Odenwald von der Bergstraße im Westen bis in den Raum Reichelsheim im Osten.

12.9.2. Untersuchungsstand

In genehmigten Sand- und Grusgruben und der näheren Umgebung ist der Untersuchungsstand im Allgemeinen als befriedigend bis gut zu bezeichnen. Zur Einschätzung des Lagerstättenpotenzials besteht jedoch aufgrund der heterogenen Verteilung von entfestigtem zu frischem Gestein noch ein relativ großer Erkundungsbedarf.

12.9.3. Geologie und Mineralogie

12.9.3.1. Mürbsande

Mürbsande (Abb. 33) entstehen durch z. T. tiefgreifende Entfestigung (Verwitterung) von überwiegend bindemittelarmen quarzreichen Sandsteinen des Buntsandsteins. Die abbaubaren Mächtigkeiten der quarzreichen Mürbsande schwanken zwischen 8 und 80 m bei Abraummächtigkeiten von 2 bis 20 m. Der Grundwasserschutz reduziert die genehmigte Abbaumächtigkeit im Raum Volkmarsen auf ca. 20 m.

Ausgangsgesteine können verschiedene Sandsteine der Solling-Folge, der Hardeggen- und der Dethfurt-Folge sein. Bindemittel wie Kalk, Ton, Schluff oder auskristallisierte Kieselsäure umhüllen die einzelnen Sandkörner im Gesteinsverband wie Zement in einem Beton. Wenn diese Bindemittel aufgrund der Transport- und Ablagerungsbedingungen der Sedimente wie z.B. bei Windtransport nur unzureichend zur Verfügung standen, blieb eine intensive Verfestigung bei der anschließenden Gesteinsbildung aus. Diese Sandsteine sind gegenüber der Verwitterung besonders anfällig und sanden ab. Aber auch Sandsteine mit kalkigem Bindemittel sind der Verwitterung stärker ausgesetzt, wie nördlich Grebendorf. Je nach Ausgangsgestein sind die gewonnenen Sande

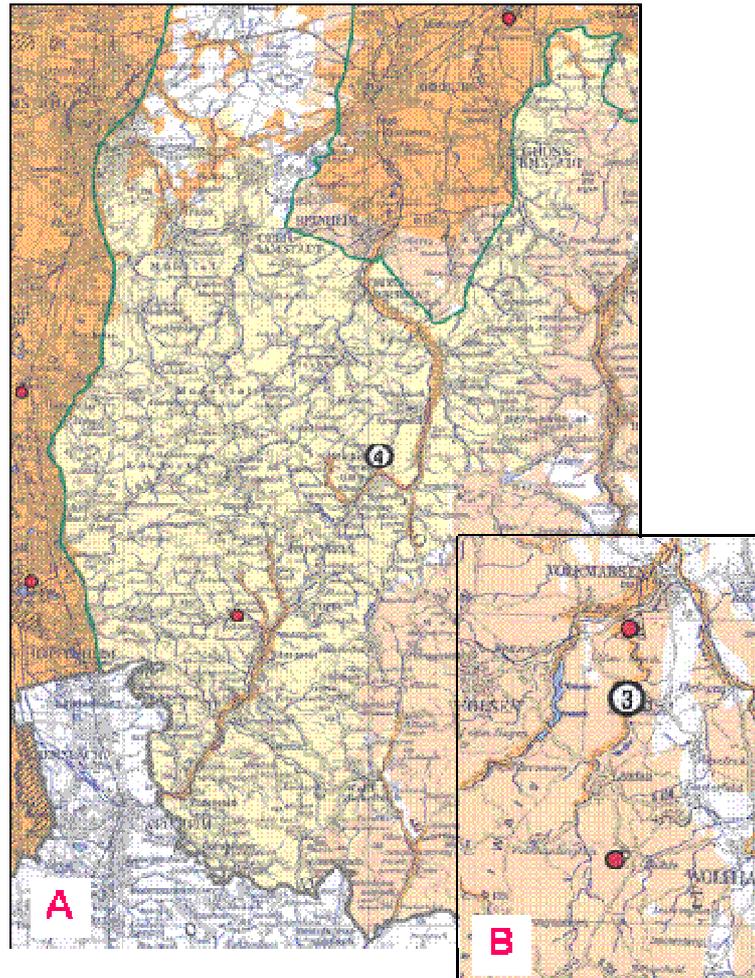


Abb. 32: (A) Kristalliner Odenwald (Hellgelb) und (B) Buntsandsteinflächen im Raum Volkmarsen-Wolfhagen mit Rohstoffsicherungsgebieten (schwarze Schraffurflächen) und Abbaustellen für Grus (A) und Mürlsand (B).



Abb. 33: Abbau von Mürlsanden bei Volkmarsen-Lütersheim.

farblich sehr unterschiedlichen. Helle Sande sind oft sehr quarzreich, gut gerundet und qualitativ hochwertig. In der Regel wechseln härtere Sandsteinbänke mit zu Sand zerfallenden Zonen ab. Die weniger verwitterten Sandsteinbänke werden zu Sand zermahlen. Mitunter muss der gesamte Gesteinsverband trotz aufgelockerter Bereiche gesprengt werden.

12.9.3.2. Grus

Grus (Abb. 34), auch Felsenkies genannt, ist ein Gemisch aus Kies, Sand und Tonmineralen. Grus entstand durch eiszeitliche Entfestigung von vorwiegend grobkörnigen magmatischen und metamorphen Gesteinen wie z.B. Granit, Diorit, Quarzdiorit, Granodiorit und Gneis.



In Folge von Druckentlastung der Gesteinskörper durch Heraushebung des Odenwalds während des Tertiärs und Abtragung überlagernder Gesteinsschichten vertieften sich bereits bei der Abkühlung der Gesteinkörper entstandene Risse und Klüfte. An der Oberfläche aufgeschlossen waren die Gesteine jetzt der Verwitterung ausgesetzt. Diese reichte bis in mehrere Zehnermeter Tiefe und führte zur randlichen Entfestigung der Gesteinsblöcke. Um die Blöcke reicherte sich das Verwitterungsmaterial, der „Grus“, an. Während der Warmzeiten des Eiszeitalters spülte Wasser den Grus aus. Felsenkies, in der Region auch als *Bessunger Kies* oder *Römerkies* bekannt, wird im Odenwald bei Reichelsheim und Rimbach-Mitechtern abgebaut und findet im Garten- und Landschaftsbau Verwendung.

13. Literatur

- [1] Weber, R. Riechers, H.-J. (2003): Kies und Sand für Beton. – Bundesverband der Kies- und Sandindustrie e.V., Verlag Bau und Technik, Düsseldorf.
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1995): ZTV-T STB 95 – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau. – Köln.
- [3] HLT Gesellschaft für Forschung und Planung Entwicklung mbH: Rohstoffsicherungskonzept für Hessen. – HLT Report-Nr. 524, Wiesbaden (1997)
- [4] Plichta, P. (2001): Benzin aus Sand. Die Silan-Revolution. – Langen-Müller Verlag, München.
- [5] Sonnenstrom als Folgenutzung: - Steinbruch und Sandgrube 11/2004, S. 26-27.
- [6] Koß, R. & Künzel, G. (2000): In: scriptum Arbeitsergebnisse aus dem Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen, Heft 6.
- [7] Rosendahl, W. (2001): Zum Oberpleistozän in der hessischen Oberrheinebene. – Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Verein, N.F. 83, Stuttgart.
- [8] Kirnbauer, T. (1995): Perspektivplan Sand und Kies im Limburger Becken- Verbreitung, Nutzung, Nutzungskonflikte. Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden
- [9] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (2004): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 88.
- [10] Schmidt Consult (2000): technische, ökologische und wirtschaftliche Einflüsse auf die derzeitigen und zukünftigen Mengen an recyklierten Baustoffen. – In: Der Bedarf an mineralischen Rohstoffen – Bundesverband Baustoffe Steine + Erden e.V.

14. Nützliche Websites

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe:
www.bgr.de

Bundesverband Baustoffe – Steine und Erden e.V.:
www.bvbaustoffe.de

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen e.V.:
www.fgsv.de

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie:
www.hlug.de

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz:

www.hmulv.hessen.de

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung:

www.wirtschaft.hessen.de

Industrieverband Steine und Erden e.V. Neustadt/Weinstraße

www.verband-steine-erden.de

Planungsportal des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
(u.a. Regionalplan online):

www.landesplanung-hessen.de

Regierungspräsidium Darmstadt (Obere Landesplanungsbehörde, berg- und immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbehörde für den Regierungsbezirk Darmstadt):

www.rp-darmstadt.de

Regierungspräsidium Giessen (Obere Landesplanungsbehörde, berg- und immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbehörde für den Regierungsbezirk Giessen):

www.rp-giessen.de

Regierungspräsidium Kassel (Obere Landesplanungsbehörde, berg- und immissionsschutzrechtliche Genehmigungsbehörde für den Regierungsbezirk Kassel):

www.rp-kassel.de

Umweltallianz Hessen:

www.umweltallianz.de