

Projekt Air Deck

Sprengen mit einem Luftpolster im Bohrlochtiefsten

Abschlussbericht

von

Moser Peter und Vargek-Ipsa Julia

Projekt am Lehrstuhl für Bergbaukunde in Zusammenarbeit mit

- **Asphalt und Beton GmbH Nachfolger OHG**
- **Bitustein und Straßenbau GmbH**
- **Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit**
- **Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke**

Mit Unterstützung der Firma Power Deck Tucson, Arizona, USA

Leoben, Januar 2006

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Ziel der Untersuchungen	6
3	Gegenwärtiger Zustand der Sprengarbeit in den Betrieben.....	7
3.1	Allgemeines	7
3.2	Steinbruch Eibenstein der Firma Hengl Bitustein	7
3.3	Steinbrüche Peggau und Wietersdorf der Firma W&P	9
3.4	Steinbruch Jakomini der Firma A&B.....	10
4	Versuchssprengungen mit Air Decks	12
4.1	Allgemeines	12
4.2	Auslegung der Air Deck – Sprengungen.....	13
4.2.1	Steinbruch Eibenstein	13
4.2.2	Steinbruch Peggau der Firma W&P	14
4.2.3	Steinbruch Jakomini	16
4.3	Ergebnisse der Air Deck Sprengversuche	17
4.3.1	Steinbruch Eibenstein der Firma Bitustein Strassenbau Ges.m.b.H.....	17
4.3.2	Steinbrüche Peggau und Wietersdorf der Firma W&P	18
4.3.3	Steinbruch Jakomini der Firma A&B.....	19
5	Vergleich von Standard und Air Deck Sprengungen	20
5.1	Steinbruch Eibenstein	20
5.2	Peggau	23
5.3	Jakomini.....	26
6	Resümee zum Einsatz von Air Decks.....	28
6.1	Allgemeiner Eindruck.....	28
6.2	Sohlenbeschaffenheit.....	28
6.3	Zerkleinerung, Bruchwandbeschaffenheit.....	28
6.4	Erschütterungen	29
6.5	Wirtschaftliche und sicherheitliche Beurteilung	29
6.6	Ausblick.....	29
	Datendokumentation.....	30
6.7	Eibenstein	30
6.8	Peggau	33
6.9	Jakomini.....	36

1 Einleitung

Im Hinblick auf die Sicherheit der Arbeitnehmer wird das Arbeiten am Fuße einer Bruchwand in Steinbruchbetrieben zunehmend kritisch gesehen. Arbeiten und der unmittelbare Aufenthalt am Fuße einer Steinbruchwand sind u.a. bei Verwendung von Sohlbohrlöchern für die Bohr- und Sprengarbeiten unvermeidlich.

Das sicherheitliche Risiko beim Aufenthalt am Bruchwandfuß besteht nicht nur im Rahmen der Bohrarbeit für die Sohlbohrlöcher selbst sondern betrifft insbesondere auch den Aufenthalt von Mitarbeitern im Zuge der Sprengarbeiten am Fuß der Bruchwand beim Beladen der Bohrlöcher. Insbesondere diese Arbeit ist mit einem erhöhten sicherheitlichen Risiko verbunden. Wie im Zuge der Beobachtung der Ladetätigkeit der Sohlbohrlöcher immer wieder festgestellt werden kann, sind Mitarbeiter am Fuße der Bruchwand beim Beladen von Sohlbohrlöchern weitgehend ungeschützt und können üblicherweise keine erhöhte Aufmerksamkeit gegenüber einer Steinfallgefahr aufbringen.

Das Arbeiten am Fuße von Bruchwänden, falls deren Höhe einige Meter übersteigt, ist generell als recht kritisch zu beurteilen. Eine persönliche Schutzausrüstung ist beim Arbeiten am Fuße der Bruchwand im Regelfall nicht ausreichend, um der Gefahr entsprechend zu begegnen.

Das Verwenden von Sohlbohrlöchern für die Bohr- und Sprengarbeit hat eine lange Tradition, da mit Hilfe von Sohlbohrlöchern im allgemeinen eine gute Beschaffenheit der Sohle nach dem Sprengen erreicht werden kann. Diese gute Beschaffenheit der Etagensohle nach dem Sprengen ist zum einen die Grundvoraussetzung für eine hohe Produktivität der Lade- und Förderarbeit und zum zweiten auch wichtig, um beurteilen zu können, ob die Sprengbohrlöcher sich vollständig umgesetzt haben. Höcker (Haxn) im Fußbereich der Bruchwand sind nicht nur ein Hinweis auf eine unzureichende Sprengarbeit, sondern können auch in Verbindung mit Resten von nicht detonierten Bohrlöchern stehen.

Höcker im Bereich eines Bruchwandfußes sind üblicherweise Gegenstand einer Sekundärsprengarbeit. Dazu müssen diese Höcker entsprechend angebohrt werden, was bei Vorhandensein von Resten von Bohrlöchern, in denen sich noch Sprengstoff befindet, ein entsprechendes Sicherheitsrisiko darstellt. Die Unfallstatistik der Sprengunfälle zeigt, dass solche Versager häufig ein Anlass für Sprengunfälle sind.

Das Verwenden von Sohlbohrlöchern garantiert im Regelfall wie bereits vorstehend erwähnt, eine gute Beschaffenheit einer Etagensohle. Das gleiche gute Sohlenergebnis mit Kopfbohrlöchern alleine zu erreichen ist schwieriger. Natürlich kann mit Kopfbohrlöchern und einer entsprechenden Unterbohrung auch eine gute Beschaffenheit der Etagensohle nach dem Sprengen erreicht werden.

Arbeiten ohne Sohlbohrlöcher erfordert aber zum einen eine viel höhere Qualität (Genauigkeit der Bohrarbeit) und zum anderen ein viel präziseres Dimensionieren der Sprenganlage. Die Erfahrung zeigt, dass das Umsetzen einer hochqualitativen Bohr- und Sprengarbeit in Steinbruchbetrieben recht schwierig ist.

Ein anderer Umstand, der viele Betriebe dazu bewegt, Sohlbohrlöcher beim Sprengen einzusetzen, besteht darin, dass die Kombination aus Sohlbohrlöchern und Kopfbohrlöchern zu geringeren Sprengerschütterungen führt als das Verwenden von Kopfbohrlöchern mit einer

entsprechenden Unterbohrung alleine. Die Erfahrungen in vielen Steinbruchbetrieben zeigt, dass eine entsprechende Unterbohrung der Kopfbohrlöcher eine der Ursachen für höhere Sprengerschütterungen darstellt. Aufgrund der Sensibilität der Bevölkerung gegen Sprengerschütterungen und der Nähe vieler Steinbruchbetriebe zu bewohnten Bereichen finden sich daher häufig auch Sohlbohrlöcher im Einsatz als Maßnahme zur Verringerung von Sprengerschütterungen.

Das typische Vorgehen bei einer Verwendung von Kopf- und Sohlbohrlöchern für die Sprengarbeit besteht darin, zunächst die Kopfbohrlöcher zu zünden, um eine entsprechende Entspannung der Bohr- und Sprenganlage zu erreichen. In weiterer Folge werden dann die Sohlbohrlöcher als sogenannte Heberbohrlöcher gezündet. Die Sohlbohrlöcher, welche im Regelfall über die gesamte Tiefe der Vorgabe der Kopfbohrlöcher gebohrt werden, weisen selbst eine Vorgabe in der Größe von einigen Metern auf.

Eine der möglichen Alternativen zum Sprengen ohne Sohlbohrlöcher besteht im Einsatz eines Luftpolsters (Airdeck) im Bohrlochtiefsten der Kopfbohrlöcher. Die Technik des Sprengens mit Airdecks im Bohrlochtiefsten besteht darin, dass ein Bereich zwischen einem halben Meter und eineinhalb Meter der Kopfbohrlöcher im Bohrlochtiefsten nicht geladen wird und mit Hilfe eines Stoppels vom restlichen Bohrloch abgetrennt wird. Über diesem Stoppel wird dann eine Sprengstoffladesäule aufgebracht. Im Zuge der Detonation des Sprengstoffes (vorzugsweise Zündung im Bohrlochtiefsten) übt die Detonation einen Schlag auf diesen Stoppel aus und durch diesen Schlag entsteht in weiterer Folge eine Stoßwelle im Leerbereich des Bohrloches. Dieser Effekt des Auslösens einer Stoßwelle im ungeladenen Bereich eines Bohrloches funktioniert sowohl für den Fall, dass dieser Bohrlochbereich mit Luft gefüllt ist (daher auch der Name Airdeck) aber auch wenn dieser Bohrlochbereich mit Wasser gefüllt ist.

Untersuchungen gehen davon aus, dass die im nicht geladenen Bohrlochteil induzierte Stoßwelle in das Bohrlochtiefste läuft und dort normal auf das Bohrloch selbst eine Scherwelle im umgebenden Fels induziert. Diese Scherwelle sollte nach den Untersuchungen dafür verantwortlich sein, dass sich normal auf das Bohrloch in Richtung freier Fläche ein Scherriss ausbildet und auf diese Art und Weise eine gute Sohlenbeschaffenheit nach dem Sprengen erreicht wird.

Es sind weltweit eine Reihe von patentierten Systemen am Markt, mit denen der Aufbau eines Airdecks im Bohrlochtiefsten erreicht werden kann. Die gängigen Systeme umfassen zum einen Packer mit dem ein Verschluss des Bohrloches über Pressluft erreicht werden kann. Ein weiteres System besteht darin, dass ein Packer mit Hilfe von chemischen Komponenten unter Entwicklung von Kohlendioxid aufgeblasen wird. Weitere Systeme am Markt bestehen zum Beispiel in einem Rohrstück, das ins Bohrlochtiefste eingebracht wird und so dafür sorgt, dass das Bohrlochtiefste nicht mit Sprengstoff geladen wird.

Ein seit einigen Jahren am Markt befindliches weiteres System besteht in der Herstellung eines Airdecks im Bohrlochtiefsten durch Einbringen eines Holzstabes, auf dem ein flexibler Kunststoffkörper aufsitzt, der selbst mit Bohrklein bzw. mit Splittermaterial gefüllt ist. Dieses System ist unter der Bezeichnung Power Deck am Markt.

Eine Literaturstudie zum Thema des Verwendens von Airdecks im Bohrlochtiefsten zeigt, dass sich der Einsatz von Airdecks im Bohrlochtiefsten bisher im wesentlichen auf Bohrlöcher mit größeren Durchmessern (über 150 mm) und auf Vertikalbohrlöcher beschränkt hat.

Eine Analyse der Wirkungsweise von Airdecks im Bohrlochtiefsten bzw. damit erreichter Sprengergebnisse zeigt folgendes Bild:

- Vermeidung von Sohlbohrlöchern
- Vermeidung von Unterbohrungen
- Reduzierung der Sprengerschütterungen
- Verbesserung der Sohlbeschaffenheit nach dem Sprengen
- Verbesserung der Zerkleinerung im Bohrlochtiefsten

Die publizierten Berichte zeigen jedoch immer nur eine sehr allgemeine Einschätzung dieser Ergebnisse auf. In den Berichten selbst werden kaum quantitative Werte im Hinblick auf die vorstehend angeführten Vorteile angeführt.

Dies erklärt sich nicht aus der Unseriosität der publizierten Ergebnisse, sondern insbesondere daraus, dass es erfahrungsgemäß sehr schwierig ist, im Zuge von Großsprengversuchen Daten aufzunehmen und Analysen durchzuführen, welche Sprengdaten im Großmaßstab verwenden.

Insgesamt ergibt sich aus der Analyse der verfügbaren Unterlagen und Dokumente jedoch der Eindruck, dass mit Hilfe von Airdecks im Bohrlochtiefsten eine Möglichkeit besteht, beim Sprengen auf die Verwendung von Sohlbohrlöchern verzichten zu können.

Vor diesem Hintergrund hat sich nun unter der Leitung des Lehrstuhls für Bergbaukunde am Department of Mining and Tunnelling der Montanuniversität Leoben, Anfang 2005 eine Projektgruppe mit folgenden Partnern etabliert:

- Asphalt und Beton GmbH Nachfolger OHG
- Bitustein und Straßenbau GmbH
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Sektion Arbeitsrecht und Arbeitsinspektion)
- Lehrstuhl für Bergbaukunde
- Wietersdorfer und Peggauer Zementwerke

Die Projektgruppe verfolgt die Absicht zu untersuchen, ob der Einsatz von Airdecks im Bohrlochtiefsten unter üblichen Randbedingungen in einem österreichischen Steinbruchbetrieb Vorteile erbringt und insbesondere eine Alternative zum Sprengen mit Sohlbohrlöchern darstellt.

Für diese Zielsetzung wurde im März 2005 ein erstes Projekt gestartet, um im Rahmen von Sprengversuchen herauszufinden, ob mit Hilfe von Airdecks im Bohrlochtiefsten ein Sprengergebnis erzielt werden kann, welches einer der Sprengarbeit mit Kopf- und Sohlbohrlöchern vergleichbare Ergebnisse aufweist.

Darüber hinaus war ein weiteres Ziel, zu untersuchen, ob mit Hilfe der Airdecks die Unterbohrung im Bereich des Etagenfußes reduziert und so eine Verbesserung hinsichtlich der Sprengerschütterungen erreicht werden kann.

Nach Kontaktaufnahme durch den Lehrstuhl für Bergbaukunde erklärte sich die Fa. Powerdeck dazu bereit, das gegenständliche Projekt durch unentgeltliches Zurverfügungstellen von Airdecks zu unterstützen.

2 Ziel der Untersuchungen

Das Ziel der Untersuchungen im Rahmen des Projektes Airdecks bestand darin, herauszufinden, ob die Verwendung von Airdecks im Bohrlochtiefsten bei Bohrlochdurchmessern um 90 mm und geneigten Bohrlöchern zu einem Sprengergebnis führt, welches hinsichtlich der Beschaffenheit der Etagensohle einem Sprengen mit Kopf- und Sohlbohrlöchern vergleichbar ist. In weiterer Folge sollte untersucht werden, ob durch den Einsatz von Airdecks im Bohrlochtiefsten die Unterbohrung der Etagensohle hinsichtlich des Verringerns von Sprengerschütterungen verringert werden könnte. Darüber hinaus sollten die Untersuchungen zeigen, ob insgesamt eine Verbesserung der Beschaffenheit der Etagensohle nach dem Sprengen bei gleichem oder reduzierten Sprengstoffeinsatz erreicht werden kann.

Zum Erreichen dieser Zeile war folgendes Arbeitsprogramm vorgesehen:

- Aufnahme des Istzustandes in den drei Steinbruchbetrieben durch Dokumentation von Sprengungen, welche nach üblichem Zuschnitt ausgelegt und durchgeführt werden.
- Durchführung einer Reihe von Versuchssprengungen mit Hilfe von Airdecks (mind. 2 Versuchssprengungen pro Betrieb).
- Auswertung der Versuche und Beurteilung der Ergebnisse des Einsatzes von Airdecks im Bohrlochtiefsten im Vergleich zu den Ergebnissen der herkömmlichen Sprengarbeit.

Insgesamt war zunächst der Zeitraum von Mai 2005 bis Ende September 2005 für die Versuchstätigkeit und die entsprechenden Auswertungen vorgesehen.

Im Rahmen der Arbeiten stellt sich jedoch heraus, dass eine größere Anzahl an Versuchen durchzuführen war, um ein besseres Verständnis hinsichtlich des Wirkens von Airdecks im Zuge der Sprengarbeit entwickeln zu können. Aus diesem Grund wurden die Arbeiten bis Ende 2005 verlängert.

Das gegenständlich Projekt wurde von der Fa. Powerdeck nicht nur durch das unentgeltliche Zurverfügungstellen von Airdecks für die Versuchsreihe unterstützt, sondern auch dadurch, dass die Fa. Powerdeck den internationalen Sprengexperten, Herrn Frank Chiapetta für eine Versuchswoche nach Österreich schickte, um mit seiner Erfahrung die ersten Versuche mit Hilfe von Airdecks bei kleinen Bohrlochdurchmessern durchzuführen.

3 Gegenwärtiger Zustand der Sprengarbeit in den Betrieben

3.1 Allgemeines

Um eine entsprechende Vergleichsbasis für das Einschätzen der Ergebnisse der Versuche mit Hilfe von Airdecks zu haben wurde beschlossen, zunächst in jedem Steinbruchbetrieb mindestens eine Standardsprengung messtechnisch aufzunehmen. Die Daten dieser messtechnisch aufgenommenen Standardsprengung sollten in weiterer Folge mit den in den Betrieben gesammelten Erfahrungen aus den Sprengarbeiten kombiniert werden, um so eine quantifizierte Darstellung der Sprengergebnisse mit üblicher Sprengarbeit, also ohne Verwendung von Airdecks zu haben.

Im Zuge der Aufnahme einer Standardsprengung in den Betrieben wurde folgende Parameter messtechnisch erfasst:

- Vermessung der Bruchwand
- Vermessung der Bohrlöcher
- Dokumentation der Ladearbeit
- Messen der Sprengerschütterungen an bekannten Punkten
- Beurteilung des Hauwerkes und der Bruchwand sowie der Sole nach dem Sprengen
- Beurteilung der Ladbarkeit des Hauwerkes

Dieses messtechnische Aufnehmen einer Standardsprengung in den Betrieben wurde mit dem Wissen durchgeführt, dass natürlich eine Sprengung alleine keinen statistisch abgesicherten Überblick über den Zustand der Standardsprengarbeit in den Betrieben gibt.

Die Kombination mit den allgemeinen Sprengerfahrungen in den Betrieben sollte jedoch sicherstellen, dass ein einigermaßen verlässliches Bild der Standardsprengarbeit als Vergleichsbasis für die Beurteilung der Wirkungsweise von Airdecks erhoben werden kann.

3.2 Steinbruch Eibenstein der Firma Hengl Bitustein

Zur Quantifizierung der üblichen Sprengarbeit wurde eine Standardsprengung am 19.05.2005 aufgenommen. Als Besonderheit ist bei dieser Standardsprengung anzumerken, dass versuchsweise die Unterbohrung der Kopfbohrlöcher weggelassen wurde um festzustellen, ob sich nach dem Sprengen ein Anstieg der Etagensole abzeichnet.

Für die Aufnahme der Standardsprengung diente der Abschlag 420-3/2005. Das Abschlagsvolumen belief sich auf 1455,3 m³ bzw. 4307,7 t. Der gesamte Sprengstoffverbrauch betrug 392,5 kg. Daraus ergibt sich ein spezifischer Sprengstoffverbrauch von 269,7 g/m³. Details der messtechnisch aufgenommenen Standardsprengung finden sich in der nachstehenden Tabelle 1.

Abschlag 420 - 3/2005		
BL - Anzahl	9	
BL - Durchmesser	90	mm
BL - Tiefe	10 - 11,4	m
BL - Neigung	70	°
Vorgabe	3,5	m
Seitenabstand	4,2	m
Unterbohrung	keine	m
LM/ZZST	43,6	kg
Sprengstoffverbrauch	392,5	kg
Zündung	nicht elektr.	

Tabelle 1: Sprengparameter Abschlag 420 – 3/2005

Hinsichtlich der Ergebnisse der Standardsprengung 420-3/2005 ist folgendes festzuhalten:

- Die Zerkleinerung war zufriedenstellend. Es waren oberflächlich keine Knauer zu erkennen.
- Der Bruchwandrückriss belief sich an einigen Stellen auf ca. 1 m.
- Die Sprengerschütterungen wiesen folgende Größen auf
 - Geophon 165: D = 400 m, L = 43,6 kg $v_{max} = 0,32$ mm/s,
 - Geophon 208: D = 500 m, L = 43,6 kg $v_{max} = 0,85$ mm/s,

Insgesamt kann das Ergebnis der Sprengung 420 3/2005 als üblich bezeichnet werden.

Hinsichtlich der Analyse des Verhaltens der Etagensole ohne Unterbohrung kann angemerkt werden, dass wie erwartet, ein leichter Anstieg der Etagensole zu verzeichnen war. Ein Mindestmaß an Unterbohrung ist also jedenfalls notwendig um eine ebene Etagensole zu erreichen.

Die Tabelle 2 zeigt aufbauend auf den Analysen der betriebsinternen Datenaufzeichnung und gestützt durch die Aufnahme einer Standardsprengung die üblichen Parameter der Sprengarbeit im Steinbruch Eibenstein.

Geometrie Eibenstein		
BL - Anzahl	7,0 - 10,0	
BL - Durchmesser	90	mm
BL - Tiefe	10,0 - 13,0	m
BL - Neigung	70	°
Vorgabe	3,5	m
Seitenabstand	4,2	m
Unterbohrung	1	m
Zündung	nicht elektr.	

Tabelle 2: Sprenggeometrie Eibenstein

3.3 Steinbrüche Peggau und Wietersdorf der Firma W&P

Die Standardsprengung im Steinbruch Peggau wurde am 28.04.2005 durchgeführt. Es handelte sich um den Abschlag 19, welcher sich im Kalksteinbruch Nord Etage V befand. Dieser Abschlag hatte 14 Kopfbohrlöcher und 11 Sohlbohrlöcher. Die Abschlagsmasse belief sich auf 4771 m³ bzw. 11929 t. Der Sprengstoffverbrauch betrug 1320 kg. Daraus ergab sich ein spezifischer Sprengstoffverbrauch von 276 g/m³. (Tabelle 3)

Im Steinbruch Wietersdorf wurde keine Standardsprengung aufgenommen.

Abschlag 19			
	Kopfbohrlöcher	Sohlbohrlöcher	
BL - Anzahl	14	11	
BL - Durchmesser	90	90	mm
BL - Tiefe	10-20,5	5,5 - 6,5	m
BL - Neigung	75	-5	°
Vorgabe	3,9 - 5,8	keine	m
Seitenabstand	4	2	m
Unterbohrung	keine	keine	m
LM/ZZST	96,9	-	kg
Sprengstoffverbrauch	1320	-	kg
Zündung	elektronisch	elektronisch	

Tabelle 3: Sprengparameter Abschlag 19, keine geteilte Ladesäule

Hinsichtlich der Ergebnisse der Standardsprengung Abschlag 19 ist folgendes festzuhalten:

- Im Hauwerk waren einige größere Knauer erkennbar. Das Wegladen mit dem Hydraulikbagger war aber möglich.
- Die Beschaffenheit der Bruchwand war gut.
- Die Sprengerschütterungen wiesen folgende Größen auf
 - Betriebsgelände, Brückenwaage: D = 450 m, L = 96,6 kg; v_{res} = 0,7 mm/s,
 - Lurgrotte, Drei Zinnen: D = 300 m, L = 96,6 kg; v_{res} = 0,5 mm/s,
 - Schlosserei Kalkwerk: D = 400 m, L = 96,6 kg; v_{res} = 1,1 mm/s,

Insgesamt kann das Ergebnis der Sprengung 19 als üblich bezeichnet werden.

Die Tabelle 4 zeigt aufbauend auf den Analysen der betriebsinternen Datenaufzeichnung und gestützt durch die Aufnahme einer Standardsprengung die üblichen Parameter der Sprengarbeit im Steinbruch Peggau.

Geometrie Peggau			
	Kopfbohrlöcher	Sohlbohrlöcher	
BL - Anzahl	13 - 30	je nach Erfordernis	
BL - Durchmesser	90	90	mm
BL - Tiefe	10,0 - 30,0	5,5 - 6,5	m
BL - Neigung	75	keine	°
Vorgabe	4,0 - 5,5	keine	m
Seitenabstand	4	2	m
Unterbohrung	1,5	keine	m
Zündung	elektronisch	elektronisch	

Tabelle 4: Sprengeometrie Peggau

3.4 Steinbruch Jakomini der Firma A&B

Sowohl die Erhebung des Zuschnittes der Standardsprengarbeit als auch die Versuche mit den Air Decks wurden im Steinbruch Jakomini im Zuge der Diplomarbeit Oberrauner durchgeführt. In dieser Arbeit finden sich eine große Zahl an messtechnisch erfassten Standardsprenganlagen. Als Beispiel für die gegenständliche Studie wurde die Sprengung Nr.7 herangezogen, welche am 16.06.2005 stattfand (Tabelle 5).

Der Abschlag befand sich in der Etage 3b Mitte. Die Abschlagsmasse belief sich auf 2500 m³ bzw. 7375 t. Der Sprengstoffverbrauch betrug 901 kg. Daraus ergab sich ein spezifischer Sprengstoffverbrauch von 360 g/m³.

Sprengung Nr. 7		
BL - Anzahl	8	
BL - Durchmesser	89	mm
BL - Tiefe	20,3 - 20,8	m
BL - Neigung	v: 75; h: 80	°
Vorgabe	4,6	m
Seitenabstand	5	m
Unterbohrung	1,2	m
LM/ZZST	114,3	kg
Sprengstoffverbrauch	901	kg
Zündung	nicht elekt.	

Tabelle 5: Parameter Sprengfeld 7

Hinsichtlich der Ergebnisse der Standardsprengung Sprengfeld 7 ist folgendes festzuhalten:

- Die Ladarbeit war mit dem Hydraulikbagger möglich. Der Bagger musste aber, aufgrund der groben Beschaffenheit des Hauwerks, viel Reißarbeit leisten.
- An der Sohle wurde ein stehen gebliebener Teil des Abschlages sichtbar. Dieser wurde mit einer Nachsprengung gelöst.
- Die Sprengerschütterungen wiesen folgende Größen auf
 - Hermsberg 4: D = 600 m, L = 114,3 kg; v_{res} = 0,48 mm/s,

Insgesamt ist es für den Steinbruch Jakomini sehr schwierig, Werte für eine „Standardsprengarbeit“ anzugeben. Die im Rahmen der Diplomarbeit Oberrauner

aufgenommenen Standardsprengungen waren praktisch alle von sehr vielen Besonderheiten geprägt und können allesamt als kaum typische Gewinnungssprengungen bezeichnet werden.

Die Tabelle 6 zeigt trotzdem einen Versuch, aufbauend auf den Analysen der Datenaufzeichnung im Zuge der Diplomarbeit Oberrauner , eine Standardsprengarbeit zu definieren.

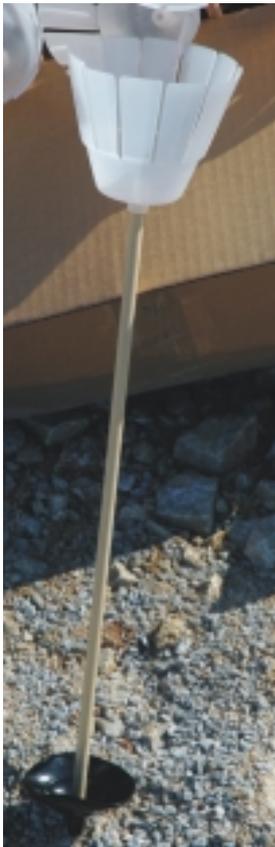
Geometrie Jakomini		
BL - Anzahl	8,0 - 20,0	
BL - Durchmesser	89	mm
BL - Tiefe	20 - 25	m
BL - Neigung	74	°
Vorgabe	3,5	m
Seitenabstand	4	m
Unterbohrung	1,2	m
Zündung	elektrisch	

Tabelle 6: Sprenggeometrie Jakomini

4 Versuchssprengungen mit Air Decks

4.1 Allgemeines

Bei den Sprengversuchen mit Air Decks im Bohrlochtiefsten wurde auf das System „Power Deck“ zurückgegriffen. Die Firma Power Deck stellte die erforderliche Zahl an Air Decks für die Versuche unentgeltlich zur Verfügung. Darüber hinaus engagierte sich die Firma Power Deck auch direkt im Rahmen der Versuche. Sie stellte den internationalen Sprengexperten Dr. Frank Chiapetta, der persönlich über viel Erfahrung mit dem Einsatz von Air Decks besitzt, im Rahmen der Versuche ebenfalls unentgeltlich bei. So konnte im Rahmen der Versuche auf einige internationale Erfahrungen beim Verwenden von Air Decks zurückgegriffen werden.



Das Air Deck System „Power Deck™Plug“ besteht aus einem Holzstab, einer flexiblen tulpenartigen Plastikschale am oberen Ende und einer kleineren Plastikschale am unteren Ende des Stabes. Die obere tulpenartige Plastikschale wird mit Splitmaterial (z.B. 8/16 mm) befüllt. Die untere Schale wird etwas mit Bohrklein oder Kies zur Beschwerung befüllt: Das so vorbereitete Air Deck wird in das Bohrloch fallen gelassen. Dadurch bildet sich im Bohrlochtiefsten ein mit Luft oder Wasser ausgefüllter Bohrlochbereich aus (Länge abhängig von der Holzstablänge).

Die nachfolgenden Sprengstoffpatronen (Schlagpatrone) drückt den mit Split gefüllten tulpenartigen Becher gut auseinander und schließen im Regelfall das Bohrlochtiefste gut ab.

Durch die Detonation des Sprengstoffes (vorzugsweise Zündung aus dem Bohrlochtiefsten direkt über dem Power Deck) wird die mit Split gefüllte Plastikschale in den leeren Bohrlochteil geschlagen und induziert dort eine Stoßwelle. Durch die Stoßwelle bildet sich im Bohrlochtiefsten eine normal auf die Bohrlochachse orientierte Scherwelle aus, welche in weiterer Folge eine verbesserte Abtrennung der Etagensohle bewirken soll.

Bild 1: Power Deck™Plug

Eine detaillierte Beschreibung der Wirkungsweise der Power Decks findet man unter: www.powerdeckcompany.com, Technical Papers)

4.2 Auslegung der Air Deck – Sprengungen

4.2.1 Steinbruch Eibenstein

Für den Steinbruchbetrieb in Eibenstein stand bei der Auslegung der Air Deck Sprengungen im Vordergrund, nach Möglichkeit die Sprengerschütterungen zu reduzieren. Eine weitere wichtige Motivation für die Air Deck Versuche war der Wunsch nach Möglichkeit die Unterbohrung zu reduzieren. Der Steinbruch Eibenstein verwendet bei der Regelsprengarbeit keine Sohlbohrlöcher. Darum spielte der Gesichtspunkt des Vermeidens von Sohlbohrlöchern keine Rolle.

Für den ersten Versuch mit Air Decks (Versuch AD1) wurde eine Unterbohrung von 0,5 m festgelegt. Dies entspricht einer Reduktion von 50% der üblichen Unterbohrung. Für die ersten Test wurden daher Air Decks mit einer Gesamtlänge von 0,55 m verwendet. Abgesehen von der Reduzierung der Unterbohrung wurde beim Versuch AD1 an der Sprenggeometrie nichts geändert. Die Länge der Fußladung wurde unverändert gelassen. Die Länge der Schaftladung wurde um die Länge des Air Decks verkürzt

Die Füllung der tulpenartigen Plastikschele der Power Decks erfolgte mit Split der Korngröße 4/11. Eine weitere Beschwerung der Power Decks zum besseren Einbringen in die Bohrlöcher war nicht erforderlich.

Die Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Ladesäule

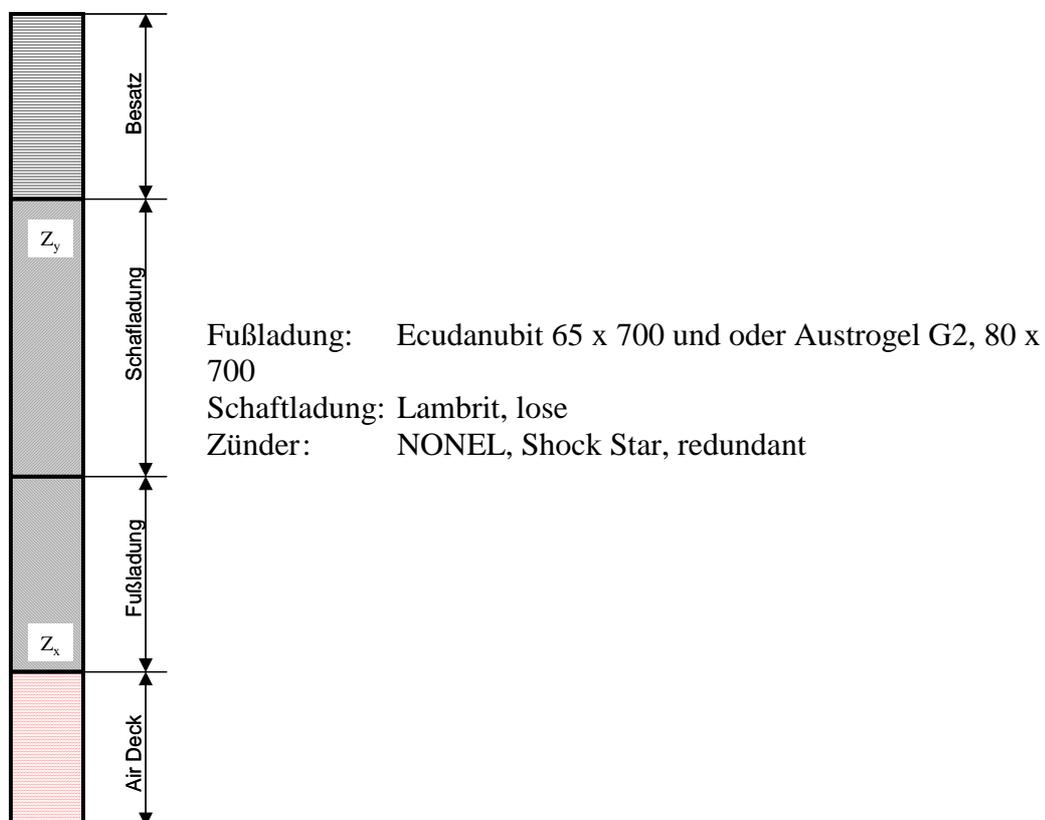


Abbildung 1: prinzipieller Aufbau der Ladesäule

Aufbauend auf den Erfahrungen aus dem Versuch AD1 wurde beim zweiten Versuch AD3 in Eibenstein die Zündrichtung (Abfolge) der Bohrlöcher geändert.

Für die Versuche 3 und 4 (AD8 und AD 9) wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Die Länge der Air Decks wurde auf 1 m vergrößert.
- Die Masse der Schlagpatrone direkt über dem Air Deck wurde verdoppelt um den Sprengstofffüllungsgrad im Bohrloch zu verbessern (Austrogel G2, 80 x700).
- Die Neigung der Bohrlöcher wurde auf 85° erhöht und die Unterbohrung wurde praktisch auf 0 gestellt.

4.2.2 Steinbruch Peggau der Firma W&P

Im Steinbruchbetrieb Peggau sollte im Zuge der Versuche in erster Linie geprüft werden, ob ohne Sohlbohrlöcher und mit reduzierter Unterbohrung ein gutes Sprengergebnis hinsichtlich des Lösens des Etagenfußes erreicht werden kann. Ein weiterer Gesichtspunkt war zu überprüfen ob mit Hilfe der Air Decks die Etagensohle (als Etagenkopf der nächsten Sohle) mit geringerer Auflockerung im Hinblick auf das effiziente Ansetzen der nächsten Kopfbohrlöcher, hergestellt werden kann.

Beim ersten Versuch AD2 wurde eine Air Deck Länge von 0,55 m verwendet. Die Unterbohrung wurde auf 0,5 m festgelegt. Alle weiteren Parameter wurden unverändert belassen. Die Abbildung 2 zeigt den Aufbau der Ladesäule bei Verwendung von Air Decks im Steinbruch Peggau.

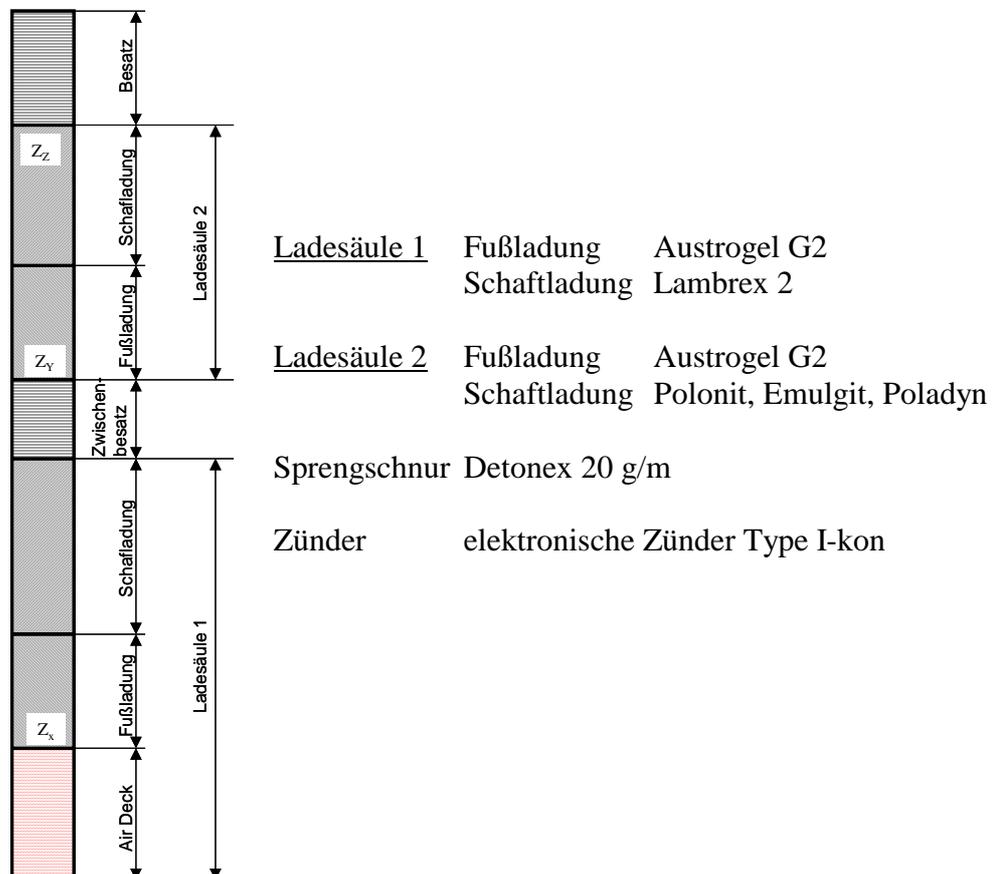


Abbildung 2: prinzipieller Aufbau der Ladesäule, Peggau

Auf Grund der teilweisen schlechten Bohrlochbeschaffenheit kam es zu Problemen mit dem Einbringen der Power Decks: einige von Ihnen blieben im Bohrloch stecken. Daher wurde die untere Schale der Power Decks teilweise zusätzlich mit einem mit Split gefülltem Kunststoffring beschwert. Daraus ergab sich dann eine gute Ladbarkeit der Power Decks.

Für die Versuche AD5, AD7 und AD11 wurde die Air Deck Länge auf einen Meter erhöht. Zusätzlich wurde beim Versuch AD7 ein Test mit einer Schlagpatrone mit größerem Durchmesser (Austrogel G2, 80 x 700) durchgeführt.

Versuch AD6, welcher im Steinbruch Wietersdorf durchgeführt wurde, sollte zeigen, ob sich die Sprengerschütterungen wesentlich erhöhen, wenn sich die Zündreihenfolge der geteilten Ladesäulen ändert. Im Hinblick auf ein verbessertes Sprengergebnis im Bereich der Etagensohle sollte zunächst die untere Ladesäule als erste gezündet werden und erst in einem 2. Schritt der obere Teil der geteilten Ladesäule. Üblicherweise wird ja bei geteilten Ladesäulen, der obere Ladesäulenteil als erster gezündet.

Die Abbildung 3 zeigt den Aufbau der Ladesäule beim Versuch AD7, wie er im Steinbruch Wietersdorf durchgeführt wurde.

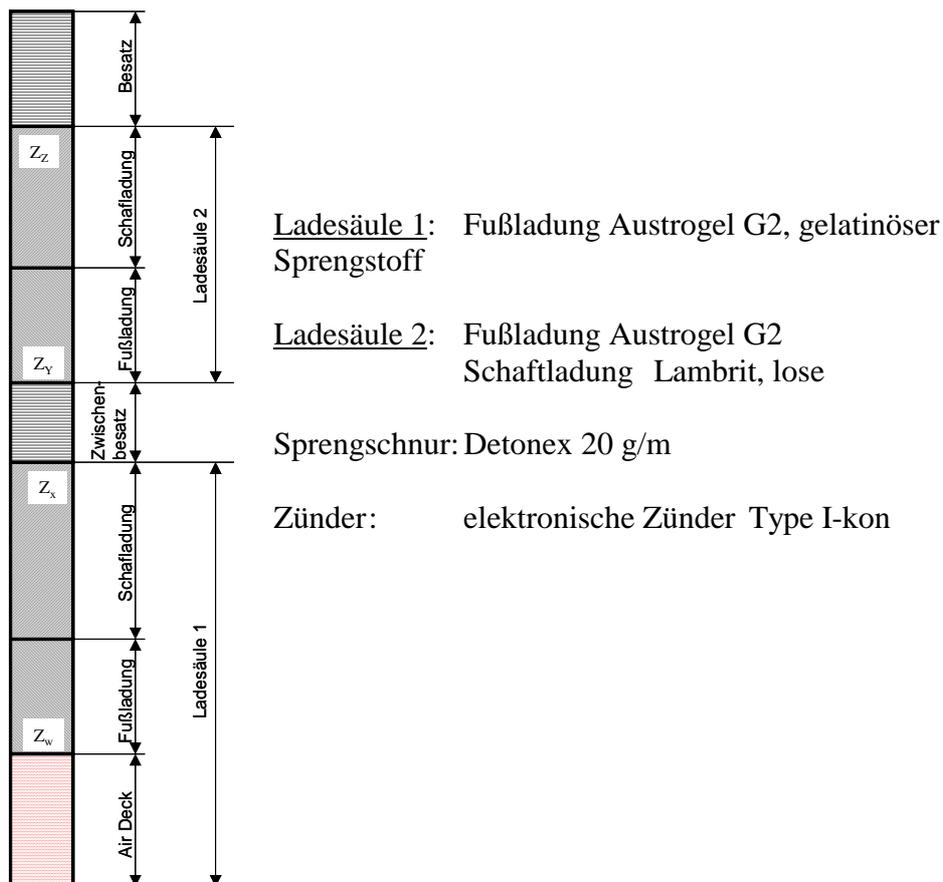


Abbildung 3: prinzipieller Ladesäulenaufbau, Wietersdorf

4.2.3 Steinbruch Jakomini

Die Air Deck Versuche im Steinbruch Jakomini wurden im Zuge der Diplomarbeit Oberrauner durchgeführt. Die Hauptmotivation der Versuche bestand darin zum einen das Sprengergebnis wirtschaftlicher zu gestalten und zum anderen die Beschaffenheit der Etagensohle deutlich zu verbessern.

Beim Versuch AD4 wurde mit einer Air Deck Länge von 0,55 m gearbeitet, bei 0,5 m Unterbohrung. Die gewählte Bohrgeometrie und das Sprengschema wurden von Hr. Oberrauner im Rahmen seiner Diplomarbeit entwickelt (Abbildung 4).

Beim zweiten Versuch AD10 wurde die Air Deck Länge auf einen Meter erhöht.

Zusätzlich wurde beim Versuch AD10 ein Test mit einer Schlagpatrone mit größerem Durchmesser (Austrogel G2, 80 x 700) durchgeführt.

Bei den Versuchen im Steinbruch Jakomini wurde der tulpenartige Kunststoffkörper mit Split der Korngröße 4/8 gefüllt. Es war kein zusätzlicher Ballast notwendig um die Air Decks effizient ins Bohrlochtiefste einzubringen.

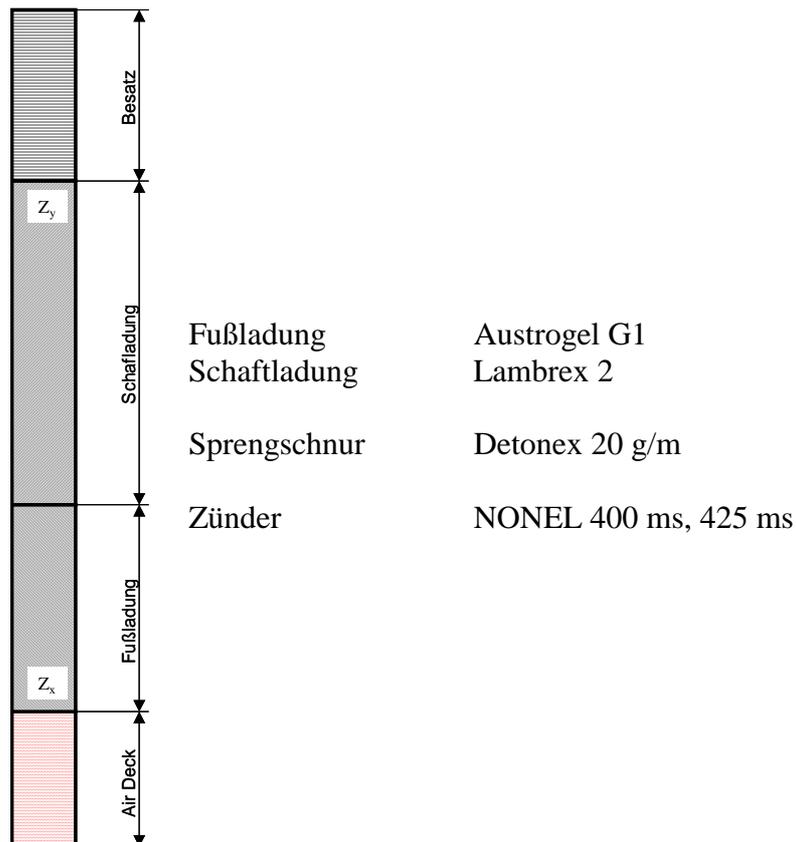


Abbildung 4: prinzipieller Ladesäulenaufbau, Jakomini

4.3 Ergebnisse der Air Deck Sprengversuche

4.3.1 Steinbruch Eibenstein der Firma Bitustein Strassenbau Ges.m.b.H

Die Tabelle 7 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Auslegung der Air Deck Versuche im Steinbruch Eibenstein. In der Tabelle 8 sind die dazugehörigen Sprengergebnisse überblicksmäßig dokumentiert.

AD - Versuch	Abschlag	BL - Anzahl [-]	BL - Durchmesser [mm]	BL - Tiefe [m]	BL - Neigung [°]	Vorgabe [m]	Seitenabstand [m]	Unterbohrung [m]	Air Deck - Länge [m]	LM/ZZST [kg]	Sprengstoffverbrauch [kg]
1	420-4/2005	8	90	12,3 - 12,8	70	3,5	4,2	0,5	0,55	47,7	381,3
3	430-5/2005	10	90	12,3 - 13,6	70	3,5	4,2	0,5	0,55	44,5	445
8	410-05/2005	7	90	11 - 12,1	85	3,5	4,2	0	1	34,3	240
9	410-06/2005	9	90	10,2 - 11,3	85/70	3,5	4,2	0/0,5	1	38,3	345

Tabelle 7: Auslegung der Air Deck – Versuche, Eibenstein

Beschaffenheit					
AD - Versuch	Abschlag	Sohle	Hauwerk	Bruchwand	Rückriß
1	420-4/2005	schlecht	oberflächlich Knauer zu erkennen	gut	Bohrlochriemen im oberen Bereich waren zu erkennen
3	430-5/2005	gut	oberflächlich Knauer zu erkennen	im linken Teil der Bruchwand ist ein Teil des Gebirges abgerutscht	durch das Abrutschen entlang der Schicht war hier der Rückriß größer
8	410-05/2005	gut	zufriedenstellend	gut	gering
9	410-06/2005	noch nicht verfügbar	noch nicht verfügbar	noch nicht verfügbar	noch nicht verfügbar

Tabelle 8: Allgemeine Beschreibung der Ergebnisse, Eibenstein

Insgesamt ist zunächst festzuhalten, dass sich die Air Decks im Steinbruch Eibenstein sehr gut in die Ladetätigkeit einbauen haben lassen. Die Handhabung ist einfach und die Air Decks sind, aufgrund ihrer einfachen Beschaffenheit, schnell zusammengebaut. Somit gibt es keine großen Verzögerungszeiten beim Laden. Bei allen Versuchen in Eibenstein gab es keine Probleme das Air Deck in das Bohrlochtiefste einzubringen. Des weiteren war der Versuch eine Schlagpatrone mit größeren Durchmesser zu verwenden erfolgreich. Die Schlagpatrone mit 80 mm Durchmesser lies sich problemlos in Bohrlöcher mit 90 mm Durchmesser einbringen.

Es war bei allen Versuchen mit Ausnahme von AD1 festzustellen, das es zu keiner messbaren Verschlechterung der Beschaffenheit von Sohle, Hauwerk und Bruchwand gekommen war. Bis auf Versuch AD1 war bei allen anderen Versuchen das Ergebnis zufriedenstellend.

Die Versuche zeigten, dass mit 85° geneigten Bohrlöchern, einem 1 m langen Air Deck und einer großen Initiaalladung auch ohne Unterbohrung eine gute Etagensohlenbeschaffenheit erreicht werden kann.

Bei allen Versuchen waren Bohrlochriemen an den Bruchwänden zu erkennen, was auf eine gute Dimensionierung der Sprengarbeit (Vorgabe : Seitenabstand) schließen lässt. Teilweise war der Bruchwandrückriss aufgrund der Geologie größer.

4.3.2 Steinbrüche Peggau und Wietersdorf der Firma W&P

Die Tabelle 9 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Auslegung der Air Deck Versuche in den Steinbrüchen Peggau und Wietersdorf. In der Tabelle 10 sind die dazugehörigen Sprengergebnisse überblicksmäßig dokumentiert. Es wurden sowohl 1- als auch 2-Reihensprengungen ausgeführt. AD 2, 5 und 11 waren 2-Reihensprengungen.

AD - Versuch	Abschlag	BL - Anzahl	BL - Durchmesser	BL - Tiefe	BL - Neigung	Vorgabe	Seitenabstand	Unterbohrung	Air Deck - Länge	max. LM/ZZST	Sprengstoffverbrauch
		[-]	[mm]	[m]	[°]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
2	22	25/ AD 11	90	25,5 - 30,5	1.R:74; 2.R:75	4,3 - 5,6	4	0,5	0,55	101	2901
5	26	25	90	13	1.R:72; 2.R:74	4,3 - 6,3	4	0,5	1	57	1237
6	1, Wietersdorf	24	98	19	70	3,9 - 5,2	3,9	0,5	1	51	2093
7	28	13	90	19 - 30	73	4,5 - 6,3	3,5 - 4	0,5	1	84	1619
11	37	43	90	28 - 30	1.R:73; 2.R:74	4,5 - 6,3	4	0,5	1	86	5791

Tabelle 9: Auslegung der Air Deck – Versuche, Peggau

Beschaffenheit					
AD - Versuch	Abschlag	Sohle	Hauwerk	Bruchwand	Rückriß
2	22	gut	eher im feineren Bereich	gut	gering
5	26	gut		gut	gering
6	1, Wietersdorf	nicht verfügbar		nicht verfügbar	nicht verfügbar
7	28	gut		gut	gering
11	37	gut		gut	gering

Tabelle 10: Allgemeine Beschreibung der Ergebnisse, Peggau

Auch in den Steinbrüchen Peggau und Wietersdorf gestaltete sich die Handhabung der Air Decks einfach. Die Air Decks ließen sich bei allen Versuchen gut in die Ladetätigkeiten integrieren.

In Peggau trat das Problem auf, dass die Air Decks aufgrund der schlechten Beschaffenheit der Bohrlöcher fallweise im Bohrlochschaft hängen blieben. Deshalb wurden die Air Decks zusätzlich beschwert. Durch die Maßnahme ließen sich die Air Decks problemlos ins Bohrlochtiefste einbringen.

Der Versuch Schlagpatronen mit einem Durchmesser von 80 mm in einem Bohrloch mit 90 mm zu verwenden funktionierte in Peggau aufgrund der schlechten Beschaffenheit der Bohrlöcher nicht. Die großen Schlagpatronen blieben meistens in den Bohrlochschaften hängen.

Bei allen Abschlüssen in Peggau zeigte sich eine gute Beschaffenheit der Etagesohle nach dem Wegladen des Hauwerkes.

An der Bruchwand waren teilweise Bohrlochriemen zu erkennen, was auf einen geringen Rückriß und eine gute Auslegung der Sprenganlage hinweist.

Das Hauwerk machte eher einen feinkörnigeren Eindruck.

4.3.3 Steinbruch Jakomini der Firma A&B

Die Tabelle 11 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Auslegung der Air Deck Versuche im Steinbruch Jakomini. In der Tabelle 12 sind die dazugehörigen Sprengergebnisse überblicksmäßig dokumentiert.

		BL - Anzahl	BL - Durchmesser	BL - Tiefe	BL - Neigung	Vorgabe	Seitenabstand	Unterbohrung	Air Deck - Länge	LM/ZZST	Sprengstoffverbrauch
AD - Versuch	Abschlag	[-]	[mm]	[m]	[°]	[m]	[m]	[m]	[m]	[kg]	[kg]
4	9	21	89	23	80	3,5	4,5	0,5	0,55	124	2200
10	10	11	89	21	85	3 - 3,5	4,5	keine	1	116	722

Tabelle 11: Auslegung der Air Deck – Versuche, Jakomini

Beschaffenheit					
AD - Versuch	Abschlag	Sohle	Hauwerk	Bruchwand	Rückriß
4	9	vorderer Teil im Sohlenbereich stehengeblieben	eher im feineren Bereich	gut	im rechten Teil der Bruchwand höher, durch Abrutschen einer Schicht
10	10	im linken und im mittleren Bereich Füße stehengeblieben	lt.DA : eher im feineren Bereich als bei Sprengungen ohne Air Decks	mittelmäßig, das sich im rechten Teil der Bruchwand eine Störung befand	im rechten Bereich der Bruchwand größer durch Abrutschen einer Schicht

Tabelle 12: Allgemeine Beschreibung der Ergebnisse, Jakomini

Die Handhabung der Air Decks war auch bei den Versuchen im Steinbruch Jakomini einfach und ließ sich, wie bei den anderen Versuchen gut in die Ladetätigkeiten einbauen. Es gab auch keine Schwierigkeiten mit dem Einbringen der Air Decks, sodass eine zusätzliche Bodenbeschwerung nicht notwendig war.

Auch im Jakoministeinbruch war der Versuch eine Schlagpatrone mit 80 mm Durchmesser in einem 90 mm Bohrloch zu verwenden nicht erfolgreich. Vor allem in Bohrlöchern mit Wasser lies sich die Patrone nicht ins Bohrlochtiefste einbringen, da der Ringraum zur Verdrängung des Wassers zu gering war.

Bei beiden Air Deck Versuchen blieben im Sohlenbereich Gebirgstteile stehen.

Die Bruchwände selbst waren bei beiden Versuchen in Ordnung. Aufgrund von geologischen Strukturen kam es in einigen Bruchwandbereichen aber teilweise zum Abrutschen von Gebirgstteilen.

Das Hauwerk lag eher im feineren Bereich. Es waren oberflächlich keine Knauer zu erkennen.

5 Vergleich von Standard und Air Deck Sprengungen

5.1 Steinbruch Eibenstein

Die Abbildung 5 und Tabellen 13 und 14 zeigen, dass hinsichtlich der Sprenggeometrie alle Air Deck Sprengungen mit der Standardgeometrie ausgelegt wurden.

Unterschiedlich waren generell folgende Parameter:

- Reduzierung der Schaftladung um die Länge der Air Decks
- Reduzierung der Unterbohrung, praktisch auf Null
- Änderung der Zündrichtung ab Versuch AD3
- Erhöhung der Bohrlochneigung bei den Versuchen AD 8 und AD9 auf 85°

Soweit es den Energieeintrag betrifft wurde bei den AD Versuchen allgemein mit einem vergleichbaren spezifischen Sprengstoffverbrauch gearbeitet. Insgesamt konnte aber durch Verringerung der Länge der Schaftladung im Mittel eine rund 10 % Reduktion des Sprengstoffverbrauches erreicht werden.

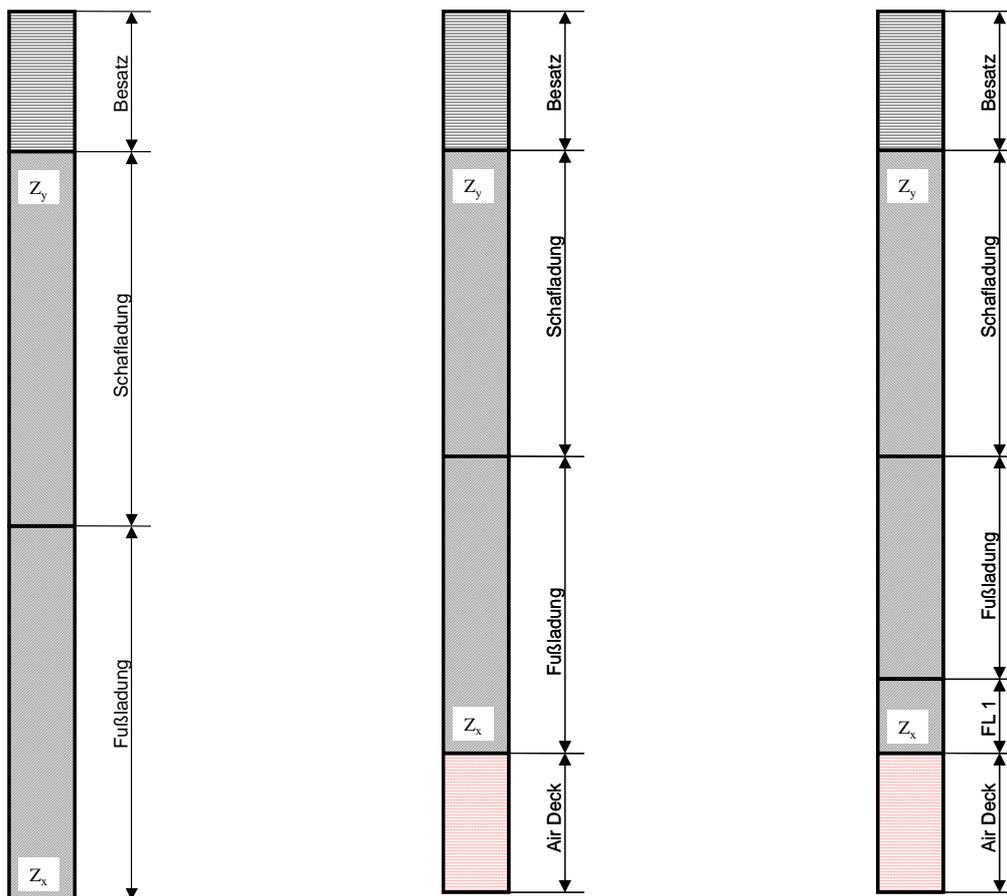


Abbildung 5: Aufbau der Ladesäulen, Eibenstein

Versuche Eibenstein								
	Vorgabe	Seiten- abstand	Unter- bohrung	BL - Neigung	spez. Sprengstoff- verbrauch	Volumen unter Sohlenniveau	Sprengstoff unter Sohlenniveau	Energie unter Sohlenniveau
	[m]	[m]	[m]	[°]	[g/m ³]	[m ³]	[kg]	[g/m ³]
Allgemeine Sprengeometrie	3,5	4,2	1	70	270	14,7	5,0	340,1
Standardsprengung	3,5	4,2	keine	70	269	-	-	-
AD - Versuch 1	3,5	4,2	0,5	70	295	-	-	Air Deck
AD - Versuch 3	3,5	4,2	0,5	70	237	-	-	Air Deck
AD - Versuch 8	3,5	4,2	keine	85	220	-	-	-
AD - Versuch 9	3,5	4,2	0,5/keine	85/70	273	-	-	Air Deck/-

Tabelle 13: Sprenggeometrie und Energieeintrag, Eibenstein

	Länge Ladesäule				Energieeintrag		
	Gesamt	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1
	[m]	[m]	[m]	[m]	[g/m ³]	[g/m ³]	[g/m ³]
Allgemeine Sprengeometrie	7,0 - 10,0	-	4,5	3,5 - 5,5	-	340,1	346,2
Standardsprengung	8,6	-	4,0	4,6	-	340,1	346,2
AD - Versuch 1	9,4	-	3,3	6,1	-	340,1	346,2
AD - Versuch 3	5,7	-	3,4	2,3	-	340,1	346,2
AD - Versuch 8	7,5	0,7	3,3	3,5	485,9	340,1	346,2
AD - Versuch 9	8,3	0,7	6,0	1,6	485,9	340,1	346,2

Tabelle 14: Längen der Ladesäulen und Energieeintrag, Eibenstein

Beim Versuch AD1 (Abschlag 420-4/2005) wurde eine sehr ungünstige Beschaffenheit der Etagensohle beobachtet. Es blieben einige Höcker stehen. Es war deutlich zu erkennen, dass sich die stehen gebliebenen Höcker zwischen den Bohrlöchern befanden. Des Weiteren war zu beobachten, dass die stehen gebliebenen Gebirgstteile vom Einfallen der Schichten beeinflusst waren. Der Sprengexperte Frank Chiapetta interpretierte dies als „Abschieben“ des Gebirges entlang dieser Schicht. Der Grund dafür könnte zu wenig Energie im Fußbereich gewesen sein. Er empfahl, die Zündrichtung zu ändern. Bei Versuch AD1 war die Zündrichtung gegen das Einfallen der Schicht gewählt worden. Beim Versuch AD3 wurde die Zündrichtung mit dem Einfallen der Schicht gewählt. Bei den weiteren Versuchen war dann die Beschaffenheit der Etagensohle in Ordnung. Die Sohle war eben und es war kein Anstieg der Sohle zu erkennen.

Hinsichtlich der Zerkleinerung zeigten die AD Versuche keine Unterschiede zu den üblichen Sprengungen. Die Beschaffenheit des Hauwerks war zufriedenstellend. Bei den ersten beiden Versuchen waren oberflächlich einige Knauer zu erkennen. Diese stellten für die Förderung keine Probleme dar. Man hatte den Eindruck, dass das Hauwerk eher im feineren Bereich der Körnung lag.

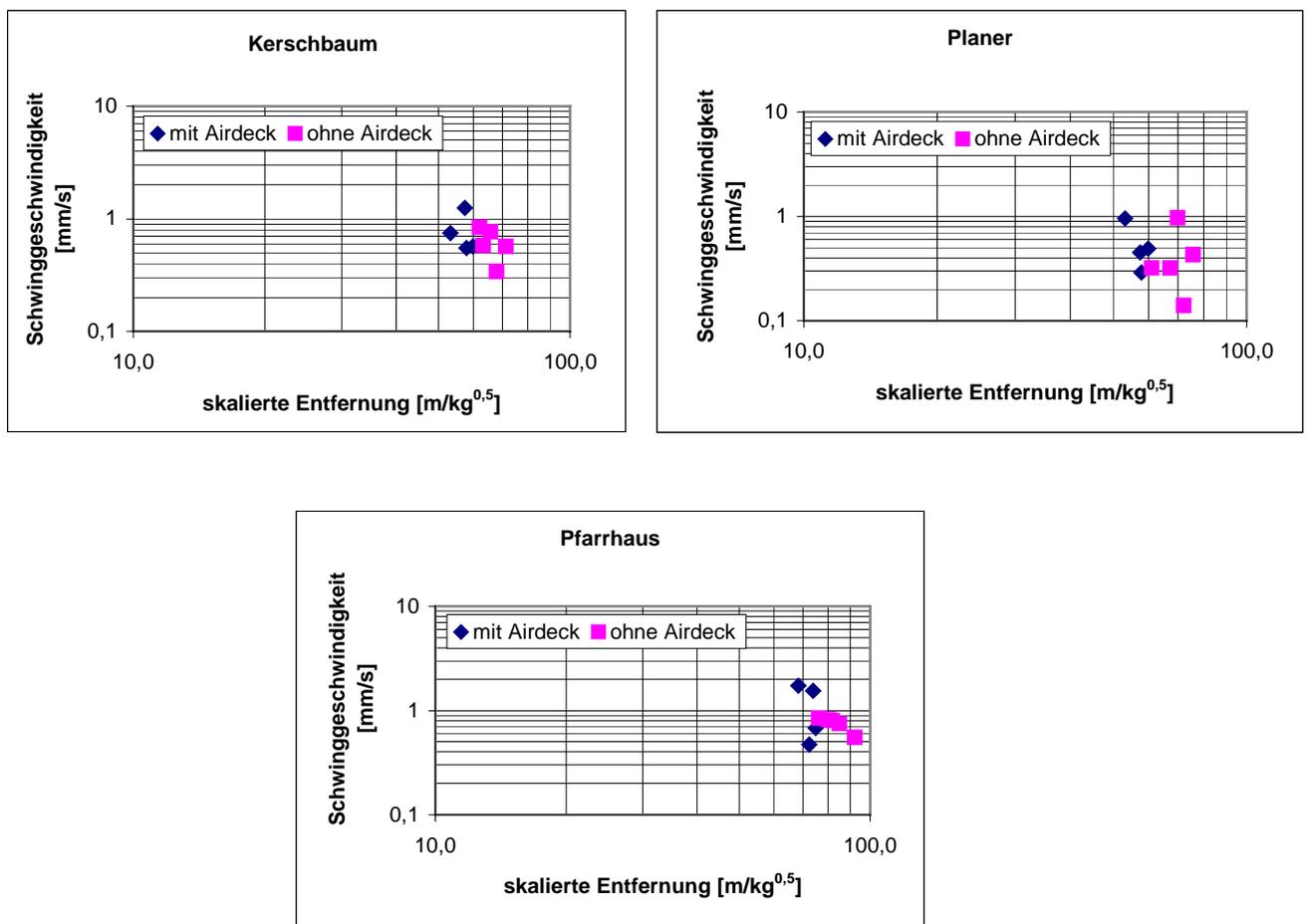
In Tabelle 15 und den Abbildungen 6 ist eine Analyse der Sprengerschütterungen bei den Versuchen im Vergleich zu Standardsprengungen angeführt. Die Standardsprengungen umfassen sowohl Sprengungen die im Zuge der Versuche durchgeführt wurden als auch solche, die im Zuge des EU Projektes Less Fines aufgenommen wurden.

Allgemein ist der Eindruck gegeben, dass die Sprengerschütterungen bei den AD Versuchen im Rahmen der üblichen Sprengungen lagen. Aus den Einzelanalysen zeigten sich mit den Air Decks zum Teil günstigere Erschütterungswerte (Planer), zum Teil Werte die im allgemeinen Trend liegen (Kerschbaum) und fallweise auch geringfügig höhere Erschütterungswerte

(Pfarrhaus). Insgesamt ist aber festzuhalten, dass zu wenige Messwerte vorliegen, als dass ein eindeutiger Trend hinsichtlich einer Zu- oder Abnahme der Erschütterungen beim Einsatz von Air Decks abgeleitet werden kann.

	Geophon 165 (Planer)	Geophon 208 (Pfarrhaus)	Geophon 301 (Kerschbaum)	Lademenge pro Zündzeitstufe	skalierte Entfernung [m/kg ^{0,5}]		
					165	208	301
Airdeckversuche	v_{max} [mm/s]			[kg]	400 m	500 m	400 m
AD Versuch 1, 420-4	0,29	0,47	0,55	47,7	57,9	72,4	57,9
AD Versuch 3, 430-5	0,49	0,68	0,57	44,5	60,0	75,0	60,0
AD Versuch 8, 410-05	0,45	1,55	1,24	37,1	57,5	73,9	57,5
AD Versuch 9, 410-06	0,96	1,73	0,75	43,3	53,2	68,4	53,2
Standardsprengungen	v_{max} [mm/s]			[kg]	480 m	584 m	452 m
420-3	0,32	0,85	-	43,0	61,0	76,2	-
410-08	-	0,82	0,84	53	65,9	80,2	62,1
410-09	0,32	0,8	0,58	51	67,2	81,8	63,3
420-10	0,14	-	0,34	44,3	72,1	87,7	67,9
410-10	0,43	0,55	0,57	40,2	75,7	92,1	71,3
410-11	0,97	0,75	0,77	47,2	69,9	85,0	65,8

Tabelle 15: Zusammenfassung der max. Erschütterungswerte, Eibenstein



Abbildungen 6: Analyse von Sprengerschütterungen im Steinbruch Eibenstein

5.2 Peggau

Die Abbildung 7 und die Tabellen 16 und 17 zeigen, dass hinsichtlich der Sprenggeometrie alle Air Deck Sprengungen mit der Standardgeometrie ausgelegt wurden.

Unterschiedlich waren generell folgende Parameter:

- Reduzierung der Fußladung um die Länge der Air Decks
- Reduzierung der Unterbohrung um 1m auf 0,5 m

Soweit es den Energieeintrag betrifft konnte bei den AD Versuchen im Mittel eine Reduktion des Sprengstoffverbrauches von rund 15 % erreicht werden. Der Sprengstoffverbrauch lag bei den AD Versuchen im Mittel bei 235 g/m³.

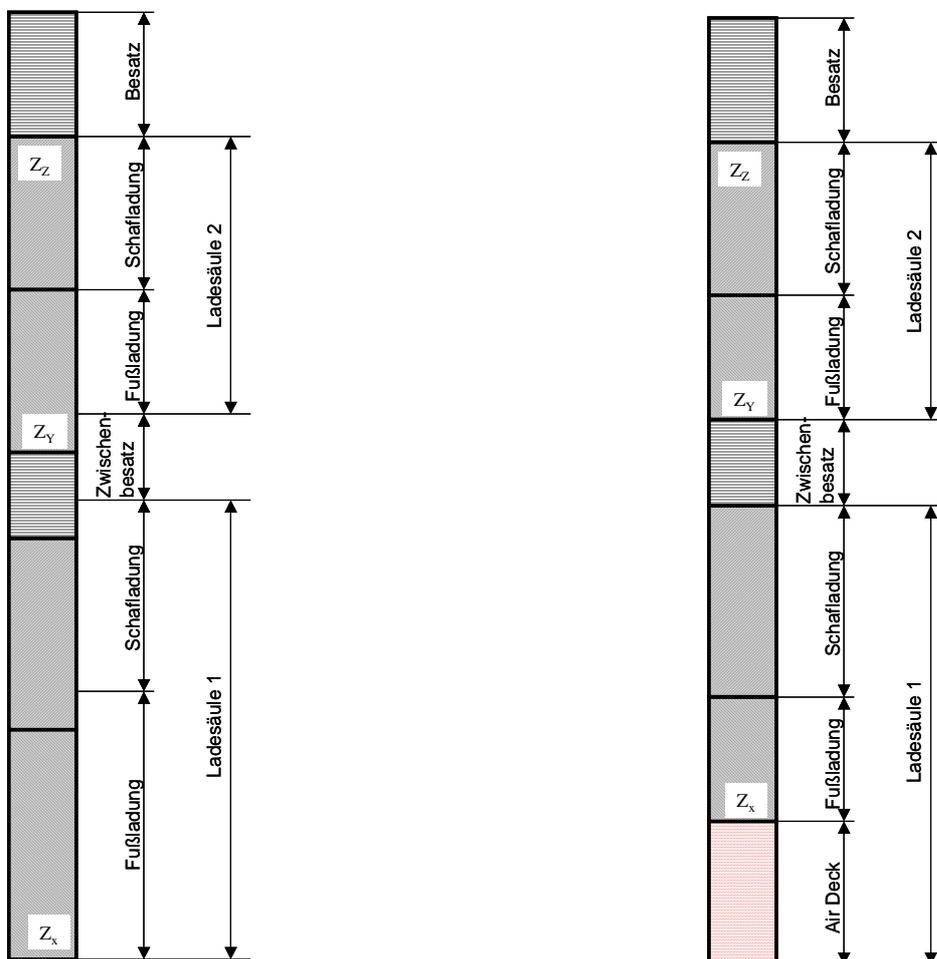


Abbildung 7: Aufbau der Ladesäulen, Peggau

Versuche Peggau								
	Vorgabe	Seitenabstand	Unterbohrung	BL - Neigung	spez. Sprengstoffverbrauch	Volumen unter Sohlenniveau	Sprengstoff unter Sohlenniveau	Energie unter Sohlenniveau
	[m]	[m]	[m]	[°]	[g/m³]	[m³]	[kg]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	4,0 - 5,5	4	1,5	75		30	10,7	357,1
Standardsprengung	5	4	1,2	75	276	26	9,3	358
AD - Versuch 2	1.R: 4,9; 2.R: 4,3	4	0,5	1.R:74; 2.R:75	228	10	Air Deck	Air Deck
AD - Versuch 5	1.R: 5,3; 2.R: 4,5	4	0,5	1.R:72; 2.R:74	259	10	Air Deck	Air Deck
AD - Versuch 7	5	4	0,5	73	191	10	Air Deck	Air Deck
AD - Versuch 11	1.R: 4,3; 2.R: 4,6	4	0,5	75	257	9	Air Deck	Air Deck

Tabelle 16: Sprenggeometrie und Energieeintrag, Peggau (teilweise Sohlbohrlöcher)

	Länge der Ladesäule 1		Länge der Ladesäule 2		Ladesäule 1		Ladesäule 2		
					Energieeintrag		Energieeintrag		
	Gesamt	Fußladung 1	Kopfladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 2	Fußladung 1	Kopfladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 2
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[g/m³]	[g/m³]	[g/m³]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	7,0 - 25,0	3,5	3,5 - 8	3,5	3,5 - 8	396,8	347,2	396,8	347,2
Standardsprengung	14,5	3,5	3,5	-	7,5	379,9	332,4	-	266,0
AD - Versuch 2	24,0	3,5	6,0	2,0	12,5	415,2	363,4	66,4	308,1
AD - Versuch 5	9,5	2,5	-	-	7,0	297,6	-	-	230,7
AD - Versuch 7	23,4	3,0	6,5	2,9	11,0	292,7	256,1	77,2	204,9
AD - Versuch 11	25,3	3,5	6,0	2,0	13,8	405,8	355,1	58,8	294,4

Tabelle 17: Länge der Ladesäulen und Energieeintrag, Peggau (teilweise Sohlbohrlöcher)

Bei allen AD Versuchen im Steinbruch Peggau war die Beschaffenheit der Etagensole nach dem Sprengen gut. Nur beim Versuch AD2 blieb in der Mitte des Abschlags ein kleiner Höcker stehen. Der Grund dafür war, dass bei diesem Abschlag in der Mitte eine Karsthöhle auftrat und so nur die linke Hälfte des Abschlags mit Air Decks geladen wurde. Dieser Gebirgsteil war soweit aufgelockert, dass er ohne Probleme mit dem Tieflöffelbagger gefördert werden konnte.

Rückriss und Zerkleinerung der AD Sprengungen lagen im Bereich der Standardsprengungen.

	Betriebsgelände, Brückenwaage			Lurgrotte, Drei Zinnen			Schlosserei Kalkwerk		
	v _{max}	D	L/ZZST	v _{max}	D	L/ZZST	v _{max}	D	L/ZZST
	[mm/s]	[m]	[kg]	[mm/s]	[m]	[kg]	[mm/s]	[m]	[kg]
Standardsprengung	0,7	450	97,0	0,5	300	97,0	1,1	400	97,0
AD - Versuch 2	0,82	450	101,2	-	300	101,2	1,5	400	101,2
AD - Versuch 5	0,71	450	57,2	0,7	300	57,2	0,7	400	57,2
AD - Versuch 7	0,91	450	84,9	0,54	300	84,9	1,64	400	84,9
AD - Versuch 11	1,3	450	86,2	1,5	300	86,2	2,7	400	86,2

Tabelle 18: Zusammenfassung der Erschütterungswerte, Peggau

Zu den Sprengerschütterungen (Tabelle 18) ist anzuführen, dass sich bei zwei AD Versuchen (AD 7 und AD 11) an allen drei Messpunkten im Vergleich zu den Erschütterungsdaten im Zeitraum 2001-2005 höhere Sprengerschütterungen zeigten.

Die Erschütterungsdaten bei Standardsprengungen liegen im Mittel bei folgenden Werten:

- Lurgrotte (Drei Zinnen) bei Sprengungen im WB Nord: 0,77 mm/s
- Schlosserei Kalkwerk bei Sprengungen im WB Nord: 1,2 mm/s
- Versandgebäude / Brückenwaage bei Sprengungen im WB Nord: 1,02 mm/s

Unter Berücksichtigung dieser Durchschnittswerte aus mehreren Jahren liegen bei der Sprengung mit Airdecks geringfügige Erhöhungen vor.

Ob diese höheren Erschütterungen im Bereich der statistischen Schwankungen liegen oder ob es sich um eine signifikante Zunahme handelt kann auf Grund der beschränkten Datenlage nicht beurteilt werden. Bei zukünftigen AD Versuchen sollte jedoch auf das genaue Messen der Sprengerschütterungen hoher Wert gelegt werden.

Bei den Sprengversuchen in Wietersdorf zeigte sich, dass bei der realisierten Versuchssprengung mit veränderter Zündfolge insbesondere das Hauwerk im Bereich der unteren Ladesäule nur unzureichend geworfen wurde und somit die Ladearbeit nur unter Einsatz eines Hydraulikbaggers ausgeführt werden konnte.

Der AD Versuch im Steinbruch Wietersdorf zur Beantwortung der Frage, ob durch das Tauschen der Zündreihenfolge bei geteilten Ladesäulen (unterer Teil zuerst) höhere Erschütterungen auftreten, zeigte keine höheren Erschütterungen.

5.3 Jakomini

Die Abbildung 8 und die Tabellen 19 und 20 zeigen die Standardsprengung und die AD Versuche im Vergleich. Folgendes kann dazu angemerkt werden:

- Vorgabe und Seitenabstand blieben unverändert
- Die Unterbohrung wurde um 1 m reduziert
- Die Länge der Fußladung wurde um die Länge der Airdecks gekürzt
- Der Sprengstoffverbrauch lag bei den AD Versuchen im Bereich der Standardsprengung.

Insgesamt ist zur Datenlage im Steinbruch Jakomini anzumerken, dass praktisch keine Standarddaten vorhanden waren, mit denen die AD Versuche hätten verglichen werden können.

Auf grund von Produktionsumständen und bedingt durch die Umstellung des Betriebes wurden in der letzten Zeit eigentlich nur Sondersprengungen ausgeführt. Aus diesem Grunde konnte auch bereits in der Diplomarbeit Oberrauner nur schwer ein Vergleich zu „üblichen Sprengungen“ angestellt werden.

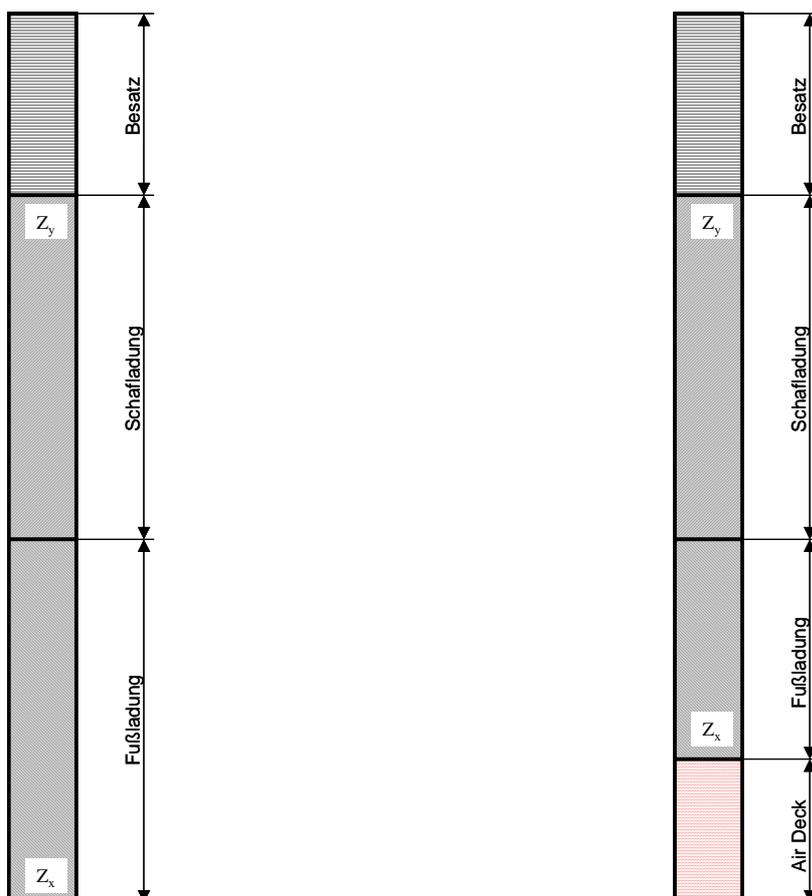


Abbildung 8: Aufbau der Ladesäulen, Jakomini

Versuche Jakomini								
	Vorgabe	Seiten- abstand	Unter- bohrung	BL - Neigung	spez. Sprengstoff- verbrauch	Volumen unter Sohlenniveau	Sprengstoff unter Sohlenniveau	Energie unter Sohlenniveau
	[m]	[m]	[m]	[°]	[g/m ³]	[m ³]	[kg]	[g/m ³]
Allgemeine Sprengeometrie	3,5	4	1,2	74	265	16,8	7,1	425,1
Standardsprengung	4	5	1,5	1.R:75/2.R:80	361	390	137	350,0
AD - Versuch 4	3,5	4,5	0,5	80	414	165	-	Air Deck
AD - Versuch 10	3,5	4,5	-	85	289	-	-	Air Deck

Tabelle 19: Sprengparameter und Energieeintrag, Jakomini

	Energieeintrag						
	Gesamt	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1
	[m]	[m]	[m]	[m]	[g/m ³]	[g/m ³]	[g/m ³]
Allgemeine Sprengeometrie	17 - 22	-	8	8,0 - 14,0	-	510,1	446,4
Standardsprengung	17,2	-	5,5	11,8	-	357,1	312,5
AD - Versuch 4	15,6	-	8,0	7,6	-	453,5	396,8
AD - Versuch 10	17,4	1,4	7,0	9,0	357,1	453,5	396,8

Tabelle 20: Länge der Ladesäulen und Energieeintrag, Jakomini

Insgesamt war der Einsatz der Air Decks im Steinbruch Jakomini kein großer Erfolg. Bei den beiden AD Versuchen blieb jedes Mal im Sohlenbereich ein Gebirgstiel stehen. Beim Versuch AD4 lag dieser Teil, ca. 4,5 x 10 m, im vorderen Bereich der Sohle. Der Grund dafür könnte sein, dass die Energie im Fußbereich zu gering war um eine ebene Sohle zu gestalten. Beim Versuch AD10 war im linken Sohlenbereich ein Teil stehen geblieben. Hier lag der Grund daran, dass ein Bohrloch in diesem Bereich nicht geladen werden konnte und die Energie in diesem Teil demnach zu gering war.

Hinsichtlich der eher schlechten Ergebnisse der AD Versuche im Steinbruch Jakomini muss aber auch angeführt werden, dass die Randbedingungen der Versuch nicht optimal waren. Demnach kann letztendlich für den Steinbruch Jakomini kein Schluss hinsichtlich der Vor- oder Nachteile beim Sprengen mit Air Decks gezogen werden.

Dies gilt auch für die Sprengerschütterungen (Tabelle 21). Es liegt nur ein einziger Vergleichswert vor. Dieser ist der Erschütterung bei einer Standardsprengung vergleichbar.

	Hermsberg 4		
	v _{max}	D	L/ZZST
	[mm/s]	[m]	[kg]
Standardsprengung	0,48	600	114,3
AD - Versuch 4	-	600	-
AD - Versuch 10	0,5	600	116,2

Tabelle 21: Zusammenfassung der max. Erschütterungswerte, Jakomini

6 Resümee zum Einsatz von Air Decks

6.1 Allgemeiner Eindruck

Im Zuge der Versuche zeigte sich, dass das Air Deck System Power Deck in der Handhabung sehr einfach ist und gut in Bohrlöcher mit 90 mm Durchmesser eingebracht werden kann. Es erfordert nicht viel Arbeit und Zeitaufwand die Air Decks zusammen zu bauen und in das Bohrloch einzubringen. Der Einsatz von Air Decks kann, ohne viel Zeitaufwand, in den Ablauf der Ladetätigkeiten eingebaut werden.

Das einzige Problem, welches sich teilweise zeigte bestand darin, dass die Air Decks bei schlechter Bohrlochbeschaffenheit im Bohrloch stecken blieben. Dies konnte dadurch gelöst werden, dass die Air Decks zusätzlich im Bereich des Holzstabes beschwert wurden.

6.2 Sohlenbeschaffenheit

Mit Hilfe der Air Decks kann auch ohne Sohlbohrlöcher und nur mit geringer Unterbohrung einen gute Beschaffenheit der Etagensohle erreicht werden.

Grundvoraussetzung dafür sind:

- Genaue Kontrolle der Unterbohrung
- Ausreichende Energie im Wandfuß
- Korrekt ausgelegtes Vorgaben- zu Seitenabstandsverhältnis
- Zündung der Sprengladungen vorzugsweise über dem Air Deck im Bohrlochtieften
- Abstimmung der Zündreihenfolge der Bohrlöcher auf die Schichtung (vorzugsweise Sprengen mit dem Einfallen)

Insgesamt ist der Eindruck gegeben, dass die Air Decks beim Sprengen ohne Sohlbohrlöcher helfen. Sie sind jedoch nicht ausreichend, eine geringe Qualität der Bohr- und Sprengarbeit zu kompensieren.

6.3 Zerkleinerung, Bruchwandbeschaffenheit

Es war bei den AD Versuchen allgemein der Eindruck gegeben, dass das Hauwerk eher feiner zerkleinert war als bei den Standardsprengungen. Bei keinem der AD Versuche waren große Knauer zu beobachten, welche die Lade- und Förderarbeit behindert hätten.

Die Beschaffenheit der Bruchwände war bei allen Versuchen in Ordnung. Es waren bei fast allen Tests Bohrlochriemen an den Bruchwänden zu erkennen. Der Rückriss war daher allgemein gering; außer in den Bereichen, in wo es zu einem Nachriss auf Grund der Gebirgsstrukturen kam.

6.4 Erschütterungen

Im Steinbruch Eibenstein lagen die Sprengerschütterungen zum Teil unter und geringfügig auch über den Sprengerschütterungen aus der Standardsprengarbeit. Ein geringfügiger Trend zu höheren Sprengerschütterungen wurde im Steinbruch Peggau vorgefunden.

Gleichzeitig muss jedoch deutlich darauf hingewiesen werden, dass die Datenlage aus den Versuchssprengungen zu gering ist, um diese Aussage statistisch abzusichern. Jedoch ist ebenso festzuhalten, dass keine eindeutige Reduzierung der Sprengerschütterungen auftrat, sowie es von einer Reduzierung der Unterbohrung zu erwarten gewesen wäre.

6.5 Wirtschaftliche und sicherheitliche Beurteilung

Die Versuche haben gezeigt, dass durch den Einsatz von Air Decks die Unterbohrung reduziert werden kann und zudem eine Sprengstoffeinsparung im Bereich von etwa 10 % erreicht werden kann. Diese Ergebnisse können ohne Verschlechterung des Sprengergebnisses erzielt werden.

Daraus leitet sich ab, dass der Einsatz von Air Decks wirtschaftlich ist.

Dort wo Air Decks dazu beitragen, Sohlbohrlöcher zu vermeiden, ist ganz eindeutig eine massive Reduzierung der Bohr- und Sprengkosten gegeben.

Die Anwendung von Air Decks im Bohrlochtiefsten beim Sprengen bringt auch folgende wichtige sicherheitliche Vorteile:

- möglicher Verzicht auf Sohlbohrlöcher
- kein Sprengstoff im Bohrlochtiefsten (sicherheitlicher Gewinn bei Versagern)

6.6 Ausblick

Insgesamt zeigten die ersten 10 Air Deck Sprengversuche mit dem System Power Deck, dass Sprengen mit Air Decks im Bohrlochtiefsten einen sicherheitlichen und wirtschaftlichen Gewinn darstellen kann. Dies gilt auch beim Einsatz in geneigten Bohrlöchern und bei kleinen Bohrl Lochdurchmessern.

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass jedenfalls eine Reihe weiterer messtechnisch kontrollierter Sprengungen erforderlich sein wird um

- den Mechanismus der Wirkungsweise der Air Decks als Basis für eine optimierte Auslegung besser zu verstehen
- die sicherheitlichen und wirtschaftlichen Vorteile besser quantifizieren zu können und die Air Decks hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Sprengerschütterungen einschätzen zu können.

Ebenso werden noch weitere Untersuchungen notwendig sein, um zu beurteilen inwieweit der Auflockerungszustand im Sohlbereich im Hinblick auf die Auswirkungen bei der Ausführung von Bohrarbeiten verringert werden konnte.

Datendokumentation

6.7 Eibenstein

Abschlag 420-3 am 19.05.2005				
Abschlagsmasse		Sprengstoffmenge	spez. Sprengstoffverbrauch	
[m³]	[t]	[kg]	[g/m³]	
1455,3	4307,7	392,5	269,7	
Bohrgeometrie				
Bohrlochdurchmesser		90	mm	
Anzahl der Bohrlöcher		9		
Länge der Bohrlöcher		10 - 11,4	m	
Bohrschema				
Daten der Sprengung				
max. Sprengstoffmenge/BL		43,6 kg		
Gesamtmenge		392,5 kg		
Zünder		Nonel, Shock Star, 300 ms, 310 ms		
Sprengstoffart		Ecudanubit; Lambrit, lose		
Ergebnisse				
Sohle		Anstieg der Sohle aufgrund der Reduzierung der Unterbohrung auf null		
Bruchwand		-		
Zerkleinerung		oberflächlich waren Knauer zu erkennen		
Rückriss		-		
Erschütterungen		Geophon 165 $v_{max}=0,32$ mm/s	Geophon 208 $v_{max}=0,85$ mm/s	

Tabelle 22: Datenblatt der Standardsprengung, Eibenstein



Bild 2: Abschlag 420-3/2005

Abschlag 420 - 3/2005		
BL - Anzahl	9	
BL - Durchmesser	90	mm
BL - Tiefe	10 - 11,4	m
BL - Neigung	70	°
Vorgabe	3,5	m
Seitenabstand	4,2	m
Unterbohrung	keine	m
LM/ZZST	43,6	kg
Sprengstoffverbrauch	392,5	kg
Zündung	nicht elektr.	

Tabelle 23: Parameter der Standardsprengung, Eibenstein

Air Deck - Versuche Eibenstein					
	AD 1	AD 3	AD 8	AD 9	
BL - Anzahl	8	10	7	9	
BL - Durchmesser	90	90	90	90	mm
BL - Tiefe	12,3 - 12,8	12,3 - 13,6	11 - 12,1	10,2 - 11,3	m
BL - Neigung	70	70	85	85/70	°
Vorgabe	3,5	3,5	3,5	3,5	m
Seitenabstand	4,2	4,2	4,2	4,2	m
Unterbohrung	0,5	0,5	0	0/0,5	m
Air Deck - Länge	0,55	0,55	1	1	m
Schlagpatrone	Ecudanubit (2,5 kg)	Ecudanubit (2,5 kg)	AG 2, 80 x 700 (5 kg)	AG 2, 80 x 700 (5 kg)	

Tabelle 24: Parameter aller Versuchssprengungen, Eibenstein

Versuche Eibenstein						
	Vorgabe	Seitenabstand	Unterbohrung	BL - Neigung	spez. Sprengstoffverbrauch	Energie unter Sohlenniveau
	[m]	[m]	[m]	[°]	[g/m³]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	3,5	4,2	1	70	270	340,1
Standardsprengung	3,5	4,2	keine	70	269	-
AD - Versuch 1	3,5	4,2	0,5	70	295	Air Deck
AD - Versuch 3	3,5	4,2	0,5	70	237	Air Deck
AD - Versuch 8	3,5	4,2	keine	85	203	-
AD - Versuch 9	3,5	4,2	0,5/keine	85/70	242	Air Deck/-

Tabelle 25: Parameter aller Versuchssprengungen, Eibenstein

	Länge Ladesäule				Energieeintrag		
	Gesamt	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1
	[m]	[m]	[m]	[m]	[g/m³]	[g/m³]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	7,0 - 10,0	-	4,5	3,5 - 5,5	-	340,1	346,2
Standardsprengung	8,6	-	4,0	4,6	-	340,1	346,2
AD - Versuch 1	9,4	-	3,3	6,1	-	340,1	346,2
AD - Versuch 3	5,7	-	3,4	2,3	-	340,1	346,2
AD - Versuch 8	7,5	0,7	3,3	3,5	485,9	340,1	346,2
AD - Versuch 9	8,3	0,7	6,0	1,6	485,9	340,1	346,2

Tabelle 26: Zusammenfassung Energieeintrag, Eibenstein

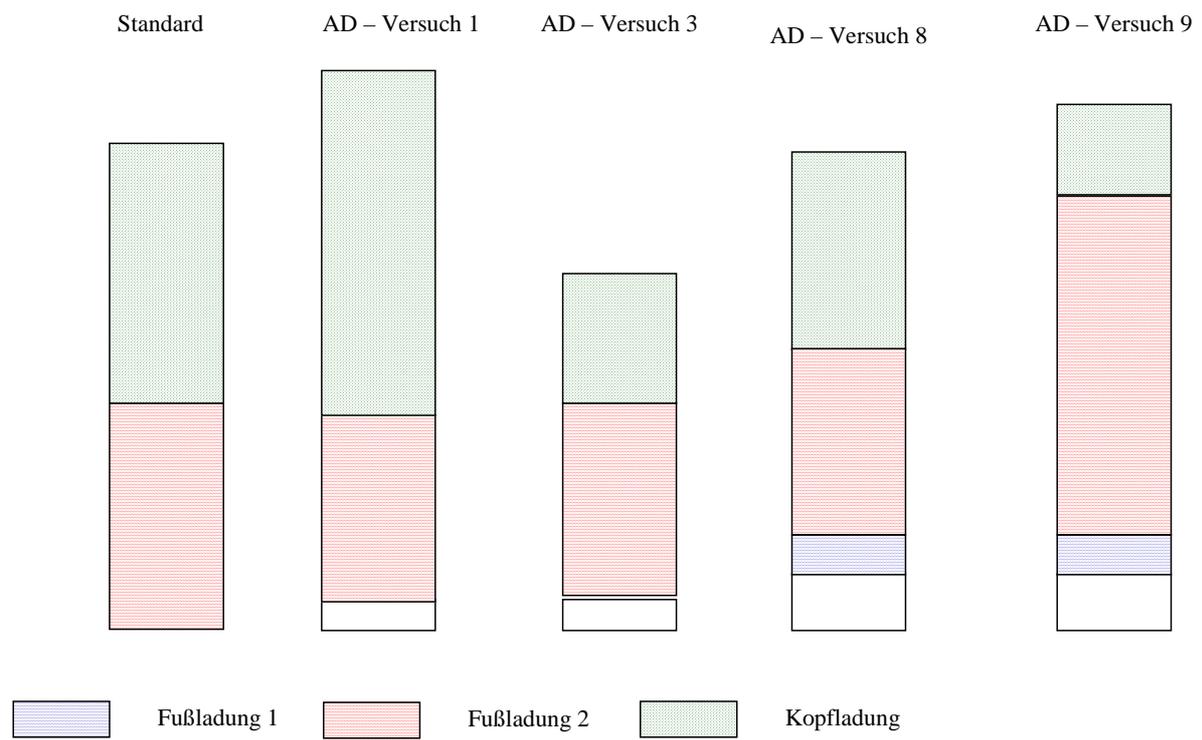


Abbildung 9: Energieverteilung bezogen auf die Ladesäulenlängen, Eibenstein

6.8 Peggau

Abschlag 19 am 28.04.2005			
Abschlagsmasse		Sprengstoffmenge	spez. Sprengstoffverbrauch
[m ³]	[t]	[kg]	[g/m ³]
4771	11929	1320,7	276
Bohrgeometrie			
Bohrlochdurchmesser		90	mm
Anzahl der Bohrlöcher		14	
Länge der Bohrlöcher		10 - 20,5	m
Bohrschema			
Daten der Sprengung			
max. Sprengstoffmenge/BL	96,9 kg		
Gesamtmenge	1320,7 kg		
Zünder	elektronisch, I-kon VS (Digital Energy Control)		
Sprengstoffart	Austrogel G2, Lambrex 2, Poladyn, Emulgit, Polonit V		
Ergebnisse			
Sohle	gut		
Bruchwand	gut		
Zerkleinerung	im Hauwerk waren einigen Knauer zu erkennen		
Rückriss	nicht zu erkennen		
Erschütterungen	Messstelle 1	Messstelle 2	
	$v_{max} = 0,7 \text{ mm/s}$	$v_{max} = 0,5 \text{ mm/s}$	
	Messstelle 3		
	$v_{max} = 1,1 \text{ mm/s}$		

Tabelle 27: Datenblatt der Standardsprengung, Peggau



Bild 3: Abschlag 19

Abschlag 19			
	Kopfbohrlöcher	Sohlbohrlöcher	
BL - Anzahl	14	11	
BL - Durchmesser	90	90	mm
BL - Tiefe	10-20,5	5,5 - 6,5	m
BL - Neigung	75	-5	°
Vorgabe	3,9 - 5,8	keine	m
Seitenabstand	4	2	m
Unterbohrung	keine	keine	m
LM/ZZST	96,9	-	kg
Sprengstoffverbrauch	1320	-	kg
Zündung	elektronisch	elektronisch	

Tabelle 28: Parameter der Standardsprengung, Peggau

Air Deck - Versuche Peggau					
	AD 2	AD 5	AD 7	AD 11	
BL - Anzahl	25/AD 11	25	13	43	
BL - Durchmesser	90	90	90	90	mm
BL - Tiefe	25,5 - 30,5	13	19 - 30	28 - 30	m
BL - Neigung	1.R:74; 2.R:75	1.R:72; 2.R:74	73	1.R:73; 2.R:74	°
Vorgabe	4,3 - 5,6	4,3 - 6,3	4,5 - 6,3	3,7 - 7	m
Seitenabstand	4	4	3,5 - 4	4	m
Unterbohrung	0,5	0,5	0,5	0,5	m
Air Deck - Länge	0,55	1	1	1	m
Schlagpatrone	AG 2, 65 x 700 (3,571 kg)				

Tabelle 29: Parameter aller Versuchssprengungen, Peggau

Versuche Peggau								
	Vorgabe	Seitenabstand	Unterbohrung	BL - Neigung	spez. Sprengstoffverbrauch	Volumen unter Sohlenniveau	Sprengstoff unter Sohlenniveau	Energie unter Sohlenniveau
	[m]	[m]	[m]	[°]	[g/m³]	[m³]	[kg]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	4,0 - 5,5	4	1,5	75		30	10,7	357,1
Standardsprengung	5	4	1,2	75	276	364	130,2	358
AD - Versuch 2	1.R: 4,9; 2.R: 4,3	4	0,5	1.R:74; 2.R:75	228	100,6	Air Deck	Air Deck
AD - Versuch 5	1.R: 5,3; 2.R: 4,5	4	0,5	1.R:72; 2.R:74	259	242,6	Air Deck	Air Deck
AD - Versuch 7	5	4	0,5	73	191	130	Air Deck	Air Deck
AD - Versuch 11	1.R: 4,3; 2.R: 4,6	4	0,5	75	257	386	Air Deck	Air Deck

Tabelle 30: Zusammenfassung, Peggau

	Länge der Ladesäule 1		Länge der Ladesäule 2		Ladesäule 1		Ladesäule 2		
					Energieeintrag		Energieeintrag		
	Gesamt	Fußladung 1	Kopfladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 2	Fußladung 1	Kopfladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 2
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[g/m³]	[g/m³]	[g/m³]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	7,0 - 25,0	3,5	3,5 - 8	3,5	3,5 - 8	396,8	347,2	396,8	347,2
Standardsprengung	14,5	3,5	3,5	-	7,5	379,9	332,4	-	266,0
AD - Versuch 2	24,0	3,5	6,0	2,0	12,5	415,2	363,4	66,4	308,1
AD - Versuch 5	9,5	2,5	-	-	7,0	297,6	-	-	230,7
AD - Versuch 7	23,4	3,0	6,5	2,9	11,0	292,7	256,1	77,2	204,9
AD - Versuch 11	25,3	3,5	6,0	2,0	13,8	405,8	355,1	58,8	294,4

Tabelle 31: Zusammenfassung Energieeintrag, Peggau

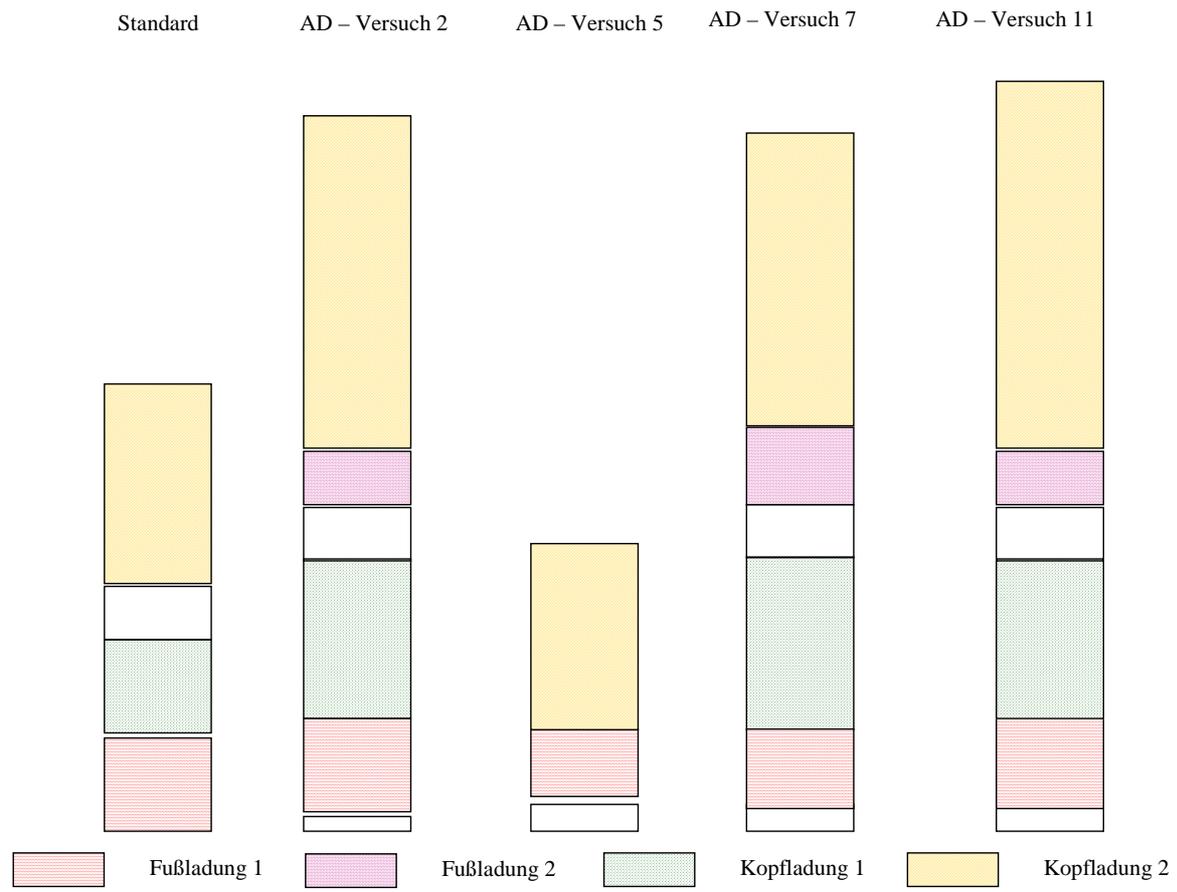


Abbildung 10: Energieverteilung bezogen auf die Ladesäulenlängen, Peggau

6.9 Jakomini

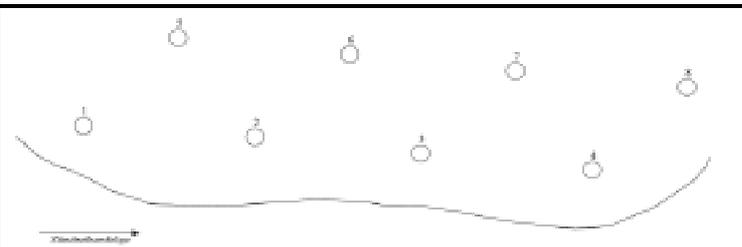
Sprengfeld 7 am 16.06.2005			
Abschlagsmasse		Sprengstoffmenge	spez. Sprengstoffverbrauch
[m³]	[t]	[kg]	[g/m³]
2500	7375	901,7	361
Bohrgeometrie			
Bohrlochdurchmesser	89	mm	
Anzahl der Bohrlöcher	13		
Länge der Bohrlöcher	1.R:20,8	m	
	2.R:20,3	m	
Bohrschema			
			
Daten der Sprengung			
max. Sprengstoffmenge/BL	114,3 kg		
Gesamtmenge	901,7		
Zünder	nicht elektrische; 400 ms/425 ms		
Sprengstoffart	Austrogel G1/Lambrex 2		
Ergebnisse			
Sohle	ein Gebirgstheil stehen geblieben		
Bruchwand	gut		
Zerkleinerung	grob, ein Teil stehen geblieben		
Rückriss	-		
Erschütterungen	Hermsberg: $v_{max} = 0,48$ mm/s		

Tabelle 32: Datenblatt der Standardsprengung, Jakomini



Bild 4: Sprengfeld 7, Jakomini

Sprengfeld 7		
BL - Anzahl	8	
BL - Durchmesser	89	mm
BL - Tiefe	20,3 - 20,8	m
BL - Neigung	v: 75; h: 80	°
Vorgabe	4,6	m
Seitenabstand	5	m
Unterbohrung	1,2	m
LM/ZZST	114,3	kg
Sprengstoffverbrauch	901	kg
Zündung	nicht elekt.	

Tabelle 33: Parameter der Standardsprengung, Jakomini

Air Deck - Versuche Jakomini			
	AD 4	AD 10	
BL - Anzahl	21	11	
BL - Durchmesser	89	89	mm
BL - Tiefe	23	21	m
BL - Neigung	80	85	°
Vorgabe	3,5	3 - 3,5	m
Seitenabstand	4,5	4,5	m
Unterbohrung	0,5	keine	m
Air Deck - Länge	0,55	1	m
Schlagpatrone	AG 2, 65 x 700 (3,571 kg)	AG 2, 80 x 700 (5 kg)	

Tabelle 34: Parameter aller Versuchssprengungen, Jakomini

Versuche Jakomini								
	Vorgabe	Seitenabstand	Unterbohrung	BL - Neigung	spez. Sprengstoffverbrauch	Volumen unter Sohlenniveau	Sprengstoff unter Sohlenniveau	Energie unter Sohlenniveau
	[m]	[m]	[m]	[°]	[g/m³]	[m³]	[kg]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	3,5	4	1,2	74	265	16,8	7,1	425,1
Standardsprengung	4	5	1,5	1.R:75/2.R:80	361	390	137	350,0
AD - Versuch 4	3,5	4,5	0,5	80	414	165	-	Air Deck
AD - Versuch 10	3,5	4,5	-	85	289	-	-	Air Deck

Tabelle 35: Zusammenfassung, Jakomini

	Energieeintrag						
	Gesamt	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1	Fußladung 1	Fußladung 2	Kopfladung 1
	[m]	[m]	[m]	[m]	[g/m³]	[g/m³]	[g/m³]
Allgemeine Sprengeometrie	17 - 22	-	8	8,0 - 14,0	-	510,1	446,4
Standardsprengung	17,2	-	5,5	11,8	-	357,1	312,5
AD - Versuch 4	15,6	-	8,0	7,6	-	453,5	396,8
AD - Versuch 10	17,4	1,4	7,0	9,0	357,1	453,5	396,8

Tabelle 36: Zusammenfassung Energieeintrag, Jakomini

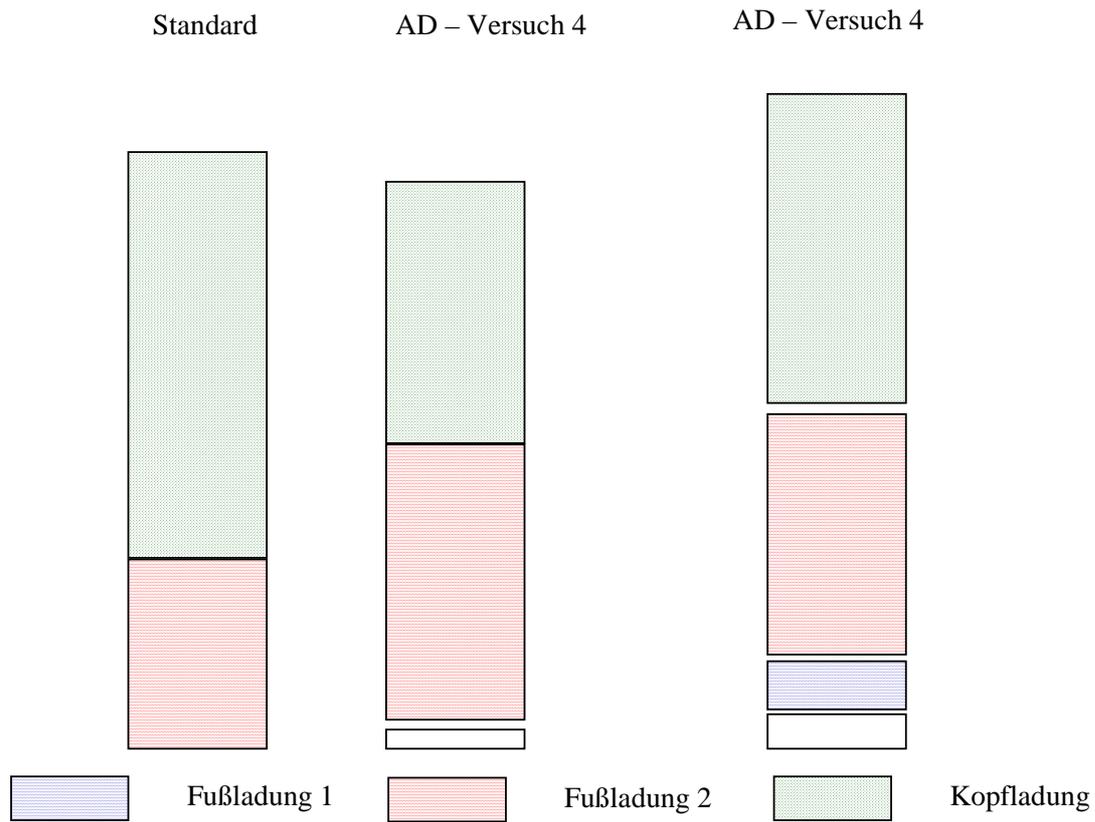


Abbildung 11: Energieverteilung bezogen auf die Ladesäulenlängen, Peggau