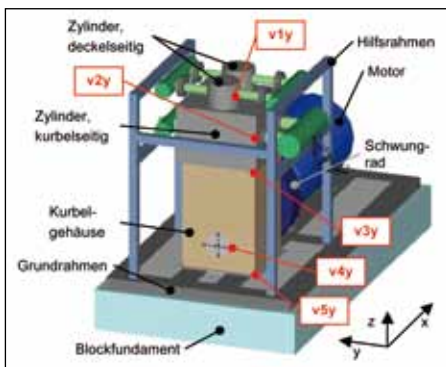


Erdgasverdichterstation – Gezielte Sanierung erspart aufwändige Neugründung

Zur Abdeckung von Verbrauchsspitzen eines regionalen mitteldeutschen Energieversorgers wurde das Gasnetz um einen Hochdruck-Röhrenspeicher erweitert. Die notwendige Druckerhöhung des Gases aus dem Ferngasnetz in den Röhrenspeicher wurde durch eine neu errichtete Kolbenverdichterstation sichergestellt. Der prinzipielle Aufbau des Verdichters mit elektromotorischem Antrieb und Gründung auf einem Blockfundament ist Abb. j1 zu entnehmen.



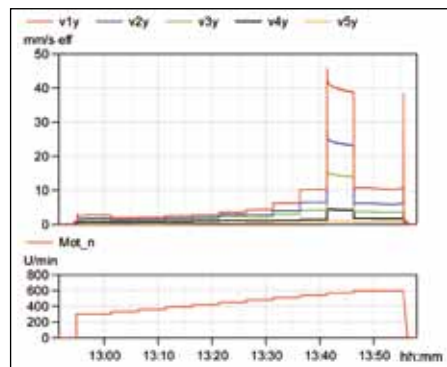
▲ Abbildung j1: Verdichteranlage (Prinzipskizze) mit Messpunkten und Koordinatensystem im Originalzustand.

Bei ersten Probeläufen der zweistufigen drehzahlvariablen Verdichteranlage – Saugdruck 12 bar, Enddruck 100 bar, Drehzahlbereich 300-600 U/min – wurden durch das Inbetriebnahmepersonal deutlich überhöhte Schwingungen festgestellt. Der Anlagenbetreiber vermutete als ursächlich die unzureichende Fundamentierung des Verdichters und forderte vom Anlagenbauer eine kurzfristige Lösung inkl. Neugründung auf einem deutlich vergrößerten Blockfundament.

Daraufhin wurde KÖTTER Beratende Ingenieure Berlin GmbH (KBI) durch den Anlagenbauer mit einer umfassenden Untersuchung der Schwingungssituation der Verdichteranlage beauftragt. Basierend auf einer objektiven Messung mit anschließender Analyse sollten gezielte Maßnahmen zur Ertüchtigung der Schwingungssituation ausgelegt und vorgeschlagen werden. Ein weiteres Ziel war die Sicherstellung einer hohen Anlagenverfügbarkeit und Einhaltung der vertraglich vereinbarten Garantiewerte

unter Berücksichtigung eines günstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses.

Die Garantiebedingungen des Verdichtersherstellers fordern u.a. für den uneingeschränkten Dauerbetrieb die Einhaltung von Schwinggeschwindigkeiten $v \leq 11 \text{ mm/s eff}$ an den Zylindern und Zylinderköpfen sowie $v \leq 2,5 \text{ mm/s eff}$ am Kurbelgehäuse in Höhe der Kurbelwellenlängsachse. Zum Vergleich werden für Kolbenverdichter nach VDI



▲ Abbildung j2: Zeitlicher Verlauf der gemessenen mechanischen Schwingungen (Effektivwerte) an Verdichter und Grundrahmen in y-Richtung und Drehzahlen beim enggestuften Hochfahren im Originalzustand vor Modifikation.

Richtlinie 3838 an vergleichbaren Messpositionen Schwinggeschwindigkeiten $v \leq 18 \text{ mm/s eff}$ zugelassen.

In einem ersten Schritt wurden im Rahmen einer umfangreichen Messkampagne Druckpulsationen und mechanische Schwingungen zeitsynchron an bis zu 32 Messpositionen über das gesamte Drehzahlband des Verdichters gemessen. Abb. j1 zeigt auszugsweise einige der verwendeten Schwingungsmesspunkte. Die in y-Richtung gemessenen mechanischen Schwingungen im Bereich des Verdichters fasst Abb. j2 als zeitlichen Verlauf der Effektivwerte über der Verdichterdrehzahl zusammen. Es zeigte sich, dass beim Hochlauf bis zur Drehzahl 540 U/min das Schwingungsniveau erwartungsgemäß geringfügig mit der Drehzahl

▶ Abbildung j3: Zeitlicher Verlauf der gemessenen Verdichterschwingungen über 4 vollständige Umdrehungen bei Drehzahl 570 U/min im Originalzustand vor Modifikation.

Diesmal...

eine Ausgabe unserer Hauszeitung „good VIBRATIONS“ aus Berlin.

Liebe Leserinnen und liebe Leser,

nachdem wir im April 2011 unser 20-jähriges Firmenjubiläum mit vielen Geschäftsfreunden gefeiert haben, sind wir inzwischen mit anspruchsvollen Projekten in die neue Dekade unseres Ingenieurbüros gestartet.

Wie gewohnt, ist KBI (KÖTTER Beratende Ingenieure Berlin GmbH) mit seinen erfahrenen Mitarbeitern im Bereich Maschinen und Anlagen, Bau- und Raumakustik sowie dem Schallimmissionsschutz für unsere Kunden tätig.

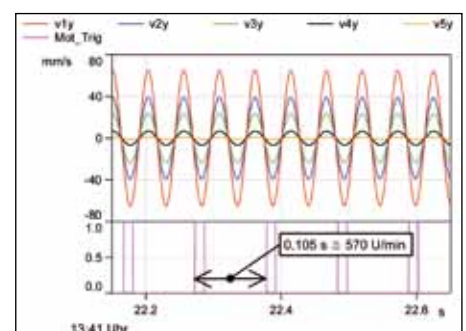


Die Fachartikel auf den nachfolgenden Seiten informieren Sie über abgeschlossene Projekte aus dem Spektrum unserer Tätigkeitsfelder. Wir würden uns freuen, wenn die Artikel auch für Ihre Arbeit von Nutzen sein könnten.

Ihr Bernd Fleischer

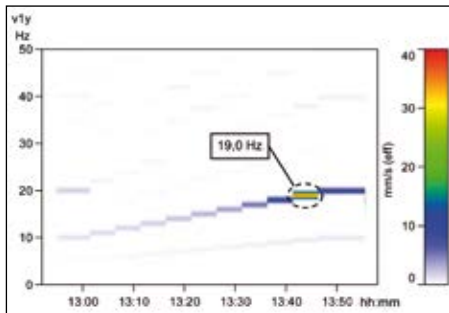
▶ ▶ ▶ INHALT ▶ ▶ ▶

- ▶ Erdgasverdichterstation – Gezielte Sanierung erspart aufwändige Neugründung
- ▶ Fensterschalldämmung mangelhaft?
- ▶ So leise wie nötig, nicht so leise wie möglich

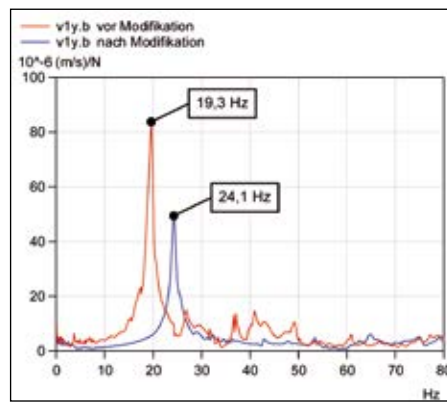


Fortsetzung von Seite 1 ▶

anstieg. Um ca. 13:41 Uhr bei Erreichen der Drehzahl 570 U/min wurde ein sprunghafter Anstieg der Schwinggeschwindigkeiten auf 46 mm/s eff am obersten Messpunkt v1y gemessen. Damit wurde der Richtwert des Herstellers 11 mm/s eff hier und auch an den Messpunkten v2y mit 27 mm/s eff und v3y mit 17 mm/s eff drastisch überschritten. Mit Erreichen der Höchstdrehzahl 600 U/min reduzierten sich die mech. Schwingungen wieder deutlich, in diesem Betriebspunkt wurden max. 11 mm/s eff am Messpunkt v1y festgestellt.



▲ Abbildung j4: Farbkarte der Zeit-Frequenzspektren (FFT, Harmonische als Effektivwerte) der Schwingungen am Messpunkt v1y beim enggestuften Hochfahren des Verdichters im Originalzustand vor Modifikation.



▲ Abbildung j5: Betragsspektren der Übertragungsfunktionen für Messpunkt v1y aus Anschlagversuchen mit Impulshammer vor und nach Umsetzung der Modifikationen.

Die Analyse der drehzahlabhängig überhöhten Schwingungssituation zeigte eine Kippbewegung des Verdichters um eine parallel zur Kurbelwellenrichtung gedachte Längsachse am Fuß des Kurbelgehäuses in y-Richtung, siehe Amplitudenverhältnisse und Phasenlagen in Abb. j3. Am Fundament und auf der Oberseite des Grundrahmens (v5y) hingegen wurden nur sehr kleine Schwinggeschwindigkeiten $v \leq 1,0$ mm/s eff gemessen. Damit konnte eine unzureichende Fundamentierung des Verdichters nachweislich ausgeschlossen werden. Zur weiteren Analyse zeigt die Farbkarte in Abb. j4 den zeitlichen Verlauf der am Messpunkt v1y

gemessenen Frequenzspektren. Es zeigte sich, dass die festgestellten Schwingungen primär durch die 2te-Harmonische des Fördervorganges (Massenkräfte, Gaskräfte) angeregt wurden, das max. Schwingungsniveau im Zeitfenster bei der Drehzahl 570 U/min (vgl. Abb. j2 und Abb. j4) wurde bei ca. 19 Hz ($570 \text{ U/min} = 9,5 \text{ Hz} \times 2 = 19 \text{ Hz}$) gemessen. Zusätzlich wurden am Hilfsrahmen zur Detailanalyse gezielte Anschlagversuche mit einem Modalhammer, deren Ergebnisse Abb. j5 zusammenfasst, durchgeführt. Hiermit konnte der Ursache-Wirkungsmechanismus eindeutig nachgewiesen werden. Die Verdichterkonstruktion wies eine schwach bedämpfte mech. Eigenfrequenz $f_e = 19,3 \text{ Hz}$ in y-Richtung auf. Das Zusammentreffen aus mech. Eigenfrequenz und Anregung durch die 2te-Harmonische der Drehzahl führte zu der resonanzartig verstärkten Schwingungen bei Drehzahlen um 570 U/min.

Noch vor Ort wurden erste Ergebnisse den beteiligten Projektpartnern mitgeteilt und empfohlen, den Drehzahlbereich um 570 U/min vorerst durch eine Umprogrammierung der Anlagensteuerung zu sperren. Drehzahlbereiche 300 – 540 U/min und die

Fensterschalldämmung mangelhaft?

An einem Wohnungsneubauvorhaben in Berlin wurden diverse bauakustische Messungen zum Nachweis der vom Bauunternehmer geschuldeten Fensterschalldämmung durchgeführt. Gemäß Angabe der Bauherrschaft war für die zur Hauptverkehrsstraße eingebauten Fenster die Schallschutzklasse 4¹⁾ gemäß VDI 2719 mit erf. $R'_{w} \geq 42 \text{ dB}$ zu realisieren.

Die Anforderung ist erfüllt, wenn der Zahlenwert für das bewertete Schalldämm-Maß R'_{w} eingehalten oder überschritten wird.

Die Messungen wurden gemäß DIN EN ISO 140 Teil 5 „Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen“ in Terzen mit einer Mittenfrequenz von 50 Hz bis 5 kHz durchgeführt. Die Ermittlung des Einzelwertes der Schalldämmung erfolgte gemäß DIN EN ISO 717 Teil 1 „Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen“ für Terzen mit einer Mittenfrequenz von 100 Hz bis 3,15 kHz.

Bei dem Prüfverfahren wird die Fassade mit Lautsprecherschall angeregt. Um in den zu betrachtenden Frequenzbereichen im Empfangsraum einen Fremdgeräuschabstand von $> 6 \text{ dB}$ zu gewährleisten, wurde die Fassade mit einem mittleren Sendepiegel von ca. 100 dB angeregt. Auf Grund des ge-

ringen Außenlärmpegels, ausgehend vom Straßenverkehr, war eine Nachweismessung mit Straßenverkehrslärm nicht möglich (zu geringer Fremdgeräuschabstand).

Die Gebäudefassade bestand aus KSV $d = 175 \text{ mm}$, Rohdichtenklasse 2.0, WDVS mit $d = 100 \text{ mm}$ mineralischer Dämmung und Putzoberschicht $d = 8 \text{ mm}$, Innenputz $d = 15 \text{ mm}$ (Gipsputz). Zwei Innenwände wurden i.d.R. aus Gipsdielen, die Wand zum Treppenhaus aus $d = 240 \text{ mm}$ KSV hergestellt. Die Decken bestanden aus $d = 18 \text{ mm}$ Stahlbeton mit schwimmendem Estrich.



▶ Abbildung 1: Verkleidung Fenster innenseitig mit biegeweicher Vorsatzschale

Bei den Messungen wurde festgestellt, dass mit der ursprünglich eingebauten Verglasung 8 – 16 – 8 und der modifizierten Verglasung 12 – 16 – 8 einschließlich Optimierung der Randanschlüsse, Einstellung der Fensterflügel, Wechsel von Dichtungen und Einbau zusätzlicher Dichtungen, die Anforderungen an die Schalldämmung der

Fenster nicht erfüllt wurden. Die überprüften Fenster wiesen Bauschalldämm-Maße von 37 – 39 dB auf. Gemäß Herstellerangaben, wurden für die Fensterkonstruktionen Prüfstandswerte von $\geq 43 \text{ dB}$ angegeben. Nach Abzug eines Vorhaltemaßes von 2 dB wären bei optimalem Einbau der Fenster in die Außenwand, Bauschalldämm-Maße von 41 dB erreichbar.

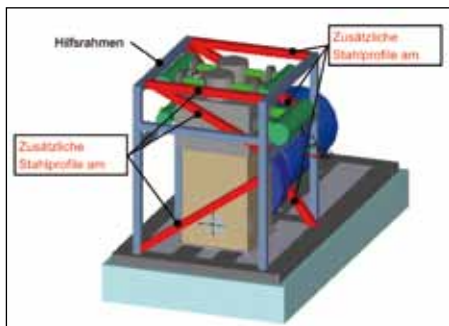
Zur Klärung weshalb die geforderte Schalldämmung nicht erreicht wurde, war sicherzustellen, dass bei vorgenanntem hohen Außenpegel von ca. 100 dB die Schallübertragung nur durch die Fenster und nicht durch das Anregen der Außenwand und den an der Außenwand flankierenden Bauteilen beeinflusst wird. Hierzu erfolgten folgende Prüfaufbauten mit nachstehenden Ergebnissen:

▶ Verkleidung des Fensters innenseitig mit einer biegeweichen Vorsatzschale aus 2 x 12,5 mm GK-Bauplatten und Mineralwollehinterlegung.

Bei der Messung ohne Fensterverkleidung wurde ein Bauschalldämm-Maß von $R'_{45^{\circ}w} = 39 \text{ dB}$, mit Fensterverkleidung von $R'_{45^{\circ}w} = 41 \text{ dB}$ messtechnisch ermittelt. Es erfolgte eine nur geringe Verbesserung der Schalldämmung um 2 dB. Hieraus ergibt sich bezogen auf die gesamte Außenwand ein resultierendes Bauschalldämm-Maß von 45 dB.

Im Verlauf des frequenzbezogenen Schalldämm-Maßes ist ersichtlich, dass durch die schalldämmende Vorsatzschale im Bereich des Fensters erst eine Verbesserung der

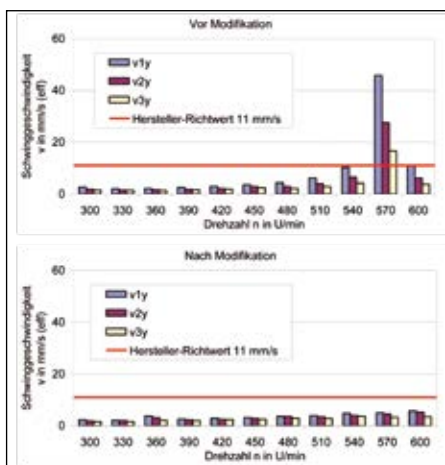
¹⁾ Gemäß Tabelle 2 der VDI 2719 „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“ ist die Schallschutzklasse 4 dann erreicht, wenn das bewertete Schalldämm-Maß R'_{w} des am Bau funktionsfähig eingebauten Fensters mindestens 40 dB aufweist.



▲ Abbildung j6: Verdichter (Prinzipskizze) nach Umsetzung der Modifikation am Hilfsrahmen.

Höchst Drehzahl 600 U/min konnten ohne Einschränkungen für den Dauerbetrieb freigegeben werden. Als weiterer Schritt wurde empfohlen, die mech. Eigenfrequenz in y-Richtung durch gezielte Aussteifungen des Hilfsrahmens aus dem Anregungsspektrum der 2ten Harmonischen auf mindestens 22 Hz zu verschieben. Hierzu wurde noch während der Messung eine provisorische Aussteifung realisiert und die Wirksamkeit messtechnisch nachgewiesen.

Im Nachgang zu den Messungen der Ausgangssituation wurde ein theoretisches Be-



▲ Abbildung j7: Vergleich der gemessenen mechanischen Zylinderschwingungen vor und nach der Modifikation bei typischen Drehzahlen und Hersteller-Richtwert 11 mm/s (eff).

rechnungsmodell mittels FEM-Simulation aufgestellt und auf die Messergebnisse abgestimmt. Anschließend wurden mögliche Lösungsansätze implementiert und die favorisierte Variante vorgeschlagen.

Nach der bauseitigen Umsetzung des in Abb. j6 skizzierten favorisierten Lösungsvorschlags wurde eine Kontrollmessung der Schwingungssituation durchgeführt. Die Eigenfrequenz wurde durch die Aussteifung von 19,3 Hz auf 24,1 Hz verschoben,

Schalldämmung ab 800 Hz vorhanden ist. Die Vorsatzschalenkonstruktion hätte jedoch auch bereits im Frequenzbereich ab 125 Hz zu einer Verbesserung der Fensterschalldämmung führen müssen. Der Verlauf der Schalldämmkurve im Vergleich Fenster im Istzustand und Fenster mit Vorsatzschale deutet darauf hin, dass an der Schallübertragung im Frequenzbereich unter 800 Hz die Außenwand (d = 175 mm KSV mit WDVS) erheblich beteiligt ist. Um eine gegenseitige Beeinflussung der Schalldämmung von Außenwand und Fenster ausschließen zu können, muss die Außenwand grundsätzlich in den einzelnen Terzmittenfrequenzen eine um mindestens 10 dB höhere Schalldämmung als das Fenster aufweisen.

In Abhängigkeit vom Außenwand- / Fensterflächenverhältnis kann so bei einem hohen Wandanteil mit zu geringer Schalldämmung die messtechnisch ermittelte Fensterschalldämmung geringer sein als tatsächlich vorhanden.

Um die tatsächliche Schalldämmung des Fensters ermitteln zu können, erfolgten nachfolgende bauakustische Messungen:

► Komplette raumseitige Verkleidung der Außenwand (einschließlich Fenster) mit biegeweicher Vorsatzschale. Hier ergab sich eine Schalldämmung der Außenwand von $R'_{w} = 49$ dB. Aus der flächenbezogenen Masse der Außenwand war jedoch nach einer rechnerischen Abschätzung eine Schalldämmung von $R'_{w,R} = 51$ dB – 53 dB zu erwarten.

► Verkleidung der Außenwand und eine flankierende Innenwand (Gipsdielenwand) provisorisch mit einer biegeweichen Vorsatzschale (bei der Außenwandverkleidung wurde das Fenster ausgespart). Die Messungen haben ein bewertetes Schalldämmmaß des Fensters mit 2 Flügelalzlüftern von $R'_{45^{\circ}w} = 42$ dB und ein bewertetes Schalldämmmaß des Fensters ohne Flügelalzlüfter von $R'_{45^{\circ}w} = 43$ dB ergeben. Die geforderte Schallschutzklasse 4 nach VDI 2719 konnte bei beiden Prüfaufbauten nachgewiesen werden.

Durch die raumseitige Verkleidung der Außenwand und der Gipsdielenwand zum benachbarten Wohnzimmer wurde erreicht, dass die zum Nachweis der Fensterschalldämmung auf den Baukörper übertragene Schallenergie von der Außenwand und der flankierenden Gipsdielenwand nur noch gering abstrahlt wird. Der bei den Messungen zu erfassende Rauminnenpegel wird so nur noch gering durch die Schallabstrahlung der Umfassungsbauteile des Empfangsraumes beeinflusst. Die Schallübertragung von außen nach innen erfolgte nahezu ausschließlich über die Fensterkonstruktion, wodurch die tatsächliche am Bau vorhandene Fensterschalldämmung nachgewiesen werden konnte.

► Komplette Verkleidung der Außenwand und Gipsdielenwand zum benachbarten Wohnzimmer mit biegeweicher Vorsatzschale. Die Messungen ergaben eine Schalldämmung der Außenwand von $R'_{w} = 53$ dB. Gegenüber der Messung ohne Verklei-

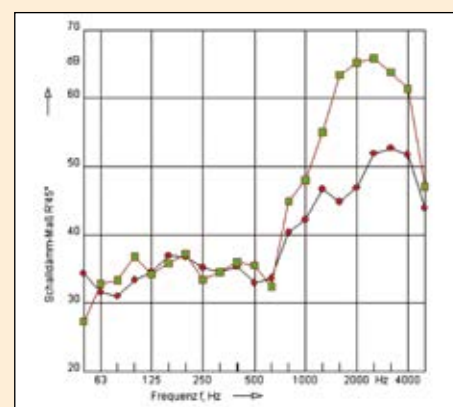
s. Abb. j5. Die „Vorher-Nachher“-Gegenüberstellung in Abb. j7 zeigt den Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahme.

Fazit:

Die Gegenüberstellung der vor und nach der Umsetzung der Modifikation gemessenen mechanischen Schwingungen zeigt eine deutliche Verbesserung der Schwingungssituation der Verdichteranlage. Die Richtwerte des Verdichterherstellers werden nun im gesamten Drehzahlbereich durchweg eingehalten. Die Verdichteranlage wird seit Umsetzung der Modifikation zur vollsten Zufriedenheit der Projektpartner betrieben.

Die gezielte Modifikation der Verdichteranlage, basierend auf der messtechnischen Untersuchung und abgestimmten Auslegung durch KBI, hat eine aufwändige und kostenintensive Neugründung des Verdichters auf einem vergrößerten Fundament erspart. Die Verdichteranlage war während der gesamten Periode der Sanierung praktisch vollständig einsatzbereit.

Dipl.-Ing. Joachim Holstein
joachim.holstein@koetter-consulting.com



▲ Abbildung 2: Frequenzbezogener Verlauf der Schalldämmung eines Fensterelementes ohne (rote Schalldämmkurve) und mit (grüne Schalldämmkurve) Vorsatzschalenabdeckung

dung der leichten Trennwand ist eine Verbesserung der Schalldämmung der Außenwand um 4 dB festzustellen. Somit konnte eine zusätzliche Schallabstrahlung über die leichte Gipsdielenwand messtechnisch nachgewiesen werden.

Als Ursache für das Nichterreichen der vertraglich geschuldeten Fensterschalldämmung von 42 dB konnte, wie vor beschrieben, durch die zusätzliche provisorische Verkleidung der Außenwand und einer Wohnraumtrennwand in Gipsdielenausführung, eindeutig die Schallabstrahlung der Außenwand selber und die Schallabstrahlung durch die bestehende Gipsdielentrennwand nachgewiesen werden.

Dipl.-Ing. Bernd Fleischer
bernd.fleischer@koetter-consulting.com

So leise wie nötig, nicht so leise wie möglich

Die Minderung der Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, die von gewerblichen oder industriellen Anlagen ausgehen, verursacht häufig erhebliche Kosten. Umso wichtiger ist es, potenzielle Maßnahmen gezielt unter Berücksichtigung ihrer Wirksamkeit auszuwählen. Ein hierfür geeignetes Instrument stellt die Beurteilung nach dem Stand der Technik zur Lärminderung im Sinne der TA Lärm dar, die der Autor dieses Artikels für mehrere Tagebaue im Lausitzer Braunkohlerevier durchgeführt hat.

Am Anfang stehen die möglichst genaue Erfassung der Schallemissionen durch Messung vor Ort und der Aufbau des dreidimensionalen Modells zur Berechnung der Schallausbreitung. Auf diese Weise lässt sich, anders als bei reinen Immissionsmessungen am nächstgelegenen Wohnhaus, der Anteil jeder Quelle am Geräuschimmissionspegel quantifizieren. Die Grafik zeigt anhand eines typischen Tagebaus mit Schaufelradbagger, Bandanlagen und Absetzer zum Verkippen des Abraums auf der obersten Ebene, der Abraumförderbrücke mit den zugehörigen Eimerkettenbaggern sowie den Grubengeräten zur Kohleförderung die Vorgehensweise bei der anschließenden Erstellung des Lärminderungskonzepts.

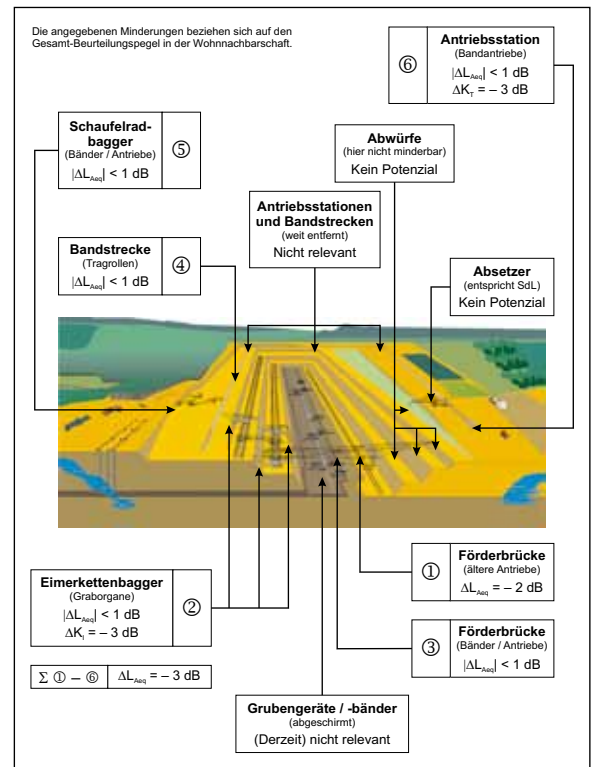
Quellen, die keinen relevanten Immissionsbeitrag liefern und auch nach der Realisierung von Minderungsmaßnahmen an anderen Emittenten nicht liefern werden (hier die weit entfernten Bandförderer und die Installationen in der Grube), finden keine Berücksichtigung. Gleiches gilt für Geräte, an denen bereits alle technisch möglichen und auf die jeweilige Situation tatsächlich anwendbaren Maßnahmen zur Reduzierung der Schallemission umgesetzt wurden (Absetzer) oder die kein technisches Minderungspotenzial bieten (Abwurfgeräusche beim Aufprall des Materials auf den Boden). Alle übrigen Schallquellen kommen grundsätzlich für Lärminderungsmaßnahmen

infrage, die jedoch nur dann sinnvoll sind, wenn sie eine signifikante Reduzierung der Geräuschimmissionen in der Umgebung bewirken. Für den Austausch älterer Antriebe an der Förderbrücke (1) ist dies aufgrund der Minderung des Gesamt-Beurteilungspegels am maßgeblichen Immissionsort um 2 dB uneingeschränkt zu bejahen. Alle weiteren Maßnahmen für sich genommen verbessern die Situation um weniger als 1 dB (2 bis 6), können in Kombination aber durchaus sinnvoll sein.

Bei der Bildung der Beurteilungspegel sieht die TA Lärm Zuschläge für die besondere Lästigkeit einzelner und / oder impulshaltiger Geräusche vor. Diesem Aspekt kommt, neben der erzielbaren Verringerung der Geräuschimmissionspegel, große Bedeutung zu. Im Beispiel mindern die weitgehende Vermeidung des Schlagens der Eimerketten (2, Wegfall des Impulszuschlags) und die Reduzierung tonaler Getriebe Geräusche (6, Wegfall des Tonzuschlags) den Beurteilungspegel um 6 dB und damit stärker als alle Maßnahmen zusammen den Geräuschimmissionspegel ohne Zuschläge (3 dB).

Die Anlage entspricht dem Stand der Technik zur Lärminderung im Sinne der TA Lärm, wenn alle weitergehenden, grundsätzlich möglichen Minderungsmaßnahmen den Gesamt-Beurteilungspegel nicht relevant, d. h. um weniger als 1 dB, absenken würden. Dies muss nicht zwingend bedeuten, dass damit die Immissionsrichtwerte der TA Lärm in der Nachbarschaft durchgängig eingehalten sind, insbesondere nicht in Gemengelage.

Typischer Aufbau eines Tagebaus und seiner Lärmquellen.



Die Ergebnisse der Beurteilung nach dem Stand der Technik zur Lärminderung können in immissionsschutzrechtliche Genehmigungen einfließen oder z. B. über eine Kontingentierung nach DIN 45691 in Bebauungsplänen bzw. städtebaulichen Verträgen festgeschrieben werden. Das Verfahren bietet dem Betreiber mittel- und langfristige Planungssicherheit und vereinfacht Genehmigungsanträge bei künftigen Betriebserweiterungen. Dies gilt insbesondere dann, wenn das im Rahmen der Untersuchung erstellte Schallausbreitungsmodell kontinuierlich fortgeschrieben und an betriebliche Veränderungen angepasst wird.

Dipl.-Ing. Jens Sachs
jens.sachs@koetter-consulting.com

KÖTTER Consulting Engineers
GmbH & Co. KG

Bonifatiusstraße 400
D-48432 Rheine
Tel. +49 5971 9710-0
Fax +49 5971 9710-43
E-Mail: info@koetter-consulting.com

Handelsregister Steinfurt HRA 4948
USt-IDNr.: DE 814 561 321
Komplementär:
KÖTTER Consulting Engineers Verw.-GmbH
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Erwin Kötter,
Margret Grobosch, Dr.-Ing. Johann Lenz

www.koetter-consulting.com

KÖTTER Beratende Ingenieure
Berlin GmbH

Balzerstraße 43
D-12683 Berlin
Tel. +49 30 526788-0
Fax +49 30 5436016
E-Mail: berlin@koetter-consulting.com

Handelsregister Berlin HRB-Nr. 44230
USt-IDNr.: DE 157 53 44 94
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Bernd Fleischer

www.kbi-berlin.de

KÖTTER
CONSULTING ENGINEERS