

HANSER



Leseprobe

Rolf Schillinger

Sprengtechnik und Umwelt in der Praxis

ISBN: 978-3-446-41870-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41870-7>

sowie im Buchhandel.

3 Sprengen im Steinbruch und Baubetrieb

3.1 Sprengverfahren

Unter Sprengverfahren versteht sich der vielfältige Einsatz von Spreng- und Zündmitteln in Bezug auf ein Verfahren innerhalb der Sprengtechnik, das einen optimalen Sprengerfolg erwarten lässt. Im Vordergrund steht dabei der Sprengzweck, der zur Lösung technischer Aufgaben, wie das Herauslösen von Gesteinen für die Werksteinindustrie, Gewinnungsarbeiten für die Grundstoffindustrie, Herauslösen von Hohlräumen im Berg- und Tunnelbau, Arbeiten im Bau- und Abbruchgewerbe, Arbeiten zu land- und forstwirtschaftlichen Zwecken und dgl., führen soll. Die moderne Sprengtechnik hat eine maßgebliche Bedeutung auf Abläufe im Bergbau, in der Natursteinindustrie und im Baugewerbe. Der hohe technische Stand bei Spreng- und Zündmitteln sowie moderne Bohrtechnik bilden die Grundlage für optimale Sprengungen mit unterschiedlichen Sprengverfahren. Neben den Verfahren mit Einzelsprengungen wie z. B. Knäpper-, Kessel-, Lassen-, Spaltsprengungen sowie seismischen Sprengungen sind die Sprengverfahren mit Sprenganlagen wie z. B. Aushub-, Gewinnungs-, Vortriebs-sprengungen, aber auch Abbruch- und andere Sondersprengverfahren, in der Praxis von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung für die Betriebe. Die rationalen Verfahrensweisen mit Sprenganlagen bilden die Grundlagen für eine technische und wirtschaftliche Sprengtechnik unter der Berücksichtigung der Sicherheitsaspekte gegenüber der Umwelt [48].

Es ist wichtig, dass Begriffsbestimmungen in der Sprengtechnik mit der Regel der Technik übereinstimmen. Durch Einhaltung von Begriffsbestimmungen aus den Regelwerken der Sprengtechnik können unklare Auslegungen über Sprengverfahren vermieden werden. Klare Bezeichnungen, wie „das Zerteilen“ von Fels, d.h. Abtrag des Felsens durch Sprengen, den Vortrieb durch Sprengen sowie das Lösen des Felsens bzw. Gebirges durch Sprengen oder wie „das Aufreißen“ von Fels, d.h. Auflockerung des Felsens durch Sprengen bzw. Lockerungssprengungen, haben sich durchgesetzt [45, 59].

Die Einteilung der Sprengverfahren kann nach unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen, wie z. B. nach dem Sprengzweck, nach Art der Laderäume und deren Anordnung, nach der Anordnung der Zündmittel, nach der Art oder Zusammensetzung der verwendeten Ladung u. dgl. Es wird, wie bereits dargestellt, unterschieden zwischen

▷ Auflockerungssprengungen (Aufreißen), bei denen die Vorgaben des Mediums nicht geworfen, sondern nur aufgelockert werden (Aufreißen des Gefüges von Gestein, Bauteilen oder anderen verfestigten Materialien ohne deren Auswurf)

und

▷ Zertrümmerungssprengungen oder Felslösungssprengungen (Zerteilen), bei denen das Material stark zertrümmert und fallweise nicht – wie z. B. bei einer übertägigen Strossen- oder Gewinnungssprengung – umgelagert wird.

Die klare Bestimmung des Sprengverfahrens hält dazu an, dass nach der geeigneten sprengtechnischen Vorgehensweise so zu verfahren ist, dass der erwünschte optimale Sprengerfolg erzielt wird. Die Sprengarbeit umfasst alle für das Sprengen notwendigen Tätigkeiten mit Ausnahme des Herstellens der Laderäume, wobei die Sprengtechnik die Verfahrenstechnik für das Sprengen ist.

Sprengen ist das gewaltsame, plötzliche Aufreißen sowie Zerteilen von Sprengobjekten durch die bei der Umsetzung einer Sprengladung frei werdende Energie [59]. Sprengverfahren werden nach der Art des Einbruchs, dem Zweck des Sprengens, den Laderäumen und deren Anordnung, Anordnung der Zündmittel und anderen Merkmalen bezeichnet. Der Zweck der sprengtechnischen Planungen besteht darin, dass bei den vor Ort gegebenen Verhältnissen ein im technischen, wirtschaftlichen und sicherheitlichen Sinne optimaler Sprengerfolg sichergestellt ist. Ein Sprengverfahren ist demnach die Art und Weise der Anwendung der Sprengmittel zur Erreichung des angestrebten Sprengzweckes.

3.2 Einzelsprengungen

3.2.1 Werksteingewinnung

Die Sprengverfahren zur Gewinnung von Gebirge sind weitläufig unterschiedlich und stets auf die Bedürfnisse des laufenden Betriebes ausgerichtet. Neben der sprengtechnischen Gewinnung von Gebirge, das zur Aufbereitung als Zuschlagsstoffe, Schotter und Splitte dient, unterliegt die Gewinnung von Werksteinen zur Weiterverarbeitung einer besonders schonenden Behandlung. Letztere ist Voraussetzung zur Vermeidung von Anrisse, Haarrissen und sonstiger Beeinträchtigungen oder Zerstörungen des zu verarbeitenden Werksteines. Die besondere Technik besteht darin, dass bestimmte Gesteinsstücke, unter Ausnutzung ihrer natürlichen Teilbarkeit, schonend aus dem Gebirge herausgelöst werden. Dazu wird eine vorsichtige, allmähliche Auflockerung und Trennung des Gebirges entlang der vorgesehenen Spaltrichtung angestrebt [8, 45]. Dies wird durch kleinere Sprengungen, zum Teil mit Einzelschüssen unter Einsatz von Pulversprengstoffen, durchgeführt. Die Blockgewinnung ist im Bild 3.1 dargestellt.

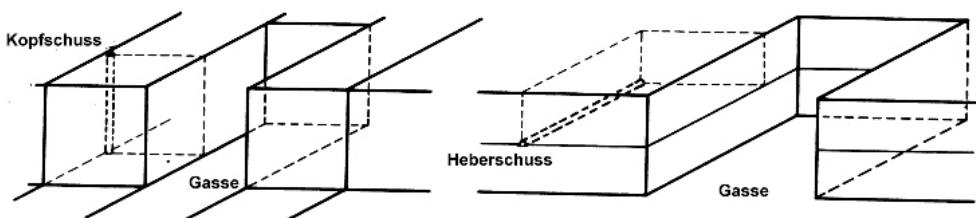


Bild 3.1: Blockgewinnung durch Kopf- und Heberschuss

3.2.2 Kesselsprengungen

Ist der Laderraum eines Bohrloches mit kleinem Durchmesser nicht in der Lage, die zum ordnungsgemäßen Werfen der Vorgabe benötigte Sprengstoffmenge aufzunehmen, so wird das Bohrloch im Tiefsten durch Zünden einer brisanten Sprengladung erweitert [8, 45]. Dieses wird so oft wiederholt, bis der Laderraum die erforderliche Größe zur Aufnahme des benötigten Sprengstoffes hat. Das Verfahren eignet sich für alle Gebirgsarten.

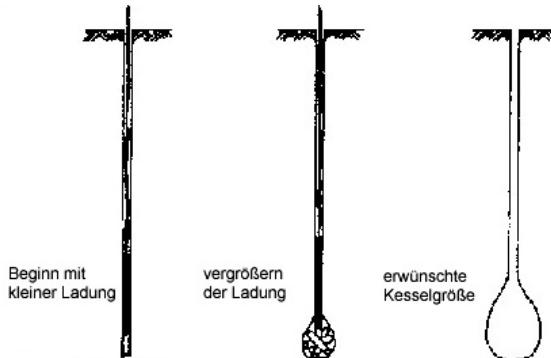


Bild 3.2: Kesselsprengung

3.2.3 Lassensprengungen

Beim Lassensprengen werden die natürlich vorhandenen Spalten und Klüfte des Gebirges als Laderraum für den Sprengstoff benutzt. Das Einbringen von Bohrlöchern entfällt hierbei. Sind die Klüfte oder Spalten mit Material (Lehm, Ton, Sand usw.) ausgefüllt, so muss der vorgesehene Laderraum zuerst bereinigt werden [8, 45]. Der Laderraum sollte, wenn möglich, seitlich und in der Tiefe durch Holzpfölcke abgegrenzt und mit Lehm oder Ton oder ähnlichem Material abgedichtet werden. Der Laderraum wird anschließend mit Pulversprengstoff besetzt.

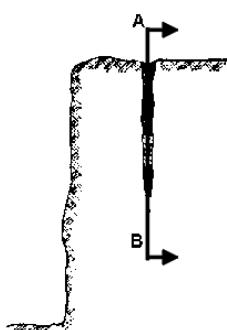


Bild 3.3: Lassensprengung/Schnitt AB

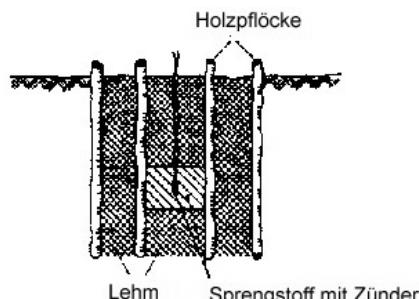


Bild 3.4: Lassensprengung

3.2.4 Schnüren

Wie die Lassensprengungen dient das Schnüren zur Gewinnung von Werksteinen. Dazu werden in Bohrlöchern oder Trennfugen kleine Sprengpulverladungen gezündet, welche die natürlichen Löseflächen erweitern sollen. Oftmals sollen nur Spalten aufgerissen werden, die dann als Laderraum für Lassensprengungen dienen [8, 45].

Ähnlich den Kesselsprengungen wird die Lademenge von Sprengung zu Sprengung gesteigert. Dabei sollte nicht mehr als 1/3 des Laderraums mit Sprengstoff besetzt werden. Dadurch wird eine Beschädigung des Werksteines weitgehend vermieden.

Die Werksteingewinnung erfordert eine völlig auf die örtlichen Verhältnisse und den jeweiligen Verwendungszweck abgestimmte Gewinnungstechnik. Das Gassensprengen ist im Bild 3.5 dargestellt.

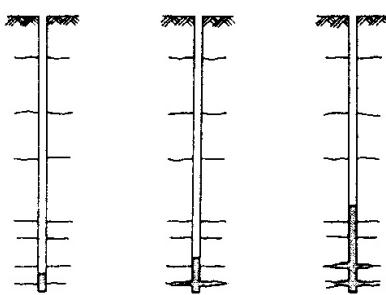


Bild 3.4: Schnüren

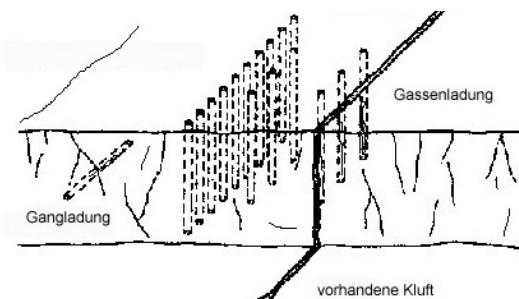


Bild 3.5: Gassensprengung

3.2.5 Knäppersprengung

Zur Nachzerkleinerung von zu groß angefallenen Gesteinsstücken, die von den Brecheranlagen nicht aufgenommen werden können, wird die Knäpper- (Bild 3.6) oder die Aufleger-sprengung (Bild 3.7) angewandt.

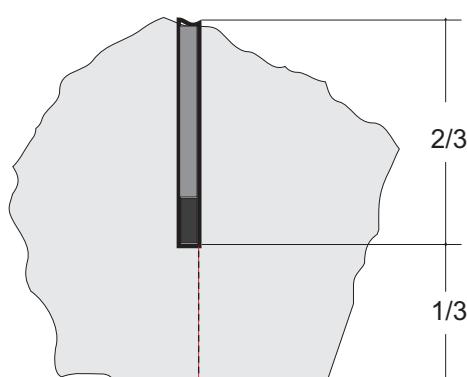


Bild 3.6: Knäppersprengung

Aufgrund der erheblichen Nebenwirkung von Schallimmissionen sollte auf diese Art der Freisteinzerkleinerung bei umweltrelevanten Gegebenheiten verzichtet werden. Bei Knäppersprengungen wird die Zerkleinerung durch in Bohrlöcher eingebrachten Sprengstoff erreicht. Dazu werden die Steine bis 1/2 bzw. 2/3 der Gesteinsdicke mit einem oder mehreren Bohrlöchern angebohrt und mit einer berechneten Lademenge gelantinösem oder losem Sprengstoff besetzt und elektrisch gezündet. Als Verdämmung (Besatz) eignen sich Sand oder Wasser [8, 45].

Je nach Zerkleinerungsgrad und verwendetem Sprengstoff kann mit einer Lademenge für weiche bis mittelharte Gesteine zwischen 50 und 150 g/m³ und für Hartgestein ca. 150 bis 250 g/m³ gerechnet werden. Diese Lademengen sollten nicht überschritten werden, da sonst die Gefahr eines erheblichen Steinfluges besteht.

Für die Nachzerkleinerung von Blöcken gilt folgende Formel:

$$M_L = 20 V_A + 50 \text{ in Gramm}$$

Die Berechnung ist für Gesteinsblöcke bis maximal 10 m³ ausreichend genau.

3.2.6 Auflegersprengung

Im Nachfolgenden werden die Parameter zur Berechnung (Sprengstoffmenge) des zu sprengenden Materials (Gesteinsbestimmung) vorgestellt [8, 45]. Bei Auflegersprengungen wird die Ladung eines möglichst hochbrisanten Sprengstoffes als gebündelte oder geballte Ladung auf den Freistein aufgelegt und sorgfältig mit feuchtem, steinfreiem Besatz gut verdämmt. Die Ladungsanordnung ist in Bild 3.7 dargestellt.

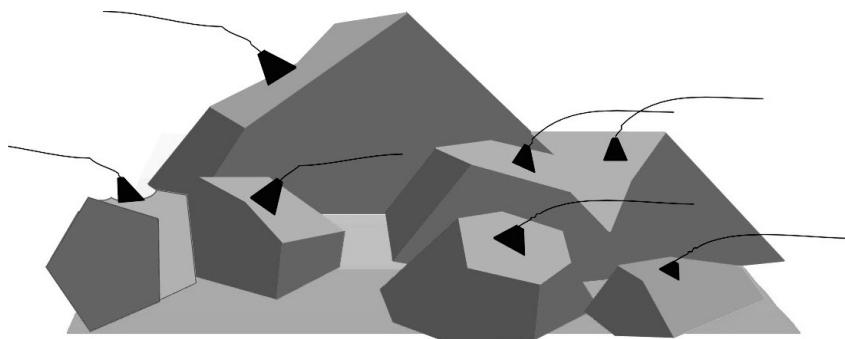


Bild 3.7: Auflegersprengung

$$M_L = V \cdot q$$

M_L = Lademenge in Gramm

V = Volumen des zu sprengenden Blocks in m³

$L_{max} \cdot B_{max} \cdot H_{max} \cdot$ Faktor 0,7 (Korrekturfaktor)

q = spezifischer Sprengstoffverbrauch in kg/m³

Anhaltswerte:

Die Werte in der nachfolgenden Tabelle 2.1 können nur als Anhaltswerte gelten und sollen lediglich einen groben Überblick über die Vielfalt der vorkommenden Gesteine geben. Bei jeder Sprengung soll der verantwortliche Sprengleiter die Sprengstoffmenge den Umständen entsprechend anpassen und eine Probesprengung ausführen.

► Ladungszuschläge und Abzüge:

- ist der Fels sehr zäh
- ist der Fels verwittert
- wird Gelatine verwendet
- wird die Ladung unterlegt
- wird der Block zum zweiten Mal gesprengt
(z. B. Nachsprengungen in Steinbrüchen)
- wird die Ladung gut verdämmt

} kann die Lademenge um
ca. 30% **erhöht** werden

 } so muss die Lademenge um
ca. 30% **reduziert** werden

Tabelle 3.1: Anhaltswerte in kg für Aufleger

Gesteinsart	Spezifischer Sprengstoffverbrauch (Sprengstoff brisant)
Granit	bis zu und mehr als 0,700 kg /m ³
Gneis	wie Granit, ca. 0,500 kg /m ³
Basalt	0,400 – 0,600 kg /m ³
Dolomit	0,350 – 0,500 kg /m ³
Alpenkalk	0,300 – 0,500 kg /m ³
Jurakalk	0,100 – 0,300 kg /m ³
Sandstein	0,150 – 0,500 kg /m ³
Nagelfluh	0,150 – 0,500 kg /m ³
Schiefer	bis 0,200 kg /m ³

Aufgrund der hohen Geräuschentwicklung können Auflegersprengungen nur dort durchgeführt werden, wo keine Umweltbeeinträchtigung durch Schallereignisse auftreten kann. Ist dies nicht möglich, so müssen Quellmittel oder mechanische Geräte zum Einsatz kommen.

3.3 Sprenganlagen

3.3.1 Sprenganlagen im Baugewerbe

Ein weites Feld von Einsatzmöglichkeiten der Sprengtechnik findet sich im Baugewerbe. Der effektive Aushub von Gebirge für bautechnische Zwecke ohne Sprengtechnik ist in weiten Bereichen unerlässlich. Sprengarbeiten im Baubereich unterliegen oftmals umweltrelevanten Zwängen. Insbesondere im Nahbereich von Bauwerken sind genaue Erschütterungsprognosen und besondere Sicherheitsmaßnahmen gefordert. Daneben besteht die Anforderung eines maßgerechten und schonenden Lösens des Gebirges. Diese Probleme können in vielen Fällen nur mit einer relativ kleinen Lademenge per Zündzeitstufe gelöst werden. D.h., dass im Umfeld von Bauwerken oder Versorgungseinrichtungen kleine Bohrlochdurchmesser zur Anwendung kommen werden. Dies führt wiederum dazu, dass kleinere Raster geplant werden müssen, die einer Beeinträchtigung der Umwelt entgegenwirken. In vielen Fällen wird das „schonende“ Sprengen zur Anwendung kommen.

3.3.2 Strossensprengungen

Zur Herstellung von Baugruben oder Einschnitten wird in der Regel der Strossenabbau angewandt. Die Größenordnungen der Sprengparameter befinden sich dabei in Abhängigkeit von der zulässigen Lademenge per Zündzeitstufe, die z. B. durch Erschütterungsprognosen ermittelt wurde. Dadurch wird wiederum der Laderraum bestimmt, in dem der errechnete Sprengstoff untergebracht werden kann.

Anhand der wechselhaften Anforderungen und Immissionsbegrenzungen im Einzelfall wird die Sprenganlage unterschiedliche Parameter aufweisen. Bei der Festlegung des Sprengstoffes für eine Strossensprenganlage ist davon auszugehen, dass im Strossenfuß anhand von Verspannungen der Sprengwiderstand ca. zweimal bis dreimal so groß ist wie im oberen Be-

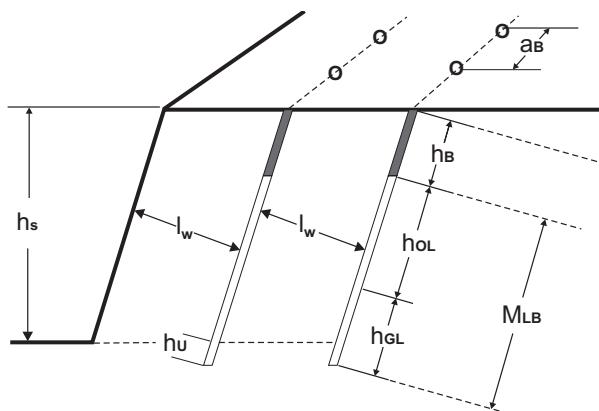


Bild 3.8: Parameter einer Strossensprenganlage

6 Sprengen und Umwelt

6.1 Umweltcharakterisierung von Sprengarbeiten

Sprengarbeiten über und unter Tage gehören sicherheitstechnisch und emissionstechnisch zu einem hochsensiblen Bereich und entscheiden vielfach über die Akzeptanz und den Erfolg eines Betriebes [23, 24]. Belästigungen, aber auch Gefahren, die mit der Sprengarbeit verbunden sind, sind eine unvermeidliche Eigenart dieser Tätigkeiten. Aus diesem Grund ist das Sprengmittelwesen ausführlich im Rahmen von Gesetzen und Verordnungen geregelt, nach denen Behörden, Betreiber und Sprengberechtigte/-befugte vorzugehen haben. Zur Vermeidung von Gefahren ist ein Risikomanagement für die Sprengarbeit durchzuführen.

6.2 Sicherheitsbestimmungen

Die sicherheitstechnischen Anforderungen für die Durchführung von Sprengarbeiten sind in den einschlägigen Vorschriften geregelt. Vom Betreiber eines Sprengbetriebes wird werden Verbringung, die Lagerung und der Umgang mit Spreng- und Zündmitteln geregelt. Ebenso sind der Verantwortungsbereich, die Anforderungen an die beschäftigten Personen, die sicherheitstechnischen Anforderungen für den Arbeitnehmerschutz und den Anrainerschutz sowie der Ablauf von Sprengungen geregelt [37, 53, 54, 55]. Für auszuführende Sprengarbeiten dürfen ausschließlich handhabungssichere, zugelassene Spreng- und Zündmittel verwendet werden. Damit wird sichergestellt, dass eine Sprenganlage ausschließlich gezielt zu einem definierten Zeitpunkt von einer bestimmten Person (also kontrolliert) initiiert wird und ein selbstständiges Auslösen der Sprengung auszuschließen ist. Dies gilt für über und unter Tage arbeitende Betriebe gleichermaßen. Die Planung und Auslegung von Sprengungen über und unter Tage wird ausschließlich von den durch die Behörde anerkannten „verantwortlichen Personen“ mit entsprechendem Befähigungsschein ausgeführt.

6.3 Charakterisierung eines Risikomanagements

In die kritische Betrachtung für ein sprengtechnisches Risikomanagement sind alle qualitativen und quantitativen Planungen für die Sprengarbeit und damit einhergehend alle bekannten Fakten, aber auch schwer abschätzbar Faktoren, die mit der Ausführung der Sprengarbeit verbunden sind, zu untersuchen [27, 28]. Unter diesem Gesichtspunkt wird nicht nur die betriebliche Qualitätssicherung hinsichtlich des Sprengerfolges, sondern auch das notwendige Risikomanagement bei Sprengarbeiten mit in die Betrachtungen einbezogen.

gen [37, 53, 54, 55].

Anhand dieser Überlegungen wird das Risikomanagement bei der Auslegung sowie bei der Durchführung von Sprengarbeiten eine maßgebliche Rolle bei den betriebsspezifischen sowie den umweltgerechten Abläufen spielen. Für das Risikomanagement werden Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren sowie zur Reduzierung von Sprengemissionen fokussiert und ausgearbeitet. Nachfolgend werden die maßgeblichen Emissionen und evtl. Gefahrenmomente bei der Sprengarbeit für das Risikomanagement dargestellt:

Gefahren	Emissionen
▷ Gefährdungsbereich (Sprengbereich)	▷ Erschütterung
▷ Steinflug	▷ Lärm
▷ Sprengrichtung	▷ Staub
▷ Lademenge	
▷ Besatz	
▷ Zündung	
▷ Sprengschwaden	
▷ Sicherungsmaßnahmen	
▷ Sprengzeiten	

6.4 Abwehr von Gefahren

Wie bereits unter der Charakterisierung aufgeführt, gehören Sprengarbeiten sicherheitstechnisch und emissionstechnisch zu einem sensiblen Bereich. Aus diesem Grund müssen Sprengarbeiten unter dem Gesichtspunkt der Abwehr von Gefahren sowie der Vermeidung von Umweltbelästigungen geplant und durchgeführt werden. Um diesem Umstand gerecht zu werden, ist es notwendig, dass Sprengbetriebe eine Gefährdungsanalyse (Evaluierung) durchführen, in der alle sicherheitstechnischen und emissionsrelevanten Kriterien erfasst werden [27, 28]. Anhand dieser Kriterien können in allen Bereichen der Abläufe besondere Maßnahmen ergriffen werden, die unter wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen und emissionsrelevanten Aspekten einen optimalen Sprengerfolg gewährleisten können (Anhang A).

6.4.1 Betriebsspezifische Risiken

Die Belästigungen, aber auch Gefahren, die mit den Tätigkeiten der Sprengarbeit verbunden sind, sind in der Regel durch betriebsspezifische Risiken gegeben. Bei der Abwehr von Gefahren konzentrieren sich die Überlegungen für das Risikomanagement auf die betriebsspezifischen Risiken sowie auf die Reduzierung von Emissionen.

Unter Einbeziehung aller Fakten für das Risikomanagement bei Sprengarbeiten müssen

technische und organisatorische Maßnahmen ergriffen werden, wobei die bereits genannte Gefährdungsanalyse (Evaluierung) am Arbeitsplatz mit einbezogen wird. Sofern bei einer Sprengung aufgrund des Sprengortes eine schutzwürdige Anlage (innerbetrieblich, Anrainer, Verkehrswege usw.) der Auswurfrichtung ausgemacht werden kann, ist es notwendig, diese Auswurfrichtung als „Hauptgefährdungsrichtung“ zu definieren [37, 53, 54, 55].

Technische Maßnahmen	Organisatorische Maßnahmen
▷ Genaue Bohrarbeiten	▷ Sprenganlage vermessen
▷ Überprüfen der Lage und Richtung der Bohrlöcher	▷ Erschütterungsprognose erstellen
▷ Genaue Verteilung des Sprengstoffs auf die einzelnen Bohrlöcher	▷ Bohrparameter festlegen
▷ Verwenden des richtigen Besatzmaterials	▷ Lademenge ermitteln
▷ Überprüfen der richtigen Endbesatzhöhe	▷ Wahl der zum Einsatz kommenden Sprengstoffe und Zünder
▷ Gewissenhafter Umgang mit den Zündmitteln	▷ Sprengverfahren festlegen
▷ Überprüfen der richtigen Zündfolge.	▷ Zündsystem festlegen
▷ Überprüfen der Zündanlage	▷ Zündfolge festlegen
▷ Überprüfen des Zubehörs	▷ Betrieb an die Sprengzeiten anpassen
▷ evtl. Abdecken der Sprenganlage	▷ Analyse und Erkundung
▷ Festlegen der Sicherheitsabstände	▷ weiterer Gefährdungen
▷ Durchführung von Erschütterungsmessungen	
▷ Durchführung von Schallmessungen	
▷ Analyse der Messergebnisse	

Wesentlich für die Sicherheit in diesem Raum dürften hierfür organisatorische Festlegungen im Vorfeld sowie weiterführende Maßnahmen am Sprengort sein. Maßgeblich hierzu ist die bereits angesprochene Gefährdungsanalyse am Arbeitsplatz (Evaluierung), die alle relevanten Gefährdungen aufzeigt.

6.4.2 Gefährdungsbereich (Sprengbereich)

Der räumliche Bereich (Gefährdungsbereich), in dem Personen und Sachen durch Sprengstücke und Druckeinwirkung gefährdet werden können, wird Sprengbereich genannt. Durch eine exakte und gewissenhafte Auslegung der Sprenganlage hat die verantwortliche Person dafür zu sorgen, dass dieser Bereich möglichst klein gehalten wird. Die evtl. Annäherung eines Sprengfeldes an Wohngebiete, Verkehrswege oder Betriebsanlagen bedarf einer genaueren Betrachtung. Der in der Deutschen UVV Sprengarbeiten [37], der Österreichischen SprengV [54] und dem Schweizer SprstG [55] angesprochene Sprengbereich umfasst in der Regel einen Umkreis von 300 m. Abweichend dazu darf der Sprengberechtigte/Sprengbefugte im Einvernehmen mit dem Unternehmer den Sprengbereich verkleinern, wenn sichergestellt ist, dass Personen und Sachen nicht gefährdet werden. In nicht abschätzbaren

Situationen hinsichtlich von Gefährdungen muss der Sprengbereich vergrößert werden.

Eine Verkleinerung des Sprengbereiches kann nur dann vorgenommen werden, wenn durch besondere Maßnahmen eine Streuwirkung durch Steinflug oder sonstige gefährliche Einwirkungen ausgeschlossen werden kann. Der Sprengbereich umfasst in der Regel einen Umkreis von 300 m und lautet sinngemäß wie folgt:

Die für die Sprengung verantwortliche Person hat den Sprengbereich festzulegen. Er umfasst normalerweise einen Umkreis von 300 m von der Sprengstelle. Abweichend davon hat der Unternehmer auf Veranlassung des Sprengberechtigten dafür zu sorgen, dass der Sprengbereich vergrößert wird, wenn mit einem Streubereich von mehr als 300 m zu rechnen ist. Als Sprengbereich gilt dabei jener Bereich, in dem mit Sprengstücken gerechnet werden muss. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass Sprengstücke mehrmals aufprallen und relativ weit fliegen können. Der Sprengbereich wird im Allgemeinen als kreisförmige Fläche um die Sprengstelle herum angenommen. Daraus folgt, dass die Entfernung waagerecht zu messen sind. Dies bedeutet, dass z. B. bei stark abfallendem Gelände der Sprengbereich nicht dem Hang folgend festgelegt werden darf. Hier empfiehlt es sich, das Gelände genau zu vermessen und den Verlauf des Geländes aufzuzeichnen. Dann ist in die einzelnen Schnitte das Maß von 300 m waagerecht aufzutragen und der Endpunkt senkrecht nach unten zu verlängern. Dort erst endet unter diesen örtlichen Verhältnissen der Sprengbereich. Dies entspricht auch in etwa der fortgeführten Wurfparabel. In besonders gelagerten Fällen muss jedoch auch von einem kugelförmig die Sprengstelle umschließenden Sprengbereich ausgegangen werden, wenn sich Objekte in diesem Bereich befinden.

6.4.3 Gefährdung durch Steinflug

Der als relativ sicher geltende Sprengbereich setzt aber übliche Betriebsverhältnisse voraus, d.h., die Bohrlöcher sind an der beabsichtigten Stelle niedergebracht worden, haben die richtige Neigung und Tiefe, durchfuhren keine Hohlräume, ließen sich störungsfrei laden und besitzen noch die vorher gemessene Vorgabe. Die Möglichkeit eines Steinfluges bei Sprengungen kommt in der Regel durch eine Verkettung mehrerer Faktoren zustande. Zum einen können dies vorhandene Mehrausbrüche von vorangegangenen Sprengungen, zum anderen nicht einsehbare Hohlräume sowie Schwächezonen innerhalb des Gebirges sein. Weiterhin ist zu beachten, dass nicht grundsätzlich nur eine Ladesäule für eventuellen Steinflug ausschlaggebend sein muss, sondern dass bei falsch ausgelegten Sprengparametern die gesamte Lademenge in einer Sprenganlage als Faktor zu betrachten ist. So kann durch vorhandene Gebrächigkeit des Gebirges oder durch vorhergehende Sprengungen eine bereits vorgeschwächte Gebirgsoberfläche möglicherweise zu einem unbeabsichtigten Steinflug führen. Mit einem größeren Streubereich ist insbesondere dann zu rechnen [2, 37, 48]:

- ▷ bei stark klüftigem Gebirge
- ▷ wenn die Vorgabe nicht zuverlässig ermittelt werden kann oder sich durch
- ▷ Abrutschen von Massen oder auf andere Weise ungewollt verringert hat