

Thema: **Entwicklung einer Anordnung zur Nutzung von Massenschwerebewegungen beim Quarzitabbau im Rheinischen Schiefergebirge**

Die (Wieder-)Nutzung auf Schwerkraft basierender Fördertechniken, die insbesondere durch das niedrige Energiepreisniveau in den Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg in der Tagebautechnik nahezu vollständig verdrängt wurden, ist bei den heutigen wirtschaftlichen Randbedingungen und anzustrebenden ökologischen Standards eine Herausforderung für die bergbautreibende Industrie.

Seit Aufnahme der Entwicklung des Förderkonzeptes – Geführte Versturztechnik – Mitte der 1990^{er} Jahre haben sich die Kosten für Rohöl vor Steuern nach dem Tiefstand um das Jahr 1998 bis heute mehr als verdreifacht, alleine seit 2004 mehr als verdoppelt. Gesetzliche Regelwerke wie die europäische IVU-Richtlinie 96/61/EG zur „Integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung“ fordern, Genehmigungen nur noch bei Einsatz der **Besten Verfügbaren Techniken (BVT)** zu erteilen. Die Umsetzung in nationale Vorschriften wie das Bundes-Immissionsschutzgesetz und nachgeordnete Regelwerke fordern hierauf aufbauend, dass Umweltbelastungen nicht in andere Medien verlagert werden dürfen.

Die Anordnung einer Versturzrinne zur Nutzung von Massenschwerebewegungen am Beispiel von Quarzitabbau im Rheinischen Schiefergebirge bei denen die Förderbezugsebene unterhalb der Strossen liegt, die zur sichern und selektiven Gewinnung des Rohstoffs aufgefahren werden müssen, erfüllt durch Rückgriff auf ein vermeintlich „archaisches“ Förderkonzept durch Nutzung der Schwerkraft die obigen Anforderungen. Offenkundige Umweltbelastungen, die alleine durch die Verbrennung von Dieselmotoren und hieraus resultierender Schadstoff- und Wärmeeinträge in die Luft beim verbreiteten Einsatz von SLKW zur Abwärtsförderung entstehen, können erheblich vermindert werden.

Der Aspekt der Betriebssicherheit einer solchen Anordnung kann durch Auffahren eines geradlinigen Bauwerks mit an das Fördergut angepassten Dimensionen sowie Einrichtungen zur Beschränkung der kinetischen Energie erreicht werden. Diese stellen auch gleichzeitig sicher, dass die Zerkleinerung des durch die Versturzrinne abwärts transportierten Materials betrieblich zulässige Grenzen nicht überschreitet. Hierfür kann auf das umfangreiche Wissen zu Massenschwerebewegungen Rückgriff genommen werden. Dem Aspekt des Umweltschutzes, der sich in Bezug auf das Medium Luft auf den autochtonen Staub reduziert, kann durch Vorrichtungen zur Staubbeseitigung Rechnung getragen werden.

Vertiefende Untersuchungen sind erforderlich, um die mit komplexen, aber erprobten Techniken arbeitende Tagebauindustrie auch in dicht besiedelten Regionen wieder an die Nutzung von Schwerkraft (-gestützten) Fördertechniken heranzuführen. Auch das Konzept – Geführte Versturztechnik – ist auf konkrete Anwendungsfälle hin in Details anzupassen.

Theme: Development of a mass movement based material transport system in quartzite mines of the Rhenish Schist Mountains

The use of gravity based conveying methods in opencast mining were abandoned in the first five decades after the 2nd World War due to low energy prices. In today's economic conditions these transport systems should be reconsidered as they provide both a cost effective and ecologically friendly solution for the mining industry.

Considerable savings have been obtained by creating a mass movement based rock pass (artificial gully), to move material downwards in an opencast mining environment in the mid 1990s. This is mainly because pre tax Crude Oil prices trebled in 1998 and further doubled since 2004. This trend in oil prices is not expected to abate in the foreseeable future. New European environmental legislation such as the IPPC-Directive 96/61/EC (**I**ntegrated **P**ollution **P**revention and **C**ontrol) demanded that new permits should only be issued if **B**est **A**vailable **T**echniques (BAT) and **B**est **E**nvironmental **P**ractices (BEP) were applied. These rules were transformed into national guidelines (i.e. the German Federal Emission Control Act). These laws and other regulations require that environmental impact must not be transferred from one environmental media to another.

The implementation of a surface rock pass for the use of mass movement in quartzite quarries located in the Rhenish Schist Mountains fulfils the requirement of the above mentioned regulations. To maintain a constant quality, it is necessary to perform selective mining and to have access to the ore pass at each level. The evident environmental impacts which originate from the combustion of diesel as well as dust development by the widespread application of trucks used for downhill transport can thus be decreased considerably.

The operational safety of a rock pass arrangement can be secured by the development of a linear gully with dimensions adjusted to the size of the rock material that is conveyed, together with facilities to control the kinetic energy of the falling material. At the same time, these will also assure that the comminution of the rock material does not exceed operational limits. To achieve these conditions, the extensive knowledge of mass gravity movement and impact crushing need to be applied. The aspect of environmental protection (in this case only the autochthonous dust suspended in the air) can be taken into account by using facilities for dust suppression.

The open-pit mining industry, which is usually working with complex, but proven technologies, also in densely populated regions, needs more intensive research about the use of gravity based transport technologies. The concept of an artificial gully will have to be optimised in detail for each individual case.

Тема: Разработка устройства по транспортировке добытых масс с использованием сил тяготения при отработке кварцитов в Рейнских Сланцевых Горах

Введение (вновьвведение) добычной технологии транспортировки основанной на принципе земного тяготения, применение которой почти полностью исчезло из арсенала добычных работ, т.к. уровень цен на энергоносители многие десятилетия после 2-ой мировой войны был относительно низким, является своего рода вызовом для всей добывающей промышленности в силу сегодняшних экономических условий и стремлений к экологическим стандартам.

С момента начала разработки этой концепции в середине 90 – ых годов XX века, цены на нефть выросли более чем в три раза, только с 2004 года – более чем вдвое. Регулирующие законодательные акты, такие как европейское предписание IPPC 96/61/ЕС (Integrated Pollution Prevention and Control) – Интегрированное предотвращение загрязнений и контроль окружающей среды – предусматривают выдачу разрешений на добычу только при применении наилучшей добычной технологии и техники (Best Available Techniques (BAT)). Воплощение этого предписывающего акта требует тем самым, чтобы влияния загрязнений окружающей среды не перемещались в другие смежные области.

Применение желобных устройств для транспортировки горных масс на примере отработки кварцитов в Рейнских Сланцевых Горах, при котором комплекс приёма сырья расположен ниже уровня добычных уступов, использует «архаическую» силу тяготения для перемещения добытых масс и тем самым выполняет условия вышеназванных предписаний. Это позволяет значительно снизить загрязнение окружающей среды т.к. сокращаются выбросы выхлопных газов и тепла в атмосферу, возникающих при сжигании топлива тяжелых карьерных самосвалов.

Аспект техники безопасности такого желобного устройства может быть решен при помощи соответствующего по размерам предохранительного вала (внизу, на приеме, и из добываемого сырья) а так же устройств по гашению кинетической энергии. Места расположения таких устройств по гашению энергии, сохраняют одновременно и исходные размеры транспортируемого в желобе сырья, измельчение происходит в допустимых размерах. Здесь могут быть использованы огромные накопленные знания по перемещению добытых масс с использованием сил тяготения. В целях охраны атмосферы должны быть применены меры по снижению запылённости воздуха.

Углубленные исследования таких технологий необходимы и далее, для того чтобы горнодобывающая промышленность, со своей сложной, но хорошо испробованной технологией добычи, могла использовать все преимущества желобной техники и в густонаселённых местностях. Детали концепции транспортировки с использованием желобных устройств, должны рассматриваться для каждого конкретного случая.

Sujet: Développement d'une installation pour l'utilisation de la gravité concernant le transport de grandes masses de matériel (quartzite) dans les carrières du Massif Schisteux Rhéna

L' (ré-) utilisation des méthodes de transport basées sur les mécanismes de la gravité, qui ont disparu presque complètement dans les carrières après la deuxième guerre mondiale – en raison des prix peu élevés de l'énergie, est (re-)devenu un défi majeur pour l'industrie de l'exploitation minière compte tenu des conditions économiques actuelles et des contraintes écologiques envisagées.

Depuis le début du développement de la méthode de transport utilisant une technique de chute des masses par un dévaloir artificiel dans les années 90, le prix du pétrole brut (hors taxes) a triplé entre le plus bas niveau en 1998 jusqu'à aujourd'hui et, rien que depuis 2004, ce prix a doublé. L'ensemble des règlements juridiques comme la directive européenne 96/61/CE relative à la Prévention et à la Réduction Intégrée de la Pollution (la directive PRIP) exigent d'autoriser uniquement l'application des Meilleures Techniques Disponibles (MTD). Le respect de la législation allemande y adhérent (la loi fédérale sur la protection contre les immissions et les autres lois y relatives) exigent que les influences polluantes ne soient pas déplacées vers d'autres milieux.

L'aménagement d'un dévaloir permet d'utiliser le mouvement gravitaire pour le transport des masses de quartzite extraites des carrières du Massif Schisteux Rhéna. Ces roches sont dévalées depuis différents fronts d'exploitation vers une plate-forme de réception. En effet, l'extraction de matériaux de différentes qualités nécessite d'exploiter plusieurs niveaux avec des gradins d'une hauteur limitée en vue d'assurer la sécurité pour l'accès et l'exploitation. Les matériaux dévalés sont ensuite acheminés vers une installation de traitement. Le dévaloir correspond à un concept de transport dit "archaïque" car il reprend une méthode ancienne qui utilise le principe de la gravité, ce qui satisfait aux règlements précités.

Les pollutions engendrées et les influences sur l'environnement (gaz d'échappement, chaleur, poussières fines), résultant de la combustion des carburants (gasoil) des camions, qui normalement transportent le matériel dans les carrières de haut en bas peuvent donc être diminuées considérablement. Les aspects de la sécurité de travail d'une telle installation peuvent être atteints en construisant un ouvrage rectiligne (dévaloir) dimensionné selon la structure du matériau exploité en prenant en compte les éléments constructifs nécessaires visant à réduire et maîtriser l'énergie cinétique des matériaux dévalés et éviter aussi que ces matériaux soient trop fragmentés. Ainsi il est possible d'intégrer toutes les données concernant « les mouvements gravitaires ». En ce qui concerne les poussières, des dispositifs pour limiter les émissions peuvent être installés en respect des contraintes environnementales.

Versatzbeträgen an den Störungen in den Schichtfolgen des Bodental-Sattels zu suchen, die am Teufelskadrich beginnend nach Süden ausgebildet sind.

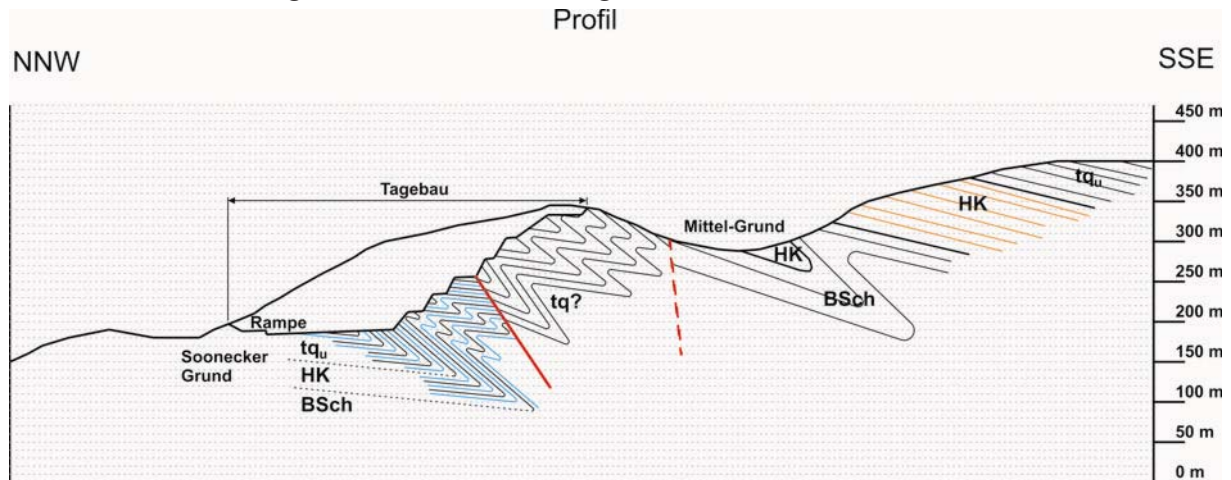


Abbildung 2.7: Geologischer Schnitt durch den Tagebau senkrecht zum Streichen über R3415938 / H5543095 (Rampe) und R3416112 / H5542473 (Mittel-Grund); „Große“ Störung (rot), vermutete Verwerfung am NW-Hang des Mittel-Grund (rot gestrichelt) (Quelle: BEUSEKOM 1999 durch Autor modifiziert)

Damit erklärt sich auch teilweise, warum in dem kleinen Quarzitbruch südöstlich der Ortslage Lorch durch die Abbautätigkeit der Untere Taunusquarzit zwischen 220 und 240 m ü. NN aufgeschlossen ist. Dort ist die durch JUNG (JUNG 1955) bekannt gewordene, auf Oberen Taunusquarzit aufgeschobene, liegende Falte des Unteren Taunusquarzit aufgeschlossen. Dieser steht im Tagebau Sooneck nicht im Eingriff, obgleich der Abbau den Schachlwald/Schälwald bis zu einer Höhe von mehr als 350 m ü. NN aufgeschlossen hat. Der Untere Taunusquarzit steht am Südosthang des Bodentales ebenfalls erst ab 360 m an. Hier wird ein evidenter Zusammenhang mit einem System von Störungen angenommen. Störungen, an denen erhebliche Versatzbeträge angenommen werden, zeichnen sich im Bodental ab, und eine weitere wird im rezenten Rheinverlauf vermutet.

2.10 Bindung des Rheines an die beschriebenen Strukturen

Die von MICHELS in den Erläuterungen zum Blatt Bingen-Rüdesheim (WAGNER & MICHELS, 1930, S. 7) beschriebene „auffällige Erscheinung, dass auf der linken Rhein- und Naheseite eine ganze Anzahl der kleinsten Nebenbäche kurz vor ihrer Einmündung gegen den Lauf des Hauptflusses umbiegen und im flussaufwärts gerichteten Teil ihres Schuttkegels münden,“ gilt auch für die Rheinzuflüsse im Rheingau. Dies veranlasste den Verfasser eine Begründung für den Rheinverlauf und den seiner Zuflüsse an den im Zuge der Arbeit betrachteten tektonischen Elementen aufzuzeichnen. Demnach werden deren Verläufe durch das Streichen der Schichtverbände, die ac-Flächen bzw. Querstörungen, Störungen sowie Aufschiebungen bestimmt.

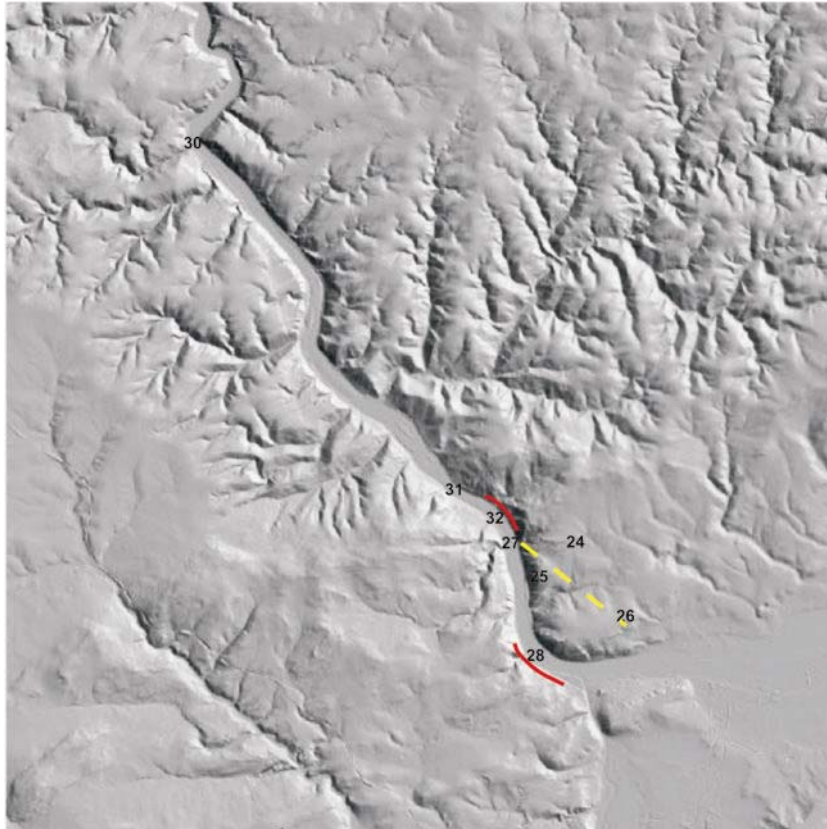


Abbildung 2.8: Rheinverlauf zwischen Bingen und Trechtingshausen; Gelb: Talung zwischen Hörkopf und Bacharacher Kopf verlängert bis Ostende des Niederwaldes; Rot: Prallhänge; Zahlen stehen für im Text angesprochene Lokalitäten (Quelle: Autor)

Der Rhein (s. Abbildung 2.8), der zwischen Rheingau und Ingelheimer Rheinebene in Richtung ENE-WSW fließt, schwenkt nach kurzem nahezu E-W gerichtetem Verlauf kurz hinter der Nahemündung am Mäuseturm bei Rhein-km 530 (28) in das mittelrheinische Engtal, nach der relieflandschaftlichen Gliederung nach GURLITT (GURLITT, 1949) – bis Höhe des Klemensgrund bei Rhein-km 534 (27) – die Binger Pforte, hin ein. Es schließt sich das Bacharacher Engtal an, das bis Rhein-km 550,4 (30) bei Oberwesel reicht. In diesen beiden Einzellandschaften folgt das Tal bis Trechtingshausen einer NNW-SSE, danach einer überwiegend NW-SE Richtung. Zwischen Geisenheim/Bingen-Kempton bei Rhein-km 524 und bis auf Höhe der Burg Sooneck bei Rhein-km 537 (31) fließt der Strom auf Flussniveau durch die devonischen Schichten der Bunten Schiefer, Hermeskeil-Schichten und des Taunusquarzit. Nordnordwestlich schließen sich die Hunsrückschiefer an. Eine Bindung an die beschriebenen Störungen ab Rhein-km 535,5 (32) bei Trechtingshausen ist anzunehmen (GURLITT, 1949). Für den Bereich der Binger Pforte kann eine Bindung an ac-Flächen oder ähnliche Strukturen vermutet werden (ROTHPLETZ, 1896, WÜSTEFELD, 1994).

Eine abweichende Interpretation entwickelt sich nach Auswertung der Reliefschatten-Darstellung. In der Verlängerung des nach NW gerichteten Rheinverlaufs ab Trechtingshausen nach SE findet sich eine entsprechend orientierte Talung zwischen dem Hörkopf (24) (378 m ü. NN) und dem Bacharacher-Kopf (25) (342 m ü. NN). Diese Talung erstreckt sich mit einem Scheitel bei ca. 306 m ü. NN auf eine Länge von mehreren 100 m. Es ist anzunehmen, dass es sich hierbei um ein Relikt des rechten Rheinuferes an der Grenze

zwischen tertiären und quartären Flussterassen (SEMMELE 1999) handelt. Im Ober-Miozän sind Ablagerungen des Ur-Rheines, die Dinotheriensande, großräumig im Mainzer Becken entlang der Linie Osthofen-Alzey-Bingen verbreitet (KUHNE & NEUFFER, 1999). Die Ausrichtung dieser Linie steht in Deckung mit der Talung und dem rezenten Talverlauf nördlich von Trechtingshausen. Im Jungtertiär floss der Rhein im Oberrheingraben weiter nach Norden. Die einsetzende Hebung des Rheinischen Schiefergebirges, die auch auf das Mainzer Becken wirkte, führte zur Ausbildung eines Grabens, den W. WAGNER als den „Rheingau-Graben“ oder „Mainz-Binger-Graben“ bezeichnete (QUITZOW, 1974, S. 70). An dessen Kreuzung überschritt der Rhein, heute bei Oppenheim, die westliche Randverwerfung (QUITZOW, 1974). Die Wassermassen des Rheines flossen seither von Osten kommend am Fuß des Rheinischen Schiefergebirges entlang, welches sich dann auf der Höhe von Bingen zusammen mit dem südlich der Hunsrück-Südrandstörung anstehenden nördlichen Pfälzer Bergland an der Nahe-Störung dem Fluss nach Westen entgegenstellte. Hier nutzte der Rhein sicher auch einen bestehenden „Durchbruch“ beim Bacharacher-Kopf und darüber hinaus auf seinem Weg nach Norden durch die Taunusquarzitzüge. Die Lenkung nach Norden führte in Verbindung mit der einsetzenden, verstärkten Hebung des Schiefergebirges und die damit verbundene Ausbildung des heutigen Engtales zum Entstehen der Prallhänge linksrheinisch im Bereich des Eintritts in die Binger Pforte und gegenüber von Trechtingshausen.



Bild 3.4: Blick über zweitrümmigen Bremsberg auf Verladebrücke und Rhein (Quelle: Betriebsakte HEINRICH KOPPERS GMBH, Regierungspräsidium Darmstadt, Dezernat Bergaufsicht)

3.4 Abbau von Braunstein/Brauneisenstein und Dolomit

Braunstein ist die Sammelbezeichnung für Mangan-Mineralen. Der Name Braunstein stammt aus dem Mittelalter. Er ist auf die braune Farbe, die man beim Glasieren von Tonwaren mit Manganoxiden erhält, zurückzuführen. Das dunkelgraue bis pechschwarze Manganerz wurde daher seit altersher in der Keramik-, Glas- und Farbherstellung eingesetzt. Mit Einführung des Thomasverfahrens zur Stahlerzeugung im ausgehenden 19. Jahrhundert trat ein verstärkter Bedarf an manganhaltigen Zuschlagserzen ein. In Deutschland wurden Mangan-Erze früher unter anderem bei Gießen und Waldalgesheim abgebaut.

Bei der Roheisenherstellung werden dem Erz Zuschläge (hauptsächlich Kalkstein oder Dolomit) zugegeben, die den größten Teil der Beimengungen zu einer flüssigen Schlacke binden.

3.4.1 Grube Dr. Geier

Die steigende Nachfrage nach Manganerz veranlasste den Mainzer Architekten CLAUDIUS GEIER Aufsuchungsarbeiten bei Waldalgesheim, Weiler und Seibersbach durchzuführen. 1883-1885 wurden ihm Grubenfelder auf Eisen- und Manganerz in Waldalgesheim und dessen benachbarten Gemarkungen verliehen. In der Folge entwickelten sich hier und auf der gesamten Lagerstätte, die von Bingerbrück bis Seibersbach reichte, rege bergbauliche Tätigkeiten. Diese wurden 1911 in der Gewerkschaft DR. GEIER zusammengefasst. Die MANNESMANN-RÖHRENWERKE wurden 1927 Alleineigentümer. 1966 stellte das Hüttenwerk der MANNESMANN AG in Duisburg-Huckingen den Bezug von GEIER-Erz ein. Das Erz wurde in der Folge nur noch als Farberz an Ziegeleien und an die keramische Industrie abgesetzt. Die Gewinnung des im Kontakt zum Erz anstehenden Dolomits, der sich nach teilweiser

Zugabe im Hochofenmüller des Hüttenwerks Rheinhausen als besonders geeignet erwies, wurde zunächst seit 1955 beibehalten gewonnen. Später führte dies zu einem Umbau der Grube DR. GEIER zu einem Dolomitbergwerk. Mit der Einstellung des Bezugs von Dolomit durch das Hüttenwerk wurde die Grube am 31.12.1971 stillgelegt. Ausschlaggebend hierfür war neben der fehlenden Wirtschaftlichkeit der Gewinnung der abbauwürdigen Vorräte die Umstellung vom Siemens-Martin- auf das damals neue Oxygenstahlerzeugungsverfahren, die zu einem stark rückläufigen Absatz von Sinterdolomit führte. Die Gesamtförderung des Eisenmanganerzbergbaus betrug etwa 5.534.280 Tonnen. Darüber hinaus wurde zwischen 1955 und 1971 2.613.253 Tonnen Dolomit gewonnen (KLEMP, 1987).

Die einstige Bedeutung des dortigen Bergbaus manifestiert sich noch heute in den erhaltenen Tagesanlagen Amalienshöhe der Manganerz- und Dolomitgrube DR. GEIER oberhalb von Waldalgesheim. Diese sind ein eindrucksvolles technisches Denkmal des Montanwesens und spiegeln wie andere Bauwerke den historischen, sozialen und geistigen Inhalt dieser Epoche wieder. Nur noch die Fundamente zeugen von der am 08. August 1912 in Betrieb genommenen 7.625 m langen Drahtseilbahn, die von der Elisenhöhe über die Amalienshöhe nach Trechtingshausen zu einer Schiffsverladestation führte (Bild 3.5). Die Schiffsverladestation wurde dort errichtet, da die Abladetiefe der Schiffe dort mehrere Dezimeter höher war als nach der Passage durch das Binger Loch. Die Anlage, die zunächst mit einer Dampfmaschine betrieben wurde, hatte eine Leistung von 60 Tonnen pro Stunde. Neben Einrichtungen zum Beladen der Schiffe war diese auch mit einem Greifer zum Entladen von Kohle, Kies und Sand ausgerüstet. Im Mai 1967 wurde die Seilbahn stillgelegt. Hersteller war das Kölner Unternehmen POHLIG, das seit 1962 unter PHB firmierte. Die Firma PHB – VEREINIGTE MASCHINENFABRIKEN AG in Köln entstand 1962 aus der Fusion der Seilbahnhersteller POHLIG (Köln), HECKEL und BLEICHERT (Leipzig). Das Unternehmen war einer der größten Seilbahnhersteller der Welt. Später fusionierte das Unternehmen mit der WESERHÜTTE AG zur "PHB-WESERHÜTTE AG", mit dem Kürzel PWH. Ende 1987 meldete das Unternehmen Konkurs an und wurde an O&K verkauft. Später wurde die Seilbahnsparte an das Unternehmen DOPPELMAYR SEILBAHNEN GMBH, Wolfurt, Österreich, verkauft.

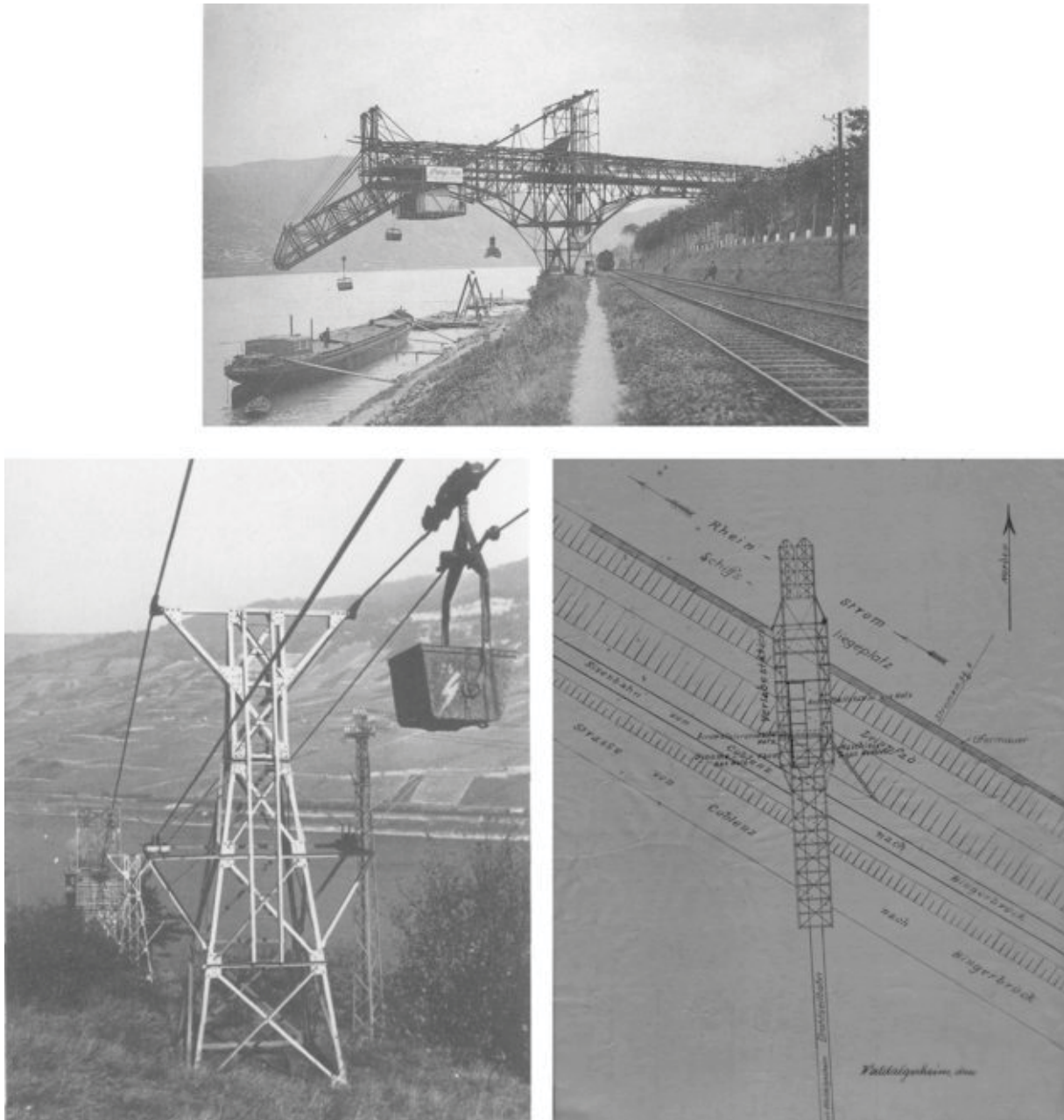


Bild 3.5: Verladebrücke und Seilbahn der Grube Dr. GEIER (Quelle: KLEMP, 1987; GÜNTER WOJAHN, Waldalgesheim)

3.4.2 Grube Höhrkopf

Zwischen 1828 und 1860 wurde der gesamte im Herzogtum Nassau geförderte Braunstein nach England und Frankreich ausgeführt. Dort brauchte man ihn, um aus Salzsäure Chlor zu gewinnen, das wiederum zum Bleichen von Baumwolle benötigt wurde. Damals wurde der Abbau bei Assmannshausen zwischen dem Bacharacher Kopf und dem Speisbachtal nur im Kleinen betrieben. Erst nach 1860 wurde der Braunstein in den Gruben Walpurgis, Höhrkopf und Eisenloch intensiver zusammen mit manganhaltigem Brauneisenstein abgebaut. Vor dem Transport rheinabwärts musste das Roherz gewaschen werden. Bis 1860 geschah dies in der „REUSSISCHEN BRAUNSTEIN-AUFBEREITUNGSANSTALT“ oberhalb des Kurhauses (Thomas-Morus-Haus) in Assmannshausen. 1889 wurde rheinabwärts an der Speisbachtalmündung eine Dampfwäscherei mit Maschinenbetrieb errichtet (Abbildung 3.5). Von Civilingenieur GEYER

5.3.4 Laden

Das gesprengte Haufwerk wird mit einem Hydraulikhochlöffelbagger oder Radlader auf Schwerlastkraftwagen (SLKW) geladen. Als Nebenarbeit sortiert der Bagger Wurzeln und Holz aus bzw. zerkleinert mittels einer stählernen Fallkugel die Knäpper.

5.4 Beschreibung der Fördermethode unter allgemeiner Betrachtung der Randbedingungen der SLKW-Förderung am Beispiel des Tagebaus Sooneck

5.4.1 Fördermethode

SLKW transportieren das Haufwerk je nach Modell mit 40-80 Tonnen Nutzlast zum Kipptrichter des Vorbrechers. Hauptelement der Fördertrasse ist die randlich angeordnete Rampe.

5.4.2 Randbedingungen der SLKW-Förderung

Für einen effizienten Transport müssen geeignete Fahrstrassen gebaut und ständig unterhalten werden, um die für das Konstruktionsprinzip der SLKW maßgebliche Forderung der Einsetzbarkeit als Hochgeschwindigkeitstransportmittel erfüllen zu können (EYMER, 1995, KAUFMAN & AULT, 2001). Der Tagebaubetrieb muss so organisiert und die Fahrstrassen müssen so ausgelegt werden, dass ein sicheres, schnelles Fahren ermöglicht wird.

5.4.2.1 Betriebsorganisation

Beim Betrieb von SLKW ist der Fahrsicherheit maximale Aufmerksamkeit zu schenken. Bei dem Grunde nach gleichförmig verlaufenden Arbeitszyklen wird von den Fahrzeugführern gefordert, im Sinne der Produktivität an der Leistungsgrenze zu operieren. Gleichzeitig werden bereits in Steinbrüchen Fahrzeuge mit Abmessungen und Gewichten bewegt, die fern von denjenigen sind, die im normalen Straßenverkehr eingesetzt werden und je nach Modell über 100 t Masse haben. Dementsprechend muss der Tagebaubetrieb so organisiert werden, dass der Förderbetrieb auf der Fahrstraße ungestört durchgeführt werden kann.

5.4.2.2 Fahrstraßengestaltung

5.4.2.2.1 Allgemeine Anforderungen

Die Fahrstraße selbst muss auf die Lasten, Abmessungen und Beweglichkeit der Fahrzeuge abgestimmt werden. Für den Bau der Straßenbaukörper und der Fahrbahn müssen standfeste, ausreichend verdichtete Baustoffe eingesetzt werden. Langfristig betriebene Streckenabschnitte können eine Fahrbahndecke aus Beton oder Asphalt erhalten. Eine dauernde Unterhaltung ist selbstredend. Für eine optimale Leistung sollte die Trasse zweispurig ausgeführt werden. Dementsprechend ergeben sich Mindestfahrbahnbreiten (das 1,5-fache der Fahrzeugbreite je Fahrspur) und –kurvenradien. Die Fahrbahn muss mit einem Querprofil gebaut und das Niederschlagswasser auf kurzem Wege in Straßenbegleitgräben abgeleitet werden. Die Kurven sollten in Abhängigkeit vom Radius mit Überhöhungen gebaut werden, um maximale Fahrgeschwindigkeiten zu ermöglichen. Zur Sicherheit der Fahrzeugführer müssen Absturzsicherungen (große Steine, Erdwälle) sowie im Falle von Bremsversagen Auslaufzonen berücksichtigt werden. Die Fahrstraßengestaltung wird i.d.R. durch die Geländemorphologie, den vorhandenen Bauraum und die Höhe der Investitionsmittel beschränkt.

5.4.2.2.2 Fahrbahnlängsneigung

Der Fahrbahnlängsneigung kommt bei der Auslegung eine überragende Bedeutung zu, da diese entscheidend die möglichen Fahrgeschwindigkeiten beeinflusst. Der Abbildung 5.2 kann diese Abhängigkeit entnommen werden.

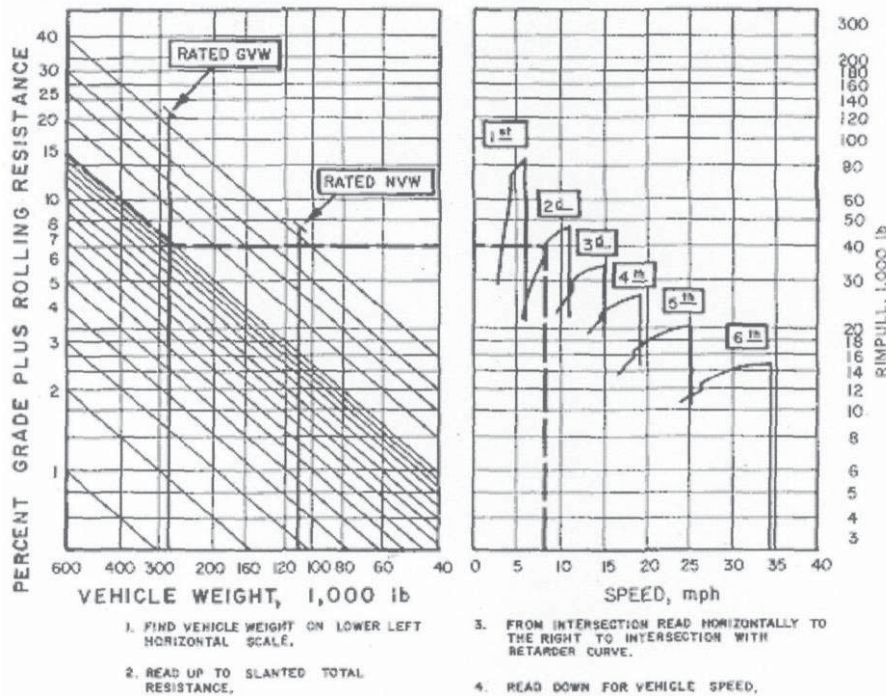


Abbildung 5.2: Diagramm zur Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Fahrbahnneigung und Fahrzeuggewicht bei Aufwärtsförderung (DAWSON, V.E. in KAUFMAN & AULT, 2001)

Daraus wird ersichtlich, dass leichtere Fahrzeuge schneller als schwere sind, beide aber bei einer Verdopplung der Neigung deutlich langsamer werden. Diese Abhängigkeit ist bei der Ausrichtung von Tagebauen zu berücksichtigen. Geringere Fahrgeschwindigkeiten infolge von steileren Fahrstraßen erfordern mehr Fahrzeugeinheiten, um die angestrebte Stundenleistung zu erreichen.

5.4.2.2.3 Bremsleistung, maximale Fahrgeschwindigkeit und Bremsweg

Die möglichen Fahrgeschwindigkeiten werden nach oben durch die Dauerbremsleistung bei Talfahrt bestimmt. Dies gilt insbesondere bei Abwärtsförderung. Die Fahrgeschwindigkeit steht darüber hinaus in Abhängigkeit von dem Fahrbahnzustand, der in Kombination mit den eingesetzten Reifen über den Rollwiderstandsfaktor beschrieben wird. Zudem muss bei der Geschwindigkeitsbestimmung der Bodenschluss geprüft werden, um sicherzustellen, dass das Fahrzeug abgebremst werden kann. Hierfür stehen Bodenschlusskoeffizienten (EYMER, 1995) zur Verfügung. Der Bodenschluss ist bei Abwärtsförderung ungünstiger als bei Aufwärtsförderung. Dies ergibt sich aus der ungünstigeren Lastverteilung. Bei horizontalem Betrieb verteilen sich 67 % der Last auf die Hinterachse und 33 % auf die Vorderachse. Dem tragen die Hersteller dadurch Rechnung, dass die Hinterachse mit vier Reifen ausgestattet wird. Bei Abwärtsförderung verschiebt sich die Lastverteilung zu Ungunsten der Vorderachse, die zudem noch Lenkfunktion übernimmt. Zum Bremsen stehen den SLKW Betriebsbremsen und Systembremsen zur Verfügung. Der Retarder ist eine Betriebsbremse, der direkt auf den

Es wurde auf insgesamt acht Strossen gemessen, dokumentiert und beprobt. Auf jeder Strosse wurden Wandbereiche mit etwa gleicher Orientierung und Gebirgsqualität abgegrenzt. Dies ergab zwischen zwei und fünf Bereiche auf den einzelnen Strossen.

6.2.1.1 Orientierung der Rinne

Die Trennflächenorientierungen wurden stereografisch unter Anwendung der Lagenkugel mittels entsprechender Software ausgewertet. Dieses Verfahren gibt die Orientierung bzw. Raumstellung der Diskontinuitäten (Schichtung und Klüfte) als Punkte auf der unteren Halbkugel wieder. Im Ergebnis wurden so die Raumstellung der Klufflächen (-scharen) als auch der Faltenachsen bestimmt. Auf diese Weise wurde auch die optimale Orientierung der Rinne in Förderrichtung innerhalb jedes Wandbereichs unter Ausschluss von Gleit- oder Kippversagen ermittelt. Für die einzelnen Bereiche wurden Orientierungen der Versturzrinne zwischen 030° und 355° ermittelt (s. a. Abbildung 6.9). Diese Orientierungen wurden auch Basis für die Standsicherheitsbetrachtung der Rinnenseitenwände.

6.2.1.2 Standsicherheitsbetrachtung der Rinnenseitenwände

Ziel der Standsicherheitsbetrachtung war die Ermittlung der maximalen Neigungswinkel, bei denen die Rinnenseitenwände als dauerstandsicher eingestuft werden können. Im Idealfall sollen die Rinnenseitenwände eine Neigung von 90° haben, um

- den Herstellungsaufwand zu reduzieren,
- eine optimale Führung des zu verstürzenden Materials zu gewährleisten,
- eine Überfahrbarkeit der Rinne mit einfachen Brückenkonstruktionen zu ermöglichen,
- das Anbringen von Dachkonstruktionen zur Emissionsminderung zu erleichtern

und

- den konstruktiven Aufwand für das Einbauen der Trägheitsbremsen zu minimieren.

Demgegenüber stehen grundsätzlich felsmechanische Abhängigkeiten, die eine dauerstandsichere 90° Böschung nahezu ausschließen. Die Standfestigkeit von Böschungen steht in Abhängigkeit von der Ausbildung des Kluffkörpersystems, der Trennflächeneigenschaften und deren Orientierung in Relation zur Orientierung der Böschung. „Die Instabilität ist eine Funktion der geometrischen und der mechanischen Eigenschaften der Klüfte und Kluffkörper. Der Kluffkörper muss die Möglichkeit haben, aus dem Verband herauszufallen, oder zu gleiten - sowohl kinematisch als auch mechanisch“ (TU GRAZ, 2006, Seite 13-90). Zur Prognose der Standsicherheit werden in der Felsmechanik Klassifikationssysteme eingesetzt. Die Standsicherheitsbetrachtung wurde mittels des Slope Stability Probability Classification-Systems (HACK, 1996, 1998; HACK et al., 2003) durchgeführt, das für die vorliegende Aufgabenstellung als am geeignetsten eingestuft wurde.

6.2.1.2.1 Slope Stability Probability Classification-System (SSPC)

Das International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Delft/Enschede (Niederlande), befasst sich seit den neunziger Jahren mit der Entwicklung eines Systems auf der Basis einer Wahrscheinlichkeitsanalyse, zur Standsicherheitsbewertung von Böschungen die überragend durch die Errichtung von technischen Bauwerken in Gesteinskörpern entstanden sind oder entstehen werden. Die Basis dieses Systems sind Daten, die bei der geotechnischen Beschreibung von insgesamt 184 stabilen und instabilen Böschungen in felsigen Gesteinen unterschiedlicher Genese in einer Region südwestlich von

Barcelona aufgenommen wurden. Diese Daten wurden von verschiedenen Bearbeitern zu unterschiedlichen Zeiten gesammelt. Somit konnte der Bearbeiterinfluss eliminiert werden. Das SSPC-System beurteilt in einer dreigestuften Herangehensweise die Standsicherheit unter Berücksichtigung der vergangenen und zukünftigen Verwitterung und der Störung des Gesteinskörpers infolge der Herstellungsmethode sowie die Wahrscheinlichkeit des Eintretens bestimmter Versagensmechanismen. Letzteres auch für den Fall, dass nicht Trennflächen ursächlich für das Versagen sind. Das System verzichtet auf aufwändige Datenerfassung und Laborversuche zur Bestimmung felsmechanischer Parameter. Es beschränkt die Feldarbeit auf die Erfassung von wenigen, leicht messbaren und für die Beurteilung von Felsböschungen wichtigen Parametern. Hierdurch ist Wiederholbarkeit und Zuverlässigkeit gegeben. Das System bewertet die Standsicherheit dreidimensional, da das System anhand realer Böschungen verifiziert wurde. Unter Nutzung von tragbaren Computern kann das SSPC-System die Ergebnisse meist unmittelbar vor Ort bereitstellen.

Die hiermit mögliche Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Böschungsversagens in Verbindung mit der Beschreibung der gefährdeten Bereiche vor oder unter einer Böschung und der Vulnerabilität der in diesen Bereichen angeordneten Bauwerke (z.B. einer Eisenbahnstrecke oder einer gering befahrenen Straße) kann z.B. in Risikobewertungen (soziale, ökologische und ökonomische Schadenserwartungswerte) umgesetzt werden, wie diese z.B. auch für hochwassergefährdete Gebiete zur Verfügung stehen.

Weitere in Anwendung stehende Felsklassifikationssysteme für Böschungsstandsicherheitsbetrachtungen (z.B. BIENIAWSKI, 1989 (RMR-System), HAINES & TERBRUGGE, 1991, ROMANA, 1985, 1991 u.v.a.), die ihren Ursprung im Tunnel- und Bergbau haben, beurteilen die Standsicherheit von Böschungen auf der Basis eines Punktesystems (Rating). Punktesysteme haben den Nachteil, dass die maßgeblichen Versagensmechanismen im Punktesystem nicht korrekt identifiziert werden können, oder dass eine zu niedrige Punktzahl für die dem Versagensmechanismus innewohnende Gesteinseigenschaft bzw. eine viel zu hohe für eine für die Standsicherheit unwichtige Eigenschaft eingesetzt wird. Dies führt somit zu Aussageunsicherheiten. Einige Systeme erfordern zusätzlich auch eine Datenerfassung, die oft umfangreiche Feld- und Laborarbeiten erfordert, die zu längeren Bearbeitungszeiten führen. Die Erfahrung des Bearbeiters in der Anwendung des jeweiligen Systems ist entscheidend. Diese Systeme berücksichtigen zudem nur unzureichend die Einflüsse der an der Oberfläche gegebenen Witterungseinflüsse, der oberflächennahen Verwitterung des Gesteinskörpers und nicht zuletzt auch von Übertage gebräuchlichen Herstellungsmethoden der Böschungen auf die ungeschützten, nicht gesicherten Böschungsoberflächen.

6.2.1.2.1.1 Herangehensweise des SSPC-Systems an die Standsicherheitsbewertung

Das Flussbild in Abbildung 6.2 zeigt die Herangehensweise an die Standsicherheitsbewertung einer bestehenden oder herzustellenden Böschung und der hierbei zu berücksichtigenden Parameter.

Barcelona aufgenommen wurden. Diese Daten wurden von verschiedenen Bearbeitern zu unterschiedlichen Zeiten gesammelt. Somit konnte der Bearbeiterinfluss eliminiert werden. Das SSPC-System beurteilt in einer dreigestuften Herangehensweise die Standsicherheit unter Berücksichtigung der vergangenen und zukünftigen Verwitterung und der Störung des Gesteinskörpers infolge der Herstellungsmethode sowie die Wahrscheinlichkeit des Eintretens bestimmter Versagensmechanismen. Letzteres auch für den Fall, dass nicht Trennflächen ursächlich für das Versagen sind. Das System verzichtet auf aufwändige Datenerfassung und Laborversuche zur Bestimmung felsmechanischer Parameter. Es beschränkt die Feldarbeit auf die Erfassung von wenigen, leicht messbaren und für die Beurteilung von Felsböschungen wichtigen Parametern. Hierdurch ist Wiederholbarkeit und Zuverlässigkeit gegeben. Das System bewertet die Standsicherheit dreidimensional, da das System anhand realer Böschungen verifiziert wurde. Unter Nutzung von tragbaren Computern kann das SSPC-System die Ergebnisse meist unmittelbar vor Ort bereitstellen.

Die hiermit mögliche Bestimmung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Böschungsversagens in Verbindung mit der Beschreibung der gefährdeten Bereiche vor oder unter einer Böschung und der Vulnerabilität der in diesen Bereichen angeordneten Bauwerke (z.B. einer Eisenbahnstrecke oder einer gering befahrenen Straße) kann z.B. in Risikobewertungen (soziale, ökologische und ökonomische Schadenserwartungswerte) umgesetzt werden, wie diese z.B. auch für hochwassergefährdete Gebiete zur Verfügung stehen.

Weitere in Anwendung stehende Felsklassifikationssysteme für Böschungsstandsicherheitsbetrachtungen (z.B. BIENIAWSKI, 1989 (RMR-System), HAINES & TERBRUGGE, 1991, ROMANA, 1985, 1991 u.v.a.), die ihren Ursprung im Tunnel- und Bergbau haben, beurteilen die Standsicherheit von Böschungen auf der Basis eines Punktesystems (Rating). Punktesysteme haben den Nachteil, dass die maßgeblichen Versagensmechanismen im Punktesystem nicht korrekt identifiziert werden können, oder dass eine zu niedrige Punktzahl für die dem Versagensmechanismus innewohnende Gesteinseigenschaft bzw. eine viel zu hohe für eine für die Standsicherheit unwichtige Eigenschaft eingesetzt wird. Dies führt somit zu Aussageunsicherheiten. Einige Systeme erfordern zusätzlich auch eine Datenerfassung, die oft umfangreiche Feld- und Laborarbeiten erfordert, die zu längeren Bearbeitungszeiten führen. Die Erfahrung des Bearbeiters in der Anwendung des jeweiligen Systems ist entscheidend. Diese Systeme berücksichtigen zudem nur unzureichend die Einflüsse der an der Oberfläche gegebenen Witterungseinflüsse, der oberflächennahen Verwitterung des Gesteinskörpers und nicht zuletzt auch von Übertage gebräuchlichen Herstellungsmethoden der Böschungen auf die ungeschützten, nicht gesicherten Böschungsoberflächen.

6.2.1.2.1.1 Herangehensweise des SSPC-Systems an die Standsicherheitsbewertung

Das Flussbild in Abbildung 6.2 zeigt die Herangehensweise an die Standsicherheitsbewertung einer bestehenden oder herzustellenden Böschung und der hierbei zu berücksichtigenden Parameter.

Versturzzinne-Vorbrecher durch den großen Zwischenpuffer im Bunkerbereich mit höherer Leistung beaufschlagt werden kann. Hierdurch können in der Gewinnung z.B. geringere Einsatzzeiten gefahren oder die betrieblichen und sicherheitlichen Vorteile eines größeren Ladegerätes ausgenutzt werden. Unberücksichtigt bleibt zudem, dass bei Förderentfernungen <75 m vom Haufwerk zur Rinne das günstige Load and Carry-Verfahren eingesetzt werden wird.

6.7.2 Kostenabschätzung der Transportanordnungen Rinne und Rampe

Beide Transportanordnungen Rinne und Rampe werden im Folgenden einer Bau- und Betriebskostenabschätzung unterzogen. Am Beispiel des Tagebaus Sooneck werden die Baukosten der bestehenden Rampe den Baukosten der Rinne gegenübergestellt. Die Herstellung des Bunkerbereichs kann mit im Tagebau eingesetzter Bohr- und Sprengtechnik erfolgen und wird nicht in die Baukosten einbezogen. Die vorstehenden Baukosten werden nicht um die Kosten reduziert, die beim üblichen Gewinnungs- und Förderbetrieb je Tonne bzw. Kubikmeter anfallen. Es wird von einer Nutzungsperiode von ca. 20 Jahren bis zum Erreichen des Abbauendstandes oberhalb der 3. Sohle ausgegangen. Im Falle der Erweiterung des Abbaufeldes ist die Rinne neu zu errichten, um auch auf weiteren Sohlen selektiv gewinnen zu können. Die Rampe kann bis zur Hälfte des Weges zwischen Sohle 8 und 9 weiter genutzt werden, darüber hinaus muss die Rampe ausgebaut werden. Hierbei wird auf die unter Gliederungspunkt 5.4.2.2.5 beschriebenen Beschränkungen verwiesen. Eine selektive Gewinnung ist bei der Rampe oberhalb der 9. Sohle nicht möglich.

Tabelle 6.5: Bau- und Betriebskosten der Transporteinrichtungen (Angaben zu Bohr- und Sprengkosten durch BST Bohr- und Sprengtechnik GmbH & Co. KG, Oktober 2006)

Bau- und Betriebskosten Rinne			
Gemeinkosten			70.000,00 €
Vermessung			10.000,00 €
Fertigung der Kontur der Rinne durch Vorspaltverfahren	1250 m ²	15,70 €/m ²	19.662,50 €
Gewinnungssprengungen	6250 m ³	2,95 €/m ³	18.356,25 €
Laden und Transportieren des gelösten Gesteins	6250 m ³	5 €/m ³	31.250,00 €
bauzeitliche Hangsicherung	2500 m ²	6 €/m ²	15.000,00 €
Einbau der geschwindkeitsbegrenzenden Einrichtungen			100.000,00 €
Einbau der staub- und lärmbegrenzenden Einrichtungen			100.000,00 €
Summe Baukosten			364.268,75 €
Unterhaltungsarbeiten an der Rinne			20.000,00 €
Staubbegrenzung			15.000,00 €
Summe Betriebskosten			35.000,00 €

Bau- und Betriebskosten Rampe			
Gemeinkosten			70.000,00 €
Vermessung			10.000,00 €
Gewinnungssprengungen	100000 m ³	1,20 €/m ³	120.000,00 €
Laden und Transportieren des gelösten Gesteins	100000 m ³	2 €/m ³	200.000,00 €
Herstellung Fahrbahn	20000 m ²	5 €/m ²	100.000,00 €
Summe Baukosten			500.000,00 €
Wegebau			20.000,00 €
Staubbegrenzung			35.000,00 €
Summe Betriebskosten			55.000,00 €

Aus der Kostenschätzung wird deutlich, dass die Baukosten der Rinne 30 % geringer sind, jedoch nach der Nutzungsperiode in volle Höhe erneut anfallen. Die Rampe muss lediglich verlängert werden. Der längere mittlere Fahrweg erfordert dann mehr Transporteinheiten. Die Betriebskosten der Versturzzrinne sind geringer, da insbesondere der Befeuchtungsaufwand gegenüber dem der Fahrstraße deutlich geringer ausfällt, da die erforderlichen Einrichtungen mit geringem Aufwand fest installiert werden können.

6.8 Auswirkungen auf die Umwelt

6.8.1 Lärm

Zur Abschätzung der Lärmemissionen des Versturzbetriebs wurden seitens des schalltechnischen Ingenieurbüros PIES die zu erwartenden Geräuschemissionen auf einer Haufwerksböschung zwischen zwei Arbeitsebenen, hervorgerufen durch Abkippen von Haufwerk mittels Radlader, messtechnisch ermittelt. Das Ingenieurbüro (PIES, 1997) kommt zu dem Ergebnis, dass durch die geplante Versturzzrinne keine Verschlechterung gegenüber der derzeitigen Geräuschsituation eintreten wird. Im Nahbereich, dort wo Load-and-Carry Betrieb möglich ist, wird eine Verbesserung eintreten.

praktisch nicht umsetzbar. Für den Bodenneigungswinkel ist daher eine Größe vorzusehen, die sicherstellt, dass das Versturzbauwerk auch in der Einfahrphase und bei Beaufschlagung mit dem Gesteinskörperkollektiv, das durch einen Radlader oder SLKW aufgegeben wird, funktionssicher betrieben werden kann. Ein Zuschlag von 3° auf den Gleitreibungswinkel, somit 39° Bodenneigung, wird als minimale Bodenneigung beim Einsatz einer Versturzrinne zum Abwärtstransport von quarzitischem Material empfohlen.

7.4.1.5.2 Trägheitsbremsen

Trägheitsbremsen werden senkrecht zur Rinnenachse vorgesehen, um Steine, die sich in der Bewegungsart Springen durch die Rinne abwärts bewegen, zu beruhigen sowie am Übergang der Rinne in den Bunker, um die Bahngeschwindigkeit zu reduzieren. Die erstgenannten Bremsen hängen frei im Rinnenquerschnitt, damit die Steine, die sich in der Bewegungsart Gleiten und Rollen bewegen, in der Abwärtsbewegung nicht behindert werden und durch die Bremse aufgehaltene springende Steine an dieser herabfallen und sich talwärts weiter bewegen können. Die Trägheitsbremse am Übergang Rinne / Bunker reicht tiefer auf den Rinnenboden hinab bzw. liegt auf dem Rinnenboden auf oder ragt in den Bunker hinein, um das „Hineinschießen“ des Gesteinskörperkollektivs in den Bunker, so zu steuern, dass im Bunker und in der Ebene davor sicher und materialschonend gearbeitet werden kann.

Die Trägheitsbremsen werden mittels der ballistischen Methode ausgelegt. Hierfür wird vereinfachend angenommen, dass die Trägheitsbremsen starre Körper sind, die sich um einen Drehpunkt bewegen (Abbildung 7.16). "Ballistisch" drückt hier aus: Nach einer kurzen äußeren Krafteinwirkung bewegt sich ein mechanisches System frei von weiteren äußeren Einwirkungen.

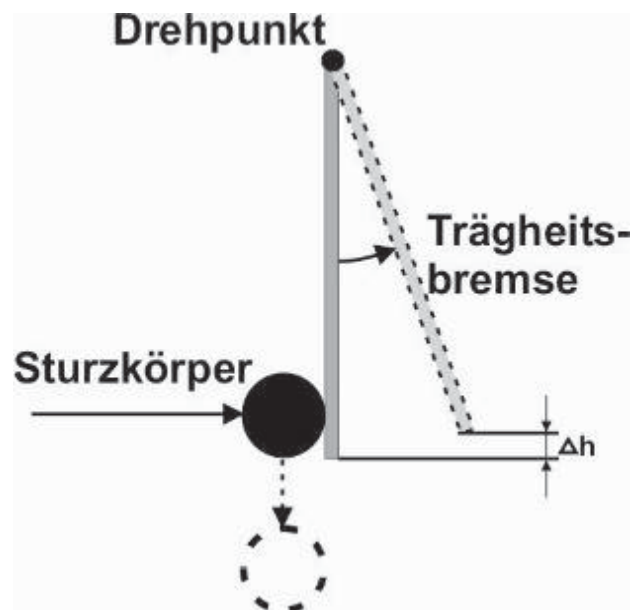


Abbildung 7.16: Auslegung Trägheitsbremse (Quelle: Autor)

Die bewegte Masse des Sturzkörpers m_S trifft in einem elastischen Stoß senkrecht auf die ruhende Trägheitsbremsenmasse m_T , wodurch die Bremse ausgelenkt wird und schwingt. Der Sturzkörper fällt nach dem Stoß unzerkleinert senkrecht nach unten. Die Bremse sei in erster Näherung als mathematisches Pendel angesehen. Mit diesen Annahmen wird die Bewegungsenergie des Sturzkörpers verlustfrei und vollständig auf die Bremse übertragen.

Trifft der Körper unter einem anderen Winkel auf die Bremse, so wird nur der Energieanteil wirksam, der senkrecht auf die Bremse wirkt.

Den Impuls des Pendels bzw. der Bremse nach dem Stoß kann man aus dem Impulserhaltungssatz bestimmen:

$$m_S * v_S = m_T * v_T \quad (7.13)$$

Für den Fall, dass die Bremse (nahezu) reibungsfrei aufgebaut ist, gilt der Energieerhaltungssatz in folgender Form:

$$E_{kin\ Bremsen} = E_{pot\ Bremsen} \quad (7.14)$$

oder

$$\frac{1}{2} * m_T * v_T^2 = m_T * g * \Delta h \Rightarrow v_T = \sqrt{2 * g * \Delta h} \quad (7.15)$$

Durch Umformung erhält man aus Gleichung (7.13):

$$v_T = \frac{m_S}{m_T} * v_S \quad (7.16)$$

Durch Einsetzen und Umstellen nach m_T erhält man die Bestimmungsgleichung für die Trägheitsbremsenmasse:

$$m_T = \frac{v_S * m_S}{\sqrt{2 * g * \Delta h}} \quad (7.17)$$

Durch Festlegen einer zulässigen Auslenkhöhe Δh des Pendels lässt sich die Trägheitsbremsenmasse variieren. Sie sollte in jedem Fall ein Mehrfaches der maximalen Sturzkörpermasse betragen, um nicht zu weit ausgelenkt werden zu können und auch kurz hintereinander auftreffende Sturzkörper abbremsen zu können. Bei einer Auslenkhöhe von 1 m, der Sturzkörpermasse von 710,42 kg und einer Geschwindigkeit von 34,3 m/s für den ungünstigsten Fall muss die Trägheitsbremse eine Masse von 5.500 kg haben.

Reale Trägheitsbremsen werden nicht als starre Körper ausgebildet werden, sondern wie in der Patentschrift dargestellt aus einzelnen Ketten, an Seilkonstruktionen abgehängten Autoreifen oder verschlissenen Brechplatten des Primärbrechers bestehen. Diese werden untereinander verbunden und einen Vorhang bilden, der den Querschnitt der Rinne abdeckt.

8 Beschreibung von Steinbrüchen und Tagebauen, die Versturztechniken einsetzen

Wie ausgeführt, beruht diese Arbeit auf dem Ansatz, im Tagebau Sooneck das Verstürzen von Haufwerk von mehreren Abbaustrossen über eine Rinne zu realisieren. Mangelnde Dokumentationen dieses Förderverfahrens in Tagebauen leiteten zum Patentantrag, der in die Patenterteilung mündete. Parallel wurden Hinweise auf die Anwendung dieser Fördermethode verfolgt. Im Ergebnis konnten einige Steinbrüche und Tagebaue identifiziert werden, die jedoch ohne das Merkmal der Qualitätssteuerung Sturzrinnen, Sturzrinnen in Kombination mit Rolllöchern und Verstürzen auf der Basis des Gruppenabbauverfahrens einsetzen. Diese werden im Folgenden in dieser Reihenfolge dargestellt.

8.1 Sturzrinnen

8.1.1 Steinbruch am Drachenfels

Das Trachytgestein des Drachenfels bei Königswinter war seit der Römerzeit ein begehrter Werkstein, der auch am Kölner Dom Verwendung gefunden hat. Nach Schätzungen sollen insgesamt 500.000 m³ (ARENS, 2005) abgebaut worden sein. Die Wiederaufnahme der Bauarbeiten zur Reparatur und schließlich auch zur Fertigstellung des Kölner Doms im Jahre 1823 leitete zu dem Gedanken, den Abbau wieder verstärkt aufzunehmen. Dazu wurde der Drachenfels 1827 von der Königswinterer Steinhauergesellschaft erworben. Dagegen formierte sich – getragen durch den romantisch inspirierten Zeitgeist und unterstützt durch den preußischen Kronprinzen FRIEDRICH WILHELM – erfolgreicher Widerstand. Der preußische König verbot den Steinabbau am Drachenfels. Die preußische Regierung erwarb daraufhin am 26.04.1836 den Drachenfels für 10.000 Taler. Dies gilt als die erste staatliche Maßnahme im Naturschutz. Seit 1923 liegt der Drachenfels in einem der ältesten Naturschutzgebiete Deutschlands bzw. dem größten Nordrhein-Westfalens, dem Naturschutzgebiet „Siebengebirge“. Der Erklärung zum Naturpark 1958 folgte 1971 die Verleihung des Europa-Diploms des Europarates (SIEBENGEIRGE, 2006, SIEBENGEIRGSMUSEUM, 2006).

Von Interesse sind die Darstellungen der Steinrutsche am Drachenfels, welche die Nutzung der Schwerkraft seit altersher zum Abwärtstransport der Steine an den Rhein belegen. Auf dem ‚Altarflügel mit Heiligen vor Kölner Stadtlandschaft, Anna selbdritt und die heiligen Christophorus, Gereon und Petrus‘ vom Meister der Verherrlichung des Marienlebens (Entstanden um 1480?) ist im Hintergrund rechts (vom Betrachter) der Drachenfels mit Steinrutsche zu erkennen.



Abbildung 8.1: Detail aus: Meister der Verherrlichung Mariae, Anna selbdritt und die heiligen Christophorus, Gereon und Petrus. Im Hintergrund rechts (vom Betrachter) der Drachenfels mit Steinrutsche (Wallraf-Richartz-Museum, 2006, Köln, Inventar-Nummer WRM 880)

Eine weitere eindrucksvolle Darstellung ist dem Kupferstich in Abbildung 8.2 zu entnehmen.

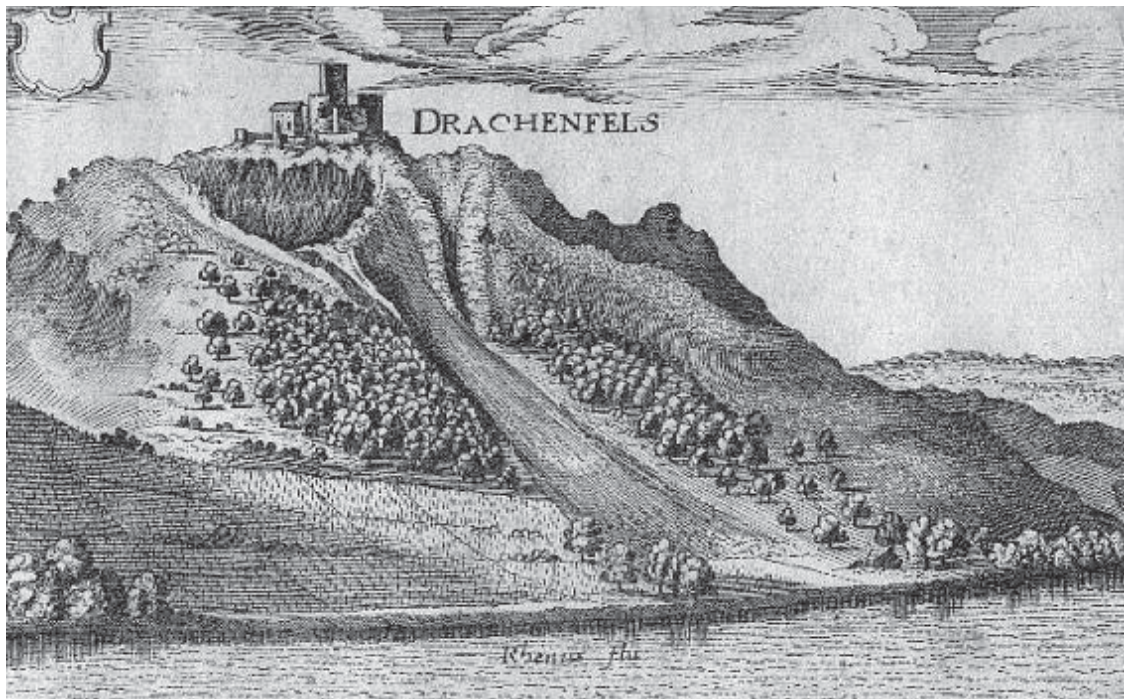


Abbildung 8.2: Ansicht des Drachenfels mit Steinrutsche (Kupferstich, MATTHÄUS MERIAN, 1646, SIEBENBERGSMUSEUM, 2006)

Es spiegelt die durch ökonomische Aspekte bis ins ausgehende 18. Jahrhundert geprägte Wahrnehmung wider, nach der das Siebengebirge hauptsächlich wegen seiner Steinvorkommen von Interesse war.

8.1.2.5 Auswirkungen auf das Landschaftsbild

Die Auswirkungen auf das Landschaftsbild sind in Abbildung 8.8, Abbildung 8.9 und Abbildung 8.10 in Abhängigkeit vom Abbaustand nach 10, 20 und 50 Jahren grafisch dargestellt. In den ersten 10 Jahren erfolgt auch die Rekultivierung / Renaturierung des Steinbruchs „Sur le Moulin“. In den Steinbrüchen „Scex Rouges“ und „Saut du Glacier“ unterscheiden die roten Signaturen neben dem aktiven Abbaubereich die Flächen, die abgebaut und für die Rekultivierung vorbereitet sind, die rekultiviert bzw. als renaturiert eingestuft sowie die für Abbau vorbereitet werden. Aus der Abfolge der Abbildungen wird deutlich, dass der Abbau von oben nach unten erfolgt. Der Abbaubereich nimmt einen horizontal ausgerichteten Geländestreifen innerhalb des Betriebsgeländes in Anspruch, der mit der Zeit nach unten wandert. Unterhalb verbleibt das Gelände größtenteils im ursprünglichen Zustand. Oberhalb wird unmittelbar so rekultiviert, dass das in Anspruch genommene Gelände nach wenigen Jahrzehnten bereits einen renaturierten Charakter hat.

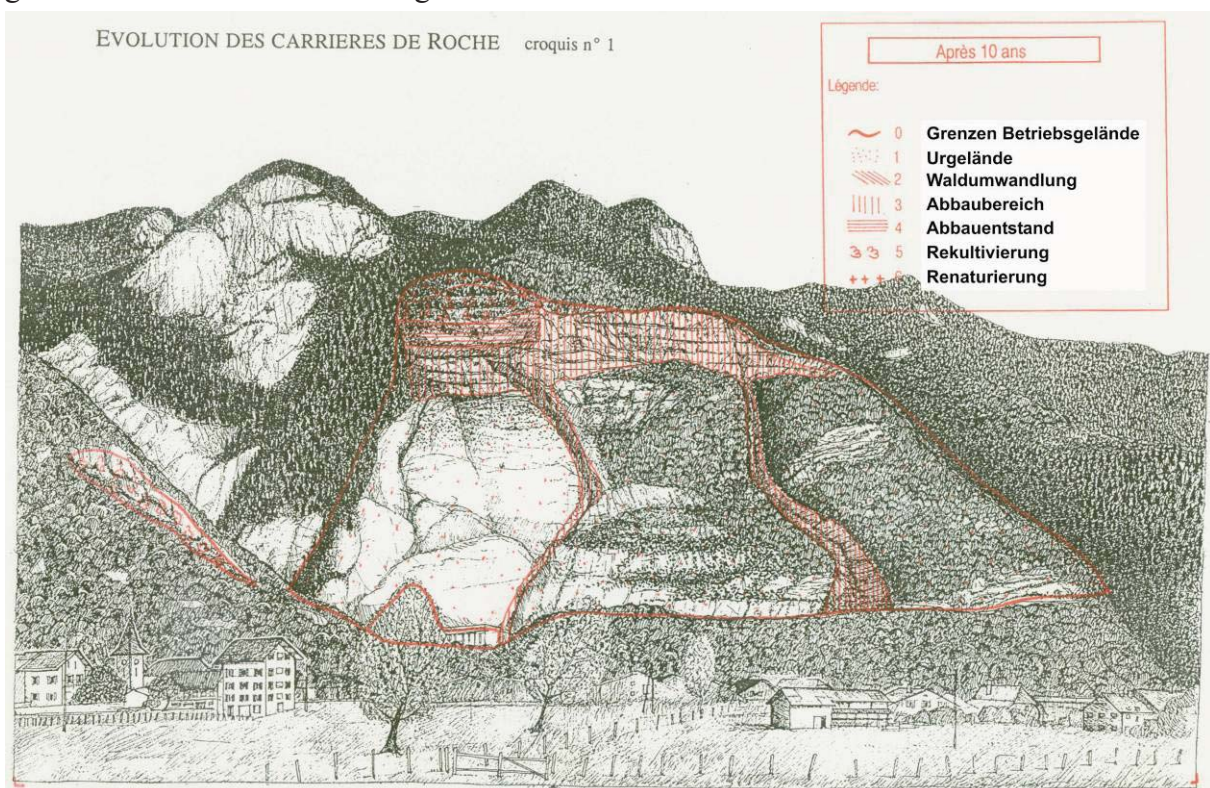


Abbildung 8.8: Skizze der Flächeninanspruchnahme nach 10 Jahren der Steinbrüche bei Roche (HOLCIM (SCHWEIZ) AG, 1992-1, Croquis n° 1)

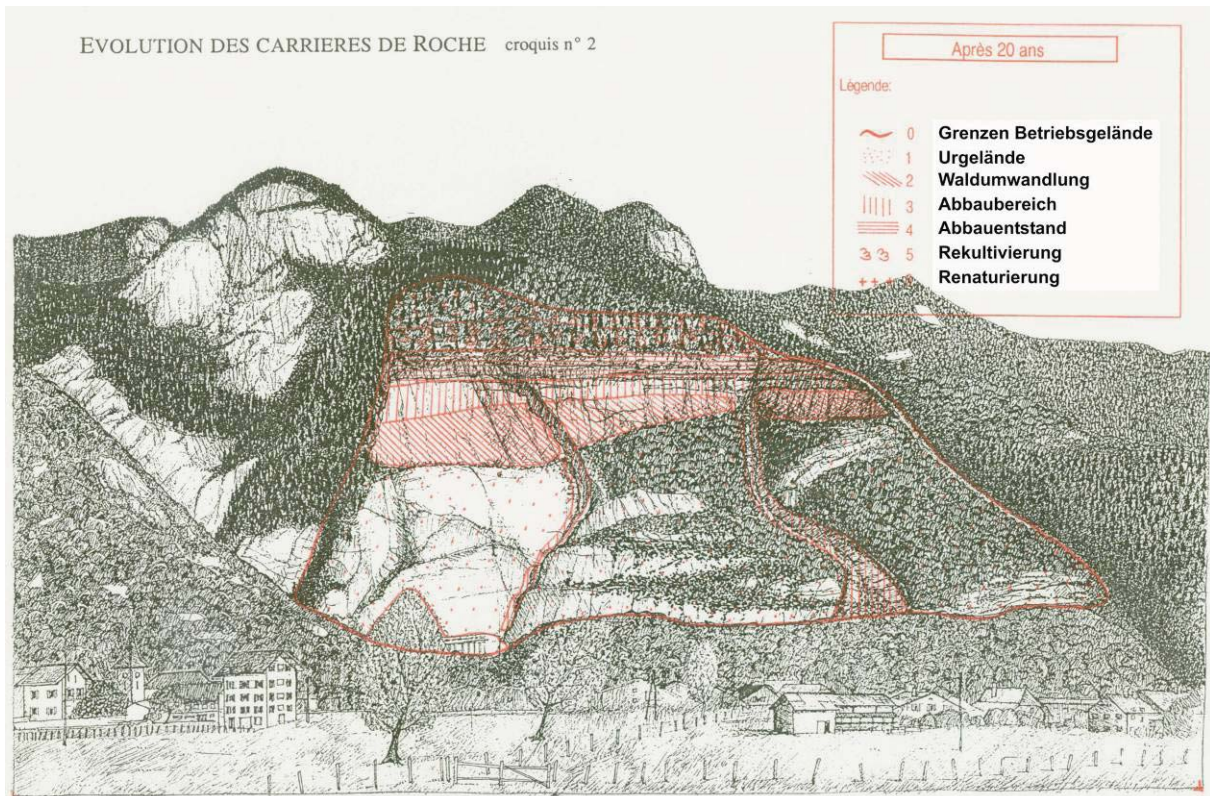


Abbildung 8.9: SKIZZE der Flächeninanspruchnahme nach 20 Jahren der Steinbrüche bei Roche (HOLCIM (SCHWEIZ) AG, 1992-1, Croquis n° 2)

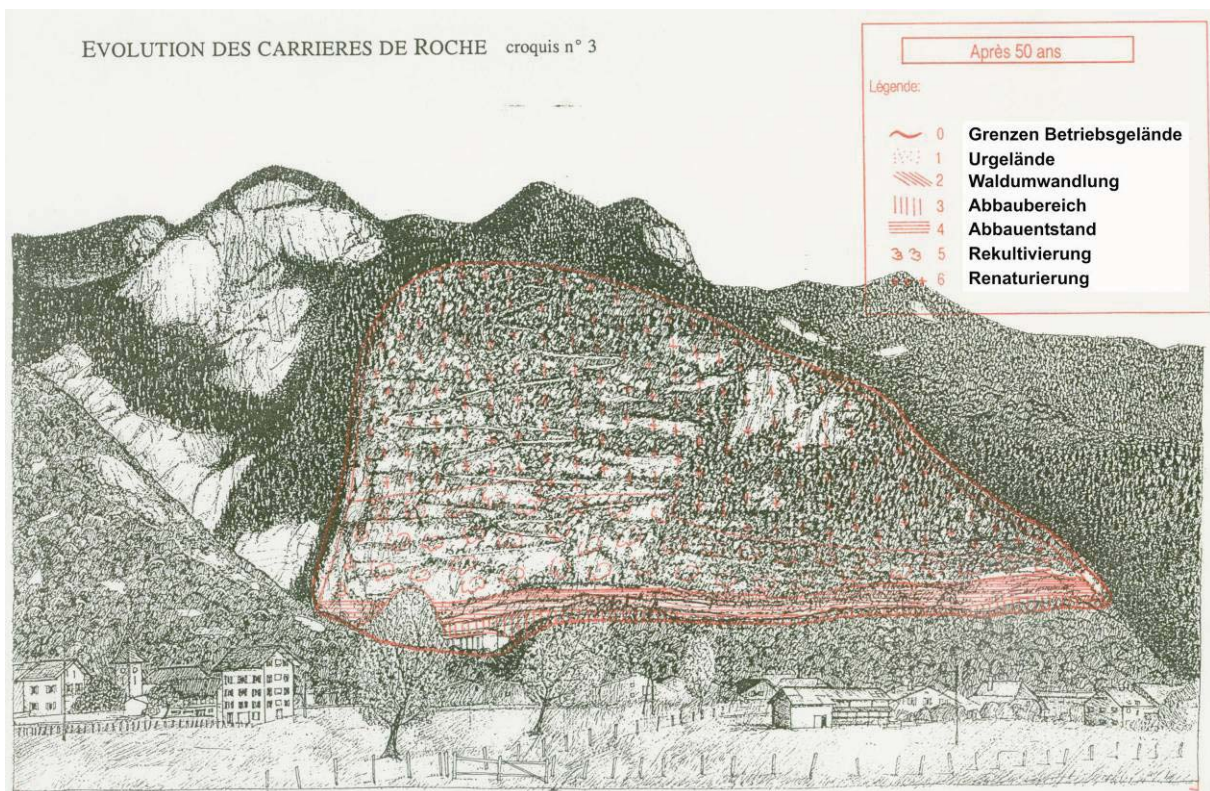


Abbildung 8.10: Skizze der Flächeninanspruchnahme nach 50 Jahren der Steinbrüche bei Roche (HOLCIM (SCHWEIZ) AG, 1992-1, Croquis n° 3)