Abbau und Verwendung von "Bollinger Sandstein" aus dem Steinbruch Lehholz bei Rapperswil-Jona

Autor(en): **Bergamin, Stefan / Forrer, Markus / Kuster, Christian**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology**

Band (Jahr): **23 (2018)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-832395

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 23/1, 2018 S. 99-108

Abbau und Verwendung von «Bollinger Sandstein» aus dem Steinbruch Lehholz bei Rapperswil-Jona

Dr. Stefan Bergamin[1], Markus Forrer[2], Christian Kuster[3]

Zusammenfassung
Im Steinbruch Lehholz betreibt die J. & A. Kuster Steinbrüche AG Bäch seit 2011 den ersten grossen vollmechanisierten Untertageabbau für Festgesteine in der Deutschschweiz. Vorher erfolgte die Steingewinnung im Abteufverfahren in bis zu 40 m tiefen Schächten mit unterschnittener Wand, um der steilstehenden Sandsteinbank folgen zu können. Der bergmännische Abbau bietet den Vorteil eines minimalen Eingriffs in die Landschaft sowie geringer Emissionen. Für den Vortrieb des Startstollens inkl. seitlichen Ausweitungen kam eine mobile, elektrische Ketten-Schrämmmaschine zum Einsatz. Anschliessend wurde die Sohle etappenweise abgesenkt. Systematisch angeordnete vollvermörtelte Felsanker, ein engmaschiges Netz sowie Drainagebohrungen gewährleisten die Arbeitssicherheit. Die Sandsteinblöcke werden maschinell oder von Hand zu den gesuchten Endprodukten weiterverarbeitet, die sowohl im Neu- und Innenausbau, als auch im Garten- und Landschaftsbau sowie bei Renovationen/Restaurierungen verwendet werden.

Abstract
In the Lehholz quarry, J. & A. Kuster Steinbrüche AG Bäch has been operating the first large fully mechanized underground mine for solid rocks in German-speaking Switzerland since 2011. Previously, the stone extraction was carried out in shafts up to 40 m deep including an undercut wall in order to be able to follow the steep sandstone bank. Mining offers the advantage of fewer interventions in the landscape as well as much lower emissions. The propulsion of the gallery advance containing lateral extensions was done by a mobile, electric chain saw. The floor was then lowered step by step. In addition to systematically arranged fully mortared rock anchors, a dense rockfall protection net and drainage holes ensure safety at work. The sandstone blocks are processed to the desired final products either mechanically or by hand. Those products can be found in new and interior design, in gardening and landscaping as well as in renovations/restorations.

[1] ExpertConsult GmbH, Stettbachstrasse 6, 8600 Dübendorf [s.bergamin@expertconsult.ch]
[2] BTG Büro für Technische Geologie AG, Grossfeldstrasse 74, 7320 Sargans [markus.forrer@btgeo.ch]
[3] J. & A. Kuster Steinbrüche AG Bäch, Kantonsstrasse 24, 8807 Freienbach [christian@kuster.biz]

1 Einleitung

Der Sandsteinbruch südlich des Gehöftes Lehholz liegt zwischen Rapperswil-Jona und Bollingen im Kanton St. Gallen (Fig. 1). Er wurde ca. 1890 erschlossen und rund 20 Jahre betrieben (Huber & Matousek, 2010). Im Jahr 1991 nahm die Firma J. & A. Kuster Steinbrüche AG Bäch den Abbau im Abteufverfahren wieder auf. Bis Ende 2011 wurden auf diese Weise ca. 65'000 m^3 Festgestein gewonnen.

Der für seine Schönheit und hohe Belastbarkeit bekannte «Bollinger Sandstein» ist von nationaler und internationaler Bedeutung. Er wurde unter anderem in den Kathedralen von St.Gallen und Lausanne, im Gross- und Fraumünster in Zürich, im Münster in Konstanz, im Bundeshaus in Bern sowie im Schloss und Bahnhof Rapperswil verwendet. Bis anfangs des 20. Jahrhunderts wurde der gefragte Baustein noch in zahlreichen Steinbrüchen am Obersee abgebaut; heute ist ausser dem Steinbruch Lehholz nur noch eine weitere Abbaustelle in Betrieb. Da es in der Natur der Sandablagerungen liegt, dass sich Eigenschaften und Mächtigkeit der Schichten über grössere Entfernungen verändern, kann das Vorkommen des «Bollinger Sandsteins» auf ein rund 7 km^2 grosses Gebiet eingegrenzt werden. Für die Fortführung des Abbaus dieses Sandsteins ergibt sich damit eine enge Gebundenheit an den bisherigen bewaldeten Abbaustandort.

Um die weitere kontinuierliche Gewinnung und Lieferung des Sandsteins zu gewährleisten, wurde der bestehende Steinbruch im Jahr 2011 untertägig gegen Westen und ab

2014 Richtung Osten erweitert (Fig. 2). Ein solches Vorgehen erlaubt es, durch eine sparsame Nutzung der vorhandenen Ressourcen die Grundsätze des Natur- und Landschaftsschutzes vollumfänglich einzuhalten. Gleichzeitig konnte das jährliche Abtragsvolumen (Ausschuss- und nutzbares Steinmetzmaterial) durch den Einsatz moderner Maschinen gesteigert werden.

Im folgenden Beitrag sollen in einem ersten Teil (Kapitel 2) die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten dargelegt werden. In einem zweiten Teil wird auf das frühere Abteufverfahren in Schächten (Kapitel 3) und den modernen bergmännischen Vortrieb in der westlichen Erweiterung (Kapitel 4) eingegangen. Im dritten Teil werden die Bearbeitungs- und Einsatzmöglichkeiten dieses natürlichen, qualitativ hochstehenden Rohstoffs kurz aufgezeigt.

2 Geologie

2.1 Überblick

Die Molassesedimente wurden vor ca. 25 Mio. Jahren abgelagert und sukzessive verfestigt (Huber & Matousek, 2010). Im Zuge der

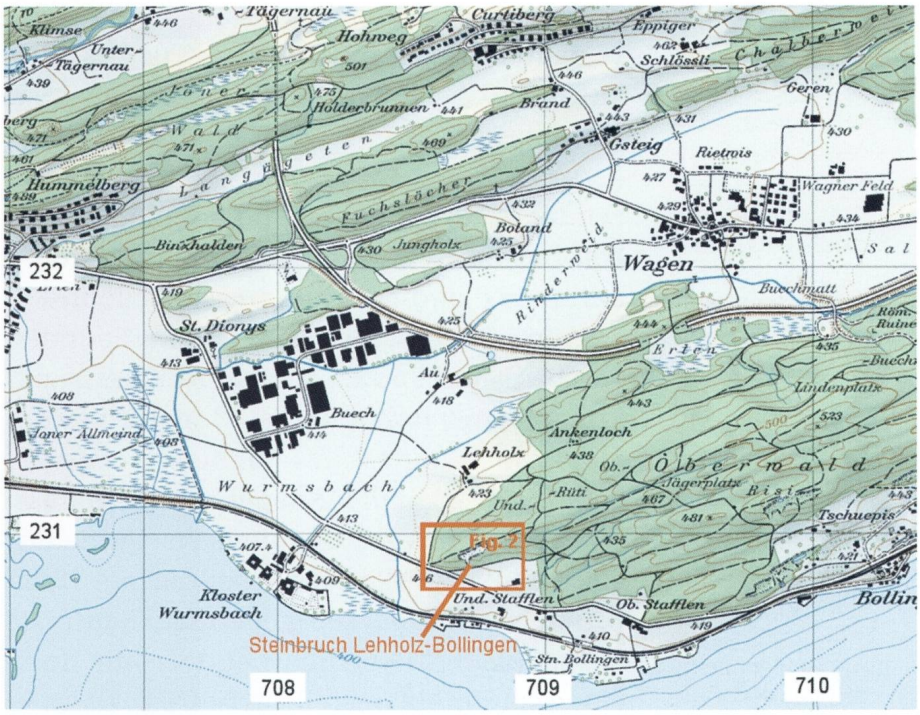

Fig. 1: Übersichtssituation (Ausschnitt LK 1 : 25'000) mit Steinbruch Lehholz bei Bollingen.

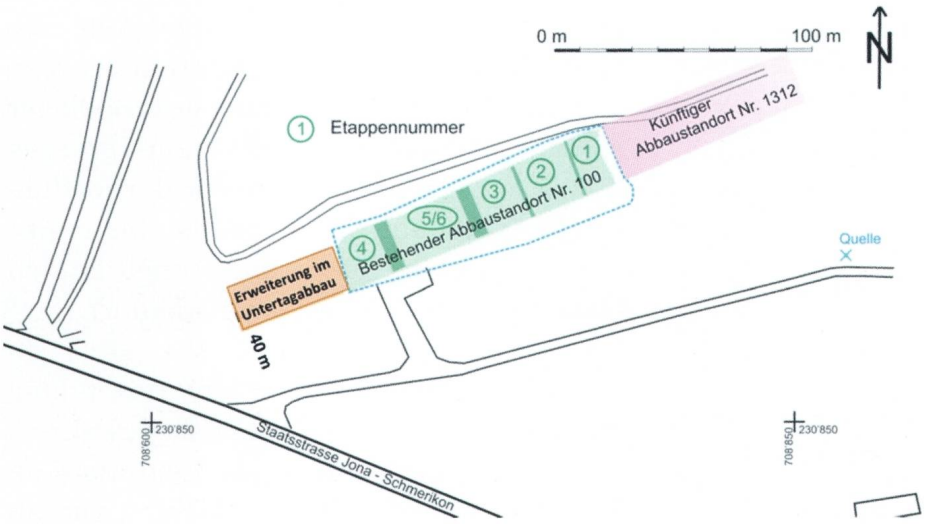

Fig. 2: Übersicht mit Steinbruch (grün) und unterirdischer Erweiterung nach Westen (orange) resp. nach Osten (lila).

Alpenbildung wurden die direkt am Alpenrand abgelagerten Sedimente gefaltet und schräg gestellt («Aufgeschobene oder Subalpine Molasse», Fig. 3). Der Linth-Rheingletscher und sein Schmelzwasser haben die Felsoberfläche bis vor ca. 10'000 Jahren selektiv erodiert: Als Folge blieben die Sandsteinschichten als Härtlinge stehen, während die weicheren und verwitterungsanfälligen Mergel- und Tonsteinschichten abgetragen wurden und heute Vertiefungen bilden. Diese sog. Schichtrippenlandschaft ist auf der topographischen Karte (Fig. 1) deutlich zu erkennen.

2.2 Festgestein

Der Fels im Steinbruch Lehholz besteht aus einer Wechsellagerung von Sand-, Silt- und Tonsteinen sowie Mergeln der Unteren Süsswassermolasse (Huber & Matousek, 2010). Das Streichen der Schichten verläuft von Westsüdwest nach Ostnordost; das mittlere Einfallen der Schichtung («Bankung») beträgt 335/70 (Fallazimut/Fallwinkel).

In der Abfolge steil stehender Schichten von Nagelfluh-Konglomerat, Mergel und Sandstein überwiegt letzterer anteilsmässig bei weitem. Bei der Nagelfluh handelt es sich um ein hartes, meist grobkörniges, granitisches Konglomerat, dessen Gerölle z.T. mehrere Zentimeter Durchmesser erreichen. Fein- und grobkörnige Schichten wechseln sich häufig ab, wobei grobe Schnürchen im Sandstein in eigentliche Nagelfluhbänke übergehen können. Der hellgraue, beige anwitternde, granitische Sandstein ist auffallend kompakt, massig und hart. Er besteht zur Hauptsache aus ca. 0.2 – 1.0 mm grossen Körnern aus Quarz und Feldspäten mit untergeordnetem Anteil von Glimmern und Gesteinsfragmenten. Die Kornbindung beruht sowohl auf direkter Kornbindung als auch auf kalzitischer Verkittung der Mineralkomponenten. Die Porosität ist trotz guter post-sedimentärer Verdichtung und Zementierung mit rund 10% erheblich. Die Poren bilden ein kommunizierendes Korngrenzenkapillarsystem, welches das Gestein regelmässig durchzieht. Häufig ist im Sandstein eine steile Feinschichtung von dunkleren, feinkörnigen und helleren mittel- bis grobkörnigen Partien zu erkennen. Anteilsmässig überwiegt die letztere Varietät stark, wobei auch bunte Nagelfluhschnüre zwischengelagert sein können.

Die Mächtigkeit des abbauwürdigen Sandsteinvorkommens beträgt gut 20 m. In dieser Sandsteinschicht kommen ferner vereinzelt Mergelschmitzen mit Knollen vor. Serien von weicheren, roten und buntgefleckten Mergeln und mergeligen Tonsteinen mit einer

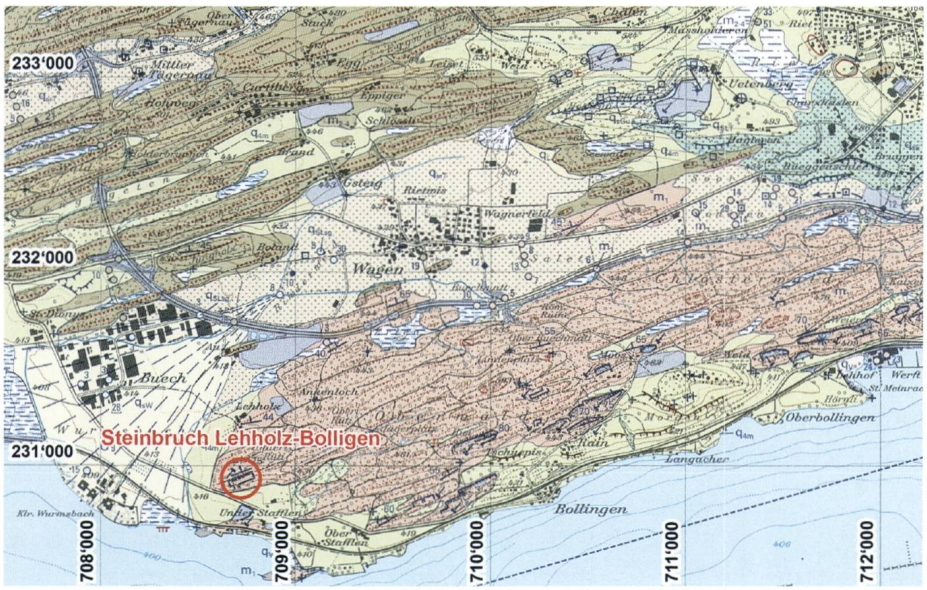

Fig. 3: Geologische Übersicht: Im Süden «Aufgeschobene Molasse» gefaltet und steilgestellt (hellbraun), im Norden «aufgerichtete mittelländische Molasse» (oliv) (Huber & Matousek, 2010).

Schichtstärke von einigen Dezimetern bis wenigen Metern begrenzen die Felsrippe und die Sandsteinbank gegen Norden und Süden. Sie bilden die Flanken sowie die obere Böschung des Steinbruchs und sind vereinzelt auch im Sandstein eingeschaltet.

Zu den (vorsichtig angenommenen) Kennwerten:

- Sandstein: σ_D = 40 – 120 N/mm²; Bemessungswert 80 N/mm²; φ = 38°, c = 500 kN/m² (vergleichbare Sandsteine zeigen φ = 32° – 38°; Buchberger Sandstein: φ = 42°, c = 700 kN/m²)

- Mergel/Siltstein: σ_D = 15 – 110 N/mm²; Bemessungswert 60 N/mm²; φ = 25°, c = 500 kN/m² (aufgrund der oberflächennahen Situation besteht kaum die Gefahr eines Quelldrucks)

2.3 Trennflächengefüge

Sowohl in den angrenzenden Schichten wie auch in der Sandsteinbank selbst ist ein schichtbezogenes, orthogonales Kluftsystem ausgebildet. Dessen Dimensionen (Erstreckung, Abstände) richten sich hauptsächlich nach den jeweiligen Schichtmächtigkeiten und Unterschieden in den Gesteinseigenschaften (Kompetenzunterschiede). Zusätzlich sind gemäss Huber (2011) auch tektonische Klüfte ausgebildet, deren Ursprung mit der Überschiebung und Steilstellung der randlichen Teile des Molassebeckens vor ca. 5 Mio. Jahren zusammenhängt. Diese Verformung hatte neben der Bildung von spannungsbedingten Bruchflächen («Talklüftung») auch eine leicht wellenförmige Ausbildung der Grenzen der Sandsteinbänke («Boudinage», «Necking») zur Folge. Die engeren «Hälse» der härteren Schichten (Sandstein) geben als Schwachstellen Gelegenheit zur Bildung weiterer tektonischer Klüfte.

Die auf den bisherigen Beobachtungen im Steinbruch Lehholz basierende Beschreibung des Trennflächengefüges berücksichtigt dementsprechend die folgenden planaren Strukturelemente:

- Schichtung (S; «Bankung»): Das mittlere Einfallen beträgt 335/70.

- Das schichtbezogene, orthogonale Kluftsystem k1 ist in Tab. 1 beschrieben.

- Schichtbezogene Klüfte in der abbauwürdigen Sandsteinbank (entsprechen K2 in Tab. 1): Diese Trennflächen sind Ausdruck von lithologischen Abweichungen innerhalb der Sandsteinbank. Die Einlagerungen (Schmitzen, schlierige, geringmächtige Bänder) haben meist einen leicht gewellten Verlauf und weisen vor allem in Oberflächennähe eine Öffnungsweite von wenigen mm auf. Es ergeben sich Trennflächen mit Abständen von 0.3 – 5 m und Erstreckungen von bis zu 5 m bei einer mittleren Raumlage parallel zur Schichtung. Diese Klüfte sind nicht durchdringend, da die einzelnen Schmitzen seitlich zueinander versetzt sind. Senkrecht zu diesen Flächen stehende Klüfte sind in der mächtigen Sandsteinbank selten ausgebildet.

  Mit den K3-Klüften lässt sich die sogenannte «Talklüftung» beschreiben, die nach den bisherigen Beobachtungen mit geringem Einfallswinkel grubeneinwärts, d.h. nach SSE einfällt. Da es sich dabei um ein Entlastungsphänomen handelt, nimmt ihre Häufigkeit mit der Tiefe ab. Diese Feststellung lässt sich generell auf die hier angesprochene schichtbezogene Klüftung übertragen.

- Tektonische Klüfte (KT): In grossem Abstand (10 – 20 m) durchziehen glatte Kluftflächen einer mittleren Raumlage von 245/60 und einer Erstreckung von wahrscheinlich >10 m die begrenzenden Schichten. Sie haben eine weitgehend ebene Beschaffenheit und relativ grosse Erstreckung.

2.4 Lockergestein und Verwitterungszone Fels

Die Felsbedeckung besteht aus dünnmächtigem Verwitterungslehm und Schutt. In der Nordflanke des Steinbruchs beträgt ihre Mächtigkeit bis etwa 4 Meter; in der Südflanke dürfte die Mächtigkeit noch etwas grösser sein.

2.5 Hydrogeologie

Der Steinbruch liegt rund 250 m vom Seeufer entfernt und im südwestlichen Teil im Gewässerschutzbereich A_O. In den wenig wasserdurchlässigen Seebodenlehmen im Talboden befindet sich der Grundwasserspiegel nahe an der Oberfläche, während im Lockergestein beim Steinbruch kein Grundwasser zirkuliert.

Im Fels vermögen Sandstein und Nagelfluh – anders als die mergeligen Schichten – etwas Wasser zu leiten. Wasser zirkuliert in erster Linie entlang den Klüften und entlang der Schichtfugen, insbesondere solchen über dichten Schichten. Nach starken Niederschlägen können einzelne Klüfte ein paar Minutenliter führen, versiegen aber bei anhaltender Trockenheit. Kluftquellen wurden bis heute keine, Wasseraustritte aus Bohrungen für Anker bzw. Drainagen, die mehr als nur eine tropfende Ergiebigkeit aufweisen, nur vereinzelt festgestellt. Dies weist auf ein oberflächennah gespiesenes, nicht tief greifendes Trennflächensystem in Form von Entlastungsklüften hin. Das zeitweise in der Grubensohle vorhandene Wasser setzt sich aus Regen-, Kühl- und Sickerwasser zusammen.

Ein Bergwasserspiegel wurde auch in den Schächten nicht angetroffen, obschon die Sohlenkote rund 25 m unter dem mittleren Stand (406.0 m ü.M.) des nahe gelegenen Sees liegt. Offenbar wirken die südlich des Steinbruchs liegenden Tonstein- und Mergel-Serien als Stauer. Zwischen dem Bergwasser nahe den Schächten und dem Grundwasser im Lockergestein (Talboden) besteht offenbar eine klare Trennung. Die nächste Quelle befindet sich in südöstlicher Richtung in einer Distanz von rund 85 m (Fig. 2).

3 Übertägiger Abbau

3.1 Etappen 1 bis 3

Mit der Wiedereröffnung des Steinbruchs im Jahr 1991 erfolgte die Sandsteingewinnung im Abteufverfahren ab der alten Steinbruchsohle auf Kote ca. 420 m ü.M. (Bergamin & Frössl, 2009). Dabei wurde eine rund 13 m mächtige Schicht stufenweise von oben nach unten annähernd in Fallrichtung abgetragen. Den Abbau etappierte man in der Streichrichtung von Ost nach West (Fig. 2): Zuerst wurde ein rund 15 m breiter Schacht (Etappe 1 bis auf Kote 396 m ü.M.) gebaut, anschliessend das jeweils westlich angrenzende 20 m breite Segment abgeteuft (Etappen 2 und 3 bis 391 m ü.M.; Fig. 4). Zur Unterteilung erstellte man zwei je 25 m hohe, ca. 0.60 m breite unarmierte Betonriegel. Der obere Bereich der überhängenden Nordwand wurde auf Höhe des Installationsplatzes in der Etappe 2 mit Litzenankern sowie vollvermörtelten Felsnägeln gesichert.

System	K1	K2 (parallel S)	K3 / «Talklüftung»
Mittlere Raumlage [°]	055 / 65	335 / 70	155 / <20
Abstand [m]	0.3 – 3	0.3 – 5	0.3 – 1.0 bis ca. 425 m ü.M. 0.5 – 2.5 unter ca. 425 m ü.M.
Erstreckung [m]	0.3 – 8	0.3 – 5	5 – 15 bis ca. 425 m ü.M. 2 – 8 unter ca. 425 m ü.M.

Tab. 1: Schichtbezogenes, orthogonales Kluftsystem.

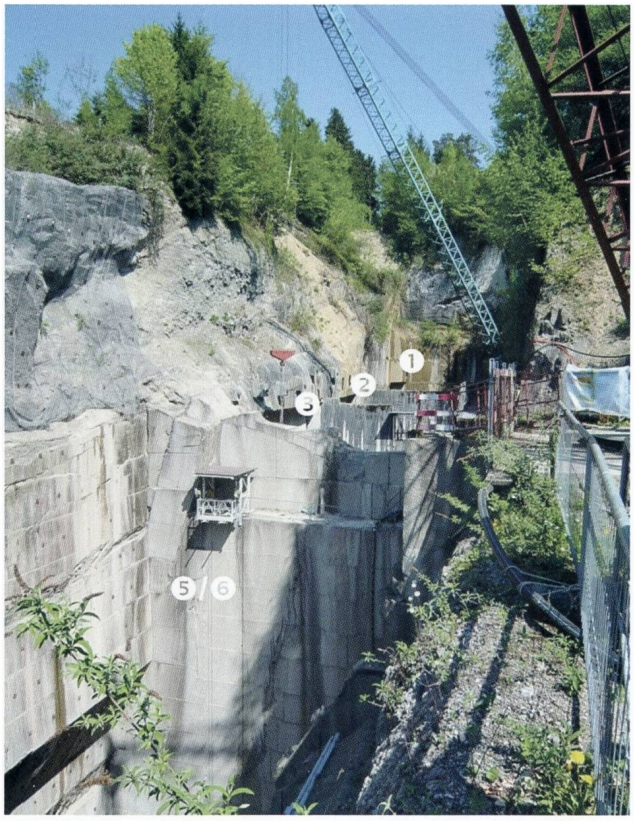

Fig. 4: Blick Richtung Osten mit den Schächten resp. Etappen 1 bis 3, 5/6 und Derrick-Kran auf der Südseite.

3.2 Etappen 4 bis 6

Die im Westen gelegene Etappe 4 wurde bis 2006 auf eine Kote von ca. 385 m ü.M. vertikal abgeteuft und mit Aushubmaterial verfüllt. Solches, für die Weiterverarbeitung ungeeignetes Material findet sich auch in der Sohle der Etappen 1 bis 3. Im Jahr 2006 begann die Steingewinnung in der Etappe 5/6, welche 2011 die Endtiefe auf einer Kote von 381 m ü.M. erreichte (Fig. 5). Der Abbau erfolgte schonend mittels elektrisch betriebener Diamantseil- und Diamantkettensägen, wobei man ca. 7 – 9 Kubikmeter grosse Steinquader (2 x 3 x 1.5 m) aus dem Felsverband schnitt (Fig. 6). Die bis zu 25 Tonnen schweren Rohblöcke wurden mit einem Derrick-Kran (Fig. 4) aus dem Schacht gehoben und auf Lastwagen für den Weitertransport verladen.

Die Geometrie der Etappen 5/6 ist in Figur 5 ersichtlich. Der Schacht ist 29.5 m lang und

Fig. 5: Blick in die Sohle von Schacht 5/6 mit unterschnittener Nord- (links) und abgetreppter Südwand (rechts) sowie Stütze aus gewachsenem Fels.

Fig. 6: Ca. 7 – 9 Kubikmeter grosser Sandsteinquader (2 x 3 x 1.5 m).

ca. 12 m breit mit entsprechend dem Schichtverlauf gegen den Schacht hin abgetreppter Südwand. Die Steingewinnung begann auf einer Kote von etwa 414 m ü.M. Die darüber liegende Nordwand wurde mit einem Raster von 5 bis 6 m langen Felsnägeln sowie einem Steinschlagnetz gesichert. Regelmässig angeordnete Drainagebohrungen entspannen einen allfällig vorhandenen Wasserdruck. Ab 406 m ü.M. wurde die Nordwand unterschnitten, wobei in der Mitte eine 4.50 m breite Stütze aus gewachsenem Fels belassen wurde. 6 m lange Stabanker bilden ein regelmässiges, örtlich verdichtetes Muster. Sie wurden mit Hilfe des Programms «AutoBlock» nach einer eingehenden Bruchkörperanalyse bemessen (Fritz & Bergamin, 2003). Zwischen den Abbauetappen 4 und 5 im Westen resp. 6 und 3 im Osten wurde eine rund 6.30 m resp. 4.80 m breite Felsrippe stehen gelassen, um einerseits die überhängende Felswand der Etappe 3 abzustützen, andererseits das Verfüllen von Etappe 4 zu ermöglichen (Fig. 2, dunkelgrüne Balken).

4 Untertägiger Abbau

Der kompakte, massige Sandstein bietet sich für einen unterirdischen Vortrieb geradezu an. Ein Untertagabbau bringt gegenüber dem Abteufverfahren den Vorteil, dass der Eingriff in die Landschaft minimal ist (keine Waldrodung, kein Umschlag von ungeeignetem Material) und die Lärm- und Staubemissionen gering sind. Das 2011 vom Kanton St.Gallen genehmigte Abbaukonzept sah deshalb den Abbau aus dem verfüllten Schacht 4 in Richtung Westen vor (siehe Fig. 2).

Das Vorgehen war folgendermassen: In einem ersten Schritt wurde der Schacht 4 bis auf eine Kote 411.0 m ü.M. ausgeräumt (Fig. 2). Anschliessend sollte ein rund 40 m langer Startstollen von 7 m Breite und 5.50 m Höhe vorgetrieben und seitlich bis auf eine Breite von ca. 14 m ausgeweitet werden (Fig. 7; Huber, 2011). Am Stolleneingang im Übergangsbereich zum Schacht 4 war ein rund 5 m breiter Felsriegel zu belassen. Der Vortrieb des Startstollens und die seitliche Ausweitung sollten neben der Produktion auch der Exploration der geologischen Situation im Hinblick auf den weiteren Abbau in die Tiefe dienen. Ausgehend von der Betriebsebene I war in einem zweiten Schritt der Abbau des Gesteins im erprobten Abteufverfahren (Ebene II ff.) geplant, wobei man die Zugangsöffnung zur Kaverne und die Sohle von Schacht 4 schrittweise nachziehen wollte (Bergamin

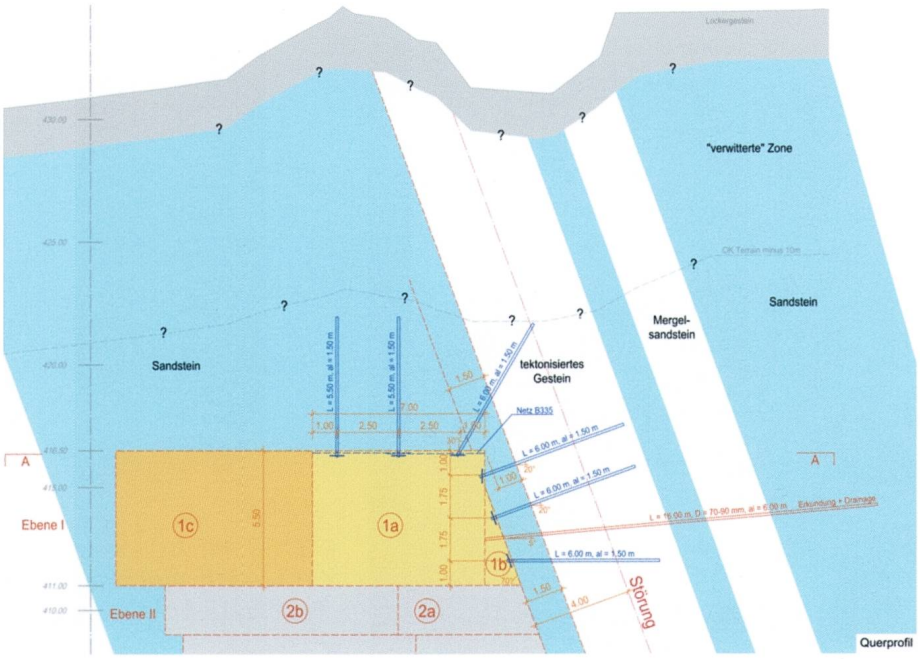

Fig. 7: Vortriebskonzept im Querprofil: Zuerst wird der Startstollen (1a) ausgebrochen und seitlich aufgeweitet (1b) (1c). Danach werden die nächsten Etappen im Abteufverfahren abgebaut (Bergamin & Kessler, 2011).

& Kessler, 2012). Die Seitenwände Nord und Süd würden parallel den beiden mit ca. 70° gegen Süden fallenden Störzonen folgen. Die Nordwand sollte somit unterschnitten ausgeführt, die Südwand hingegen abgetreppt werden, wie dies in den Schächten 4, 5/6 etc. bereits der Fall war. Der Abbau war maximal bis in eine Tiefe von 35.5 m (Kote 381.0 m ü.M.) vorgesehen, entsprechend einem Volumen von rund 15'000 m³.

Für den Vortrieb des Startstollens inkl. seitlicher Ausweitung kam eine mobile, elektrische Ketten-Schrämmmaschine (Typ FANTINI SUD Segatrice GU70) zum Einsatz (Fig. 8). Die sich unabhängig auf Raupen bewegende Schrämmsäge führte bis 3 m tiefe waagrechte und senkrechte Schnitte in der anstehenden Ortsbrust aus. Anschliessend wurden die in drei Lagen angeordneten Sandsteinblöcke mittels Keilen und Druckkissen aus dem Fels gelöst. Die Abmessungen der herausgeschnittenen Blöcke können je nach angetroffenen geologischen Bedingungen leicht variieren. Im Regelfall wurden Quader von 3 m Länge, 1.8 m Höhe und 1.2 m Breite mit einem Gewicht von ca. 16 t aus dem Fels geschnitten. Sie wurden anschliessend mit dem dieselgetriebenen Hebegerät durch die Zugangsöffnung im Felsriegel auf die vorgelagerte Ebene im angrenzenden Schacht 4 transportiert, von wo man sie mit dem bestehenden Derrick-Kran auf den Lagerplatz hob. Dort wurden die Blöcke bis zum Weitertransport mit Lastwagen zwischengelagert. Sandsteinblöcke minderer Qualität resp. Aushubmaterial von Schacht 4 lagerte man in den früher ausgehobenen Schacht 5/6 um (Fig. 2).

Während des Vortriebs musste festgestellt werden, dass die anstehende Geometrie der Sandsteinschicht nicht den Erwartungen entsprach. Aus diesem Grund wurde der Startstollen auf 28 m verkürzt und nur seitlich zu einer rund 15 m breiten Kammer ausgeweitet (1c). Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten auf der Betriebsebene I wurde der Sandstein in Etappen von 1.5 – 2.5 m Tiefe mit dem im übertägigen Betrieb bewährten Schneideverfahren abgebaut. Die Steinquader von 7 – 9 Kubikmeter wurden mit dem vorhandenen Hebegerät durch die schrittweise nach unten erweiterte Zugangsöffnung zum Fuss von Schacht 4 transportiert (Fig. 9) und mit dem Derrick-Kran herausgehoben. Das in der Kaverne anfallende und zur Kühlung der Diamantsäge eingesetzte Wasser wurde entschlammt und im Steinbruchareal versickert.

Fig. 8: Mobile, elektrische Ketten-Schrämmmaschine (Typ FANTINI SUD Segatrice GU70).

Fig. 9: Blick Richtung Westen mit dem ca. 13.5 m hohen Portal zum bergmännischen Vortrieb, der gegen Steinfall gesicherten Nord- und Westwand sowie der Lutte zur Belüftung der Kaverne.

Fig. 10: CNC-gesteuerte Diamant-Seilsäge im Verarbeitungswerk Bäch (Typ CANDIANI CNC).

Um die Stabilität des Hohlraumes und damit die Arbeitssicherheit zu gewährleisten, wurde der First und die Seitenwand im gesamten Hohlraum systematisch mit vollvermörtelten Felsnägeln in einem vorgegebenen Raster gesichert. Die Felsnägel mit einem engmaschigen Netz als Kopfschutz verhindern die Bildung von Bruchkörpern resp. halten kleine Ablösungen zurück, welche zwischen den Ankerplatten anfallen. Regelmässig angeordnete Drainagebohrungen wirken dem Aufbau eines Wasserdrucks entgegen.

5 Verwendung des Bollinger Sandsteins

Die Sandsteinblöcke werden per LKW in das Verarbeitungswerk in Bäch transportiert, wo man sie in kleinere Blöcke oder Platten spaltet oder sägt (Fig. 10). Anschliessend erfolgt die weitere Bearbeitung mit CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen (Fig. 11) oder von Hand (Fig. 12).

Der Bollinger Sandstein wird sowohl im Neubau (z.B. Gemeindehaus Jona) als auch bei der Instandsetzung von Bauwerken eingesetzt (Fig. 13). Er kommt zudem im Garten- und Landschaftsbau sowie bei Bildhauerarbeiten und Restaurierungen zur Anwendung. Wichtigste Produkte sind Fassadenplatten, Bodenbeläge, Verkleidungen, Ofen-/Cheminée-Platten, Küchenarbeitsplatten, Massivwaschtische, Brunnenanlagen, Mauersteine, Blockstufen, Grabmale und Bruchmaterial.

Seit 1882 gewinnt und verarbeitet die Firma J. & A. Kuster Steinbrüche AG nunmehr Sandsteine im Raum oberer Zürichsee. Im Unternehmen mit rund 50 Mitarbeitenden ist heute die vierte Familiengeneration aktiv. Neben der Herstellung von Natursteinprodukten im eigenen Werk werden Montage- und Versetzarbeiten auf den Baustellen sowie technische Beratung bei der Planung und Realisierung von Natursteinarbeiten durchgeführt.

Fig. 11: CNC-gesteuertes Bearbeitungszentrum (Typ THIBAUT T812).

Fig. 12: Bearbeitung von Sandstein in der Steinhauerei.

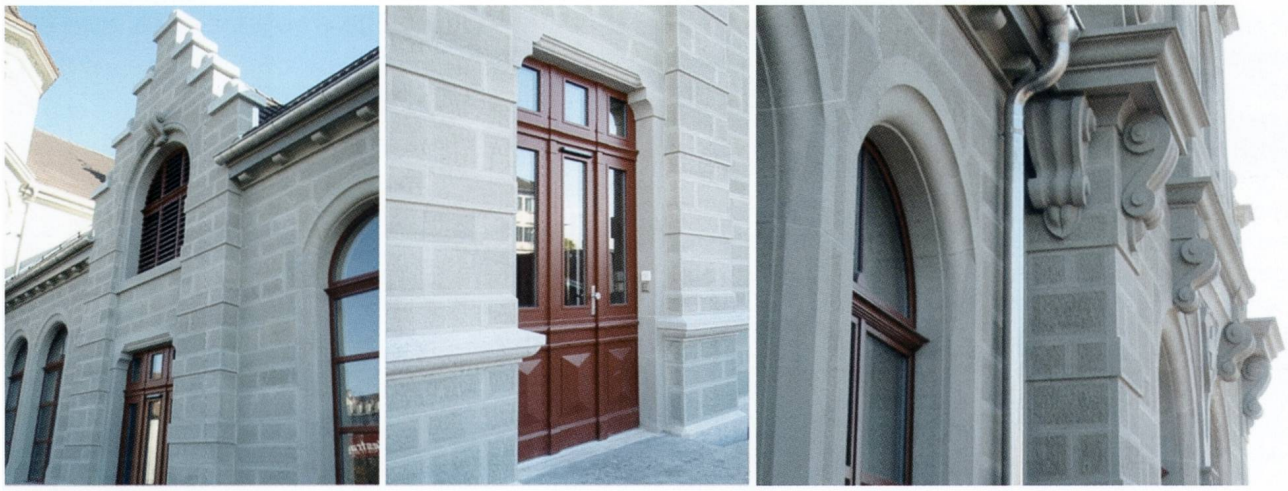

Fig. 13: Saniertes Bahnhofsgebäude in Rapperswil mit Steinmetzarbeiten.

Literatur

Bergamin, St. & Frössl, B. 2009: Sandsteinbruch Lehholz. Beurteilung Stabilität Nordwand. Technischer Bericht Nr. 12891.001; Henauer Gugler AG, Zürich.

Bergamin, St. & Kessler, Chr. 2011: Sandsteinbruch Lehholz. Ausbruch- und Sicherungskonzept für Startstollen. Technischer Kurzbericht Nr. 12891.002; Henauer Gugler AG, Zürich.

Bergamin, St. & Kessler, Chr. 2012: Sandsteinbruch Lehholz – untertägiger Abbau. Ausbruch- und Sicherungskonzept für den untertägigen Abbau Richtung Westen. Technischer Bericht Nr. 12891.003; Henauer Gugler AG, Zürich.

Fritz, P. & Bergamin, St. 2003: Computerprogramm AutoBlock zur Stabilitätsanalyse von Felsböschungen und Felsfundationen aufgrund eines digitalen Geländemodells. Mitteilung 146, SGBF, Frühjahrstagung, Zürich.

Huber, M. & Matousek, F. 2010: Steinbruch Lehholz, Bollingen. Erweiterung im Untertageabbau. Vorabklärungen (Unterlagen zur Vorprüfung). Technischer Bericht; Dr. Streiff AG, Rapperswil.

Huber, M. 2011: Schematische Darstellung der Kluftsysteme. Horizontal-, Längs-, Vertikal-, Querschnitt. Dr. Streiff AG, Rapperswil.

Huber, M. 2011: Kote Startstollen, Beurteilung aus geologischer Sicht. Dr. Streiff AG, Rapperswil.