



Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 02-375

Geräuschgeminderte Diamant-Trennscheiben für Steinsägen

Konstruktiver Aufbau der Trennscheiben und Lärminderungserfolge

Dezember 2015

Impressum

Herausgeber:
Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Verfasser:
Dr.-Ing. Jürgen H. Maue
IFA — Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
Fachbereich „Arbeitsgestaltung — Physikalische Einwirkungen“
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin

Layout & Gestaltung:
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV), Medienproduktion

Ausgabe: Dezember 2015

Lärmschutz-Arbeitsblatt IFA-LSA 02-375 zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger
oder unter www.dguv.de/publikationen

Geräuschgeminderte Diamant-Trennscheiben für Steinsägen

Konstruktiver Aufbau der Trennscheiben
und Lärminderungserfolge

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Einleitung..... 5
2	Geräusentstehung, Geräuschminderung..... 6
2.1	Arbeitsgeräusch 6
2.2	Leerlaufgeräusch 6
3	Geräuschgeminderte Diamant-Trennscheiben.... 7
3.1	Allgemeines 7
3.2	Sandwich-Trennscheiben 7
3.3	Trennscheiben mit Laser-Einschnitten 8
3.4	Trennscheiben mit verstärktem Kern 9
3.5	Trennscheiben mit Lochungen 9
3.6	Anschaffungskosten 9
4	Durchgeführte Messungen und Ergebnisse 10
4.1	Allgemeines 10
4.2	Messverfahren, Geräuschkenwerte 10
4.3	Untersuchung von Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser..... 10
4.3.1	Versuchsbedingungen 10
4.3.2	Messergebnisse 12
4.4	Frühere Studie für Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser 16
4.4.1	Versuchsbedingungen 16
4.4.2	Messergebnisse 17
4.5	Untersuchung von Trennscheiben mit 230 mm Durchmesser in einem Winkelschleifer..... 18
4.5.1	Allgemeines..... 18
4.5.2	Versuchsbedingungen 18
4.5.3	Messergebnisse 20
5	Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen 22
6	Literatur 23

1 Einleitung

Zum Sägen von mineralischen Werkstoffen, wie z. B. Beton, Marmor oder Granit, werden Diamant-Trennscheiben eingesetzt, die an den entsprechenden Arbeitsplätzen in der Regel extrem hohe Lärmbelastungen mit Schalldruckpegeln im Bereich von 105 dB(A) verursachen. Da die dabei eingesetzte Trennscheibe jeweils die dominierende Lärmquelle darstellt, lässt sich die Lärmbelastung in den meisten Fällen durch den Einsatz von geräuschgeminderten Trennscheiben deutlich verringern. Derartige Trennscheiben werden heute von verschiedenen Herstellern angeboten, wobei unterschiedliche konstruktive Lösungen gewählt werden. So gibt es z. B. Sandwich-Trennscheiben, bestehend aus zwei Blechlagen mit einer viskoelastischen Zwischenschicht, Trennscheiben mit mehrschichtig verstärktem Flansch und Trennscheiben mit Lasereinschnitten.

Obwohl geräuschgeminderte Trennscheiben schon seit einigen Jahren von verschiedenen Herstellern angeboten werden, z. B. unter der Bezeichnung „geräuscharm“, „silent max“ oder „silencio“, haben sie in der Praxis bisher noch nicht die gewünschte Verbreitung gefunden. Nach den hier gewonnenen Ergebnissen kann das eigentlich nur daran liegen, dass diese Trennscheiben noch nicht ausreichend bekannt sind.

Je nach Anwendungsfall kommen Trennscheiben mit unterschiedlichen Größen zum Einsatz. So werden z. B. in handgeführten Werkzeugen, wie Fugenschneidern, Wandsägen oder Winkelschleifern, kleinere Scheiben mit Durchmessern von 115 mm und 230 mm eingesetzt. Bei den größeren stationären Sägen, wie z. B. Brückensägen und Blocksteinsägen, haben die Trennscheiben bzw. Sägeblätter größere Durchmesser von 350 mm bis 5000 mm.

In diesem Lärmschutz-Arbeitsblatt werden die verschiedenen konstruktiven Varianten von geräuschgeminderten Diamant-Trennscheiben beschrieben. Die beim Sägen von unterschiedlicher Materialien für die Beschäftigten entstehenden Geräuschbelastungen und die durch geräuschgeminderte Trennscheiben erreichbaren Lärminderungserfolge werden zunächst für Trennscheiben mit einem Durchmesser von 350 mm und Einsatz auf einer ortsfesten Säge (Brückensäge) dargestellt. Zusätzlich können entsprechende Messergebnisse für einen Winkelschleifer mit Trennscheiben von 230 mm Durchmesser präsentiert werden.

Für die Beschaffung von geräuschgeminderten Diamanttrennscheiben sei auf das vom IFA vorbereitete Lärmschutz-Informationsblatt IFA-LSI 01-200 [1] verwiesen, das eine Auflistung von Herstellern und Lieferanten von Lärmschutz-Produkten enthält. Dort finden sich auch entsprechende Lieferanten für geräuschgeminderte Trennscheiben.

2 Geräuschestehung, Geräuschminderung

2.1 Arbeitsgeräusch

Beim Schneiden von mineralischen Werkstoffen mit Diamant-Trennscheiben kommt es durch die zwischen der Trennscheibe und dem bearbeitetem Material entstehenden Reibkräfte und den aufgrund der Segmentierung unterbrochenen Schnitt zu einer Schwingungsanregung der Trennscheibe und des Werkstücks.

Während der Werkstoff dabei aufgrund seiner großen Masse und der besseren Dämpfung nur in geringem Maße angeregt wird, ergeben sich für die Trennscheibe eine sehr starke Schwingungsanregung und eine entsprechend hohe Schallabstrahlung. Diese Schallabstrahlung lässt sich durch eine Bedämpfung der Trennscheibe effektiv reduzieren. Dabei wird die eingeleitete Schwingungsenergie auf dem Wege der Ausbreitung auf der Scheibe abgebaut (gedämpft).

Wie bereits in der Einleitung angesprochen, gibt es verschiedene Möglichkeiten der Bedämpfung. Diese konstruktiven Lösungen zur Bedämpfung von Trennscheiben werden im folgenden Abschnitt 3 beschrieben.

Sicherlich ist auch die Segmentierung des Trennscheiben-Randes und die Form und Beschaffenheit der einzelnen Segmente (siehe **Abschnitt 3, Abbildung 2**) von Einfluss auf die im Schnitt entstehenden Kräfte und die daraus resultierende Schallabstrahlung.

Der erzielbare Lärminderungserfolg kann im Einzelfall durch einen lauten Antriebsmotor oder ein stärker angeregtes Werkstück begrenzt sein. Das gilt z. B. für einige handgeführte Werkzeuge, die von einem Verbrennungsmotor angetrieben werden.

2.2 Leerlaufgeräusch

Das Leerlauf-Geräusch hängt vor allem von der Gestaltung des Randbereiches der Trennscheibe ab (siehe Abschnitt 3), ggf. aber auch von einer vorhandenen Lochung. So entsteht beispielsweise bei Trennscheiben mit segmentiertem Rand („Verzahnung“), wie es die Abbildung 1 zeigt, durch die Einschnitte zwischen den einzelnen Segmenten eine turbulente Luftströmung. Bei geschlossener Schutzhaube kann es in Verbindung mit dem so entstehenden Hohlraum zu einer starken Geräuschestwicklung mit einer ausgeprägten tonalen Komponente kommen.

Einen ähnlichen Effekt hat auch eine Lochung der Trennscheibe. Bei einer Trennscheibe mit einem geschlossenen Rand und ohne Lochung gibt es in jedem Fall wesentlich geringere Luftturbulenzen, so dass das entsprechende Leerlaufgeräusch deutlich niedriger ausfällt.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass das Leerlaufgeräusch keinen nennenswerten Einfluss auf die Gesamtbelastung der Beschäftigten hat, wenn die Säge nur kurze Zeit im Leerlauf betrieben wird. Das gilt z. B. für Winkelschleifer oder Fliesenschneider, die nur jeweils für den Schnittvorgang eingeschaltet werden und den Beschäftigten vor allem durch die hohe Geräuschbelastung bei der Bearbeitung belasten. Es gibt jedoch Betriebe, in denen die Säge morgens beim ersten Einsatz eingeschaltet wird und dann nahezu den ganzen Tag im Leerlauf läuft. In diesem Fall kann sich aus dem Leerlaufgeräusch eine bedeutende Belastung für die hier eingesetzten Beschäftigten ergeben. Darüber hinaus kann es als besonders lästig und störend empfunden werden, wenn es tonhaltig ist.

Bei Werkzeugen mit einem lauten Antrieb, z. B. einem Winkelschleifer, wird das Leerlaufgeräusch ggf. vom Geräusch der Maschine bestimmt, so dass der Aufbau der Trennscheibe in diesem Betriebszustand gar keine Rolle spielt. Wie die entsprechenden Ergebnisse im Abschnitt 4.5 zeigen, ergeben sich dann für alle Trennscheiben dieselben Pegel im Leerlauf.



Abb. 1
Beispiel für eine Segmentierung einer Trennscheibe mit besonders lautem Leerlaufgeräusch

3 Geräuschgeminderte Diamant-Trennscheiben

3.1 Allgemeines

Abbildung 2 zeigt Diamant-Trennscheiben mit unterschiedlich ausgeführtem Randbereich:

- Eine segmentierte Trennscheibe mit glatten Segmenten (links)
- Eine segmentierte Trennscheibe mit geriffelten Segmenten – „Turbo-Segmente“ (mittig)
- Eine Trennscheibe mit geschlossenem, geriffeltem Rand – „Turborand“ (rechts).

Außerdem gibt es noch Trennscheiben mit geschlossenem, glattem Rand, die z. B. für sehr feine Schnitte bei Fliesen eingesetzt werden. Für die im Rahmen dieser Untersuchung bearbeiteten Materialien sind diese Trennscheiben jedoch ungeeignet.



Abb. 2 Unterschiedlicher Aufbau von Diamant-Trennscheiben im Randbereich
A) segmentierte Trennscheibe mit glatten Segmenten (links)
B) segmentierte Trennscheibe mit geriffelten Segmenten – „Turbo-Segmente“ (mittig)
C) Trennscheibe mit geschlossenem, geriffeltem Rand – „Turborand“ (rechts)

3.2 Sandwich-Trennscheiben

Eine besonders wirksame Bedämpfung von Trennscheiben lässt sich durch einen Aufbau als Sandwich-Scheibe erreichen. Dabei wird das komplette Stammblatt aus zwei Blechlagen mit einer viskoelastischen Zwischenschicht aufgebaut (eingezwängter Belag). Die Verbindung der beiden Bleche wird z. B. durch Punktschweißung hergestellt. **Abbildung 3** zeigt eine aufgeschnittene Sandwichscheibe, so dass die beiden Blechlagen deutlich sichtbar sind. Äußerlich ist eine solche Trennscheibe nicht von einer Standardscheibe zu unterscheiden. Beim Anschlagen der Scheibe mit einem harten Gegenstand wird allerdings der Unterschied sehr deutlich, da die Sandwichscheibe dabei nicht klinget, sondern nur einen kurzen, dumpfen Schallimpuls von sich gibt.

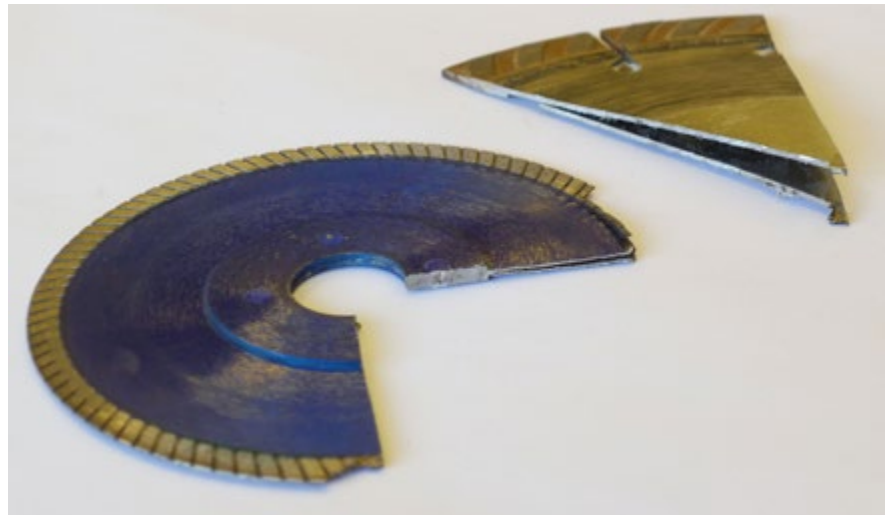


Abb. 3 Aufgeschnittene Diamant-Trennscheiben in Sandwich-Konstruktion

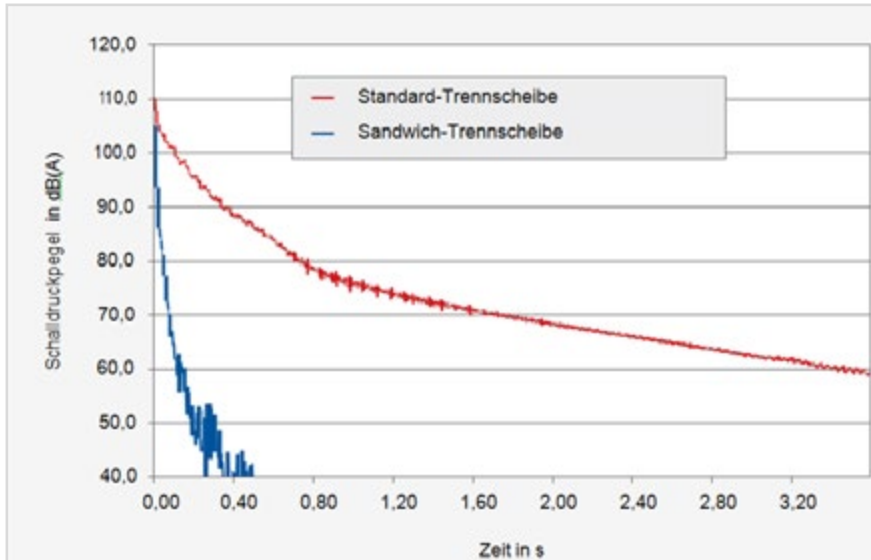


Abb. 4 Durch Anschlagen erzeugte Abklingkurven für eine Standard-Trennscheibe und eine Sandwich-Trennscheibe

Zur Veranschaulichung der erfolgreichen Dämpfung zeigt **Abbildung 4** die entsprechende Abklingkurve des Schalldruckpegels für eine Sandwich-Trennscheibe im Vergleich zu der Abklingkurve für eine ungedämpfte Standard-Trennscheibe. Die Kurven beschreiben den Abfall des Schalldruckpegels nach einmaligem Anschlagen der Trennscheiben.

Während die Standardscheibe nach dem Anschlagen über mehrere Sekunden nachklingt, ist das Geräusch der Sandwich-Trennscheibe schon nach etwa einer halben Sekunde weitgehend abgeklungen. Die beim Schnittvorgang in die Trennscheibe eingeleitete Schwingungsenergie wird durch die Sandwich-Konstruktion effektiv reduziert, so dass entsprechend weniger Schall abgestrahlt wird.

3.3 Trennscheiben mit Laser-Einschnitten

Eine alternative Möglichkeit der Dämpfung ist die Einbringung von feinen geschwungenen Lasereinschnitten in das Stammblatt, wie die Trennscheibe in **Abbildung 5** zeigt. Durch die Lasereinschnitte wird die Schwingungsübertragung über das Sägeblatt unterbrochen, so dass die bei ungedämpften Blättern festzustellende Ausbildung von ausgeprägten Eigenschwingungen vermieden wird. Zugleich bewirken die feinen Einschnitte eine gewisse Dämpfung durch die Reibung innerhalb der Schnittstelle. Ein Hersteller füllt die Lasereinschnitte mit einem Polymermaterial und erzielt damit eine noch etwas höhere Dämpfung. Die Trennscheiben mit einfachen Lasereinschnitten erreichen jedoch bei weitem nicht die Dämpfung der Sandwich-Trennscheiben.



Abb. 5 Trennscheibe mit Lasereinschnitten

3.4 Trennscheiben mit verstärktem Kern

Als Alternative zu der beschriebenen Sandwichkonstruktion bietet ein Hersteller eine im Flanschbereich verstärkte Trennscheibe an, wie sie in **Abbildung 6** neben einer Sandwich-Scheibe als Schnittbild skizziert ist. Diese durch ein UK-Patent geschützte Trennscheibe zeichnet sich durch im Flanschbereich angebrachte Verstärkungsbleche/Stützteller aus („Panzerkern“), die durch mehrere Punktschweißungen oder eine Verklebung mit dem Stammbblatt verbunden sind. Der Lärminderungserfolg soll hier durch die bessere Führung und die damit verbundenen geringeren Schwingungsamplituden erreicht werden. Vermutlich ist aber auch die bessere Dämpfung (Reibung) der miteinander verbundenen Blechlagen von Einfluss. Aufgrund der Verstärkung im Flanschbereich soll der Schnitt besonders präzise sein und nicht verlaufen, was insbesondere bei von Hand geführten Werkzeugen von Vorteil ist.

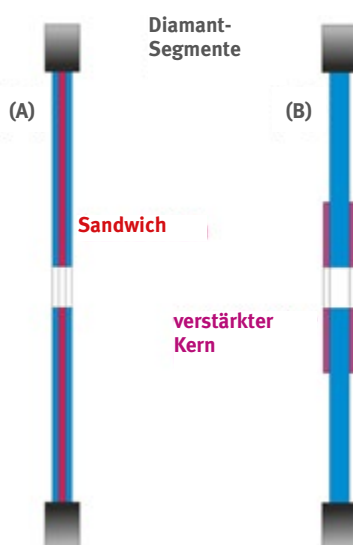


Abb. 6 Schnittbilder von Sandwich-Trennscheibe (A) und Trennscheibe mit verstärktem Kern (B)

3.5 Trennscheiben mit Lochungen

Unabhängig vom Aufbau des Stammblattes werden Sägeblätter mit Lochungen angeboten, wie in **Abbildung 7** gezeigt. Durch diese Lochungen verringert sich die schallabstrahlende Fläche und somit auch das abgestrahlte Geräusch („hydrodynamischer Kurzschluss“). Außerdem erscheint die rotierende Scheibe damit bereichsweise transparent, so dass sich der Schnitt bei der Führung von Hand besser beobachten lässt.

Wie im Abschnitt 2 erwähnt, kann das Leerlaufgeräusch einer Trennscheibe durch die Lochung ansteigen. Die einzelnen Löcher können beim Übergang in die Abdeckhaube eine pulsierende Luftströmung und damit ein tonales Geräusch verursachen („Sirenenklang“). Das ist aber nur dann relevant, falls es sich um eine Scheibe mit besonders leisem Leerlaufgeräusch handelt (z. B. bei Trennscheiben mit geschlossenem Rand).



Abb. 7 Trennscheibe mit hohem Lochanteil

3.6 Anschaffungskosten

Die Anschaffungskosten für Diamant-Trennscheiben differieren stark. Dabei liegt der Preis für geräuschgeminderte Trennscheiben in Profi-Qualität auf demselben Niveau wie für Standard-Trennscheiben. Einzelne Lieferanten verlangen für ihre geräuschgeminderten Trennscheiben um 10 bis 20% höhere Preise als für ihre Standard-Trennscheiben.

Die tatsächlich entstehenden Schnittkosten hängen jedoch auch von den Standzeiten der Trennscheiben ab. Insbesondere beim Trockenschnitt sind einzelne Trennscheiben sehr schnell verschlissen. Ein Hersteller verspricht für seine geräuschgeminderten Trennscheiben aufgrund der hohen Standzeiten die niedrigsten Schnittkosten.

Auf jeden Fall kann man feststellen, dass sich geräuschgeminderte Diamanttrennscheiben ohne nennenswerte Mehrkosten einsetzen lassen.

4 Durchgeführte Messungen und Ergebnisse

4.1 Allgemeines

Die meisten Messungen wurden für Diamant-Trennscheiben mit einem Durchmesser von 350 mm durchgeführt, die auf ortsfesten Brückensägen im Nassschnitt eingesetzt wurden. Dabei können neben den aktuellen Messergebnissen aus dem Jahr 2014 auch die Ergebnisse einer früheren Studie des Instituts für Arbeitsschutz (IFA) aus dem Jahre 2007 [1] Berücksichtigung finden. Ergänzende Messungen wurden für einen Winkelschleifer mit Diamant-Trennscheiben von 230 mm Durchmesser beim Trennen von Beton durchgeführt.

4.2 Messverfahren, Geräuschkennwerte

Die Geräuschmessungen fanden auf verschiedenen Messplätzen im Freien statt, wobei ein so großer Abstand zu Gebäuden und reflektierenden Hindernissen eingehalten wurde, dass der Einfluss von Reflexionen vernachlässigt werden kann.

Bei den Messungen an den Brückensägen wurde jeweils ein ortsfester Messpunkt für den Arbeitsplatz gewählt, der sich an den Vorgaben der ISO 7960 [2] Anhang A orientiert und damit einer mittleren Ohrposition einer Bedienperson entspricht. Bei den Messungen mit dem Winkelschleifer wurde das Mikrofon von Hand in der Nähe des Ohres der Bedienperson gehalten und deren Bewegungen nachgeführt. Die damit gewonnenen Ergebnisse entsprechen jeweils dem Emissions-Schalldruckpegel nach DIN EN ISO 11201 [3] unter den beschriebenen Betriebsbedingungen.

Aus den dargestellten Messwerten lässt sich für den entsprechend eingesetzten Beschäftigten der Tages-Lärmexpositionspegel nach DIN EN ISO 9612 [4] berechnen, wobei die jeweiligen Einsatzzeiten (Arbeitsgeräusch/Leerlaufgeräusch) und mögliche zusätzliche Lärmbelastungen

innerhalb der Arbeitsschicht zu berücksichtigen sind. Bei entsprechenden Arbeiten innerhalb eines Arbeitsraumes müsste man allerdings noch den Raumeinfluss (K_3) addieren, da sich dort durch Schallreflexionen an den Raumbegrenzungsflächen etwas höhere Lärmbelastungen ergeben.

Nimmt man beispielsweise eine tägliche Arbeit an der Steinsäge bei einem Pegel von 105 dB(A) mit einer Dauer von 15 Minuten an und setzt die übrige Arbeitszeit als lärmfrei an, so errechnet sich ein Tages-Lärmexpositionspegel von 90 dB(A). Lässt sich nun die Lärmbelastung durch Verwendung einer lärmgeminderten Trennscheibe um 5 dB(A) oder sogar um 10 dB(A) reduzieren, so würde sich das im gleichen Maße auf den Lärmexpositionspegel auswirken, d. h. man könnte dann mit einem Tages-Lärmexpositionspegel von 85 dB(A) bzw. 80 dB(A) rechnen.

Neben dem Messpunkt am Arbeitsplatz wurde bei den Messungen an der Brückensäge auch jeweils ein Kontroll-Messpunkt in 3 m Abstand zur Trennscheibe (axial) und in 2 m Höhe festgelegt. Die hier aufgenommenen Schalldruckpegel L_{Aeq} lagen beim Arbeitsgeräusch jeweils um ca. 10 dB(A) niedriger unter dem entsprechenden Pegel am Arbeitsplatz. Im Leerlauf können sich davon abweichende Pegeldifferenzen zwischen diesen beiden Messpunkten ergeben, weil einzelne Trennscheiben dabei den Schall stark gerichtet abstrahlen.

Für einige Anwendungen kann auch die von einer Steinsäge in den Raum abgestrahlte Schallenergie bzw. die entsprechende Schalleistung von Interesse sein, z. B. für Geräuschimmissionsprognosen im Rahmen von Neubauplanungen. Deshalb wurden für einzelne Betriebszustände zusätzlich die Schalleistungspegel nach DIN EN ISO 3746 [5] bestimmt. Entsprechende Messungen im schalllaborierenden Messraum des IFA ergaben,

dass der A-bewertete Schalleistungspegel L_{WA} beim Sägen zahlenmäßig jeweils ca. 8 dB(A) über dem in dem entsprechenden Betriebszustand erfassten A-Schalldruckpegel am Arbeitsplatz liegt. Der Unterschied des A-Schalleistungspegels zum A-bewerteten Schalldruckpegel in 3 m Abstand beträgt ca. 18 dB(A). Damit lässt sich der A-bewertete Schalleistungspegel bei der Bearbeitung zumindest näherungsweise aus den hier zusammengestellten Messwerten für den Arbeitsplatz abschätzen. Wegen der gerichteten Schallabstrahlung der Trennscheiben im Leerlauf gilt dieser Zusammenhang allerdings nicht für die Leerlaufgeräusche.

4.3 Untersuchung von Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser

4.3.1 Versuchsbedingungen

Untersuchte Trennscheiben:

Im Rahmen der hier zunächst beschriebenen zweiten Studie des IFA zu geräuschgeminderten Trennscheiben wurden 19 Diamant-Trennscheiben mit einem Durchmesser von 350 mm untersucht, die auf einem Sägetisch (Brückensäge) bei einer Nenndrehzahl von ca. 2800 U/min betrieben wurden.

Die Ergebnisse aus einer im Jahr 2007 durchgeführten Studie [6] werden anschließend im Abschnitt 4.4 vorgestellt. Im Rahmen dieser früheren Studie wurden 8 Trennscheiben von 350 mm Durchmesser an 8 unterschiedlichen Materialien gemessen.

Bei der Beschaffung der Trennscheiben für die zweite Studie wurde den Herstellern bzw. Lieferanten jeweils der vorgesehene Einsatz zum Trennen von Granit und Beton mitgeteilt, um deren Empfehlungen bei der Auswahl zu berücksichtigen.

Auf der Grundlage entsprechender Angebote wurden 6 Standard-Trennscheiben, 2 Laser-Trennscheiben, 6 Sandwich-Trennscheiben und 4 Trennscheiben mit verstärktem Kern (Panzerkern) beschafft. Außerdem gab es eine Sandwich-Trennscheibe mit einem verstärkten Kern (siehe Tabelle 1). Unter den Trennscheiben mit verstärktem Kern befanden sich auch zwei Prototypen, beispielsweise eine Trennscheibe mit doppelt verstärktem Kern.

Messplatz und Messpunkte:

Die Säge war jeweils auf einem Messplatz im Freien (in reflexionsarmer Umgebung) aufgestellt. Dabei konnte ein ausreichend großer Abstand zu reflektierenden Gebäudeflächen eingehalten werden, so dass sich am Messpunkt für den Arbeitsplatz kein messbarer Reflexionseinfluss ergab. Das ließ sich durch Vergleichsmessungen für einzelne Betriebszustände im Semi-Schallschluckraum des IFA (schallabsorbierender Messraum mit einem schallharten Boden - reflexionsarmer Halbraum) nachweisen. Die im Rahmen der Untersuchung am Arbeitsplatz-Messpunkt gewonnenen Ergebnisse beschreiben damit die Situation unter günstigen Umgebungsbedingungen bzw. unter Freifeldbedingungen. Wie bereits erwähnt, können sich in Arbeitsräumen durch Schallreflexionen an der Decke und den Wänden (Raumrückwirkung) etwas höhere Pegel ergeben.

Der Messpunkt für den Arbeitsplatz wurde entsprechend den in ISO 7960 [2] Anhang A für Tischkreissägen gemachten Vorgaben gewählt. Dieser Messpunkt liegt um 0,2 m seitlich zur Trennscheibe und 0,4 m radial versetzt in einer Höhe von 1,5 m Höhe über dem Boden (siehe Skizze in **Abbildung 8**). Damit ergibt sich ein Abstand von ca. 0,7 m zum Mittelpunkt der Trennscheibe. **Abbildung 9** zeigt die eingesetzte Brückensäge mit dem Mikrofon (mit Windschirm) am Arbeitsplatz-Messpunkt.

Der zweite Messpunkt lag in 3 m Abstand seitlich zur Säge (Sägeblatt) und in 2 m Höhe.

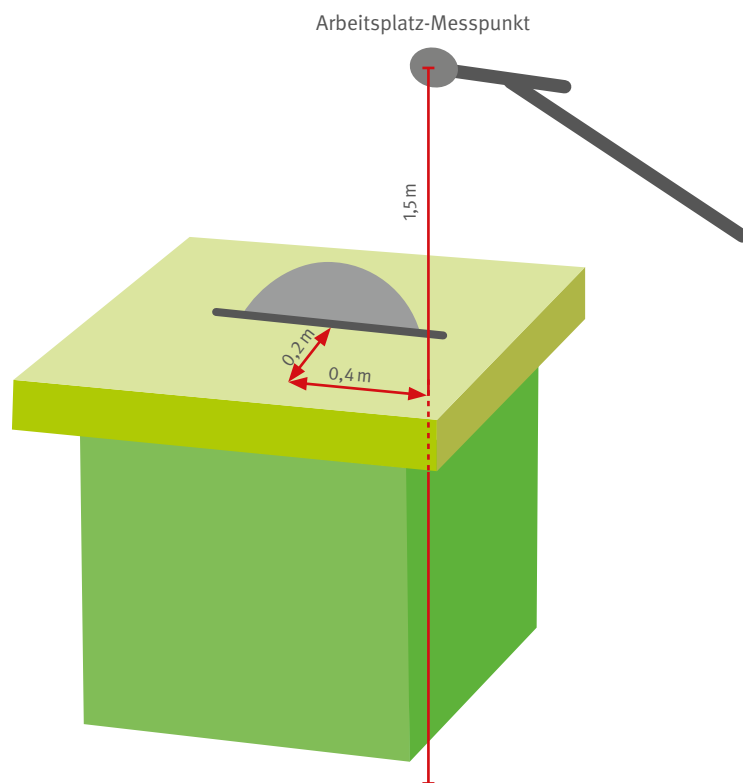


Abb. 8 Arbeitsplatz-Messpunkt nach ISO 7960 Anhang A



Abb. 9 Brückensäge mit 350 mm-Trennscheibe

Betriebsbedingungen:

Für die Untersuchung der Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser stand eine Brückensäge zur Verfügung, die mit einer Drehzahl von 2800 U/min lief (siehe auch **Abbildung 9**). Alle Trennscheiben wurden sowohl im Leerlauf als auch beim Sägen der folgenden Materialien im Nassschnitt gemessen:

- **Granit**, weil damit entsprechend den Ergebnissen der vorangegangenen Studie [6] besonders hohe Schalldruckpegel entstehen,
- **Beton**, weil das eine besonders häufige Anwendung für Trennscheiben ist und dabei auch relativ hohe Geräuschbelastungen entstehen, und
- **Sandstein**, weil es sich dabei um ein weiches Material handelt und deshalb geringere Geräuschbelastungen zu erwarten sind.

Für die Bearbeitung des Materials wurde dieses jeweils auf einen Schlitten gelegt, der unter der fest stehenden Trennscheibe durchgezogen wurde. Um dabei den Einfluss der Bedienperson für den Vorschub möglichst gering zu halten und die Vorschubkraft konstant zu halten, wurde der Vortrieb der Säge über einen Seilzug mit einem angehängten Gewicht realisiert. **Abbildung 10** zeigt die entsprechende Zugvorrichtung. Bei der gewählten Masse von ca. 4 kg bewegte sich das Material nahezu ohne Unterstützung durch die Trennscheibe. Bei einzelnen Sägeblättern und Materialien war jedoch schon einmal ein kleiner Eingriff nötig, z. B. ein leichtes Abbremsen des Schlittens, um ein Festfressen der Säge zu verhindern. Je nach Schneidleistung der Trennscheiben konnten die Vorschubgeschwindigkeiten etwas variieren.

Da die Geräuschentwicklung auch von der Vorschubgeschwindigkeit abhängt, kann man nicht ausschließen, dass sich bei anderen Schnittgeschwindigkeiten etwas abweichende Messwerte ergeben.



Abb. 10 Vorschub des Materials über Seilzug und angehängtes Gewicht (weißer Hintergrund nur für Foto)

Bearbeitet wurden jeweils Steinplatten mit einer Fläche von ca. 600 mm x 400 mm und einer Plattendicke von 30 mm (Granit und Sandstein) bzw. 40 mm (Beton). Dabei wurden Streifen von 50 mm Breite über die Länge von 400 mm abgetrennt. Die Geräuschmessung wurde gestartet sobald der Mittelpunkt der Trennscheibe unmittelbar über der vorderen Kante der Steinplatte lag (Eingriff der Trennscheibe zu 50 %) und wurde beendet bevor der Schnitt die hintere Kante erreichte. Für diesen Schnitvorgang wurde jeweils der A-bewertete äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} (Mittelwert) und das Geräuschspektrum in Terzbandbreite erfasst. Mit jeder Trennscheibe wurden zwei Schnitte am gleichen Material durchgeführt, um damit die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu prüfen. Die äquivalenten Dauerschallpegel differierten in der Regel um nicht mehr als 0,5 dB(A), in Einzelfällen wurden Abweichungen bis zu ca. 1 dB(A) festgestellt. Für die weitere Auswertung wurden die Ergebnisse aus beiden Schnitten energetisch gemittelt.

4.3.2 Messergebnisse

Die für die verschiedenen Diamant-Trennscheiben gewonnenen Ergebnisse sind in der **Tabelle 1** zusammengestellt. Bei den angegebenen Werten handelt es sich jeweils um energetische Mittelwerte aus 2 Messungen, die auf ein Zehntel Dezibel gerundet wurden.

Leerlaufgeräusch:

Nach den hier zusammengestellten Ergebnissen können die Leerlaufgeräusche je nach Trennscheibe sehr stark variieren. So wurden am Arbeitsplatz Schalldruckpegel von ca. 69 dB(A) bis 97 dB(A) gemessen. In **Abbildung 11** sind die Ergebnisse der Leerlaufmessungen graphisch gegenüber gestellt, wobei eine Gruppierung nach Bauart der Trennscheibe vorgenommen wurde.

Hier zeigt sich, dass das Leerlaufgeräusch offenbar weitgehend unabhängig vom konstruktiven Aufbau des Stammblattes ist. Entscheidend für die Geräuschentwicklung ist vielmehr die Geometrie des Randes der Trennscheibe und ggf. auch die Lochung der Scheibe. Hohe Schalldruckpegel entstehen vor allem bei einem Rand mit einer ausgeprägten Segmentierung und tiefen Einschnitten, wie bereits in **Abbildung 1** gezeigt.

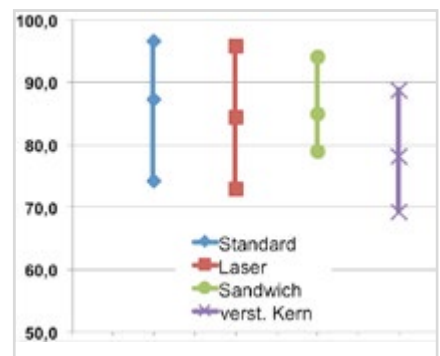


Abb. 11 Graphische Darstellung der Leerlaufgeräuschpegel am Arbeitsplatz für Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser – kleinster und größter Wert sowie Mittelwert

			Schalldruckpegel L_{Aeq} in dB(A)			
			Leerlauf	Lastlauf		
Nr.	Art der Trennscheibe	Beschreibung		Granit	Beton	Sandstein
1	Standard	Segmentierter Rand mit geriffelten Segmenten	88,1	105,5	104,9	104,7
2	Standard	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	74,2	106,1	104,6	103,0
3	Standard	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	83,8	105,1	104,6	102,0
4	Standard	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	89,2	108,5	106,5	106,0
5	Standard	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	96,7	108,5	105,0	105,6
6	Standard	Segmentierter Rand mit glatten und geriffelten Segmenten	91,7	108,6	105,2	106,7
Mittelwerte für Standard-Trennscheiben			87,3	107,0	105,1	104,7
7	Laser	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	73,0	101,0	99,1	98,2
8	Laser	Segmentierter Rand mit glatten und geriffelten Segmenten	95,8	105,2	103,9	103,1
Mittelwerte für Laser-Trennscheiben			84,4	103,1	102,3	100,7
9	Sandwich	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	79,9	96,9	95,6	96,5
10	Sandwich	Geschlossener, geriffelter Rand; Lochung mit sehr geringem Lochanteil	92,6	94,4	95,2	95,3
11	Sandwich	Segmentierter Rand mit geriffelten Segmenten	79,5	97,4	96,4	95,3
12	Sandwich	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	84,8	98,3	97,1	96,9
13	Sandwich	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	84,9	94,3	93,9	91,7
14	Sandwich	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	94,1	103,3	102,4	105,5
15	Sandwich + verstärkter Kern	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	79,0	100,4	93,3	95,4
Mittelwerte für Sandwich-Trennscheiben			85,0	97,8	96,3	96,7
16	Verstärkter Kern	Geschlossener, geriffelter Rand	69,7	105,7	105,0	100,9
17	Verstärkter Kern	Geschlossener, geriffelter Rand; Lochung mit hohem Lochanteil	88,8	102,0	100,8	98,4
18	Verstärkter Kern	Prototyp mit geschlossenem, geriffeltem Rand; Lochung mit hohem Lochanteil	84,8	99,5	101,3	96,9
19	Verstärkter Kern	Prototyp mit doppelt verstärktem Kern; geschlossener, geriffelter Rand	69,3	104,7	103,2	101,8
Mittelwerte für Trennscheiben mit verst. Kern			78,1	102,9	102,6	99,5

Tab. 1 Schalldruckpegel am Arbeitsplatz einer Brückensäge für Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser (Mittelwerte aus 2 Messungen), jeweils im Leerlauf sowie beim Sägen von 3 unterschiedlichen Materialien

Eine Trennscheibe mit geschlossenem Rand verursacht dagegen weit geringere Luftturbulenzen und dadurch ein deutlich niedrigeres Leerlaufgeräusch. Durch eine Lochung der entsprechenden Trennscheibe kann das Leerlaufgeräusch um 15 dB(A) und mehr ansteigen (siehe z. B. Trennscheiben Nr. 16 und 17).

Abbildung 12 zeigt die am Arbeitsplatz-Messpunkt aufgenommenen Terzbandspektren für eine besonders laute Trennscheibe mit segmentiertem Rand (Trennscheibe Nr. 5) und für eine **Trennscheibe** mit geschlossenem Rand (Trennscheibe Nr.16). Die segmentierte Trennscheibe (23 Segmente) erzeugt einen sehr unangenehmen Einzelton mit ca. 95 dB bei ca. 2500 Hz. Die Trennscheibe mit geschlossenem Rand weist dagegen ein breitspektrales Geräusch ohne herausragende Einzeltöne mit Terzbandpegeln bis zu ca. 62 dB auf.

Wie bereits erwähnt, hat das Leerlaufgeräusch keinen nennenswerten Einfluss auf die Gesamtbelastung der Beschäftigten, falls die Säge nur jeweils für den Schnittvorgang eingeschaltet wird, z. B. bei Arbeiten mit dem Winkelschleifer oder Fliesenschneider. In verschiedenen Betrieben läuft die Säge jedoch nahezu den ganzen Tag im Leerlauf, so dass hier das Leerlaufgeräusch einen bedeutenden Beitrag an der Belastung der Beschäftigten haben kann.

Arbeitsgeräusch:

Abbildung 13 zeigt die mit den ausgewählten 6 Standard-Trennscheiben für die 3 unterschiedlichen Materialien gewonnenen Messergebnisse. Wie schon die frühere Studie gezeigt hatte [6], ergeben sich beim Sägen von Granit jeweils die höchsten Schalldruckpegel. Mit den ausgewählten Standard-Trennscheiben wurden am Arbeitsplatz A-bewertete Pegel von 105 bis 109 dB(A) gemessen. Beim Sägen von Beton ergaben sich A-Schalldruckpegel von 105 bis 107 dB(A) und für Sandstein

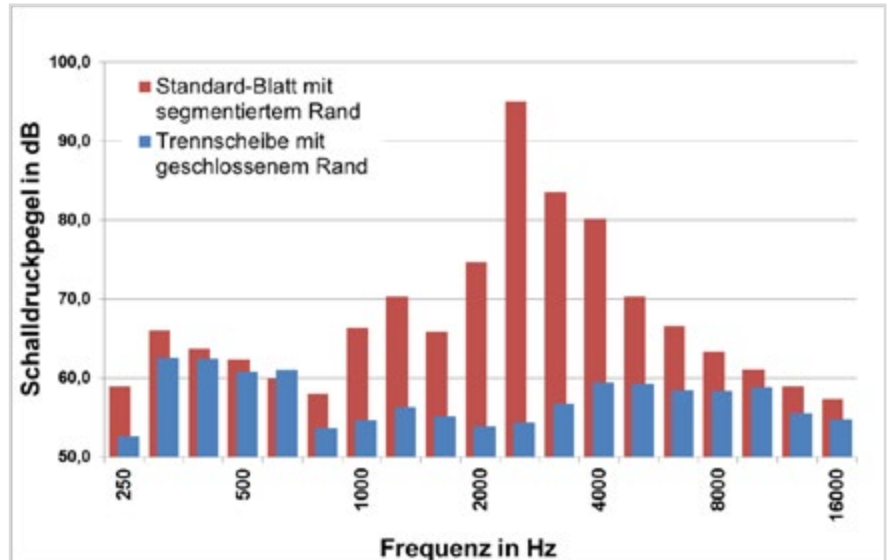


Abb. 12 Terzband-Frequenzspektrum im Leerlauf für eine Trennscheibe mit ungünstiger Schneiden-Geometrie (Nr. 5) und eine Trennscheibe mit geschlossenem Rand (Nr. 16)

nahezu dieselben Werte. Für den Einsatz von Standard-Trennscheiben errechnet sich bei Bearbeitung von Granit ein Mittelwert von ca. 107 dB(A) und bei Bearbeitung von Beton und Sandstein jeweils ein Mittelwert von ca. 105 dB(A).

Auch mit den übrigen Arten von Trennscheiben (Laser-Trennscheiben, Sandwich-Trennscheiben, Trennscheiben mit verstärktem Kern) wurden für Granit in der Regel die höchsten Pegel gemessen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Materialien fallen jedoch insbesondere für die Sandwich-Trennscheiben deutlich niedriger aus.

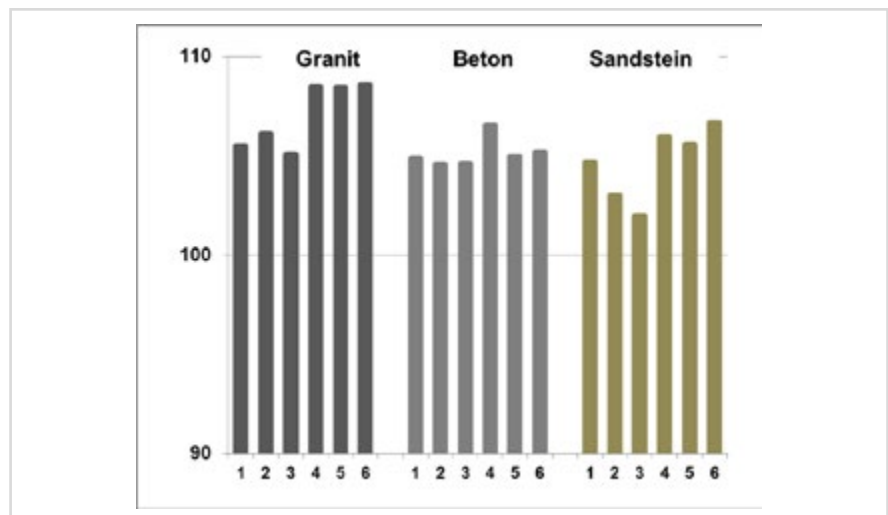


Abb. 13 A-bewertete Schalldruckpegel L_{Aeq} am Arbeitsplatz beim Sägen von Granit, Beton und Sandstein mit 6 Standard-Trennscheiben mit jeweils 350 mm Durchmesser

Zur Veranschaulichung der für die unterschiedlichen Trennscheiben gewonnenen Messergebnisse sind diese in den **Abbildungen 14 und 15** für die Bearbeitung von Granit und Beton graphisch dargestellt.

Für die beiden Laser-Trennscheiben ergeben sich bei allen Materialien jeweils deutlich unterschiedliche Pegel. Während eine Laser-Trennscheibe (Nr. 8) beim Sägen von Granit und Beton mit ca. 105 dB(A) bzw. 104 dB(A) kaum leiser ist als die leiseste Standard-Trennscheibe, werden für die andere Laser-Scheibe (Nr. 7) mit ca. 101 dB(A) bzw. 99 dB(A) um 4 bis 5 dB(A) niedrigere Pegel gemessen. Das ist vermutlich durch die Wirkung der speziellen Polymerfüllung der Lasereinschnitte zu erklären. Dadurch wird offenbar eine deutlich höhere Dämpfung erreicht, was sich schon allein beim Anschlagen der Scheibe durch ein schnelles Abklingen zeigt. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der früheren Studie [6] kann man mit einfachen Laser-Einschnitten allein offenbar keine so große Dämpfung erreichen.

Bei Einsatz von Sandwich-Trennscheiben ergeben sich im Vergleich zu den Standard-Trennscheiben Pegelminderungen zwischen 8 und 14 dB(A). Falls man die relativ laute Sandwich-Scheibe Nr. 14 ausschließt, lassen sich im Vergleich zu Standard-Trennscheiben bei allen 3 Materialien im Mittel jeweils Pegelminderungen von ca. 10 dB(A) erzielen.

Es ist unerklärlich, warum die Trennscheibe Nr. 14 im Vergleich zu den anderen Sandwich-Trennscheiben so schlecht abschneidet. Die von dem Hersteller dieser Trennscheibe versprochene Pegelminderung von 15 dB(A) wird nicht annähernd erreicht. Beim Trennen von Sandstein ergeben sich mit dieser Trennscheibe sogar etwas höhere Pegel als mit einer guten Standardtrennscheibe.

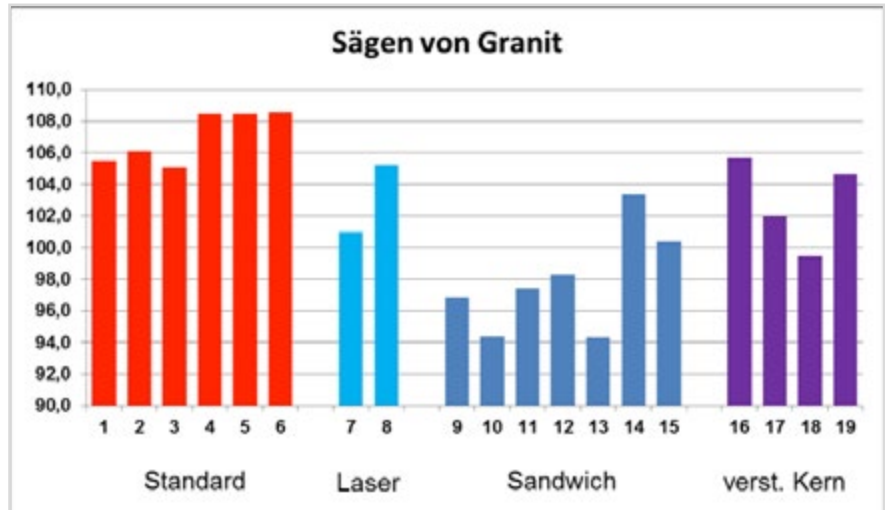


Abb. 14 A-bewertete Schalldruckpegel L_{Aeq} am Arbeitsplatz für die untersuchten Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser beim Sägen von Granit

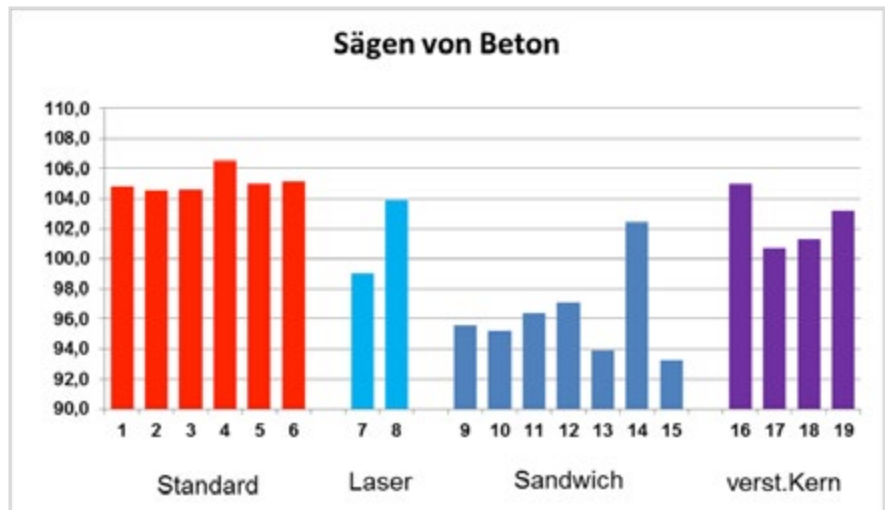


Abb. 15 A-bewertete Schalldruckpegel L_{Aeq} am Arbeitsplatz für die untersuchten Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser beim Sägen von Beton

Für die untersuchten Trennscheiben mit verstärktem Kern („Panzerkern“) wurden unter den betrachteten Einsatzbedingungen am Arbeitsplatz Schalldruckpegel von ca. 97 bis 106 dB(A) gemessen. Die Trennscheibe Nr. 16 liegt beim Sägen von Beton und Granit mit 105 bis 106 dB(A) etwa auf dem gleichen Niveau wie eine leise Standard-Trennscheibe. Für Sandstein ergeben sich im Vergleich zu Standard-Trennscheiben um ca. 1 bis 6 dB(A) niedrigere Pegel. Die Trennscheibe Nr. 19 mit doppelt verstärktem Kern ist bei Granit und Beton um ca. 1 bis 2 dB(A) leiser als die Trennscheibe mit einfach verstärktem Kern. Deutliche Lärminderungserfolge zeigen die Trennscheiben mit verstärktem Kern jedoch auf dieser Säge erst bei einer Lochung, wie sie die Trennscheiben Nr. 17 und 18 aufweisen. Im Vergleich zu der entsprechenden Trennscheibe ohne Lochung (Nr. 16) ergeben sich Pegelminderungen von ca. 2 bis 6 dB(A). Gegenüber den Standard-Trennscheiben können sich noch etwas größere Lärminderungserfolge ergeben, z. B. bis zu 9 dB(A) beim Sägen von Sandstein.

Wie bereits erwähnt, sind die gelochten Trennscheiben im Leerlauf um ca. 15 bis 19 dB(A) lauter als die ungelochten Trennscheiben der gleichen Bauart.

Um die Geräuschsituation an der hier betrachteten Steinsäge etwas genauer zu beschreiben, sind in **Abbildung 16** die Terzband-Geräuschspektren für verschiedene Trennscheiben beim Sägen von Beton gegenübergestellt. Dabei wurde als Standard-Trennscheibe die Nr. 6 (105,2 dB(A)), als Trennscheibe mit verstärktem Kern und Lochung die Nr. 17 (100,8 dB(A)) und als Sandwich-Trennscheibe die Nr. 13 (93,9 dB(A)) ausgewählt. Hier zeigt sich, dass die Geräuschbelastung beim Sägen jeweils verhältnismäßig hochfrequent ausfällt. Mit der Standard-Trennscheibe (Nr. 6 – rot) ergeben sich in allen Terzbändern von 2000 Hz bis 16000 Hz Terzbandpegel von mehr als 90 dB. Die Trennscheibe mit verstärktem Kern und Lochung (Nr. 17 – gelb) ist in dem weiten Frequenzbereich von 2000 Hz bis 6300 Hz deutlich leiser als die Standardscheibe.

Bei Einsatz der Sandwich-Trennscheibe (Nr. 13 – grün) lassen sich nahezu im gesamten Frequenzbereich deutliche Pegelminderungen erkennen.

4.4 Frühere Studie für Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser

4.4.1 Versuchsbedingungen

Untersuchte Trennscheiben:

In einer im Jahr 2007 vom IFA durchgeführten Untersuchung [6] wurden 8 Trennscheiben mit segmentiertem Rand von jeweils 350 mm Durchmesser untersucht:

- 3 Standard-Trennscheiben
- 2 Laser-Trennscheiben
- 3 Sandwich-Trennscheiben.

Bei dieser früheren Untersuchung wurden die heute angebotenen Trennscheiben mit verstärktem Kern allerdings nicht mit einbezogen.

Messpunkte:

Die Säge war auf einem Messplatz im Freien (in reflexionsarmer Umgebung) aufgestellt, so dass sich für den Messpunkt am Arbeitsplatz kein messbarer Reflexionseinfluss ergab. Der Messpunkt für den Arbeitsplatz wurde wie bereits unter Abschnitt 4.3.1 beschrieben entsprechend ISO 7960 [2] Anhang A festgelegt (siehe Skizze in Abbildung 8). Auch bei dieser Untersuchung gab es zum Vergleich einen zweiten Messpunkt in 3 m Abstand seitlich zur Säge und in 2 m Höhe.

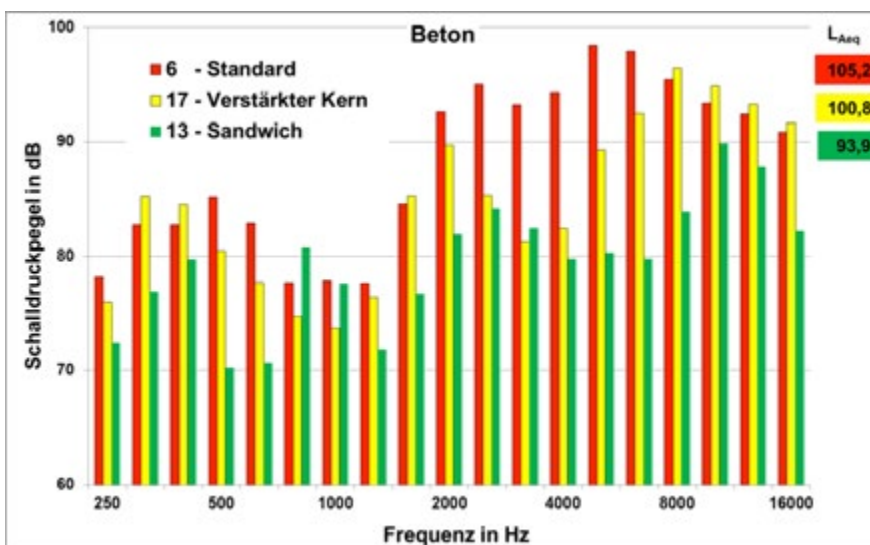


Abb. 16 Terzbandspektren am Arbeitsplatz beim Sägen von Beton (350 mm Sägeblatt) bei Einsatz von Standard-Trennscheibe (rot), Trennscheibe mit verstärktem Kern und Lochung (gelb) und Sandwich-Trennscheibe (grün)

Betriebsbedingungen:

Bei dieser Untersuchung kam eine ältere Brückensäge mit einer Drehzahl von 2960 U/min zum Einsatz. Es wurden Steinplatten aus 8 unterschiedlichen Materialien im Nassschnitt gesägt, und zwar:

- Granit
- Grauwacke
- Gneis
- Marmor
- Kalksandstein
- Schiefer
- Basalt
- Beton.

Die Plattengröße betrug in dieser Studie ebenfalls ca. 600 mm x 400 mm, die Plattendicke ca. 30 bis 40 mm. Es wurden jeweils Streifen von 50 mm Breite mit möglichst gleicher Vorschubgeschwindigkeit abgetrennt, wobei der Vorschub von Hand erfolgte. Um die Reproduzierbarkeit der Messung zu prüfen und das Ergebnis besser abzusichern, wurden mit jeder Trennscheibe mindestens zwei Schnitte am gleichen Material durchgeführt. Bei einer Schallpegeldifferenz zwischen den beiden Schnitten von mehr als 1dB(A) wurden weitere (bis zu sechs) Schnitte durchgeführt.

Jede einzelne Messung erstreckte sich über die gesamte Dauer, in der die Trennscheibe im Eingriff war. Die Ergebnisse einer Schnittserie wurden dann energetisch gemittelt.

4.4.2 Messergebnisse

Die für die verschiedenen Diamant-Trennscheiben gewonnenen Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengestellt, wobei alle Werte auf Zehntel Dezibel gerundet wurden.

Leerlaufgeräusch:

Wie bereits im Abschnitt 2 erläutert, hängt das im Leerlauf erzeugten Geräusch vor allem von der Geometrie des segmentierten Randes („Verzahnung“) ab. Der Aufbau des Stammsblattes hat dabei keinen nennenswerten Einfluss. Für die untersuchten Trennscheiben ergaben sich am festgelegten Arbeitsplatz Leerlaufgeräusche mit Pegeln L_{Aeq} von ca. 77 bis 92 dB(A). Diese Werte liegen auf demselben Niveau wie die Ergebnisse der zweiten Studie des IFA. Für einzelne im Rahmen der zweiten Studie untersuchte Trennscheiben mit geschlossenem Rand wurden allerdings deutlich niedrigere Pegel im Bereich von 70 dB(A) gemessen.

		Schalldruckpegel L_{Aeq} in dB(A)								
		Leerlauf	Lastlauf - Bearbeitung von:							
Nr.	Art der Trennscheibe		Granit	Grauwacke	Basalt	Gneis	Marmor	KS-Stein	Schiefer	Beton
1	Standard	87,4	106,2	105,0	105,9	104,0	103,5	100,6	99,0	101,0
2	Standard	87,0	101,8	99,4	100,0	101,3	100,2	100,0	96,0	100,2
3	Standard	78,9	105,5	104,7	103,1	103,8	103,5	100,4	98,9	103,0
Mittelwerte für Standard		84,5	104,5	103,0	103,0	103,0	102,4	100,3	98,0	101,4
4	Laser	91,8	102,2	102,0	99,3	102,2	100,6	99,3	99,4	101,1
5	Laser	77,1	103,5	101,7	103,0	103,0	100,6	98,9	99,3	101,3
Mittelwerte für Laser		84,5	102,9	101,9	101,1	102,6	100,6	99,1	99,4	101,2
6	Sandwich	86,8	90,9	89,8	90,5	90,7	89,4	89,3	88,5	90,0
7	Sandwich	84,3	91,3	90,5	90,0	91,9	89,8	89,7	87,7	90,8
8	Sandwich	88,5	92,5	91,7	90,5	91,5	90,0	90,7	90,2	90,8
Mittelwerte für Sandwich		86,5	91,6	90,7	90,3	91,4	89,7	89,9	88,8	90,5

Tab. 2 Schalldruckpegel am festgelegten Arbeitsplatz einer Brückensäge für 8 Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser, jeweils im Leerlauf sowie beim Sägen von 8 unterschiedlichen Materialien

Wie schon unter Abschnitt 4.3.2 erläutert, ergeben sich für Trennscheiben mit einer ausgeprägten Segmentierung und tiefen Einschnitten im Randbereich (siehe Abbildung 1) verhältnismäßig hohe Schalldruckpegel. Die untersuchte Trennscheibe Nr. 4 erzeugt neben dem hohen Pegel von ca. 92 dB(A) zugleich auch einen sehr unangenehmen Pfeifton mit einer Frequenz von ca. 3150 Hz.

Arbeitsgeräusch:

Die in Tabelle 2 zusammengestellten Ergebnisse der früheren Studie fallen im Mittel etwas niedriger aus als die neueren Ergebnisse entsprechend der Tabelle 1. Das mag daran liegen, dass die neuen Ergebnisse für eine etwas höhere Vorschubkraft ermittelt wurden – möglicherweise auch an der anderen Säge, den ausgewählten Trennscheiben und der abweichenden Drehzahl.

Die höchsten Pegel ergaben sich in beiden Studien jeweils beim Sägen von Granit. In der ersten Studie wurden 3 Standard-Trennscheiben untersucht, die für Granit mit Schalldruckpegeln von 102 bis 106 dB(A) gemessen wurden. Für die in der zweiten Messreihe untersuchten 6 Standard-Trennscheiben ergaben sich bei Granit Pegel von ca. 105 bis 109 dB(A). Nach Tabelle 2 kann man beim Sägen von Grauwacke, Basalt, Gneis und Marmor mit Standard-Trennscheiben jeweils mit um ca. 1 bis 3 dB(A) niedrigeren Pegeln als bei Granit rechnen. Bei Beton ergeben sich hier mit Standardscheiben um ca. 2 bis 5 dB(A) niedrigere Werte als bei Granit. Die niedrigsten Pegel von ca. 100 dB(A) werden für die Bearbeitung von Kalksandstein und Schiefer gemessen, so dass sich ein Unterschied von ca. 6 dB(A) gegenüber der Bearbeitung von Granit ergibt.

Die untersuchten Laser-Trennscheiben lassen nach Tabelle 2 nur geringe Verbesserungen gegenüber den Standard-Trennscheiben erkennen, wenn man mit der relativ leisen Standardscheibe Nr. 2 vergleicht. Im Vergleich zu den etwas lautereren Trennscheiben Nr. 1 und 3 ergeben sich zumindest für einzelne Materialien Pegelminderungen von ca. 2 bis 5 dB(A).

Mit den Sandwich-Trennscheiben sind im Vergleich zu den Standard-Trennscheiben bei allen Materialien Pegelminderungen von ca. 10 dB(A) und mehr zu erreichen. Dabei fallen die Unterschiede zwischen den einzelnen Materialien deutlich niedriger aus als für die Standard-Trennscheiben, d.h. die Geräuschbelastungen bei der Bearbeitung von Beton, Granit und Kalksandstein liegen bei Verwendung von Sandwich-Trennscheiben mit Pegeln von ca. 90 bis 92 dB(A) etwa auf demselben Niveau. Die größten Lärminderungserfolge für Sandwich-Trennscheiben ergeben sich bei den harten Materialien. So werden z. B. beim Sägen von Granit Pegelminderungen von ca. 11 dB(A) bis 15 dB(A) erreicht.

4.5 Untersuchung von Trennscheiben mit 230 mm Durchmesser in einem Winkelschleifer

4.5.1 Allgemeines

Um die Wirksamkeit von lärmgeminderten Trennscheiben auch für Trennscheiben mit kleineren Durchmessern zu untersuchen, wurden 9 Diamant-Trennscheiben von 230 mm Durchmesser in einem Winkelschleifer untersucht. Dabei wurden Gehwegplatten aus Beton im Trockenschnitt gesägt. Ohne die Wasserkühlung kommt es allerdings zu einer stärkeren Erhitzung der Trennscheiben und auch zu einem relativ hohen Verschleiß der Trennscheiben. Unabhängig von der Bauart der Trennscheibe ließen sich bei einigen Trennscheiben schon nach wenigen Schnitten eine nachlassende Leistung und ein Pegelanstieg feststellen.

Bei Sandwich-Trennscheiben kann die verbindende Dämpfungsschicht durch die Erhitzung weich werden, so dass die Trennscheibe nachgibt und der Schnitt zu einer Seite verläuft. Dieses Problem wurde für einzelne Sandwich-Trennscheiben mit 125 mm Durchmesser in einem Fliesenschneider beobachtet, so dass damit keine längeren geraden Schnitte möglich waren. Bei den hier im Winkelschleifer untersuchten 230 mm-Trennscheiben trat dieses Problem jedoch nicht auf.

4.5.2 Versuchsbedingungen

Untersuchte Trennscheiben:

Für den Einsatz im Winkelschleifer wurden 3 Standard-Trennscheiben, 3 Sandwich-Trennscheiben und 3 Trennscheiben mit verstärktem Kern („Panzerkern“) mit jeweils 230 mm Durchmesser ausgewählt (siehe Tabelle 3). Mehrere Trennscheiben wiesen eine Lochung auf, wobei der Lochanteil sehr unterschiedlich ausfiel. So wies z. B. die Trennscheibe Nr. 5 nur 16 relativ kleine Löcher von jeweils 7 mm Durchmesser auf. Andere Trennscheiben hatten einen höheren Lochanteil, z. B. die Nr. 8 mit 6 versetzt zueinander liegenden Lochkreisen (siehe Abbildung 7). Trennscheiben mit Lasereinschnitten wurden im Winkelschleifer nicht untersucht.

Messplatz und Messpunkte:

Die Messungen wurden auf einem Messplatz im Freien durchgeführt, wobei sich innerhalb eines Umkreises von mehr als 10 m keine bedeutenden Reflexionsflächen befanden. Bei den Leerlauf-Messungen befand sich auf einer Seite in rund 1,5 m Abstand eine Zeltplane, die jedoch einen relativ geringen Einfluss auf den Schalldruckpegel am Arbeitsplatz haben sollte.

Zur Erfassung des Leerlaufgeräusches wurde der Winkelschleifer jeweils in 1 m Höhe über dem Boden gehalten, wie es **Abbildung 17** zeigt, und der Schalldruckpegel in Höhe des Ohres der Bedienperson gemessen. Damit ergab sich ein Messabstand von ca. 0,6 m zum Mittelpunkt der Trennscheibe.

Auch bei der Messung unter Lastbedingungen wurde unmittelbar am Ohr der Bedienperson gemessen. In der gebückten Haltung der Bedienperson entsprechend **Abbildung 18** ergab sich ein Messabstand zum Mittelpunkt der Trennscheibe von ca. 0,85 m.

Betriebsbedingungen:

Die Trennscheiben wurden in einem Winkelschleifer Hitachi G23 UBY) mit einer Leistung von 2600 W und einer Drehzahl von 6500 U/min betrieben.

Gemessen wurde jeweils im Leerlauf sowie beim Trennen von Gehwegplatten aus Beton mit den Abmessungen von 40 cm x 40 cm x 4 cm. Wie in **Abbildung 18** ersichtlich, wurden die Gehwegplatten auf eine Holzpalette aufgelegt und in schmale Streifen geschnitten. Da die Trennscheiben bei dieser hohen Belastung relativ schnell verschleifen und sich dann möglicherweise das Geräusch ändert, wurden mit jeder Trennscheibe 3 Schnitte durchgeführt und dabei der erste und der dritte Schnitt gemessen.

Die Messung erstreckte sich jeweils über die gesamte Dauer des Schnittvorgangs, d. h. vom ersten Kontakt der Trennscheibe zur Betonplatte bis zum vollständigen Abtrennen des Streifens. Die Schnittdauern lagen dabei in der Regel zwischen 25 s und 35 s. Der Schalldruckpegel wurde über den gesamten Schnittvorgang zeitlich gemittelt und als äquivalenter Dauerschallpegel L_{Aeq} sowie als Terzbandspektrum gespeichert.



Abb. 17 Messung des Leerlaufgeräusches in ca. 0,6 m Abstand zum Mittelpunkt der Trennscheibe



Abb. 18 Trennen von Betonplatten und Winkelschleifer

4.5.3 Messergebnisse

Die für die ausgewählten 230 mm-Trennscheiben gewonnenen Ergebnisse sind in der **Tabelle 3** zusammengestellt.

Leerlaufgeräusch:

Die ermittelten Leerlaufgeräusche sind für alle Trennscheiben mit Schalldruckpegeln von 96,0 bis 96,4 dB(A) nahezu identisch. Die Ergebnisse werden dabei vermutlich durch das Geräusch des eingesetzten Winkelschleifers bestimmt. Die geringen Unterschiede zwischen den einzelnen Messwerten lassen erkennen, dass die Ergebnisse recht gut reproduzierbar sind.

Mit dem Winkelschleifer eines anderen Herstellers dürften sich etwas abweichende Leerlaufpegel ergeben. Dabei sind ältere Winkelschleifer verschleißbedingt möglicherweise etwas lauter als neue Geräte.

Arbeitsgeräusch:

Um die mit den unterschiedlichen Trennscheiben beim Trennen der Gehwegplatten gewonnenen Ergebnisse anschaulich darzustellen, sind die entsprechenden Messwerte für beide erfassten Schnitte in **Abbildung 19** graphisch gegenübergestellt.

Hier zeigt sich zunächst einmal, dass der Schalldruckpegel L_{Aeq} in der Regel beim 3. Schnitt etwas höher ausfällt als beim ersten Schnitt. Die untersuchten Sandwich-Trennscheiben sind eindeutig leiser als die Standard-Trennscheiben. Dadurch lassen sich bei vergleichbarer Leistung Pegelminderungen von 7 bis 8 dB(A) erreichen.

Für die Trennscheiben mit verstärktem Kern werden um ca. 3 dB(A) niedrigere Pegel als für die Standard-Trennscheiben gemessen. Im Gegensatz zu den Ergebnissen für die 350 mm-Trennscheiben ist hier kein signifikanter Einfluss der Lochung festzustellen.

Nr.	Art der Trennscheibe	Beschreibung	Schalldruckpegel L_{Aeq} in dB(A)		
			Leerlauf	Lastlauf	
				Beton Schnitt 1	Beton Schnitt 3
1	Standard	Geschlossener, geriffelter Rand	96,0	105,5	106,6
2	Standard	Segmentierter Rand mit glatten Segmenten	96,0	106,4	106,8
3	Standard, geringe Lochung	Segmentierter Rand mit geriffelten Segmenten	96,4	106,4	108,0
Mittelwerte für Standard-Trennscheiben			96,1	106,1	107,1
4	Sandwich	Segmentierter Rand mit geriffelten Segmenten	96,4	99,7	102,3
5	Sandwich, Lochkreis	Geschlossener, geriffelter Rand; Lochung mit sehr geringem Lochanteil	96,0	98,5	97,2
6	Sandwich + verstärkter Kern + geringe Lochung	Segmentierter Rand mit geriffelten Segmenten; Lochung mit geringem Lochanteil	96,1	98,5	98,7
Mittelwerte für Sandwich-Trennscheiben			96,2	98,9	99,4
7	Verstärkter Kern	Geschlossener, geriffelter Rand	96,4	102,9	104,4
8	Verstärkter Kern	Geschlossener, geriffelter Rand; Lochung mit hohem Lochanteil	96,2	103,9	104,3
9	Verstärkter Kern	Segmentierter Rand mit geriffelten Segmenten; Lochung mit geringem Lochanteil	96,3	103,7	104,2
Mittelwerte für Panzerkern-Trennscheiben			96,3	103,5	104,3

Tab. 3 Schalldruckpegel für die Bedienperson des Winkelschleifers mit 9 unterschiedlichen Trennscheiben (230 mm Durchmesser) für Betrieb im Leerlauf sowie beim Trennen von Gehwegplatten aus Beton (1. und 3. Schnitt)

Um die Geräuschbelastungssituation beim Einsatz des Winkelschleifers noch etwas genauer zu beschreiben, sind in Abbildung 20 Terzbandspektren für die untersuchten 3 Arten von Trennscheiben gegenüber gestellt. Für jede Bauart wurde dabei eine etwa durchschnittlich laute Trennscheibe ausgewählt. Hier werden die Ergebnisse für die Trennscheiben Nr. 2, Nr. 6 und Nr. 7 gegenübergestellt, wobei die Messwerte für den ersten und den dritten Schnitt jeweils gemittelt wurden.

Wie schon für die stationäre Säge festgestellt (s. Abbildung 16), ergibt sich auch für den Winkelschleifer mit Standard-Trennscheibe (Nr. 2 – rot) ein relativ hochfrequenten Geräusch mit dominierenden Anteilen zwischen 3200 Hz und 10.000 Hz. Die Trennscheibe mit verstärktem Kern (Nr. 7 – gelb) ist gerade in diesem Frequenzbereich erkennbar leiser, jedoch bei Frequenzbändern unter 2000 Hz auch lauter als die Standard-scheibe. Mit der Sandwich-Trennscheibe (Nr. 6 – grün) werden nahezu im gesamten Frequenzbereich deutlich niedrigere Pegel als mit den Vergleichs-Trennscheiben erreicht.

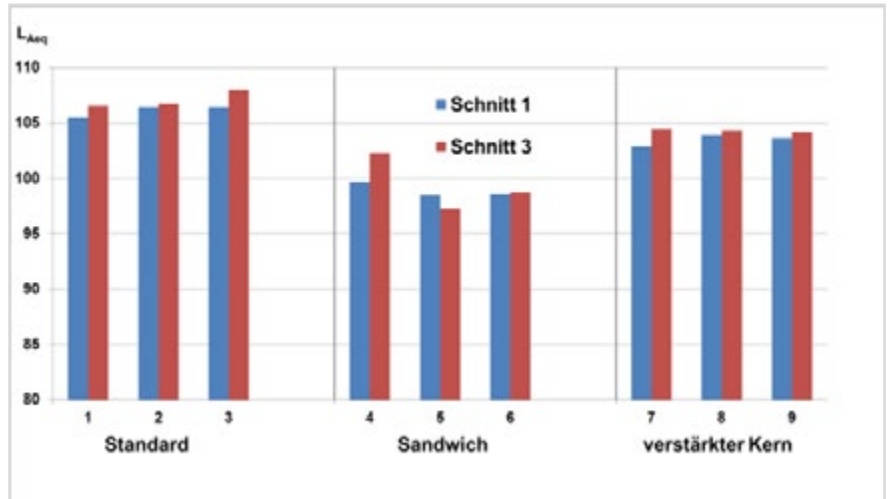


Abb. 19 Gegenüberstellung der für unterschiedliche Trennscheiben beim Trennen von Gehwegplatten verursachten Schalldruckpegel L_{Aeq}

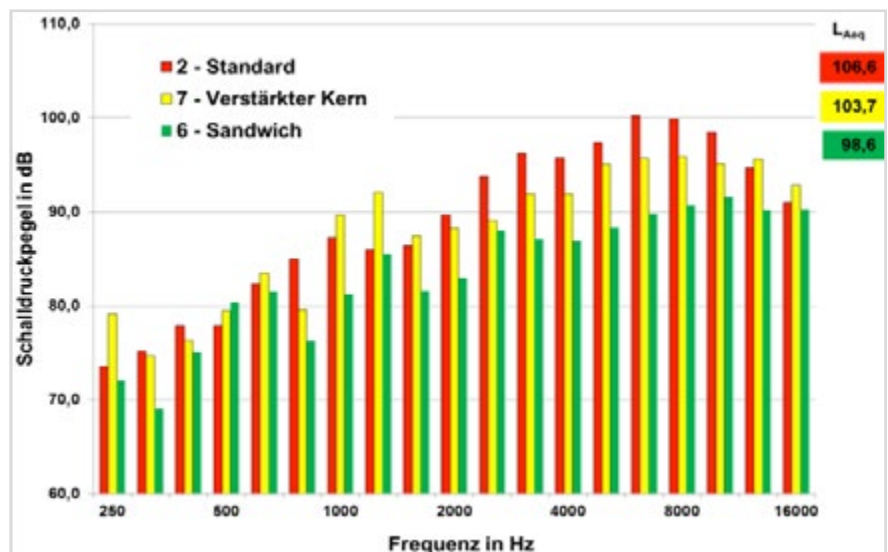


Abb. 20 Terzbandspektren für die Bedienperson beim Trennen von Gehwegplatten (Beton) mit einem Winkelschleifer bei Einsatz einer Standard-Trennscheibe (Nr. 2 - rot), einer Trennscheibe mit verstärktem Kern (Nr. 7 - gelb) und einer Sandwich-Trennscheibe (Nr. 6 - grün)

5 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Beim Sägen von mineralischen Werkstoffen mit Diamant-Trennscheiben ergeben sich für die Beschäftigten in der Regel hohe Lärmbelastungen mit Schalldruckpegeln von 105 dB(A) und mehr.

Verschiedene Hersteller bieten heute jedoch geräuschgeminderte Trennscheiben an und versprechen deutliche Lärminderungserfolge. Dabei gibt es unterschiedliche Konstruktionen, z. B. Sandwich-Trennscheiben, bestehend aus zwei Blechlagen mit einer dämpfenden Zwischenschicht, Trennscheiben mit mehrschichtig verstärktem Flansch und Trennscheiben mit Lasereinschnitten.

Um die damit erreichbaren Schallpegelminderungen zu ermitteln, wurden Trennscheiben von 350 mm und 230 mm Durchmesser unter verschiedenen Einsatzbedingungen untersucht. Zunächst wurden die Schalldruckpegel für 19 Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser auf einer Brückensäge im Nassschnitt bei Bearbeitung von Granit, Beton und Sandstein gemessen. Ergänzend dazu wurden 9 Trennscheiben von 230 mm Durchmesser in einem Winkelschleifer beim Trennen von Betonplatten untersucht.

Die Ergebnisse wurden auch mit den Messwerten einer früheren Studie des IFA [1] verglichen, wobei acht Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser für acht unterschiedliche Materialien gemessen wurden.

Für die auf der Brückensäge untersuchten Trennscheiben mit 350 mm Durchmesser ergaben sich durch die Sandwich-Konstruktion jeweils Pegelminderungen von ca. 8 bis 14 dB(A) gegenüber Standard-Trennscheiben. Der Lärminderungserfolg lag im Mittel bei ca. 10 dB(A). Damit sind z. B. beim Sägen von Beton und Granit Schalldruckpegel von rund 95 dB(A) am Arbeitsplatz zu erreichen.

Die untersuchten Laser-Trennscheiben waren weniger wirksam. Nur mit einer Laser-Trennscheibe, die eine spezielle Füllung der Laser-Einschnitte mit Polymermaterial aufwies, ergaben sich größere Lärminderungserfolge von ca. 6 dB(A).

Die 350 mm-Trennscheiben mit verstärktem Kern lagen beim Sägen von Granit und Beton mit 105 dB(A) etwa auf demselben Niveau wie besonders leise Standard-Trennscheiben. Die entsprechenden Trennscheiben mit einer Lochung wurden jedoch ca. 3 bis 7 dB(A) leiser als die Standard-Trennscheiben gemessen.

Die Trennscheiben von 230 mm Durchmesser wurden in einem Winkelschleifer beim Schneiden von Gehwegplatten aus Beton untersucht. Dabei wurden mit Standard-Trennscheiben am Ohr der Bedienungsperson Schalldruckpegel von ca. 106 bis 108 dB(A)

gemessen. Durch Verwendung von Sandwich-Trennscheiben ließen sich jeweils um 7 bis 8 dB(A) niedrigere Pegel erreichen. Für die Trennscheiben mit verstärktem Kern ergaben sich bei diesem Einsatz Pegelminderungen von ca. 3 dB(A).

Abweichend von den hier mit geräuschgeminderten Trennscheiben beobachteten Lärminderungserfolgen gibt es möglicherweise Anwendungen, in denen keine so großen Erfolge zu erreichen sind. Das kann z. B. für einen Trennjäger mit einem sehr lauten Benzinmotor zutreffen. Zur erfolgreichen Lärminderung müsste man in diesem Fall auch das Motorgeräusch mindern.

An den meisten Arbeitsplätzen an Steinsägen sollte sich allerdings durch den Einsatz von geräuschgeminderten Trennscheiben anstelle von Standard-Trennscheiben eine wesentliche Geräuscentlastung für die hier eingesetzten Beschäftigten erreichen lassen. Das wird von den Beschäftigten auch subjektiv als deutliche Entlastung empfunden und verringert zugleich ihr Hörschadensrisiko.

Da sich die Anschaffungskosten für geräuschgeminderte Diamanttrennscheiben nicht nennenswert von den Kosten konventioneller Trennscheiben unterscheiden, ist davon auszugehen, dass durch den Einsatz von geräuschgeminderten Diamanttrennscheiben in der Regel keine nennenswerten Mehrkosten entstehen. Einzelne Hersteller von geräuschgeminderten Trennscheiben versprechen sogar höhere Standzeiten und letztlich niedrigere Schnittkosten als mit Standard-Trennscheiben.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass für den Arbeitgeber nach der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung [7] vom 6. März 2007 die Verpflichtung besteht, Lärmbelastungen an Arbeitsplätzen zu vermeiden oder soweit wie möglich zu verringern (Minimierungsgebot). Als Maßstab dient dabei der Stand der Technik (siehe auch TRLV Lärm, Teil 3, Abschnitt 3 [8]). Deshalb dürfen streng genommen nur noch geräuschgeminderte Trennscheiben zum Einsatz kommen, wenn es keine technischen Gründe gibt, die dagegen sprechen.

Die Verpflichtung zur Verringerung der Lärmbelastungen gilt im Übrigen auch dann, wenn sich mit den entsprechenden Maßnahmen keine Lärmexpositionspegel unter 85 dB(A) erreichen lassen und trotz der Maßnahmen noch eine Gehörgefährdung besteht. Der Einsatz von Gehörschutz ist jeweils nur als letzte Möglichkeit anzusehen, falls sich die Lärmbelastung nicht durch andere geeignete Maßnahmen ausreichend reduzieren lässt.

Als Hilfe bei der Beschaffung von geräuschgeminderten Diamanttrennscheiben sei auf die vom IFA vorbereitete Lärmschutz-Information IFA-LSI 01-200 [1] verwiesen. Dort sind die Lieferanten von Lärmschutzprodukten zusammengestellt und somit auch die Lieferanten von geräuschgeminderten Trennscheiben zu finden.

6 Literatur

1. IFA-Lärmschutz-Information LSI 01-200: Geräuschminderung an Arbeitsplätzen – Bezugsquellen für Werkstoffe, Bauelemente und Werkzeuge
▶ www.dguv.de/ifa/Fachinfos/Lärm (in Vorbereitung)
2. ISO 7960: Luftschallemission von Werkzeugmaschinen; Festlegungen für Holzbearbeitungsmaschinen (Februar 1995)
3. DIN EN ISO 11201: Akustik – Geräuschabstrahlung von Maschinen und Geräten – Bestimmung von Emissions-Schalldruckpegeln am Arbeitsplatz und anderen festgelegten Orten in einem im Wesentlichen freien Schallfeld über einer reflektierenden Ebene mit vernachlässigbaren Umgebungskorrekturen (Oktober 2010)
4. DIN EN ISO 9612: Akustik – Bestimmung der Lärmexposition am Arbeitsplatz; Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 (Ingenieurverfahren), (September 2009)
5. DIN EN ISO 3746: Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 3 über einer reflektierenden Ebene (November 2009)
6. LSA 02-375, Lärmschutz-Arbeitsblatt „Geräuschgeminderte Diamanttrennscheiben für Steinsägen – Marktübersicht, Schalldruckpegel in Labor und Praxis“ (BGI/GUV-I 792-151) – zurückgezogen im Zuge einer Neuordnung des DGUV-Regelwerks
7. Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV), Verordnung zur Umsetzung der EG-Richtlinien 2002/44/EG und 2003/10/EG vom 6. März 2007
8. Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (TRLV Lärm). Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 18-20/2010 vom 23. März 2010.

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e.V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Tel.: 030 288763800
Fax: 030 288763808
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de