

Arbeitsschutzuntersuchungen zur Ermittlung der Vibrationseinwirkung handgeführter Maschinen – Internes Audit war Auslöser!

Im Auftrag einer Werft wurden im Rahmen von Arbeitsschutz-Untersuchungen die Hand-Arm-Vibrationen unterschiedlicher handgeführter Werkzeugmaschinen ermittelt und bewertet.

Die Werft führt Metall-, Montage- und Reparaturarbeiten durch – das ist trotz moderner Geräte zum Teil schwere Handarbeit. KÖTTER Consulting Engineers KG (KCE) wurde beauftragt eine Untersuchung und die Wirkung von Schwingungen auf die Mitarbeiter durch Messungen vorzunehmen.

Es sollten die Einwirkungen typischer Bohr-, Schneid-, Schleif- und Nibbelmaschinen erfasst und bewertet werden. Die Messungen wurden für elf Tätigkeiten von verschiedenen Mitarbeitern im Bereich der Werkstatt und auch vor Ort unter Praxisbedingungen auf einer Baustelle durchgeführt. Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde eine Beurteilung der Exposition der Mitarbeiter durch die handgeführten Werkzeuge durchgeführt.



▲ *Abbildung 2: Messung der Hand-Arm-Vibrationen bei einer beidhändigen Bohrtätigkeit mit einer Handbohrmaschine*

Grundlage der Beurteilung ist die „Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung“. Die mit der LärmVibrationsArbSchV umgesetzte Richtlinie 2002/44/EG legt einen Auslösewert für die tägliche Vibrationsexposition fest und definiert Expositionsgrenzwerte:

- ▶ Auslösewert von 2,5 m/s²
- ▶ Expositionsgrenzwert von 5 m/s²

Bei einer Exposition oberhalb des Auslösewerts besteht das Risiko einer Schädigung des Arbeitnehmers durch Hand-Arm-Vibrationen.

Zur Beurteilung der Vibrationsexposition wurden die am jeweiligen Werkzeuggriff in alle drei Koordinatenrichtungen gemessenen Schwingbeschleunigungen zunächst einer Frequenzbewertung unterzogen (DIN EN ISO 5349-1). Eine Bewertungskurve gemäß DIN ISO 5349-1 für Hand-Arm-Vibrationen, die die Frequenzabhängigkeit einwirkender Schwingungen zeigt, ist in Abbildung 1 dargestellt.

Typische Bohr-, Schneid-, Schleif- und Nibbelmaschinen sollten auf ihre Einwirkungen untersucht und bewertet werden.

Es zeigte sich bereits während der Vorbereitung der Messungen, dass die Befestigung der 3D-Schwingungssensoren an den betreffenden elektrischen Werkzeugen nicht unproblematisch war. Die verschiedenen Typen hatten unterschiedliche Formen und Materialien, was zu einer verschiedenartigen Befestigung der Sensoren führte. Für einen aussagekräftigen Vergleich sowie für eine Reproduzierbarkeit der Messungen war keine einfache Lösung ersichtlich, da die Messposition der Sensoren das Ergebnis beeinflusst. Die Vergleichbarkeit ist jedoch ein Kriterium für die Beurteilung und Auswahl neuer Geräte.

Des weiteren zeigte sich, dass das Bohren eines Bleches zu extrem unterschiedlichen Schwingungswerten führt – auch wenn eine Person nur ein Blech mit dem selben Werkzeug bearbeitet. Die Ursachen können vielfältig sein und hängen vom Winkel des Bohrers, dem Lochdurchmesser, Schärfe-grad und der individuellen Art der Handhabung, wenn der Bohrer kurz vor Durch-

Eine Sonderausgabe...

unserer Hauszeitung Good Vibrations ist es uns wert einmal über Projekte zum Thema Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit zu berichten.

Jeder Arbeitgeber hat gemäß dem Arbeitsschutzgesetz in seinem Betrieb eine sogenannte Gefährdungsbeurteilung vorzunehmen. Der Umfang der Gefährdungsbeurteilung orientiert sich dabei an den betrieblichen Anforderungen und Gegebenheiten.

Im Rahmen einer solchen Beurteilung müssen die Gefährdungen für den Arbeitnehmer am Arbeitsplatz ermittelt und beurteilt werden. Grundsätzlich erfolgt nach einer Beurteilung der sich daraus ergebenden Arbeitsschutzmaßnahmen.



Diese müssen wirksam, zielgenau und kontinuierlich durchgeführt werden. Jeder Betrieb, unabhängig von der Anzahl der Beschäftigten, muss diese Beurteilung vornehmen.

Es gibt eine Reihe von zugrundeliegenden Vorschriften, die dabei ihre Berücksichtigung finden müssen. In unseren Fällen haben wir insbesondere die Lärmsituation untersucht bzw. beurteilt und im besten Fall auch Maßnahmen zur Verbesserung erarbeiten dürfen.

Schauen Sie einmal selber, wo es überall Gefahrenpotential gibt...

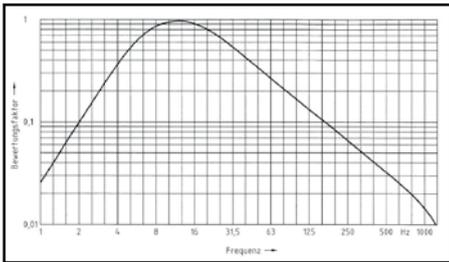
Viele Spaß beim Lesen wünscht Ihr
Erwin W. Kötter

▶▶▶ INHALT ▶▶▶

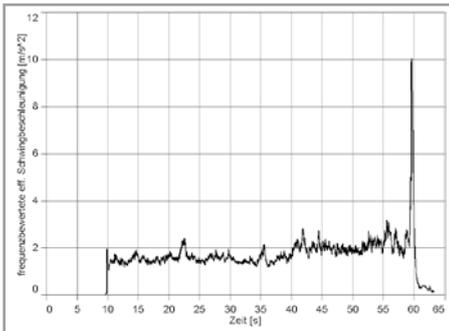
- ▶ Arbeitsschutzuntersuchungen zur Ermittlung der Vibrationseinwirkung handgeführter Maschinen
- ▶ Lärmbelastung am Arbeitsplatz ist messbar!
- ▶ Raumakustik und Arbeitsschutz – ein Zusammenhang
- ▶ Sicherheitsbeauftragte in Zahlen
- ▶ Das kleine ABC des Arbeitsschutzes

Fortsetzung von Seite 1 ▶

bohren eines Bleches sich verhakt, ab. Die Streuungen waren so groß, dass die Frage der Vergleichbarkeit aufgeworfen wurde. Daher wurden mehrere Messreihen durchgeführt und statistisch ausgewertet. Sofern die Tageseinwirkungsdauer des Werkzeuges bekannt war (die Tageseinwirkdauer wurde durch den Auftraggeber bekannt gegeben) erfolgte die Berechnung der Vibrationsexposition.



▲ **Abbildung 1:** Frequenzbewertung für Hand-Arm-Vibrationen nach DIN ISO 5349-1. Die höchste Schwingungsempfindlichkeit ist bei Frequenzen um 8 Hz $< f < 16$ Hz



▲ **Abbildung 3:** Hand-Arm-Vibrationen bei einer beidhändigen Bohrtätigkeit mit einer Handbohrmaschine, Verlauf der Beschleunigung über die Zeit

Es wurde festgestellt, dass Messunsicherheiten – also die grundsätzlich für alle Arten von Messungen geltende endliche Genauigkeit der Geräte, vernachlässigbar gegenüber den Unsicherheiten sind, die durch das individuelle Handling der Werkzeuge festzustellen sind.

Diese sind:

- ▶ Unterschiede zwischen den Bedienern von Maschinen
- ▶ Wiederholgenauigkeit des Arbeitsprozesses
- ▶ Umweltfaktoren (z.B. Lärm, Temperatur)
- ▶ Unterschiede zwischen den Maschinen (Wartung, Aufwärmphase des Arbeitsgerätes)
- ▶ Abnutzung von eingesetzten Teilen oder Schleifmitteln

Das Ergebnis der Untersuchungen war, dass bei einer achtstündigen Arbeitsschicht mit einem Werkzeug der Expositionswert überschritten wurde – es gibt noch Handlungsbedarf.

Dipl.-Ing. Arno Schällig
schaellig@koetter-consulting.com

Lärmbelastung am Arbeitsplatz ist messbar! Der Schutz der Mitarbeiter ist verpflichtend

Für den Betreiber einer Erdgasspeicheranlage im Norden Deutschlands sollte für festgelegte Mitarbeitergruppen die Lärmbelastung an den Arbeitsplätzen, ermittelt und normgerecht beurteilt werden. KÖTTER Consulting Engineers KG (KCE) wurde mit dieser Untersuchung beauftragt.

Als Beurteilungsgrundlage wird die Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV) herangezogen. Diese Verordnung gilt zum Schutz der Beschäftigten vor tatsächlichen oder möglichen Gefährdungen ihrer Gesundheit und Sicherheit durch Lärm oder Vibrationen bei der Arbeit.

Die LärmVibrationsArbSchV enthält für die Beurteilung der Lärmbelastung von Mitarbeitern obere und untere Auslösewerte:

untere Auslösewerte ▶
 $L_{EX,8h} = 80$ dB(A) und $L_{pC,peak} = 135$ dB(C)

obere Auslösewerte ▶
 $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) und $L_{pC,peak} = 137$ dB(C)

Mit dem Erreichen bzw. Überschreiten der Auslösewerte sind im Rahmen der LärmVibrationsArbSchV verschiedene Maßnahmen verbunden, die durch den Arbeitgeber zu beachten sind.

Zudem enthält die Verordnung einen Expositionsgrenzwert von $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) der unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung des persönlichen Gehörschutzes zwingend eingehalten werden muss.

Für Mitarbeitergruppen mit wechselnden Arbeitstätigkeiten und Aufenthaltsbereichen ist für die Beurteilung der Lärmbelastung am Arbeitsplatz der Tages-Lärmexpositionspegel zu bilden. Der Tages-Lärmexpo-



sitionspegel ist der über die Zeit gemittelte, auf eine 8-Stundenschicht bezogene Lärmexpositionspegel. Er umfasst alle am Arbeitsplatz auftretenden Schallereignisse.

An einem Erdgasspeicher herrschen – bezogen auf ein Jahr – zwei unterschiedliche Betriebszustände.

Der überwiegend in den Sommermonaten vorherrschende Einspeicherbetrieb wird maßgeblich durch die von den Verdichtern und den Kühlern abgestrahlten Geräusche

Zur Beurteilung der Lärmbelastung am Arbeitsplatz muss ein Tages-Lärmexpositionspegel gebildet werden.

bestimmt, wohingegen in den Wintermonaten beim Ausspeichern die Hauptlärmquellen im Bereich der Absorber und der Trocknung zu finden sind. Somit leiteten sich für die betroffenen Mitarbeitergruppen zwei unterschiedliche Lärmbelastungen ab.

Die Mitarbeiter auf einem Erdgasspeicher haben in der Regel keinen festen Arbeitsplatz, sondern halten sich während eines typischen Arbeitstages z. B. für Wartungsarbeiten oder zu Kontrollgängen in unterschiedlichen Gebäuden oder auf dem

Mitarbeitergruppe	Betriebszustand	Unterer Auslösewert $L_{EX,8h} = 80$ dB(A)	Oberer Auslösewert $L_{EX,8h} = 85$ dB(A)
Mitarbeitergruppe A	Einspeichern	Überschreitung um 7 dB	Überschreitung um 2 dB
	Ausspeichern	Überschreitung um 1 dB	Eingehalten
Mitarbeitergruppe B	Einspeichern	Überschreitung um 7 dB	Überschreitung um 2 dB
	Ausspeichern	Eingehalten	Eingehalten
Mitarbeitergruppe C	Einspeichern	Überschreitung um 14 dB	Überschreitung um 9 dB
	Ausspeichern	Überschreitung um 5 dB	Eingehalten

▲ **Tabelle 1:** Bewertung der Lärmsituation entsprechend der LärmVibrationsArbSchV

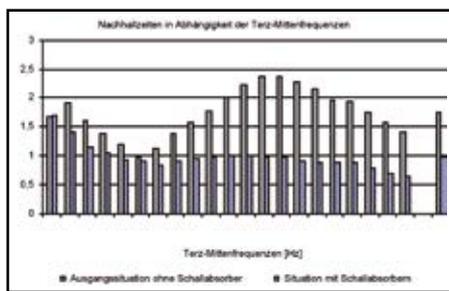


Raumakustik und Arbeitsschutz – ein Zusammenhang! Umnutzung einer Lagerhalle führte zu Beschwerden der Mitarbeiter

In Osnabrück wurde eine Lagerhalle umgenutzt und in die Abteilung „Blechverarbeitung“ mit diversen Stanz-, Kant- und Laseranlagen in den Produktionsprozess integriert. Nach Aufnahme des Betriebs hagelte es Beschwerden durch die Mitarbeiter über Lärm. Das anschließend geplante Lärmreduzierungskonzept wurde realisiert und „beruhigte“ die Situation.

Was war das Problem? Eine als Lager konzipierte Halle wurde zur Fertigung genutzt. Das heißt, diverse Anlagen zur Blechverarbeitung wurden in der aus glatten und akustisch schallharten bzw. reflektierenden Thermoelementen konstruierte Halle eingerichtet und betrieben.

Die Abstände zwischen verschiedenen Bereichen der Fertigung waren mehrere Meter, da zwischen den Anlagen Materialien für die Verarbeitung zwischengelagert werden. Die Mitarbeiter befanden sich überwiegend in größeren Abständen zu der jeweils benachbarten Maschine im Diffusschallfeld. Sie fühlten sich nachhaltig durch den durch Blechstanzen, Laserschneideeinrichtungen und Kantanlagen entstehenden Lärm gestört und in ihrer Arbeit beeinträchtigt.



▲ Abbildung 1: Nachhallzeiten, vor und nach der Sanierung

Die anfallenden Arbeiten waren unterschiedlicher Natur – neben der Beschickung der Anlagen wurden diese überwacht und zum Teil computergesteuerte Laserschneideanlagen programmiert. Die Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeiten der Mitarbeiter wechselten. Der Ruf zu Lärmreduzierungsmaßnahmen war laut – Kapselungen und handlungseinschränkende geräuschkindernde Maßnahmen waren nicht in Sicht – und: die Verarbeitung von großflächigen Blechen ist physikalisch bedingt laut.

Es existieren zwar theoretische Lärmreduzierungskonzepte, die meisten sind jedoch praxisfremd in Bezug auf die Bearbeitung von Blech und werden von den Mitarbeitern selten akzeptiert. Somit war vorerst keine

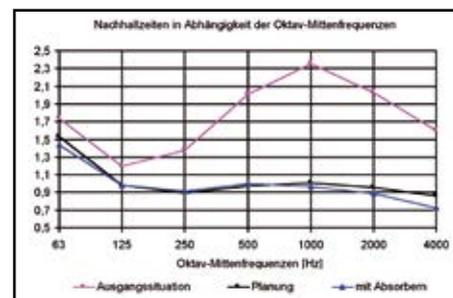
einfache und praktikable Lösung in Sicht. KCE erhielt die Anfrage zur Prüfung der Lärmsituation. Messungen und Analysen ergaben:

- ▶ Die Halle und sämtliche Einrichtungsgegenstände sind schallhart – es fehlt an Absorption.
- ▶ Stellwände und Kapselungen der Maschinen sind hier aus verschiedenen betrieblich bedingten Abläufen nicht praxistauglich und schiedenen aus.

Die Verarbeitung von großflächigen Blechen ist physikalisch bedingt laut und geräuschkindernde Maßnahmen waren nicht in Sicht.

Daher erfolgte durch raumakustische Messungen die Bestimmung der Nachhallzeiten. Sie sind ein Maß für die akustische Dämpfung des Raumes.

Die Analyse der Messungen zeigte, dass die Nachhallzeiten lang sind, der Raum trotz der Einrichtung und der Lagerbestände sehr hallig war. Nachhallregulierende Maßnahmen erschienen geeignet.



▲ Abbildung 2: Nachhallzeiten – Ausgangssituation (Messung), Planung und Nachmessung

Während der Produktion erfolgten die Nachhallmessungen mittels MLS Messungen – ein spezielles, störschallresistentes Messverfahren. Neben den Nachhallzeiten wurde der Hallradius bestimmt – das ist der Abstand zu einer Schallquelle, der den Übergang von Direktschall- und Raumschall kennzeichnet.

Erste Berechnungen ergaben, dass große Flächen durch Luftschallabsorber zu verkleiden waren. Aufgrund der Geometrie der Halle und der eingebauten Infrastruktur standen viele Flächen nicht zur Verfügung.

Daher wurden weitere Lärmmessungen während Betrieb der Anlagen ausgewertet. Es zeigte sich, dass die Geräuschemissionen

Außengelände auf. Zur Festlegung der Aufenthaltsbereiche und Aufenthaltszeiten – bezogen auf eine 8-Stundenschicht – erfolgte im Vorfeld der Untersuchung von Seiten des Auftraggebers eine Arbeitszeitanalyse.

Auf Basis von Schallmessungen wurden daraufhin die an den Arbeitsplätzen vorherrschenden ortsbezogenen Expositionspegel ermittelt und die individuelle tägliche Lärmbelastung der Mitarbeiter bestimmt.

Eine Bewertung der Lärmsituation mit den unteren und oberen Auslösewerten (nach LärmVibrationsArbSchV) zeigt die Tabelle 1.

Die Lärmbelastung der Mitarbeiter ist im hier vorliegenden Fall beim Einspeichern höher als während des Ausspeicherns. Die Lärmsituation wird primär durch die Geräuschemissionen der Verdichters bestimmt.

Durch die schalltechnische Untersuchung konnte belegt werden, dass unter Berücksichtigung der dämmenden Wirkung des Gehörschutzes der Expositionsgrenzwert von $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) für alle Mitarbeitergruppen und für beide Betriebszustände eingehalten wird. Eine Überschreitung des Spitzenpegelkriteriums wurde im Rahmen der schalltechnischen Untersuchung nicht festgestellt. Zudem wurden Arbeitsbereiche festgelegt, die von Seiten des Betreibers als Lärmbereiche zu kennzeichnen sind und in denen Gehörschutz verwendet werden muss. Darüber hinaus wird im Rahmen einer Lärmreduzierungsplanung die Lärmsituation auf dem Erdgasspeicher weiter verbessert.

Dipl.-Ing. Frank Henkemeier
henkemeier@koetter-consulting.com

Es ist wahr, dass harte Arbeit noch nie jemanden umgebracht hat.
Warum aber das Risiko eingehen?

(Ronald Reagan)

Fortsetzung von Seite 3 ▶

überwiegend im Frequenzbereich um 500 Hz < f < 3150 Hz den Pegel bestimmten – genau in diesem Frequenzbereich waren die Nachhallzeiten am längsten – der Raum zeigte hier also die stärkste Halligkeit.

KCE hat für diese Frequenzen optimal geeignete und kostengünstige Absorber ausgewählt. Sie wurden eingebaut.

Das Ergebnis wurde nach Einbau der Absorberflächen durch Messungen überprüft. Wie die Abbildung zeigt, wurden vor allem die Nachhallzeiten im mittleren Frequenzbereich durch den Einbau der Absorber mehr als halbiert. Diese Maßnahme führt zu einer deutlichen Verbesserung der Geräuschsituation in der Halle – der mittlere Halleninnenschalldruckpegel wurde sogar um ca. 4 dB(A) reduziert.

Neben den messbaren Größen wurde der subjektive Höreindruck erheblich verbessert – gerade im mittleren Frequenzbereich, in dem der Mensch besonders geräuschempfindlich ist, trat die gewünschte Verbesserung ein.

Die Nachmessungen zeigen, dass das Ziel wie vorher berechnet, erreicht wurde und sowohl der Arbeitgeber als auch die Mitarbeiter sehr zufrieden sind.

Dipl.-Ing. Arno Schällig
schaellig@koetter-consulting.com

Sicherheitsbeauftragte in Zahlen (Deutschland, 2007)

- ▶ In der gewerblichen Wirtschaft sind 410.000 Sicherheitsbeauftragte tätig.
- ▶ Im Bereich der öffentlichen Hand sind 99.000 und in der Schülerunfallversicherung 63.000 Sicherheitsbeauftragte tätig.
- ▶ Im Durchschnitt ist in der gewerblichen Wirtschaft pro 75 Vollarbeiter ein Sicherheitsbeauftragter tätig.
- ▶ 59.000 Sicherheitsbeauftragte nehmen jährlich an Schulungen der BGen teil.
- ▶ 80% der Sicherheitsbeauftragten besuchten mindestens ein Seminar ihrer BG.

(Quelle: Wikipedia)

Das kleine ABC des Arbeitsschutzes

Arbeitsschutzgesetz:

Das Arbeitsschutzgesetz ist ein deutsches Gesetz zur Umsetzung von EU-Richtlinien zum Arbeitsschutz. Seine vollständige Bezeichnung lautet: Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit. Ziel des Gesetzes ist es, die Gesundheit aller Beschäftigten durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern.

Arbeitsicherheit:

Arbeitsicherheit ist die Sicherheit der Beschäftigten bei der Arbeit, also die Beherrschung und Minimierung von Gefahren für ihre Sicherheit und Gesundheit. Sie ist damit Bestandteil des Arbeitsschutzes im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes, das Maßnahmen zur Verhütung von Unfällen bei der Arbeit und

arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren einschließlich Maßnahmen der menschenrechtlichen Gestaltung der Arbeit fordert.

Fachkraft für Arbeitssicherheit (FASI):

Die Fachkraft für FASI ist ein wichtiger Berater des Unternehmens in Sachen Arbeitsschutz. Die FASI unterstützt den Unternehmer bei der Wahrnehmung seiner Verantwortung für Sicherheit und Gesundheitsschutz seiner Mitarbeiter.

Sicherheitsbeauftragter (SiBe):

Der SiBe ist eine von einem Unternehmen schriftlich bestellte Person, die den Unternehmer, die Führungskräfte, die Fachkraft für Arbeitssicherheit, den Betriebsarzt und die Kollegen darin unterstützt, Unfälle, berufsbedingte Krankheiten und Gesundheitsgefahren zu vermeiden. Der SiBe ist Mitarbeiter des Unternehmens.

15. Workshop Kolbenverdichter 2011 am 19./20. Oktober in Rheine

Jetzt anmelden!

Infos bei Martina Brockmann
Tel. +49 (0) 5971-9710.65
martina.brockmann@koetter-consulting.com

www.koetter-consulting.com
www.kce-akademie.de

Jetzt anmelden!

Seminar am 18. Oktober in Rheine Technische Akustik – Schwerpunkt Verdichter

mit den Inhalten Grundlagen Akustik,
Lärmbekämpfung, Schwingungen

Fordern Sie Informationen an unter
www.koetter-consulting.com und
www.kce-akademie.de

Schwingungen und Pulsationen in Kolben- kompressorsystemen

Tagesseminar | 20.09.2011 in Rheine

Theoretische Grundlagen der technischen
Schwingungslehre, strukturmechanische
Schwingungen, akustische Schwingungen
und Pulsationen

Infos bei Martina Brockmann
Tel. +49 (0) 5971-9710.65 oder
www.kce-akademie.de

KÖTTER Consulting Engineers KG

Bonifatiusstraße 400
D-48432 Rheine
Tel. +49 (0) 5971-9710.0
Fax +49 (0) 5971-9710.43
info@koetter-consulting.com

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

KÖTTER Beratende Ingenieure Berlin GmbH

Balzerstraße 43
D-12683 Berlin
Tel. +49 (0) 30-52 6788.0
Fax +49 (0) 30-54 360.16
info@kbi-berlin.de

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

