

**Konfliktanalyse bezüglich Vermeidung eines  
Versorgungsnotstandes der schweizerischen  
Bauwirtschaft mit felsgebrochenen Hartgesteinen zur  
Herstellung hochwertiger Beläge und Bahnschotter**

*Analyse des conflits pour éviter des problèmes  
d'approvisionnement de l'industrie suisse de construction en  
roches dures concassées destinées à la production de  
revêtements de haute qualité et de ballast*

*Analysis of conflicts to avoid difficulties to supply the swiss  
building trade with broken hard stones to produce high-grade  
pavements and railway-ballast*

31. Mai 2003

---

Projektleitung **Martin Ed. Gerber**, Dr. phil. nat., Geologe SIA  
Verband schweizerischer Hartsteinbrüche (VSH)  
c/o Geologisches Gutachtenbüro Gerber, 3043 Üttligen  
Tel + Fax: 031 829 36 71, E-mail: [m.ed.gerber@bluewin.ch](mailto:m.ed.gerber@bluewin.ch)

---

## **I. Kurzbeschreibung und Projektziel**

Für höchste Ansprüche im Bahnbau (Vorschriften SBB R 211.1, Schotter I) und im bituminösen Strassenbau (SN 670 130, Deckschichten Typ H und S) sind ausschliesslich gebrochene Hartgesteine anzuwenden. Der jährliche Bedarf liegt bei 2 Millionen Tonnen und wird von zehn Werken produziert. Die heutigen Abbaureserven decken den Bedarf für knapp 10 Jahre. Die meisten Steinbrüche sind bezüglich Landschaftsschutz (5 Werke in BLN-Gebieten) und Geologie an exponierte Stellen gebunden. Die heutige Bewilligungspraxis von Bund, Kantonen und Gemeinden betrachtet jedes Abbauvorhaben isoliert.

Mit dem Forschungsprojekt wird der Nachweis erbracht, dass der Abbau von Hartgesteinen in der Schweiz von nationalem Interesse ist und bezüglich Natur- und Heimatschutzgesetzgebung (Art. 6) ein gleich- oder höherwertiges Interesse von ebenfalls nationaler Bedeutung darstellt. Unterlagen und Massnahmen zur Konfliktlösung und Sicherung von Abbaureserven werden erarbeitet.

### **Sommaire et but du projet**

Pour usage particulier en construction de chemins de fer (Règlement CFF R 211.1, ballast I) et en construction de routes bitumineuses (Norme Suisse 670 130, couches de roulement type H ou S) uniquement des roches concassés dures sont à utiliser. Le besoin annuel, produit par dix carrières suisses se chiffre à deux millions tonnes. Les réserves d'exploitation actuel couvre la demande de dix ans. La plupart des carrières sont assujetti à des lieu exposés concernant la géologie et la protection des paysages (5 carrières sont placées dans des objets IFP). La pratique de permission de la confédération, des cantons et des communes examine chaque projet d'exploitation de manière isolée.

Le projet de recherche produit la preuve que l'exploitation de roches dures en Suisse est d'un intérêt national, c'est à dire d'un intérêt équivalent ou majeur, relatif à la législation de la protection de la nature et du paysage (art. 6). Des bases et des mesures pour la solution du conflit et pour la garantie des réserves d'exploitation sont acquéries.

### **Summary and aim of the project**

Special applications for railway-constructions (regulations SFR R 211.1) and for bituminous road-making (SN 670 130, pavement type H and S) require exclusively broken hard-stones. The annual need is about 2 millions tons and is produced by ten quarries. The actual mine-reserves cover the requirements for just ten years. Most of the quarries are bound to exposed sites with respect to geology and landscape-protection (five quarries lie in areas under national protection). The present praxis of allowance by federation, canton and community considers each mine-project separately.

This research-project proves that the mining of hard-stones is of national interest and is a interest equivalent or superior to the law of protection of the landscape and nature (art. 6). Basis and measures for solving the conflict and to secure mine-reserves are gained by this work.

## II. Schlüsselwörter

Mineralische Rohstoffe  
Hartgesteine, Hartgesteinsindustrie, felsgebrochen  
Schotter, Bahnschotter, Splitte, Brechsand, Filler  
Abbau, Aufbereitung  
Nationales Interesse, Bedarfsnachweis, Standortgebundenheit  
Eignungsuntersuchung, Normen  
Konfliktpunkte, UVP-relevante Faktoren, Nachhaltigkeit, Nachnutzung

## III. Abkürzungen

BLN	Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler
TF	Traffic Frequency
CEN	Comité Européen de Normalisation
prEN	Europäische Vor-Norm
SN	Schweizer Norm
VSS	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
VSH	Verband schweizerischer Hartsteinbrüche

## IV. Autoren + Autorinnen

- **Martin Ed. Gerber**, Dr. phil. nat., Geologe SIA, Üttligen
- **Franziska Nyffenegger**, stud. Geol., Assistentin Geologisches Gutachtenbüro Gerber, Bern
  
- Jaqueline Kissling, Architektin EAUG, Genf (Kapitel 4.4.3 bis 4.4.6)
- Rudolf Rist, lic. jur., Oberhofen (Projektbegleitung)
- Josef Bucher, Ing. HTL/NSD, Stansstad (Kapitel 1.8.2 und 4.2.3)
- Urs Steiner, dipl. Ing. ETH, Bern (Kapitel 1.8.2)

## V. Einleitung

Dass für Hartgesteine ein nationales Interesse besteht, ist in Fachkreisen unbestritten: Für höchste Qualitätsansprüche bei Deckschichten (SN 670 130 Belagstyp S und H) und Bahnschotter (Schotter I, SBB R 211.1) können Hartgesteine nicht ersetzt werden. Neuere Untersuchungen bei Schadenfällen (Bahnbaubau und Abriebfestigkeit Deckschichten) haben gezeigt, dass eine Qualitätssteigerung erzielt werden kann, wenn der geforderte Anteil Hartgesteine erhöht wird (heutige Anforderungen: 60 % der Körner in Korngemischen müssen Hartgesteine sein) und ausschliesslich felsgebrochenes Material verwendet wird. Auslandeimporte sind aus ökologischer und z.T. qualitativer Sicht nicht zu verantworten.

Für die Herstellung von Hartschotter und Hartsplitt sind nur wenige Gesteinsvorkommen der Schweiz geeignet, so Kieselkalke der Kreide, Grünsandsteine der Oberkreide sowie alpine Sandsteine des Eozäns und teilweise des unteren Oligozäns. Gesteine, die den Ansprüchen für die Herstellung von Hartschotter und Hartsplitten genügen, müssen eine Druckfestigkeit  $>140 \text{ N/mm}^2$  sowie einen Gehalt an harten Mineralien  $> 25 \%$  aufweisen und äusserst verwitterungsbeständig sein. Verschiedene Testverfahren wurden entwickelt, um die Festigkeiten gegenüber mechanischer Beanspruchung zu prüfen.

Die meisten Vorkommen geeigneter Hartgesteine wurden im letzten Jahrhundert entdeckt und vorerst zur Herstellung von Pflaster- und Mauersteinen verwendet. Aus dem anfallenden Abfall erfolgte die Herstellung von Schotter. 1925 wurde durch die Bundesbahnen gebrochenes Material für den Gleisbau vorgeschrieben. Umfangreiche Untersuchungen zeigten, dass kantige Schotterstücke besser geeignet sind als Rundkies. Ebenfalls im Belagsbau wurde die Bedeutung von Hartgestein erkannt.

Ständig steigende Ansprüche bezüglich Geschwindigkeit und Verkehrsaufkommen erfordern höchste Qualitätsansprüche. Um diesen zu genügen, musste der Aufbereitungsprozess verbessert werden, damit ungeeignete Anteile, die jedes Gesteinsvorkommen begleiten, eliminiert bzw. in minderwertigen Produkten angereichert werden können.

Die 10 der 11 Mitgliedfirmen des VSH produzieren jährlich rund 2 Millionen Tonnen Hartgesteinsprodukte (Schotter, Splitt, Brechsand, Filler und Mischkörnungen), womit rund 85 % des schweizerischen Marktes abgedeckt wird.

Bei der Erweiterung von Abbaugebieten haben verschiedene Werke grosse Probleme bezüglich Landschaftsschutz. Einige Steinbrüche, so Steinag-Rozloch (NW), Mühlehorn-Quinten (SG), Buchs/Sevelen (SG), Seewen/Zingel (SZ) und Kehrsiten (NW) liegen innerhalb oder randlich von BLN-Gebieten. Die Werke Buchs und Carrière de Rarogne haben die Produktion vorläufig eingestellt, Steinag-Rozloch betreibt zur Zeit einen aufwändigen Versuch zum Abbau untertags. Die Famsa (Choëx, VS) und Arvel (VD) kämpfen seit Jahren um eine Erweiterung des Abbaugebietes.

Die Standorte der Hartgesteinsbrüche sind bezüglich Landschaftsschutz und Geologie an exponierte Stellen gebunden (grosse Taldurchbrüche in der helvetischen Region) und der heutige, industrielle Abbau bedingt nach wie vor Eingriffe in die Natur. Die Akzeptanz bezüglich Emissionen (Lärm, Staub, Sprengerschütterungen) ist kleiner geworden, wobei Untertagebau kaum die Lösung des Problems ist (Mehrkosten, Materialqualität, Gefahren). Das Steinbruchsterben ist längst Realität geworden und um den Markt nicht zu monopolisieren, ist es wichtig, die heutigen Betriebe zu erhalten.

## **VI. Zusammenfassung**

Mit Beginn der Industrialisierung am Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Bedeutung felsgebrochener Hartgesteine erkannt. Der motorisierte Verkehr verlangte nach besseren Strassen und ab 1925 verlangten die Schweizerischen Bundesbahnen ausschliesslich Brechsotter. Das stetig steigende Qualitätsbedürfnis bedingte eine ständige Produktionssteigerung. Dies und der Preisdruck von Importware, aber auch steigende Qualitätsanforderungen bedingten die Entwicklung vom Hartgesteinsgewerbe zur Hartgesteinsindustrie. Damit verbunden war ein enormer Rückgang der geeigneten Abbaustellen.

In der vorliegenden Arbeit wird der Bedarfsnachweis für felsgebrochene Hartgesteine erbracht. Zusammenfassend wird festgehalten:

- Der Bedarf an felsgebrochenen Hartgesteinen hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Die Bedarfszahlen zeigen nicht dieselben konjunkturellen Schwankungen wie z. B. der Kies- oder Zementverbrauch.

- Die vermehrte Anwendung von Recycling-Material wird bezüglich dem Bedarf felsgebrochener Hartgesteine kaum grosse Auswirkungen zeigen. Schon heute werden im Belagsbau 10 bis 20 % Recyclingmaterialien wiederverwendet. Dieser Anteil lässt sich aus Qualitätsgründen kaum wesentlich steigern.
- Im Bahnbau werden fast ausschliesslich felsgebrochene Hartgesteine angewendet (gesicherter Bedarf ca. 500'000 Tonnen). Im Belagsbau wäre es aus qualitativer, ökonomischer und ökologischer Sicht wünschenswert, sämtliche Deckschichten mit felsgebrochenen Hartgesteinen zu erstellen (heutiger Bedarf Belagsbau: 1.3 Mio. Tonnen. Theoretische Bedarfsermittlung ca. 3 Mio. Tonnen). Steigendes Qualitätsbewusstsein der Bauherren, Verschärfung der Normen und die Tatsache, dass felsgebrochene Hartgesteine im Vergleich zu minderwertigen Produkten zu konkurrenzfähigen Preisen produziert werden, werden den Markt stark beeinflussen. Die Verknappung hochwertiger Alluvialkiese wird vermehrt zur Verwendung von felsgebrochenen Hartgesteinen führen, was in Gebieten mit beschränkten Kiesabbaumöglichkeiten schon heute der Fall ist.
- Aus ökologischen Erwägungen werden Transportkosten in den nächsten Jahren steigen. Der regionalen Versorgung wird damit grössere Bedeutung erwachsen.
- Um die Lieferbereitschaft für das schweizerische Baugewerbe zu gewährleisten, müssen die Produzenten von felsgebrochenen Hartgesteinen mit einem Anstieg des jährlichen Bedarfs auf 3 Mio. Tonnen in den nächsten 10 Jahren rechnen. Angesichts der langdauernden Abbaubewilligungsverfahren, der hohen Vorinvestitionen und der stets steigenden Kosten für die Rationalisierung sowie Qualitätsverbesserung sollten die abbaubaren Reserven 100 bis 130 Mio. Tonnen betragen.

Für die Frage der Standortgebundenheit wurden umfangreiche Materialien zusammengetragen, die folgende Aussagen erlauben:

- Die mineralogische Zusammensetzung, die Art der Gesteinsbildung, die das Gefüge massgeblich beeinflusst, und weiter geologische Vorgänge bestimmen schlussendlich die Gesteinseigenschaften.
- Die Geologie der Schweiz mit verschiedenen tektonischen Einheiten, veranschaulicht, dass nur sehr wenige Gesteinsvorkommen zum Abbau von Hartgesteinen geeignet sind, so Kieselkalk der Kreide, Grünsandsteine der Oberkreide (abbaubare Vorkommen auf die Ostschweiz beschränkt) sowie alpine Sandsteine des Eozäns und die Grès des Carrières des Oligozäns (einzige Vorkommen im Unterwallis).
- Ein historischer Abriss über die Prospektion und Evaluation von technisch nutzbaren Hartgesteinen zeigt, dass die heutigen Abbaustandorte das Ergebnis umfangreicher Untersuchungen sind.
- Damit ein Gesteinsvorkommen bei der Eignungsuntersuchung und das Gestein bei der Eignungsprüfung zur Herstellung von Hartgesteinsprodukten geeignet ist, müssen eine Vielzahl von geologisch-technischen und ökologisch-politischen Kriterien erfüllt sein. Die Betrachtung der Herstellung felsgebrochener Hartgesteinsprodukte zeigt, dass eine aufwändige Aufbereitung und Verarbeitung nötig ist, um die heutigen normierten Qualitätsanforderungen zu erfüllen.
- Die zeitliche Entwicklung der Abbaustellen für felsgebrochene Produkte veranschaulicht, dass in den letzten 50 Jahren von einem eigentlichen „Steinbruchsterben“ gesprochen werden muss. Wirtschaftlichkeit, Qualitätsansprüche, die Geometrie des nutzbaren Gesteinskörpers aber auch die verkehrstechnische Lage sowie planerische Interessenkonflikte führten zur Konzentration des Abbaus auf wenige, geeignete Standorte und zur

Strukturveränderung der Branche, d.h. zur Entwicklung vom Gewerbe zur Industrie.

- Die Diskussion des Problems der Standortwahl sowie die Prüfung von Abbau unter Tage ergeben, dass der Spielraum für Alternativstandorte klein ist.

Die Normierung führte dazu, dass felsgebrochene Hartgesteine für spezielle Anwendungen (Bahnschotter, Zuschlagstoffe für Deckschichten) unersetzbar sind:

- Die technische Einsetzbarkeit von mineralischen Rohstoffen und die Wirtschaftlichkeit, unter Berücksichtigung der Gebrauchsstandards und der Lebensdauer des Bauwerks, sind wesentliche Aspekte zur Festlegung von Qualitätsanforderungen.
- Die geologischen und petrographischen Eigenschaften eines Rohstoffvorkommens können durch den Abbau- und Aufbereitungsprozess nur teilweise beeinflusst werden und sind entscheidend für die technische Einsetzbarkeit.
- Eine qualitative Beurteilung mineralischer Baustoffe, beruhend auf allgemeinen Kriterien, ist nicht möglich: Die Anwendung des Rohstoffs bestimmt die Qualitätsanforderungen.
- Durch die natürlichen Eigenschaften der verfügbaren Gesteinsvorkommen und durch ihre vorhandenen Heterogenitäten werden der Festlegung von Qualitätsanforderungen und ebenso der Definition bestimmter Produkte Grenzen gesetzt.
- Die Beobachtung des Langzeitverhaltens eines Werkstoffes ist von grosser Bedeutung und sollte erlauben, die für die Qualitätsbeurteilung wichtigen Materialeigenschaften zu definieren, um diese im Laborversuch zu quantifizieren, wobei der Nachweis erbracht werden muss, dass die Experimente oder die Analysen reproduzierbar sind und das wirkliche Verhalten erfassen. Dadurch wird die Materialprüfung zum wichtigsten Instrument der Qualitätssicherung und Kontrolle.
- Durch das stetige Anheben von Qualitätsforderungen, wurde der Markt beeinflusst. Die Gefahr der Monopolisierung besteht.

Im Kapitel Konfliktpunkte beim Betrieb von Hartsteinbrüchen werden UVP-relevante Faktoren diskutiert und es wird dargestellt, dass grosse Anstrengungen unternommen wurden, um Hartgesteine umweltgerecht abzubauen.

Hauptkonfliktpunkt bleibt die Veränderung des Landschaftsbildes und der Geländestruktur. Hier muss erwähnt werden, dass die Hartsteinbrüche beim Ausscheiden von BLN-Gebieten kein Störfaktor darstellten und sich die gesetzlichen Bestimmungen seither nicht änderten.

Der Beweis, dass der Abbau von Hartgesteinen dem Prinzip der Nachhaltigkeit entspricht, wird erbracht und gezeigt, dass die Hartgesteinsindustrie Interesse zeigt, an kreativen Nachnutzungen von aufgelassenen Steinbrüchen.

Die bisherigen Schritte zur Konfliktlösung und die bisherigen Ergebnisse des „Runden Tisches“ mit den Produzenten, den Anwendern der Hartgesteinsprodukte sowie den beteiligten Bundesstellen werden zusammengefasst. Mittelfristig sollte der Abbau von Hartgesteinen, als gesamtwirtschaftliches Interesse, gesichert sein und für die Zukunft werden gemäss gemeinsamer Absichtserklärung die planerischen Arbeiten unverzüglich in Angriff genommen, um ein Konzept für eine langfristige Rohstoffsicherung mit weitgehender Lösung des Interessenkonfliktes und hoher Planungssicherheit für die Hartgesteinsindustrie, zu erarbeiten.

<b>VII</b>	<b>Inhalt</b>	
<b>I</b>	<b>Kurzbeschreibung und Projektziel</b>	<b>2</b>
<b>II</b>	<b>Schlüsselwörter</b>	<b>3</b>
<b>III</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>3</b>
<b>IV</b>	<b>Autoren + Autorinnen</b>	<b>3</b>
<b>V</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>VI</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>VII</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Bedarfsnachweis und Darstellung der Konsequenzen bezüglich zukünftiger Bedarfszahlen</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b><u>Einleitung</u></b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b><u>Vorgeschichte</u></b>	<b>11</b>
<b>1.3</b>	<b><u>Heutiger, jährlicher Bedarf an felsgebrochenen Hartgesteinen im Vergleich zu anderen mineralischen Zuschlagstoffen</u></b>	<b>12</b>
<b>1.4</b>	<b><u>Absatzzahlen</u></b>	<b>13</b>
<b>1.5</b>	<b><u>Bedarfszahlen SBB</u></b>	<b>16</b>
<b>1.6</b>	<b><u>Bedarfszahlen Strassenbau</u></b>	<b>17</b>
<b>1.7</b>	<b><u>Bedarfszahlen übrige Anwendungen</u></b>	<b>18</b>
<b>1.8</b>	<b><u>Zukünftiger Markt</u></b>	<b>19</b>
<b>1.8.1</b>	<b>Bahnbau</b>	<b>19</b>
	<i>Unterhalt und Erneuerung</i>	<b>19</b>
	<i>Neubaustrecken</i>	<b>20</b>
	<i>Schotterlose Gleisanlagen</i>	<b>21</b>
<b>1.8.2</b>	<b>Strassenbau</b>	<b>22</b>
<b>1.8.3</b>	<b>Verwendung alternativer Baustoffe (Recyclingmaterial, industrielle Nebenprodukte und Tunnelausbruchmaterial)</b>	<b>25</b>
<b>1.8.4</b>	<b>Deckung des zukünftigen Bedarfs durch Importe</b>	<b>26</b>
<b>1.9</b>	<b><u>Schlussfolgerungen</u></b>	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>Standortgebundenheit</b>	<b>28</b>
<b>2.1</b>	<b><u>Einleitung</u></b>	<b>28</b>
<b>2.2</b>	<b><u>Parameter, welche die Gesteinseigenschaften beeinflussen</u></b>	<b>28</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Mineralogie</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Art der Gesteinsbildung</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Diagenese</b>	<b>29</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Postmagmatische und hydrothermale Vorgänge</b>	<b>29</b>

2.2.5	Metamorphe Überprägung	29
2.2.6	Tektonik	29
2.2.7	Erosion und Verwitterung	30
2.2.8	Die Definition der Gesteinshärte	30
2.3	<u>Die Geologie der Schweiz und die Hartgesteinsvorkommen</u>	31
2.3.1	Schichtreihe des Juras (Tafel- und Faltenjura)	32
2.3.2	Schichtreihe des Helvetikums	33
2.3.3	Schichtreihe des Penninikums	34
2.3.4	Schichtreihe des Ostalpins	35
2.3.5	Schichtreihe des Südalpins	36
2.4	<u>Eignungsuntersuchungen von Gesteinsvorkommen und Eignungsprüfung von Gesteinen zur Anwendung als Schotter und Splitt</u>	37
2.4.1	Die Untersuchungen von P. Beck	37
2.4.2	Die Abklärungen des Verbandes Schweizerischer Steinbruchbetriebe	40
2.4.3	Die geotechnische Karte der Schweiz, Massstab 1:200'000, 1964/1965	41
2.4.4	Die Untersuchungen von F. DE QUERVAIN	41
2.4.5	Die Zusammenstellungen von H.P. SCHWARZ	44
2.4.6	Untersuchungsergebnisse der EMPA (J. WEBER)	44
2.4.7	Die heutige Situation	48
2.5	<u>Die zeitliche Entwicklung der Abaustellen für felsgebrochene Produkte</u>	51
2.6	<u>Ursachen für Betriebseinstellungen oder für das Auflassen eines Abbaugebietes</u>	54
2.6.1	Wirtschaftlichkeit	54
2.6.2	Qualität	54
2.6.3	Geometrie des nutzbaren Gesteinskörpers	54
2.6.4	Verkehrstechnische Lage, planerische Interessenkonflikte	54
2.7	<u>Herstellung von gebrochenen Hartgesteinsprodukten</u>	55
2.7.1	Abbau und Aufbereitung	55
2.7.2	Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung von Hartgesteinsprodukten beim Abbau und der Aufbereitung	56
2.8	<u>Die heutigen Abbauorte felssgebrochener Hartgesteinsprodukte</u>	57
2.9	<u>Das Problem der Standortwahl, Alternativstandorte, Abbau unter Tage</u>	59
2.9.1	Standortqualität	59
2.9.2	Kriterien für die Standortwahl	59
	<i>Qualitäts- und quantitätsbezogene Kriterien</i>	
	<i>Technisch-ökonomische Kriterien</i>	
	<i>Politische Kriterien</i>	
2.9.3	Spielraum zur Standortwahl	60
2.9.4	Alternativstandorte	60
2.9.5	Gesteinsabbau unter Tage	61
2.10	<u>Schlussfolgerungen</u>	61

<b>3</b>	<b>Normierung</b>	<b>63</b>
<b>3.1</b>	<b><u>Einleitung</u></b>	<b>63</b>
<b>3.2</b>	<b><u>Normierung im Strassenbau</u></b>	<b>63</b>
<b>3.3</b>	<b><u>Normierung im Bahnbau</u></b>	<b>68</b>
<b>3.4</b>	<b><u>Prinzipielles zu Normen und Schlussfolgerungen</u></b>	<b>69</b>
<b>4</b>	<b>Konfliktpunkte beim Betrieb von Hartsteinbrüchen (Diskussion UVP-relevante Faktoren, Nachhaltigkeit und Nachnutzung)</b>	<b>71</b>
<b>4.1</b>	<b><u>Einleitung, Gesetzliche Grundlagen, Kriterien</u></b>	<b>71</b>
<b>4.2</b>	<b><u>UVP-relevante Faktoren</u></b>	<b>72</b>
4.2.1	Eingriff in den Naturhaushalt (Fauna, Flora, Geotop)	72
4.2.2	Lärm- und Erschütterungsemissionen	74
4.2.3	Transportprobleme	74
	<i>Vergleich von Rohstoff-Transporten anhand von fünf Beispielen (csd)</i>	
4.2.4	Staubemissionen	76
4.2.5	Flächeninanspruchnahme	76
4.2.6	Eingriff in den Wasserhaushalt	77
4.2.7	Veränderung von Landschaftsbild und Geländestruktur	77
	<i>Einleitung, Beurteilung landschaftlicher Schönheit</i>	77
	<i>Die Steinbrüche am Vierwaldstättersee: Gestern und heute</i>	81
	<i>Nationales Forschungsprogramm (NFP) 48: Landschaften und Lebensräume in den Alpen</i>	89
4.2.8	Ausbeutung natürlicher Ressourcen	90
4.2.9	Diskussion naturnaher Abbau	91
4.2.10	Reststoffablagerungen	93
<b>4.3</b>	<b><u>Nachhaltigkeit</u></b>	<b>93</b>
<b>4.4</b>	<b><u>Nachnutzung</u></b>	<b>95</b>
4.4.1	Einleitung	95
4.4.2	Neues Leben zwischen Abbauwänden (PELOSI)	96
4.4.3	«En Basse-Ruche», un Lieu en devenir (KISSLING)	98
4.4.4	Paysage et reprise des territoires en friche (NF-Projekt 1214-056961.99/1):	99
4.4.5	Projet pour des lieux en devenir. La friche ou la valeur de l'absence (HORSTEN, KISSLING, MANZONI)	100
4.4.6	Produktion von erneuerbarer Energie in einem aufgelassenen Steinbruch (LINK, ENECOLO AG, GERBER)	101
4.4.7	Projekt „Steinbruch“, Universität Bern, Bildnerisches Gestalten	103

<b>5</b>	<b>Abbau von Hartgesteinen als nationales Interesse, Massnahmen zur Konfliktlösung, Sicherung von Abbaureserven</b>	<b>104</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>107</b>

# 1 Bedarfsnachweis und Darstellung der Konsequenzen bezüglich zukünftiger Bedarfszahlen

## 1.1 Einleitung

Der Abbau mineralischer Rohstoffe ist weltweit neben der Landwirtschaft die wichtigste Primär-Produktion. Die Schweiz ist im Bereich Lockergesteine (Kies, Ton) und gebrochener Natursteine noch heute weitgehend Selbstversorger (Importe von Kies und gebrochenen Materialien 10 bis 15 %). Für die Werksteinherstellung betragen die Importe dagegen rund 60 %. Dennoch werden in rund 70 Steinbrüchen der Schweiz für die Herstellung von Werkstücken (Quader, Platten u.a.) rund 0.6 Mio. Tonnen mittelharte und harte Gesteine abgebaut. Der heutige, jährliche Abbau von Rohstoffen für die Ziegeleiindustrie beträgt in der Schweiz rund 1.2 bis 2 Mio. Tonnen (34 Abbaustellen). Für die Kalk- und Zementherstellung werden 4 bis 7 Mio. Tonnen Rohstoffe an 13 Standorten abgebaut. Die Gipsproduktion beträgt ca. 300'000 Tonnen (10 Produktionsstandorte). Die Kiesproduktion liegt bei 30 bis 40 Mio. Tonnen (ca. 95 grössere Kiesgruben inklusive Steinbrüche mittelharter Gesteine). Die Herstellung von 2.5 Mio. Tonnen felsgebrochener Hartgesteinsprodukte erfolgt an 13 Standorten.

## 1.2 Vorgeschichte

Die meisten Vorkommen geeigneter Hartgesteine wurden im vorletzten Jahrhundert entdeckt und vorerst zur Herstellung von abriebfesten Pflastersteinen und witterungsbeständigen sowie druckfesten Mauersteinen verwendet. Aus dem anfallenden Abfall („Schroppen“) erfolgte die Herstellung von Schotter. 1925 wurde durch die Bundesbahnen felsgebrochenes Material für den Gleisbau vorgeschrieben.<sup>1</sup> Umfangreiche Untersuchungen, 1922/23 im Kreis III durchgeführt, zeigten, dass kantige Schotterstücke besser geeignet sind als Rundkies. Ebenfalls im Strassen- und Belagsbau wurde die Bedeutung von Hartgesteinen erkannt. An der Wende zum zwanzigsten Jahrhundert begann die Anwendung felsgebrochener Hartgesteine für städtische Strassen mit besonders schwerem Fuhrwerksverkehr «mit animalischer Traktion». Damalige Untersuchungen in Gruben der Umgebung von Zürich zeigten, dass die Grubenschotter «aus dreizehn verschiedenen Gesteinsarten, vom faulen Mergel bis zum harten Kiesel», bestehen, und dass felsgebrochene Hartgesteine eine widerstandsfähigere Deckschicht ergeben. Mit dem Aufkommen des Automobilverkehrs wurde der Aufbereitungsprozess in den Hartsteinbrüchen industrialisiert, um der stetig wachsenden Nachfrage gerecht zu werden.

Ständig steigende Ansprüche bezüglich Geschwindigkeit und Verkehrsaufkommen erfordern höchste Qualitätsansprüche, so gibt es heute im Bereich Bahnschotter und Belagsbau Normen, wo ausschliesslich Hartgesteine eingesetzt werden können. Um

---

<sup>1</sup> Vorher wurden sogenannte Rundsotter verwendet. Die SBB betrieben teilweise eigene Abbaustellen für Fluss- und Grubenschotter, wo mittels Wurfgerichte die Körnung 30 bis 80 mm ausgesiebt wurde. Bis 1947 waren über 85% der durchgehenden Hauptgeleise auf sogenannte Schlag- oder Brechschotter umgebaut (Körnung 40/70mm als Normalschotter und 20/40mm für Weichen). 1928 wurde die Schotterreinigung mittels einer Maschine, entwickelt von August Scheuchzer, mechanisiert. 1934 wurde die erste Krampmaschine eingesetzt.

diesen Anforderungen zu genügen, musste sogar der Aufbereitungsprozess für felsgebrochene Hartgesteine verbessert werden, damit ungeeignete Anteile, die jedes Gesteinsvorkommen begleiten, eliminiert bzw. in minderwertigen Produkten angereichert werden können.

Die Anwendung felsgebrochener Hartgesteine hat folgende ökonomische und ökologische Vorteile:

- Hartsplitte im Belagsbau: Die Spurrinnenbildung bei Tragschichten mit gebrochenen Materialien wird gegenüber Rundmaterial um 54 % reduziert<sup>2</sup>. Die Lebensdauer bezüglich Abnützbarkeit bei Verwendung von gebrochenen Hartgesteinen für Deckschichten wird verdoppelt.
- Hartschotter im Gleisbau: Verwitterungsbeständigkeit und Beständigkeit gegenüber dynamischer Beanspruchung verlängern die Lebensdauer des Oberbaus. Kornform, Kornkantigkeit und Korngrößenverteilung von Brechsotter verbessern, bedingt durch gute Schereigenschaften, die Stabilität in Querrichtung, erlauben eine optimale Entwässerung des Oberbaus und eine gute Lastverteilung auf das Planum.
- Gebrochene Hartgesteine als Koffermaterial ergeben im Vergleich zu Rundmaterial eine bessere Tragfähigkeit und die Schichtmächtigkeit kann um ca. 30 % reduziert werden.
- Mischkörnungen aus gebrochenen Materialien sind ein hochwertiger Ersatz für alluviale Kiese, auch als Betonzuschlag (höhere Druck- und Biegezugfestigkeiten)<sup>3</sup>.

### **1.3 Heutiger, jährlicher Bedarf an felsgebrochenen Hartgesteinen im Vergleich zu anderen mineralischen Zuschlagstoffen**

		Mio. Tonnen
<b>Lockergesteine</b>	alluviale Kiese	12
	fluvioglaziale Kiese (Hoch-, Niederterrassen, Sander, Drummlins)	16
	glaziale Kiese (Moräne)	2
	Gehängeschutt, Bachschutt, Bergsturzmaterial	5
	<b>Fels</b>	Nagelfluh, aufbereitet
	mittelharte Gesteine, felsgebrochen	1
	Hartgesteine, felsgebrochen	2.5
<b>Sekundärbaustoffe</b>	Tunnelausbruch	
	Recyclingmaterial	ca. 1.5

Die Sekundärbaustoffe betragen 4.1 % des Gesamtbedarfs mineralischer Zuschlagstoffe. Bis 2010 wird eine Zunahme auf 8.8 % angenommen. Eine Studie

<sup>2</sup> EISENMANN (1989) "Untersuchung des Einflusses der Brechkornzusätze in bituminösen Tragschichten auf die Spurrinnenbildung".-Forschungsbericht Nr. 7.130 G 86 K, TU München, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln. Veröffentlicht in der Schriftreihe "Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik", Heft 577 (1990), herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bonn.

FENZ, G. GREGORI, H. u.a. (1991): "Prüfung des Verformungsverhaltens von Rund-, Kant- und Brechkörnungen im Spurrinntest.- Schriftreihe "Strassenforschung" Heft 390, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.

<sup>3</sup> JÄCHLI, H. & SCHINDLER, C. (1986).

von G. PAHL (1998) postuliert eine Zunahme auf 15 % im Jahr 2040. Sekundärbaustoffe sind für hochwertige Anwendungen (Deckschichten im Belagsbau, Bahnschotter) ungeeignet.

#### 1.4 Absatzzahlen

Der Brechvorgang erlaubt die Herstellung von maximal 20 bis 40 % Bahnschotter. Früher wurde die Produktion eines Werkes auf den Bahnschotterbedarf abgestimmt, was heute kaum mehr möglich ist, da der Splittbedarf angestiegen ist. Die Produktionsleistung schweizerischer Werke liegt für Bahnschotter zwischen 100 und 1'200 Tonnen pro Tag (im Mittel 400 Tonnen), wobei die Verladekapazität für Bahnschotter 300 bis 2'000 Tonnen pro Tag beträgt. Die jährliche Produktionsmenge der Werke variiert von 100'000 bis 400'000 Tonnen.

Die Absatzzahlen beruhen auf den statistischen Erhebungen, die durch den Verband schweizerischer Hartsteinbrüche jährlich bei den 12 Mitgliedfirmen (bzw. 11 produzierenden Werken) durchführt. Die Absatzzahlen entsprechen 90 bis 95 % des inländischen Bedarfs. Die restliche Produktion erfolgt durch ein Walliserwerk (Felssturzmateriale), ein Steinbruch im Kt. St. Gallen (schlecht erschlossene Abbaustelle im Kieselkalk) und durch zwei Werke im Graubünden (Kieselkalkvorkommen geringer Mächtigkeit und lokaler Bedeutung).

Der Import von felsgebrochenen Hartgesteinen (aus Oberitalien Porphyre wechselnder Qualität, aus dem Schwarzwald granitische Gesteine, z.T. nur mittelhart da stark serizitisiert oder vertont und aus den Vogesen ein Porphyr) dürfte bei 150'000 bis 200'000 Tonnen liegen.

Exporte von schweizerischen Werken (aus dem Rheintal) erfolgten in den Jahren 1926 bis 1931 (> 400'000 Tonnen) nach Deutschland und Österreich<sup>4</sup>. Die hohen Produktionskosten (Planung, Abbaukonditionen, lokal begrenzte Gesteinsvorkommen, Produktionsmengen, verkehrstechnische Erschliessung, Umweltauflagen) verunmöglichen heute Exporte.

Im Jahr 2000 wurde bei den Mitgliedfirmen VSH (Verband schweizerischer Hartsteinbrüche) durch die Geschäftsstelle eine Umfrage zur Verwendung der felsgebrochenen Hartmaterialien gemacht:

Angaben in % der Gesamtproduktion	Durchschnitt	Variation
Bahnbau (Schotter und andere Körnungen)	26	3 bis 50
Belagsbau (Deckschichten, inkl. Oberflächenbehandlung)	19	5 bis 35
Belagsbau (übrige Anwendungen, insbesondere HMT)	21	5 bis 35
Strassenbau (ungebundene Deckschichten, Koffermaterialien)	27	3 bis 50
Zuschlagstoffe für Beton	7	0 bis 14

Die Variationsbreite zeigt, dass die Anwendungsarten je nach Lage des Werkes sehr unterschiedlich sind.

<sup>4</sup> Nach der grossen Überschwemmungskatastrophe vom 31. Januar/1. Februar 1953 in Holland spendeten einige Hartschotterwerke 300 Tonnen und weitere Natursteinproduzenten rund 700 Tonnen formwilde Blöcke, die vom Roten Kreuz per Schiff zur Insel Zeeland transportiert wurden.

Im Durchschnitt ist die Transportdistanz zur nächsten Mischgutanlage 11 km (Variation von 0 bis 40 km) und zum nächsten Betonwerk 5.5 km (Variation 0 bis 9 km).

Die Transportdistanzen vom Steinbruch zum Verwendungsort betragen für die einzelnen Materialien (Angabe in % der einzelnen Materialklassen) durchschnittlich:

	< 10 km	10-50 km	50-100 km	100-200 km	> 200 km
Bahnschotter	20	34	34	11	1
Belagsbau	16	51	24	7	2
Koffermaterialien	44	46	9	1	0
Andere Produkte	22	43	19	4	0

Diese Zahlen veranschaulichen, dass die heute noch in Betrieb stehenden Hartsteinbrüche bezüglich Transportdistanz optimal verteilt sind. Bahnschotter und Splitte im Belagsbau (insbesondere für hochwertige H- und S-Beläge) aber auch formwilde Blöcke als Erosionsschutz im Wasserbau werden im Allgemeinen in entferntere Gebiete transportiert als Koffermaterialien, für die Ersatzprodukte bestehen.

Die Vergangenheit zeigte, dass die Absatzzahlen der schweizerischen Hartsteinbrüche konjunkturell abhängig sind und hauptsächlich vom Investitionsvolumen der öffentlichen Hand für Strassen- und Bahnbau beeinflusst werden, das heisst, dass der Markt vom Bahnschotterbedarf und vom Bedarf von Zuschlagstoffen für bituminöse Deckschichten abhängt.

	ANZAHL WERKE	ABSATZ WERKE VSH [Tonnen]	ZU- ODER ABNAHME [%] GEGENÜBER VORJAHR	ANZAHL BESCHÄFTIGTE
1931	21	<sup>5</sup> 758'626		1300
1932		712'565	-6.1	
1933		602'749	-15.4	
1934	24	528'335	-12.2	
1935		483'820	-8.5	
1940		500'000		
1945		550'000		
1950	27	600'000		
1980		1'216'000		
1983	21			
1993		1'722'076		
1994		2'027'763	+17.6	
1995		2'208'126	+8.9	
1996		1'946'538	-2.1	
1997		2'040'805	+4.8	
1998		1'942'443	-4.8	
1999		2'009'212	+3.3	
2000	11	<sup>6</sup> 2'335'520	+ 11.6	183
2001	11	2'296'422	-1.7	
2002	11	2'390'221	+4.1	
2003	10	2'324'341	-2.8	

<sup>5</sup> ca. 80% der Gesamtproduktion.

<sup>6</sup> ca. 90 bis 95% des inländischen Bedarfs.

Die Zahlen zeigen eine deutliche Tendenz der Zunahme. Nach Produktgruppen gegliedert ergibt sich folgende Zusammenstellung:

PRODUKTE	ANTEIL AM GESAMTABSATZ [in %]										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Schotter total	32.8	27.1	26.0	25.7	25.9	28.7	25.8	23.8	21.6	24.9	26.9
Schotter SBB	26.7	21.1	18.6	19.7	17.9	22.2	20.1	17.4	15.8	20.1	21.5
Splitte	26.9	26.7	26.2	30.1	29.8	26.4	26.7	28.0	27.5	27.6	25.5
Brechsand	9.7	9.3	8.8	13.2	13.2	12.4	16.3	14.0	13.1	11.4	11.9
Koffer- /Planiematerial	27.7	32.0	32.7	26.5	26.1	28.4	26.8	28.9	31.3	31.2	30.6

ABSATZ [in Tonnen]		1993	1994	1995	1996	1997	1998
Schotter	SBB	459'915	426'065	410'029	384'457	366'264	431'101
	Privatbahnen	72'914	87'336	131'569	104'483	102'736	90'099
	andere Körnung	32'235	38'035	32'933	11'804	58'803	25'329
Splitt	16/22	45'001	60'648	79'993	69'664	64'830	49'964
	11/16	68'979	62'706	84'138	90'144	80'581	75'156
	6/11	155'548	203'946	189'944	188'415	229'654	237'105
	3/6	94'738	125'347	137'186	141'793	145'348	124'927
	andere Körnung	98'121	87'869	87'779	95'373	87'817	25'000
Brechsand	0.1/3	59'241	36'134	103'718	70'107	76'962	82'396
	0/3	107'572	153'282	90'582	187'098	193'026	159'051
Filler		4'419	9'369	25'269	20'132	22'904	20'609
Vorlagesteine		44'297	87'823	75'575	62'672	68'406	54'876
Kiessand SBB		35'162	36'107	53'242	36'684	50'239	39'718
Koffer-/Planiematerial 0/X		442'328	612'178	667'822	478'308	482'306	512'251
Mauer- und Pflastersteine		1'606	882	38'347	5'404	10'929	4'861
TOTAL		1'722'076	2'027'763	2'208'126	1'946'538	2'040'805	1'942'443

ABSATZ [in Tonnen]		1999	2000*	2001	2002	2003	2004
Schotter	SBB	404'151	406'120	353'024	487'247	499'304	
	Privatbahnen	85'940	106'620	121'892	92'009	90'645	
	andere Körnung	27'878	43'310	20'190	25'318	35'370	
Splitt	16/22	54'472	91'020	98'756	96'570	54'506	
	11/16	71'878	86'540	76'784	64'237	68'572	
	6/11	230'210	228'150	206'860	211'497	226'548	
	3/6	127'044	140'690	145'976	158'189	150'396	
	andere Körnung	53'123	106'700	103'584	138'362	92'943	
Brechsand	0.1/3	92'849	109'090	103'292	79'320	69'773	
	0/3	152'846	219'730	197'177	161'648	207'585	
Filler		80'779	24'520	26'036	25'794	27'880	
Vorlagesteine		57'174	78'200	91'128	76'538	81'070	
Kiessand SBB		51'304	57'310	45'690	31'210	20'642	
Koffer-/Planiematerial 0/X		488'014	618'150	672'400	725'342	691'618	
Mauer- und Pflastersteine		4'094	19'370	33'633	16'940	7'490	
TOTAL		2'009'212	2'335'520	2'269'422	2'390'221	2'324'362	

\* korrigierte Zahlen (berücksichtigt, dass 2 Mitglieder die Produktion einstellen mussten, und dass ein Werk dem Verband beigetreten ist).

1.5. Bedarfszahlen Bahnbau

Jahr	Werke VSH				Bezüge SBB Werke VSH & Aussenseiter			
	Schotterab- satz Total	Bahn- schotter	Andere Ver- braucher	Teer- Schotter	Kreis I (west- schweiz)	Kreis II (Zentral- schweiz)	Kreis III (Ost- schweiz)	Total SBB
1931	758'626	<b>405'233</b>	314'789	38'604				
1932	712'565	<b>313'530</b>	365'785	33'250				
1933	602'749	<b>275'402</b>	309'191	18'156				
1934	528'332	<b>243'018</b>	258'479	26'209				
1935	483'821	<b>228'659</b>	245'142	10'019	107'076	94'560	90'211	<b>291'847</b>
1936	485'739	<b>288'071</b>	189'333	8'335	142'641	90'170	118'162	<b>350'973</b>
1937	541'627	<b>293'510</b>	239'325	8'792	126'321	115'300	98'581	<b>340'202</b>
1938	549'308	<b>328'318</b>	211'910	9'080	133'694	115'500	119'927	<b>369'121</b>
1939	511'154	<b>291'088</b>	208'331	11'735	114'996	118'510	105'348	<b>338'854</b>
1940	500'954	<b>334'353</b>	159'996	6'605	145'134	109'890	109'118	<b>364'142</b>
1941	588'634	<b>392'304</b>	192'665	3'665	164'042	166'828	117'945	<b>448'815</b>
1942	600'455	<b>421'864</b>	175'923	2'668	146'987	176'500	114'400	<b>437'887</b>
1943	631'009	<b>429'841</b>	191'302	9'866	137'800	160'916	171'034	<b>469'750</b>
1944	552'739	<b>445'356</b>	102'934	4'449	159'598	175'935	126'905	<b>462'438</b>
1945	538'843	<b>433'113</b>	99'484	6'246	116'486	179'506	130'112	<b>426'104</b>
1946	603'660	<b>417'653</b>	182'033	3'973	95'395	172'789	151'520	<b>419'704</b>
1947	647'917	<b>415'020</b>	228'212	4'692	87'612	176'703	128'023	<b>392'338</b>
1948	720'283	<b>487'555</b>	229'556	3'172	129'871	177'941	183'895	<b>491'707</b>
1949	655'437	<b>392'434</b>	260'886	2'117	112'913	172'236	152'251	<b>437'400</b>
1950	595'896	<b>363'954</b>	228'845	3'097	92'672	156'685	148'913	<b>398'270</b>
1951	644'635	<b>319'825</b>	322'543	2'267	78'635	127'960	146'373	<b>352'968</b>
1952	606'281	<b>280'079</b>	319'073	7'129	86'500	123'457	113'515	<b>323'472</b>
1953	533'569	<b>311'665</b>	212'661	9'243	98'000	130'255	135'447	<b>363'702</b>
1954	587'191	<b>321'631</b>	256'459	9'101	105'000	144'459	117'581	<b>367'040</b>
1955	558'114	<b>272'015</b>	286'099	0	97'200	131'369	93'544	<b>322'113</b>
1956		<b>328'937</b>						

	Bedarf SBB	Inlandbezüge	Auslandbezüge	Preis [SFr.] *
1951	322'543			9.73
1959	420'000			13.40
1979	495'000			25.45
1980	466'369			25.89
1981	489'518			26.93
1982	432'743			28.31
1983	456'796			28.48
1984	461'313	435'809	25'504	25.72
1985	399'132	374'364	24'768	26.21
1986	445'025	420'898	24'127	26.70
1987	443'362	417'134	26'228	26.46
1988	484'647	455'748	28'899	26.79
1989	562'786	514'647	48'139	26.92
1990	501'927	458'967	42'960	28.16
1991	454'947	439'633	15'314	30.02
1992	520'049	480'146	39'903	30.93
1993	555'103	504'265	48'119	30.83
1994	559'188	482'948	76'240	30.59
1995	515'949	439'984	75'965	28.29
1996	485'770	399'675	86'095	29.09
1997	429'753	370'016	59'737	29.35
1998	553'000	483'700	69'300	29.33
1999	573'742	548'982	24'760	29.16
2000	556'000	521'000	35'000	28.39
2001	505'000	505'000	0	28.44
2002	486'147	487'247	0	28.48
2003	585'959	499'304	?	28.52

\* Preise exkl. WUST bzw. MWST

Die Bedarfszahlen SBB sind sehr konstant mit leicht steigender Tendenz. Auf Grund der Einbaukapazitäten sowie Sparmassnahmen wurden in den letzten Jahren auch bei grösseren Neubauten kaum merklich mehr Schotter bezogen. In den nächsten zwei Jahren wird wegen der Grossbaustelle der Bahn 2000 mit Bedarfszahlen von 650'000 bis 700'000 Tonnen gerechnet, wobei nicht auszuschliessen ist, dass ein Teil des Mehrbedarfs mit Import-Schotter gedeckt wird.

Seit 1998 beziehen die SBB nur noch gebrochenes Material als Kiessand SBB (jährlich 60'000 bis 80'000 Tonnen). Beim Abfassen der neuen SBB-Vorschriften für Unterbau und Schotter (Neubau und Erneuerung) R 211.1-01.11.1997 wurde berücksichtigt, dass mit gebrochenen Materialien bei geringerer Schichtstärke eine höhere Tragfähigkeit erreicht wird.

## 1.6 Bedarfszahlen Strassenbau

Bis 1922 wurden hauptsächlich die Körnungen 0/15, 5/15, 15/30, 30/40 und 40/60 mm verwendet. Dazu kamen später die Körnungen 3/6, 5/10, 10/18 und 30/50 mm.

Die Bevorzugung einzelner Körnungen erforderte eine Anpassung der Brech- und Sortiervorgänge. Heute werden im Strassenbau vorwiegend die Körnungen 3/6, 6/11, 11/16 und 16/22 mm verwendet. Eine Änderung folgt durch Einführung der EN Normen per 1. Januar 2004 (0/2 und 2/4 beziehungsweise Mischkörnung 0/4, 4/8, 8/11 und 11/16 beziehungsweise Mischung 8/16, 16/22 und 22/32 beziehungsweise 16/32 mm).

Ein Belag besteht durchschnittlich zu 94 % aus mineralischen Zuschlagstoffen. Ausgehend von diesen Angaben kann folgender Bedarf an Filler, Sand und Splitt für die Erneuerung der Deckschichten errechnet werden:

	Deckbeläge		
	Autobahn <sup>7</sup>	Kantonsstrassen	Gemeindestrassen
Strassenlänge [km]	1'650	19'000	50'000
Strassenbreite [m]	20	7	4
Unterhaltsintervalle [Jahre]	15	20	35
Belagsdicke [cm]	4	4	3
Bedarf Belag [m <sup>3</sup> /Jahr]	88'000	266'000	171'429
Bedarf mineralischer Zuschlagstoffe [t/Jahr]	207'000	625'000	403'000

Somit resultiert für die bituminösen Deckschichten, wo ausschliesslich felsgebrochene Hartgesteine wünschenswert wären, ein Bedarf an mineralischen Zuschlagstoffen von 1'235'000 Tonnen/Jahr.

In den letzten Jahren wurden von den schweizerischen Hartsteinbrüchen für den Belagsbau rund 400'000 Tonnen/Jahr (Deckschichten, Oberflächenbehandlung) und dieselbe Menge für Tragschichten geliefert. Rund 500'000 Tonnen/Jahr wurden als Koffermaterial im Strassenbau oder als Verschleiss- und Tragschichten von Naturstrassen verwendet.

### 1.7 Bedarfszahlen übrige Anwendungen

Als Zuschlagstoffe für die **Betonherstellung** werden felsgebrochene Hartgesteine (100'000 bis 200'000 Tonnen/Jahr) für spezielle Anwendungen eingesetzt. Insbesondere wenn eine hohe Biegezugfestigkeit, eine extreme Frost-Tausalz-Beständigkeit oder ein rasches Ausschalen gefordert werden, werden felsgebrochene Gesteine bevorzugt. Teilweise beziehen Betonwerke bei den Hartsteinbrüchen nur einzelne Kornklassen, die beim Kiesabbau in zu geringer Menge anfallen.

Der Bedarf formwilder, erosionsresistenter Blöcke im **Wasserbau** liegt bei 40'000 bis 90'000 Tonnen/Jahr.

<sup>7</sup> davon ca. 10% Betonbeläge.

**Filler** aus Hartgesteinen wird im Belagsbau auch zur Aussteifung verwendet. Ein Teil des Fillers fällt in den Entstaubungsanlagen an. Zwei Werke produzieren zusätzlich Filler, durch mahlen gröberer Komponenten.

Spezielle Anwendungen (Materialbedarf gering):

- Für eine spezielle, kunstharzgebundene Anwendung als hochwertiger Ersatz des umweltbelastenden Graugusses (Maschinenfundamente) ist hauptsächlich der Kieselkalk, wegen seiner dichten Oberfläche, hohen Elastizität und guten Haftung, geeignet.
- Quarzreicher Hartgesteinsfiller wird zu Düngzwecken und im Biogemüsebau zur Bekämpfung von Pilzkrankungen verwendet.
- Hartgesteinsfiller findet seine Anwendung auch bei industriellen Prozessen.
- Splitte für den Winterdienst.

## 1.8 Zukünftiger Markt

Mineralische Rohstoffe und damit auch felsgebrochene Hartgesteine sind Massengüter ("Commodities") mit geringer Wertschöpfung. In den letzten Jahren sank der Transportkostenanteil stetig, was den Markt veränderte. Das heutige ökologisch geprägte Umdenken wird die Transporte mittel- bis langfristig verteuern. Die Mangelsituation bezüglich Beton-Zuschlagstoffe wird sich europaweit zuspitzen (SCHENKER, 2000). Mineralische Rohstoffe sind nur begrenzt durch Recyclingprodukte oder nicht mineralische Baustoffe ersetzbar. SCHWARZ (1983) kam in seiner Dissertation "Die Steinbrüche in der Schweiz" zum Schluss: "Auf Hartgesteinsprodukte wie Bahnschotter und Splitt kann noch auf weite Sicht hinaus nicht verzichtet werden, weil es an gleichwertigen Ersatzprodukten mangelt". Insgesamt wird mit einer Steigerung des Bedarfs an mineralischen Rohstoffen um 11.5 % bis ins Jahr 2010 gerechnet<sup>8</sup>.

### 1.8.1 **Bahnbau**

#### • **Unterhalt und Erneuerung**

Die SBB waren stets bemüht, nicht nur die Betriebssicherheit aufrecht zu erhalten, sondern eine wirtschaftliche Erneuerungspolitik zu betreiben und die Lebensdauer der Gleisanlagen zu verlängern<sup>9</sup>. Eine stetige Erhöhung der Beanspruchung des Materials (Zunahme Geschwindigkeit, Verkehrsdichte<sup>10</sup> und Last) sowie eine stetige Steigerung der Anforderungen an die Gleisanlagen (Betriebssicherheit, Fahrkomfort) prägten die Entwicklung<sup>11</sup>. Durch erhöhte Anforderungen an den Untergrund wurde die Regeldicke des Schotterbetts von 40 cm in der

<sup>8</sup> Technische Universität München (2002)

<sup>9</sup> Kostenaufwand der SBB für Schotterankauf 1926 bis 1946: 520 Mio. Fr., 1979: 12.6 Mio. Fr., heute ca. 15 Mio. Fr./Jahr. Von den Gesamtkosten (1979: 200 Mio. Fr.) der Gleisarbeiten entfallen rund  $\frac{1}{3}$  auf Unterhalt und  $\frac{2}{3}$  auf Erneuerung.

<sup>10</sup> Zunahme Gesamtverkehr von 1959 bis 1979: 42%, Zugsdichte + 25%.

<sup>11</sup> Die erste Lokomotive von Stephenson hatte ein Gesamtgewicht von 4.3 Tonnen (mittlere Geschwindigkeit: 25 km/h) und rund hundert Jahre später (ca. 1956) waren die Lokomotiven rund 100 Tonnen mit Geschwindigkeiten über 100 km/h.

Schwellenmitte und 50 cm an den Schwellenenden (BOSS, 1947) je nach Gleisgruppe auf 35 bis 20 cm verringert<sup>12</sup>.

Ein Laufmeter Gleis erfordert je nach Oberbau zwischen 1.9 (einfache Spur) und 2.4 (Doppelspur) Tonnen Schotter.

Eine Hochrechnung für den **Bedarf von Bahnschotter zur Erneuerung** (Intervall: 30 Jahre für Einspur, 20 Jahre für Doppelspur) des Bahnnetzes (Gesamtlänge 5030 km, davon 60 % oder 3'018 km Einspur und 40 % oder 2'012 km Doppelspur) ergibt **496'000 Tonnen/Jahr** (durchschnittliche Mächtigkeit Schotterbett 0.3 Meter, Raumgewicht Schotter 1.55 t/m<sup>3</sup>).

Die Bezüge von Schotter I (ausschliesslich Hartgesteine) und Schotter II (harte und mittelharte Gesteine) sowie Schotter III (mittelharte Gesteine und Recycling-Material) zeigen die deutliche Tendenz zur Qualitätssteigerung:

Bezüge in Tonnen	Schotter I	Schotter II	Schotter III
1993	417'711	134'673	2'719
1994	454'259	103'460	1'469
1995	439'730	57'376	10'195
1996	426'186	44'711	14'873
1997	372'554	40'707	16'492
1998	480'800	61'200	11'000
1999	504'750	44'232	24'760
2000	510'000	46'000	0
2001	470'000	35'000	0
2002	457'422	28'725	0
2003	558'147	27'812	0

Ist ein SBB-Lieferant nicht lieferfähig (technische Probleme, Qualitätsfähigkeit, höhere Gewalt) ergeben sich schon heute für die SBB schwer lösbare Probleme mit grossen wirtschaftlichen Folgen.

In Zukunft planen die SBB, ihr Wissen, ihre Logistik und Infrastruktur auch Dritten anzubieten und als Wiederverkäufer von Bahnschotter aufzutreten.

- **Neubaustrecken**

Literatur: Merz, P. (1993)

1981 wurde die Neubaustrecke Paris-Lyon, die Geschwindigkeiten von 260 km/h erlaubt, eröffnet. "Hochgeschwindigkeitsverkehr" (>200 km/h) ist seither das Thema in den verkehrspolitischen Diskussionen um die Bahnzukunft Europas. Dies bedingt weitgehend Neubaustrecken, teilweise Ausbaustrecken (200-225 km/h) und Ergänzungsstrecken (<200 km/h). Das vom internationalen Eisenbahnverband (UIC) in Abstimmung mit der EG erarbeitete "Längerfristiges Leitschema für ein europäisches Hochgeschwindigkeitsnetz" umfasst im Bereich Westeuropas ein Netz von 23'000 km (davon 12'000 km Neubaustrecken), für Gesamteuropa (ohne die ehemalige UdSSR) 35'000 km (davon Neubaustrecken: 20'000 km). Bis Ende 1993 waren 2'216 km des europäischen Hochgeschwindigkeits-Bahnnetzes erstellt, bis 2002 sollen es über 6'000 km sein. In der Schweiz sind neben der NEAT verschiedene Aus- und Neubautappen der Bahn 2000 geplant oder im Bau:

<sup>12</sup> Gleisgruppe 1: > 160 km/h: 35cm, <160 km/h: 30 cm, Gleisgruppe 2: 30 cm, Gleisgruppe 3: 20 cm.

Westschweiz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Drittes Gleis Genève-Coppet</li> <li>– Ausbau Raum Morges und Lausanne</li> <li>– Durchgehende Doppelspur am Neuenburgersee</li> <li>– Ausbau Raum Biel</li> <li>– Teilausbau Neubaustrecke Freiburgerland (Tunnel Vauderens)</li> </ul>
Mittelland	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Teilausbau Neubaustrecke Muttenz-Olten (nur Adlertunnel Muttenz-Liestal)</li> <li>– Ausbau Raum Basel</li> <li>– Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist mit Teilausbau Solothurn-Inkwil (Süd Plus)</li> <li>– Ausbau Raum Bern</li> <li>– Ausbau Raum Olten</li> <li>– Neue Doppelspur Aarau-Rapperswil</li> <li>– Ausbau Raum Lenzburg</li> </ul>
Zentralschweiz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausbau Raum Luzern</li> <li>– Doppelspurabschnitte Luzern-Zug</li> </ul>
Ostschweiz	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Doppelspurausbau Bad Ragaz-Landquart</li> <li>– Neue Doppelspur Zürich-Thalwil, Fortsetzung bis Littli gemäss Alp Transit-Beschluss</li> <li>– Ausbau Raum Zürich inkl. neue Doppelspur Killwangen-Dietikon</li> <li>– Ausbau Raum Winterthur-Effretikon</li> <li>– Doppelspur Mörschwil-Goldach</li> </ul>

Die 45 km lange Neubaustrecke Mattstetten-Rothrist erfordert 263'000 Tonnen Bahnschotter, die 2002 und 2003 eingebaut werden.

- **Schotterlose Gleisanlagen**

Literatur: HILLIGES, D. (1988), SBB (1997)

Feste Fahrbahn-Konstruktionen werden oft in Zusammenhang mit hohen Geschwindigkeiten oder hoher Achslast diskutiert. Dabei werden hohe Erstellungskosten, verminderte Freizügigkeit bei planmässigen Änderungen oder bei setzungsbedingten Korrekturen in Kauf genommen. In Deutschland wurden seit 1963 25 Abschnitte mit fester Fahrbahn (ca. 20 km) in verschiedenen Bauweisen eingebaut. Die Ergebnisse sind unterschiedlich und abhängig von den Bedingungen die der Anwender für den Einsatz stellt sowie von den Kriterien der Beurteilung.

Die SBB-Vorschriften für Neubau und Erneuerung verlangen für schotterlosen Oberbau grundsätzlich, während der gesamten Nutzungsdauer, einen stabil bleibenden Unterbau. Falls Deformationen auftreten, dürfen diese während der Nutzungsdauer ein bestimmtes Grenzmass, das von der Oberbaukonstruktion abhängt, nicht überschreiten. Im Gegensatz zur Schotterfahrbahn bestehen nur geringe Korrekturmöglichkeiten am Gleis. Der Unterbau ist so steif, so homogen und so gleichmässig wie möglich zu erstellen. Bei Deformationsrisiken, in quellfähigem Gestein, in Bodensenkungsgebieten oder setzungsgefährdeten

Böden ist auf eine schotterlose Fahrbahn zu verzichten. Bedingt durch die quartäre und alluviale Überprägung, aber auch als Folge des ausgeprägten Reliefs mit instabilen Hängen sind in der Schweiz setzungsempfindliche Baugründe prägend, so dass schotterlose Gleisanlagen praktisch nur bei Felsuntergrund Anwendung finden. Zudem haben bisherige Erfahrungen gezeigt, dass feste Fahrbahnen in ihren unterschiedlichen Bauformen eine schallabsorbierende Abdeckung oder eine elastische Lagerung erfordern, um nur annähernd ähnliche Luftschallwerte wie beim Schotteroberbau zu erreichen.

Eine starre, zementstabilisierte Foundationsschicht, die 1981 auf der Bornlinie (Olten-Rothrist) aus Kostengründen auf einer Strecke von 1 km eingebaut wurde, hat sich nicht bewährt und wurde nach einer auf 15 % der erwarteten Nutzungsdauer reduzierten Zeit, d.h. nach rund 10 Jahren saniert und durch eine flexible Foundation ersetzt (SCHMUTZ, OBERHÄNSLI; HOHL, 1995).

Dennoch sind schotterlose Gleisanlagen immer wieder ein Thema<sup>13</sup> und werden gegenwärtig von einem neugegründeten Konsortium (Swiss Track Systems) angeboten. Die SBB planen in zwei Jahren im Raum Zürich eine 2 Kilometer lange, schotterlose Versuchsstrecke zu realisieren. Sollte sich die postulierte, neue Bauweise wirtschaftlich und technisch auch im Langzeitverhalten bewähren, könnte diese Bauweise angesichts der schweizerischen Baugrundverhältnisse maximal bei 10 % des Schienennetzes Anwendung finden. Neotektonische Bewegungen, die in der Schweiz als Folge der alpinen Orogenese jährliche Vertikalbewegungen im mm-Bereich bewirken, dürften jedoch auch bei besten Baugrundverhältnissen für feste Fahrbahnen schon kurzfristig negative Auswirkungen zeigen.

## 1.8.2 Strassenbau

Die Anzahl Fahrzeuge in der Schweiz betrug 1910 rund 7'000 Stück, 1920 22'000 und 1930 130'000 Stück<sup>14</sup>.

1950 waren 147'000 Personenwagen in der Schweiz immatrikuliert (31 PW/1000 Einwohner und Einwohnerinnen), 1970 1.4 Mio. Personenwagen (221PW/1000 Einwohner und Einwohnerinnen) und 1989 2.9 Mio. Personenwagen (431 PW/1000 Einwohner und Einwohnerinnen).

Schon 1932 waren 90 % der Kantonsstrassen in bituminöser Bauweise ausgeführt. Die Länge der Kantonsstrassen hat sich von 1951 (9'606 km) bis 2001 (19'000 km) rund verdoppelt. Zusätzlich wurden 1'650 km Autobahnen erstellt. Das Netz der Gemeindestrassen umfasste 2001 rund 50'000 km.

Gemäss FRITZ, H. W. (1997) sind unsere Strassen heute landesweit in einem signifikant schlechteren Zustand, als gleich belastete Strassen gleichen Alters vor zehn Jahren. 70 % der Nationalstrassen haben ein Alter von 20 Jahren oder mehr. Durch rechtzeitigen minimalen baulichen Unterhalt (Ersatz der Deckschicht nach rund 15 Jahren) lässt sich die Gebrauchsdauer auf 30 Jahre erstrecken. Die extrem stark beanspruchten Strassenabschnitte in der Schweiz weisen heute tägliche äquivalente Verkehrslasten TF von etwa 5000 auf. Die Mobilität (öffentlicher und privater Verkehr) ist weltweit zunehmend.

<sup>13</sup> JÄGGI, W. (2002): Schienen, Schwellen, Schotter und Asphalt.- Tages-Anzeiger vom 7. Mai 2002

<sup>14</sup> HERTIG, H. (1936) „Der neuzeitliche Ausbau unserer Strassen“.-Manuskript Vortrag.

Verschiedene Untersuchungen im Geologischen Gutachtenbüro Gerber zur Ursache von Schadenfällen zeigten, dass eine Erhöhung des Anteils Hartgesteine die Qualität von Deckschichten beachtlich erhöht. An Bohrkernen der Deckschicht einer mit hohem Tempo befahrener Autobahnauffahrt im Raume Zürich wurden 54 % Kieselkalk, 19 % harte Sandkalke und Sandsteine sowie 27 % mittelharte Kalke bestimmt. Eine vorgängige Untersuchung an derselben Probe ergab, dass von den stark polierten Körnern 24 % dem Kieselkalk, 10 % den Sandkalken und Sandsteinen sowie 66 % den mittelharten Kalken zuzuordnen waren. Fachleute sind sich einig, dass bei starker Beanspruchung von Belägen nur felsgebrochene Hartgesteine verwendet werden sollten und der Anteil harter Körner so hoch als möglich sein sollte. Inwiefern diese Erkenntnis die neuen, CEN-kompatiblen, Normen beeinflussen wird, ist noch offen. Unabhängig von den Normen werden die Bauherren den Markt Richtung Qualitätssteigerung beeinflussen. Die letzten Jahre zeigten, dass bei gleichbleibenden, normierten Qualitätsanforderungen, der Bedarf an felsgebrochenen Hartgesteinen im Belagsbau stetig zunahm.

Schon PARTL + FRITZ (1993) gelangten in ihrer Studie „Asphaltbetonfahrbahnen für starke Verkehrsbeanspruchung“ zum Schluss, dass die Hauptursachen für bleibende Deformationen in der ungenügenden Standfestigkeit einzelner oder mehrerer Schichten, vor allem der Verschleiss-, Ausgleichs- und oberen, teils auch unteren Heissmischtragschicht liegen. Der Anteil gebrochener Mineralkörner spielt dabei eine wichtige Rolle.

Eine Beurteilung des Langzeitverhaltens von Deckbelägen mittels einer Zustandserfassung erfolgte durch das Tiefbauamt des Kantons Luzern<sup>15</sup>. Die Studie beinhaltete die Zustandserfassung von Deckbelägen (Asphaltbeton AB 10, Teerasphalt TA 10) sowie Spezialbelägen (Splittmastixasphalt SMA, Drainasphalt DRA, Dünnschichtasphalt DAS und Oberflächenbehandlung OB) mit Grubensplitt (Kiesmaterial aus den Napfgebiet und von Weiach mit 82 bis 85 % harten Körnern. Los-Angeles-Koeffizient 16.5 bis 18.3) und felsgebrochenen Splitten (93 bis 95 % harte Körner, Los-Angeles-Koeffizient 10 bis 12). Auf Grund der visuellen Zustandserfassung konnte festgestellt werden, dass für die Qualität von Deck- und Spezialbelägen die Mineralien eine entscheidende Rolle spielen: Bei sämtlichen Deckbelägen mit Grubenmaterial aus der Region Luzerner Hinterland zeigen sich, teilweise schon nach zehn Jahren, Ausmagerungen, Absandungen und Splittausbruchstellen. Die Belagsoberflächen weisen eine offene Struktur auf. Die konventionellen Deckbeläge, wie auch die Spezialbeläge, weisen, mit einer Ausnahme (Splittausbrüche wegen zu grossem Hohlraumgehalt), eine geschlossene und kompakte Oberflächenstruktur auf. Die Expertenkommission gelangte zu folgender Schlussfolgerung: "Die Zustandserfassung der bis zu 25-jährigen Deckbeläge zeigt, dass Deckschichten mit felsgebrochenen Splitten, Brechsanden und Filler in qualitativer Hinsicht sehr gut sind. Die Verwendung dieser Mineralien gewährleisten zusammen mit dem richtigen Bindemittel und einer guten Kornverteilung eine lange Lebensdauer des Belags mit entsprechend minimalen Unterhaltskosten". Es wird festgehalten, dass die Verwendung von felsgebrochenen Hartgesteinen gegenüber gebrochenem Kies keine oder nur unwesentliche Mehrkosten (Fr. 0.00 bis Fr. 0.25 pro m<sup>2</sup>) zur Folge hat. Aufgrund dieser Zustandserfassung und Erfahrungen im Kanton Tessin sowie unter Berücksichtigung

<sup>15</sup> Kanton Luzern, Tiefbauamt, Belagskommission (1997): Felsgebrochene Mineralien für Deckbeläge. Bericht und Antrag der Belagskommission Tiefbauamt des Kantons Luzern.

heutiger Erkenntnis verfasst die Expertenkommission bezüglich Zuschlagstoffe folgende Empfehlung: "Die Anforderungen der VSS-Normen für S-Deckbeläge müssen erfüllt werden. Zusätzlich sind für Deckschicht-, Splittmastixasphalt, Dünnenschichtbeläge und Oberflächenbehandlungen auf Fahrbahnen und Bushaltestellen felsgebrochene Mineralien zu verwenden".

Eine Studie, die in Zusammenarbeit mit dem Verband schweizerischer Hartsteinbrüche durchgeführt wurde, um den zukünftigen Bedarf an felsgebrochenen Hartgesteinen für den Strassenbau zu ermitteln, ergab unter Berücksichtigung der Verwendung von Recycling-Material (Annahme 10 % in Deckschichten, 20 % in der oberen HMT) und bei Anwendung heutiger Erkenntnisse (Verringerung der Spurrinnenbildung bei Verwendung gebrochener Materialien in der oberen Heissmischtragschicht) folgende, geschätzten, jährlichen Bedarfszahlen:

	Tonnen
<hr/>	
Bedarfsermittlung auf Grund der Produktionszahlen für den Belagsbau.	
VSH-Werke: 636'000 Tonnen, Sand: 272'000 Tonnen, Filler: 27'000 Tonnen, Total: 935'000 Tonnen (Annahme: 80 % der Inlandproduktion)	1'169'000
Gebrochenes Rundmaterial (Splitte + Sand)	500'000
Importe (grösstenteils als Belag importiert)	200'000
Total	1'869'000
<hr/>	
Bedarfsermittlung auf Grund des Bitumenverbrauchs	
Bindemittelgehalt: 5 %, Recycling-Material (Annahme 10 % in Deckschichten, 20 % in der oberen HMT)	
Deckschichten	1'300'000
obere HMT	594'000
Total	1'894'000
<hr/>	
Theoretische Bedarfsermittlung	
Erneuerung Nationalstrassen	401'000
Neuanlage 2 km/Jahr (10 cm HMF, 18 cm HMT, 4 cm Deckschicht)	97'000
Unterhalt Kantonsstrassen	1'215'000
Neuanlagen 1 % des Strassennetzes (12 cm Obere HMT und Deckbelag)	391'000
Unterhalt Gemeindestrassen	646'000
Neubau 2 % des Strassennetzes (6 cm HMT, 3 cm Deckbelag)	322'000
Total	3'072'000
<hr/>	

Die Bedarfsermittlung auf Grund der Produktionszahlen von Splitt, Sand sowie Filler und auf Grund des Bitumenverbrauchs stimmen gut überein. Der theoretische Bedarf (unter Berücksichtigung verschärfter Qualitätsanforderungen) liegt rund 60 % höher was auf längere Standzeiten und Vernachlässigung des Unterhalts zurückzuführen ist.

### 1.8.3 Verwendung alternativer Baustoffe (Recyclingmaterial, industrielle Nebenprodukte und Tunnelausbruchmaterial)

Gemäss Richtlinien BUWAL (1997) bestehen für Recyclingbaustoffe folgende Qualitätsanforderungen und Verwendungsmöglichkeiten:

Qualitätsanforderungen	Minimal erforderlicher Anteil	Maximal zulässiger Anteil
Asphaltgranulat	90 % Ausbauasphalt	10 % Kiessand 2 % Betonabbruch oder Mischabbruch 0.3 % Fremdstoffe
Recycling-Kiessand P	95 % Kiessand	4 % Ausbauasphalt 4 % Betonabbruch 1 % Mischabbruch 0.3 % Fremdstoffe
Recycling-Kiessand A	80 % Kiessand	20 % Ausbauasphalt 4 % Betonabbruch 1 % Mischabbruch 0.3 % Fremdstoffe
Recycling-Kiessand B	80 % Kiessand	4 % Ausbauasphalt 20 % Betonabbruch 1 % Mischabbruch 0.3 % Fremdstoffe
Betongranulat	95 % Kiessand oder Betonabbruch	3 % Ausbauasphalt 2 % Mischabbruch 0.3 % Fremdstoffe
Mischabbruchgranulat	97 % Kiessand, Betonabbruch oder Mischabbruch	3 % Ausbauasphalt 1 % Gips 0.3 % Fremdstoffe

Verwendungsmöglichkeiten	Einsatz in loser Form		Einsatz in gebundener Form	
	ohne Deckschicht	mit Deckschicht	hydraulisch	bituminös
Asphaltgranulat	nicht zulässig	zulässig	nicht zulässig	zulässig
Recycling-Kiessand P	zulässig	zulässig	zulässig	zulässig
Recycling-Kiessand A	nicht zulässig	zulässig	nicht zulässig	zulässig
Recycling-Kiessand B	zulässig	zulässig	zulässig	nicht zulässig
Betongranulat	nicht zulässig	zulässig	zulässig	nicht zulässig
Mischabbruchgranulat	nicht zulässig	zulässig	zulässig	nicht zulässig

Folgende Normen legen die Qualitätsanforderungen fest:

Recycling von Bauschutt		
640 740a	Verwertung von Bauschutt, Allgemeines	1998
640 741a	Verwertung von Ausbauasphalt	1998
640 742a	Verwertung von Strassenaufbruch	1998
640 743a	Verwertung von Betonabbruch	1998
640 744a	Verwertung von Mischabbruch	1998

Verwertung von industriellen Nebenprodukten und Glas		
640 746	Verwertung von Altglas (Vornorm)	1994

Für Beläge, Tragschichten und Foundationsschichten, die unter Mitverwendung von Sekundärbaustoffen hergestellt werden, gelten die einschlägigen SN-Normen uneingeschränkt. Um die geforderten Qualitätsanforderungen zu erreichen werden zum Teil felsgebrochene Hartgesteine zugemischt.

Die Substitutionsquote aus Recyclingmaterial (Bauschutt und Strassenaufbruch) wird gemäss Prognose der Technischen Universität München bis 2010 auf 8.8 % steigen. Die bisherigen Erfahrungen im Tunnelbau zeigten, dass im Durchschnitt zwei Drittel der Ausbruchmaterialien Wiederverwendung als Ersatz mineralischer Rohstoffe finden. Bei Verwendung von Tunnelbohrmaschinen wurden Rezepturen entwickelt, um die Materialien als Kiesersatz bei der Betonherstellung zu verwenden<sup>16</sup>. Bei konventionellem Ausbruch wird im Allgemeinen unter Zwang und mit hohen Sprengstoffmengen<sup>17</sup> gesprengt. Mikrorisse in den Gesteinen sind die Folge, was zur Verringerung der mechanischen Festigkeiten und der Frostbeständigkeit führt.

#### 1.8.4 Deckung des zukünftigen Bedarfs durch Importe

Bisher noch bestehende "Handelshemmnisse" in Form unterschiedlicher Qualitätsanforderungen in den verschiedenen Ländern werden mit Eintritt in den Europäischen Binnenmarkt sukzessive an ein einheitliches europäisches Niveau angeglichen (HAHN, 1992). Durch Öffnung des staatlichen Auftragswesens müssen Aufträge mit einem Auftragswert über 5 Mio. Euro (Einzellote 20 % des Gesamtwertes) im Amtsblatt der EG ausgeschrieben werden, was (z.B. im Bereich Bahnschotter) zu neuen Wettbewerbssituationen führt.

In Deutschland werden jährlich rund 3 bis 4.5 Mio. Tonnen Bahnschotter in 55 Steinbrüchen hergestellt, davon in Baden-Württemberg ca. 150'000 Tonnen und in Bayern knapp 600'000 Tonnen.

Schlechte Erfahrungen der SBB mit billigem Importschotter führten zu einem mehrstufig aufgebauten Qualitätssicherungssystem (nach EN ISO 9004). Zum Import von Kleinmengen im Unterhalt fehlen das logistische System und die Kapazität. Umschlagplätze sind deshalb erforderlich, wobei der Umlad (und das dadurch erforderliche Reinigen sowie Absieben des Unterkorns) Importprodukte stark verteuert.

Die schweizerische Hartsteinindustrie verfügt über Lagerstätten hochwertiger Rohstoffe. Für die Produkte besteht Langzeiterfahrung in unserem feucht-kalten, wechselvollen Klima.

**Die Aufbereitungstechnik in der Schweiz ist auf einem hohen Stand. Die Qualitätsfähigkeit bei den heutigen Werken ist gegeben.**

Bezüglich Planung, Ökologie und Umwelt werden in der Schweiz Auflagen erfüllt, die mit der Europäisierung auch in anderen Ländern sukzessive gefordert und dort die Produktion verteuern werden.

<sup>16</sup> THALMANN, C. (1996): Beurteilung und Möglichkeiten der Wiederverwertung von Ausbruchmaterial aus dem maschinellen Tunnelvortrieb zu Betonzuschlagstoffen.- Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 91.

<sup>17</sup> Der Sprengstoffverbrauch im Tunnelbau ist rund zehn Mal höher als der Sprengstoffverbrauch beim Abbau felsgebrochener Gesteine.

Das heutige Submissionswesen basiert hauptsächlich auf dem Preis. Die gegenwärtigen Diskussionen bezüglich Ökologie und Nachhaltigkeit werden schon mittelfristig zu neuen Submissionskriterien führen.

Die Herstellung einer Tonne gebrochener Hartgesteinsprodukte erfordert rund 10 kWh. Dieselbe Energie ist erforderlich für den Transport einer Tonne über 40 km.

Qualität und Qualitätssicherung, Lieferbereitschaft, Lieferdistanzen sowie die Bereitschaft zur Lieferung von Kleinmengen werden Vorteile der schweizerischen Hartsteinbrüche bleiben.

## **1.9 Schlussfolgerungen**

- Der Bedarf an felsgebrochenen Hartgesteinen hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Die Bedarfszahlen zeigen nicht dieselben konjunkturellen Schwankungen wie z. B. der Kies- oder Zementverbrauch.
- Die vermehrte Anwendung von Recycling-Material wird bezüglich dem Bedarf felsgebrochener Hartgesteine kaum grosse Auswirkungen zeigen. Schon heute werden im Belagsbau 10 bis 20 % Recyclingmaterialien wiederverwendet. Dieser Anteil lässt sich aus Qualitätsgründen kaum wesentlich steigern.
- Im Bahnbau werden fast ausschliesslich felsgebrochene Hartgesteine angewendet (gesicherter Bedarf ca. 500'000 Tonnen). Im Belagsbau wäre es aus qualitativer, ökonomischer und ökologischer Sicht wünschenswert, sämtliche Deckschichten mit felsgebrochenen Hartgesteinen zu erstellen (heutiger Bedarf Belagsbau: 1.3 Mio. Tonnen. Theoretische Bedarfsermittlung ca. 3 Mio. Tonnen). Steigendes Qualitätsbewusstsein der Bauherren, Verschärfung der Normen und die Tatsache, dass felsgebrochene Hartgesteine im Vergleich zu minderwertigen Produkten zu konkurrenzfähigen Preisen produziert werden, werden den Markt stark beeinflussen. Die Verknappung hochwertiger Alluvialkiese wird vermehrt zur Verwendung von felsgebrochenen Hartgesteinen führen, was in Gebieten mit beschränkten Kiesabbaumöglichkeiten schon heute der Fall ist.
- Aus ökologischen Erwägungen werden Transportkosten in den nächsten Jahren steigen. Der regionalen Versorgung wird damit grössere Bedeutung erwachsen.
- Um die Lieferbereitschaft für das schweizerische Baugewerbe zu gewährleisten, müssen die Produzenten von felsgebrochenen Hartgesteinen mit einem Anstieg des jährlichen Bedarfs auf 3 Mio. Tonnen in den nächsten 10 Jahren rechnen. Angesichts der langdauernden Abbaubewilligungsverfahren, der hohen Vorinvestitionen und der stets steigenden Kosten für die Rationalisierung sowie Qualitätsverbesserung sollten die abbaubaren Reserven 100 bis 130 Mio. Tonnen betragen.

## 2 Standortgebundenheit

### 2.1 Einleitung

Wo immer Menschen waren, haben sie Spuren hinterlassen. Bleibende Leistungen menschlicher Tätigkeit, aber auch manche Rätsel der Menschheitsgeschichte sind in Stein dokumentiert. So wird Stein zum Zeugnis längst vergangener Zeiten und lässt einstige, primitive wie hochzivilisierte Kulturen aufleben: Der Faustkeil, ein roh zugehauener Stein, begleitete den Neandertaler zum Homo sapiens, Dolmen und Menhire geben ihr Geheimnis nicht preis, Trockensteinmauern im rhodesischen Simbabwe dokumentieren eine geheimnisvolle Stadt, gigantische Pyramiden liessen Pharaonen unsterblich werden und steinerne Riesen halten Wache vor der Kulisse schlummernder Vulkane auf der Osterinsel.

Steine, zugehauen von Menschenhand oder aufbereitet durch Brech- und Siebmaschinen, begleiten auch uns in die Zukunft.

### 2.2 Parameter, welche die Gesteinseigenschaften beeinflussen

Ein Gestein besteht aus einem oder mehreren Mineralien. Die Art der Mineralien und die Art der Bildung bestimmen weitgehend die Gesteinseigenschaften bezüglich Härte und Verwitterungsbeständigkeit.

#### 2.2.1 Mineralogie

Mineral	Härte	Einfluss bezüglich Festigkeit	Einfluss bezüglich Verwitterungsbeständigkeit
Quarz	7	+ Mechanische Beanspruchung und magmatische Korrosion	+ amorphes SiO <sub>2</sub> , vulk. Gläser: geringe Resistenz gegen chem. Verwitterung
Feldspäte	6	+ Spaltbarkeit und Zwillingsbildung beachten. Schwächezonen durch Serizitisierung oder Vertonung	± Bildung von Kaolin, Ton, Muskovit, Laterit
Glimmer	2...3	- Gleitflächen, Haftbrücken	- Spaltbarkeit. Zersetzbarkeit von Biotit und Chlorit
Pyroxene	5...6	+ Druckrichtung und Kristallorientierung	+ Ausdehnung
Amphibole	5...6	+ Druckrichtung und Kristallorientierung	+ Ausdehnung
Olivin	6.5	+ Magmatische Korrosion	- Umwandlung zu Serpentin. Ausscheidung von Magnetit oder Limonit
Serpentin Talk Chlorit Kaolin	1...4	- Blättrige Ausbildung	- Begünstigung der Verwitterung durch Wasser- und Eisengehalt

Epidot Granat Topas	6...7.5	+	Gleitgefahr an den Kristallflächen bei Anhäufung	+
Pyrit Markasit	5...6	±	Chemische Beeinflussung anderer Minerale	- Geringe Resistenz gegen chem. Verwitterung
Kalkspat	3	±	Druckzwillingsbildung	- Wasserlöslichkeit, Gipsbildung
Anhydrit	3...4	-	Hydratation	- Hydratation (Volumenzunahme bis 60 %)
Gips	1.5...2	-	Löslichkeit	- Löslichkeit

### 2.2.2 Art der Gesteinsbildung

Die Art der Abkühlung bei plutonischen Gesteinen bestimmt die Struktur des Gesteins. Bei vulkanischen Gesteinen wird ebenfalls durch die Art der Erstarrung das Gefüge und der Gehalt an glasigen (rasch erstarrten) Komponenten bestimmt. Glasige Komponenten sind wenig resistent gegen chemische Verwitterung (Sonnenbrand bei Basalten, Pockenkrankheit bei Vulkaniten aus den Vogesen). Bei Sedimentgesteinen sind Erosion und Verwitterung, Transportart (Wasser, Wind, Gletscher) sowie der Ablagerungsraum bestimmende Faktoren.

### 2.2.3 Diagenese

Der Verlauf der Diagenese (Gesteinsverfestigung) bestimmt bei Sedimentgesteinen das Porenvolumen und damit weitgehend die Verwitterungsbeständigkeit. Ebenfalls das Bindemittel wird bei der Diagenese gebildet (Kalziumkarbonat, Kieselsäure).

### 2.2.4 Postmagmatische und hydrothermale Vorgänge

Warme, wässrige Lösungen und andere postmagmatische Einflüsse<sup>18</sup> nach der Haupt- und Restkristallisation sind in magmatischen Gesteinskörpern oft die Ursache für Gesteinsumwandlungen, die auf die technischen Gesteinseigenschaften eine meist negative Auswirkung haben. Bei der Chloritisierung werden Hornblende und Biotit zu Chlorit umgewandelt. Die Saussuritierung bewirkt die Umwandlung von anorthitreichem Plagioklas in ein Gemenge von Albit, Zoisit und Epidot, manchmal Kalzit und Serizit. Bei der Serpentinisierung entsteht Serpentin aus Olivin. In Basalten erfolgt durch die Zufuhr von Natrium die Umwandlung von anorthitreichem Plagioklas in Albit (Spilitisierung). Bei der Uralitisierung werden Pyroxene durch eine spezielle Hornblende („Uralit“) verdrängt.

### 2.2.5 Metamorphe Überprägung

Neben ungünstigen Mineralneubildungen hat vor allem der Prozess der Verschieferung negative Auswirkungen auf das Gefüge.

### 2.2.6 Tektonik

Tektonische Vorgänge (Bruchbildung, Faltung, Deckenbildung) beeinflussen die Gesteinseigenschaften sowohl positiv ("Vorbelastung") als auch negativ (engständige Klüftung, Form der Klüftkörper, Tektonisierung bzw. Mylonitisierung u.a.).

<sup>18</sup> DIETRICH, R. V. & SKINNER, B. J. (1984): Die Gesteine und ihre Mineralien.- Ott Verlag Thun.

### 2.2.7 Erosion und Verwitterung

Die Einwirkung von Frost, Hitze und Wasser verändern Gesteinskomplexe oder Teile davon und führen meist zu einer Verminderung der Gesteineigenschaften.

### 2.2.8 Die Definition der Gesteinshärte

Die Festigkeitseigenschaften eines Gesteins werden von folgenden Faktoren bestimmt:

- Innere Festigkeitsverhältnisse der Einzelkörner
- Festigkeit des Verbandes der Mineralkörner
- Korngrösse, Kornform, Grösse des Probekörpers
- Räumliche Lage der Mineralkörner in Bezug auf Beanspruchung
- Porosität und Wassersättigung
- Bereits bestehende Spannungszustände
- Unregelmässig auftretende Inhomogenitäten wie Klüfte oder Mikrorisse

Um diese Faktoren zu Quantifizieren ist das Bestimmen des Gehalts harter Mineralien und das Messen der Druckfestigkeit geeignet.

Der Gehalt harter Mineralien ist jedoch schwierig zu bestimmen<sup>19</sup> was die Resultate verschiedener Prüflabors in der Vergangenheit zeigten. Quarz in Form mikrokristalliner oder amorpher Kieselsäure ist sowohl im Dünnschliff als auch röntgenographisch äusserst schwierig zu erkennen, ebenso ist die Härtebeurteilung von Feldspäten schwierig (Ritzhärte nach Mohs von saussuritisierten Feldspäten: 6 bis 7, umgewandelte Feldspäte mit Serizit oder Kaolin: 3 bis 6).

Die in der SN 670 130 verwendete Bestimmung der Härte ist ein vereinfachtes Schema von DE QUERVAIN (1967):

Härteeinteilung nach DE QUERVAIN/1967)

Mittlere Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Gehalt an harten Mineralien*			
	0 bis 25 %	25 bis 50 %	50 bis 75 %	75 bis 100 %
> 220	mittelhart	hart	hart	sehr hart
180 bis 220	mittelhart	mittelhart	hart	hart
140 bis 180	mittelhart	mittelhart	mittelhart	hart
100 bis 140	weich	weich	mittelhart	mittelhart
60 bis 100	weich	weich	weich	mittelhart
<60	sehr weich	sehr weich	weich	weich

\* Harte Mineralien: Härter als Stahl (Ritzhärte nach Mohs: >5<sup>1/2</sup>)

Härteeinteilung nach SN 670 130

Bezeichnung der Härte	Mittlere Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Gehalt an harten Mineralien [Masse- %]
hart	>140	>25
mittelhart	>140	<25
mittelhart	60 bis 140	50 bis 100
weich	60 bis 140	<50
weich	<60	0 bis 100

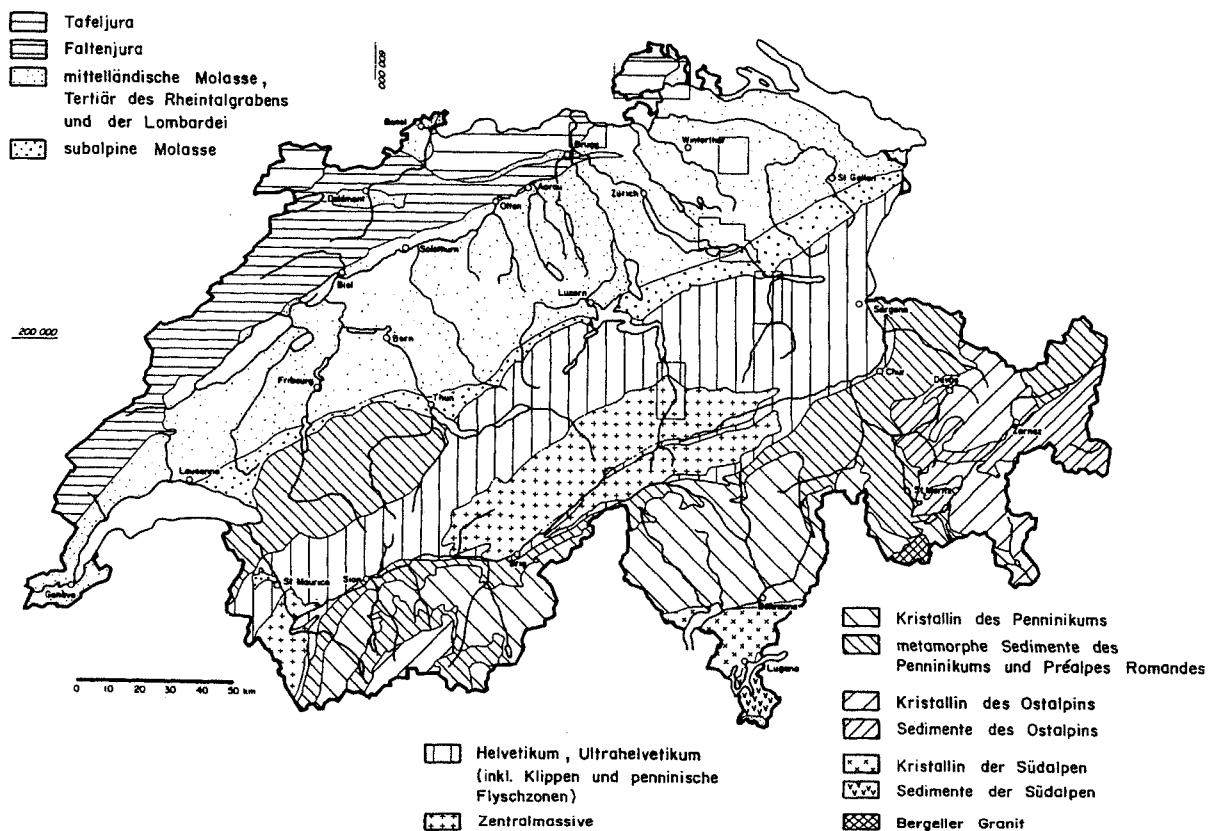
<sup>19</sup> In der CEN-Norm prEN 13043 (2001) wird die Petrographie einzig zur Beurteilung der Frostbeständigkeit im Anhang A erwähnt. Die Gesteinshärte wird einzig auf Grund von Festigkeitsprüfungen bestimmt.

Um die Eignung eines Gesteins zur technischen Anwendung zu definieren, werden verschiedene Gebrauchsprüfungen angewandt:

- Ermittlung der Festigkeit gegenüber Druckbeanspruchung mittels Zertrümmerungsprüfung (SN 670 830a).
- Bestimmung der Zähigkeit beziehungsweise des Verhaltens gegenüber Schlag und Abrieb im Los-Angeles-Versuch (SN 670 835b).
- Bestimmung der Abnützbarkeit im Deval-Versuch und der Abriebfestigkeit oder der Polierresistenz mittels Polished Stone Values (BS 812).

### 2.3 Die Geologie der Schweiz und die Hartgesteinsvorkommen

Die Geologie der Schweiz ist vielfältig und widerspiegelt das Resultat endogener sowie exogener Prozesse der letzten 500 Mio. Jahre. Die regional verschiedenen Ablagerungs- und Bildungsbedingungen liessen gleichzeitig sehr unterschiedliche Gesteinskomplexe variierender Mächtigkeit entstehen. Bedingt durch tektonische Prozesse kann die Geologie der Schweiz in einzelnen tektonischen Einheiten, die gleichzeitig verschiedene Ablagerungsräume darstellen, zusammengefasst werden (tektonische Karte nach JÄCKLI & SCHINDLER, 1986):



Die stratigraphische Abfolge der einzelnen tektonischen Einheiten kann in Sammelprofilen zusammengefasst werden (KÖNIG, 1967):

### 2.3.1 Schichtreihe des Juras (Tafel- und Faltenjura)

Formation		Sammelprofil	Vorherrschende Gesteine Lokalnamen	Hauptverbreitungsgebiete
Tertiär			Konglomerate, «Nagelfluh» Sandsteine, Muschel-sandstein Mergelschiefer Süßwasserkalke Eozän: Boluston, Bohnerz	Im Tafeljura sowie in Synklinalmulden im Kettenjura
	Kreide		Mergelige Kalke Glaukonit-Sandsteine sandige Kalke, Quarz-sandstein Kalksteine	Nur im westlichen Kettenjura
Jura	Malm		Kalksteine, Mergel-schiefer Dolomit, Ton, Zellen-dolomit Riffkalke «Erfingerschichten» «Wettingerschichten», «Badenerschichten»  Ton, Mergelschiefer oolithische Kalke «Opalinuston» «Hauptrogenstein»	Für den gesamten Tafel- und Kettenjura charakteristisch Lias, hauptsächlich im Nord-Jura
	Dogger		Mergelschiefer, Ton, Kalke, «Posidonien-schiefer», «Obtususton» «Arietenkalk» «Angulatenschichten» Insektenmergel	
	Lias		Mergelschiefer, sandige Mergel «Schilfsandstein» Gips, gipsführende Mergel «Trigonusdolomit», «Nodosuskalk» Trochitenkalk Anhydritgruppe: Mergel-schiefer, Gips, Anhydrit, Steinsalz Wellendolomit, Wellenkalk	
Trias	Keuper		Sandsteine, Konglomerate Tone, Dolomite	östlich von Basel
	Muschelkalk		Breccien, Sandsteine, Schiefer-ton	
	Bunt-sandstein			
Perm	Rotliegendes			östlich von Basel
	Kristallines Grundgebirge		Granite, Gneise Glimmerschiefer	Südlicher Schwarzwald Laufenburg

Die ganze Schichtreihe enthält mit Ausnahme des Buntsandsteins (im Raum Basel) und des kristallinen Grundgebirges (Südschwarzwald) keine Hartgesteine. Die massigen, mittelharten Kalke des Malms wurden früher vielerorts zur Werksteingewinnung abgebaut, ebenso die Schilf- und Buntsandsteine. Diverse mittelharte Kalke werden heute zur Verwendung als Kiesersatz abgebaut (Muschelkalk, Hauptrogenstein, Dalle nacréée, Malm und Kreide).

### 2.3.2 Schichtreihe des Helvetikums

Zeit- alter	Formation	Schichtprofil	Typische Gesteine Lokalnamen	Hauptverbreitungs- gebiete
Känozoikum	Tertiär		Im N.: Nummulitenkalke Lithothamnien- kalk Assilinengrünsand	In allen Teilen der helvet. Zone verbreitet
			Im S.: Mergelschiefer, Tonschiefer, Sand- steine «Flysch»	Säntis, Vierwaldstätter See
Mesozoikum	Kreide		Kalke, Mergelschiefer, «Seewerkalk»	Für alle Teile der helvet. Decken typisch Säntis Vierwaldstätter See
			Glaukonitsandsteine «Gault»	
	Jura		Kalke, Kieselkalke «Schrattenkalk», «Oehrlikalk»	Südliche Teile der helvet. Decken, Autochthon der Zentralmassive Glarner Alpen, Jungfrau- gebiet
			Kalke, Mergelkalke, «Zementstein», «Quint- nerkalk» Kalkschiefer, Eisenoolith, Konglomerate, Eisen- sandstein «Blegioolith» Mergelschiefer, Mergel- kalke, Tonschiefer, Sand- kalke	
Trias		Tonschiefer, «Quarten- schiefer», Gips	Glarner Alpen, Autochthon der Zentral- massive	
		Dolomit, «Rötidolomit», Rauhwacke		
Paläozoikum	Perm		Konglomerate, Breccien, Sandsteine, Tonschiefer	Aiguilles Rouges, Aar- massiv, Glarner Alpen
			Quarzporphyre, Mela- phyr, Keratophyre, Tuffe «Verrucano», «Sernifit»	
	Karbon		Konglomerate, Sandsteine Tonschiefer, Kohle, Granite «Valorcine-Konglomerat»	eingefaltet ins Altkristallin der Massive, Lötschentäl, Tödi, Bristenstock, Kisten- paß
Präkarbon- Formationen				Granite, metamorphe, gefaltete Gesteine: Gneise, Glimmerschiefer

Die helvetische Schichtreihe ist reich an mächtigen Hartgesteinskomplexen. Von Bedeutung sind der Kieselkalk (hauptsächlich Süd-Helvetikum) und Grünsandsteine (Ostschweiz) der Kreide sowie die Sandsteine des Eozäns (nordhelvetische Zone) und Oligozäns (südhelvetische Zone). Gute Aufschlussverhältnisse sind auf die Quertäler der zentralen und östlichen Schweiz (Rheintal, Thurtal, Linthgebiet, Vierwaldstättersee und Thunersee) beschränkt.

### 2.2.3 Schichtreihe des Penninikums

Zeit- alter	Formation	Schichtprofil	Typische Gesteine Lokalnamen	Hauptverbreitungs- gebiete	
Känozoikum	Tertiär		«Flysch»: Kalksandsteine Mergelschiefer Tonschiefer Konglomerate	Prätigau  Niesenkette	
	Kreide		Mergelkalke «Couches Rouges» «Flysch»	Préalpes Romandes	
Mesozoikum	Jura		«Bündnerschiefer»:  glimmerführende Kalkschiefer, Ton- schiefer, Sandsteine, Radiolarite «Ophiolithe»: basische Eruptivgesteine	Westliches Graubünden Wallis Nördliches Tessin	
	Trias		Tonschiefer, Gips  Dolomit, Kalke, Rauhwacke, Gips  Quarzite		An zahlreichen Stellen auftretend, meist nur schmale Partien erhalten
	Perm		Quarzite, Serizitschiefer Konglomerate, Quarzporphyre		
Paläozoikum	Karbon		Konglomerate, Sandsteine, Quarz- zite, Tonschiefer, Kohle, Graphit	nur lokal vorkommend Wallis «zone houillère»	
	Präkarbon- Formationen		Granite, metamorphe, gefaltete Gesteine: Gneise, Glimmerschiefer	Mittleres Tessin, Wallis, südwestliches Graubünden	

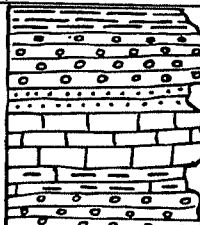
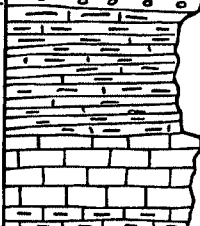
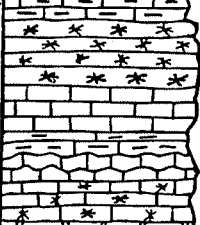
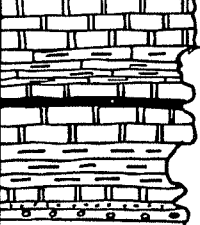
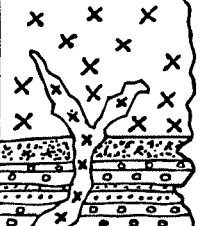

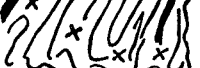
Die nordpenninischen Bündnerschiefer enthalten keine technisch anwendbaren Gesteine. In den penninischen Kristallindecken (mit Mesozoikum) ist teilweise der Lias als Kieselkalk ausgebildet und die permokarbonischen Granite mit Serpentin-, Gneis- und Glimmerschiefer-Einlagerungen werden zur Werksteinherstellung genutzt, ebenso die kristallinen Dogger-Gesteine der Ophiolithzone.

### 2.2.4 Schichtreihe des Ostalpins

Zeit- alter	Formation	Schichtprofil	Typische Gesteine Lokalnamen	Hauptverbreitungs- gebiete
Känozoikum	Tertiär		Sandsteine Mergelschiefer «Flysch»	Rhätikon, Mittelbünden
Mesozoikum	Kreide		Konglomerate, Breccien Sandsteine, «Flysch» Tonschiefer Kalke Mergelschiefer «Couches Rouges»	Rhätikon Mittelbünden Valle di Poschiavo
	Jura		Kalke, Ton- und Mergelschiefer  Radiolarite, Kiesel- schiefer, Ton Mergel, Kalke «Fleckenmergel» Mergelschiefer, «Allgäu-Schiefer»	Engadiner Dolomiten  Rhätikon, Mittelbünden  Arosener Dolomiten
	Trias		Dolomit, Kalk, Gips, Mergelschiefer, «Raibler- schiefer», «Hauptdolomit», «Kössenerschiefer» Kalke, Dolomite, Mergel- schiefer, «Arlbergkalk», «Partnachschiefer» Muschelkalk, Quarz- dolomite, Rauhacke Buntsandstein	Engadiner Dolomiten  Arosener Dolomiten  Rhätikon
Paläozoikum	Perm		Sandsteine, Tonschiefer Konglomerate Quarzite Tuffe «Verrucano»	Engadiner Dolomiten
	Karbon		Graphitschiefer Phyllite	Valle di Poschiavo
	Präkarbon- Formationen		Granite, Gneise, Marmore Quarzphyllite «Casannaschiefer» Amphibolite Mylonite	Graubünden Südliches Wallis

Technisch haben die Gesteine der ostalpinen Region nur eine untergeordnete und lokale Bedeutung (mittelharte Kalke der Trias, z.T. des Lias). Die Gesteinskomplexe unterlagen einer intensiven Bruchdeformation, so dass häufig sehr spröde Gesteine resultieren.

### 2.2.5 Schichtreihe des Südalpins

Zeit- alter	Formation	Schichtprofil	Typische Gesteine Lokalnamen	Hauptverbreitungs- gebiete
Känozoikum	Tertiär		Nagelfluh Sandsteine, Tonschiefer «Pontegana- Konglomerat» Lithothamnienkalke Mergelschiefer Konglomerate	Chiasso
	Kreide		Mergelschiefer «Scaglia» Kalk, weiß, feinkörnig «Biancone», «Mejolica»	Chiasso
Mesozoikum	Jura		Mergelkalke Radiolarite, Kieselschiefer Kalkstein, Mergelschiefer Kalk, rot, knollig, «Ammonitico rosso» Kieseliger Kalk	Monte Generoso Monte Brè
	Trias		Dolomit, «Hauptdolomit» «Grenzbitumenhorizont» Dolomit, «Schlerndolo- mit» Konglom., Mergel, Sand- stein, «Serrvino» «Campiler Schichten»	Monte San Salvatore  Monte San Giorgio
	Perm		Porphyrite  Porphyre Tuff, Tuffite (Konglomerate, Sand- steine)	Lugano
Paläozoikum	Karbon		Konglomerate, Breccien Sandsteine, Kohlen	Manno, Val Colla (bei Lugano)
	Präkarbon- Formationen		Gneise, Glimmerschiefer Amphibolite, Mylonite  «Insubrisches Kristallin»	Nördlich Lugano

Sudtessin

Von wesentlicher technischer Bedeutung waren früher die Luganeser Porphyrite und der Lombardische Kieselkalk (Lias) sowie mittelharte Dolomite aus der Trias und verschiedenartige Kalksteine.

## **2.4 Eignungsuntersuchungen von Gesteinsvorkommen und Eignungsprüfung von Gesteinen zur Anwendung als Schotter und Splitt**

Ein historischer Abriss über die Prospektion und Evaluation von technisch nutzbaren Hartgesteinen soll darstellen, dass die heutigen Abbaustandorte das Ergebnis umfangreicher Untersuchungen sind.

Um die Kenntnisse und die Anwendung schweizerischer Natursteine zu fördern wurde schon 1866 in Olten eine Ausstellung einheimischer Natursteine veranstaltet (MÜLLER, 1866). An der Landesausstellung 1883 in Zürich wurden ebenfalls schweizerische Bausteine ausgestellt, wovon 169 bezüglich Eignung wissenschaftlich geprüft wurden (MOSER, 1884, MEISTER et al. 1884). Zusammenfassende Publikationen über mineralische Rohstoffe folgten:

- LETSCH, E., ZSCHOKKE, B., ROLLIER, L. & MOSER, R. (1907): Die schweizerischen Tonlager.- Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie No. 4
- NIGGLI, P., GRUBENMANN, U., JEANNET, A. & MOSER, R. (1915): Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz.- Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie No. 5
- DE QUERVAIN, F. & GSCHWIND, M. (1934): Die Nutzbaren Gesteine der Schweiz.- Verlag Huber, Bern

In der Publikation "Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz" waren felsgebrochene Hartgesteine neben Bausteinen, die als Werkstücke verwendet wurden, Nebensache. 1916 begann die systematische Prüfung von felsgebrochenen Materialien durch die schweizerische Geotechnische Kommission, die EMPA und die Strassenbauer<sup>20</sup>. Sie führte zum Bau von Versuchsstrecken in verschiedenen Städten, über deren Ergebnisse F. STEINER (1922) in der Strassenfachmännerzeitung berichtete. Es wurde festgestellt, dass die Kieselkalke konkurrenzfähig zu ausländischen Eruptivgesteinen sind und die technologischen Untersuchungsmethoden sowie die praktischen Ergebnisse in der eingebauten Strasse nicht restlos übereinstimmen.

### **2.4.1 Die Untersuchungen von P. Beck**

An der Hauptversammlung 1926 der Vereinigung schweizerischer Strassenfachmänner referierte P. BECK über die "Die Bedeutung des Deckenbaues der Schweizeralpen für die Steinbruchindustrie" und kam zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Ohne den Deckenbau der Schweizeralpen würden uns auf der Nordseite des Aarmassivs wahrscheinlich keine Hartgesteine zur Verfügung stehen, da ja die Bildung des autochthonen Flyschs ebenfalls durch die Alpenfaltung und die Deckenbildung erzeugt wurde.

---

<sup>20</sup> Dr. P. BECK Brief an Dr. Fischer, Präsident des Verbandes schweizerischer Hartschotterwerke vom 29. August 1934.

- Der Deckenbau konzentriert ursprünglich sehr weit auseinander abgelagerte Gesteine auf eine schmale Zone nördlich der Massive, die nördlichen Kalkalpen.
- Das ursprüngliche Nebeneinander der Gesteinsfazies und ihrer brauchbaren Schichten wird zu einem Übereinander.
- Durch den Wechsel der Höhenlage der verschiedenen Decken gelangen verschiedene brauchbare Gesteinszonen in verkehrstechnisch günstige Lagen.
- Da, wo sich die helvetischen Decken vom Alpenrand zurückziehen, verschafft uns die ostalpine (heute penninische) Klippendecke wertvolle Bausteine und chemisch verwendbare Ablagerungen.
- Auch die Gips- und Steinsalzvorkommnisse der Sattelzone verdanken ihren Transport in diese Gegend dem Deckenschub.
- Die penninischen Ablagerungen der Tiefsee des alten Mittelmeeres wurden in grosser Tiefe durch Druck und Wärme in kristalline Gesteine, vorwiegend Gneise umgewandelt und dann durch den Deckenbau und die Abtragung uns zugänglich gemacht.
- Dagegen erzeugt der Deckenbau Nachteile durch die mit seiner Entstehung verbundenen Klüftung und unregelmässigen Spaltbarkeit der Hartgesteine.
- Ursprünglich brauchbare Gesteine werden durch den Druck schiefrig und als Hartgestein unbrauchbar (trifft vorwiegend für tiefere Gesteine zu) oder höchstens zu Schotter verwendbar.
- In manchen Fällen streichen Decken in die Luft aus, ohne in erreichbare Nähe des Talbodens herabzusteigen.
- In andern Fällen verbergen Gesteinsdecken ohne verwendbares Material solche mit nützlichen Schichten.
- Die komplizierten Verhältnisse des alpinen Deckenbaues erschweren in vielen Fällen die Beurteilung von Gesteinsvorkommnissen bezüglich ihrer Abbauwürdigkeit.

1928 besuchte P. BECK sämtliche Kantons- und Kreisgenieure der Kantone Bern, Unterwalden, Luzern, Zug, Aargau, Solothurn und Baselland. Er befragte sie über ihre praktischen Erfahrungen mit den von ihnen verwendeten Zuschlagstoffe. Die Ergebnisse wurden in der schweizerischen Zeitschrift für Strassenwesen (Nummern 19-21, 1928) publiziert: Die Gesteine von rund 300 Bezugsorten wurden bezüglich der technischen Eigenschaften in zwölf Gruppen klassifiziert und die Vorratsmengen beurteilt:

**Kieselkalk-Felshartschotter (Hauterivien Kieselkalk:** Balmholz, Kehrsiten, Hergiswil-Ackeregg, Rotzloch, Matt, Gersau, Fallenbach-Brunnen, Schrotten-Brunnen, Seewen-Schwyz, Fallenbach-Wolfenschiessen; **Gaultsandsteine:** Beckenried-Rieselten, Telli am Lopper; **Liassandkalke:** Bönigen).

**Vorratsmengen:** Im Berner Oberland im sogenannten Balmholz in günstiger Verkehrslage bei Grossausbeutung auf viele Jahrzehnte hinaus sicher. Weitere Ausbeutungsstellen würden grosse Transportanlagen erfordern. Der Liaskalk von Bönigen am Brienersee dauert bei mässigem Abbau ca. ein Jahrzehnt. Am

Vierwaldstättersee befinden sich ganz ungeheure Mengen technisch relativ leicht zugänglicher Kieselkalke. Hier sind Vorräte auf Jahrzehnte hinaus.

**Alttertiäre Felshartschotter (Flyschsandsteine):** Leissigen, Guber-Alpnach, Wylen-Sarnen, Flüelen, Därstetten, Krätze-Schwarzsee, Aegernbach-Plasselb, Massongex, Monthey, Val d'Illicz, Subalpine, flyschartige Molassebrüche in le Bouveret und Albeuve; **Hohgant- oder Nummulitensandsteine:** Nase am Beatenberg, Buchholzkopf, Därligen, Bergsturz Mitholz-Kandergrund).

**Vorratsmengen:** Im Bernerland kommen die Flyschsandsteine für eine namhafte Ausbeutung kaum mehr in Frage, wegen dem Fehlen angehäufter, dicker Bänke. Dagegen sind grosse Mengen technisch leicht zugänglicher Hohgantsandsteine vorhanden. Ihrer "wilden" Natur wegen wurden sie noch nirgends ausgebeutet. Sie bilden eine wertvolle Reserve für spätere Zeiten. Im Kanton Obwalden kann der Guberbruch bei Alpnach noch auf Jahrzehnte hinaus in grossem Umfang betrieben werden. Der Bruch von Wilen-Sarnen liegt bezüglich der technischen Ausbeutungsmöglichkeit ungünstiger.

**Alpine Flusshartschotter** (Kanderdelta, Wildbäche der Flyschgebiete im Kander- und Simmengebiet, grosse und kleine Schliere, Lauibach und Steinibach bei Giswil, grosse Melchaa bei Sachselen).

**Vorratsmengen:** In den Wildbächen werden die Vorräte immer wieder durch Geschiebetransport ergänzt.

**Subalpine Flussschotter** (Sense, obere grosse Emme, Ilfis, kleine Emme)

**Vorratsmengen:** Die Vorräte werden durch Hochwasser wieder ergänzt. Die jährliche Gesamtentnahme beträgt aus der Sense 25'000 m<sup>3</sup>/Jahr, aus der kleinen Emme 35'000 bis 40'000 m<sup>3</sup>/Jahr.

**Erratische Schotter** (Nieder- und Hochterrassen der diluvialen Aare- und Rhonegletscher, sogenannte Seelandschotter mit örtlich sehr verschiedener Qualität, Schotter des diluvialen Reussgletschers mit Zufluss vom Oberhasli, stellenweise auch Moränenblöcke: Litau, Tafelei-Roggwil, Niederbipp, Attiswil, Leuzigen, Lyss, Reichenbach-Bern, Bethlehem-Bern, Herbligen).

**Vorratsmengen:** Weit verbreitet, oft in grossen Mengen. Trotzdem ist es schwierig, beliebige Mengen grosser Bollen zu erhalten.

**Nagelfluh-Flussschotter** (mittlere und untere Emme: Ruedtlingen, Utzenstorf, Bätterkinden, Biberist, Aaredelta im Bielersee bei Hagneck, aargauische Aareschotter oberhalb Brugg, Limmatschotter im Aargau).

**Vorratsmengen:** Sehr gross, ausgedehnte Flussebenen.

**Rheinschotter** (erratische und heutige Rheinschotter bei Brugg, Stein-Säckingen, Kaiseraugst, Baselaugst, Pratteln, Birsfelden, Allschwil).

**Vorratsmengen:** Ebenfalls riesig. Im ganzen Rheintal in verschiedenen Terrassen.

**Mittelharte Alpenkalke** (Doggerkalk der helvetischen Decken bei Meiringen, Valanginien von Ringgenberg, Malmkalke des Ballenberges, Simmenfluh, Simmen-

und Saanental, Malmkalke des Brünigs, Bergsturzmaterial bei Engelberg, Liaskalk Arvel-Villeneuve, Triaskalk St. Triphon).

**Vorratsmengen:** Grosse Mengen in verschiedenen Alpentälern. Ausnahme in Grindelwald und Lauterbrunnen sind die Kalke durch die Gebirgsbildung innerlich vollständig zertrümmert.

**Mittelharte Jurakalke** (Dalle nacrée und Hauptrogenstein: nördlicher Jura, Staffelegg, Hauenstein-Trimbach; oolithische Corallien von Réclère, Muschelkalk von Baselland und Solothurn, Thierstein-Solothurn).

**Vorratsmengen:** Auf viele Stellen verteilt, aber meist technisch unbedeutend.

**Silikat-Jurakalke** (Einzelne Kimmeridgekalke: Alle-Virgulien, Sous Vorburg, Berlincourt, Tramelan dessus; Portlandkalke: Tramelan dessus, Rauracien von Boncourt).

**Vorratsmengen:** Treten nur sehr vereinzelt auf und in abbautechnisch relativ geringen Mengen.

**Geringe erratische Schotter des Mittellandes** (Schotter des Langetentals, gebrochene Nagelfluh, verschiedene Blockmoränen in der Umgebung von Bern, Moränen und Schotter des Reussgletschers).

**Vorratsmengen:** Ungeeignet, nur lokal verwendet.

**Gewöhnliche Jurakalke, besonders Malmkalke** (Kompaktes Rauracien, Kimmeridge, Sequan, Wangenerschichten, Lägernkalke, Muschelkalk von Wegenstetten und Zeinigen).

**Vorratsmengen:** Ungeeignet.

P. BECK setzte die Untersuchungen in der West- und Ostschweiz fort, um "die Güte der felsgebrochenen Hartgesteine zur Geltung zu bringen".

#### **2.4.2 Die Abklärungen des Verbandes Schweizerischer Steinbruchbetriebe**

In einer Publikation des Verbandes Schweizerischer Steinbruchbetriebe<sup>21</sup> von 1935 zum Thema "Die schweizerischen Natursteine und ihre Verwendung" wird erwähnt: Als bester Felsschotter für die Hauptverkehrsstrassen und als Krampschotter für die Eisenbahn kommen hauptsächlich einige Kalk- und Sandsteine der nördlichen Kalkalpen in Betracht. An erster Stelle steht hier der Kieselkalk der unteren Kreide (Hautrivienstufe). Der Kieselkalkhorizont mit den (erwähnten) günstigen Eigenschaften ist von den grossen Quertälern der östlichen und der zentralen

---

<sup>21</sup> 1920 wurde der Schweizerische Steinbruchbesitzerverband gegründet, 1924 formierte sich die „Eingetragene Genossenschaft Hartsteinwerke Zürich“, die am 13. November 1930 als „Gruppe Hartschotter“ (Genossenschaft) gegründet und am 15. November 1933 im Handelsamtsblatt publiziert wurde (Präsident: Dr. E. Fischer, Vizepräsident: Hans Rüesch, Ingenieur, St. Gallen, Kassier: Franz Köppel, Zürich, Fritz Frutiger, Merligen-Sigriswil, Alexis Chessex, Villeneuve, Alois Weber, Schwyz, Franz Cernic Brunnen, Geschäftslokal: Bethovenstrasse 38, Zürich). Unter dem Präsidium von Michele Antonimi wurde 1936 der Verband Schweizerischer Steinbruchbetriebe neu organisiert mit Gruppe 1: Granit, Gruppe 2/3: Kalkstein, Muschelkalk und Sandstein, Gruppe 4: Pflastersteine und Gruppe 5: Hartschotter.

Der 1927 gegründete Verband für Inlandprodukte wird 1928 aktiv für Steinbrüche und Pflastersteine.

Schweiz, Talsystem des Vierwaldstättersees und Aaretal (Brienzer- und Thunerseegebiet), angeschnitten, so dass eine praktische Ausbeutung in günstiger Verkehrslage möglich ist (Werk Oberriet im Rheintal, Weesen am Walensee, Mollis und Näfels im Linthtal, am Vierwaldstättersee bei Brunnen, Sewen, Schwibogen, Matt, Kehrsiten, Hergiswil, Rozloch, sowie Balmholz am Thunersee). Andere grosse Werke beuten die quarzitischen Sandsteine der mittleren Kreide aus, die als Brisi- und Gamserschichten in der Zentral- und Ostschweiz in Lagern bis zu 50 Meter Mächtigkeit anstehen (Buchserberg und Sevelen). Die alttertiären Flyschsandsteine, Kalksandsteine sind an verschiedenen Stellen unseres Landes aufgeschlossen und können in relativ günstigen Verkehrslagen gewonnen werden (Matt im Sernftal, Flüelen im Reusstal, Guber-Alpnach, im Sensegebiet<sup>22</sup> und Saanetal, im Rhonetal bei Massongex, Monthey und im Val d'Illicz etc.). Ausser den bis jetzt angeführten Gesteinen kommen für die Schotterherstellung noch einige alpine Kalksteine, sowie härtere Marmore in Frage, die aber mehr lokale Bedeutung haben (Brüche im Rhonetal, die Trias- und Liaskalksteine, sowie die Kalksteine des Hauterivien ausbeuten). Auch im Jura gibt es nur wenige oolithische Kalksteine (Rogenstein, Dalles nacrées), die in grösserem Massstab ausgebeutet werden (Reuchenette, Evillard, Malcôte, La Chaux-de-Fonds etc.).

#### **2.4.3 Die geotechnische Karte der Schweiz, Massstab 1:200'000, 1964/1965**

Das Kartenwerk von 1934/1938 wurde 1964/1965 überarbeitet. Die Gesteine wurden so dargestellt, wie sie sich als Baugrund oder Baustoffe an der Oberfläche darbieten, zusätzlich wurden alle Gewinnungsstellen nutzbarer Gesteine (Stand 1957/1963) erhoben.

Neben lockeren Oberflächenbildungen (Tone, Silte, Sande Kiese, Bergsturzmaterial, Gehängeschutt und Torf) werden die Felsgesteine auf Grund ihrer Bildung (sedimentäre, magmatische und metamorphe Gesteine) und technischen Eigenschaften (Quarzgehalt, Gefüge, Gehalt ungeeigneter Mineralien wie Ton oder Glimmer) unterschieden. Die kartographische Darstellung erlaubt, Gebiete mit Hartgesteinen, die für den Abbau geeignet sein können, auszuscheiden.

#### **2.4.4 Die Untersuchungen von F. de Quervain**

Eine sehr vollständige Zusammenstellung von nutzbaren Gesteinsvorkommen erarbeitete F. DE Quervain (1969). Auf Grund dieses Werks ist es möglich, eine Positivplanung für Hartgesteinsvorkommen zu machen. Die Publikation bildete eine wichtige Grundlage, um bei Steinbruchprojekten nach Alternativstandorten zu suchen.

DE QUERVAIN (1969, Tabelle 11, Seite 286) gibt folgende Zusammenstellung der wichtigsten Gesteinsarten aufgrund der Härte:

<sup>22</sup> BÜCHI, O. (1930): Die Flyschsandsteinbrüche des Sensebezirkes.- Beiträge zur Heimatkunde, IV. Jahrgang, Fribourg : Plaffeien (Zollhaus und Krätze beim Schwarzsee) und Plasselbschlund (Strassenbrücke, zwei Brüche Höllbachmündung, Tartüre, Strasse Plasselb-Höllbach).

**Weiche Gesteine**

Druckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Gehalt an harten Mineralien [%]	Gesteinsarten
<60	0-25	Schaumkalke aus dem Juragebirge (Rauracien, Pierre jaune, Urgonkalke u. a.), Muschelkalksteine der Molasse, Kalktuffe, Rauhwacken, Dolomitmarmore, Ofensteine
<60	25-50	Sandreiche Muschelkalksteine, vereinzelte kalkreiche Molassesandsteine, Ofensteine
<60	50-70	Mehrzahl der Sandsteine der flachen Molasse
<60	75-100	Einzelne Sandsteine der flachen Molasse, Schilfsandsteine, weichere granitische Sandsteine
60-100	0-25	Erheblich poröse Jurakalksteine (verschiedener Formationen), festere Muschelkalksteine, grobkörnige Marmore der Alpen, einzelne Serpentine
60-100	25-50	Festere Muschelkalksteine
60-100	50-75	Festere, meist plattige Sandsteine der flachen Molasse
100-140	0-25	Mehrzahl der Jurakalksteine von geringerer Porosität aus allen Stufen (oolithisch, spätig, feinkristallin), zahlreiche Kalksteine und Marmore der Alpen, Serpentine z. T.
100-140	25-50	Kalkreiche Sandsteine der subalpinen Molasse z. T., silikatreiche Marmore

**Mittelharte Gesteine**

60-100	75-100	Granitische Sandsteine z. T., vereinzelte sehr grobkörnige Granite, Gneise, Glimmerschiefer
100-140	50-75	Kalkreiche granitische Sandsteine (Buchberg), Kalksilikatfelse, glimmerreiche Gneise
100-140	75-100	Plattensandsteine, einzelne granitische Sandsteine, Breccien und Schiefer des Verrucano, Melsersandsteine, mässig feste Flyschsandsteine, grobkörnige Granite und Granitgneise (Leventina), stärker schieferige Gneise verschiedener Art
140-180	0-25	Kalkreiche Sandsteine der subalpinen Molasse z. T., kompakte Jurakalksteine (meist feinkristallin), arm an Tonhäuten und Suturen, vorzugsweise aus dem Malm (z. B. Dielsdorf, Solothurn, Portlandien des westlichen Juras), viele feinkristalline oder spätige Kalksteine der Alpen (z. B. St. Triphon), kompakte Dolomite (Graubünden, Südalpen)

140-180	25-50	Kalkreiche Sandsteine der subalpinen Molasse z. T. (Appenzellersandsteine, Grès d' Attalens), "Appenzellergranit", sandige Marmore bis Kalkschiefer der Bündnerschiefer
140-180	50-75	Einzelne Sandsteine der subalpinen Molasse (z. B. Guntliweid), des Flysches und der Bündnerschiefer
180-220	0-25	Vereinzelt sehr kompakte, homogene Jurakalksteine (vorwiegend Malm), zahlreiche feinkristalline oder spätige reine Kalksteine der Alpen (Arvel, Collombey), verschiedene schwächer sandige oder kieselige Kalksteine der Alpen (Valangien u. a.)
>220	0-25	Vereinzelte, sehr kompakte Kalksteine der Alpen (oft etwas kieselig oder sandig)

#### Harte Gesteine

140-180	75-100	Grobkörnigere, meist geschieferte Granite aus dem Aare-, Gotthard- und Mont Blancmassiv, viele Tessinergranitgneise (Leventina, Verzasca), kompaktere Gneise aus dem Wallis und Graubünden, Kalksilikatfels von Castione (Granito nero), Flyschsandsteine, Sandsteine aus den Bündnerschiefern, Grünschiefer
180-220	25- 50	Kiesel- und Sandkalke des Hauterivien und des Valangien (z. T.), des Lias, Doggers, der mittleren Kreide der Kalkalpen. Serpentin von Poschiavo
180-220	50- 75	Kalkreichere feste Sandsteine aus dem Flysch und den Bündnerschiefern, vereinzelt aus der subalpinen Molasse
180-220	75-100	Mittelkörnige kompakte Granite aus dem Aarmassiv und der Berninagruppe, feinkörnige, kompakte granitähnliche Gneise des Tessins, feinkörnige Granitgneise aus Graubünden, Granophyre und Porphyrite von Lugano, Quarzporphyre von Stuls, Amphibolite, Gabbros
>220	25- 50	Mehrzahl der Kieselkalke des Hauterivien
>220	50- 75	Kalkreichere, sehr feste Flyschsandsteine
>220	75-100	Sandsteine der mittleren Kreide, einige Flyschsandsteine, feinkörnige massige, kompakte Granite und Quarzdiorite aus dem Aarmassiv (Güetli, Wassen, Schöllenen, Disentis), vereinzelt sehr kompakte, feinkörnige Granitgneise (Leventina, Blenio, Misox, Zernez), feste Amphibolite

### 2.4.5 Die Zusammenstellungen von H.P. Schwarz

H.P. SCHWARZ (1983) gibt in seiner Dissertation "Die Steinbrüche der Schweiz" eine Zusammenstellung der Abbaustellen, die 1980/81 in Betrieb standen. Zusammengefasst ergibt dies folgende Auflistung:

	Anzahl	
Werkstein-Brüche	149	
Brüche für gebrochene Materialien	Hartgesteine	21
	Mittelharte Gesteine	82
Brüche der Bindemittelindustrie	25	

### 2.4.6 Untersuchungsergebnisse der EMPA (J. Weber)

Im Rahmen des Nationalfondsprogramms 4.294.0.79.07 „Möglichkeiten der Substitution hochwertiger Alluvialkiese durch andere mineralische Rohstoffe“ (Projektleitung JÄCKLI, H. & SCHINDLER, C., 1986) wurden die technisch nutzbaren, schweizerischen Festgesteine durch die EMPA (Dr. J. Weber) im Hinblick auf ihre Anwendung geprüft.

Die Tabellen zeigen folgende Resultate:

- Die **Jurakalke** sind, trotz guter Bitumenhaftfestigkeit, für Verschleiss- und Ausgleichsschichten oder zur Bahnschotterherstellung ungeeignet. Für Heissmischtragschichten sind die Jurakalke auch ungeeignet, nur teilweise geeignet oder die Eignung ist zweifelhaft (vgl. Tabelle Seite 15).
- Die **alpinen Kalke**, die bezüglich Verwendung als Betonzuschlag im Vergleich zu den Jurakalken besser abschneiden, sind mit Ausnahme des Kieselkalks für Verschleiss- und Ausgleichsschichten, ebenso für Bahnschotter ungeeignet.
- **Sandsteine** die für alle Anwendungen im bituminösen Bereich und als Bahnschotter geeignet sind, beschränken sich auf die Vorkommen Sevelen (SG) und Attinghausen (UR).
- Schweizerische **Granite** sind vorwiegend wegen ihrer Sprödigkeit für hochwertige Anwendungen ungeeignet, ebenso Gneise (Ausnahme: Rofna-Gneis).







### 2.4.7 Die heutige Situation

Die heutigen Verhältnisse sind zusammenfassend im Werk "Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz", herausgegeben von der SCHWEIZERISCHEN GEOTECHNISCHEN KOMMISSION (1997) dargestellt (Kapitel 6.4: Gebrochene Festgesteine, Autor M. Ed. Gerber):

Abbauwürdige Hartgesteine (15 Steinbrüche) sind auf den alpinen Raum beschränkt, mittelharte Gesteine werden in den Alpen (18 Steinbrüche) und im Jura (28 Steinbrüche) abgebaut. Die Gesteine des Mittellandes sind im Allgemeinen zu porös und zeigen eine zu geringe Druckfestigkeit.

Folgende Gesteinsvorkommen sind zum Abbau von Hartgesteinen und zur Verarbeitung zu Schotter und Splitt geeignet:

#### **Kieselkalke**

Kieselkalke sind wichtige, abriebs- und druckfeste Hartgesteine und wurden zu verschiedenen Zeiten in unterschiedlichen Ablagerungsräumen gebildet.

*Stratigraphie und Vorkommen:* Kieselkalke des Lias der Préalpes Medianes sind hauptsächlich im Rhonetal erschlossen (Arvel bei Villeneuve), Kieselkalk des Lias der Südalpen östlich des Luganersees (Monte Generoso und Monte Bré) und Kieselkalke des Valanginien der helvetischen Zone (Ringgenberg BE, als Äquivalent der unverkieselten Sichelkalke). Die Kieselkalke des Hauterivien der helvetischen Zone bilden 100 bis 400 Meter mächtige Komplexe und werden in mehreren grossen Steinbrüchen abgebaut: Balmholz am Thunersee, Rotzloch am Alpnersee, Kehrsiten, am Lauerzersee Schnür (Quinten) am Walensee sowie in Oberriet SG (heute aufgelassen).

*Ausbildung:* Kieselkalke sind feinkörnige bis dichte, geschichtete bis gebankte, graue Hartgesteine mit mikritischer (meist rekristallisierter) Grundmasse und authigener Kieselsäure. Akzessorisch sind Glaukonit, Phosphorit und Dolomit vorhanden. Unterschiedlich ist der Gehalt an detritischem Quarz und an Fossilbruchstücken (Echinodermen, Kieselschwammnadeln, Bryozoen und Kleinforaminiferen). Der Quarzgehalt (Bindemittel und Quarzkörner) liegt zwischen 25 und 45 %.

*Ungeeignete Anteile:* Schiefrige Zwischenlagen (Schwarten). Bei den Kieselkalcken des Lias mergelige Einschaltungen.

#### **Alpine Sandsteine, Brekzien und Konglomerate**

*Stratigraphie und Vorkommen:* Verrucanogesteine des Perms (Konglomerat, Brekzien, Sandsteine) sind in den Glarner-Decken (Vorderrheintal, Seeztal, Walensee, Linthal) aufgeschlossen, aber auch im Ostalpin Graubündens und in den Südalpen am Luganersee vertreten und haben lokale Bedeutung. Auch die geringmächtigen Melsersandsteine aus der helvetischen Trias und Sandsteinvorkommen in Bündnerschiefern haben untergeordnete Bedeutung. Von grösserer Bedeutung sind die Grünsandsteine der mittleren Kreide, die in der Drusberg-Säntis-Decke abbauwürdige Mächtigkeit erlangen und bei Sevelen im Rheintal abgebaut werden (30 bis 50 Meter Gamserschichten, 25 bis 30 Meter Brisischichten). In geringer Mächtigkeit (4 bis 6 Meter) werden Grünsandsteine zusammen mit knolligen Sandkalken (maximal 30 Meter) und Echinodermenbrekzien im Zementwerk Brunnen als Abraum verarbeitet.

*Ausbildung:* Kalkarme, geschichtete bis gebankte Sandsteine mit hohem Quarzgehalt (40 bis 80 %) und wechselndem Glaukonitgehalt, teilweise fossilführend

(Spongiennadeln, Echinodermentrümmern). Kornverwachsungen mit neugebildeter Kieselsäure sind in den Brisischichten zu beobachten.

*Ungeeignete Anteile:* Tonige Einlagerungen in Form von Fasern treten in den tieferen Teilen der Gamserschichten gehäuft auf.

### ***Flyschsandsteine des Tertiärs***

*Stratigraphie und Vorkommen:* Trotz der grossen Verbreitung von Flyschablagerungen sind nur wenige Vorkommen zur Gewinnung gebrochener Materialien geeignet. Oft sind Ton- Schiefer-Einlagerungen so häufig, dass eine Separierung der Sandsteine nicht möglich ist. Für die Herstellung gebrochener Materialien wurden viele Gesteinsvorkommen, die früher für die Pflastersteinherstellung genutzt wurden, aufgegeben.

*Ausbildung:* Geschichtete bis gebankte, fein- bis mittelkörnige (seltener grobkörnige bis konglomeratische) Sandsteine mit Quarzgehalten über 40 % und karbonatischem Bindemittel, hart und abriebfest.

*Ungeeignete Anteile:* Einlagerungen von Tonschiefer, Siltsteine grosser Härte und geringer Abriebfestigkeit. Tektonisiertes Material.

*Abbaustellen:* Mehrere Steinbrüche von lokaler Bedeutung. Einzig der Steinbruch bei Attinghausen UR hat regionale Bedeutung.

### ***Ablagerungen der Molasse (Grès des carrières)***

*Stratigraphie und Vorkommen:* Ablagerungen der Molasse sind im allgemeinen für die Herstellung gebrochener Materialien ungeeignet mit Ausnahme der Grès des carrières, die im Unterwallis bei Choëx und Massongex abgebaut werden. Sie stammen aus der unteren Meeresmolasse (Rupélien). Durch den Zusammenschub während der alpinen Orogenese erfolgten lokale Überschiebungen, die eine Schuppenbildung und Verzahnung der Grès des carrières mit den älteren Schistes marno-micacés und der jüngeren Molasse rouge (Chattien) zur Folge hatte. Dadurch wurde die ursprüngliche Ablagerungsmächtigkeit (ungefähr 30 Meter) der Grès des carrières an geeigneten Abbauorten verdoppelt oder verdreifacht.

*Ausbildung:* Geschichtete bis gebankte Sandsteine, abrieb- und druckfest, meist feinkörnig mit rund 30 % Quarz und karbonatischem Bindemittel.

*Ungeeignete Anteile:* Eingelagerte, schiefrige Silt- und Tonsteine.

### ***Magmatische Gesteine***

*Stratigraphie und Vorkommen:* Massige, feinkörnige Tiefengesteine, meist von granitischer Zusammensetzung, haben hauptsächlich im Bereich der Zentralmassive eine lokale Bedeutung, ebenso die Granite der Err-Bernina-Decke und der Bergellergranodiorit.

Vorkommen von permischen Vulkaniten (Porphyre) sind auf die Südalpen (Gebiet Luganersee) beschränkt. Regional bedeutend ist einzig eine Abbaustelle auf italienischem Gebiet (Cuasso al Monte, nördlich von Varese).

*Ausbildung und ungeeignete Anteile:* Die Anwendung für gebrochene Produkte wird oft durch hohe Glimmergehalte und durch gut spaltbare und häufig umgewandelte Feldspäte (Chloritisierung, Vertonung) eingeschränkt.

### ***Metamorphe Gesteine***

*Stratigraphie und Vorkommen:* Zur Gewinnung gebrochener Produkte sind einzig feinkörnige, wenig geschieferte und glimmerarme Metamorphite geeignet. Abfälle aus der Werksteinherstellung von Tessinergneisen werden lokal zu gebrochenen Materialien aufgearbeitet. Amphibolite im Kristallin der Silvretta-Decke

(Unterengadin), im Aiguilles Rouges-Massiv (Dorénaz) und im Aarmassiv haben entsprechend den geringmächtigen Vorkommen bloss lokale Anwendung. Von regionaler Bedeutung ist der Kalksilikatfels von Castione TI.

*Ausbildung:* Die hochgradig metamorphen Kalksilikatfelse sind meist massig ausgebildet, teilweise zeigen sie eine leicht schiefrige Textur. Die Struktur ist fein- bis mittelkörnig und teilweise granoblastisch.

*Ungeeignete Anteile:* Glimmerreiche, stark texturierte Einschaltungen von Marmor und schiefrigen Gneisen.

**Von den 15 erwähnten Hartsteinbrüchen, die 1997 in Betrieb waren, hat ein Werk die Produktion eingestellt (Problem Abbaubewilligung), zwei Werke haben fusioniert, ein Werk produziert gegenwärtig nur mittelharte Gesteinsprodukte, zwei Werke haben nur lokale Bedeutung (verkehrstechnische Erschliessung), ein Werk verarbeitet zur Zeit praktisch nur Tunnelausbruchmaterial und ein Werk machte Konkurs (Betrieb vorläufig eingestellt).**

Damit ein Gesteinsvorkommen zum Abbau geeignet ist muss die Nutzschrift aus einem geeigneten Gestein bestehen und homogen ausgebildet sein. Zudem müssen weitere Anforderungen erfüllt sein:

#### **GEOLOGISCH-TECHNISCHE KRITERIEN**

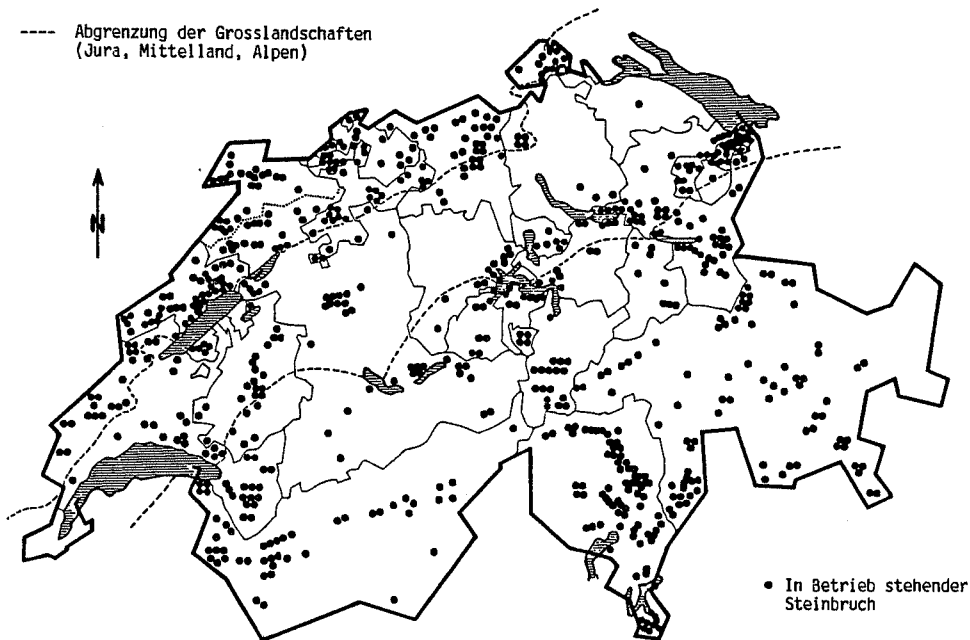
- Ausreichende Mächtigkeit der Nutzschrift ist gegeben.
- Ungeeignete Gesteinsschichten sind separat abbaubar (z.B. Überdeckung, Abraum, Einschaltungen).
- Ungeeignete Anteile innerhalb der Nutzschrift sind eliminierbar durch Abbauplanung (kleinstückiges Sprengen, Blockauswahl), durch Vorabscheidung oder im Aufbereitungsprozess.
- Tektonische Komplikationen (Brüche, Überschiebungen) fehlen im Abbaugbiet oder sind nicht hinderlich für den Abbau.
- Die Klüftung ist nicht zu engständig und ergibt annähernd kubische Klufkörper.
- Die Verwitterung, Tektonisierung und Beeinträchtigung der Gesteinsqualität durch metamorphe Überprägung sind minim.
- Die Geländestabilität wird durch den Abbau nicht wesentlich verringert und die Sicherheit beim Abbau ist gewährleistet.
- Das Abbaugbiet ist gut erschliessbar.
- Die verkehrstechnische Lage des Steinbruchs und des Werks erlauben eine wirtschaftliche Materialgewinnung.
- Die geographische Höhenlage erlaubt den Abbau, die Verarbeitung und den Verlad von März bis November (mittlere Monatstemperatur März und November > 0°C).

#### **ÖKOLOGISCH-POLITISCHE KRITERIEN**

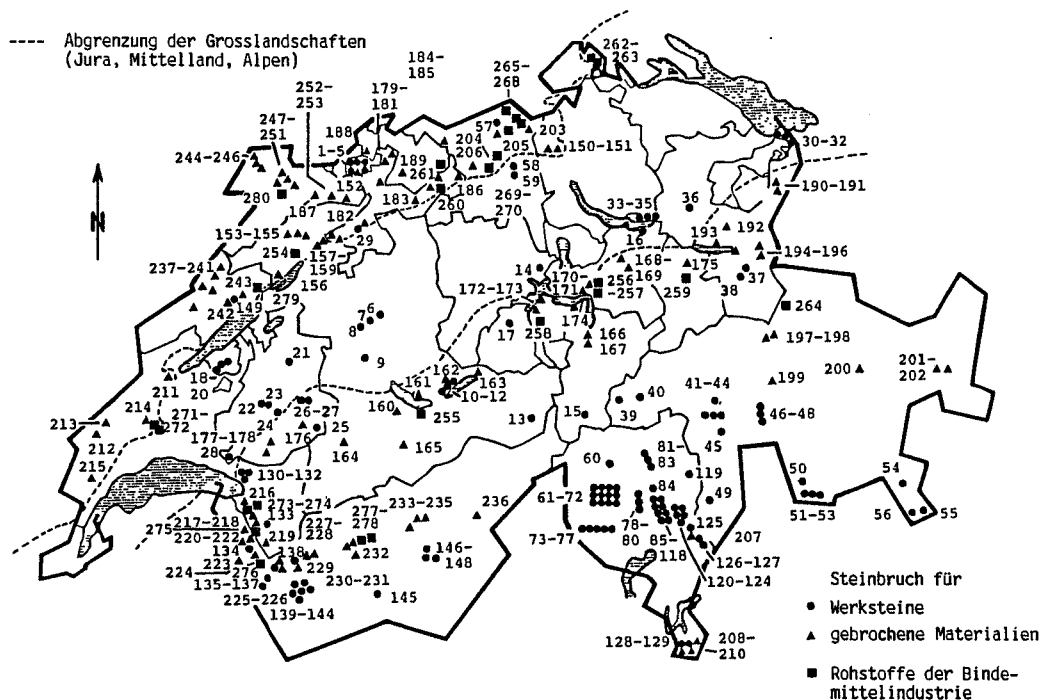
Ökologisch-politische Kriterien, die den Natur- und Landschaftsschutz, aber auch das Forstwesen und den Gewässerschutz sowie Planungsfragen (Bauzonen, Verkehrswege, Naherholungsgebiete) betreffen, werden zusehends bedeutender und sind Gegenstand der Umweltverträglichkeitsprüfung, die bei einem abbaubaren Gesamtvolumen von mehr als 300'000 m<sup>3</sup> gefordert wird.

## 2.5 Die zeitliche Entwicklung der Abbaustellen für felsgebrochene Produkte

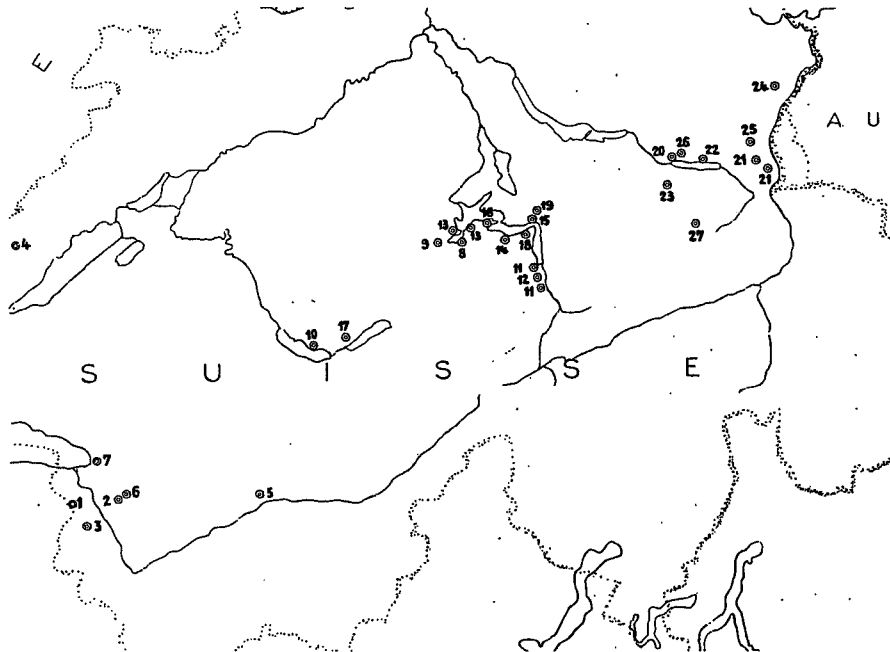
HP. SCHWARZ (1983) stellte die Steinbrüche, die 1910/15 zur Gewinnung von Naturstein (ohne Steinbrüche für die Herstellung von Bindemitteln) in Betrieb waren zusammen (Quelle: NIGGLI et al. 1915):



Eine weitere Darstellung von H.P. SCHWARZ (1983) umfasst die Steinbrüche, die 1980/81 für den Abbau von Naturstein sowie für die Herstellung gebrochener mittelharter und harter Produkte in Betrieb waren:



Eine Darstellung des VERBANDES SCHWEIZERISCHER HARTSTEINBRÜCHE zeigt, dass 1951 27 Werke an 30 Abbaustandorten den Bedarf felsgebrochener Schotter und Splitten deckten:



Firma	Abbaustelle	Gestein
1 Bianchi & Cie	Collombey-Muraz	spätiger Kalk (Bérriassien)
2 Büchi Hoirie	St. Triphon	dichter Kalk (Trias)
3 Losinger & Cie. SA	Monthey	Grès des carrières
4 E.+M. Pagani	Noiraigue	Echinodermenkalk
5 Raoul Pellanda SA	Sierre	Flysch-Sandstein
6 G.+M. Rossier.	St. Triphon	dichter Kalk (Trias)
7 Société des Carrières de Reuchenette et d'Arvel		Kieselkalk (Lias)
8 AG für Steinindustrie	Rozloch	Kieselkalk (Hauterivien)
9 Guber AG	Alpnach	Flysch-Sandstein
10 AG Balmholz	Balmholz	Kieselkalk (Hauterivien)
11 E. Baumann	Altdorf und Seedorf	Flysch-Sandstein
12 V. Gasperini	Altdorf	Flysch-Sandstein
13 Hartsteinwerk AG	Kehrsiten und Hergiswil	Kieselkalk (Hauterivien)

14	Murer + Cie	Beckenried	Grünsandstein (mittlere Kreide)
15	Josef Ott's Erben	Brunnen	Kieselkalk (Hauterivien)
16	Prarolan, Murer, Hagenbach	Matt	Kieselkalk (Hauterivien)
17	Gebrüder Rossi AG	Ringgenberg	Kieselkalk (Valanginien)
18	Steinbruch AG Sarnen	Schwibogen	Kieselkalk (Hauterivien)
19	W. Webers Erben	Seewen	Kieselkalk (Hauterivien)
20	Steinindustrie AG	Weesen	Kieselkalk (Hauterivien)
21	Basaltstein AG	Buchs und Sevelen	Grünsandstein (mittlere Kreide)
22	Hartschotterwerk Mühlehorn	Quinten	Kieselkalk (Hauterivien)
23	F. Kamm	Mollis	Kieselkalk (Hauterivien)
24	R. König AG	Oberriet	Kieselkalk (Hauterivien)
25	A. Koepfel	Grabs	Kieselkalk (Hauterivien)
26	F. Koepfel & Cie	Fly	Grünsandstein (mittlere Kreide)
27	Marti & F. Matt	Matt	Flysch-Sandstein

Das Verzeichnis der Steinbruchbetriebe (GRABER, 1946) umfasst 275 permanente Abbaustellen für Naturstein.

Eine Zusammenstellung der Steinbrüche nach Gesteinsart zum Abbau von Werkstücken und gebrochener Materialien ergibt folgende Darstellung:

Gesteinsart	Betriebe				Beschäftigte			
	1905	1915	1939 <sup>23</sup>	1980	1905	1929	1939	1975
Granit-, Gneisbrüche	71	129	77	84	2118		920	
Kalksteinbrüche	193	316	113	109	1647		1376	
Marmorbrüche	18		2		516		11	
Sandsteinbrüche	176	191	37	32	1193		283	
Schieferbrüche	37	51	33	14	437		184	
Andere Brüche	18	15	11	14	124		38	
Total	512	702	273	253	6035	2821	2812	1291

<sup>23</sup> Zusammenstellung Verband schweizerischer Hartsteinbrüche (1943): Das schweizerische Steinbruchgewerbe - Darstellung der Lage und Vorschläge.

1953/55 und 1990/92 wurden Eignungsuntersuchungen von Gesteinsvorkommen potentieller SBB-Lieferanten durchgeführt, was folgende Zusammenstellung ergab:

Gesteinsgruppe	Anzahl Gesteinsvorkommen	
	Untersuchung DE QUERVAIN (1953/55)	Untersuchung GERBER (1990/1992)
Kalksteine	8	2
Kalksteine und Kieselkalke	3	1
Kieselkalke und Sandkalke	-	1
Kieselkalke	8	7
Sandsteine	7	4
Vulkanite	1	1
Plutonite	-	2
Metamorphite	3	1
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>19*</b>
Geeignet für Schotter I	15	13
Geeignet für Schotter II	15	4

\* davon vier ausländische Werke

Die Darstellung zeigt eine deutliche Abnahme der potentiellen Lieferwerke und eine Tendenz zu Hartgesteinsvorkommen.

Die Entwicklung der letzten fünf Jahre zeigt bei den Produzenten felsgebrochener Hartgesteine eine Abnahme der Lieferwerke und eine deutliche Tendenz zur Produktionssteigerung:

	ABSATZKLASSE (Tonnen/Jahr)		
	>200'000	100'000 bis 200'000	<100'000
Anzahl Werke 1996	4	5	5
Anteil an Gesamtabsatz 1996	52.5 %	34.5 %	12.9 %
Anzahl Werke 1997	4	6	3
Anteil an Gesamtabsatz 1997	56.9 %	38.0 %	5.1 %
Anzahl Werke 1998	4	5	2
Anteil an Gesamtabsatz 1998	58.4 %	40.6 %	1 %
Anzahl Werke 1999	4	5	0
Anteil an Gesamtabsatz 1999	64.0 %	36.0 %	0 %
Anzahl Werke 2000	4	5	1
Anteil an Gesamtabsatz 2000	62.1	37.4	0.5
Anzahl Werke 2001	5	5	1
Anteil an Gesamtabsatz 2001	67.2	32.4	0.4
Anzahl Werke 2002	5	5	1
Anteil an Gesamtabsatz 2002	66.9	32.6	0.5
Anzahl Werke 2003	6*	3	1
Anteil an Gesamtabsatz 2003	77.8	20.3	1.9

\* davon 1 Werk >400'000 Tonnen, 2 Werke > 300'000 Tonnen

## 2.6 Ursachen für Betriebseinstellungen oder für das Auflassen eines Abbaugebietes

### • **Wirtschaftlichkeit**

Stetiger Preisdruck, Konkurrenz aus dem Ausland aber auch steigende Qualitätsanforderungen bedingten eine ständige Anpassung sowie Rationalisierung des Abbaus und der Aufbereitung. Rückstellungen für Rekultivierungen, Kosten für Auflagen bei Abbaubewilligungen, steigende Konzessionsgebühren und hohe Vorinvestitionen für die Planung bedingen ebenfalls einen hohen Kapitalbedarf. Dies führte zu Strukturveränderungen: Familienunternehmen wandelten sich zu Partnern grösserer Firmenkonglomerate der Bauwirtschaft.

Kostenentwicklung	1937	1990	Multiplikationsfaktor
Stundenlöhne, inkl. Sozialleistungen [Fr.]	1	30	30
Anlagewert			
Aufbereitungsanlage [Fr.]	0.5-1 Mio.	10-15	20-30
Gesamtproduktion [Tonnen]	1 Mio.	2 Mio.	2
Verkaufspreis [Fr. pro Tonne]	6	30	5
Jährliche Produktion pro Mitarbeiter (Tonnen)	580	12'760	20

### • **Qualität**

Steigende Qualitätsanforderungen bezüglich Festigkeiten, Verwitterungsbeständigkeit und Gehalt ungeeigneter Anteile hatten zur Folge, dass einzelne Werke, trotz Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung beim Abbau und der Aufbereitung, die Produktion einstellen mussten.

### • **Geometrie des nutzbaren Gesteinskörpers**

Die komplexen, z.T. kleinräumigen, geologischen Verhältnisse mit komplexer Tektonik als Folge der alpinen Orogenese bedingen mancherorts einen aufwändigen Abbau oder führten zur Aufgabe eines Gesteinsvorkommens.

### • **Verkehrstechnische Lage, planerische Interessenkonflikte**

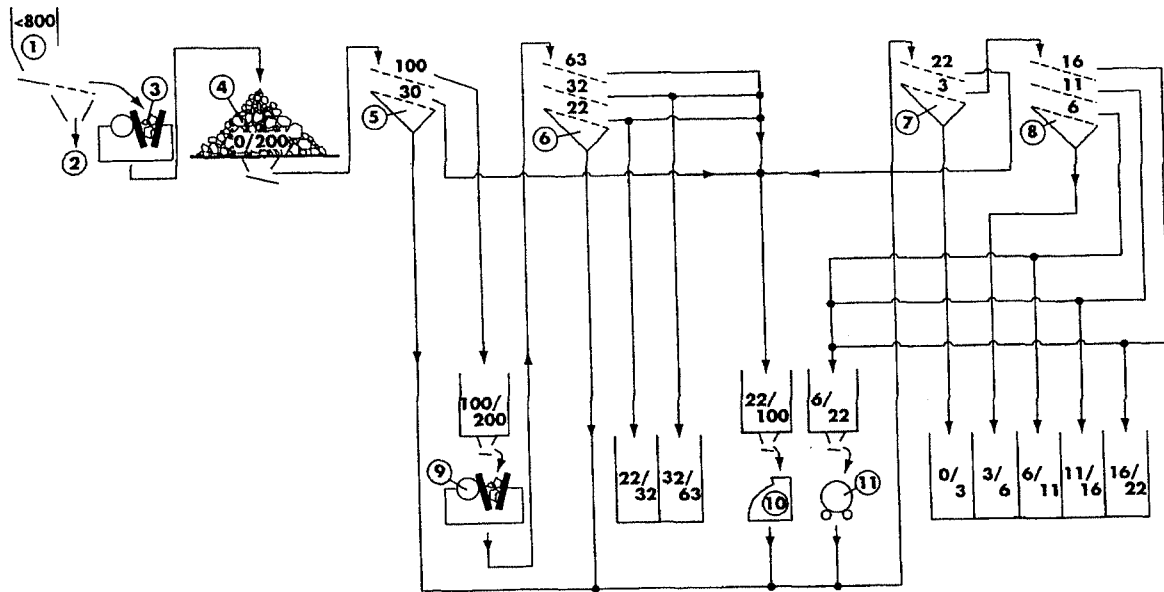
Die Verkehrstechnische Lage bedingte bei etlichen Steinbrüchen die Aufgabe aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen. Aber auch Interessenkonflikte im Rahmen von Abbaubewilligungs- beziehungsweise Erweiterungsverfahren führten zum Auflassen von Steinbrüchen.

## 2.7 Herstellung von gebrochenen Hartgesteinsprodukten

### 2.7.1 **Abbau und Aufbereitung**

Hartsplitte und Hartschotter werden aus kompaktem, anstehendem Fels durch Bohren und Sprengen gewonnen. Die weitere Verarbeitung erfolgt mittels mehrfachen Brechens und anschliessender Aussiebung der verschiedenen Körnungen. Eine beherrschte Produktion erlaubt, die strengen Qualitätsforderungen der Schweizer Normen und Weisungen SBB für Schotter und Splitte zu erfüllen, ohne dass in einem modernen Steinbruch Abfallprodukte entstehen.

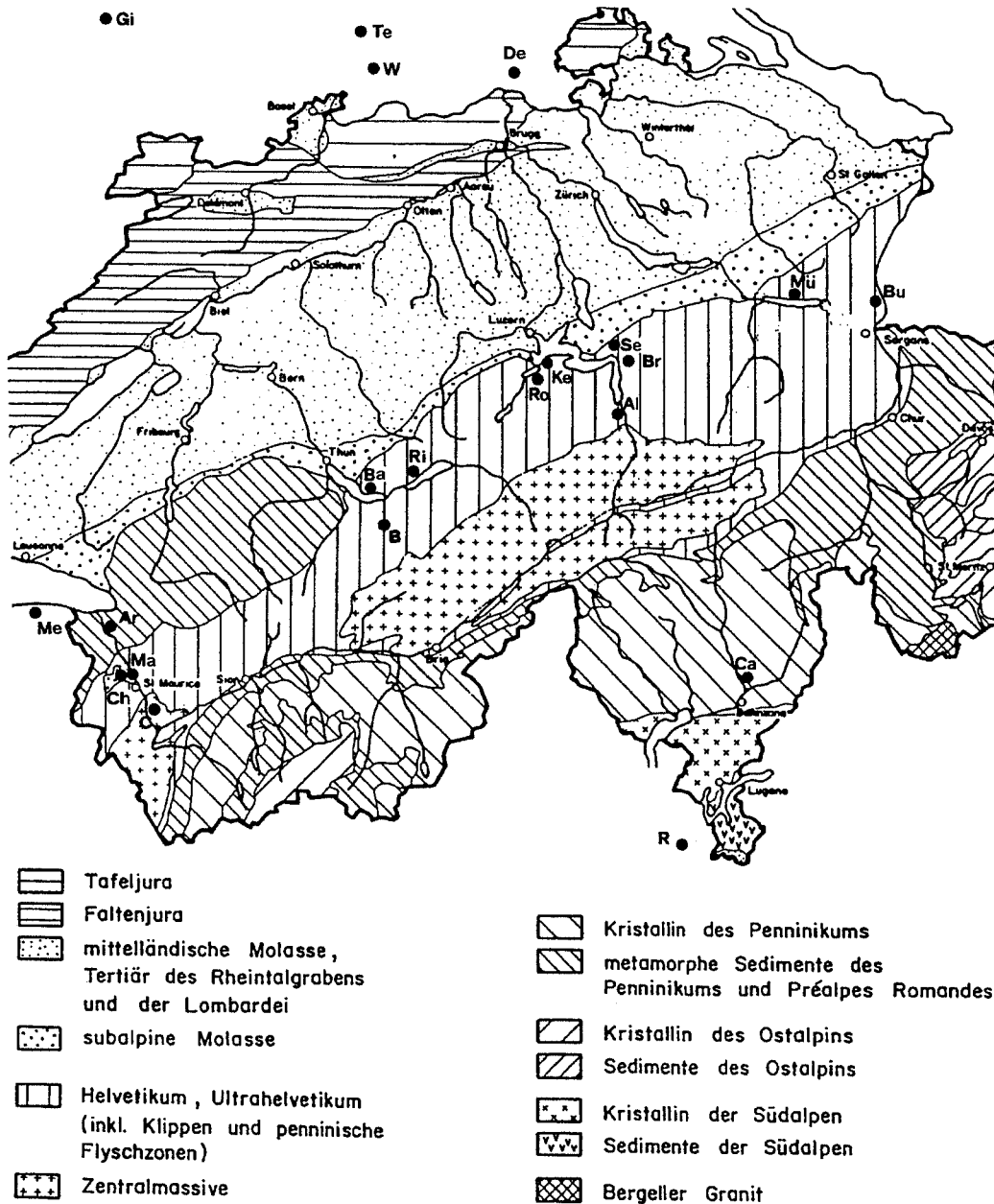
**Vereinfachtes Materialfluss-Schema eines Schotterwerkes**



**2.7.2 Möglichkeiten der Qualitätsverbesserung von Hartgesteinsprodukten beim Abbau und der Aufbereitung**

VORGANG	BEEINFLUSSTE PARAMETER
<b>Abbauplanung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• separater Abbau ungeeigneter Gesteinsschichten</li> <li>• Abbauart (Mächtigkeit und Breite der Strossen: Separierung durch horizontalen Abbau, Homogenisierung durch vertikalen Abbau)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petrographie</li> </ul>
<b>Sprengen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung Bohrlöcher, Bohrlochabstand</li> <li>• Ladung (Menge, Verteilung), Zwang</li> <li>• Zündung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korngrösse</li> <li>• Petrographie einzelner Kornklassen</li> <li>• Festigkeit</li> </ul>
<b>Aufbereitung: Stückgutabscheidung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petrographie</li> <li>• Kornform</li> </ul>
<b>Aufbereitung: Brechen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Art der Brecher, Brechereinstellung, kontinuierliche Beschickung, Zustand der Verschleissteile</li> <li>• Zerkleinerungsgrad (Öffnungsweite Brecher)</li> <li>• Anzahl Brechvorgänge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Petrographie</li> <li>• Kornform</li> <li>• Kornverteilung</li> </ul>
<b>Aufbereitung: Siebanlage</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionierung Siebe, Aufgabemenge</li> <li>• Einstellung Siebe (Siebhub, Drehzahl)</li> <li>• Zustand Verschleissteile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kornverteilung</li> <li>• Über-, Unterkorn</li> <li>• Kornform (Schlitzsiebe)</li> </ul>
<b>Aufbereitung: Entstaubung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reinheit</li> </ul>

**2.8 Die heutigen Abbauorte für Hartgesteine**  
(Masstab 1:500'000)



Berücksichtigt wurden in der Karte alle Standorte, wo mehr als 20'000 Tonnen Hartgesteine pro Jahr abgebaut werden:

Signatur Karte	Werk	Mitglied VSH	Gestein	Bemerkungen
Me	Les Etallins F-Meillerie		Kieselkalk (Lias)	
Ar	Arvels, Villeneuve	X	Kieselkalk (Lias)	Erweiterung in Planung

Ma	Losinger, Massongex	(X)	Grès des carrières	Zusammenschluss beider Unternehmen. Abbaugebiete erschöpft. Neues Abbaugebiet „les Fréneys“ in Vorbereitung.
Ch	FAMSA Choëx	X	Grès des carrières	Bergsturzmaterial
C	Conforti SA, Collonges		Gneis Permo-Karbon- Gesteine	
Ba	Balmholz, Sundlauenen	X	Kieselkalk (Hauterivien)	Abbau für die nächsten 40 Jahre gesichert
Ri	Ringgenberg		Kieselkalk (Valanginien)	Hauptsächlich Werksteinproduktion Lieferant Brünigbahn
B	Blausee-Mitholz	X	Bergsturzmaterial, Kieselkalk, Flyschsandstein	Gegenwärtig hauptsächlich Verarbeitung Ausbruchmaterial NEAT
Ro	STEINAG, Rozloch	X	Kieselkalk (Hauterivien)	Gesteinsreserven im heutigen Abbaugebiet reichen noch für ca. 3 Jahre. Versuch mit Untertagebau. Neues Abbaugebiet Rüti in Planung
Ke	Kehrsiten	X	Kieselkalk (Hauterivien)	
Se	KIBAG, Seewelen	X	Kieselkalk (Hauterivien)	
Br	Brunnen (HOLZIM)	X	Sandkalke, Grünsandsteine (mittlere Kreide)	Hauptsächlich Abbau von Kalken zur Zementherstellung. Ein Teil der Abdeckung erlaubt die Herstellung von Hartgesteinsprodukten.
Al	Altdorf (Gasperini)	X	Flyschsandstein	
Mü	Mühlehorn-Quinten	X	Kieselkalk (Hauterivien)	Abbau wird in ca. 8 Jahren eingestellt
Bu	Sevelen, Buchs	X	Grünsandstein (mittlere Kreide)	Betrieb eingestellt. Erweiterung Abbaugebiet in Planung
Ca	Castione		Kalksilikاتفels	Konkurs
R	Rasa, I-Varese		Vulkanit (Perm)	
De	D-Detzeln		Gneis-Anatexit und Ganggesteine	
W	Wickartsmühle D-Säckingen		Gneis	
Te	D-Tegernau		Granit, Granitporphyre	
Gi	Lepuix-Gy, F-Giromany		Vulkanit	

## 2.9 Das Problem der Standortwahl, Alternativstandorte, Abbau unter Tage

### 2.9.1 Standortqualität

Betreiber von Steinbrüchen überprüfen laufend die Standortqualität. Die Standortwahl wird auf Grund der geologisch-technischen Aspekte und der Wirtschaftlichkeit getroffen. Das „Steinbruchsterben“ führte zur Auswahl der geeignetsten Abbaustellen. Für jeden aktuellen Abbaustandort der Hartgesteinsindustrie besteht mittlerweile eine Umweltverträglichkeitsprüfung, die hauptsächlich politische und ökologische Aspekte, mit Schwergewicht der Verträglichkeit in der Landschaft, beinhaltet. Bei der Ausscheidung von BLN-Gebieten störte das Vorhandensein eines Steinbruchs nicht. An den meisten Abbaustandorten hatte die Umweltverträglichkeitsprüfung und das Baubewilligungsverfahren Rahmenbedingungen zur Folge, welche die Produktion verteuerten und den Abbau erschwerten oder sogar zur Einstellung des Betriebes führten. SCHWARZ (1983) versuchte die komplexe Entwicklung des Standortproblems darzustellen, indem er nur die wichtigsten Kriterien betrachtete.

### 2.9.2 Kriterien für die Standortwahl

- **Qualitäts- und quantitätsbezogene Kriterien**

Die stetig steigenden Anforderungen an die Gesteinsqualität waren bestimmend für die Standortwahl, wodurch das Potential an Steinbruchstandorten laufend abnahm. Eine Kompensation zur Abnahme des Standortpotentials konnte nach SCHWARZ (1983) nicht erfolgen, da „...das Potential an nutzbaren Gesteinen in der Schweiz mittlerweile praktisch vollständig bekannt ist und demzufolge kaum mehr bedeutende Entdeckungen zu erwarten sind“. Fazit von SCHWARZ (1983): „Es wurde und wird immer schwieriger, Standorte für Steinbrüche zu finden, an denen die Anforderungen sowohl an die Qualität des Gesteins als auch an die Ausdehnung des Vorkommens optimal erfüllt waren respektive sind“.

- **Technisch-ökonomische Kriterien**

Die Mechanisierung der Natursteingewinnung und der Ausbau des Strassen- sowie Eisenbahnnetzes ermöglichte den Abbau von neuen Vorkommen. Die Zahl der möglichen Abbaustandorte wurde jedoch durch die erforderliche Erschliessung für schwere Maschinen und die klimatischen Verhältnisse, die die jährliche Abbaudauer nicht zu stark beschränken dürfen, wiederum vermindert. Fazit von SCHWARZ (1983): „Der wachsende Zwang zur Berücksichtigung von immer mehr technischen und vor allem ökonomischen Aspekten bei der Standortwahl für neue Steinbrüche bewirkte eine zunehmende Konzentration der möglichen Abbaustandorte in niedriger Höhenlage.....sowie in der Nähe der Verkehrslinien“.

- **Politische Kriterien**

Der Bedeutungsverlust der Steinbrüche und die zunehmende Unterlegenheit des Natursteinabbaus gegenüber anderen Bodennutzungen respektive Interessen, blieb gemäss SCHWARZ (1983) nicht ohne Auswirkungen auf das Bewilligungsverfahren: „In diesem Verfahren entscheidet die öffentliche Hand über die Gewährung respektive Verweigerung der Möglichkeit, einen Steinbruch eröffnen, erneut in Betrieb nehmen oder erweitern zu dürfen. Dabei besitzt die öffentliche Hand erheblichen Ermessensspielraum, den sie sowohl zu Gunsten als auch zu Ungunsten des Natursteinabbaus einsetzen kann. Der zunehmende

Verlust an Wohlwollen, welches die Natursteingewinnung lange Zeit bei den Behörden und Amtsstellen genossen hatte, verlief parallel zu einer quantitativen und qualitativen Steigerung der Auflagen und Bedingungen, von denen die Erteilung der Abbaubewilligung abhängig gemacht wurde“.

### **2.9.3 Spielraum zur Standortwahl (Zusammenfassung von SCHWARZ, 1983)**

Massgebend für die Wahl eines Steinbruchstandortes war und ist stets die Übereinstimmung aller wichtigen Kriterien. Ist nur ein einziges wichtiges Kriterium nicht im nötigen Umfang erfüllt, fällt der vorgesehene Standort ausser Betracht. Diese Zwänge nahmen im Laufe der letzten Jahrzehnte laufend zu. Auf den Spielraum, den die Unternehmer bei der Standortwahl besitzen, wirkte sich dies folgendermassen aus:

Eine Vergrösserung des Spielraumes wurde bewirkt durch:

- Die Zunahme der Kenntnisse über die Qualität und Quantität des schweizerischen Natursteinpotentials.
- Die Entwicklung mechanischer Hilfsmittel für den Gesteinsabbau.
- Die Ausdehnung des Verkehrsnetzes.
- Die Entwicklung immer leistungsfähigerer Transportmittel.

Parallel dazu erfolgte eine Verengung des erwähnten Spielraumes durch:

- Die gestiegenen Anforderungen an die Qualität der abgebauten Natursteine.
- Die gestiegenen Anforderungen an den Umfang und die Homogenität der abzubauenden Natursteinvorkommen.
- Den Zwang zur Berücksichtigung von immer mehr ökonomischen Kriterien.
- Die Einflüsse der politischen Kriterien.

Insgesamt war ein Überwiegen der Verengung des Spielraumes zu verzeichnen. Diese Verkleinerung des Entscheidungsspielraumes für die Steinbruchunternehmer hat heute einen Stand erreicht, dass in verschiedenen Regionen bezüglich der Standorte für neue Steinbrüche von einer Verknappung gesprochen werden muss. Es gibt in der Schweiz kaum mehr ungenutzte Standorte, an denen alle Kriterien optimal erfüllt wären, ausser für kleine Steinbrüche. Es dürfte denn auch weitgehend auf die geschilderten Probleme und Entwicklungen zurückzuführen sein, dass seit dem 2. Weltkrieg nur noch wenige Steinbrüche neu eröffnet wurden.

**Der Natursteinabbau in der Schweiz entwickelte sich auf diese Weise insgesamt zu einem Gebilde mit zunehmender Labilität. In wachsendem Masse genügt die plötzliche Verschärfung eines wichtigen Problems und damit der Standortbedingungen, um Unternehmer zu einer Stilllegung von Steinbrüchen zu zwingen.**

### **2.9.4 Alternativstandorte**

Die für den Abbau von Hartgesteinen nutzbaren Gesteinsschichten wurden im geotechnischen Umwelt-Atlas der Schweiz dargestellt (Schweizerische Geotechnische Kommission). Ein Vergleich mit der Darstellung der

Landschaftsschutzgebiete und dem Klimaatlas der Schweiz<sup>24</sup> (Gebiete mit Durchschnittstemperaturen im März und November  $> 0^{\circ}\text{C}$ ) zeigt, dass an möglichen Alternativstandorten frühere Abbaustellen aufgelassen wurden. Die Standortgebundenheit der heutigen Hartsteinbrüche ist ein Resultat der Selektion und wurde in unveröffentlichten Gutachten für alle Regionen nachgewiesen<sup>25</sup>.

### 2.9.5 Gesteinsabbau unter Tage<sup>26</sup>

Bei der Gewinnung über Tage können in Abhängigkeit der Bonität und Quantität der Lagerstätte, Produktivitäten von bis zu 100'000 Tonnen pro Mannjahr erreicht werden. Im Abbau unter Tage liegen die erzielbaren Höchstproduktivitäten bei etwa 20'000 Tonnen pro Mannjahr mit Spitzenwerten bis zu 40'000 Tonnen pro Mannjahr. Die Produktivität ist abhängig von den Gebirgsverhältnissen und der Lagerstättenmächtigkeit. Abbau unter Tage setzt ein standfestes, tektonisch wenig gestörtes Gebirge voraus. Das Kostenverhältnis zwischen dem Abbau über Tage und unter Tage liegt bei 1 : 5 bis 1 : 10 und wird massgeblich bestimmt von der Technik des Abbaus (Tiefbau oder Stollen- bzw. Kavernenbau). Ab einer Endteufe von rund 200 Meter ist der Abbau unter Tage für Hartgesteine völlig unwirtschaftlich. Da die Dachbehandlung beim Abbau unter Tage von Hartgesteinen neben Sicherungsmassnahmen ein Festenbau (tragen des überlagernden Gebirges durch Teile der Lagerstätte) erfordert, liegt die effektive Nutzung des Rohstoffvorkommens bei 20 bis 30 % des abbaubaren Volumens (Versatzbau nicht möglich, da zum Verfüllen der Abbauhohlräume zu wenig Material anfällt). Der erhöhte Sprengstoffverbrauch bei Örtler- oder Kammerabbau (Bruchbau bei Hartgesteinen nicht möglich) erfordert hohe Sprengstoffmengen und Sprengen unter Zwang. Mikrorissbildung und damit Schwächung des Gesteins bezüglich Verwitterungsbeständigkeit und mechanischer Festigkeiten sind die Folge.

### 2.10 Schlussfolgerungen

- Die mineralogische Zusammensetzung, die Art der Gesteinsbildung, die das Gefüge massgeblich beeinflusst, und weiter geologische Vorgänge bestimmen schlussendlich die Gesteinseigenschaften.
- Die Geologie der Schweiz mit verschiedenen tektonischen Einheiten, veranschaulicht, dass nur sehr wenige Gesteinsvorkommen zum Abbau von Hartgesteinen geeignet sind, so Kieselkalk der Kreide, Grünsandsteine der Oberkreide (abbaubare Vorkommen auf die Ostschweiz beschränkt) sowie alpine Sandsteine des Eozäns und die Grès des Carrières des Oligozäns (einzige Vorkommen im Unterwallis).

<sup>24</sup> Schweizerische Meteorologische Anstalt (Gesamtleitung: KIRCHHOFER, W.).

<sup>25</sup> DIETRICH, V. + WAHRENBERGER, CH. (1997): Hartgesteinsvorkommen der Ost- und Zentralschweiz.

GERBER, M. ED. (1987, 1988, 1997, 2000): Vorkommen und Produktion mineralischer Rohstoffe für die Herstellung gebrochener Materialien im Unterwallis.- Diverse Berichte.

GERBER, M. ED. (1982 ff): Diverse Gutachten zur Standortgebundenheit von Steinbrüchen im Rahmen der Erweiterung (Rozloch, Balmholz, Mühlehorn-Quinten, FAMSA, Buchs).

SCHNEIDER, T. (1974, 1999): Berichte zur Rohstoffsituation in der Zentralschweiz.

BURRI, M. (1992): Erkenne die Natur im Wallis.- Editions Pillet-Martigny.

<sup>26</sup> Verwendung der Unterlagen und Angaben von MOSER, P. (Institut für Bergbaukunde Montanuniversität Leoben/Österreich).

- Ein historischer Abriss über die Prospektion und Evaluation von technisch nutzbaren Hartgesteinen zeigt, dass die heutigen Abbaustandorte das Ergebnis umfangreicher Untersuchungen sind.
- Damit ein Gesteinsvorkommen bei der Eignungsuntersuchung und das Gestein bei der Eignungsprüfung zur Herstellung von Hartgesteinsprodukten geeignet ist, müssen eine Vielzahl von geologisch-technischen und ökologisch-politischen Kriterien erfüllt sein. Die Betrachtung der Herstellung felsgebrochener Hartgesteinsprodukte zeigt, dass eine aufwändige Aufbereitung und Verarbeitung nötig ist, um die heutigen normierten Qualitätsanforderungen zu erfüllen.
- Die zeitliche Entwicklung der Abbaustellen für felsgebrochene Produkte veranschaulicht, dass in den letzten 50 Jahren von einem eigentlichen „Steinbruchsterben“ gesprochen werden muss. Wirtschaftlichkeit, Qualitätsansprüche, die Geometrie des nutzbaren Gesteinskörpers aber auch die verkehrstechnische Lage sowie planerische Interessenkonflikte führte zur Konzentration des Abbaus auf wenige, geeignete Standorte und zur Strukturveränderung der Branche, d.h. zur Entwicklung vom Gewerbe zur Industrie.
- Die Diskussion des Problems der Standortwahl sowie die Prüfung von Abbau unter Tage ergeben, dass der Spielraum für Alternativstandorte klein ist.

## 3 Normierung

### 3.1 Einleitung

Verkehrswege und Menschheitsgeschichte sind miteinander verknüpft. Die Transportmittel bestimmten weitgehend die Qualitätsanforderungen an den Verkehrswegebau<sup>27</sup>. Schon die Babylonier bauten Strassen mit einem Unterbau und Tonplattenbedeckung, wobei die Fugen ausgegossen wurden. Der hohe Standard der römischen Strassen ist bekannt. Erdbewegungen wurden ausgeführt und Kunstbauten wurden erstellt. Die Kofferung der Strassen und die Verschleisschicht wurde den Bedürfnissen, dem Klima, dem Untergrund und den verfügbaren Baumaterialien angepasst. Weitverzweigte und gut ausgebaute Verkehrswege sicherten militärische und wirtschaftliche Erfolge und damit den Aufstieg des römischen Reiches. Im Mittelalter wurde der Verkehrswegebau mit Ausnahme der Zeit der Kreuzzüge vernachlässigt. Im Spätmittelalter führte die Entwicklung der Städte und der damit verbundene Handelsverkehr wiederum zum Bau von Strassen. Das Pferd wurde vom Trag- zum Zugtier. Erst Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde der Strassenbau professionalisiert. Bekannt sind die „Routes Nationales“, die Napoleon erstellen liess. 1820 stellte der schottische Ingenieur John Mac-Adam Richtlinien für die Strassenbeschotterung auf: Um eine tragfähige und wasserundurchlässige Schicht zu erhalten, forderte er, dass die verwendeten Schotterstücke von einheitlicher Abmessung, kantiger Form und frei von erdigen oder tonigen Bestandteilen sein müssen. Erstmals 1800 in Paris und 1836 in England wurden Gussasphaltbeläge zur Verminderung des Lärms eisenbereifter Fahrzeuge, und zur Bekämpfung der Staubplage sowie zur Verbesserung der Entwässerung hergestellt. Erste Versuche mit Stampfasphaltbelägen folgten. Als Bindemittel wurde Naturasphalt (Kalksteinasphalt, Trinidadseeasphalt), vereinzelt auch schon Teer verwendet. Die Erfindung des Autos (1875 Siegfried Marcus, 1886 Benz und 1887 Daimler) und der Luftbereifung (1888 John Dunlop) leitete die Epoche des neuzeitlichen Strassenbaus ein. 1905 folgten erste Versuche durch den Walliser Arzt Dr. Guglielminetti („Dr. Goudron“) in Genf und Monte Carlo mit heissem Rohteer, der auf die Strasse aufgespritzt wurde. Der Zürcher Aeberli verwendete Teer in Verbindung mit dem Makadamverfahren, indem Schotter anfänglich mit Rohteer, später mit destilliertem Teer umhüllt wurden. Eine Reihe verschiedener Belagstypen wurden empirisch entwickelt. Nach dem ersten Weltkrieg nahm der motorisierte Verkehr einen raschen Aufschwung. Die Strassenbautechnik wurde zur Wissenschaft, um den erhöhten Anforderungen bezüglich Gewichts- und Verkehrsbelastung sowie steigenden Fahrzeuggeschwindigkeiten gerecht zu werden. Diese Entwicklung nahm nach dem zweiten Weltkrieg rasch zu und verschiedene Verfahren bituminöser Bauweise wurden entwickelt (Oberflächenbehandlung, Tränkung, Mischmakadam, Kaltverfahren u.a.).

### 3.2 Normierung im Strassenbau

Die Qualitätsanforderungen bezüglich Widerstandsfähigkeit gegenüber erhöhten mechanischen Beanspruchungen bedingten systematische Untersuchungen der chemischen, insbesondere physikalischen Eigenschaften der bituminösen Bindemittel und der mineralischen Zuschlagstoffe was zur Formulierung von Richtlinien bezüglich Kornabstufung führte. Forderungen bezüglich Verkehrssicherheit und Alterung bedingten weitere Qualitätsanforderungen bezüglich

<sup>27</sup> ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR BITUMINÖSEN STRASSENBAU (1953): Neuzeitlicher bituminöser Strassenbau.

Rauhigkeit, Griffigkeit und Elastizität beziehungsweise Verformbarkeit und Beständigkeit bei hoher Temperaturbeanspruchung.

Über die Entwicklung der Methoden zur Gesteinsprüfung gibt A. STAHEL (1968) einen guten Überblick.

1932 wurde von der VSS die schweizerischen Pflastersteinnormen (Normblatt 70400) herausgegeben. HERTIG (1936) führt aus: „Die Steinpflasterung ist ein wichtiger Faktor im Fahrbahnbau geblieben, ja sie ist oft der einzige Belag, der im Stande ist, der Gesamtheit der Anforderungen befriedigend zu entsprechen“. Der Schnellverkehr führte jedoch sehr rasch zu Problemen mit den Fugen. 1937 (schweizerische Baumeister- und Zimmermeister-Zeitung) wurde festgestellt, dass die häufige Wellenbildung bei Teer- und Asphaltstrassen auf das Einwalzen zurückzuführen ist, sofern bei der Wahl der Mineralstoffe und ihrer Zusammensetzung kein Fehler gemacht wurde. A. PETER (1937) verfasste eine zusammenfassende Arbeit über die Belastung der Strassen und der daraus resultierenden Qualitätsanforderungen.

### **SNV 70101 Sieblochungen und Korngrössen für die Sortierung von Natur-Kies, -Sand und gebrochenem Material (1937)**

Die Arbeit zu dieser ersten Norm wurde 1933 durch eine Spezialkommission bestehend aus Vertretern der EMPA, der VSS, des SIA, der Produzenten und Abnehmer sowie der Fabrikanten von Sortiervorrichtungen in Angriff genommen. Die Entwicklung gewisser Bauverfahren (armierter Beton, Strassenbeläge u.a.) und namentlich auch wirtschaftliche Aspekte bedingten die Einführung einer Grundnorm bezüglich Sieblochungen und Korngrösse. 27 Lochgrössen waren damals in der Schweiz für Grobsiebe gebräuchlich (90, 85, 80, 70, 65, 60, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 22, 20, 18, 16, 15, 14, 13, 12, 10, 8, 7, 6, 5, 4 und 3 mm). In Deutschland bestand schon die DIN 1179 mit 11 normierten Lochgrössen, in Amerika waren 8 normierte Lochgrössen gebräuchlich. In der Schweiz einigte man sich auf die Rundlochreihe 90, 65, 45, 30, 20, 15, 12, 10, 8, 5 und 3 mm. Quadratlochsiebe waren ebenfalls zulässig mit der modifizierten Siebreihe 72, 52, 36, 24, 16, 12, 10, 8, 6, 4 und 2.5 mm. Bei den Feinsieben wurde die Maschensiebreihe nach DIN 1171 übernommen (1, 0.6, 0.43, 0.38, 0.2, 0.1, 0.09, 0.075 und 0.06 mm).

### **STUAG-Normen für bituminöse Mischbeläge (1939)**

Es wurde erkannt, dass der richtige Kornaufbau des Mineralgerüsts für bituminöse Mischbeläge ein Hauptfordernis ist. Es wurden 9 verschiedene Sieblinien für die Gruppe der Beläge, die nach dem Prinzip des kleinsten Porenvolumens im Mineralgerüst hergestellt werden, für sogenannte nachverdichtbare Beläge und für Unterschichten, dargestellt. Vorschriften bezüglich Kornform und Petrographie (nötige Festigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse und Hitze, Sauberkeit und neutrales Verhalten. Gips wird explizit ausgeschlossen). Für die Wahl des Bindemittels werden keine konkreten Angaben formuliert, jedoch wird ein verbleibender Hohlraumgehalt von 3 bis 5 Volumenprozent gefordert. Zur Dosierung der optimalen Bindemittelmenge wird auf Laborversuche an Prüfkörpern verwiesen. Die Bedeutung des Fillers wurde erkannt: Das Material muss den Anforderungen an die Gesteinsqualität entsprechen. Fillern aus Hartgestein wird der Vorzug gegeben und bezüglich Mahlfineinheit sollten 80 % der Körner < 0.09 mm sein.

Als kriegswirtschaftliche Massnahme, wurde 1939 durch die Landesregierung die Verwendung von Strassenteer aus den schweizerischen Gaswerken propagiert. Von den damals verwendeten 42'000 Tonnen Bindemittel sollten jährlich 25'000 Tonnen

Strassenteer verwendet werden (zentral aufbereitet in der Schweizerischen Teerindustrie AG in Prattelen). Dazu wurde durch die Actophalt AG die Verwendung von Actophaltfiller postuliert. Diese Werbebroschüre von 1940 stützt sich für die Herstellung von Teerasphalbeton-Belägen auf die Stuaq-Norm.

**Die schweizer Normen (SN)**

1959: SN 70 710 „Splitt und Schotter, Grösse“ und SN 70 720 „Splitt und Schotter, Form“

Die Kubizität, beziehungsweise das Verhältnis des kleinsten zum grössten Durchmesser wurde definiert als  $> 0.4$  mit folgenden Anforderungen bezüglich Formarten: max. 2 Zahl-% ganz gerundete Körner, max. 33 Zahl-% teilweise gerundete Körner mit natürlichen Abrollflächen, die mehr als  $1/5$  der Gesamtoberfläche ausmachen, min 55 Zahl-% kubische Stücke.

1965: SN 70 710 a „Splitt und Schotter, Grösse“

Die vier Splitt-Körnungen 3/6, 6/10, 10/16 und 16/25 mm werden wie auch die zwei Schotter-Körnungen 25/40 und 40/63 mm beibehalten. Der Anteil Über- und Unterkorn wird eingeschränkt.

SN 70 720 „Splitt und Schotter, Form“

SN 70 740 „Sand und Kies für HMT“

Die zulässige Höchstmengen an petrographisch ungeeigneten Anteilen wird definiert:

Ungeeignete Anteile	Zulässige Höchstmenge im Gesamtgemisch in Gew-%
Grobe Glimmerblätter $> 3$ mm	2
Feine Glimmerblättchen, Glimmer-, Chlorit-, Talk- und Tonschiefer	5
Grobkristalliner Kalkspat, weiche Molassesandsteine, Mergelkalke, stark poröse sowie verwitterte, mürbe Körner	10

Sind Anteile aus mehreren Gruppen vorhanden, darf die zulässige Höchstmenge max. 10 Gew-% betragen.

SN 70 760 „Rundsand für bituminösen Belagsbau“

Zur Korrektur der Kornabstufung der Körnung 0.2/3 mm ist der Zusatz von höchstens 25 Gew-% gebrochenen Materials zulässig.

SN 70 765 „Brechsand für bituminösen Belagsbau“

Es wird zwischen fillerarmem (0.2/3 mm) und fillerreichem (0/3 mm) Brechsand unterschieden.

Die zulässige Höchstmengen an petrographisch ungeeigneten Anteilen wird für Brech- und Rundsande definiert:

	Zulässige Höchstmenge in Gew-%			
	Verschleisssschicht		Ausgleichsschicht	
	bezogen auf		bezogen auf	
	Sand	Mineralmischung	Sand	Mineralmischung
Glimmerblättchen, Glimmer-, Chlorit-, Talk- und Tonschiefer	4	2	12	5
Grobkristalliner Kalkspat, weiche Molassesandsteine, Mergelkalke, stark poröse sowie verwitterte, mürbe Körner	10	5	15	6

- 1972 Zusammenfassung Splitt und Schotter, Grösse und Form zur SN 670 710 b. Die Anforderungen bezüglich petrographisch ungeeigneter Anteile werden verschärft:

Ungeeignete Anteile	Zulässige Höchstmenge in Gew-%
Grobe Glimmerblättchen, Glimmer-, Chlorit-, Talk- und Tonschiefer	2
Grobkristalliner Kalkspat, weiche Molassesandsteine, Mergelkalke, stark poröse sowie verwitterte, mürbe Körner	5
Sind Anteile aus beiden Gruppen vorhanden, so darf deren Summe 5 Gew-% nicht überschreiten.	

Für Verschleisssschichten von Strassen mit TF > 1001 sowie für Beläge von stark beanspruchten Strassen (z.B. Bushaltestellen, STOP-Strecken, Ein- und Ausfahrten bei Autobahnen) muss jede Splittkörnung mindestens 60 % harte Körner enthalten.

Für Splitte werden Anforderungen bezüglich Zertrümmerungsgrad und Los-Angeles-Koeffizienten festgelegt:

	Höchstzulässiger Zertrümmerungsgrad			
	3/6mm	6/10mm	10/16mm	16/25mm
Verschleisssschicht TF>1000	15	17	19	21
Verschleisssschicht TF 101...1000	17	19	21	23
Verschleisssschicht TF 1...100	19	21	23	25
Ausgleichsschicht TF>1000	18	20	22	24
Ausgleichsschicht TF 101...1000	20	22	24	25

	Höchstzulässiger Los-Angeles-Koeffizient			
	3/6mm	6/10mm	10/16mm	16/25mm
Verschleisssschicht TF>1001		20		18
Verschleisssschicht TF 1...1000		22		20
Ausgleichsschicht TF>1001		24		22
Ausgleichsschicht TF 101...1000		25		23

Die Anforderungen bezüglich Kornform und Kornrundungen für Verschleisssschichten TF > 1001 werden verschärft: max. 35 Zahl-%, nichtkubische Körner, max. 20 Zahl-% teilweise runde Körner, 0 Zahl-% runde Körner.

Zusammenfassung und Revision „Rundsand für bituminösen Belagsbau“ sowie „Brechsand für bituminösen Belagsbau“ zur SN 670 750 „Sande für bituminöse Beläge“.

Die Härte der Körner wird aufgrund der Druckfestigkeit und dem Gehalt an harten Mineralien definiert. Für Verschleisssschichten mit TF > 1001 müssen Sande mit mindestens 60 % harten Gesteins- und Mineralkörnern verwendet werden. Für stark beanspruchte Strassenstrecken (z.B. Bushaltestellen, STOP-Strecken, Ein- und Ausfahrten bei Autobahnen) sind ausschliesslich Brechsande zulässig; diese müssen mindestens 60 % harte Körner aufweisen.

- 1976 SN 670 760 „Filler für bituminöses Mischgut“: Die Ausgangsmaterialien (beständige Gesteine von festem und kompaktem Mikrogefüge) zur Herstellung von industriellem Filler und Rückgewinnungsfiller werden

beschrieben, ebenso die Korngrößenverteilung und der höchstzulässige Gehalt an ungeeigneten Anteilen. Der Hohlraumgehalt nach Ridgen und der Erweichungspunkt „Ring und Kugel“ sowie die Volumenveränderung durch Wasserlagerung und die Sauberkeit werden festgelegt.

- 1979 Erneute Revision der Qualitätsvorschriften für mineralische Baustoffe  
Herausgabe SN 670 710 c „Splitt und Schotter für den bituminösen Strassenbau“ (vgl. GRÜNBAUM, H., 1980):  
Für Schotter werden nun auch wie bei den Splitten Anforderungen bezüglich Zertrümmerungsgrad und Los-Angeles-Koeffizienten festgelegt:

	Höchstzulässiger Zertrümmerungsgrad		Höchstzulässiger Los-Angeles-Koeffizient	
	25/40mm	40/63mm	25/40mm	40/63mm
Ausgleichsschicht TF>1000	26		22	
Ausgleichsschicht TF 100...1000	27		23	
Tränkungen $Z_D^*$	27	28		
$Z_S^*$	25	25		

\* Zertrümmerungsgrad bei Druck beziehungsweise Schlag

Bezüglich Sieblinien-Bereiche der Schotter 25/40 und 40/63 mm wird zwischen „einzuhaltenden“ und „empfohlenen“ Grenzen unterschieden. Die Vorschriften betreffend Sauberkeit beziehungsweise Verunreinigungen wurden von 1 auf 0.5 Gew% (Feinkorn < 0.63 mm) verschärft.

Für Splitte wird neu die Polierbarkeit gemäss British Standard (BS 812, 1975) mit folgenden Anforderungen eingeführt:

Verschleisschichten	TF > 1000	min 50 SRT-Einheiten
Oberflächenbehandlungen	TF > 100	min 50 SRT-Einheiten
Übrige Fahrbahnoberflächen		min 45 SRT-Einheiten

Das mineralische Feinkorn (< 0.63 mm) für Splitte wurde von 0.5 auf 1 Gew-% erhöht. Für Splitte zur Oberflächenbehandlung wurde der Wert 1 Gew-% belassen.

- 1980 SN 670 730 „Sand und Kies für Beläge und HMT“ als Zusammenfassung der bisherigen SN 670 740 (Sand und Kies für HMT), SN 670 745 (Sand und Kies für Zementbetonbeläge) und SN 670 750 (Sande für bituminöse Beläge)  
Für Rundsande wurden die Körnungen 0.1/4 und 0.2/3 mm zur Sorte 0/4 mm zusammengefasst.
- 1988 SN 670 710 d „Sand, Kies, Splitt und Schotter für Beläge“ ersetzt SN 670 710 c und SN 670 730  
Die Umstellung auf Quadratlochsiebe hat andere Nominalkörnungen zur Folge:  
Splitt: 3/6, 6/11, 11/16 und 16/22 mm, zusätzlich wird die Körnung 6/8 mm für Gussasphalt definiert.  
Schotter: 22/32 und 32/63 mm.  
Der Feinanteil < 0.5 mm wird für die einzelnen Körnungen definiert.  
Der Anteil nichtkubischer Körner wird generell auf 45 Zahl-% beschränkt, für Deckschichten aus Mischgut Typ S auf 40 (Körnungen > 11 mm) beziehungsweise 35. Der Anteil teilweise runder Körner für Deckschichten aus

Mischgut Typ S wird für Körnungen > 11 mm auf max. 25 Zahl-% erhöht (runde Körner: max. 1 Zahl-%).

Die zulässige Menge an Verunreinigungen wird präzisiert und verschärft. Zusätzlich werden die zulässigen Höchstmengen ungeeigneter Körner für Betonbeläge bestimmt und der Begriff „Hartsplitt“ (min. 60 % harte Gesteinskörner) wird eingeführt.

1998 SN 670 710 e ersetzt SN 670 710 d

Die Erkenntnis, dass die Beschaffenheit der Kornkanten das Verformungsverhalten eines Belags (Spurrinnenbildung) beeinflusst führt zu Vorschriften bezüglich Brechertyp, da diese Eigenschaft nicht im Laborversuch bestimmt werden kann. Der Anteil nichtkubischer Körner darf neu 20 bis 50 Zahl-% betragen. Der Zertrümmerungsgrad wird nicht mehr bestimmt. Die fehlerhafte Norm SN 670 710 d wird sieben Monate später (Dezember 1988) durch die Norm SN 670 130 ersetzt.

SN 670 760 a ersetzt SN 670 760 mit Änderung der versteifenden Wirkung.

Am 21. Dezember 1988 wurden die europäischen Bauprodukterichtlinien erlassen zur Abschaffung der in den nationalen technischen Regelwerken enthaltenen Handelshemmnisse und zur Sicherstellung der Qualität der Produkte, die für die Realisierung eines Bauwerks verwendet werden sowie zur Übernahme der Verantwortung für das technische Regelwerk durch nationale Behörden. Die europäischen Normen enthalten die Definition der zur Beschreibung eines Produktes erforderlichen Eigenschaften und Prüfverfahren zur Bestimmung der Anforderungen eines Produktes für die zu erfüllenden Eigenschaften. Das Festlegen der Anforderungen (Leistungsklassen oder Minimalwerte) erfolgt in nationalen Vorworten und Anhängen.

Mittlerweile wurde das nationale Vorwort (Version Februar 2003) und der Anhang zur Norm EN 13043 „Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Strassen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen“ (Norm vom CEN am 5. Mai 2002 genehmigt) in die Vernehmlassung gegeben. Geplant ist die Inkraftsetzung am 1. Januar 2005.

### **3.3 Normierung im Bahnbau**

1964 wurden die „Technischen Bedingungen für die Lieferung von gebrochenem Schotter und Splitt“ von den Schweizerischen Bundesbahnen (Bauabteilung der Generaldirektion) herausgegeben. Neben Normal- und Feinschotter wird Soufflagesplitt unterschieden. Explizit als geeignete, felsgebrochene Gesteine werden der Kieselkalk, harte Sandsteinsorten, Porphyre und in gewissen Ausnahmefällen fester Kalkstein sowie Marmor erwähnt. Für die Zulassung zur Lieferung wird ein geologisches Gutachten und eine Materialprüfung (EMPA, Materialprüfanstalt der Technischen Hochschule der Universität Lausanne) verlangt. Neben der Korngrösse wird die Form (Länge der Stücke, Dicke der Stücke<sup>28</sup>) beschrieben. Die petrographische Untersuchung wird durch Prüfung der Wetter<sup>29</sup>-

---

<sup>28</sup> Die Dicke wird mit einem Schlitzsieb bestimmt. Die Toleranz in % des Gesamtgewichtes für Stücke mit kleinerer Dicke wird in Abhängigkeit des Zertrümmerungsgrades definiert.

<sup>29</sup> Kristallisierungsversuch (10%ige Natriumsulfatlösung) nach Vorschrift EMPA.

und Frostbeständigkeit<sup>30</sup> ergänzt. Der Zertrümmerungsgrad<sup>31</sup> wird mittels Schlag- und Druckprüfung bestimmt.

Die stärkere Belastung der Bahngleise, bedingt durch Zunahme der Verkehrslast und der Zugsgeschwindigkeit, aber auch das Auftreten von Schäden wegen mangelhafter Lieferqualität, veranlassten die SBB die Lieferbedingungen zu überarbeiten (GERBER M. ED. et al., 1992). Das Reglement R 211.1 „Unterbau und Schotter“ beinhaltet im Anhang 4 die „technische Spezifikation von Bahnschotter“, wo drei Schottersorten definiert werden. Das Qualitätssicherungssystem ist entsprechend der EN ISO 9004 mehrstufig mit verschiedenen Abnahmekontrollen (Schotterwerk, Baustelle, Betriebsgleis) und der Beurteilung des Schotterwerkes aufgebaut: Für die Eignungsuntersuchung des Gesteinsvorkommens wird ein geologisches Gutachten verlangt. Die Eignungsprüfung des Schotters beinhaltet die Prüfung der Kornverteilung, Kornform, Reinheit sowie der Festigkeit bezüglich Schlag und Abrieb im Los-Angeles-Versuch und die Bestimmung des Zertrümmerungsgrades infolge Druckbeanspruchung. Folgende Qualitätsanforderungen werden festgelegt:

Prüfmerkmal		Schotter 1	Schotter 2	Schotter 3
Los-Angeles-Koeffizient	SN 670 835	max 20	max 28	max 35
Zertrümmerungsgrad	SN 670 830	max 27	max 30	max 33

Die Verwitterungsbeständigkeit wird im Kristallisierversuch nach DE QUERVAIN (1967) mit Natriumsulfatlösung bestimmt. 1997 wurde das Reglement für „Unterbau und Schotter“ der neuen Eisenbahnverordnung angepasst. Für Bahnschotter wurde der Anteil nichtkubischer Körner von 40 auf 45 Zahl-% erhöht.

Die europäische CEN-Norm für Bahnschotter ist in Vorbereitung (prEN 13450).

### **3.4 Prinzipielles zu Normen und Schlussfolgerungen**

- Die technische Einsetzbarkeit von mineralischen Rohstoffen und die Wirtschaftlichkeit, unter Berücksichtigung der Gebrauchsstandards und der Lebensdauer des Bauwerks, sind wesentliche Aspekte zur Festlegung von Qualitätsanforderungen.
- Die geologischen und petrographischen Eigenschaften eines Rohstoffvorkommens können durch den Abbau- und Aufbereitungsprozess nur teilweise beeinflusst werden und sind entscheidend für die technische Einsetzbarkeit.
- Eine qualitative Beurteilung mineralischer Baustoffe, beruhend auf allgemeinen Kriterien, ist nicht möglich: Die Anwendung des Rohstoffs bestimmt die Qualitätsanforderungen.
- Durch die natürlichen Eigenschaften der verfügbaren Gesteinsvorkommen und durch ihre vorhandenen Heterogenitäten werden der Festlegung von Qualitätsanforderungen und ebenso der Definition bestimmter Produkte Grenzen gesetzt.
- Die Beobachtung des Langzeitverhaltens eines Werkstoffes ist von grosser Bedeutung und sollte erlauben, die für die Qualitätsbeurteilung wichtigen Materialeigenschaften zu definieren, um diese im Laborversuch zu quantifizieren,

<sup>30</sup> 100 Frostwechsel mit anschliessender Prüfung des Zertrümmerungsgrades.

<sup>31</sup> Qualitätsanforderung:  $Z_s < 25$  und  $Z_D < 28$ .

wobei der Nachweis erbracht werden muss, dass die Experimente oder die Analysen reproduzierbar sind und das wirkliche Verhalten erfassen. Dadurch wird die Materialprüfung zum wichtigsten Instrument der Qualitätssicherung und Kontrolle.

- Durch das stetige Anheben von Qualitätsforderungen, wurde der Markt bestimmt. Die Gefahr der Monopolisierung besteht.

## 4 Konfliktpunkte beim Betrieb von Hartsteinbrüchen (Diskussion von UVP-relevanten Faktoren, Nachhaltigkeit und Nachnutzung)

### 4.1 Einleitung, Gesetzliche Grundlagen, Kriterien

Der Abbau von mineralischen Rohstoffen ist raum- und standortgebunden und führt in stark genutzten Gebieten zwangsläufig zu Interessenkonflikten mit andern Nutzungs- oder Schutzansprüchen, so mit der Land- und Forstwirtschaft, der Siedlungs- und Erholungsnutzung, dem Natur-, Landschafts- und Gewässerschutz. Schon in den siebziger Jahren wurde die Erkenntnis formuliert, dass eine optimale Standortwahl der Abbaugebiete zur Lösung der Interessenkonflikte beitragen kann (B. SCHUBERT, 1976). Zwei mögliche Verfahren, die „Positiv-“ und „Negativplanung“ werden dafür aufgezeigt:

Positivplanung	Negativplanung
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausscheidung von Abbaugebieten und Abbauzonen</li> <li>• Bestimmung der späteren Nutzung und Gestaltung</li> <li>• Vorschriften für die Planung einzelner Abbaubjekte und deren Durchführung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausscheidung von Gebieten und Zonen mit Abbauperbot oder Abbaubeschränkung</li> <li>• Erlass spezieller Vorschriften für allfällige Abbaubjekte in Gebieten mit Abbaubeschränkung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorräte können langfristig gesichert werden</li> <li>• Konfliktmöglichkeiten werden bereinigt</li> <li>• Kombination mit Deponie- und Verkehrskonzepten</li> <li>• Konzepte für Nachnutzung und Gestaltung können erarbeitet werden</li> <li>• Grossräumiger Abbau wird ermöglicht</li> <li>• Sichere Entscheidungsgrundlage für Bewilligungsverfahren liegen vor</li> <li>• Sicherheit für betriebliche Investitionen ist gegeben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung der hauptsächlichlichen Konflikte mit anderen Nutzungs- und Schutzinteressen ist möglich</li> <li>• Entscheidungsgrundlage für Planung und Bewilligung einzelner Abbauprojekte beschränkt gegeben</li> <li>• Beschränkte Sicherheit für betriebliche Investitionen</li> <li>• Weitere Probleme müssen im Rahmen des Planungs- und Bewilligungsverfahrens für Einzelprojekte erfolgen.</li> </ul>

Da nicht alle Kantone über Hartgesteine verfügen und der Markt national betrachtet werden muss, sollte eine interkantonale Zusammenarbeit angestrebt werden.

Abbauvorhaben mineralischer Rohstoffe von mehr als 300'000 m<sup>3</sup> sind UVP-pflichtig. Die **Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)** ist in Artikel 9 des Bundesgesetzes vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (USG) verankert und in der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) vom 19. Oktober 1988 konkretisiert. Zu den bundesrechtlichen Vorschriften, denen die Anlage entsprechen muss, gehören das Umweltgesetz sowie jene Vorschriften, welche den Natur- und Heimatschutz, den Landschaftsschutz, den Gewässerschutz, die Walderhaltung, die Jagd und die Fischerei betreffen. Die UVP untersucht raum- und umweltrelevante Faktoren, wobei der zukünftige Rohstoffbedarf und Substitutionsmöglichkeiten, Standortalternativen, vorhabensbedingte Verkehrsströme sowie Nutzungskonflikte geprüft werden.

Zwischen temporären Auswirkungen während der Abbauphase sowie den bleibenden Auswirkungen auf die Umwelt wird in der UVP unterschieden.

Die Rohstoffgewinnung unter umwelt- und qualitätsrelevanten Aspekten wurde von H.-P. HENNECKE & O. ESPER (1994) dargestellt: War in der Vergangenheit die

Rohstoffgewinnung von technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten bestimmt, muss heute in einer Zeit zunehmender Sensibilisierung für den Umweltschutz und völlig veränderten gesellschaftlich-sozialen Strukturen mit ganz anderen Randbedingungen gerechnet werden. Die Notwendigkeit, den Abbau im Einvernehmen mit der Bevölkerung und den öffentlichen Entscheidungsträgern umweltverträglich zu gestalten, hat eine übergeordnete Bedeutung erlangt. Neben der Problematik des restriktiven Umweltschutzes bei Abbauvorhaben sind qualitätsrelevante Aspekte der Rohstoffgewinnung ein weiterer Einflussbereich im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie. Neben der Problematik des restriktiven Umweltschutzes bei Abgrabungsvorhaben sind qualitätsrelevante Aspekte der Rohstoffgewinnung ein weiterer Einflussbereich im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Ökologie. Ständig steigende Qualitätsanforderungen der Abnehmer von Produkten der Steine- und Erdenindustrie, zunehmend ungünstigere Lagerstättenbedingungen und eingeschränkte Verfügbarkeit neuer Lagerstättenvorkommen erfordern im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Minimierung von Umweltbeeinflussungen qualitative Steuerungsmassnahmen bereits vor dem eigentlichen Aufbereitungsprozess.

## **4.2 UVP-relevante Faktoren**

### **4.2.1 Eingriff in den Naturhaushalt (Fauna, Flora, Geotop)**

Bisherige Untersuchungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsberichten oder Forschungsvorhaben zeigten, dass Steinbrüche bezüglich **Artenvielfalt**, naturnaher und standorttypischer Gestaltung einen reicheren und interessanteren Lebensraum bieten als die weitere Umgebung des Steinbruchs.

Franz-J. NEUHAUS (1987) unterscheidet in Steinbrüchen verschiedene Biotoptypen, die lokal variieren:

#### **Steinbruchwand**

Merkmal: Von Spalten und Klüften durchzogene oder ungegliederte (glatte) senkrechte Felswände; Niederschläge werden nicht festgehalten, hohe Trockenheit, kaum Verwitterung, so gut wie keine Feinerdeanteile, große Temperaturschwankungen.

Lebensraum: Auf glatten Gesteinsoberflächen vornehmlich Felsmoose und Krustenflechten; in Felsspalten und -fugen Strichfarn, Mauerraute, Mauerlattich, Storchenschnabel und rundblättrige Glockenblume, seltener Blaugras.

#### **Gesimse, Felsterrassen und Felsbänder**

Merkmal: Bescheiden entwickelte, flachgründige Bodenbildung mit dünner Humusüberdeckung, stellenweise mit Geröllschutt überlagert (Schuttwanderung, nachfallendes Gestein), häufig stark austrocknend, Wassermangel (Ausnahme bei Quellwasserüberrieselung), schlechte Nährstoffversorgung.

Lebensraum: Für sukkulente Dickblattgewächse wie Mauerpfeffer und Fetthenne oder Arten mit besonderem Verdunstungsschutz wie dem Schafschwingel, häufig Kräuter wie beispielsweise kleines Habichtskraut, Thymian, Walderdbeere, Taubenkropf und Bergweidenröschen, auf Gesimse und Terrassen mit stärkerer Bodenauflage: Bäume und Sträucher wie Salweide, Hängebirke, Bluthartriegel und Hundsrose; als Nistmöglichkeit für Steinkauz, Turm- und Wanderfalke, Uhu, Rabenkrähe und Mauersegler, vereinzelt auch Schlafplatz für Fledermäuse.

### **Abraum- und Geröllhalde, Grob- und Feinschuttkegel vor Felswänden sowie Steinhaufen**

**Merkmal:** Häufig bestehend aus in der Größe sehr unterschiedlichem Gesteinsmaterial, stellenweise mit erdigem Abraum vermischt; gewisse Sonderstellung: Grob- und Feinschuttkegel vor Felswänden, durch Schuttwanderung beeinflusst; häufig Wassermangel und bereichsweise hohe Trockenheit.

**Lebensraum:** Für ein Gemisch aus Pflanzenarten mit unterschiedlichem Gesellschaftsanschluss: Wiesenarten, Arten mit unterschiedlichen Nährstoffansprüchen, »Allerweltsarten«, aber auch Pflanzen aus Halbtrocken- und Trockenrasen-Gesellschaften; häufig: Waldweidenröschen, Wilde Möhre, Glatthafer, Weißer und Gelber Steinklee, Huflattich, seltener: Königskerze, gefranster Enzian, Taubenskabiöse; stellenweise infolge der Standortreife Gehölze: Arten der »wärmeliebenden Gebüsch« (Schlehe, Weißdorn, Brombeere) und Pioniere als Vorwaldzeiger (Salweide, Hängebirke, Holunder); auf den Plateaus der Halden und im oberen Bereich der Schuttkegel schütterer Pflanzenwuchs aus Arten vor allem der Trockenstandorte, mit einer Bewaldung ist hier im Gegensatz zu den oben beschriebenen Bereichen erst viel später zu rechnen; auf und zwischen nacktem Gestein: Steinrötel und Steinschmätzer, im dichten Gebüsch: Goldammer, Heckenbraunelle und Neuntöter, zwischen den Felsblöcken und auf dem Gesteinsschutt: Schlingnatter, Ringelnatter, Blindschleiche, Zauneidechse, selten Kreuzotter.

### **Steinbruchgrund**

**Merkmal:** Größtenteils stark verdichtet und gestört durch Raupen, Bagger und Transportfahrzeuge, in der Regel humusreich.

**Lebensraum:** Bereiche mit steppenartigem Charakter (vegetationsfrei oder vegetationsarm mit niedrigem krautig-grasigem Pflanzenwuchs) bis hin zu Arealen mit vorwald- bzw. waldartigem Erscheinungsbild; Trittrasenarten, kurz- und langlebige Stauden- und Hochstaudengesellschaften, Ruderalfluren, Fragmente von Halbtrocken- und Trockenrasen; neben Moosen und Flechten Stauden wie Beifuss, Wegerich, Natternkopf, verschiedene Distel-, Hahnenfuß- und Kleespezies, Huflattich, Schafgarbe, Johanniskraut und Kreuzblume, Gehölze wie Salweide, Hängebirke, Waldkiefer und Eberesche; breitgefächertes Artenspektrum an Kleintieren wie Schmetterlinge (beispielsweise Kleiner Feuerfalter und Schwalbenschwanz), Grillen, Heuschrecken (beispielsweise Grünes Heupferd), Hummeln, Wildbienen sowie Laufkäfer und Schnecken; daneben Vögel wie Gartenrotschwanz, Feldschwirl, Fitis, Distelfink und Gebirgsstelze, Kleinsäuger (u. a. Feldspitzmaus) und Eidechsen.

### **Gewässer**

**Merkmal:** Stehend, fließend, dauernd, zeitweilig wassergefüllte Wagenspuren, Lachen, Tümpel, metertiefe Kleinseen, Quellen, Rinnsale, gespeist durch Niederschlagswasser, Quellwasser und Brauchwasser (während des Steinbruchbetriebs), teilweise stark schwankende Wasserstände.

**Lebensraum:** Für Arten, die an wechselhafte Standorte, speziell Wasserverhältnisse, angepasst sind, wie Krötenbinse, Flatterbinse oder Wolfstrapp; in klarem, kühlem Quellwasser beispielsweise die Quellsternmiere; in eutrophierten Gewässern u. a. Wasserbinse und Rohrkolben; Laichgewässer und teilweise Jahreslebensraum für die meisten Amphibienarten wie Bergmolch, Teichmolch, Kammolch und Erd-, Geburtshelfer-, Wechsel- sowie Kreuzkröte; Wasserinsekten wie Teich- und Wasserläufer; Fische wie Stichlinge; Libellen wie Azurjungfer, Blaugrüne Mosaikjungfer und frühe Adonislibelle.

Moderne Management- und Renaturierungsverfahren unterstützen die Naturschutzfunktion von Steinbrüchen während der Abbauphase und beim Auflassen zusätzlich (vgl. TRÄNKLE & BEISSWENGER, 1999). Zusammenfassend gelangt BEISSWENGER (1996) zu folgenden Aussagen:

- Ziel der Rekultivierung und Renaturierung ist der Ausgleich des Eingriffs. Die Leistungen müssen erfolgsorientiert sein.
- Probleme bei der forstlichen und landwirtschaftlichen Rekultivierung müssen weiter gelöst werden (Akzeptanz).
- Eine Akzeptanz der besonderen dynamischen Bedingungen während und nach dem Betrieb von Abbaustätten seitens des Naturschutzes ist notwendig. Biotope werden geschaffen und müssen auch wieder weichen können (Stichwort: Wanderbiotope mit zeitlicher und räumlicher Dynamik).
- Auch betriebene Abbaustätten haben eine hohe Bedeutung für den Arten- und Naturschutz.
- Abbaustätten bilden ökologische Mangelstandorte aus. Dies kann durch Renaturierung weiter gefördert werden (die Schaffung von besonderen Biotopflächen ist ein wünschenswerter Nebeneffekt aber nicht der Zweck des Rohstoffabbaus).
- Hervorragende Ergebnisse haben die Mähgutversuche zur Initiierung von Halbtrockenrasen gebracht. Hier sind sinnvolle und finanzierbare Wege möglich. Zusammenarbeit mit Naturschutzverwaltung und -verbänden ist erforderlich und wünschenswert.
- Verfüllungen und anschließende Renaturierung müssen keine Gegensätze sein.

**Fazit: Steinbruch und Naturschutz müssen keinen Widerspruch darstellen, sondern können sich ergänzen oder sogar harmonisieren im Einklang mit der Natur (WÄRMER, J., 1997 und POSCHLOD, P. et al., 1997).**

#### **4.2.2 Lärm- und Erschütterungsemissionen**

Mit hohen baulichen Investitionen wurden die Aufbereitungsanlagen in Gebäuden untergebracht. Um Emissionen bei Sprengarbeiten (Sprengerschütterungen, Detonationsknall, Luftdruckwelle und Streuflug) auf ein Minimum zu beschränken wird eine besondere Sprengtechnik angewandt. Diesbezüglich sei auch auf laufende Forschungsarbeiten (Institut für Bergbaukunde/RWTH Aachen<sup>32</sup>) "Erarbeitung praxisnaher Vorschläge zur Reduzierung von Sprengerschütterungen in Betrieben der Steine und Erden-Industrie" hingewiesen. Gewinnungsverfahren ohne Sprengarbeit sind für felsgebrochene Hartgesteine nicht möglich (zum Beispiel „Ripping“ oder „vertikales Reißen“ mit Hydraulikbaggern).

#### **4.2.3 Transportprobleme**

Emissionen durch Transporte sind unvermeidbar und könnten durch Zulassung von Fahrzeugen mit höherer Nutzlast vermindert werden. Um diesbezüglich hauptsächlich die Steine- und Erdenindustrie zu begünstigen, könnte das Ladevolumen an Stelle der Tonnage begrenzt werden. Rund ein Viertel der Produktion schweizerischer Werke wird auf dem Seeweg direkt zum Bahnverlad gebracht.

Im April 2001 wurde die CSD Ingenieure und Geologen AG, Konsumstrasse 20, 3007 Bern vom Verband schweizerischer Hartsteinbrüche (VSH) beauftragt, die mit den Umweltauswirkungen im Zusammenhang stehenden Transporte von Schweizer

---

<sup>32</sup> STOLL, D. et al (1997, 1998).

Steinbrüchen am Beispiel des Steinbruches Rozloch und in Bezug auf den Import von ausländischen Steinbrüchen, zu untersuchen. Dies erfolgte nach der Methode der ökologieorientierten Produktenbeurteilung LCA (ISO 14040ff) resp. der umweltorientierten Leistungsbeurteilung (ISO 14031/32)

Folgende fünf Rohstoff-Transportbeispiele wurden ausgewählt:

- 50 km LKW-Transport (hauptsächlich Splitt)
- 50 km Bahn-Transport (Schotter)
- 150 km LKW-Transport (Splitt)
- 350 km Bahn-Transport (Schotter)
- 350 km Bahn-Transport und Umlad, anschliessend 30 km LKW-Transport (Splitt)

Die Schadstoffermittlung erfolgt durch die Elementarflussanalyse (Bilanzierung der materiellen und energetischen In- und Outputs, vgl. CADUFF, G.: Methoden zur Beschreibung und Steigerung der umweltorientierten Leistung. ETH. Diss. Nr. 12386, Zürich 1997)

Bei fünf verschiedenen umweltrelevanten Steinbruch-Aktivitäten wurden Schadstoffe gemessen, die den Abgasen der Verbrennungsmotoren und der Stromproduktion in fossilthermischen Kraftwerken entsprechen:

CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, Stickoxide NO<sub>2</sub> und NO, Kohlenwasserstoffe KW (FCKW und HFCKW), NH<sub>3</sub>, Schwermetalle (Blei, Cadmium, Zink) und PM 10 (lungengängiger Feinstaub; Schwebestaub). ausgewählt:

- Abbau (g Schadstoffe / Tonnen transportiertes Material)
- Transport per LKW (g Schadstoffe / Tonnen transportiertes Material pro gefahrene km)
- Transport per Bahn (g Schadstoffe / Tonnen transportiertes Material pro gefahrene km)
- Transport per Schiff (g Schadstoffe / Tonnen transportiertes Material pro gefahrene km)
- Umlad (g Schadstoffe / Tonnen transportiertes Material)

*Beurteilung der fünf Transportbeispiele:*

Nur die zwei ersten Beispiele (Splitt 50 km LKW-Transport und Schotter 50 km Bahn-Transport) erlauben einen direkten Vergleich der beiden Verkehrsmittel. Das zweite Beispiel stellt eine theoretische Situation dar. In Wirklichkeit erfordern Rohstoff-Transporte per Bahn fast immer einen Zwischentransport ab dem Steinbruch per LKW oder Schiff mit anschliessendem Umlad.

Der LKW stösst im Durchschnitt ca. viermal mehr Treibhausemissionen aus als die Bahn. Bei der Luftverschmutzung wird der Unterschied zwischen Bahn und LKW noch deutlicher: Die NO<sub>x</sub> und KW Emissionen der LKW sind ungefähr sechsmal höher als die von der Bahn. Den kleinsten Unterschied zwischen den zwei Verkehrsmitteln zeigen die PM 10 Emissionen (der LKW stösst ca. zweimal mehr Feinstaub aus als die Bahn). In diesem Fall und mit der Annahme, dass die Bahn das Hartgestein nicht bis zum definitiven Einbauort bringen kann, nähert sich die Ökoeffizienz der LKW-Variante dem Bahntransport an, weil der bei der Bahn zusätzlich erforderliche, emissionsintensive Umlad die Bahnlösungen benachteiligt. Die ökologischen Vorteile der Bahn liegen stark am ausgewählten Strommix, der ein hoher Anteil an Wasserkraft und Kernkraft enthält.

Der Splitttransport erfordert, dass das Material direkt zum Einbauort gebracht wird. Was bedeutet, dass die Bahntransporte mit Splitt eine Zwischenlagerung und damit einen Umlad erfordern.

Der Vergleich der drei Splitttransportbeispiele zeigt, dass die lokale Versorgung die günstigere Lösung (50 km LKW Transport) gegenüber dem Bahntransport aus dem Ausland mit Umlad ist.

Der LKW-Transport auf 150 km ist besser bezüglich Treibhauseffekt und PM 10 Emissionen als der Bahntransport auf 350 km mit Umlad.

Die Schotter-Transporte per Bahn, die keinen Umlad erfordern, sind am günstigsten. Es ist aber zu bedenken, dass die wenigsten Steinbrüche in der Schweiz einen direkten Eisenbahnanschluss haben.

**Beim Vergleich der fünf Transport-Beispiele wird erneut bestätigt, dass durch kurze Transportdistanzen die Umweltbelastungen am effizientesten begrenzt werden können.**

#### **4.2.4 Staubemissionen**

Beim Sprengen werden nach Möglichkeit die Witterungseinflüsse berücksichtigt. Bei der Verarbeitung werden die SUVA-Vorschriften strikte eingehalten, da alle Hartgesteine quarzhaltig sind, und somit Silikose-Gefahr besteht. Staubemissionen führten früher in vielen Steinbrüchen dazu, dass in unmittelbarer Nähe des Steinbruchs die Stechpalme gehäuft vorkommt (Fillerdüngung und vermutlich Lichteinfall).

#### **4.2.5 Flächeninanspruchnahme und Bodennutzung**

Die Flächen, die für die Gewinnung von Hartgesteinen benötigt werden, sind angesichts der Abbauhöhen von 100 bis 150 Meter gering. Meist handelt es sich um bewaldete Gebiete, die schlecht oder kaum nutzbar sind. In selteneren Fällen wird landwirtschaftlich nutzbares Gebiet beansprucht. Das „Steinbruchsterben“ wurde in Kapitel Standortgebundenheit und in diesem Kapitel am Beispiel des Vierwaldstättersees dargestellt. Wenn heute Natur und Landschaft unter Druck stehen (H.-D. KOEPEL, 1991) so sind dafür andere Veränderungen verantwortlich: So die rege Bautätigkeit beziehungsweise masslose Siedlungsexpansion, Verkehrswegebau, Tourismus und Erholung sowie die intensive monokulturale oder industrialisierte Landwirtschaft.

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms „Boden“<sup>33</sup> wurden 6 Grundsätze für haushälterische Bodennutzung aufgestellt:

- Bodennutzung begründen.  
Der Abbau von Bausteinen ist ein elementares Bedürfnis der Menschheit.
- Multifunktionalität des Bodens beachten.  
Der Abbau von Hartgesteinen beinhaltet die Wiederherstellung von ökologischen Funktionen, wie die Regelung der natürlichen Kreisläufe und die Erhaltung der Flora und Fauna, bzw. die Schaffung von Reservaten für seltene Pflanzen und Tiere.
- Irreversible Schäden vermeiden.

---

<sup>33</sup> Nationales Forschungsprogramm: „Nutzung des Bodens in der Schweiz“, Bulletin 15.

Im Kapitel Eingriff in den Naturhaushalt wurde dargestellt, dass durch den Abbau von Felsgesteinen mannigfaltige Lebensräume entstehen.

- Flächen sparen.

Aus dieser Sicht sollte der heutige Kiesbedarf durch felsgebrochene Gesteine ersetzt werden. Die reversible Bodennutzung bei Steinbrüchen kann multifunktional sein (Nachnutzung als Deponie oder im Sinne des Kapitels Nachnutzung).

- Eignung des Bodens stärker beachten.

Die Eignung des Untergrundes ist für den Abbau von Hartgesteinen eine Voraussetzung.

- Bodennutzung gerecht verteilen.

Die beanspruchte Fläche der meisten Abbaugelände ist im Besitze von Kooperationen oder Bürgergemeinden. Neben einem Baurechtszins werden Konzessionsgebühren für das abgebaute Material bezahlt. Zudem erfolgt der Abbau im öffentlichen Interesse.

#### 4.2.6 Eingriff in den Wasserhaushalt

Hartgesteine sind wegen der geringen Porosität schlechte Wasserleiter. Die Wasserzirkulation ist hauptsächlich an das Trennflächengefüge gebunden. Ein allfälliger Bergwasserspiegel wird nur im unmittelbaren Abbaugelände verändert, wie das an Talflanken auch natürlich und grossräumig geschieht.

Um einer Verschmutzung der Oberflächenwässer (z. B. durch Ölverluste) vorzubeugen werden die entsprechenden Gewässerschutzvorschriften eingehalten.

#### 4.2.7 Veränderung von Landschaftsbild und Geländestruktur

##### *Einleitung, Beurteilung landschaftlicher Schönheit*

Die **Werte der Schönheit einer Landschaft**, insbesondere einer Kulturlandschaft sind nicht einfach mess- und quantifizierbar. K. GRÜTTER (1996) hat einige Überlegungen zu Versuchen, Ästhetik naturwissenschaftlich-mathematisch zu erfassen, zusammengestellt: Platon unterschied zwei Arten von Schönheit: jene der Natur einerseits, die der vom Menschen geschaffenen Objekte andererseits. Das Wort Ästhetik bedeutet „Wahrnehmung“. Die Ästhetik beschreibt im weitesten Sinne, wie ein Individuum seine Umwelt empfindet. Der Begriff der Ästhetik wird heute enger gefasst, heute verstehen wir darunter nicht primär Wahrnehmung. Ästhetik wurde im 20. Jahrhundert zur Philosophie und Wissenschaft aller Erscheinungsformen des Schönen. Birkhoff definierte ein ästhetisches Mass als den Quotienten aus Ordnung und Komplexität und versuchte mit Fundamentalsätzen auch subjektive Aspekte der Wahrnehmung zu berücksichtigen.

Nach M. FREITAG et al. (1993) ist die Art und Weise, wie wir den Naturraum als Landschaft wahrnehmen, aus soziologischer Sicht das Resultat einer **gesellschaftlich geprägten Wirklichkeitsinterpretation** und demnach sind Landschaftsveränderungen geeignet, die unerwünschten Nebenfolgen der gesellschaftlichen Entwicklung zu offenbaren. Ihre Thematisierung ist daher Bestandteil der ökologisch orientierten Gesellschaftskritik, die ihre Wurzeln zu einem bedeutenden Teil in der Romantik hat. Einschränkungen der Eigentumsfreiheit zugunsten des Landschaftsschutzes gelten streng genommen als Ausnahme vom Grundsatz der freien privaten Rechtsausübung. Dies hat sich auch durch die 1962

eingefügte Bestimmung von Art. 24<sup>sexies</sup> Abs. 2 der Bundesverfassung, die den Natur- und Heimatschutz unter der Voraussetzung überwiegender öffentlicher Interessen vorschreibt, nicht geändert. Art. 3 Abs. 1 des NHG aus dem Jahre 1966 schreibt diesen Grundsatz fort. Die Konkurrenz zwischen Landschaftsschutz und divergierenden Ansprüchen wird im Gesetz nicht ausgeräumt, sondern bleibt bewusst bestehen, und die Interessenabwägung muss im konkreten Fall vorgenommen werden. **Die gesetzlichen Normen eignen sich nicht dazu, die Eigenart und Vielfalt der jeweils zur Diskussion stehenden schützenswerten Landschaften zu bewerten.**

1970 wurde die **Stiftung für Landschaftsschutz und Landschaftspflege** gegründet. Ziel ist der Schutz der Landschaft mit sämtlichen sie beeinflussenden Faktoren als Ganzes. Dabei sollen nicht nur ästhetische oder naturwissenschaftliche Aspekte eine Rolle spielen.

Die Morphologie der Erdoberfläche ist das Resultat mannigfaltiger, endogener und exogener Prozesse. Dabei bewirken die endogenen Kräfte die Reliefbildung (Orogenese, Vulkane, Bruchbildung) und die exogenen Kräfte bewirken eine Relieferniedrigung und Plafonierung (Erosion, Transport durch Eis, Wasser und Wind). Die Veränderung der Landschaft als Folge der Wirkung dynamischer Naturkräfte war das Thema der Rektoratsrede von E. BRÜCKNER (1899).

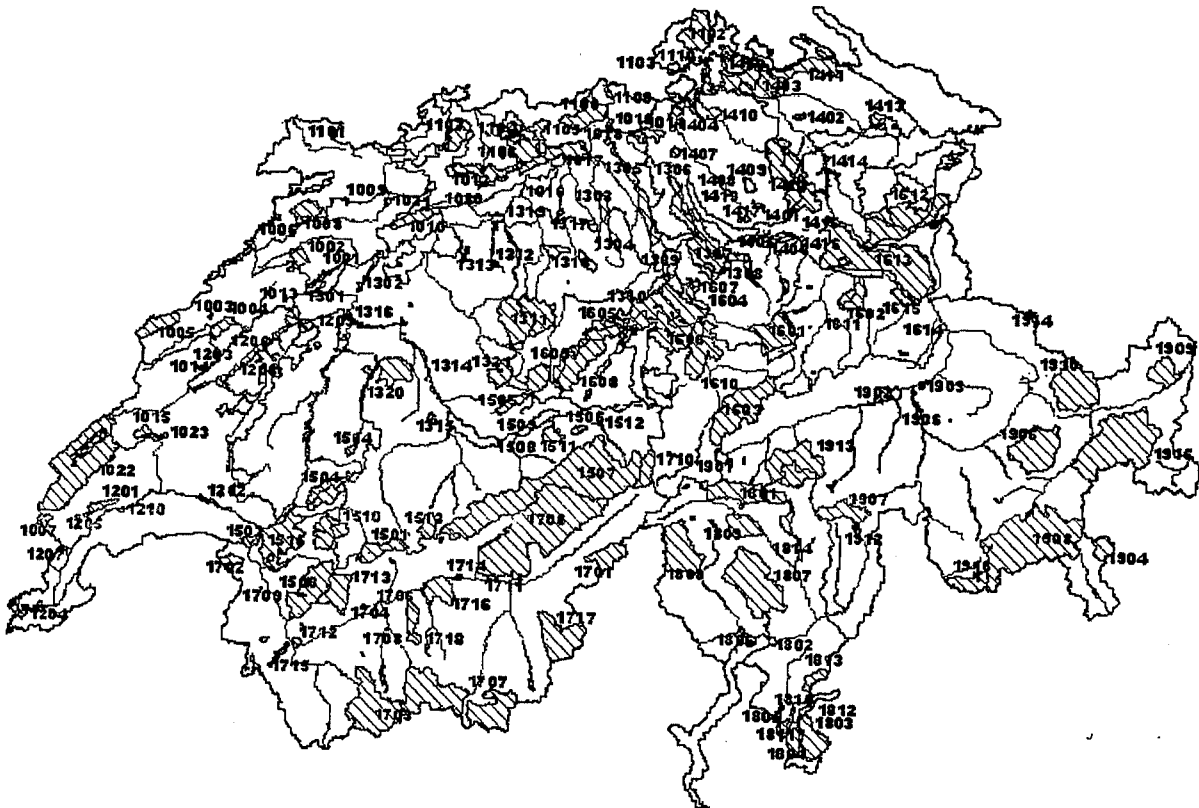
Die heutige Kulturlandschaft ist das Resultat der rund letzten viertausend Jahre Menschheitsgeschichte. Die Industrialisierung und Mobilisierung im 20. Jahrhundert beschleunigte die Veränderungen. Heute wird versucht, diese zu quantifizieren und landschaftliche Qualitäten zu bewerten (EWALD, K. C., 1978, KOEPEL, H.-D., 1991).

Ob nackter Fels eine Bereicherung des Landschaftsbildes oder eine Wunde in der Natur darstellt, entscheidet das subjektive Empfinden. Fritz Schupp (PACHNICKE, P. + MENSCH, B., 1999) forderte schon 1929, dass die Industrie mit ihren gewaltigen Bauten nicht mehr ein störendes Glied in unsere Landschaft ist, sondern ein Symbol der Arbeit. Noch im 17. Jahrhundert werden die Alpen als „Schutt und Abfall, Auswüchse und Warzen auf dem Antlitz der Erde“, als scheussliche Wildnis verdammt. 100 Jahre später ragen sie als „natürliche Kathedralen“ auf. Es ist die schizophrene Aufgabe des Heimatschutzes, Fortschritt und Bewahrung des kulturellen Gutes miteinander zu versöhnen: **Der Begriff landschaftliche Schönheit ist zeitabhängig und gesellschaftspolitisch geprägt** und unberührte Landschaft und Zivilisation schlissen sich aus. Landschaft, ob konservativ oder fortschrittlich definiert, entsteht stets als kulturelle Projektion: So werden heute mittels Dammschüttungen am Fuss des Steinbruchs oder durch Abbau im Einschnitt, dem Zeitgeist entsprechend, die meisten sichtexponierten Steinbrüche getarnt. Wo das Gesteinsvorkommen einen grossflächigen Abbau erlaubt, wird die bergwärts gelegene Abbauwand laufend rekultiviert. Der Interessenkonflikt mit dem Landschaftsschutz erfordert in der Hartsteinbruchindustrie hohe finanzielle Aufwendungen und beeinflusst die Abbauplanung bezüglich Sicherheit und Wirtschaftlichkeit negativ. In der Vergangenheit waren einige Steinbrüche die Ursache für das Begünstigen von Fels- oder Bergstürzen<sup>34</sup>. Heute wird der Abbau so

<sup>34</sup> Elm, Schieferabbau (1881), Zementwerk Mühletal am Walensee (1924), Alpnachersee, Einmündung Sarneraa (1931), Quinten am Walensee (1946), Obermatt/Bürgenstock am Vierwaldstättersee (1963, 1964), Zingel/Seewen am Lauerzersee (1965), Fallenbach/Gersau am Vierwaldstättersee (1971, 1982), Lopper am Vierwaldstättersee (1973), Schwarzberg/Amden (1974).

geplant, dass die Geländestabilität verbessert wird und das Risiko für Felsstürze nicht grösser ist als an natürlichen Steilböschungen. Für allfällige Felsstürze wird durch den Abbau ein Auffangraum geschaffen.

In der Schlussphase des Abbaus werden geomantische Prinzipien umgesetzt und zum Beispiel wird so gesprengt, dass eine Renaturierung optimal begünstigt oder eine Folgenutzung ermöglicht wird.



Die BLN-Gebiete (schraffiert) bedecken grosse Gebiete der Schweiz.

Die Ausscheidung des „**Bundesinventars der Landschaften und Naturdenkmäler**“ erfolgte ungeachtet der damals schon bestehenden Hartgesteinsbrüche<sup>35</sup>. Rund 30 Jahre später wurde der Grundsatz der Rechtssicherheit verletzt und diese Objekte wurden ohne zwischenzeitliche Gesetzesänderung zum Störfaktor.

Gemäss Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft<sup>36</sup> besagt die Aufnahme eines Objektes ins BLN, dass es in besonderem Masse die ungeschmälerte Erhaltung oder jedenfalls die grösstmögliche Schonung verdient. Das BLN stellt für die Bundesstellen mit landschaftsbezogener Tätigkeit bei der Erfüllung ihrer Aufgaben (sogenannte Bundesaufgaben) wie Erstellung eigener Bauten und Anlagen, Erteilung von Konzessionen und Bewilligungen oder Gewährung von Bundesbeiträgen eine verbindliche Richtlinie dar. Besteht Anlass zur Annahme, dass bei einem Eingriff einer Bundesaufgabe ein BLN-Objekt beeinträchtigt werden könnte, hat die

<sup>35</sup> Die Inkraftsetzung erfolgte in 4 Etappen: 1977 (65 Objekte), 1983 (55 Objekte), 1996 (33 Objekte) und 1998 (9 Objekte). Das BLN stütze sich auf das 1963 von den drei Verbänden Schweizerischer Bund für Naturschutz (heute Pro Natura), Schweizerischer Heimatschutz und Schweizerischer Alpenclub erstellte KLN-Inventar, welches bis zum Abschluss des BLN-Inventars als verwaltungsanweisende Richtlinie galt.

<sup>36</sup> [http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_land/bln](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_land/bln).

entsprechende Stelle ein Gutachten bei der ENHK (Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission) einzufordern. Das BLN entfaltet hingegen keine weiterreichende Rechtswirkung, insbesondere nicht auf das Grundeigentum. Für die Kantone ist es nur bindend, wenn sie den Vollzug von Bundesaufgaben übernehmen, ansonsten sind sie bloss aufgefordert das BLN entsprechend einzubeziehen, z.B. in die Richt- und Nutzungsplanung.

Wie L. BÜHLMANN (1901)<sup>37</sup> festhält ist das „Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler“ (BLN)<sup>38</sup> nach Art. 5 NHG von der Bindungswirkung unklar, unter anderem dadurch, dass der Schutzauftrag an das Kriterium der Erfüllung einer Bundesaufgabe gekoppelt ist. Dies gilt nicht nur für den Bund, sondern auch für die Kantone und Gemeinden, da auch sie gewisse Bundesaufgaben erfüllen. Eine nicht abschliessende Aufzählung von Bundesaufgaben findet sich in Art. 2 NHG. Als Bundesaufgabe gilt nach der Rechtsprechung des Bundesgerichts auch die Erteilung von Ausnahmegewilligungen für Bauten ausserhalb der Bauzone nach Art. 24 ff. RPG. Grundsätzlich nicht als Bundesaufgabe gelten der Erlass von Nutzungsplänen durch Kantone und Gemeinden und die darauf erfolgende Erteilung ordentlicher Baubewilligungen. Dabei ist zu erwähnen, dass nach Art. 5 NHG die Inventare auf Grund ihres Charakters als Bundesgesetz (Art. 13 RPG) in die kantonale Richtplanung und in der Folge in die Nutzungsplanung einfliessen (Art. 6 Abs. 4, Art. 9 Abs. 1 RPG). Gemäss Natur- und Heimatschutzgesetz des Bundes verdienen die inventarisierten Objekte von nationaler Bedeutung „in besonderem Masse die ungeschmälerterte Erhaltung oder jedenfalls grösstmögliche Schonung“ (Art. 6 Abs. 1 NHG). Eine Abweichung von der ungeschmälerterten Erhaltung darf nur ausnahmsweise in Erwägung gezogen werden, „wenn ihr bestimmte gleich- oder höherwertige Interessen von ebenfalls nationaler Bedeutung entgegenstehen“ (Art. 6 Abs. 2 NHG). Um dem Gebot der ungeschmälerterten Erhaltung beziehungsweise grösstmöglicher Schonung, Rechnung zu tragen, muss Klarheit darüber bestehen, was denn überhaupt geschützt ist. Wie L. BÜHLMANN ausführt ist die nötige Klarheit bei den BLN-Gebieten oft nicht gegeben. Dies trifft vor Allem für Abbaustellen mineralischer Rohstoffe zu, die vor dem Ausscheiden von BLN-Gebieten schon existierten.

Das Ziel der Verwirklichung von BLN-Gebieten liegt gemäss den Grundsätzen nicht in der Schaffung von Nationalparks, in denen jeglicher menschlicher Einfluss auszuschalten ist. Die Mehrzahl der Inventarobjekte besteht aus naturnahen Kulturlandschaften, in denen Nutzungs- und Strukturänderungen nicht völlig auszuschliessen sind, da die Landschaft stets gewissen von der Natur wie auch von der menschlichen Gesellschaft bedingten Wandlungen unterworfen ist. Allfällige Eingriffe in die landschaftlichen Vorranggebiete von nationaler Bedeutung sind aber besonders sorgfältig zu überprüfen. Sie dürfen die in der Bedeutung des Objektes verankerten Schutzziele nicht gefährden und sind abzulehnen, wenn sie nicht einem gleich- oder höherwertigen öffentlichen Interesse von ebenfalls nationaler Bedeutung entsprechen. Sofern nicht andere Ziele definiert sind, ist die Erhaltung des gegenwärtigen schutzwürdigen Zustandes und das Weiterführen der dieser Beschaffenheit angepassten Nutzung anzustreben. Angesichts der Besitz- und Eigentumsгарantie und der schon erwähnten Tatsache, dass Hartsteinbrüche in die

<sup>37</sup> Vgl. auch Arbeitspapier vom „Runden Tisch“ (2002): Das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung und seine rechtliche Bedeutung (L. BÜHLMANN, Verein Landesplanung Schweiz).

<sup>38</sup> Verordnung über das Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler (VBLN) vom 10. August 1977.

BLN-Gebiete integriert wurden, ist eine Weiterführung des Abbaus gemäss Grundsätzen angepasst und der Steinbruch kann sogar als kulturräumlicher Wert (Zeugen rund 150 jähriger Primärproduktion, kulturelle Identität) interpretiert werden. Grössere BLN-Gebiete können zweckentsprechend in verschiedene Zonen (Landschaftsschutzgebiete mit land- und forstwirtschaftlicher Grundnutzung oder Naturschutzgebiete mit differenzierter Zielsetzung) gegliedert werden. In diesem Sinne können Steinbrüche während der Betriebsphase und beim Auflassen (Geotop<sup>39</sup>, Rohboden mit guten Voraussetzungen für Reservate mit standortgemässer Pflanzen- und Tierwelt) integriert werden.

### ***Die Steinbrüche am Vierwaldstättersee: Gestern und heute***

In der Zeitschrift der Schweizerischen Vereinigung für Heimatschutz Heft 2 vom 31. März 1930 wird eindringlichst auf die «jetzt schon nicht mehr wieder gutzumachende Verschandelung der Natur» am Vierwaldstättersee, verursacht durch «wachsende und sich immer vermehrende Steinbrüche», hingewiesen.

Deshalb hat die Schweizerische Vereinigung für Heimatschutz an der Generalversammlung im Jahr 1929 folgende Resolution gefasst:

«Die Vereinigung nimmt mit Bedauern und Besorgnis davon Kenntnis, dass am Vierwaldstättersee die grossen und kleinen Steinbrüche, deren nunmehr 16 vorhanden sind, und die damit zusammenhängenden industriellen Anlagen die Schönheit der Ufer immer mehr beeinträchtigen. Mit Rücksicht auf die bedeutungsvolle Geschichte und die landschaftliche Schönheit des Sees möchte der Heimatschutz zum Aufsehen mahnen und die Behörden der Uferkantone dringend ersuchen, die nötigen Vorkehrungen zu treffen».

Im Jahr 1930 hat der Heimatschutz «von zuverlässiger Hand sogar 19 Steinbrüche<sup>40</sup>» ausgewiesen und festgestellt: «Zum allergrössten Teil handelt es sich um eine ganz hässliche, jetzt schon nicht mehr wiedergutzumachende Verschandelung der Natur». Mit Blick in die Zukunft wird festgehalten «Aber beim jetzigen Zustand wird es nicht sein Bewenden haben. Die schon bestehenden Steinbrüche wachsen. Neue sind im Begriff zu entstehen. So soll in der Nähe Gersaus durch ein Konsortium ein neuer Steinbruch-Grossbetrieb in Angriff genommen werden. Wie wird es erst kommen, wenn die linksufrige Strasse gebaut wird und noch mehr Uferstrecken der industriellen Ausbeutung offen stehen?».

«Die Steinbruch-Industrie scheint zu allem andern noch eine sehr "gute" Zukunft zu haben. Die Strapazierung der Strassen durch die Autos verlangt immer mehr Material zur Instandstellung. Dazu kommt der bequeme Abtransport desselben auf dem Seewege. Da ist nicht mit einer schnellen Sättigung des Bedarfs zu rechnen, die Steinbrüche werden weiter blühen und gedeihen, bis die Schönheit des Vierwaldstättersees ihnen zu einem grossen Teil zum Opfer gefallen und vielen die ganze Gegend vereckelt ist. Nun wissen wir wohl, dass man aus Gründen des Erwerbs nicht allzu rigoros vorgehen kann; wäre aber nicht eine vernünftige Rationalisierung möglich, könnte nicht auch eine Verpflichtung geschaffen werden, ausgebeutete Steinbrüche wieder überwuchern zu lassen?»

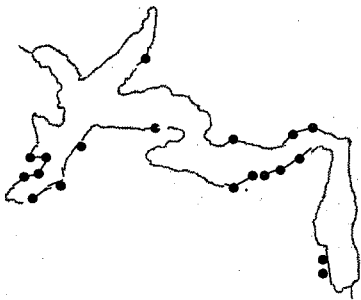
<sup>39</sup> vgl. M. BUTZ (2000).

<sup>40</sup> Dem Bericht der eidgenössischen Inspektion für das Forstwesen ist zu entnehmen, dass anfangs 1933 am Vierwaldstättersee 36 Steinbrüche vorhanden waren, von denen Ende 1933 noch 23 als offen gemeldet wurden (Protokoll der Konferenz vom 23. März 1935, Kommission für den Uferschutz des Vierwaldstättersees).

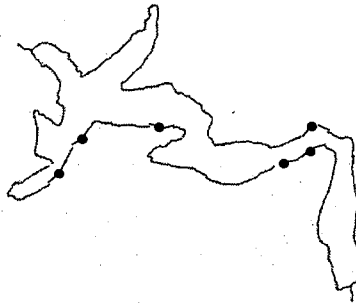
Der Autor der Publikation von 1930 forderte aus Sicht des Heimatschutzes:	Heutiges Resultat
---	-------------------

- **Eine vernünftige Rationalisierung**

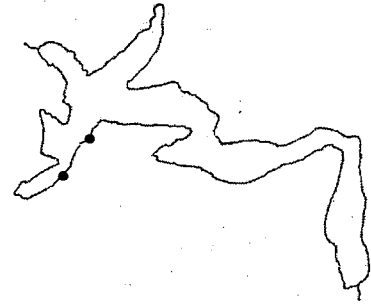
Die Zahl der 19 aktiven Steinbrüche reduzierte sich bis 1955 auf 6. 2002 sind noch 2 Steinbrüche im Uferbereich des Vierwaldstättersees in Betrieb. Das Steinbruchsterben ist eine Folge der Qualitätsfähigkeit, Standsicherheit und geologischer Gegebenheiten.



Abbaustellen 1930



Abbaustellen 1955



Abbaustellen 2002

- **Ausgebeutete Steinbrüche wieder Überwuchern zu lassen**

- Beim Auflassen eines Steinbruchs steht die Standsicherheit im Vordergrund.
- Jede Abbaubewilligung beinhaltet heute ein Konzept zur Rekultivierung, Renaturierung oder Nachnutzung.
- Die Natur- und Heimatschutzorganisationen haben das Recht im Baubewilligungsverfahren mitzuwirken.
- Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) haben gezeigt, dass aufgelassene Steinbrüche zu wertvollen Naturreservaten für Tiere und Pflanzen, die vom Aussterben bedroht sind, werden.
- Finanzielle Rückstellungen zur Renaturierung werden im Rahmen des Abbaubewilligungsverfahrens gefordert.
- Oft sind aufgelassene Steinbrüche schützenswerte Geotope von geowissenschaftlichem Interesse (Aufschlussgrösse).

- **Geologische Gutachten sollten zu Rate gezogen werden, bevor es gestattet ist, auf Geratewohl neue Steinbrüche zu eröffnen.**

- Die hohen Investitionskosten für Planung und Realisierung (insbesondere Anlagebau) erfordern genaue geologische Kenntnisse des zukünftigen Abbaubereiches.
- Bedarfsnachweis und Standortgebundenheit sind bei jedem Abbauprojekt nachzuweisen.
- Eignungsuntersuchung des Gesteinsvorkommens und Eignungsprüfung des Gesteins werden von Grossabnehmern (z.B. SBB AG) gefordert.
- Abbauvorhaben > 300'000 m<sup>3</sup> sind UVP-pflichtig.

- **Überwindung lokaler Beengtheit durch die Kantone und Eingreifen durch gesetzliche Handhabe des Heimatschutzparagrafen.**

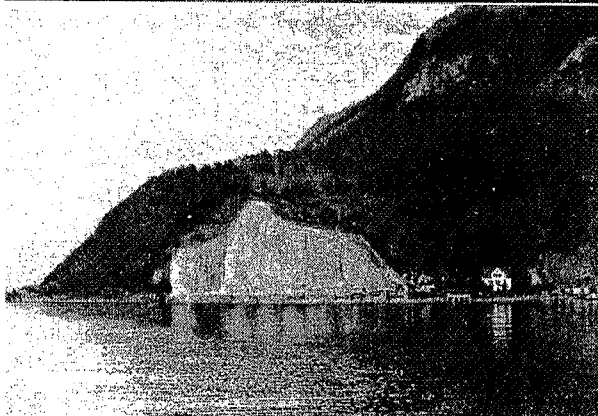
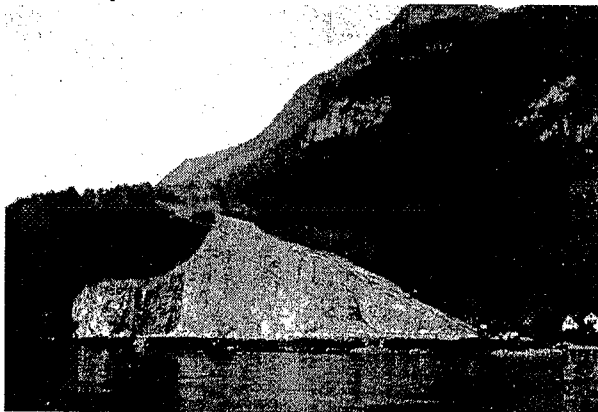
- Die neue Gesetzgebung (Bundesverfassung, Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz) fordert von den Kantonen die Erstellung von Richtplänen zur Nutzung mineralischer Rohstoffe.

Der Autor der Publikation von 1930 hofft, dass sein Aufsatz mit den aussagekräftigen Illustrationen zu Steinbrüchen mit «zerschrundenen Steinen» und «rädigen Flächen» nicht ohne Wirkung bleibt und er verspricht wieder zu kommen, «bis man uns hört».

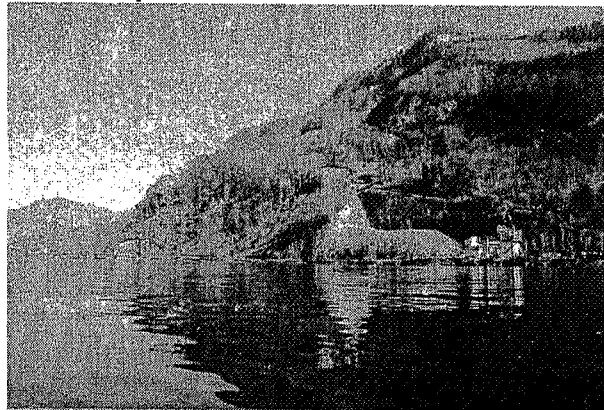
In der erwähnten Publikation sind von den neunzehn Steinbrüchen elf fotografisch dokumentiert, wobei die grösste «Verwüstung», der Steinbruch Kehrsiten, gleich drei Mal abgelichtet wurde, um zu zeigen, dass «manche dieser Steinbrüche einen geradezu provozierenden Charakter haben».

Dieselben elf Steinbrüche wurden im März 2002 wieder fotografiert, was einen Vergleich erlaubt:

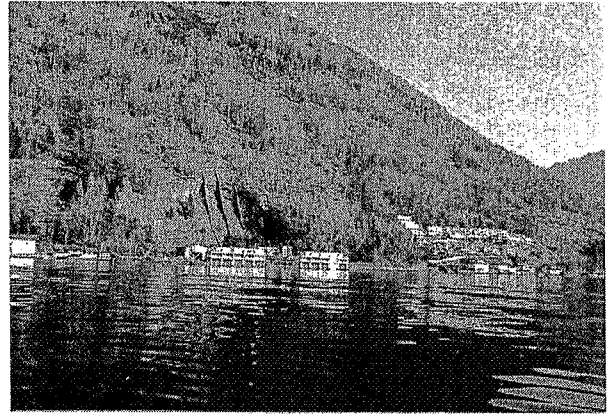
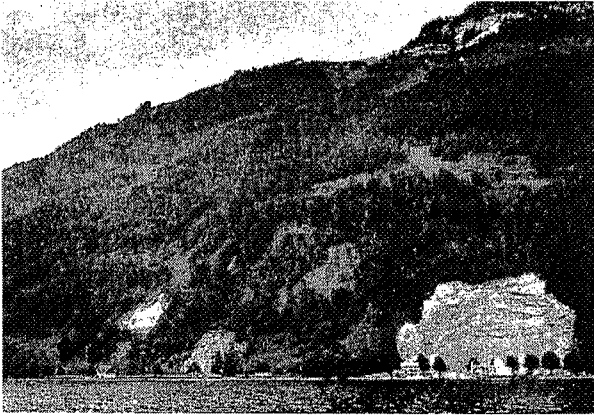
**linke Spalte: Zustand 1930**



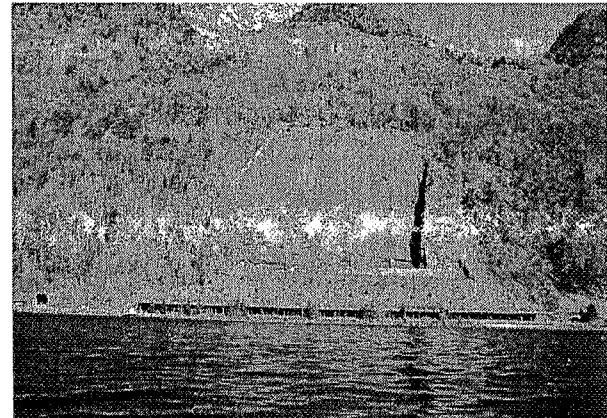
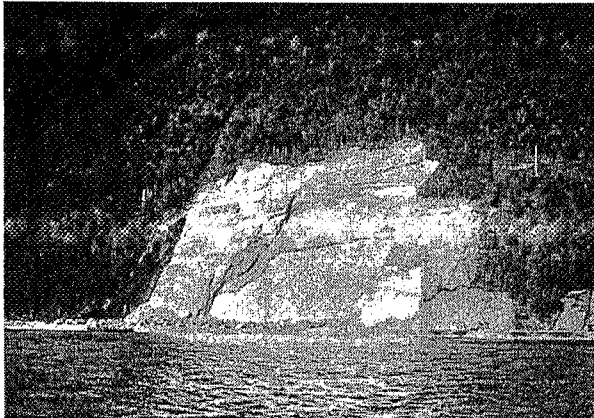
**rechte Spalte: Zustand 2002**



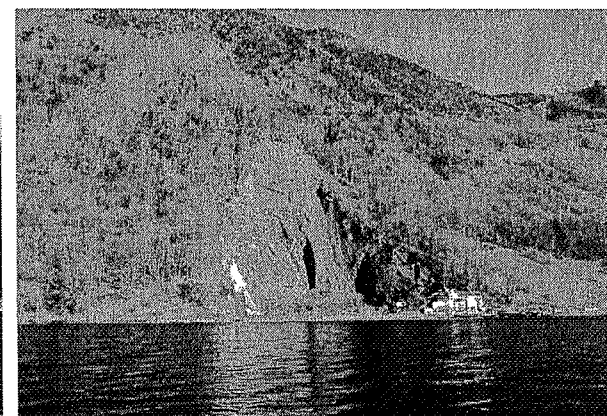
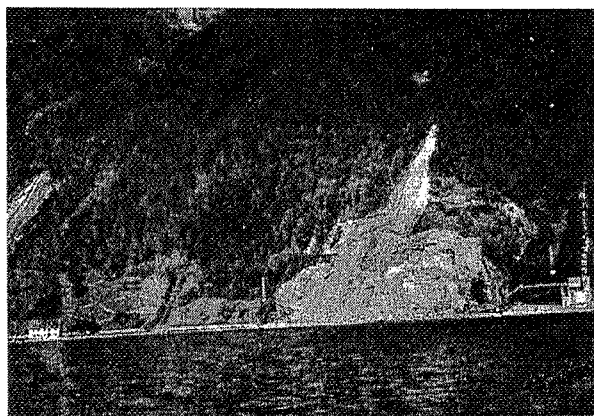
Der Steinbruch Kehrsiten ist heute noch in Betrieb. Eine vom Landschaftsschutz geforderte Dammschüttung kaschiert als landschaftsfremdes Element den Blick auf das Abbaugelände. Der Abbau erfolgt heute unter erschwerten Bedingungen in einem Kesselbruch mit einer engen, seeseitigen Öffnung.



Der aufgelassene Steinbruch Gersau-Viznau (Förstli) ist weitgehend überwachsen. Zur Hangstabilisierung und Schutz des neu entstandenen Siedlungsgebietes wurden gut sichtbare Betonriegel montiert.

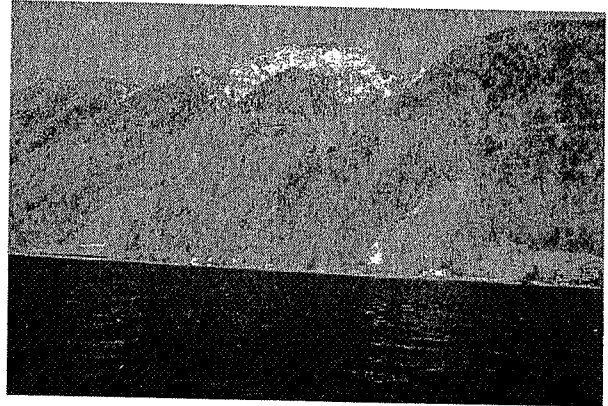


Der Steinbruch Brunnen-Gersau (Eichwald) hat sich durch Anwitterung des Felsens teilweise in die Landschaft eingepasst. Bedingt durch die Steilheit und das Schichtfallen ist eine Begrünung kaum möglich. Durch die heutige Strassenführung mit Steinschlaggalerie wird der Übergang vom Steinbruch zum See stark betont.

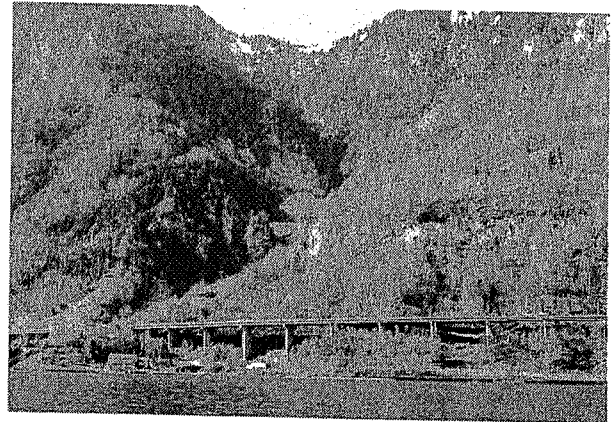
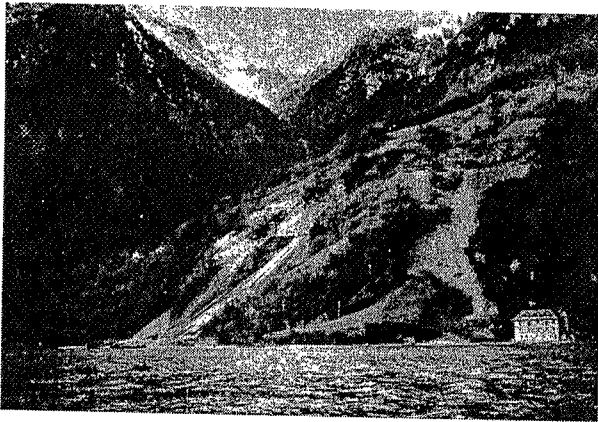


Steinbruch Brunnen-Gersau-Fallenbach: Analoge Verhältnisse wie Steinbruch Eichwald.

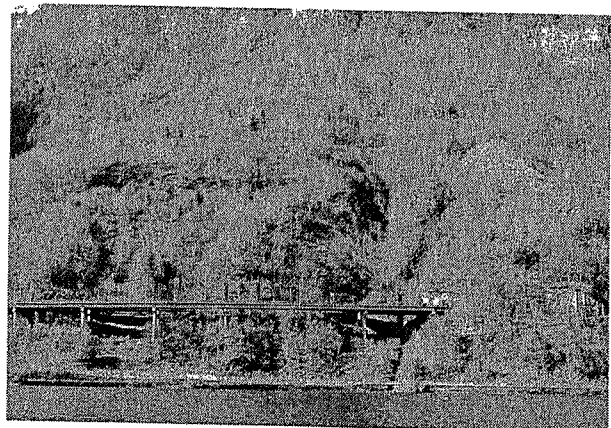
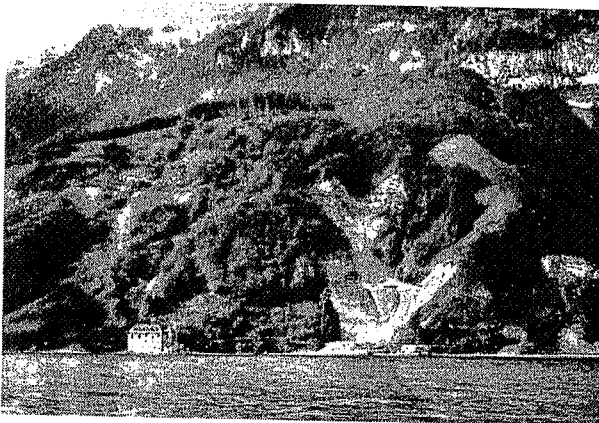
Keine Aufnahme von 1930



Gesamtansicht der Steinbrüche Eichwald und Fallenbach. Auf Distanz fügen sich die beiden Abbaustellen in Anbetracht der natürlichen, kahlen Felswand an der Bergflanke im Bildhintergrund harmonisch in das Landschaftsbild ein.



Der Steinbruch Seedorf-Isleten Süd ist kaum mehr sichtbar. Der Verkehrsweg jedoch hat die Landschaft nachhaltiger geprägt.

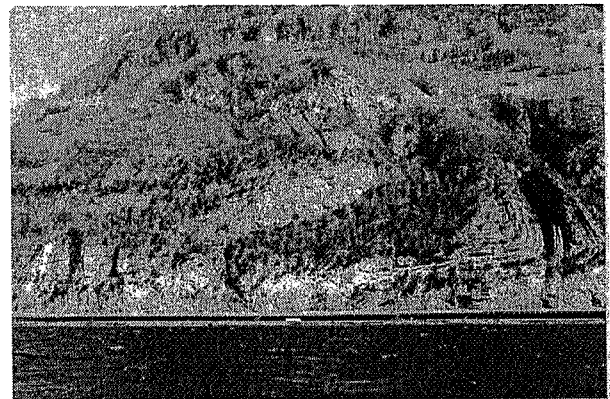


Der Steinbruch Seedorf-Isleten Nord ist ebenfalls vollständig renaturiert. Ohne menschliche Anstrengungen wurde das Abbaugebiet «überwuchert». Die «Fremden, die Geld in unser Land tragen», können dank ausgezeichneter Erschließung, den «durch Geschichte und Tradition geheiligten Vierwaldstättersee» genießen

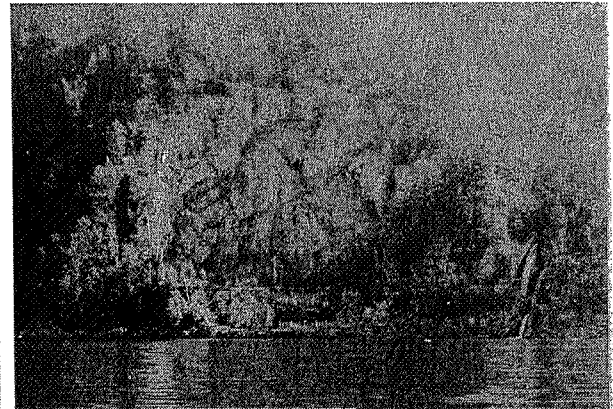
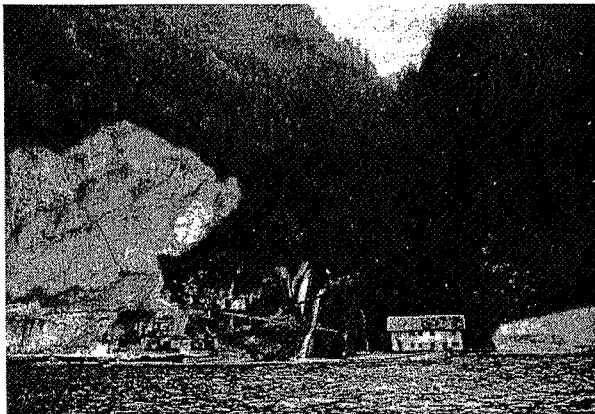
Keine Aufnahme von 1930



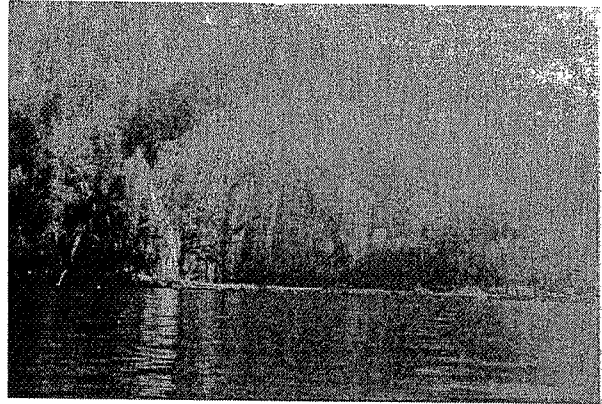
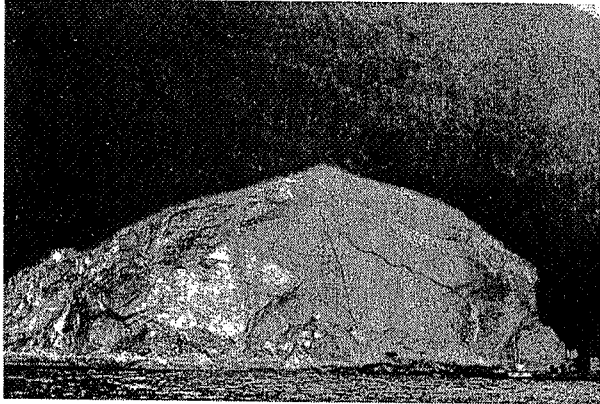
Der Steinbruch Schwibogen (Emmetten) war noch in den achtziger Jahren in Betrieb. Die Terrassierung und das kleinräumige Relief werden eine optimale Renaturierung erlauben.



Gegenüber von Isleten ist die Axenstrasse ein markantes Element in der Landschaft, die von natürlichem, durch Glazialerosion blossgelegtem, kahlem Fels mit imposanter Tektonik (liegende Falte), dominiert wird.

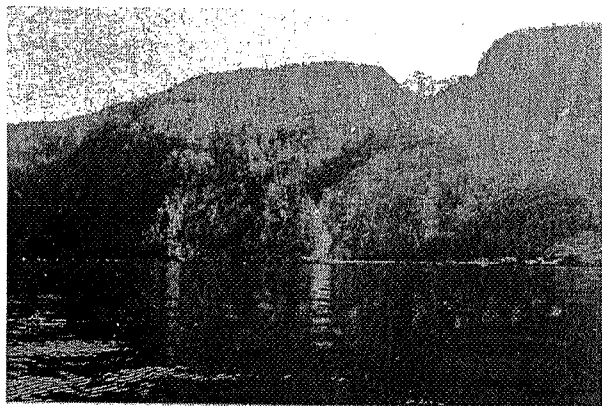


Steinbruch Beckenried- Kohltalbach Ost



Steinbruch Beckenried-Kohlalbach West

Keine Aufnahme von 1930

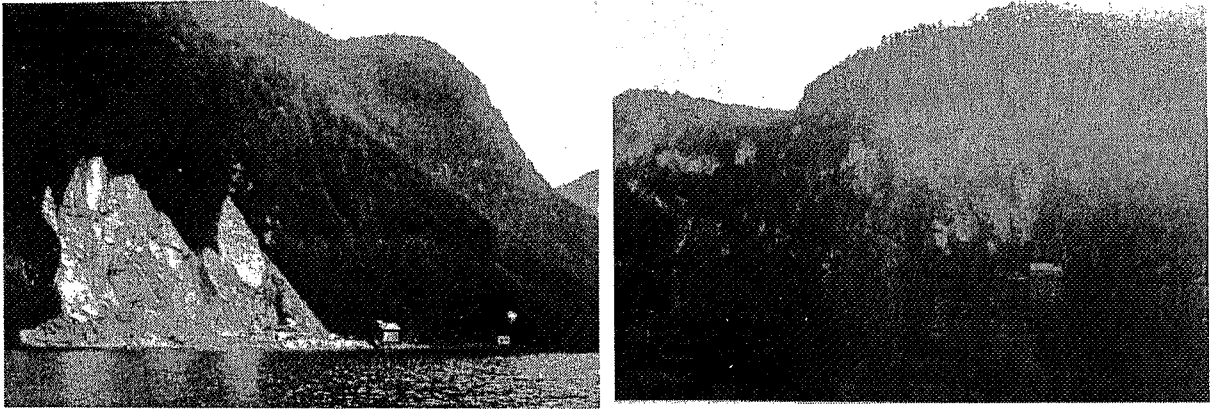


Gesamtansicht Steinbrüche Beckenried-Kohlalbach (Risleten) Ost und West

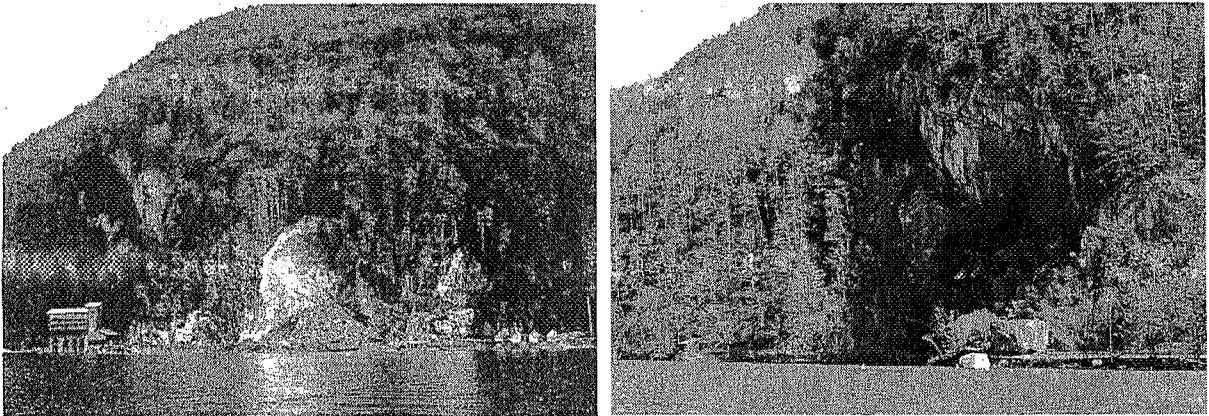
Keine Aufnahme von 1930



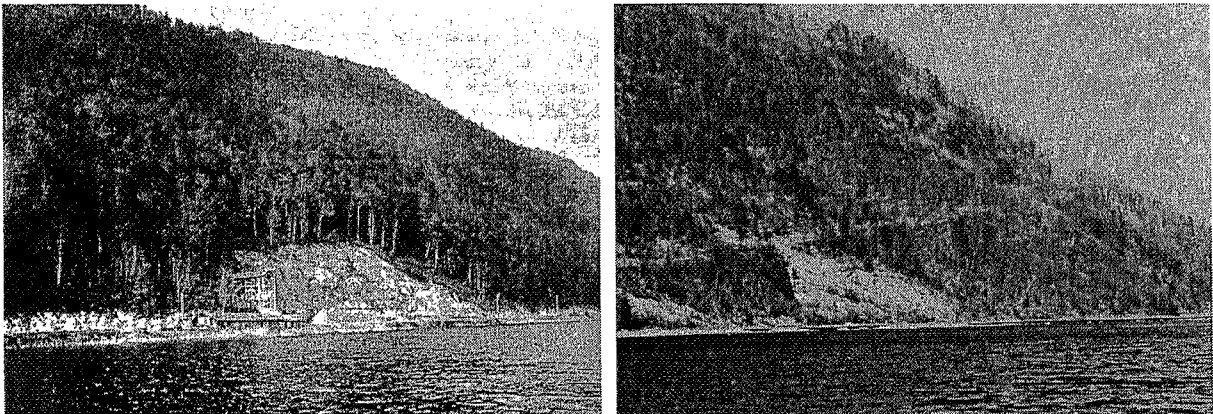
Der Steinbruch Rüteneu war «Jammer und Schande» in den vierziger Jahren. Heute ist das Gebiet praktisch vollständig renaturiert und durch die Deponie von inertem Material auf dem Steinbruchboden gut ins Landschaftsbild integriert.



Das Gebiet des Steinbruchs Matt-Bürgenstock wurde durch keine weiteren baulichen Eingriffe belastet, was eine Integration ins Landschaftsbild begünstigte.

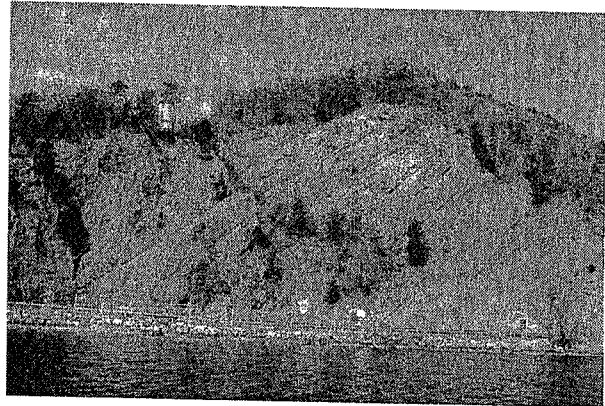


Der Steinbruch Muttenschwandberg am Alpachersee darf heute als Bereicherung des Landschaftsbildes betrachtet werden.



Auch der Steinbruch Stansstad-Alpnachstad ist heute kein Schandfleck mehr.

Keine Aufnahme von 1930



Beim Steinbruch Hellegg ist die ehemalige Abbaustelle kaum mehr eruierbar.

### Schlussfolgerungen

- Der Heimatschutz hat gegen die Verschandelung des Vierwaldstättersees durch Steinbrüche sehr erfolgreich agiert.
- Die Zeit hat zur vernünftigen Rationalisierung geführt. Von 19 Steinbrüchen sind heute noch bloss zwei in Betrieb (Steinbruch Kehrsiten und der nicht bebilderte Steinbruch Rozloch).
- Schwierigkeiten bei Steinbrucherweiterungen, geologische Kriterien und steigende Ansprüche an die Qualität für Bahnschotter und Strassenbaumaterialien führten hauptsächlich zur Reduktion von Abbaustellen.
- Sämtliche damaligen Forderungen des Heimatschutzes wurden durch Behörden und die Steinbruchindustrie<sup>41</sup> erfüllt.
- Verkehrswege, Anlagen für Freizeit (Bootsstege, Uferwege) und Siedlungsgebiete haben, im Vergleich zu Steinbrüchen, die Landschaft am Vierwaldstättersee seit 1930 nachhaltiger verändert und geprägt. Die Steinbrüche waren eine vorübergehende und keine bleibende Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und führten mancherorts zu einer Belebung der Landschaftsstruktur.
- Was für den Vierwaldstättersee gilt, hat auch für andere Schweizerseen seine Gültigkeit. In seiner Publikation „Die Steinbrüche am Thunersee“ beschreibt P. BECK (1943) rund 20 aufgelassene Steinbrüche, 4 Steinbrüche, die zeitweilig benutzt werden und 2 ständig in Betrieb stehende Steinbrüche. Heute sind nur noch zwei Abbaustellen in Betrieb. Die meisten, der 1943 aufgelassenen Steinbrüche sind heute nicht mehr eruierbar.

<sup>41</sup> Dr. E. Fischer (Sekretär des Schweizerischen Baumeisterverbandes) unterstützte an der Konferenz vom 23. März 1935 (Kommission für den Uferschutz des Vierwaldstättersees) die Verhinderung von neuen Steinbrucheröffnungen.

## **Nationales Forschungsprogramm (NFP) 48: Landschaften und Lebensräume in den Alpen<sup>42</sup>**

Ziel des NFP<sup>43</sup> ist es Wege zu finden, die es erlauben, die Landschaften und Lebensräume der Zukunft entsprechend den Wünschen und Bedürfnissen der unterschiedlichen Nutzer und Nutzerinnen bewusst nachhaltig zu gestalten. Landschaften und Lebensräume sollen nicht wie bisher ein Zufallsprodukt der wirtschaftlichen Entwicklung bleiben.

**Landschaft und Lebensräume werden definiert als die gelebte und erlebte Umwelt des Menschen, die ihm als natürliche und kulturelle Ressource die Deckung und Erfüllung seiner physischen und psychischen Bedürfnisse als Individuum und in der Gesellschaft ermöglicht.** Dabei geht es um die Dimensionen der Wertschöpfung, Versorgung, Entsorgung, Sicherheit, Schutzwürdigkeit, Erholung und der regionalen Identität.

Pierre-Alain Rumley, Direktor des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE), erwartet von den Forschenden, dass sie sich nicht nur auf Umweltaspekte des Lebensraums Alpen konzentrieren, sondern auch auf dessen **wirtschaftliche Entwicklung**. Die Interessen der Forschung und der Wirtschaft müssen frühzeitig erkannt und ein gemeinsamer Nenner gefunden werden, denn nachhaltige Entwicklung kann nicht nur ökologisch und kulturell definiert werden, sie funktioniert nur, wenn die wirtschaftliche Entwicklung einbezogen wird. Die verschiedenen Interessen, auch nationale, regionale und lokale, müssen gegeneinander abgewogen werden und Gefässe für Verhandlungen und Plattformen zur Diskussion bereitgestellt werden. Die Rückkehr zur Idylle ist nicht machbar, eine konservative Sicht nicht erwünscht. Darum forderte Rumley die Forschenden auf, festzuhalten, für wen und weshalb, welche Landschaften und Lebensräume attraktiv sind, offenzulegen, wer entscheidet, ob eine Landschaft oder ein Lebensraum attraktiv ist und wer in welchem Fall wem Beiträge zahlen muss. Für die verschiedenen möglichen Landschaften und Lebensräume wünscht sich Rumley Modelle, jeweils sowohl für die wirtschaftliche Entwicklung als auch für die sichtbare Landschaftsentwicklung.

Am Jahreskongress der schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (September 2002) wurden die Alpen als bedrohter Lebensraum thematisiert. Es wurde festgehalten, dass der Alpenraum eine Kulturlandschaft ist, die schon seit Jahrhunderten durch land- und forstwirtschaftliche, lokal auch durch **bergbauliche und industrielle Nutzung** geprägt wird. In neuerer Zeit ist mit Tourismus und Sport eine weitere intensive Nutzung dieser Landschaft hinzugekommen, während die traditionellen Nutzungen wirtschaftlich an Bedeutung verlieren. Im Fokus der Veranstaltung stand die alpine Landschaft als integraler Naturraum, der Boden und Vegetation umfasst und als Lebensraum der Gesellschaft anthropogen geprägt ist. Ziel des Workshops war es, die in dieser Landschaft ablaufenden Veränderungen im Kontext der auslösenden Zusammenhänge zu lokalisieren und ihre Bedeutung für den zukünftigen Lebensraum „Alpen“ einzuordnen.

### **4.2.8 Ausbeutung natürlicher Ressourcen (vgl. Kapitel „Nachhaltigkeit“)**

Diesbezüglich ist das Angebot, das die Natur an Hartgesteinen zur Verfügung stellt, riesig. Die Standortgebundenheit einzelner Vorkommen ist eine Folge der günstigen

<sup>42</sup> [www.nfp48.ch](http://www.nfp48.ch)

<sup>43</sup> VAVRECKA-SIEDLER, D. (2002).

Abbauverhältnisse (u.a. gute Erschliessung, geringe Überdeckung, Aufschluss der Nutzsicht durch natürliche Erosion in Quertälern).

#### 4.2.9 Diskussion naturnaher Abbau

„Partnerschaft Landschaft“ und „**Wertvolles erhalten, Neues kreativ gestalten**“ sind die Leitgedanken des Landschaftskonzeptes Schweiz, das vom Bundesrat im Dezember 1997 verabschiedet wurde. Als Ziele werden formuliert (B. St. WALDER, 2002):

- Naturlandschaften, natürliche Landschaftsformen und –elemente in ihrer Eigenart, Vielfalt und Schönheit erhalten.
- Freiräume für die Eigenentwicklung und Dynamik der Natur zulassen.
- Wasser in der Landschaft aufwerten.
- Lebensräume für die Erhaltung der vielfältigen, heimischen Flora und Fauna sicherstellen, aufwerten und vernetzen.
- Kulturlandschaften in ihrer Eigenart, Vielfalt und Schönheit schonend entwickeln und ihre Geschichte und Bedeutung ablesbar erhalten.
- Schöne und einmalige Kulturlandschaften und Siedlungen sowie kulturhistorisch bedeutungsvolle Stätten und Denkmäler in einem sinngebenden Umfeld erhalten.
- Ruhige und vielfältige Ausgleichsräume erhalten und erschaffen.
- Die Verbundenheit mit Natur, Landschaft und Kulturgut stärken.
- Nutzungen auf die natürlichen Standortverhältnisse ausrichten; die Regenerationsfähigkeit erneuerbarer Ressourcen ermöglichen.
- Eingriffe in die Landschaft minimieren; den Landschaftsverbrauch durch überlagernde Nutzungen vermindern.
- Nichterneuerbare Ressourcen der Landschaft erhalten, Ersatzstoffe verwenden und unabdingbare Nutzungen haushälterisch vornehmen.
- Bauten, Infrastrukturen und andere Anlagen auf das notwendige Minimum beschränken, zusammenfassen und zusammenhängende Lebensräume schaffen.
- Bei Nutzungen und Eingriffen die Eigenart und Qualität des Ortes wahren und aufwerten.
- Übergänge zwischen Nutzungen als naturnahe Lebensräume und zur Gestaltung der Landschaft erhalten und schaffen.
- Intensiv genutzte Landschaften, insbesondere Siedlungsgebiete, ökologisch aufwerten und lebenswert gestalten.

Diese Ziele werden weitgehend in den Abbau- und Gestaltungsplänen von Steinbrüchen umgesetzt.

Gemäss Definition des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft wird Landschaft folgendermassen definiert<sup>44</sup>:

- **Lebensraum:** Für uns und weitere 50'000 Arten in der Schweiz  
Vgl. Abschnitt „Eingriff in den Naturhaushalt“.  
Die Steine- und Erdeindustrie ist die einzige Industrieform, die während der Tätigkeit und erst recht danach Lebensräume schafft.
- **Naturraum:** natürlich, mannigfaltig

---

<sup>44</sup> [http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_grundlagen/grundlagen/landschaftsbild/was\\_ist\\_landschaft/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_grundlagen/grundlagen/landschaftsbild/was_ist_landschaft/index.html)

Gesteinsabbau bedeutet einen notwendigen Eingriff in die Naturlandschaft. Der zerstörerische Eingriff ist jedoch vergleichbar mit natürlichen Prozessen wie Felsstürze oder Erosion an Talhängen. Der Eingriff ist zeitlich begrenzt und schafft neue, besondere und artenreiche Lebensräume. Vgl. Abschnitt „Eingriff in den Naturhaushalt“.

- **Kulturraum:** Natürliche Vielfalt kulturell geprägt  
Steinbrüche sind Zeugen der Menschheitsgeschichte. Die Idee einer Synthese von Nutzen und Schönheit in einer nachhaltigen Landschaftsgestaltung ist heute der Leitgedanke der aktuellen Planung. Vgl. Abschnitt „Nachnutzung“.
- **Wirtschaftsraum:** Gestern, heute, morgen  
Steinbrüche sind Zeugen einer Primärproduktion. Vgl. Steinbrüche am Vierwaldstättersee, gestern und heute.
- **Erlebnisraum:** Erleben ist bereichernd  
Stillgelegte Steinbrüche bieten schon heute Raum für Natur, Sport und Erholung.
- **Wahrnehmung und Bewertung:** Kulturell vermittelt, individuell und gesellschaftlich inszeniert  
In der Schweiz werden jährlich durch natürliche Vorgänge und Ereignisse (Rutschungen, Sackungen, Fels- und Bergstürze, Erosion) beachtlich mehr Material und mehr Fels freigelegt als durch die Entnahme mineralischer Rohstoffe.
- **Identifikationsraum:** Zuhause sein in der Landschaft  
Das Antlitz jeder Stadt ist geprägt von den Bausteinen, die in unmittelbarer Nähe gewonnen wurden. Der Berner-Sandstein prägt das Bild in Bern, Freiburg und Burgdorf. In Basel dominiert der rote Buntsandstein oder in Neuenburg der Pierre jaune de Neuchâtel.
- **Zeugin der Erdgeschichte:** Zeitreise durch Jahrmillionen  
Abbaustellen mineralischer Rohstoffe schaffen grossflächigen Einblick in die Kruste. Jeder Steinbruch ist für die Wissenschaft und den naturinteressierten Betrachter ein Geotop.
- **Gemeineigentum:** Landschaft gehört Allen  
Der Abbau von Hartgesteinen erfolgt im öffentlichen Interesse.
- **International:** Regionale Verantwortung, globale ökologische Herausforderungen.  
Verkehrswege gehören zur globalen Gesellschaft. Hartgesteine sind der ökologische und ökonomische Baustoff um die Verkehrsträger (Schiene und Strasse) zu bauen.

Für Projekte in der Landschaft erteilt das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft folgende Spielregeln<sup>45</sup>:

- **Verzichten:** Landschaften von besonderer Schönheit fallen für die Projektierung ausser Betracht.
- **Freihalten:** Sensible Gelände und Lebensräume freihalten. Zum Beispiel Kreten, Aussichtslagen, historische Stätten, See- und Flussufer.
- **Respektieren:** Die Spuren der Geschichte einer Landschaft lesen und respektieren.

---

<sup>45</sup> [http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_grundlagen/grundlagen/landschaftsbild/aesthetik/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_grundlagen/grundlagen/landschaftsbild/aesthetik/index.html)

- **Masshalten:** Das Projekt massvoll dimensionieren und räumlich optimal positionieren.
- **Eingliedern:** Auf das Gegebene Rücksicht nehmen und das Projekt gut in die Umgebung eingliedern.
- **Sich vertiefen:** Sich in die Landschaft des Projektgebietes vertiefen.
- **Wahrnehmen:** Die Landschaft aus unterschiedlichen Blickrichtungen wahrnehmen.
- **Visualisieren:** Sichtbar machen, wie das Projekt in die Landschaft eingegliedert wird.
- **Wirkungen abschätzen:** Die zu erwartenden Eingriffe mit den Beteiligten im Gelände abschätzen.
- **Kreatives fördern:** Kreative und nachhaltige Lösungen mit Wettbewerben fördern.

#### 4.2.10 Reststoffablagerungen

In den Steinbrüchen der Hartgesteinsindustrie entstehen keine Abfallprodukte. Das Sprenggut wird restlos zu Schotter, Splitt, Brechsand und Filler sowie Mischkörnungen (Koffermaterial, Betonzuschlagstoffe u.a.) verarbeitet. Stets wird versucht, eine hohe Wertschöpfung zu erreichen<sup>46</sup>.

#### 4.3 Nachhaltigkeit

Die Ausführungen stützen sich auf die Publikation von W. SCHLEGEL (2001): „Messen der Nachhaltigkeit“. Der Begriff „Nachhaltigkeit“ ist zu einem Modewort mutiert, das eine ausgewogene langfristige Betrachtungsweise unter Einbezug ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte umschreibt<sup>47</sup>.

Ein Produkt ist nachhaltig, wenn es in einer nachhaltigen Gesellschaft einen Markt findet. Dies bedeutet, dass das Produkt unter den Rahmenbedingungen der Nachhaltigkeit hergestellt, verwendet und entsorgt wird, und dass das Preis-Leistungs-Verhältnis stimmt. Rahmenbedingungen der Nachhaltigkeit beruhen auf der Deklaration von Rio und der Agenda 21<sup>48</sup>, auf Arbeiten für die Enquêtékommision des Deutschen Bundestages<sup>49</sup> und auf der Studie „Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz“<sup>50</sup>:

Die Nutzung unbeschränkt verfügbarer Rohstoffe ist nachhaltig, wenn der jährliche Verbrauch  $\leq 0.01$  % ist als das natürliche Vorkommen. Dies ist für Hartgesteine erfüllt. Weiter soll der Erhalt der Artenvielfalt durch Bereitstellen geeigneter Habitate befriedigend gesichert sein. Zudem ist die Aufforstung genutzter Wälder obligatorisch

---

<sup>46</sup> Forschungsprojekt 4/155, Austrian Research Centres Seibersdorf: Ökoeffiziente Verwertung von Produktionsrückständen aus Gewinnung und Verarbeitung von Natursteinprodukten.

<sup>47</sup> Definition nach Bruntland-Bericht (1987) „Our Common Future“: Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, welche weltweit die heutigen Bedürfnisse zu decken vermag, ohne für künftige Generationen die Möglichkeit zu schmälern, ihre eigenen Bedürfnisse zu decken.

<sup>48</sup> Erdgipfel 1992, Agenda für eine nachhaltige Entwicklung, Center of Common Future, 1993.

<sup>49</sup> Enquêtékommision des Deutschen Bundestages (1994): „Zum Schutz des Menschen und der Umwelt“.

<sup>50</sup> Interdepartementaler Ausschuss Rio (1997).

und der Erhalt von bebaubarem Kulturland muss gesichert sein. Bei der Herstellung von gebrochenen Hartgesteinsprodukten entstehen keine Reststoffablagerungen.

Aspekte nachhaltiger Rohstoffgewinnung umfassen<sup>51</sup>:

- Aufrechterhaltung und dauerhafte Sicherung der Rohstoffversorgung.  
Die Rahmenbedingungen für wirtschaftliche Rohstoffnutzung müssen gegeben und Planungssicherheit muss gewährleistet sein. Lagerstätten müssen bauwürdig (wirtschaftlich abbaubar), vor allem aber verfügbar sein.
- Art und Vorgehensweise der Rohstoffsicherung.  
Der sparsame und haushälterische Abbau sollte nur dort erfolgen, wo mineralische Rohstoffe durch den Einsatz von Recyclingstoffen qualitativ nicht gleichwertig ersetzt werden können. Die Bedeutung eines Rohstoffes ergibt sich aus seinem Marktwert, seiner Seltenheit (z.B. auch bezüglich möglicher Abbaustandorte) und der fehlenden Möglichkeiten zur Substitution. Rohstoffnutzung steht in räumlichem Bezug zur Lagerstätte, zu Produktionsanlagen und zum Verbraucher. Transportentfernungen spielen dabei eine wichtige Rolle. Sicherung und Abbau von Rohstoffen müssen daher sorgfältig vorbereitet sein, das heisst, sie müssen sich auf abgesicherte Kenntnisse zur Lagerstätte stützen.
- Verträglichkeit der Rohstoffnutzung mit den sie berührenden Belangen.  
Rohstoffnutzung im Einklang mit den Belangen der Umwelt. Erhalt und Weiterentwicklung von Betriebs- und Erwerbsstrukturen. Ziel ist, eine vollständige Nutzung der Lagerstätte (kein Raubbau), Verwendung von Begleitrohstoffen und des Abraumes, soweit möglich, Verwendung in möglichst hohem Veredelungsgrades, Produktenanwendung in Qualitätsstandards, die der Verwendung entsprechen und Substitution wo möglich.

Eine Verbesserung der Nachhaltigkeit eines Produktes kann durch folgende Massnahmen verbessert werden:

- Senkung der externen Kosten (Verbesserung der Ökologie)  
Bei der Gewinnung und Verarbeitung von felsgebrochenen Hartgesteinen wird der Ökologie ein hoher Stellenwert eingeräumt. Hartgesteine sind recycelbar und bei der Produktion fallen keine unbrauchbaren Produkte an, d.h., die Produktion wird auf den Bedarf abgestimmt. Kurze Transportdistanzen von den schweizerischen Werken zum Verbraucher vermindern die Umweltbelastung.
- Erhöhung des Gebrauchswertes (Erhöhung der Lebensdauer)  
Auf den wirtschaftlichen Nutzen von felsgebrochenen Hartgesteinen bezüglich Gebrauchsqualität (höhere Geschwindigkeiten beim Bahnbau, grössere Unterhaltsintervalle, geringere Spurrinnenbildung bei Belägen, Erhöhung der Verkehrssicherheit) und Lebensdauer wurde im Kapitel „Bedarfsnachweis“ hingewiesen.
- Erhöhung des Sozialbeitrages  
Die Hartsteinbrüche schaffen interessante Arbeitsplätze in Randregionen und haben positive Effekte auf das lokale und regionale Gewerbe. Die

---

<sup>51</sup> Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie (2002): Rohstoffe in Bayern, Situation, Prognosen, Programm.-.  
[http://www.stmwvt.bayern.de/pdf/energie/Rohstoffe\\_in\\_Bayern.pdf](http://www.stmwvt.bayern.de/pdf/energie/Rohstoffe_in_Bayern.pdf)

Rohstoffsicherung hat auch für den Wirtschaftsstandort Schweiz grosse Bedeutung. Mehrere Abbaustellen verhindern eine Monopolisierung des Marktes.

- Senkung der internen Kosten (Produktionsrationalisierung)  
Unter dem Druck drohender Importe bleiben die Produktpreise seit rund 10 Jahren unverändert, trotz Zunahme der Lohnkosten, der Planungskosten und der Kosten für ökologische Massnahmen sowie Wegfall der Zollrückvergütung. Verschärfte Normen und Qualitätssicherung bedingten eine Verbesserung der Aufbereitungsmethoden sowie aufwändigere Abbaumethoden. Dank Automatisierung, Rationalisierung und Energieeinsparungen bis zu 30 %<sup>52</sup> bleiben die schweizerischen Hartgesteinsprodukte im Markt konkurrenzfähig. Die hohe Lieferbereitschaft der schweizerischen Werke bewirkt beim Produktenabnehmer günstige Strukturen (keine Lagerplätze).

Im Zusammenhang mit der Umschreibung von Nachhaltigkeitsnormen, die sich bis anhin an Existenz und Effizienz orientierten, beschäftigte sich M. RUMPF (2000) mit dem Problem der Naturbewertung bezüglich Wald-, Tier- sowie Natur- und Heimatschutz. Er stellt fest, dass sich der Natur- und Heimatschutz seit Beginn des 20. Jahrhunderts an der Wahrung kultureller Identität orientiert und sich auf die Erhaltung der Vielfalt von Natur- und Kulturlandschaften sowie Siedlungsbildern konzentriert und dabei die Ästhetik als Motiv zum Ausdruck kommt.

Der Autor kommt zum Schluss, dass Existenz und Effizienz, die die Nachhaltigkeitskonzepte bisher klar dominierten, durch Ethik und Ästhetik in entsprechenden Naturbewertungen ergänzt werden sollten. Diese Vernachlässigung wichtiger gesellschaftlicher Motive ist für M. RUMPF (2000) einer der Gründe, weshalb das Leitbild der „Nachhaltigen Entwicklung“ seine integrative Kraft operationell kaum entfalten kann.

Im Sinne des 7. Landwirtschaftsberichtes von 1992 und unter Berücksichtigung der Forderung nach Nachhaltigkeit hat die Steinbruchindustrie dafür zu sorgen, dass folgende Aufgaben erfüllt werden:

- Sichere Versorgung der Bauwirtschaft mit qualitativ hochwertigen Produkten zu günstigen Preisen.
- Nutzung und Erhaltung natürlicher Versorgungsgrundlagen (ehrliche Gestaltung der notwendigen Eingriffe, umweltschonende Bewirtschaftungsformen, dem Artensterben entgegenwirken, Vermittlung des Gefühls der Ursprünglichkeit).
- Erhaltung und Pflege von Kulturlandschaft, Rückführung zur Naturlandschaft.
- Beitrag zum wirtschaftlichen und kulturellen Leben in Randregionen.

#### **4.4 Nachnutzung**

##### **4.4.1 Einleitung**

Noch bis vor kurzem galten für sogenannte „Landschaftswunden“, die durch den Abbau von mineralischen Rohstoffen entstehen, die Grundsätze: „In die Landschaft einpassen“, „landschaftsgerecht begrünen“ oder „ordnungsgerechte

---

<sup>52</sup> Die Produktion einer Tonne felsgebrochener Hartgesteinsprodukte benötigt rund 10 kWh. Dieselbe Energiemenge erlaubt, die Produkte 40 km zu transportieren.

Wiedernutzbarmachung“. Dabei wurden Betreibern von Abbaustellen im Bewilligungsverfahren oft unverhältnismässige Auflagen gemacht, die als Schikane das Ziel hatten ein Projekt wirtschaftlich zu verhindern.

Umweltverträglichkeitsberichte zeigten, dass Abbaugelände sich zu ausserordentlich wertvollen Biotopen für eine Vielzahl von bedrohten Tieren und Pflanzen entwickelten. Der Begriff „Rekultivierung“ wurde durch den Begriff „Renaturierung“ ersetzt. Der Begriff Geotop als Gebiet für Arten- und Biotopschutz wird akzeptiert.

Eine neue Entwicklung bahnt sich an: Aufgelassene Steinbrüche werden als Refugium im kulturhistorischen Sinne und im Sinne von Land Art entdeckt. Der Genius loci, das heisst der Geist des Ortes wird ergründet. Die Kunst mit anderen Optionen entdeckt die Steinbrüche (PACHNICKE, P. + MENSCH, B., 1999): Kunst gründet, im Gegensatz zur Denkmalpflege, weder auf der Erfassung und Erforschung noch auf dem bestmöglichen Erhalt der Monumente. Sie beginnt gerade da, wo alte Strukturen und Relikte neue visuelle, emotionale Zusammenhänge suchen; im Sinne eines Eingriffs, der Spurensicherung und poetische Archivierung mit neuen Nutzungen und Erlebnissen verknüpft. Eine kreative Form von Denkmalschutz, in der Zitate und Spolien ebenso ihren Platz finden wie die Neuformulierung und Inszenierung von Vorhandenem und Verschüttetem.

Die folgenden Beiträge sollen veranschaulichen, dass es verschiedene Möglichkeiten einer Nachnutzung gibt, und das auch von Seiten der Hartsteinindustrie Anstrengungen unternommen werden, neue Wege zu gehen und Probleme ganzheitlich anzupacken.

#### **4.4.2 Neues Leben zwischen Abbauwänden (Diplomarbeit PELOSI, D., 2000)**

Untersuchung über eine Nachnutzung von Steinbrüchen im BLN-Gebiet 1606 am Beispiel des Steinbruchs Zingel in Kehrsiten (NW).

Die Arbeit wurde im Rahmen des Bewilligungsverfahrens für zwei weitere Abbaustufen des Steinbruchs Zingel verfasst. Als Voraussetzung für die Erteilung einer Bewilligung für einen weiteren Abbau wird neben einer Umweltverträglichkeitsprüfung auch ein Nachnutzungskonzept verlangt. Dieses soll aufzeigen, was mit dem Steinbruch nach dem Abschluss der Abbauarbeiten geschieht.

Der Steinbruch liegt am nordwestlichen Fuss des Bürgenstocks zwischen den Siedlungen Stansstad und Kehrsiten mit Blick auf die Autobahn und auf das gegenüberliegende verbaute Seeufer.

Ziel der Untersuchung war es, verschiedene Möglichkeiten der Nachnutzung von Steinbrüchen im BLN-Gebiet 1606 (Vierwaldstättersee mit Kernwald, Bürgenstock und Rigi) aufzuzeigen. Der BLN-Status verlangt, dass eine Landschaft nach einem Eingriff mindestens gleichwertig sein muss wie zum Zeitpunkt der Unterschutzstellung. Die Bewertung erfolgte durch das Interaktions-Modell (EGLI 1999) mit fünf Interessengruppen:

- Ökonomie
- Ökologie

- Visuelle Ästhetik
- Soziales
- Wissenschaft/Didaktik

Für jede dieser Interessengruppe wurde ein individueller Bewertungskatalog entworfen. Darauf hin bewertete jede Gruppe das Steinbruchareal zum heutigen Zeitpunkt und zum Zeitpunkt, an dem die Nachnutzung geregelt und eine Endgestaltung abgeschlossen ist. Die Auswertung zeigte, dass grundsätzlich vier verschiedene Möglichkeiten der Nachnutzung in einem BLN-Gebiet realisierbar sind.

- Renaturierung
- Wiederauffüllung
- Freizeitnutzung
- Erweiterter Abbau

Die Renaturierung behauptet sich als die am besten umsetzbare und zugleich sehr wertvolle Lösung. Der Nachnutzungsvorschlag orientiert sich an dem durch die Nutzungsplanung vorgegebenen Abbauperimeter und den erteilten Rodungsbewilligungen und hat vor allem eine bestmögliche Integration des Steinbruchs nach Abbauende zum Ziel. Dieser Vorschlag entspricht im Prinzip dem Gestaltungs- und Renaturierungskonzept, welches von der Ingenieurgesellschaft AM-PLAN-ZUMBÜHL 1998 in Zusammenarbeit mit dem Autor dieser Arbeit entwickelt wurde.

Die Wiederauffüllung von Steinbrüchen ist für alle Interessengruppen nicht die beste Lösung, vor allem wenn das Schüttmaterial nur schwer erhältlich ist.

Die Freizeitnutzung des Steinbruchs ist, wie die Renaturierung, ebenfalls eine wertvolle Nachnutzung. Dieser Nutzungsvorschlag sucht nach einer innovativen Nachnutzung. Die andern Vorschläge zielten mehr oder weniger darauf ab, die Spuren des Abbaus von gebrochenen Materialien zum Verschwinden zu bringen (Wiederauffüllung) und gleichzeitig das Gebiet ökologisch aufzuwerten. Beide Varianten schliessen eine weitere Nutzung des Steinbruchs durch den Menschen aus. Ziel ist es aber, ein Nachnutzungskonzept zu erarbeiten, wo der Mensch auch nach Ende des Abbaus im Steinbruch aufhalten kann.

Wenn ein Steinbruch weiterhin von Menschen genutzt werden kann, gewinnt dieser Ort an gesellschaftlichem Wert. Einerseits kann der Steinbruch als kulturhistorisches Dokument betrachtet werden, andererseits dient er als Erholungsgebiet. Warum ein Steinbruch nicht als zeitgeschichtliches Dokument betrachten, das vergleichbar ist mit Gebäuden, die unter Heimatschutz stehen?

**Schlussfolgerung:** Zum heutigen Zeitpunkt verbindlich festzulegen, welche Nachnutzung nach Abbauende realisiert werden soll, ist im Hinblick auf die Zeitdauer von mindestens 15 Jahren, in welchem sich die Abbaubewilligungen für Steinbrüche bewegen, kaum machbar.

Wichtigster Faktor ist eine klare Definition des BLN-Status. Vor allem auch im Hinblick auf die Beurteilung neuer Steinbruchprojekte und bei neuen Abbaubewilligungen. Solange keine klaren Massstäbe existieren, werden die Ansprüche an die Landschaften im BLN stets zu Diskussionen und sogar zu Gerichtsfällen führen. Mit einer Aktualisierung der Schutzaufgaben und -pflichten könnte das so eingesparte Geld, direkt für die Erhaltung der einzigartigen Landschaft am Vierwaldstättersee eingesetzt werden.

Eine begleitende Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern von Umweltverbänden, der öffentlichen Hand und Steinbruchbetreiber wäre ein wirksames Mittel, um bei diesen über Jahrzehnte dauernden Nachnutzungsprojekten dem BLN-Status bestmöglichst gerecht zu werden. Mit frühzeitigen Gesprächen am runden Tisch,

unterstützt von effizienten Bewertungsinstrumenten, könnten Steinbruchprojekte auch im BLN-Gebiet nachvollziehbar und objektiv beurteilt werden.

#### **4.4.3 «En Basse-Ruche, un Lieu en devenir» (vgl. Mitteilungen VSH, 1997/2) „En Basse-Ruche – ein Ort im Werden“**

In ihrer Diplomarbeit behandelt die Autorin Jacqueline Kissling (Architektin EAUG, Genf) das Thema Renaturierung beziehungsweise Rekultivierung von aufgelassenen Steinbrüchen im Sinne einer Nachnutzung als Refugium oder als Ort der Besinnung, wo sich Natur und Kultur ergänzen.

##### **Die Problematik der aufgelassenen Steinbrüche**

Während des Abbaus werden die Steinbrüche als genutzter Raum toleriert. Einmal stillgelegt, treten schnell Ausdrücke wie toter Ort oder verwundete Landschaft auf und zeugen von der allgemein schlechten Akzeptanz des industriellen Brachlandes.

##### **Der Ort**

Der bei Thoiry am südlichen Jurafuss gelegenen Kalksteinbruch «En Basse-Ruche» wurde nach 12-jährigem Abbau stillgelegt.

Das Projekt nimmt die topografischen Bewegungen des Ortes auf und vermittelt sie. Es lädt ein zum Verweilen, Schauen, Entdecken, Nachdenken und drückt sich durch elementare Gesten aus, die erlauben sich im Raume zu orientieren, zu bewegen, auszusetzen oder zu schützen – den Ort als erlebten Raum zu erfahren.

##### **Musealer Charakter**

Die unmittelbare Nachbarschaft zu einer versteckt liegenden Grotte, welche nachweislich schon in der Bronzezeit benutzt wurde, stellt den Steinbruch als Element in die Kette der menschlichen Entwicklungsgeschichte. Die ältesten noch erhaltenen Zeugen des Abbaus des weissen Kalksteins von Thoiry führen uns bis in das 1. Jh. n. Ch. zurück, als Genva oder Geneva unter römischer Herrschaft stand, und berichten von der allmählichen Aneignung und Nutzung der Landschaft

##### **Grosser botanischer Wert**

Der Kalkstein ist reich an basischen Elementen, die für die Entstehung artenreicher Pflanzengemeinschaften nötig sind. Die unmittelbare Umgebung des Steinbruches «En Basse-Ruche» zeichnet sich durch das Vorkommen einer grossen Zahl seltener und bedrohter Pflanzen aus. Dies ist die Grundlage für eine artenreiche Vielfalt des nun langsam im schützenden Mikroklima entstehenden Biotops, das umso wertvoller sein wird, da es auch vielen Tieren Lebensraum bietet.

##### **Das Projekt**

*Der Zugang:* die für den Abbau angelegte Zufahrtsstrasse zum Steinbruch unterbricht den historischen vom Dorf herkommenden Fussweg. In die bestehende Schneise, welche genau Nord-Süd orientiert ist, wird – wie eine Magnetnadel – eine Treppe, die in eine Rampe übergeht, gelegt. Dieses Element kann als Schwelle gelesen werden, wenn wir den Steinbruch als Zimmer im Hause Landschaft deuten.

*Die Nischen und der Spiegel:* Schattige Orte sind im Steinbruch rar und der Raum wird von einem, von Felswänden reflektierten, meridionalen Licht beherrscht. In Stein gehauene Nischen am Fusse der Nordwand bieten den fehlenden Schatten und schützen vor Hitze, dem gleissenden Licht der Sonne und vor plötzlichen Gewittern. Vor den Nischen wird eine grosse, begrenzte Wasserfläche angelegt, in

der sich die vorüberziehenden Wolken, Flugzeuge, Sterne, und der Mond spiegeln werden. Diese vergänglichen Bilder erinnern auch an die unsichtbaren Wasser, die ihren Weg durch das Innere des durchlässigen Kalkgesteins suchen. Die Wasserfläche wird durch eine in der Mergelschicht gelegene Quelle gespiesen. Nach seiner Inszenierung wird das Wasser in die gegen Norden orientierten, unteren Ränder des Steinbruchs entlassen, um so die Entwicklung der Pflanzenwelt zu unterstützen.

#### ***Der Belvédère:***

Die obere Kante des Steinbruchs zieht die Grenze zwischen dem unberührten Wald und der durch den Menschen veränderten Landschaft. Der Blick ist frei, erfasst den Steinbruch, seine Umgebung, die Stadt Genf und ihr Hinterland, um sich dann im Mont-Blanc Massiv zu verlieren.

#### ***Die Landschaft***

Das Zusammentreffen der Kräfte der Natur und des menschlichen Willens haben eine wechselseitige Wirkung, die bestimmend ist für die Entwicklung der Landschaft. Wenn wir die Landschaft als Vorgang verstehen wird der Begriff untrennbar mit jenem der Zeit verbunden und wir finden uns auf einem Feld unendlicher Entdeckungen wieder. Die Landschaft hat sich immer schon und wird sich weiterhin wandeln.

#### **4.4.4 Paysage et reprise des territoires en friche: Les anciennes carrières comme laboratoire du projet (NF-Projekt 1214-056961.99/1):**

*Landschaft und die Wiederaufnahme industriellen Brachlandes: Alte Steinbrüche als Projektwerkstätten*

Projektverfasserinnen: Jacqueline Kissling, Béatrice Manzoni, architectes EAUG

#### ***Das Projekt***

**Beobachten** und **verstehen** einerseits, **aufnehmen** und **entwickeln** andererseits, sind die zwei zentralen Themen der Studie, die zum Ziele hat, Szenarien auszuarbeiten, welche aufgelassene Steinbrüche für zukünftige Lebensräume, Produktionsstätten, Siedlungsgebiete, und Kulturlandschaften in Betracht zu ziehen. Diese heute oft disqualifizierten Orte, werden so als wirkliche, territoriale Reserven entdeckt und erhalten, als Pilotprojektstandorte im umfassenden Sinne der nachhaltigen Entwicklung, eine neue Bedeutung. Um den komplexen Sachverhalt der Problematik zu verstehen und auszuschöpfen ist das Projekt transdisziplinär angelegt und der Einbezug von Experten von grosser Bedeutung.

Nach der Auswertung von ca. 20 Steinbrüchen, wurden sieben ausgewählt, die für die Nachnutzungsszenarien in Frage kommen:

Die Bewertungskriterien sind:

Räumliche Gliederung

Wirtschaftlichkeit

Art des Abbaus

Möglichkeit einer Nachnutzung

Legalen Rahmen

Szenarium **Umnutzung** von zwei Steinbrüchen, die als Deponien genutzt werden:

- Chamblon (VD)
- Tête-Plumée (NE)

Szenarium Massnahmen zur **Nachnutzung** nach Betriebsende:

- Salève (Préalpes, France) voraussichtliches Betriebsende 2020
- Schnür (NW) voraussichtliches Betriebsende 2010

Szenarium **Projektierung** der Nachnutzung **vor Abbaubeginn**

- Sarraz (VD)
- Arvel (VD)
- Rozloch, Erweiterungsgebiet Rüti (NW)

Während der letzten zwei Studienjahre entstanden folgende Projekte zur Nachnutzung von Steinbrüchen:

- Schnür: alternative Produktivität ermöglichen
- Rozloch: die Erweiterung modifizieren bei gleichzeitigen Massnahmen zur Nachnutzung
- Chamblon: Programm für Siedlungsraum und öffentliche Einrichtungen
- Tête-Plumée: Inszenierung der Landschaft

Die Studie ist noch nicht abgeschlossen, folgende Schwerpunkte werden erarbeitet:

- Grundlagen, die die Nachnutzung schon bei der Erteilung Betriebsbewilligung und während der Abbauphase festlegen.
- Grundlagen die die Nachnutzung am Ende des Abbaus zu garantieren.

#### **4.4.5 Projet pour les lieux en devenir. La friche ou la valeur de l'absence**

*Projekt für Orte im Werden: Das Brachland oder der Wert der Abwesenheit*

Autorinnen: Angélique Horsten, Jacqueline Kissling, Béatrice Manzoni,  
architectes EAUG

Dieses kulturelle Projekt wurde im Rahmen der **Mitmachkampagne der Expo.02** erarbeitet und unterstreicht den regionalen Charakter der Landesausstellung. Aufgelassene Steinbrüche wirken wie Inseln im Innern eines immer mehr und mehr strukturierten, kontrollierten und verplanten Territoriums. Die Arbeit möchte die Menschen auf diese Orte sensibilisieren, in dem die Autorinnen in Zusammenarbeit mit Fachstellen für Geologie (VSH), Archäologie, Raumplanung, Umweltschutz und Tourismus versuchen diese Inseln in die Landesausstellung einzubeziehen. Auf jeder Arteplage wird ein Thema vermittelt, das in den entsprechenden Steinbrüchen entdeckt wurde:

##### **Die Arteplages:**

*Yverdon:* Der Steinbruch als Zimmer, das sich gegen den Himmel öffnet

*Neuenburg:* Der Steinbruch als Naturreservat

*Biel:* Der Steinbruch als grosse Bühne

*Murten*: der Steinbruch als Observatorium

### **Die Steinbrüche:**

*Yverdon*: Der Steinbruch „*Baulmes*“ liegt im Wald und wirkt wie ein grosses Zimmer, das gegen den Himmel geöffnet ist. Geprägt wird „das Zimmer“ durch eine steilabfallende Felswand. Heute dient dieser Steinbruch als Rast- und 1. Augustfestplatz.

*Neuenburg*: Der Steinbruch „*La Tête-Plumée*“ liegt in einem weit ausgedehnten, als Naherholungszone genutzten Wald oberhalb der Stadt. Der Ort bietet eine wunderschöne Aussicht auf die Stadt und die Artepilage. Die Lichtung wird heute als Deponie von Klärschlamm genutzt, trotz ihres ökologischen Wertes.

*Biel*: Es handelt sich hier um zwei Steinbrüche, die kaum sichtbar an der Nationalstrasse Neuenburg-Biel liegen. Der grössere Steinbruch „*Rusel*“ beherbergt wie ein natürliches Vivarium viele seltene Schlangenarten. Er ist durch eine Unterführung mit dem Seeweg verbunden. Der kleine Steinbruch liegt am «Franzosenweg», einem historischen Wanderweg.

Concise und Avenches stehen für *Murten*: Der Steinbruch „*La Lance*“ am Neuenburgersee wurde vor mehr als 2000 Jahre abgebaut. Von hier wurden die Steine über den Seeweg nach Avenches geschifft um das römische Aventicum zu bauen. Die historischen Bauten dienten in späteren Epochen und bis ins 19. Jh. als wichtige Reserve für Baumaterialien. Noch heute sind steinere Spuren dieser Recyclierung sichtbar: *die Stadt als Steinbruch*.

Für die Expo.02 waren in allen Steinbrüchen entweder temporäre oder anhaltende Projekte entwickelt worden.

Die Rehabilitation der Deponie „*La- Tête-Plumée*“ ist Teil des von der Stadt Neuenburg initiierten Projektes „*Nature en ville-Ville de Neuchâtel*“.

#### **4.4.6 Produktion von erneuerbarer Energie in einem aufgelassenen Steinbruch** LINK architectes

ENECOLO AG Ingenieurbüro  
Geologisches Gutachtenbüro GERBER

Der Steinbruch Schnür der Hartschotterwerke Mühlehorn-Quinten AG liegt im Kanton St. Gallen am Nordufer des Walensees, westlich von Quinten und gehört zur politischen Gemeinde Amden.

Die Ausgangslage zu dieser Arbeit ist das schon erwähnte Forschungsprojekt<sup>53</sup> des Schweizerischen Nationalfonds, worin die Nachnutzung aufgelassener Steinbrüche in der Schweiz erforscht wird. Die Arbeit zeigt die Möglichkeit auf, dass ein „Ort im Werden“<sup>54</sup> verschiedenen gesellschaftlichen Anforderungen gerecht werden kann.

**Das Projekt** verbindet folgende Themenkreise:

- Energietechnik
- Raumplanung
- Landschaftsarchitektur
- Natur- und Umweltschutz

<sup>53</sup> Kissling Jacqueline, Béatrice Manzoni, (en cours) Paysage et Reprises des territoires en friches: Les anciennes carrières comme laboratoire de projet.

<sup>54</sup> Kissling Jacqueline, (1995) En Basse-Ruche – un lieu en devenir, projet pour une ancienne carrière, travail de diplôme, Ecole d'architecture de l'Université de Genève.

- Zeitliche Dimensionen
- Geologie

### **Energietechnik**

Die Lage des Steinbruches Schnür hat die idealen Voraussetzungen für das Projekt. Es handelt sich um ein etwa 500 m langes Gelände, das sich direkt gegen Süden öffnet. Zudem vergrössert die Strahlenreflexion des Sees die Ausnützung. Die gewonnene Energie kann mittels des bestehenden Seekabels aus dem Steinbruch geleitet werden. Vor Steinschlag geschützt werden etwa 3'000 m<sup>2</sup> photovoltaische Solarmodule installiert, mit einer Nennleistung von ca. 400 kW. Die damit produzierte Energie von 400'000 kWh entspricht einem Bedarf von ungefähr 100 Haushaltungen.

### **Raumplanung**

Die Erschliessung von Standorten für die Produktion von erneuerbarer Energie ausserhalb urbanen Gegenden ist eine raumplanerische Thematik, die immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die diesbezüglichen Vorgaben und Instrumente werden beigezogen und analysiert. Sie sind eine der Grundlagen für die Erarbeitung der Machbarkeitsstudie. Die für das Projekt nötigen raumplanerischen Massnahmen werden entwickelt und dokumentiert.

### **Landschaftsarchitektur**

Die Morphologie des landschaftsarchitektonischen Konzeptes entsteht aus der Studie der Abbauweise im Steinbruch Schnür. Das Projekt kann als Fortsetzung oder Variante des Sanierungsprojektes<sup>55</sup> verstanden werden. Die Sohle des Terrains wird so angelegt, dass der letzte Absatz eine Stützmauer bildet, die die Solaranlage aufnimmt. Das im Steinbruch abgebaute Gesteinsmaterial kann als Zuschlagstoff für die Herstellung der architektonischen Elemente benötigten Betons verwendet werden. Das Gelände soll nur noch zur Wartung der Anlage betreten werden. Dies kann gewährleistet werden, denn der Ort ist nur auf dem Wasserweg erreichbar.

### **Natur- und Landschaftsschutz**

Das landschaftsarchitektonische Konzept orientiert sich an den Auflagen des Natur- und Landschaftsschutzes<sup>56</sup>. Stillgelegte Steinbrüche mit ihren spezifischen Mikroklimas unterstützen die natürliche Entstehung von Biotopen mit grosser Artenvielfalt<sup>57</sup>. Die Felsabsätze und die Sohle des Steinbruches werden im Laufe der Zeit von Pflanzen besiedelt, die dem jeweiligen Standort entsprechen. Die so entstehenden Refugien bilden auch den Lebensraum für bedrohte Tierarten. Die Umgebung des in den stillgelegten Steinbruch geleiteten Fühlenbaches und das Versickerungsbecken bilden zusätzlich einen Feuchtstandort von grossem biologischem Wert.

### **Zeitliche Dimensionen**

Der Steinbruch Schnür wird voraussichtlich in etwa 10 Jahren nach den Sanierungsarbeiten stillgelegt. Schon zum Zeitpunkt der Sanierungsphase wird durch das Wachstum von Pionierpflanzen die spontane Renaturierung eingeleitet. Der Übergang vom Produktionsstandort Steinbruch zum Sonnenenergiekraftwerk wird fliessend sein.

---

<sup>55</sup> Kanton St. Gallen, Gemeinde Amden (2000) Abbau- und Endgestaltungsplan Steinbruch Schnür.

<sup>56</sup> Kanton St. Gallen, Gemeinde Amden (1990) Umweltverträglichkeitsprüfung Steinbruch Schnür.

<sup>57</sup> BRUNS, D. und GILCHER, S. (1999): Renaturierung von Abbaustellen.-Ulmer Verlag, Stuttgart.

### **Geologie**

Mit Hilfe von Computersimulationen wird die eventuelle Gefahr von Steinschlag untersucht. Die Ergebnisse können, um mögliche Risiken so weit wie möglich auszuschliessen, auf die Etappierung und die Form des Projektes Einfluss haben.

**Tourismus** ist für diese Region ein wirtschaftlicher Schwerpunkt, welcher durch eine auf natürlicher Basis gewonnene Energie am Fusse der Churfürstenkette zusätzlich an Attraktivität gewinnt.

#### **4.4.7 Projekt „Steinbruch“, Universität Bern, Bildnerisches Gestalten (K. Bütikofer)**

Noch im 19. Jahrhundert waren Steinbrüche malerische Sujets. Der Steinbruch Ostermundigen war für Paul Klee ein Ort von kubistischen Inspirationen. Im Rahmen der Realisierung des Klee-Museums wird geprüft, ob der noch in Betrieb stehende Steinbruch (Berner Sandstein) in das Ausstellungskonzept integriert werden kann. K. Bütikofer, Dozentin für Bildnerisches Gestalten verwendet den Steinbruch als didaktisches Lehrobjekt. Eine Publikation ist in Vorbereitung und wird durch die Geschäftsstelle Verband schweizerischer Hartsteinbrüche fachlich unterstützt.

## 5 **Abbau von Hartgesteinen als nationales Interesse, Massnahmen zur Konfliktlösung, Sicherung von Abbaureserven**

Die Nutzung der in der Schweiz vorkommenden Rohstoffe ist eine wesentliche Grundlage für die Wahrung der Lebensqualität. Für eine nachhaltige Entwicklung ist die Sicherung von heimischen Rohstoffen eine Voraussetzung, dazu ist das Ausscheiden von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten notwendig.

Der Nachweis, dass die Verwendung von Hartgesteinsprodukten im Bahn- und Strassenbau ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist wurde erbracht. Ein öffentliches und nationales Interesse für felsgebrochene Hartgesteine ist mittlerweile unbestritten und erfordert ein hinreichend grosses und langfristig gesichertes Lagerstättenpotential um Qualitätsverluste beim Gesteinsvorkommen sowie nicht voraussehbare Ausfälle aufzufangen und hohe Investitionen für Aufbereitungsanlagen und Planung zu verantworten.

Der Abbau von Hartgesteinen verursacht zwangsläufig Eingriffe in den Naturhaushalt. Der umweltverträgliche Abbau von Hartgesteinen wird heute praktiziert. Der Abbau von Hartgesteinen entwickelte sich von der „Ausbeutung“ zur „Gewinnung“ und zum „Abbau“, der im Einklang mit der Natur statt findet. Durch Rekultivierungs- oder Renaturierungspläne, die mit den Naturschutzbehörden abgestimmt sind, ist eine Konfliktlösung möglich, dafür garantiert ein langwieriges und aufwändiges Genehmigungsverfahren.

### **Schritte zur Konfliktlösung**

Am 7. Juli 2000 fand zu dieser Angelegenheit eine Besprechung zwischen unserem Verband (Präsident R. Rist/Geschäftsführer M. Ed. Gerber) und der **Vereinigung Landesplanung Schweiz** (Präsident A. Durrer, Direktor R. Muggli) unter Anwesenheit von J. Bucher (Steinag Rozloch) und G. Zumbühl (Ingenieurbüro für Umweltfragen) sowie E. Amacher (Büro für Raumplanung und Geographie) statt. Wesentliche Erkenntnisse dieses Gesprächs waren:

- Unser Problem kann nicht mittels nationalem Sachplan gelöst werden, da es Aufgabe der Kantone ist, mittels Richtplanung die Abbaukonzepte zu erstellen.
- Der Bund (BUWAL/ENHK) nimmt im Rahmen der Richtplanung (inkl. kantonale Abbaukonzepte) grundsätzlich nie ablehnende Stellung zu Abbauvorhaben in BLN-Gebieten, sondern stellt fest, dass eine Äusserung erst beim Bewilligungsverfahren erfolgt. Eine Konfliktbereinigung sollte jedoch aus zeitlichen und finanziellen Gründen (Prospektion, Planungskosten) vorgängig erfolgen.
- Anscheinend bestand beim Ausscheiden der BLN-Gebiete kein raumplanerischer Konflikt bezüglich bestehender Steinbrüche (Buchs, Mühlehorn-Quinten, Seewen, Kehrsiten, Rozloch) und Landschaftsschutz. Mittlerweile wurden Steinbrüche zum Störfaktor. Es besteht offensichtlich Handlungsbedarf zur Bereinigung und Konkretisierung der Ziele für BLN-Gebiete in Bezug auf Hartsteinbrüche.
- Eine parlamentarische Initiative zur Änderung der Zuständigkeitskompetenz ist problematisch und zeitraubend.
- Das Problem müsste eigentlich regional angegangen werden, da alle Kantone Hartgesteine benötigen, jedoch nur wenige Kantone über Hartgesteinsvorkommen verfügen. Dazu könnten interkantonale Vereinigungen Ansprechpartner sein (z.B. Baudirektorenkonferenz).

Am 22. September 2000 erfolgte durch die Geschäftsstelle eine schriftliche Kontaktnahme mit dem **BUWAL, Sektion Grundwasserschutz**. Die Anfrage wurde an die Abteilung Landschaft weitergeleitet.

An der **VSH-Tagung** vom 9. März 2001 in Bern wurde die Thematik an Fallbeispielen einzelner Werke diskutiert. Diese Tagung zeigte, dass angesichts der bewilligten Abbaureserven, und in Anbetracht der Tatsache, dass der Bedarf an hochwertigen Hartgesteinsprodukten stetig zunimmt (Qualitätsbewusstsein, Normierung im Bahn- und Strassenbau), Handlungsbedarf auf Verbandsebene besteht.

Die **Kontaktnahme mit dem ASTRA** am 26. März 2001 zeigte, dass die Thematik von nationalem Interesse ist.

Am Parlamentariertreffen der Konferenz Steine und Erden im Herbst 2001 wurden unsere Anliegen auf politischer Ebene thematisiert.

Auf Initiative der Geschäftsstelle VSH wurde der erste „**Runde Tisch zur Konfliktlösung**“ mit Vertretern der Produzenten, der Abnehmer (ASTRA, SBB) und Bundes- beziehungsweise Fachstellen des Landschaftsschutzes sowie der Planung am 8. Juni 2001 organisiert. Ein weiteres Treffen folgte im November 2001. Das Kapitel „Bedarfsnachweis“ des vorliegenden ASTRA-Projektes überzeugte die Teilnehmer des „Runden Tisches“, dass **ein nationales Bedürfnis für felsgebrochene Hartgesteine besteht**. Mit dem Kapitel „Standortgebundenheit“ wurde die Problematik des Konfliktes Abbau von Hartgesteinen und Landschaftsschutz dargestellt. Dr. Rainer Kündig (Schweizerische Geotechnische Kommission) zeigte für die Hartgesteinsvorkommen der Ost- und Zentralschweiz, dass neben den heute bekannten Abbaustellen mit genügend natürlichen und geeigneten Ressourcen und idealer Erschliessung in infrastruktureller und verkehrstechnischer Sicht nur wenig andere Vorkommen vorhanden sind.<sup>58</sup>

Für die meisten bestehenden Hartsteinbrüche bestehen geologische Gutachten, die den Nachweis erbringen, dass das heutige Abbaugelände standortgebunden ist<sup>59</sup>.

Als Ergebnis von neun Sitzungen am „Runden Tisch“ sind Vertreter des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, des Bundesamtes für Raumentwicklung, des Verbandes schweizerischer Hartsteinbrüche (Produzenten) und des Bundesamtes für Strassen sowie der Schweizerischen Bundesbahnen (Abnehmer von Hartgesteinsprodukten) mit Unterstützung des Mediators (Schweizerische Vereinigung für Landesplanung) zum Schluss gekommen, dass nur eine langfristige Planung, die auch verschiedene Anliegen berücksichtigt, eine dauerhafte Konfliktlösung und damit eine Rechts- sowie Investitionssicherheit ermöglicht. Da der Bund im Bereich der Rohstoffsicherung über keine Planungs- und Bewilligungskompetenz verfügt ist eine Bundessachplanung nicht möglich. Deshalb soll der Weg einer kooperativen Planung beschritten werden, der über eine enge Zusammenarbeit der am Abbau interessierten Kreise, der Kantone und betroffenen Bundesstellen eine gemeinsame Problemlösung ermöglicht. Eine solche

<sup>58</sup> DIETRICH, V. & WAHRENBERGER, CH. (1997): Die Hartgesteinsvorkommen der Ost- und Zentralschweiz.- Institut für Mineralogie und Petrographie, ETHZ + Schweizerische Geotechnische Kommission. Unpubl. Arbeitsgrundlagen für die Mitglieder des „Runden Tisches“.

<sup>59</sup> GEOLOGISCHES GUTACHTENBÜRO GERBER (1987 ff): Vorkommen und Produktion mineralischer Rohstoffe für die Herstellung gebrochener Materialien im Unterwallis. Bericht Archiv.Nr. 87/3117.7, 96/8416, 97/3113.

STUTZ, E. + DIETRICH, V. (1982): Geologische-Petrographische Evaluation von Hartschotter-Vorkommen im St. Galler Rheintal zwischen Altstaetten und Sargans.-unpubl. Gutachten Juli 1982.

SCHNEIDER, T.R. +1974): Geologisches Gutachten über die zukünftigen Ausbeutungsmethoden im Steinbruch Rozloch.-unpubl. Bericht Nr. 295b.

Zusammenarbeit und frühzeitige Einbindung der Kantone und interessierten Organisationen dürfte dazu führen, dass die Planungsergebnisse breite Anerkennung finden und in Form breit abgestützter Anträge oder Empfehlungen in die kantonalen Richtpläne einfließen werden. Konzessions- und Bewilligungsverfahren dürften dadurch beschleunigt und zahlreiche Rechtsmittelverfahren verhindert werden. Eine entsprechende Absichtserklärung<sup>60</sup> zur langfristigen Lösung des Konfliktbereichs Abbau von Hartgesteinen und Landschaftsschutz wurde erarbeitet und unterzeichnet.

Ein zusammenfassender Schlussbericht der Gespräche am „Runden Tisch“ wurde durch den Mediator L. Bühlmann (VLP) abgefasst.<sup>61</sup> Ein Kriterienraster, das nicht nur landschaftliche Aspekte, sondern auch geologisch-technische Kriterien betrachtet wurde für die Beurteilung von Hartsteinabbauvorhaben entworfen. In diesem Sinne wäre es zu begrüßen, wenn in Zukunft Abbauvorhaben von Hartgesteinen nicht nur durch die Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission, sondern auch durch die Schweizerische Geotechnische Kommission begutachtet werden, um die Diskussion zu objektivieren und die Höherrangigkeit der nationalen Interessen festzulegen.

Die bisherigen Schritte haben auch dazu geführt, dass die zuständigen Bundesstellen, heute differenzieren zwischen felsgebrochenen Hartgesteinen und anderen Zuschlagstoffen oder anderen mineralischen Rohstoffen. Zudem werden in Zukunft Abbauvorhaben zur Herstellung felsgebrochener Hartgesteinsprodukte nicht isoliert betrachtet. Dadurch sollte mittelfristig der Abbau von Hartgesteinen, als gesamtwirtschaftliches Interesse, gesichert sein und für die Zukunft werden gemäss zitierter Absichtserklärung die planerischen Arbeiten unverzüglich in Angriff genommen, um ein Konzept für eine langfristige Rohstoffsicherung mit weitgehender Lösung der Interessenkonflikte und hoher Planungssicherheit für die Hartgesteinsindustrie, zu erarbeiten.

---

<sup>60</sup> Absichtserklärung zur langfristigen Lösung des Konfliktbereichs Abbau von Hartgesteinen und Landschaftsschutz.-Verband schweizerischer Hartsteinbrüche (VSH), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft (BUWAL), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bundesamt für Strassen (ASTRA) und Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB), Februar/März 2003.

<sup>61</sup> VLP. BÜHLMANN, L. (2003): Runder Tisch, Hartsteinbrüche – Landschaftsschutz. Schlussbericht des Mediators.

## 6 Literaturverzeichnis

- MÜLLER, A. (1866): Catalog der Baumaterialien-Ausstellung in Olten.- Schweighauserische Buchdruckerei, Basel.
- MOSER, R. (1883): Schweizerische Landesausstellung Zürich, Bericht über Baumaterialien.- Meyer'sche Buchdruckerei, Luzern.
- BRÜCKNER, E. (1899): Die schweizerische Landschaft einst und jetzt.-Rektoratsrede vom 18. November 1899, Universität Bern.
- MEISTER, U.; LOCHER, F.; KOCH, A.; TETMAJER, L. (1884): Die Baumaterialien der Schweiz an der Landesausstellung 1883.- Verlag von Cäsar Schmidt, Zürich.
- ADMINISTRATION DES PUBLICATIONS DU DICTIONNAIRE GEOGRAPHIQUE DE LA SUISSE (1910,?): La Suisse, Etude géographique, démographique, politique, économique et historique.
- BECK, Paul (1926): Die Bedeutung des Deckenbaues der Schweizeralpen für die Steinbruchindustrie (Vortrag, gehalten an der Hauptversammlung der Vereinigung schweizerischer Strassenfachmänner in Interlaken, 30. Mai 1926).- Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen, 1926, Nr. 21-23.
- BECK, Paul (1928): Vorläufige Ergebnisse einer geotechnischen Voruntersuchung über die in den Kantonen Bern, Unterwalden, Luzern, Solothurn, Aargau und Baselland verwendeten Strassenschotter. (Im Auftrag der geotechnischen Kommission der SNG durchgeführt).- Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen, 1928, Nr. 19-21.
- BURCHARTZ, A. (1930): Die Prüfung von Strassen- und Gleisbettungsstoffen auf Verhalten gegenüber statischen und dynamischen Beanspruchungen. Staatliches Materialprüfungsamt Berlin.- Mitt. der Neuen Int. Verb. für Mat.-Prüfungen Zürich.
- BÜCHI, O. (1930): Die Flyschsandsteinbrüche des Sensebezirkes.- Beiträge zur Heimatkunde, IV. Jahrgang, Fribourg.
- HEIMATSCHUTZ (1930): Die Steinbrüche am Vierwaldstättersee.- Zeitschrift der schweizerischen Vereinigung für Heimatschutz, Heft 2.
- FISCHER, E. (1934): Die Lage der schweizerischen Hartschotterindustrie.- Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen, No. 16.
- FISCHER, E. (1934): Die Lage der schweizerischen Hartschotterindustrie.- Schweizerische Zeitschrift für Strassenwesen, 1934, No. 16, Hoch- und Tiefbau 1934, No. 32.
- FISCHER, E. (1935): Sanierung der schweizerischen Steinbruchindustrie.- Hoch- und Tiefbau No 10.
- NÖRBEL, K. (1935): Das Wesentliche des Betonstrassenbaues.-Schweizerische technische Zeitschrift.
- RÜEGG, E. (1935): Bituminöse Bindemittel im modernen Strassenbau.- Schweizerische Technische Zeitschrift.
- VERBAND SCHWEIZERISCHER STEINBRUCHBETRIEBE (1935?): Die schweizerischen Natursteine und ihre Verwendung.- Separatdruck Archiv VSH.
- HERTIG, H. (1936): Der neuzeitliche Ausbau unserer Strassen.- Manuskript zu einem Vortrag.
- SCHWEIZERISCHE BAUMEISTER- UND ZIMMERMEISTER-ZEITUNG (1937): Vermeidung von Wellenbildung bei Teer- und Asphaltstrassen.-4. November 1937.
- PETER, A. (1937): Traité général de la route moderne.-Vogt-Schild S.A. Soleure.
- Sekretariat der Preisbildungskommission des EVD (1938): Über die Hartschotter- und Pflastersteinproduktion in der Schweiz.- Die Volkswirtschaft, Nr. 10.
- SUTTER, A. (1938?): Hartschotterprodukte und ihre Verwendung.
- STUAG-NORMEN FÜR BITUMINÖSE MISCHBELÄGE (1939)- Vogt-Schild AG, Solothurn.

- NEUHAUS, F.-J. (1987): Zur Bedeutung und Behandlung von Steinbrüchen als Sekundärbiotope.- Die Naturstein-Industrie, Ausgabe 6.
- HILLIGES, D. (1988): Feste Fahrbahn-Konstruktionen - Perspektiven für Strecken mit hohen Geschwindigkeiten oder hoher Achslast.- Rad/Schiene-Forschungsprogramm des Bundesministerium für Forschung und Technologie, München.
- SCHMIDT, H. (1988): Brechen von Naturgestein. Möglichkeiten und Grenzen.- Die Naturstein-Industrie 6/88.
- EISENMANN J, NEUMANN, U. (1989): Untersuchung des Einflusses der Brechkornzusätze in bituminösen Tragschichten auf die Spurrinnenbildung.- Forschungsbericht Nr. 7.130 G 86 K, TU München, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Köln. Veröffentlicht in der Schriftreihe "Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik", Heft 577 (1990), herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bonn.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft): Handbuch Umweltverträglichkeitsprüfung UVP.- September 1990.
- BS 812 (1990): Prüfvorschrift Polished Stone Values, Teil 110-114.
- SN 670 830a (1991): Zertrümmerungsprüfung.
- SN 670 835b (1991): Los-Angeles-Versuch.
- FENZ, G. GREGORI, H. u.a. (1991): Prüfung des Verformungsverhaltens von Rund-, Kant- und Brechkörnungen im Spurrinentest.- Schriftreihe "Strassenforschung" Heft 390, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- KOEPEL, H.-D. (1991) et al.: Landschaft unter Druck.- Bundesamt für Raumplanung, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- BLOT, G. (1991): Etude des sables 0/2 mm élaborés dans un concasseur à sole tournante.- Bulletin de liaison LCPC, Nov./Déc no 176.
- ETH Zürich, Departement für Wald- und Holzforschung, Forstliches Ingenieurwesen (1992): Unterhalt von Wald- und Güterstrassen.-Unterlagen zum Weiterbildungskurs in Einsiedeln im Juni 1992.
- SBB BAUABTEILUNG, Fahrban, Unterbau (1992): Neubeurteilung der Schotterwerke, Versuchsergebnisse SBB-Labor.- Bericht 90059, unpubliziert.
- GEOLOGISCHES GUTACHTENBÜRO GERBER (1992): Qualitätsanforderungen an Bahnschotter SBB, Schlussbericht zur Eignungsuntersuchung der Gesteinsvorkommen, Eignungsprüfung der Schotter und Beurteilung der Schotterwerke.- Archiv-Nr. 92/3316, unpubliziert.
- HAHN, U. (1992): Die Stellung der Naturstein-Industrie im Europäischen Binnenmarkt.- Die Naturstein-Industrie '92.
- GERBER, M. ED., RÖTHLISBERGER, F., SCHMUTZ, G. (1992): Qualitätsanforderungen an Bahnschotter.- Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. U. – Ing., Vol 59, Nr. 135.
- AUGUSTIN, H. (1992): Griffigkeitsmessungen-europäischer Vergleich.-Strasse und Verkehr Nr. 8.
- BLUMER, M. (1992): Recycling aus der Sicht der Bemessung.- Strasse und Verkehr Nr.7.
- Österreichischer Baustoff Recycling Verband (1992): Richtlinie für Recycling-Baustoffe.
- SCHADE, H. (1993): Sicherung der mineralischen Rohstoffversorgung im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten.- Die Naturstein-Industrie Nr. 7.
- VONMONT, H. & RÖTHLIBERGER, F., EMPA (1993): Schlussbericht über die Eignungsprüfung der Bahnschotterproben.- EMPA Nr. 141'092, unpubliziert.
- MERZ, P. (1993): Europabahn gut in Fahrt.- Heimatschutz 4/93.
- SCHWEIZERISCHE FACHGRUPPE DER INGENIEURGEOLOGEN (1993): Mineralische Rohstoffe. Richtplanung, Voruntersuchung, Gewinnung, Alternativen. Manuskript GERBER, M. ED.: Hartgesteinsvorkommen für die Anwendung im Bahn- und Strassenbau.-Tagung Oktober 1993 in Delémont.
- PARTL, M. N. + FRITZ, H. W. (1993): Asphaltbetonfahrbahnen für starke Verkehrsbeanspruchung.- Bitumen 3/1993.

- ASB (1993): Fachtagung Beläge vom 31. März 1993.- Tagungsunterlagen.
- GERLACH, A. et al. (1993): Mineralbeton. Tragschichten ohne Bindemittel aus Naturgestein.- Bundesverband Naturstein-Industrie, 5. Auflage.
- BLUMER, M. (1993): Recyclingbaustoffe.- Strasse und Verkehr Nr. 10
- SCHMUTZ, G. (1993): Bemessung und Konstruktion des Eisenbahnunterbaus.- Strasse und Verkehr Nr. 10.
- HIRT, R. (1993): Recycling: Verwendung von Sekundärrohstoffen im Strassenbau.- Strasse und Verkehr Nr. 6.
- HIRT, R. (1994): Baustoff-Recycling. Antiquierte Normen behindern Einsatz im Strassenbau.- SIA Nr. 38.
- FREITAG, M., RUGGLI, A., SCHÄRLI, CH. und WINKLER, TH.: Landschaft, Wildnis, Kultur Zivilisation.- Abschlussarbeit ND in Umweltlehre, Schweizerische Stiftung für Landschaftsschutz und Landschaftspflege.
- BLASER, U. et al. (1994): Schotterloser Gleisbau.-Lärmdämpfung dank elastischer Lagerung der Gleistragplatte.- Strasse und Verkehr Nr. 47, November 1994.
- HENNECK, H.-P. & ESPER, O. (1994): Rohstoffgewinnung in der Steine- und Erden-Industrie unter umwelt- und qualitätsrelevanten Aspekten.- Die Naturstein-Industrie 4/94.
- GNEHM, H. (1994): Aktueller Stand der SN-Normen.-Strasse und Verkehr Nr. 6.
- SCHMUTZ, G.; OBERHÄNSLI, H. + HOHL, T. (1995): Bornlinie: Erneuerung des Eisenbahnunterbaus, Ersatz einer starren durch eine flexible Foundation.- Strasse und Verkehr Nr. 1, Januar 1995.
- ERASMY, W. (1995): Rohstoffgewinnung – kein Schaden für die Natur.- Arbeitgeber 21/47.
- HAHN, U. (1995): Europäische Mineralstoff-Norm für den Asphaltstrassenbau nimmt Formen an.- European Aggregates 1/1995.
- KAESS, G., MAURER, H. (1995) : Der Gleisschotter der Deutschen Bahn auf dem Weg nach Europa.- Die Naturstein-Industrie 4/95.
- RIECHERS, H.-J. (1996): Europäische Zuschlagnormung. Konformitätsnachweisverfahren – staatliche Überreglementierung oder sinnvolle Qualitätskontrolle.- European Aggregates 1/1996.
- THALMANN, C. (1996): Beurteilung und Möglichkeiten der Wiederverwertung von Ausbruchmaterial aus dem maschinellen Tunnelvortrieb zu Betonzuschlagstoffen.- Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 91..
- BEISSWENGER, Th. (1996): Steinbrüche als Lebensräume, Rekultivierung und Renaturierung.- Die Naturstein-Industrie 2.
- GRÜTTER, J. K. (1996): Ist Schönheit messbar ?.- Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 15.
- FLECKENSTEIN, K. + MÖLLER, A. (1996): UVP und Natursteingewinnung.- Die Naturstein-Industrie.
- SBB (1997):-Vorschriften für Neubau und Erneuerung (Unterbau und Schotter, R 211.1 vom 1.11. 1997).
- KÜNDIG, MUMENTHALER, ECKHARDT, KEUSEN, SCHINDLER, HOFMANN, VOGLER, GUNTLI (1997): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz, Kapitel 6.4 "Felsgebrochene Gesteine" (Autor: M. Ed. GERBER).- Schweizerische Geotechnische Kommission.
- GERBER, M. Ed. (1997): Ökologie und Steinbrüche.- Mitteilungen VSH 1997/1.
- FRITZ, H. W. (1997): Extrem belastete Schweizer Strassen bedingen neue Verkehrsklasse.- Strasse und Verkehr Nr. 10, Oktober 1997
- KISSLING, J. (1997): "En Basse-Ruche" ein Ort im Werden. Projekt für einen stillgelegten Steinbruch.- Mitteilungen VSH 1997/2.
- STOLL, R.D., QUEZADA, G. und ZUEHSDORFF, R. (1997): Untersuchung der Erschütterungsproblematik, Naturstein-Industrie erarbeitet praxisnahe Vorschläge.- Die Naturstein-Industrie

- POSCHLOD, P., TRÄNKLE, U., BÖHMER, J. und RAHMANN, H. (1997): Steinbrüche und Naturschutz, Sukzession und Renaturierung.- Ecomed Verlagsgesellschaft Landsberg.
- FLECKENSTEIN, K. + KNOLL, A. (1997): Chancen und Risiken für die Steine-Erden-Industrie (Langfristige Marktentwicklung bei Baurohstoffen).- Steinbruch und Sandgrube Nr. 10.
- Kanton Luzern, Tiefbauamt, Belagskommission (1997): Felsgebrochene Mineralien für Deckbeläge. Bericht und Antrag der Belagskommission Tiefbauamt des Kantons Luzern.
- MINERALOGISCH PETROGRAPHISCHES EXPERTISENBÜRO DR. F. RÖTHLISBERGER (1997): Vergleich von Los Angeles Maschinen (SBB, Ertec, Tecnotest, Lavoc, Balmholz). Ringanalyse im Auftrag SBB-Generaldirektion, Baudirektion.- Unpubliziert.
- STÄUBLI, P. (1997): Was Kiesgruben der Landwirtschaft nützen.- Die Grüne 15/97.
- WÄRMER, J. (1997): Steinbrüche als Lebensraum.-Die Naturstein-Industrie 4/97.
- FRIEDMANN, A. (1998): Verwendung alternativer Baustoffe im Strassenbau.- Die Naturstein-Industrie 6/98.
- STOLL, R.D., QUEZADA, G. und ZUEHSDORFF, R. (1998): Untersuchung der Erschütterungsproblematik bei Gewinnungssprengungen in Betrieben der Naturstein-Industrie.- Mitteilungen zu Tagebau- und Tiefbohrtechnik, AiF-Forschungsvorhaben Nr. 10227, RWTH Aachen.
- PAHL, G. (1998): Voraussichtliche Nachfrage nach Primär- und Sekundär-Rohstoffen bis zum Jahre 2040.- Steinbruch und Sandgrube, Heft 1.
- FRIEDMANN, A. (1998): Verwendung alternativer Baustoffe im Strassenbau. Möglichkeiten und Gefahren.- Die Naturstein-Industrie 6/98.
- ZÜST, R. (1998): Mit systematischer Planung zu ökologisch und ökonomisch besseren Lösungen.- Bulletin ETH Zürich Nr. 268, Januar 1998.
- TRÄNKLE, U. & BEISSWENGER, Th. (1999): Naturschutz in Steinbrüchen. Naturschutz, Sukzession, Management.- Schriftenreihe ISTE.
- PACHNICKE, P. + MENSCH, B. (1999) Kunst setzt Zeichen, Landmarken-Kunst.- Ausstellung in der Ludwig Galerie Schloss Oberhausen, IBA , 99 Finale.
- ETH, NACHDIPLOMKURS IN ANGEWANDTEN ERDWISSENSCHAFTEN, (2000): Die Bausteine des 21. Jahrhunderts (Leitung B. Oddsson), Referat M. Ed. GERBER: "Felsgebrochene Hartgesteine".- Kursunterlagen, unpubliziert.
- ETH, NACHDIPLOMKURS IN ANGEWANDTEN ERDWISSENSCHAFTEN, (2000): Die Bausteine des 21. Jahrhunderts (Leitung B. Oddsson), Referat F. SCHENKER: "Zukunftsperspektiven beim Bauen mit mineralischen Rohstoffen".- Kursunterlagen, unpubliziert.
- STEIN, V. (2000): Welche Zukunft hat die Steine- und Erden-Industrie?. Gutachten über den künftigen Bedarf an mineralischen Rohstoffen unter Berücksichtigung des Einsatzes von Recycling-Baustoffen.- Bundesverband Baustoffe, Steine und Erden, Frankfurt/Main.
- BUTZ, M. (2000): Ausarbeitung von Richtlinien zur Erfassung und Bewertung schützenswerter Geotope: Ein Beitrag zum Geotopenschutz in der Schweiz.- Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Zürich.
- RUMPF, M. (2000): Nachhaltige Entwicklung und Neubewertung – Zur Bedeutung der Handlungsmotive, Existenz, Effizienz, Ethik und Ästhetik als Bewertungsgrundlagen.- Diplomarbeit Geographisches Institut der Universität Bern.
- SCHLEGEL, W. (2001): Messen der Nachhaltigkeit. Ein Vorschlag zur Quantifizierung von Fortschritten im Umweltschutz.- tec21 Nr. 45/2001.
- ECKERT; J. (2000): Europäische Normen und CE-Zeichen.-Strasse und Verkehr Nr. 9.
- CEN, EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG (2001): PrEN 13043, Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Strassen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen (Version Dezember 2001 D).

- JÄGGI, W. (2002): Schienen, Schwellen, Schotter und Asphalt.- Tages-Anzeiger vom 7. Mai 2002.
- BAUBLATT (2002): Bahntrasseebau - Feste Fahrbahnen mit Asphalt.- Baublatt Nr. 28.
- VAVRECKA-SIEDLER, D. (2002): Nationales Forschungsprogramm 48 – Landschaften und Lebensräume in den Alpen. Impressionen von Kick off – Meeting am 11. April 2002 in Bern.-Geoforum ch, 12 été 2002.
- WALDER, B. St. (2002): Landschaftskonzept Schweiz, Umsetzung in der Praxis.- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.
- CAPREZ, M. (2003): Hohe Anforderungen an Strassenbeläge unter sich ändernden Beanspruchungen.-VESTRA 2003.

