

LIS - Berichte

NR. 61

Messung und Beurteilung von
Erschütterungsimmissionen
- Vergleich verschiedener
Verfahren -

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Straße 6

D-4300 Essen 1

1986

ISSN 0720-8499

Messung und Beurteilung von
Erschütterungsimmissionen
- Vergleich verschiedener Verfahren -

Dr. Heinz Splittgerber

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Summary

1. Einleitung
2. Auswertungs- und Beurteilungsverfahren nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975)
 - 2.1. Auswertungsverfahren
 - 2.2. Beurteilungsverfahren
3. Auswertungs- und Beurteilungsverfahren nach dem neuen Norm-Entwurf DIN 4150, Teil 2 (März 1986)
 - 3.1. Anwendungsbereich und Zweck des neuen Norm-Entwurfs
 - 3.2. Verwendete Größen
 - 3.3. Auswertungsverfahren
 - 3.3.1. Hinweise zur Auswertung
 - 3.3.2. Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r
 - 3.4. Beurteilungsverfahren
4. Näherungsverfahren zur Ermittlung des Wertes der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des neuen Norm-Entwurfs
5. Vergleich zwischen der Auswertung der Erschütterungsimmissionsmessungen und der Beurteilung nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf
 - 5.1. Allgemeines
 - 5.2. Beschreibung der verwendeten Meßeinrichtung
 - 5.3. Beispiele für den Vergleich
 - 5.3.1. Beispiel 1 (Weberei)
 - 5.3.2. Beispiel 2 (Weberei)
 - 5.3.3. Beispiel 3 (Rüttelramme/Vibrationsramme)
 - 5.3.4. Beispiel 4 (10 Pressen)
 - 5.3.5. Beispiel 5 (Schlagramme; Fabrikat Delmag G 30)
 - 5.3.6. Beispiel 6 (1 Schmiedehammer/Riemenfallhammer)
 - 5.3.7. Beispiel 7 (1 Schmiedehammer/Gegenschlaghammer)
 - 5.3.8. Beispiel 8 (1 Exzenterpresse)
 - 5.3.9. Beispiel 9 (1 Fallwerk)
 - 5.3.10. Beispiel 10 (1 Gewinnungssprengung)
 - 5.3.11. Beispiel 11 (1 Gewinnungssprengung)
 - 5.4. Ergebnisse des Vergleichs zwischen der Auswertung und Beurteilung nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- 5.5. Ergebnisse des Vergleichs zwischen der Auswertung und Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf und dem Näherungsverfahren nach Abschnitt 6 des neuen Norm-Entwurfs
6. Vergleich der Erfahrungswerte für die Konstante c_1 zur Schätzung des $KB_{Fmax,n}^*$ -Wertes nach dem Näherungsverfahren im neuen Norm-Entwurf mit den Werten aus den direkten Registrierungen der Erschütterungsgrößen bei den gewählten Beispielen
7. Kritische Anmerkungen zur Messung, Auswertung und Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf

MESSUNG UND BEURTEILUNG VON ERSCHÜTTERUNGSIMMISSIONEN
- VERGLEICH VERSCHIEDENER VERFAHREN -

Dr. Heinz Splittgerber

Z u s a m m e n f a s s u n g

Der Vergleich der Ergebnisse der Auswertung und Beurteilung von Erschütterungs-
immissionen nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) mit denen nach
dem neuen Norm-Entwurf DIN 4150, Teil 2 (März 1986) wird für elf Beispiele
durchgeführt, bei denen die Erschütterungsimmissionen in praktischen Fällen
gemessen worden sind. Durch den Vergleich wird aufgezeigt, wie groß die Ab-
weichungen bei der Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach dem neuen
Verfahren gegenüber dem bisher oft verwendeten Verfahren nach der Vornorm sind.
Es wird für die gewählten Beispiele auch ein Vergleich zwischen der Auswertung
und Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf und dem Näherungsverfahren zur
Ermittlung des Wertes der Beurteilungs-Schwingstärke aus direkten Zeitregi-
strierungen durchgeführt.

MEASUREMENT AND ASSESSMENT OF VIBRATIONS IN BUILDINGS
- COMPARISON OF VARIOUS METHODS -

S u m m a r y

The results of the measurements of vibrations in buildings taken in 11 cases
were used as examples for the comparison of the methods for the determination
of measurement-values and the assessment of them specified in the preliminary
German Standard DIN 4150, Part 2 (of September 1975) and in the new draft of
the DIN 4150, Part 2 (of March 1986). The comparison reveals the differences
which exist between the results determined according to the new method and
those treated by the method of the preliminary Standard, which has been fre-
quently used up to date. The selected examples were also used to compare the
results of the method for the determination of the measurement-values and the
assessment of them according to the new draft with an approximation method,
specified, too, in the new draft, to which the values for the assessments are
obtained directly from time-history-recordings of the vibrations.

1. Einleitung

Zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Erschütterungsimmissionen auf den Menschen sind bisher keine Verwaltungsvorschriften erlassen worden. Daher werden bei der Messung und Bewertung im Einzelfall erstellte oder antizipierte Sachverständigenäußerungen verwendet.

Zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen wird häufig die Vornorm DIN 4150 "Erschütterungen im Bauwesen" (September 1975) herangezogen. Über eine Neufassung dieser Vornorm wird seit längerer Zeit im Fachnormenausschuß Bauwesen beraten.

DIN 4150 Teil 3 ist im Mai 1986 als Norm veröffentlicht worden.

Teil 1 der Vornorm wird ebenfalls überarbeitet.

Die Überarbeitung von Teil 2 der DIN 4150 hat 1978 begonnen. Ende 1984 ist vom zuständigen Ausschuß eine Fassung verabschiedet worden, die als Norm-Entwurf (März 1986) veröffentlicht worden ist.

Die Vorgehensweise bei der Messung, der Auswertung und der Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach dem neuen Entwurf weicht wesentlich von der Vorgehensweise in der bisherigen Vornorm ab.

Die Begründung dafür wurde von den Mitarbeitern im Ausschuß vor allem in folgenden "Mängeln" bei der bisherigen Vorgehensweise gesehen:

1. Bei der Beurteilung sei der Einfluß der täglichen Einwirkungsdauer nicht genügend differenziert. Zwischen den "selten auftretenden Erschütterungen" und den "dauernd und mit Unterbrechung wiederholt auftretenden Erschütterungen" fehlt ein entsprechender Übergang.

2. Die Art der Auswertung der Erschütterungsregistrierungen in der Form, daß die größten "Scheitelwerte" zu ermitteln sind, sei zu ungenau. Insbesondere bei nichtstationären Vorgängen (stochastische und transiente Signalverläufe) fehlt eine Vereinbarung, in welcher Form (z.B. für welche Meßzeit, usw.) die größten Scheitelwerte zu ermitteln sind.

3. Die Formulierung, die "zugehörigen Frequenzen" - die sogenannten vorherrschenden Frequenzen - seien zu ermitteln, ist aus der Sicht der Schwingungstheorie fragwürdig.

4. Die Anforderungen an die Erschütterungsmeßeinrichtungen sei nicht geregelt. Die Vornorm läßt als Schwingungsgröße sowohl den Schwingweg, die Schwinggeschwindigkeit und auch die Schwingbeschleunigung zu. Das würde wegen der Frequenzabhängigkeit dieser Größen die Ermittlung der "zugehörigen Frequenzen" bei

auftretenden Schwingungsgemischen erschweren. - Auch wenn es üblich sei, im Erschütterungsimmissionsschutz fast ausschließlich Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer zu verwenden, wäre dies in der Vornorm nicht eindeutig geregelt.

Mit der Veröffentlichung wird der Norm-Entwurf der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Im beratenden Ausschuß ist zeitweise sehr kontrovers beraten worden, weil insbesondere keine Einigung über eine angestrebte Verbesserung des Meß- und Auswertungsverfahrens bei Erschütterungsimmissionen erzielt werden konnte.

Ziel des neuen Meß- und Beurteilungsverfahrens ist es, einen eindeutigen und stetigen Übergang zwischen der Beurteilung sehr seltener Erschütterungen einerseits und langeinwirkender kontinuierlicher oder sehr häufiger impulsartiger Einwirkungen andererseits zu schaffen. Die in der Vornorm von 1975 gesetzten Beurteilungskriterien haben sich im wesentlichen bewährt, und diese Beurteilung soll auch nach dem neuen Verfahren im Mittel erhalten bleiben. Zusätzlich wird der von der Vornorm nicht geregelte Zwischenbereich ausgefüllt. Dies erreicht das neue Verfahren durch Einführung des "gleitenden" Effektivwertes mit Impulsdehnung $KB_I(t)$ und der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r sowie durch Neufestsetzung der Anhaltswerte und durch Zusatzkriterien für die Maximalwerte des Effektivwertes.

Das Ziel dieser Untersuchung ist es, die Ergebnisse der Auswertung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 mit denen nach dem neuen Norm-Entwurf zu vergleichen. Der Vergleich wird für 11 Beispiele durchgeführt, bei denen die Erschütterungsimmissionen in praktischen Fällen gemessen worden sind und die Erschütterungssignale mit Hilfe des Impuls-Code-Modulations-Verfahrens auf Magnetband gespeichert vorlagen. Die zur Beurteilung nach dem neuen Verfahren erforderlichen Meßwerte dieser Signale wurden dadurch gewonnen, daß sie im Labor einer entsprechenden Meßeinrichtung zugeführt worden sind.

Die verwendeten Beispiele der Erschütterungsimmissionssignale stimmen überwiegend mit denen überein, die zur Erläuterung der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen im LIS-Bericht Nr. 5 verwendet worden sind [1].

Durch den angestrebten Vergleich in dieser Untersuchung kann erkannt werden, wie groß die Abweichungen bei der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach dem neuen Verfahren gegenüber dem nach der bisher oft verwendeten Vornorm für die gewählten Beispiele sind. Der Vergleich erlaubt nur beschränkte Aussagen darüber, wie sich die Änderungen grundsätzlich, d.h. auch in anderen praktischen Fällen, auswirken, auch wenn bei den gewählten Beispielen unterschiedliche Arten von Erschütterungsquellen einbezogen worden sind. Trotzdem kann es durchaus vorkommen, daß in anderen Fällen größere oder auch kleinere Abweichungen auftreten können.

2. A u s w e r t u n g s - u n d B e u r t e i l u n g s v e r f a h r e n n a c h d e r V o r n o r m D I N 4 1 5 0 , T e i l 2 (S e p t e m b e r 1 9 7 5)

2.1. Auswertungsverfahren

Die Auswertung der Erschütterungsregistrierungen ist nach der genannten Vornorm wie folgt vorzunehmen [2]:

Aus der Registrierung sind die maximalen Schwingungsgrößen (Scheitelwerte) und die zugehörigen Frequenzen zu ermitteln und daraus nach den angegebenen formelmäßigen Zusammenhängen rechnerisch die bauwerksbezogenen Wahrnehmungsstärken (KB-Werte).

Diese sehr einfache Auswertemethode wurde bisher in der Praxis sehr häufig angewendet und führt in aller Regel zu vergleichbaren Ergebnissen, auch wenn Messungen von unterschiedlichen Sachverständigen vorgenommen werden. Dies gilt, wenn nicht zu hohe Ansprüche an die Genauigkeit gestellt werden. Die oft nur sehr geringen Abweichungen waren deshalb so klein, weil es bei Erschütterungsmessungen im Bauwesen seit langer Zeit üblich ist, gleichartige Schwingungsaufnehmer, nämlich tiefabgestimmte Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer, einzusetzen, obwohl dies in der Vornorm DIN 4150, Teil 2 nicht zwingend gefordert worden ist. Bei der Verwendung unterschiedlicher Schwingungsaufnehmer können bei nichtharmonischen Schwingungsvorgängen jedoch Unterschiede bei der Auswertung von Erschütterungsregistrierungen auftreten.

2.2. Beurteilungsverfahren

Bei der Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach der Vornorm wird wie folgt vorgegangen:

Die Messung der Schwingungsgröße in vertikaler Richtung soll auf dem Fußboden des zu untersuchenden Raumes vorgenommen werden, und zwar an den Stellen stärkster Schwingungen. Dies ist bei Erschütterungen in vertikaler Richtung meistens in Deckenmitte. Die Messung der Schwingungsgröße in horizontaler Richtung soll im Bereich des zu untersuchenden Raumes in oder dicht an aufgehenden Bauteilen, z.B. Wänden mit Tür- oder Fensternischen, vorgenommen werden. Der ungünstigste Fall der Erschütterungseinwirkung in vertikaler oder in horizontaler Richtung, d.h. die in irgendeiner der genannten Meßrichtungen ermittelte größte Schwingungsgröße, ist für die Beurteilung maßgebend.

Der rechnerisch ermittelte KB-Wert soll in Wohnungen bzw. vergleichbaren Räumen die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm nicht überschreiten, siehe Tabelle 2.1.

Für die Beurteilung ist in der Regel am Tage der Zeitraum von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr, in der Nacht der Zeitraum von 22.00 Uhr bis 6.00 Uhr zugrunde zu

Tabelle 2.1: Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen bzw. vergleichbaren Räumen nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2

	1	2	3		4
			KB-Anhaltswerte		
	Baugebiet ¹⁾	Zeit	dauernd und mit Unterbrechungen wiederholt auftretende Erschütterungen	selten auftretende Erschütterungen	
1	Reines Wohngebiet (WR) Allgemeines Wohngebiet (WA) Wochenendhausgebiet (SW) Kleinsiedlungsgebiet (WS)	tags	0,2 (0,15) ²⁾	4	
		nachts	0,15 (0,1) ²⁾	0,15	
2	Dorfgebiet (MD) Mischgebiet (MI) Kerngebiet (MK)	tags	0,3 (0,2) ²⁾	8	
		nachts	0,2	0,2	
3	Gewerbegebiet (GE) (gilt auch für Büroräume)	tags	0,4	12	
		nachts	0,3	0,3	
4	Industriegebiet (GI)	tags	0,6	12	
		nachts	0,4	0,4	
5	Sondergebiet (SO) nach Nutzungsart und Wohnungsanteil	tags	0,1 bis 0,6	4 bis 12	
		nachts	0,1 bis 0,4	0,15 bis 0,4	
<p>¹⁾ Die Baugebiete entsprechen der Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO -) vom 26.11.1968 (BGBl. I S.1237 und 1969 S.11). Weicht die tatsächliche bauliche Nutzung im Einwirkungsbereich der Anlage erheblich von der im Bebauungsplan festgesetzten baulichen Nutzung ab, so ist von der tatsächlichen baulichen Nutzung unter Berücksichtigung der vorgesehenen baulichen Entwicklung des Gebietes auszugehen.</p> <p>²⁾ Das Einhalten der in Klammern angegebenen Werte ist insbesondere bei horizontalen Erschütterungen von Gebäuden bei Frequenzen unterhalb von etwa 5 Hz anzustreben.</p>					

legen, falls nicht nach örtlichen Verhältnissen (z.B. in Kurzonen) andere Regelungen gelten.

Werden die Anhaltswerte eingehalten, so werden im allgemeinen erhebliche Belästigungen in Gebäuden vermieden.

Weiterhin ist in der Vornorm angegeben, daß bei tagsüber einwirkenden, auf wenige Tage beschränkten Erschütterungen (z.B. Rammerschütterungen und Bauspargungen) man in allen Baugebieten Anhaltswerte ansetzen darf, die die Anhaltswerte nach Tabelle 1, Spalte 4 bis zum 2fachen überschreiten, soweit nicht maßgebende Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3 (Vornorm) überschritten werden. Bei besonderen Schutzmaßnahmen dürfen auch diese Werte überschritten werden. - Diese Verdoppelung der Anhaltswerte nach Spalte 4 der Tabelle 1 der Vornorm wurde in aller Regel nur bei wenigen kurzzeitigen Ereignissen, z.B. bei Bauspargungen, angewendet, nicht jedoch bei ständig oder mit Unterbrechung wiederholt auftretenden Erschütterungen. Bei Erschütterungsimmissionen, die z.B. beim Baustellenbetrieb durch Rammen verursacht werden, wurde oft das 2- bis 3fache der Anhaltswerte angesetzt, die in Spalte 3 von Tabelle 1 der Vornorm genannt sind.

3. Auswertungs- und Beurteilungsverfahren nach dem neuen Norm-Entwurf DIN 4150, Teil 2 (März 1986)

3.1. Anwendungsbereich und Zweck des neuen Norm-Entwurfs

Dieser Norm-Entwurf enthält Regeln und Hinweise für die angemessene Berücksichtigung des Erschütterungsschutzes im Immissionsschutz. Er befaßt sich mit dem Schutz der Bewohner und Benutzer von Gebäuden in Gebieten verschiedener Nutzung vor Erschütterungen mit dem Ziel, erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden, insbesondere in Wohnungen, zu vermeiden. Grundsätzlich soll der Mensch in Gebäuden, insbesondere in Wohnungen, so wenig wie möglich wahrnehmbaren Erschütterungen ausgesetzt werden.

Der Norm-Entwurf enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Mit Hilfe des in diesem Norm-Entwurf beschriebenen Beurteilungsverfahrens können beliebige periodische und nichtperiodische Schwingungen beurteilt werden.

Die Messung der Schwingungsgrößen ist wie bisher in vertikaler Richtung und in den horizontalen Richtungen auf dem Fußboden des zu untersuchenden Raumes vorzunehmen, und zwar an den Stellen stärkster Schwingungen (Bezugsmeßort).

3.2. Verwendete Größen

Im Norm-Entwurf werden nähere Angaben zu den Größen gemacht, die bei der Beurteilung von Bedeutung sind. Dazu gehören u.a.:

- das frequenzbewertete Erschütterungssignal

Das frequenzbewertete Erschütterungssignal $K_B(t)$ ergibt sich aus dem unbewerteten Erschütterungssignal nach Abschnitt 3.2 der Normvorlage durch die Frequenzbewertung nach DIN 45669, Teil 1 [3]. Die Gleichung für den Amplitudenfrequenzgang lautet

$$H_{KB}(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}}$$

mit f : Frequenz in Hz

Anmerkung:

Die Frequenzbewertung ergibt keine Kurve gleicher Wahrnehmung, sondern eine Bezugsbewertungskurve. Sie wird herangezogen für die Bewertung bei nicht vorgegebener Körperhaltung und setzt sich zusammen aus Elementen der Bewertung für die Einwirkung von horizontalen Erschütterungen (bei stehender und sitzender Körperhaltung) und für die Einwirkung in vertikaler Richtung (bei stehender, sitzender und liegender Körperhaltung); siehe auch VDI 2057, Blatt 2 [4].

- gleitender Effektivwert

Der gleitende Effektivwert ist:

$$KB(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\xi=0}^t e^{-\xi/\tau} \cdot KB^2(t-\xi) d\xi}$$

Die Zeitkonstante ist $\tau = 125$ ms.

Als Formelzeichen für das zeitbewertete KB-Signal wird bei Verwendung von $\tau = 125$ ms verwendet:

$KB_F(t)$

Anmerkung 1:

Der "gleitende Effektivwert" nach obiger Formel ist zu jedem Zeitpunkt der Beobachtung t durch alle zurückliegenden Signalanteile mit zeitlich exponentiell abklingendem Gewicht bestimmt.

Anmerkung 2:

Die Definition des "gleitenden Effektivwertes" liegt z.B. auch der Festlegung der Dynamik "F" der Anzeige bei der Messung des Schallpegels zugrunde (vgl. auch DIN-IEC 651).

- der impulsgedehnte Effektivwert

Der impulsgedehnte Effektivwert $KB_I(t)$ wird nach DIN 45669, Teil 3 aus dem gleitenden Effektivwert $KB_F(t)$ durch zeitliche Dehnung gebildet. Dazu wird das Effektivwertsignal $KB_F(t)$ über einen Speicher geleitet, so daß dessen Ausgangssignal $KB_I(t)$ dem Eingang im Anstieg unverzögert folgt, im Abfall aber verzögert nach einer Exponentialfunktion mit der Zeitkonstanten $\Theta = 60$ s; siehe Abbildung 3.1.

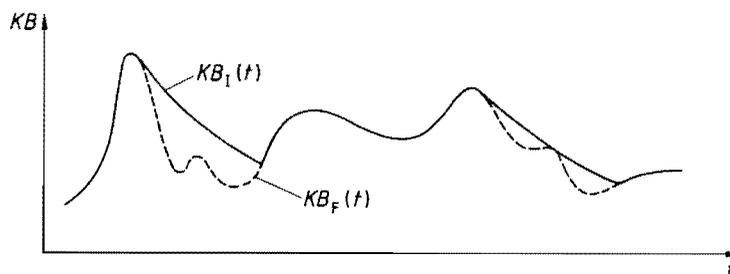


Abb. 3.1:

Die Zeitkonstante der Impulsdehnung $\Theta = 60$ s bezieht sich auf den quadrierten Teil des Signals.

- der impulsgedehnte Mittelwert

Der impulsgedehnte Mittelwert $KB_{Ieq}(T)$ ist der quadratische Mittelwert des impulsgedehnten Effektivwertsignals $KB_I(t)$ über eine Mittelungsdauer T :

$$KB_{Ieq}(T) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T KB_I^2(t) dt}$$

Im neuen Norm-Entwurf werden weiterhin Angaben zu den "Zeitdauern" gemacht, z.B. zur Meßdauer, zur Einwirkungsdauer usw. Die Beurteilungsdauer T_T ist diejenige Zeitdauer, auf die die tatsächliche tägliche Erschütterungseinwirkung bezogen wird. Sie beträgt tagsüber 16 Stunden (6.00 Uhr bis 22.00 Uhr) und nachts 8 Stunden (22.00 Uhr bis 6.00 Uhr). Ruhezeiten sind: werktags von 6.00 Uhr bis 7.00 Uhr und von 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr; sonn- und feiertags von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr.

3.3. Auswertungsverfahren

3.3.1. Hinweise zur Auswertung

Von Erschütterungseinwirkungen muß der impulsgedehnte Mittelwert für die volle Beurteilungsdauer bestimmt werden.

Es gibt Fälle, in denen mit der Messung über eine Beurteilungsdauer an einem Tage die statistische Sicherheit nicht ausreichend ist. Es gibt aber auch Fälle, in denen mit kürzeren Meßdauern eine statistisch gesicherte Aussage möglich ist oder in denen das Ereignis nur kürzere Zeit vorhanden ist.

In folgenden Sonderfällen sind Erschütterungen mit kürzeren Meßdauern und anschließender Umrechnung exakt oder mit vernachlässigbaren Abweichungen meßbar:

I. Dauernd oder mit Unterbrechungen dauernd anliegende Erschütterungen mit stückweise konstantem $KB_I(t)$ -Signal

Hier reichen kurzzeitige Messungen mit Einzelablesungen aus. Die Teileinwirkungsauern sind zu bestimmen und jede um 60 s zu verlängern.

Die Fläche unter der abklingenden Kurve

$$KB_I^2(t) = KB_I^2(T_{jE}) \cdot e^{-\frac{t-T_{jE}}{60}}$$

ist flächengleich dem Rechteck $KB_I^2(T_{jE}) \cdot 60$ mit T_{jE} in Sekunden. Aus den Einzelbeiträgen kann dann der Beurteilungswert errechnet werden.

II. Kurzzeitige Einzelereignisse

Für Ereignisse, die in größerem zeitlichen Abstand als etwa 5 min auftreten und weniger als etwa 5 s andauern, darf der maximale Effektivwert durch Ableitung ermittelt werden und dieser Wert mit einer Teileinwirkungsdauer von 60 s in die Mittelwertbildung eingeführt werden.

III. Dauererschütterungen

Für eine exakte Messung muß bei solchen Ereignissen solange mit tatsächlicher Mittelwertbildung gemessen werden, bis das Ergebnis im Rahmen der angestrebten statistischen Sicherheit als stabil gelten kann. In vielen Fällen jedoch werden solche Ereignisse nur geringen Schwankungen unterliegen. Dann darf in guter Näherung der KB_{Ieq} -Wert aus den Maximalwertanzeigen des Effektivwertes $KB_F(t)$ geschätzt werden und dem Ereignis als Mittelwert über die Teileinwirkungsdauer zugeordnet werden. Für die abschließende Berechnung des Beurteilungswertes ist die tatsächliche Wirkzeit für jeden geschlossenen Einwirkungszeitraum um 60 s zu verlängern und damit die Berechnung des Beurteilungswertes zu vollziehen.

3.3.2. Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

- Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_r wird nach Gleichung 501 gebildet.

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} \int_{T_{el}} KB_I^2(t) dt} \quad (501)$$

T_r : Beurteilungsdauer

T_{el} : Einwirkungsdauer außerhalb von Ruhezeiten

Wird über die Meßdauer T_m der Wert von $KB_{Ieq}(T_m)$ gemessen, so wird die Beurteilungs-Schwingstärke KB_r mit der tatsächlichen Einwirkungsdauer T_{el} wie folgt berechnet:

$$KB_r = KB_{Ieq}(T_m) \sqrt{\frac{T_{el}}{T_r}} \quad (502)$$

- Einwirkungen auch während Ruhezeiten

Falls Teile der Einwirkungen in Ruhezeiten fallen, wird für diese Teilzeiten der Gewichtungsfaktor 2 eingeführt. Damit ergibt sich der Wert der Beurteilungs-Schwingstärke aus:

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} \left(\int_{T_{e1}} KB_I^2(t) dt + 2 \int_{T_{e2}} KB_I^2(t) dt \right)} \quad (503)*$$

T_r : Beurteilungsdauer

T_{e1} : Einwirkungsdauer außerhalb von Ruhezeiten

T_{e2} : Einwirkungsdauer während Ruhezeiten

- weitere Aufteilung der Einwirkungsdauer

Der impulsgedehnte Mittelwert wird in der Regel durch Messung während kürzerer Zeitabschnitte bestimmt. Hat man die Einwirkung in mehrere Zeitabschnitte T_j mit Einwirkungen $KB_{Ieq}(T_j)$ unterteilt, ergibt sich der Beurteilungswert zu:

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_j \cdot KB_{Ieq}^2(T_j)} \quad (504)$$

Dabei ist $T_j = T_e$ die gesamte tatsächliche Einwirkungsdauer während der Beurteilungsdauer T_r . Fallen Teile der Einwirkungen in Ruhezeiten, dann ist für diese Teilzeiteinwirkungsauern T_j , Ruhezeit in Gleichung (504) für $KB_{Ieq}^2(T_j, \text{Ruhezeit})$ der doppelte Wert einzusetzen.

Für kurze Einwirkungen (Einwirkungsdauer jeweils höchstens einige Sekunden), welche um ca. 5 Minuten und mehr auseinanderliegen (z.B. Sprengungen), darf die Beurteilungs-Schwingstärke anstelle nach Gleichung (504) auch rechnerisch aus den jeweiligen $KB_{I_{max}}$ -Werten ($\hat{=} KB_{F_{max}}$) nach Gleichung (505) bestimmt werden:

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{max}}^2(T_j)}{T_r}} \quad (505)$$

T_r = Beurteilungsdauer in Sekunden

Gegebenenfalls ist der Gewichtungsfaktor für Ruhezeiten zu berücksichtigen.

Wird eine Erschütterungsmessung beendet, so bleibt ein Restinhalt im Impulsspeicher - der Impulsrestwert $KB_I(t_E)$ -, der im Verlauf von ca. 3 bis 4 Zeitkonstanten (zu je 60 Sekunden) auf vernachlässigbare Größe abfällt, so daß die Mittelung beendet werden kann. Der Einfluß dieses Impulsrestwertes ist umso geringer, je länger die vorherige Mittelung gedauert hat. Zur korrekten Berücksichtigung dieses Restes sind zwei Fälle zu unterscheiden:

*) Die Gleichungen sind mit den Nummern bezeichnet, die im Norm-Entwurf angegeben sind.

I. Dauereinwirkungen

Die Mittelung kann zu einem beliebigen Zeitpunkt abgebrochen werden. Der Impulsrestwert wird ignoriert, da der integrierte Einwirkungsausschnitt nach Ende der Mittelungszeit noch sehr lange (d.h. mehr als ca. 5 Minuten) gleichartig andauert.

II. Die Einwirkung endet zum Zeitpunkt t_E

II-1.

Es ist ohne tatsächliches Eingangssignal noch ca. 3 bis 5 Minuten lang zu messen. Das so gewonnene Teilzeitergebnis kann direkt weiterverwendet werden. Die tatsächliche Mittelungszeit einschließlich dieser Restzeit ist für die Meßdauer einzusetzen.

II-2.

Die Mittelung wird zur Zeit t_E oder zu einem beliebigen Zeitpunkt danach beendet. Es erfolgt eine rechnerische Korrektur:

$$KB_{Ieq} = \sqrt{\frac{\int_{t_A}^{t_E} KB_I^2(t) + KB_I^2(t_E) \cdot 60}{(t_E - t_A)}} \quad (506)$$

wobei t_A und t_E die Anfangs- und Endzeiten der Mittelung sind. Als Meßdauer ist hier die Zeitspanne von t_A bis t_E in Sekunden einzusetzen. Der Mittelwert ist höher als nach Verfahren II-1., dafür die Wirkzeit kürzer. Bei Umrechnung auf die Tagesbelastung führen beide Verfahren zu identischen Ergebnissen.

Diese Verfahren sind bei intermittierender Einwirkung für jede Teileinwirkungsdauer anzuwenden.

3.4. Beurteilungsverfahren

Die KB_r -Werte werden getrennt für die vertikale (KB_{rz}) und die horizontale (KB_{rh}) Schwingungskomponente ermittelt.

Für horizontale Erschütterungen ist KB_{rh} aus den beiden KB_r -Werten der orthogonalen Meßrichtungen x und y nach

$$KB_{rh} = \sqrt{KB_{rx}^2 + KB_{ry}^2} \quad (507)$$

zu bilden.

Der größere der beiden Werte KB_{rz} und KB_{rh} ist die Beurteilungs-Schwingstärke KB_r .

Für die zu beurteilenden Erschütterungseinwirkungen wird diese Beurteilungsschwingstärke KB_r mit den Anhaltswerten A nach Abschnitt 5.4 verglichen. Ist KB_r größer als der Anhaltswert A, so gilt der Anhaltswert auch dann als eingehalten, wenn die Bedingung

$$0,5 KB_{I_{max}} < A \quad (508)$$

erfüllt ist.

Nachts sollen auch kurzzeitige Einwirkungen mit Werten für $KB_{I_{max}}$ größer als das 5fache der Anhaltswerte vermieden werden.

Tabelle 3.1: Anhaltswerte nach Abschnitt 5.4 des Norm-Entwurfs (Tabelle 1) für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen

Zeile	Einwirkungsort	Tags	Nachts
1	Einwirkungsorte in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,2	0,25
2	Einwirkungsorte in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiet § 8 BauNVO)	0,15	0,1
3	Einwirkungsorte in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,1	0,07
4	Einwirkungsorte in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,07	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung - BauNVO - BGB1. I 1977, S. 1763 angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.			

Werden beim Gesteinsabbau im Laufe einer Woche notwendige Sprengungen auf einen, höchstens zwei Wochentage zusammengezogen, dann wird für bis zu drei Sprengungen am Tag nur die stärkste zur Berechnung von KB_r herangezogen.

Bei sehr selten auftretenden Erschütterungen, wie sie z.B. durch bis zu 2 Sprengungen je Woche verursacht werden, darf an Einwirkungsorten nach Tabelle 1, Zeilen 2, 3 und 4 der Anhaltswert von Zeile 1 angewendet werden, wenn die Sprengungen tagsüber außerhalb der Zeiten 6.00 Uhr bis 7.00 Uhr, 13.00 Uhr bis 15.00 Uhr sowie 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr und mit Vorwarnung vorgenommen werden.

Bei Erschütterungen, die durch Baumaßnahmen hervorgerufen werden, gelten grundsätzlich die Anhaltswerte nach Tabelle 1, Zeile 1. Bei tagsüber einwirkenden, auf wenige Tage beschränkten Erschütterungen können höhere Werte angemessen sein.

4. Näherungsverfahren zur Ermittlung des Wertes der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des neuen Norm-Entwurfs

Näherungsweise ist die Bestimmung der Beurteilungs-Schwingstärke auch aus der Registrierung des Signals $v(t)$ möglich (auf diese Weise kann auch eine Umrechnung der Meßergebnisse nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 von 1975 vorgenommen werden). Liegt eine derartige Registrierung vor, ist zuerst das Meßverfahren zu prüfen:

Frequenzbereich des verwendeten Aufnehmer-Registriersystems:

Fall 1:

Von unter 2 Hz bis über 80 Hz, dann in der Regel ohne Bedenken verwertbar.

Fall 2:

Untere Grenzfrequenz höher: (z.B. 4,5 Hz). Es ist zu prüfen, ob im Signal ersichtlich keine Anteile unterhalb der durch Dämpfung und Eigenfrequenz gegebenen unteren Grenzfrequenz enthalten sind. (Abfall des Übertragungsfaktors des Gerätes beachten!)

Fall 2a:

Ist das der Fall, so kann die Aufzeichnung verwendet werden. (Gleiches muß auch an der oberen Grenzfrequenz geprüft werden. Dieser Fall hat aber in der Regel keine Bedeutung.)

Fall 2b:

Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so kann nur dann ohne zusätzliche Hilfsmittel korrekt ausgewertet werden, wenn die tiefe Frequenz nahezu rein harmonisch in der Registrierung erkennbar ist. In diesem Fall könnte eine rechnerische Korrektur erfolgen. Anderenfalls ist die Aufzeichnung nicht auswertbar.

Sind die Bedingungen 1 oder 2a erfüllt, so darf wie folgt ausgewertet werden:

Die Gesamteinwirkung wird in Abschnitte zusammenhängender Teileinwirkungen aufgeteilt. Eine Einwirkung gilt als zusammenhängend, wenn die Einwirkungspausen darin nicht länger als etwa 1 Minute sind.

Der Maximalwert des $v(t)$ -Signals der Aufzeichnung und ein zugehöriger Schätzwert der Frequenz sind etwa für jede Minute der Aufzeichnung zu bestimmen. Die ermittelten Maximalwerte sind nach Gleichung 601 zunächst in Schätzwerte des KB-bewerteten Signals und daraus mit c_1 nach Tabelle 1 des neuen Norm-Entwurfs in Schätzwerte des Effektivwertes $KB_{I_{max,n}}^*$ (die Kennzeichnung der Werte mit * dient der Unterscheidung zwischen den Schätzwerten und den Meßwerten dieser Norm) umzurechnen:

$$KB_{F_{max,n}}^* = KB_{I_{max,n}}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1 \quad (601)$$

Mit dem Index n werden die Minutenintervalle durchnummeriert.

Der Maximalwert $v_{max,n}$ wird auch als größter Scheitelwert im Intervall Δ bezeichnet, der üblicherweise durch $\hat{v}_{max,n}$ gekennzeichnet wird.

Anmerkung:

Die Frequenzbewertung in Gleichung 601 ist identisch mit der entsprechenden Bewertung in Abschnitt 2 der Vornorm DIN 4150, Teil 2 von 1975. Aus methodischen Gründen - um die Bedeutung der Konstanten klarer zu machen - wurde die dortige Gleichung etwas umgeschrieben.

Der Faktor c_1 ist der Tabelle 2 des Norm-Entwurfs zu entnehmen.

Die Einzelergebnisse der Minutenintervalle werden wie folgt zum Mittelwert über die Teileinwirkungsdauern T_j zusammengefaßt:

$$KB_{I_{eq}}^*(T_j) = c_2 \cdot \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^N (KB_{I_{max,n}}^*)^2} \quad (602)$$

Dabei ist N die Zahl der in das Ergebnis eingegangenen Einzelwerte von $KB_{I_{max,n}}^*$.

$KB_{I_{eq}}^*(T_j)$ ist der Schätzwert des impulsgedehnten $KB_{I_{eq}}(T_j)$ -Wertes in der Teileinwirkungsdauer T_j .

Der Wert für c_2 ist nach Tabelle 2 zu wählen.

Die Einzelwerte von $KB_{I_{eq}}^*(T_j)$ müssen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Einwirkungsdauer auf die Beurteilungsdauer umgerechnet werden.

Die Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r^* erfolgt wie im Zusammenhang mit Gleichung 504 für KB_r angegeben.

Tabelle 4.1: Erfahrungswerte für die Konstanten c_1 und c_2 für verschiedene Arten der Erschütterungseinwirkung nach dem Norm-Entwurf (dort Tabelle 2)

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart 1)	c_1 2)	c_2 2)
1	Ereignisse mit periodischen Vorgängen bei <u>geringen</u> harmonischen Verzerrungen (z.B. Sägewerk in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9	1,0
2	Wie Zeile 1, jedoch stärker harmonisch verzerrt - mehr als ca. 20 % Verzerrungen (z.B. Sägewerke in enger Nachbarschaft, wenn noch mehrere Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8	1,0
3	Ereignisse stochastischer Art und periodische Vorgänge mit Schwebungen von mehr als 30 Sekunden Schwebungsperiode a) mit Resonanzbeteiligung (z.B. Webereien, Rammen, gemessen auf mitschwingenden Wohnungsfußböden) b) ohne Resonanzbeteiligung (z.B. auf nicht unterkellerten Wohnungsfußböden)	0,8 0,7	0,9 0,7
4	Einzelereignisse kurzer Dauer < 60 s, die mit mehr als 1 Minute Einwirkungspause auftreten a) mit Resonanzbeteiligung b) ohne Resonanzbeteiligung	0,8 0,6	1,0 1,0
<p>1) Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen soll nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnung erfolgen. Die genannten Beispiele sollen nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind.</p> <p>2) c_1 und c_2 sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa $\pm 15\%$ können in Einzelfällen auftreten.</p>			

5. Vergleich zwischen der Auswertung der Erschütterungsimmissionsmessungen und der Beurteilung nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

5.1. Allgemeines

Für den in dieser Untersuchung durchgeführten Vergleich werden 11 Beispiele von Erschütterungsimmissionsmessungen herangezogen, die in praktischen Fällen des Umweltschutzes bei Beschwerden über Erschütterungen festgestellt worden sind. Bei den Messungen sind die Signale mit Hilfe des Puls-Code-Modulations-Verfahrens auf Magnetband gespeichert worden.

Die Auswertung der Signale ist wie folgt vorgenommen worden:

Die gespeicherten Signale sind im Labor in eine Meßgerätekette eingespeist worden; siehe Abbildung 5.1. Die Zeitverläufe folgender Größen wurden mit Hilfe eines mehrkanaligen Lichtstrahl-Oszillographen simultan registriert:

$$v(t); KB_F(t) \text{ und } KB_I(t).$$

Aus diesen Meßschrieben wurden die Meßwerte abgelesen, die zur Beurteilung nach dem Auswerteverfahren der Vornorm und nach dem Auswerteverfahren des neuen Norm-Entwurfs benötigt werden.

Im Zusammenhang mit den Einwirkungsauern T_e der Erschütterungsimmissionen sind zur Erläuterung des neuen Beurteilungsverfahrens und zum Vergleich der beiden Beurteilungsverfahren jeweils Annahmen getroffen. Diese müssen nicht mit praktischen Fällen übereinstimmen, können aber vorkommen.

Um die Abweichungen zwischen den Beurteilungsverfahren aufzuzeigen, sind die Ergebnisse jeweils gegenüber gestellt worden. Folgende Vergleiche werden durchgeführt:

- Vergleich des Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm mit dem nach dem neuen Norm-Entwurf
- Vergleich des Beurteilungsverfahrens nach dem neuen Norm-Entwurf mit demjenigen nach dem Näherungsverfahren, wie es in dem neuen Norm-Entwurf angegeben ist.

Die Einhaltung bzw. die Überschreitung der Anhaltswerte wird durch sogenannte "Überschreitungs-faktoren F" gekennzeichnet.

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach der Vornorm, d.h. die Einhaltung oder Überschreitung des Anhaltswertes A, ist durch folgenden Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{\text{KB-Wert}}{A}$$

Darin bedeuten:

- KB-Wert : der zur Beurteilung verwendete Wert nach der Vornorm
 A : Anhaltswert nach der Vornorm
 $F(\text{Vornorm}) > 1$: der Anhaltswert wird durch den KB-Wert überschritten
 $F(\text{Vornorm}) < 1$: der Anhaltswert wird unterschritten, d.h. eingehalten

Der Faktor $F(\text{Vornorm})$ wird hier auch als "Überschreitungs faktor" bezeichnet.

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach dem Norm-Entwurf erfordert im allgemeinen die Prüfung von zwei Bedingungen. Die Einhaltung bzw. die Überschreitung der Anhaltswerte, und zwar hier derjenigen, die in dem Norm-Entwurf genannt sind (!), ist durch folgende Faktoren gekennzeichnet:

$$F_1 = \frac{0,5 \text{ KB}_{\text{Imax}}}{A}$$

$$F_2 = \frac{\text{KB}_r}{A}$$

Darin bedeuten:

- KB_{Imax} : der Maximalwert des impulsgedehnten Effektivwertes $\text{KB}_I(t)$
 KB_r : die Beurteilungs-Schwingstärke
 A : der Anhaltswert nach dem Norm-Entwurf

Die Überschreitung bzw. Unterschreitung des Anhaltswertes ist durch folgende Ungleichungen gekennzeichnet:

- F_1 bzw. $F_2 > 1$: Überschreitung des Anhaltswertes
 F_1 bzw. $F_2 < 1$: Unterschreitung, d.h. Einhaltung des Anhaltswertes

Die entsprechenden Überschreitungs faktoren, die man bei der Anwendung des Näherungsverfahrens nach Abschnitt 6 des neuen Norm-Entwurfs erhält, sind mit F_1^* bzw. F_2^* bezeichnet.

5.2. Beschreibung der verwendeten Meßeinrichtung

In Abbildung 5.1 ist das Blockschaltbild der verwendeten Meßeinrichtung dargestellt.

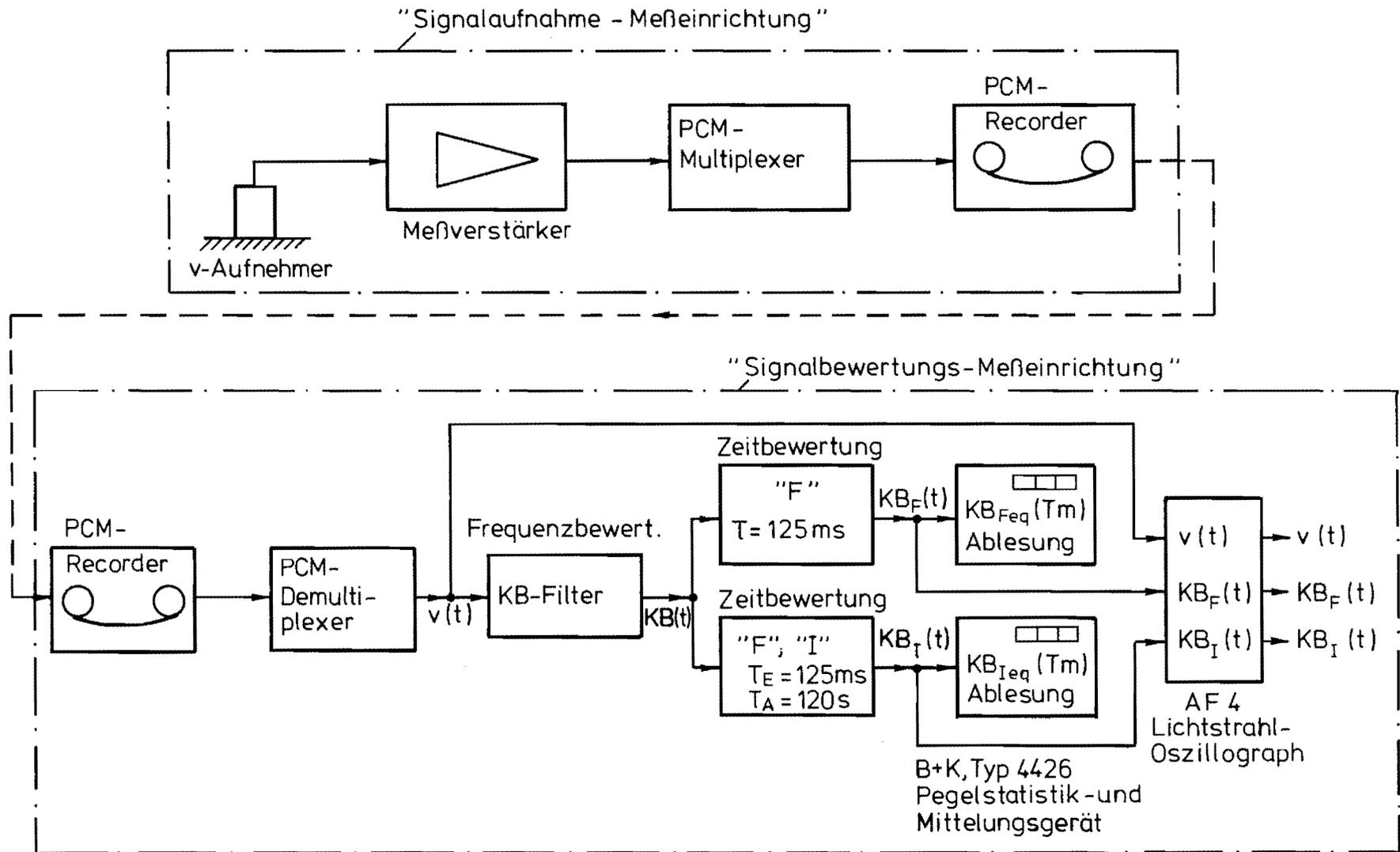


Abb. 5.1: Blockschaltbild der verwendeten Meßeinrichtung

Mit Hilfe der "Aufnahme-Meßeinrichtung" wurden die Erschütterungsimmissionen gemessen und auf Magnetband gespeichert. Als Schwingungsaufnehmer wurde ein Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer mit einer Eigenfrequenz von etwa 4,5 Hz verwendet. Nach Verstärkung der Signale durch einen Meßverstärker wurden sie mit Hilfe eines Puls-Code-Modulations-Aufnahmeteils (PCM-Verfahren) auf Magnetband gespeichert. Die verwendete PCM-Anlage hat eine untere Grenzfrequenz von 400 Hz. Die gesamte "Signalaufnahme-Meßeinrichtung" hat ein lineares Übertragungsverhalten im Bereich von etwa 5 Hz bis 400 Hz. Bei den in die Untersuchung einbezogenen Erschütterungssignalen waren keine wesentlichen Amplitudenanteile im Frequenzbereich außerhalb von etwa 5 Hz bis 80 Hz vorhanden.

Die gespeicherten PCM-codierten Signale wurden im Labor einer "Signalbewertungs-Meßeinrichtung" zugeleitet. Diese bestand aus dem PCM-Demultiplexer und aus folgenden Bauteilen:

- einem "KB-Filter" zwecks Frequenzbewertung der $v(t)$ -Signale. Dieses Filter hat einen Amplitudenfrequenzgang $H_{KB}(t)$, welcher die Anforderungen nach dem Norm-Entwurf erfüllt, die auch in der DIN 45669, Teil 1 angegeben sind [3].
- einer RC-Schaltung zur "Zeitbewertung der Signale", die auch "gleitende Effektivwertbildung" genannt wird, mit einer Integrationszeitkonstanten $\tau = 125$ ms. Die Zeitbewertung mit dieser Zeitkonstanten wird auch als "Fast" bezeichnet; Index "F".
- einer RC-Schaltung mit $\tau = 125$ ms (Fast) mit anschließendem "Speicher", der eine "zeitliche Dehnung" des Signals bewirkt mit einer Zeitkonstanten $T_A = 120$ s. - Diese "Impulsdehnung" entspricht den Angaben in dem Norm-Entwurf. Das Signal wird mit $KB_I(t)$ bezeichnet.
- einem mehrkanaligen Lichtstrahloszillographen (UV-Schreiber) zur Registrierung der Signale $v(t)$; $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$.
- Wahlweise konnten die Signale $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ auch einem Pegelstatistik- und Mittelungsgerät zugeführt werden. Für vorwählbare Mittelungszeiten T_m konnten die entsprechenden Mittelwerte, nämlich der $KB_{Ieq}(T_m)$ -Wert und falls gewünscht auch der $KB_{eq}(T_m)$ -Wert, abgelesen werden.

5.3. Beispiele für den Vergleich

5.3.1. Beispiel 1 (Webmaschinen)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.1

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
1	150 Webmaschinen mit Umdrehungszahlen 170 ... 235 U/min	40 m	Mitte Geschoßdecke (Betondecke) im 1. OG. in einem 1 1/2 gesch. Einzelhaus; Meßrichtung vertikal	stochastische Schwingungen, näherungsweise auch als sinusförmige Schwingungen mit einer Frequenz von etwa 20 Hz und regellos schwankender Amplitude zu kennzeichnen

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.2 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 22 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 1a	tags:	$T_e = 1 \text{ h}$	außerhalb der Ruhezeit
Fall 1b	tags:	$T_e = 4 \text{ h}$	" " "
Fall 1c	tags:	$T_e = 8 \text{ h}$	" " "
Fall 1d	tags:	$T_e = 16 \text{ h}$,	davon 4 h innerhalb der Ruhezeit
Fall 1e	nachts:	$T_e = 8 \text{ h}$	

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.2) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 0,42 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 20 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,22$$

Schätzung des $KB_{Ieq}(T_m)$ -wertes, siehe Abb. 5.2 für eine Meßzeit $T_m = 22 \text{ s}$, die für die Erläuterungen an diesem Beispiel als repräsentativ für die Einwirkungszeit angenommen wird:

$$KB_{Ieq}(T_m) = 0,18$$

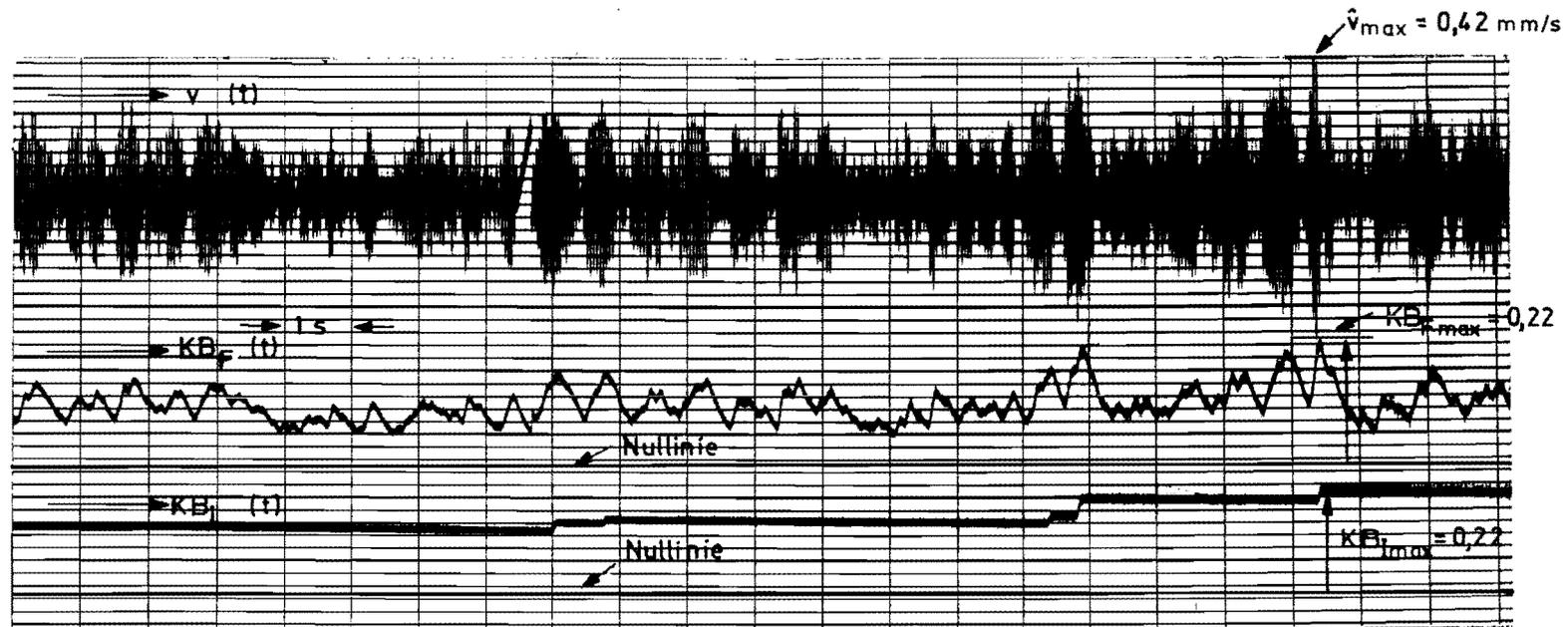


Abb. 5.2: Erschütterungsimmissionen verursacht durch Webmaschinen
Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,22 \quad 0,5 KB_{I_{max}} = 0,11$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 1 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 1$ h

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,18 \sqrt{\frac{1}{16}} = 0,05$$

Fall 1 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 4$ h

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,18 \sqrt{\frac{4}{16}} = 0,09$$

Fall 1 c)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8$ h

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,18 \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,13$$

Fall 1 d)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e = 16$ h

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} T_{e1} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m) + 2 \frac{1}{T_r} T_{e2} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{16} 12 \cdot 0,18^2 + 2 \frac{1}{16} 4 \cdot 0,18^2} = 0,20$$

Fall 1 e)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8$ h (nachts)

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,18 \sqrt{\frac{8}{8}} = 0,18$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem WR-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,07$

nachts: $A = 0,05$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{I_{max}} \leq A$
Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.
- Nachts sollen auch kurzzeitige Einwirkungen mit Werten für $KB_{I_{max}}$ größer als das 5fache der Anhaltswerte vermieden werden; d.h. es muß erfüllt sein:

$$KB_{I_{max}} \leq 5 A$$

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.2 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 KB_{I_{max}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
1a	1 h	0,11	0,05	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 0,71$	nein ja
1b	4 h	0,11	0,09	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 1,29$	nein nein
1c	8 h	0,11	0,13	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 1,86$	nein nein
1d	16 h	0,11	0,20	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 2,86$	nein nein
1e	8 h (nachts)	0,11	0,18	$F_1 = 2,20$ $F_2 = 3,60$	nein nein

- Hinweis:

Das für die Nachtzeit zusätzlich angegebene Kriterium

$$\begin{aligned} KB_{I_{\max}} &\leq 5 \text{ A} \\ 0,22 &\leq 0,25 \end{aligned}$$

ist in diesem Beispiel erfüllt.

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{F_{\max},n}^* = KB_{I_{\max},n}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{v_{\max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.2 für die Werte $\hat{v}_{\max} = 0,42 \text{ mm/s}$ und $f_{\text{vorh.}} = 20 \text{ Hz}$ erhält man:

$$KB_{F_{\max},n}^* = KB_{I_{\max},n}^* = 0,23 \quad 0,5 \text{ } KB_{I_{\max},n}^* = 0,12$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{I_{\text{eq}}(T_j)}^* = c_2 \cdot KB_{I_{\max},n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$KB_{I_{\text{eq}}(T_j)}^* = 0,21$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\begin{aligned} \text{Fall a): } KB_r^* &= KB_{I_{\text{eq}}(T_j)}^* \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,21 \sqrt{\frac{1}{16}} = 0,05 \\ \text{Fall b): } KB_r^* &= KB_{I_{\text{eq}}(T_j)}^* \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,21 \sqrt{\frac{4}{16}} = 0,11 \end{aligned}$$

$$\text{Fall c): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,21 \cdot \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,15$$

$$\text{Fall d): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r} + 2 \frac{T_{e2}}{T_r}} = 0,21 \cdot \sqrt{\frac{12}{16} + 2 \cdot \frac{4}{16}} = 0,23$$

$$\text{Fall e): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,21 \cdot \sqrt{\frac{8}{8}} = 0,21$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.3 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
1a	1 h	0,12	0,05	$F_1^* = 1,71$ $F_2^* = 0,71$	nein ja
1b	4 h	0,12	0,11	$F_1^* = 1,71$ $F_2^* = 1,57$	nein nein
1c	8 h	0,12	0,15	$F_1^* = 1,71$ $F_2^* = 2,14$	nein nein
1d	16 h	0,12	0,23	$F_1^* = 1,71$ $F_2^* = 3,29$	nein nein
1e	8 h (nachts)	0,12	0,21	$F_1^* = 2,40$ $F_2^* = 4,20$	nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (Sept. 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.2 für die Werte $\hat{v}_{\max} = 0,42 \text{ mm/s}$ und $f_{\text{vorh.}} = 20 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{\max} \cdot f_{\text{vorh.}}}{\sqrt{1 + (f_{\text{vorh.}}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 0,29$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,2 \qquad \text{nachts: } A = 0,15$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 1,45$$

5.3.2. Beispiel 2 (Webmaschinen)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.4

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
2	Webmaschinen	40 m	in einem Bürogeb., welches mit der Webhalle verbunden war, im nicht unterkellerten EG. auf einer Betonplatte in der Mitte des Raumes; Meßrichtung: vertikal	stochastische Schwingungen mit vorherrschenden Frequenzen von 40 bis 90 Hz

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.3 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 21 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 2a tags: $T_e = 8 \text{ h}$ außerhalb der Ruhezeit

Fall 2b tags: $T_e = 16 \text{ h}$, davon 4 h innerhalb der Ruhezeit

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.3) wurden ermittelt:

$$\dot{v}_{\max} = 1,30 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 40 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,45$$

Schätzung des $KB_{Ieq}(T_m)$ -Wertes, siehe Abb. 5.3 für eine Meßzeit $T_m = 21 \text{ s}$, die für die Erläuterungen an diesem Beispiel als repräsentativ für die Einwirkungszeit angenommen wird:

$$KB_{Ieq}(T_m) = 0,43$$

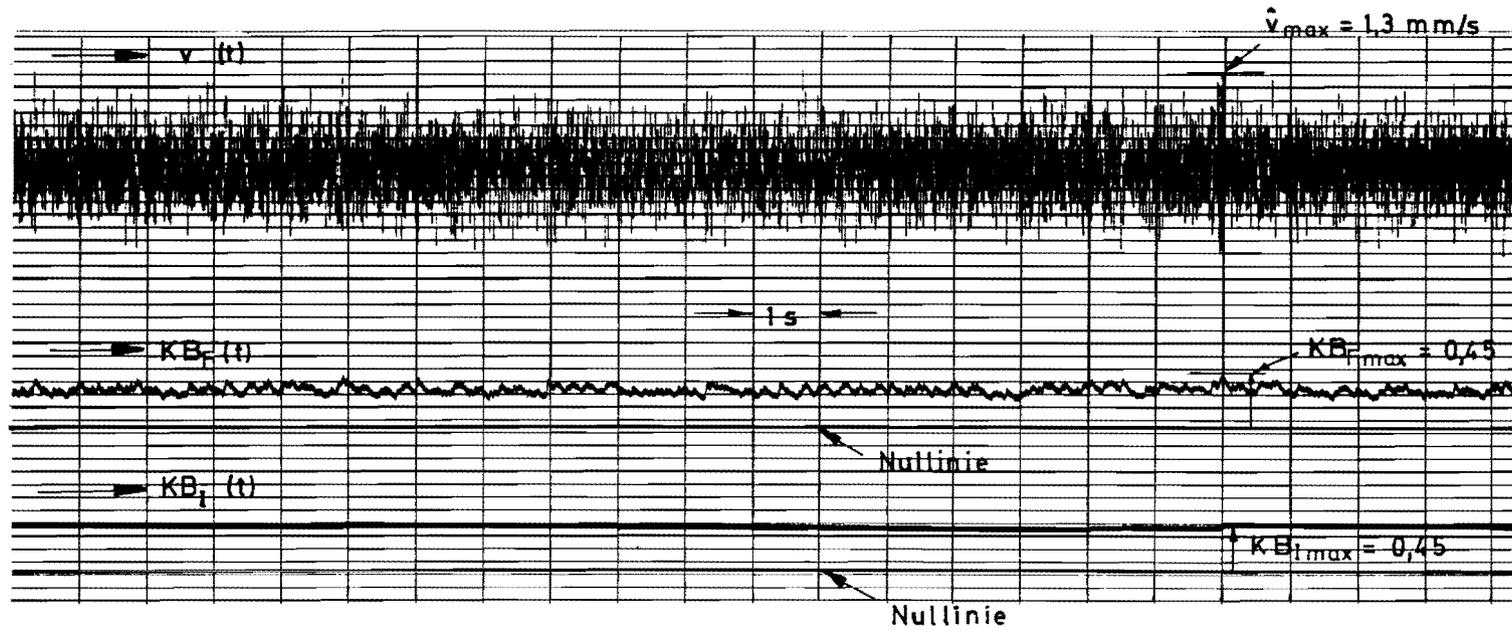


Abb. 5.3: Erschütterungsimmissionen verursacht durch Webmaschinen
Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,45 \quad 0,5 \cdot KB_{I_{max}} = 0,23$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 2 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8 \text{ h}$

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,43 \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,30$$

Fall 2 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e = 16 \text{ h}$

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} T_{e1} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m) + 2 \frac{1}{T_r} T_{e2} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{16} 12 \cdot 0,43^2 + 2 \frac{1}{16} 4 \cdot 0,43^2} = 0,48$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem MI-Gebiet liegt:

$$\text{tags: } A = 0,1 \quad \text{nachts: } A = 0,07$$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (502) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{I_{max}} \leq A$

Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.

Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.5 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \text{ KB}_{\text{Imax}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
2a	8 h	0,23	0,30	$F_1 = 2,30$ $F_2 = 3,00$	nein nein nein
2b	16 h	0,23	0,48	$F_1 = 2,30$ $F_2 = 4,80$	nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$\text{KB}_{\text{Fmax},n}^* = \text{KB}_{\text{Imax},n}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{\hat{v}_{\text{max},n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.3 für die Werte $\hat{v}_{\text{max}} = 1,30 \text{ mm/s}$ und $f_{\text{vorh.}} = 40 \text{ Hz}$ erhält man:

$$\text{KB}_{\text{Fmax},n}^* = \text{KB}_{\text{Imax},n}^* = 0,73 \quad 0,5 \text{ KB}_{\text{Imax},n}^* = 0,37$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$\text{KB}_{\text{Ieq}}^*(T_j) = c_2 \cdot \text{KB}_{\text{Imax},n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$\text{KB}_{\text{Ieq}}^*(T_j) = 0,66$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,66 \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,47$$

$$\text{Fall b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r} + 2 \frac{T_{e2}}{T_r}} = 0,66 \sqrt{\frac{12}{16} + 2 \frac{4}{16}} = 0,74$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.6 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
2a	8 h	0,37	0,47	$F_1^* = 3,70$ $F_2^* = 4,70$	nein nein
1b	16 h	0,37	0,74	$F_1^* = 3,70$ $F_2^* = 7,40$	nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (Sept. 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.3 für die Werte $\hat{v}_{max} = 1,30 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 40 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 0,94$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,3 \qquad \text{nachts: } A = 0,2$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 3,13$$

5.3.3. Beispiel 3 (Rüttelramme)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.7

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
2	Rüttelramme (Vibrationsramme); Fliehkraft: 870 kN bei $f_E = 23$ Hz	40 m	Mitte Geschoßdecke (Holzbalkendecke) im 1. OG. in einem 2 1/2 gesch. Reihenhaus; Meßrichtung: vertikal	schwebungsähnlicher Vorgang mit einer Frequenz von 22 - 23 Hz

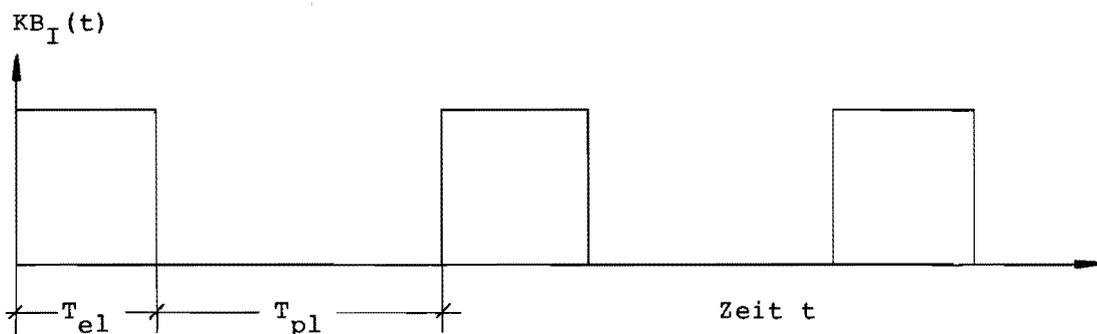
b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.4 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 20 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 3a Es wird angenommen, daß $N_1 = 40$ Rüttelvorgänge in einer Arbeitsschicht von 8 h auftreten, die in einer effektiven Arbeitszeit von 7,5 h gleichmäßig verteilt sein sollen.

In nachfolgend dargestellter Skizze ist die Verteilung der Rüttel- und Pausenzeiten angegeben:

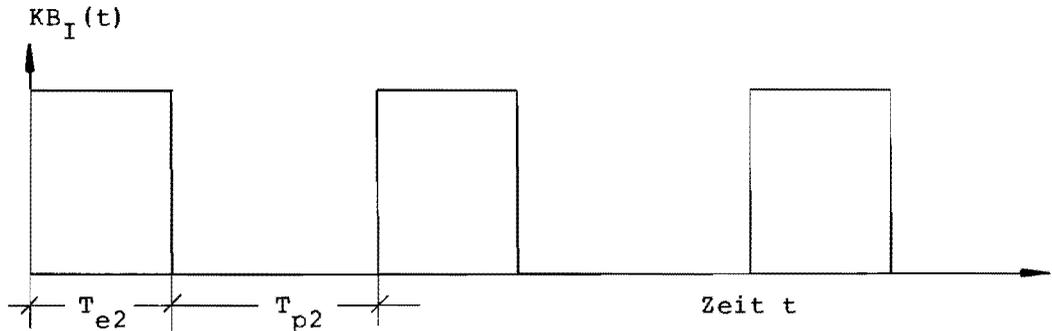


Einwirkungszeit (Rüttelzeit für 1 Bohle): $T_{e1} = 4$ min

$$\text{Pausenzeit: } T_{p1} = \frac{7,5 \cdot 60 - 40 \cdot 4}{40} = 7,25 \text{ min}$$

Fall 3b Es wird angenommen, daß $N_2 = 70$ Rüttelvorgänge in einer Arbeitsschicht von 8 h auftreten, die in einer effektiven Arbeitszeit von 7,5 h gleichmäßig verteilt sein sollen.

Im nachfolgend dargestellter Skizze ist die Verteilung der Rüttel- und Pausenzeiten angegeben:



Einwirkungszeit (Rüttelzeit für 1 Bohle): $T_{e2} = 4$ min

$$\text{Pausenzeit: } T_{p2} = \frac{7,5 \cdot 60 - 70 \cdot 4}{70} = 2,43 \text{ min}$$

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.4) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 5,3 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 23 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 3,4$$

Schätzung des $KB_{I\text{eq}}(T_m)$ -Wertes, siehe Abb. 5.4 für eine Meßzeit $T_m = 20$ s, die für die Erläuterungen an diesem Beispiel als repräsentativ für die Einwirkungszeit angenommen wird:

$$KB_{I\text{eq}}(T_m) = 3,17 \quad \text{und es soll auch gelten:}$$

$$KB_{I\text{eq}}(T_m = 4 \text{ min}) = 3,17$$

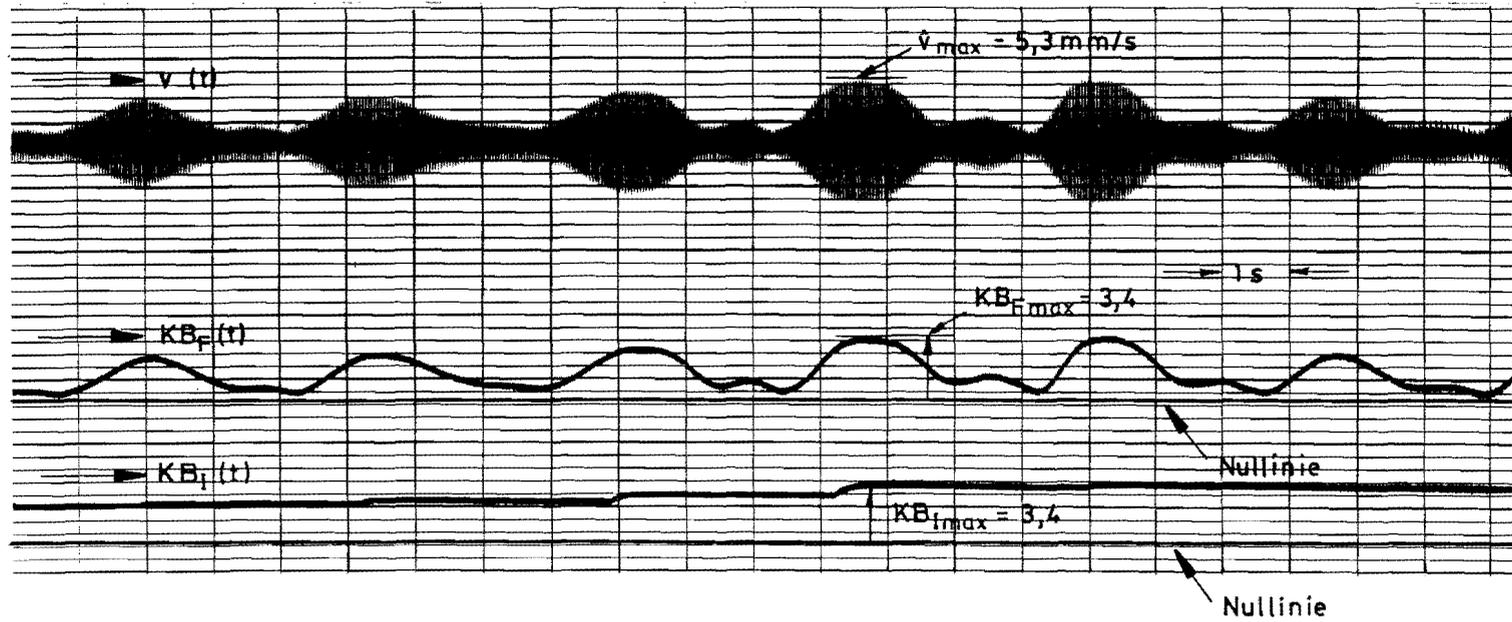


Abb. 5.4: Erschütterungsimmissionen verursacht durch eine Rüttelramme
 (Vibrationsramme)
 Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I\max} = 3,40 \quad 0,5 KB_{I\max} = 1,70$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 3 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

$$KB_r = KB_{I\text{eq}}(T_m = 4 \text{ min}) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}}$$

Die gesamte Einwirkungszeit T_e wird aus der Teileinwirkungszeit für einen Rüttelvorgang $T_{el} = 4 \text{ min}$ und der Anzahl der $N_1 = 40$ der Rüttelvorgänge ermittelt.

Zur Berücksichtigung des "Impulsrestwertes", der am Ende jedes Rüttelvorganges noch ansteht, und der im vorliegenden Fall nicht durch Verlängerung der Meßzeit erfaßt worden ist, wird die tatsächliche Rüttelzeit um 1 Minute verlängert; es gilt

$$T_e = 40 \cdot (4 + 1) = 200 \text{ min}$$

$$T_r = 16 \cdot 60 = 960 \text{ min}$$

$$KB_r = 3,17 \cdot \sqrt{\frac{200}{960}}$$

$$KB_r = 1,45$$

Fall 3 b)

Für diesen Fall wird die gesamte Einwirkungszeit in gleicher Weise wie beim Fall 3 a) ermittelt, man erhält:

$$T_e = 70 \cdot (4 + 1) = 350 \text{ min}$$

$$KB_r = 3,17 \cdot \sqrt{\frac{350}{960}}$$

$$KB_r = 1,91$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem WA-Gebiet liegt:

Da es sich um Erschütterungsimmissionen handelt, die durch Bau-
maßnahmen hervorgerufen werden, gelten nach dem Norm-Entwurf, Ab-
schnitt 5.4 grundsätzlich, d.h. unabhängig von der Lage des Immis-
sionsortes in irgendeinem Baugebiet, die Anhaltswerte nach Tabelle
1, Zeile 1, d.h.

$$\text{tags: } A = 0,2$$

Bei tags einwirkenden, auf wenige Tage beschränkte Erschütterungen
können nach der Normvorlage auch "höhere Werte" angemessen sein.
Ohne dies hier näher zu begründen, wird zur Erläuterung des Ver-
fahrens angesetzt:

$$\text{tags: } A = 0,3$$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist,
nämlich $0,5 \cdot KB_{\text{Imax}} \leq A$
Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.8 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{\text{Imax}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
3a	200 min	1,70	1,45	$F_1 = 5,67$ $F_2 = 4,83$	nein nein
3b	350 min	1,70	1,91	$F_1 = 5,67$ $F_2 = 6,37$	nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs einhalten

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 1 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,9$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.4 für die Werte $\hat{v}_{max} = 5,3 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 23 \text{ Hz}$ erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 3,29 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 1,65$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 1 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 1,0$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = 3,29$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 3,29 \sqrt{\frac{200}{960}} = 1,50$$

$$\text{Fall b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 3,29 \sqrt{\frac{350}{960}} = 1,99$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.9 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	Anzahl der Vorgänge	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
3a	$N_1 = 40$	1,65	1,50	$F_1^* = 5,50$ $F_2^* = 5,00$	nein nein
3b	$N_2 = 70$	1,65	1,99	$F_1^* = 5,50$ $F_2^* = 6,63$	nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (Sept. 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.4 für die Werte $\hat{v}_{max} = 5,3 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 23 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 3,75$$

Als Anhaltswert ist in der Vornorm für Erschütterungen, die nur wenige Tage einwirken, angegeben:

Bei tagsüber einwirkenden, auf wenige Tage beschränkte Erschütterungen (z.B. Rammerschütterungen und Bausprengungen) darf man in allen Baugebieten Anhaltswerte ansetzen, die die Anhaltswerte nach Tabelle 1, Spalte 4 bis zum 2fachen überschreiten, soweit nicht maßgebende Anhaltswerte nach DIN 4150, Teil 3 (Vornorm) überschritten werden. Bei besonderen Schutzmaßnahmen dürfen auch diese Werte überschritten werden.

Dies ist bei der Anwendung der Vornorm z.T. unterschiedlich angewendet worden. - Von der LIS und auch z.T. von anderen Instituten ist die Auffassung vertreten worden, daß die Verdopplung der Anhaltswerte nach Tabelle 1, Spalte 4 der Vornorm nur für kurzzeitig einwirkende Ereignisse, z.B. bei Sprengerschütterungen auf Baustellen, herangezogen werden können. Treten dagegen Dauererschütterungen auf, wie sie z.B. beim Einrütteln von Bohlen verursacht werden, so ist - je nach der Anzahl der Werkzeuge, an denen diese Immissionen auftreten, nur das 2-3fache der Anhaltswerte nach Tabelle 1, Spalte 3 der Vornorm anzusetzen.

Im vorliegenden Beispiel wurde deshalb als Anhaltswert für einen Immissionsort in einem WA-Gebiet angesetzt:

$$A = 3 \cdot 0,2 = 0,6$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte KB(Vornorm) zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{\text{KB}(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 6,25$$

5.3.4. Beispiel 4 (10 Pressen)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.10

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
4	10 Pressen (Tiefziehpressen)	ca. 25 m	Geschoßdecke im 1. OG.; Meßrichtung: vertikal	stochastisch verlaufende Erschütterungsvorgänge, nahezu stationäre Dauereinwirkung

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.5 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 21 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 4a: tags	$T_e = 0,5$ h	außerhalb der Ruhezeit
Fall 4b: tags	$T_e = 8$ h	" " "
Fall 4c: tags	$T_e = 16$ h,	davon 4 h innerhalb der Ruhezeit

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.5) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 0,80 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 21 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,46$$

Schätzung des $KB_{Ieq}(T_m)$ -Wertes, siehe Abb. 5.5 für eine Meßzeit $T_m = 21$ s, die für die Erläuterungen an diesem Beispiel als repräsentativ für die Einwirkungszeit angenommen wird:

$$KB_{Ieq}(T_m) = 0,43$$

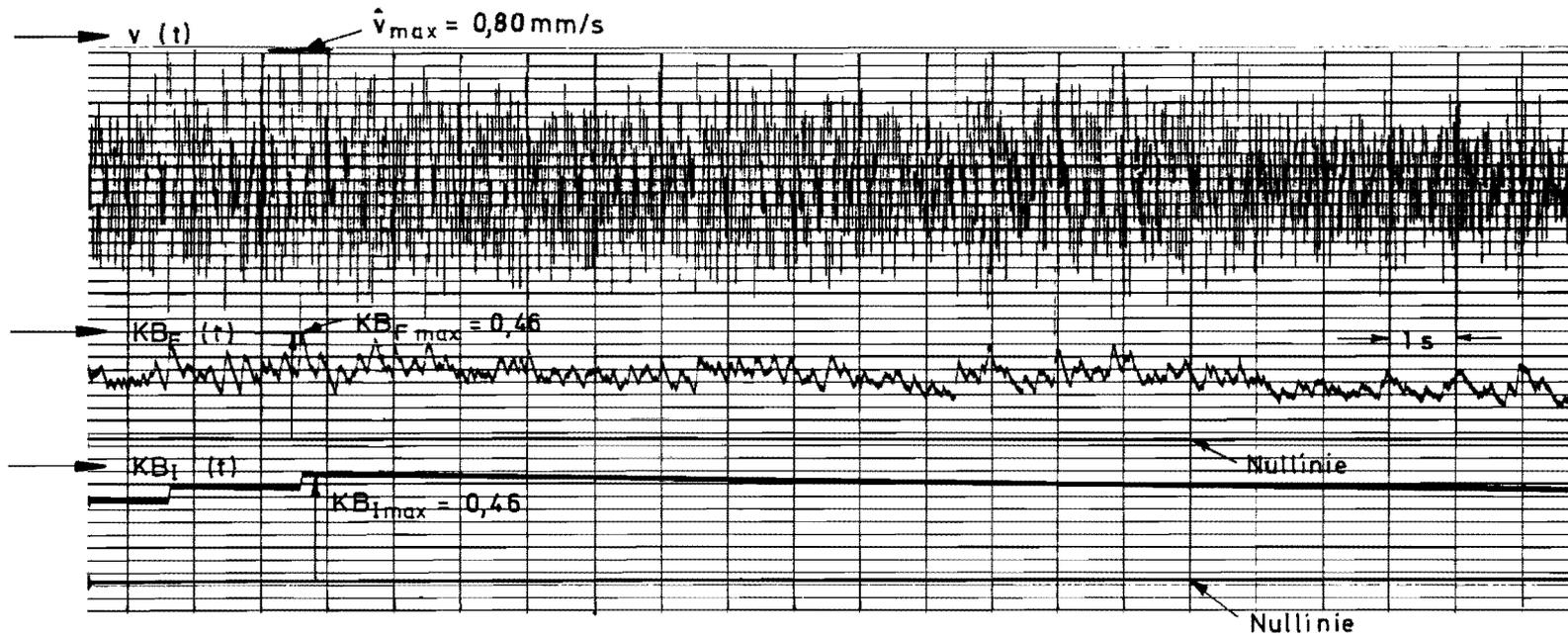


Abb. 5.5: Erschütterungsimmissionen verursacht durch 10 Pressen
 (Tiefziehpressen)
 Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,46 \quad 0,5 \quad KB_{I_{max}} = 0,23$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 4 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 0,5 \text{ h}$

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,43 \sqrt{\frac{0,5}{16}} = 0,08$$

Fall 4 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8 \text{ h}$

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,43 \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,30$$

Fall 4 c)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e = 16 \text{ h}$

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} \cdot T_{e1} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m) + 2 \frac{1}{T_r} \cdot T_{e2} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{16} \cdot 12 \cdot 0,43^2 + 2 \frac{1}{16} \cdot 4 \cdot 0,43^2} = 0,48$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem WA-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,07$ nachts: $A = 0,05$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (502) der Normvorlage erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{I_{max}} \leq A$
Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.11 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
4a	0,5 h	0,23	0,08	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 1,14$	nein nein
4b	8 h	0,23	0,30	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 4,29$	nein nein
4c	16 h	0,23	0,48	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 6,86$	nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.5 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,80 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 21 \text{ Hz}$ erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 0,44 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,22$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = 0,40.$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,40 \sqrt{\frac{0,5}{16}} = 0,07$$

$$\text{Fall b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,40 \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,28$$

$$\text{Fall c): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_{e1}}{T_r} + 2 \frac{T_{e2}}{T_r}} = 0,40 \cdot \sqrt{\frac{12}{16} + 2 \frac{4}{16}} = 0,45$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.12 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
4a	0,5 h	0,22	0,07	$F_1^* = 3,14$ $F_2^* = 1,00$	nein ja ja
4b	8 h	0,22	0,27	$F_1^* = 3,14$ $F_2^* = 4,00$	nein nein nein
4c	16 h	0,22	0,42	$F_1^* = 3,14$ $F_2^* = 6,43$	nein nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (Sept. 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.5 für die Werte $\hat{v}_{\max} = 0,80$ mm/s und $f_{\text{vorh.}} = 21$ Hz erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$\text{KB (Vornorm)} = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{\max} \cdot f_{\text{vorh.}}}{\sqrt{1 + (f_{\text{vorh.}}/5,6)^2}}$$

$$\text{KB (Vornorm)} = 0,56$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,2$$

$$\text{nachts: } A = 0,15$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte KB (Vornorm) zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F (\text{Vornorm}) = \frac{\text{KB (Vornorm)}}{A}$$

$$F (\text{Vornorm}) = 2,80$$

5.3.5. Beispiel 5 (Schlagramme)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.13

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
5	Schlagramme (Fabrikat: Delmag G 30)	ca. 35 m	Mitte Geschoßdecke (Holzbalkendecke) im 1. OG. eines 2gesch. Einzel- hauses; Meßrich- tung: vertikal	wiederholt stoß- artig auftretende Vorgänge, vorherr- schende Frequenz etwa 20 Hz; Signal- dauer des Einzel- vorganges: etwa 0,4 s; Zeitdauer zwi- schen zwei Vorg.: etwa 1,6 s

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.6 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 21 Sekunden.
- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:
Schlagfolge: etwa 37 Schläge/Minute
Anzahl der Schläge zum Einrammen einer Stahlspundbohle (im Mittel):
250 Schläge
Anzahl der in einer Arbeitsschicht (8 h) eingerammten Schlagspundbohlen (effektive Arbeitszeit: 7 h): 16 Bohlen

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.6) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 2,00 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 20 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,72$$

Schätzung des $KB_{Ieq}(T_m)$ -Wertes, siehe Abb. 5.6 für eine Meßzeit $T_m = 21 \text{ s}$, die für die Erläuterungen an diesem Beispiel als repräsentativ für die Einwirkungszeit angenommen wird:

$$KB_{Ieq}(T_m) = 0,71$$

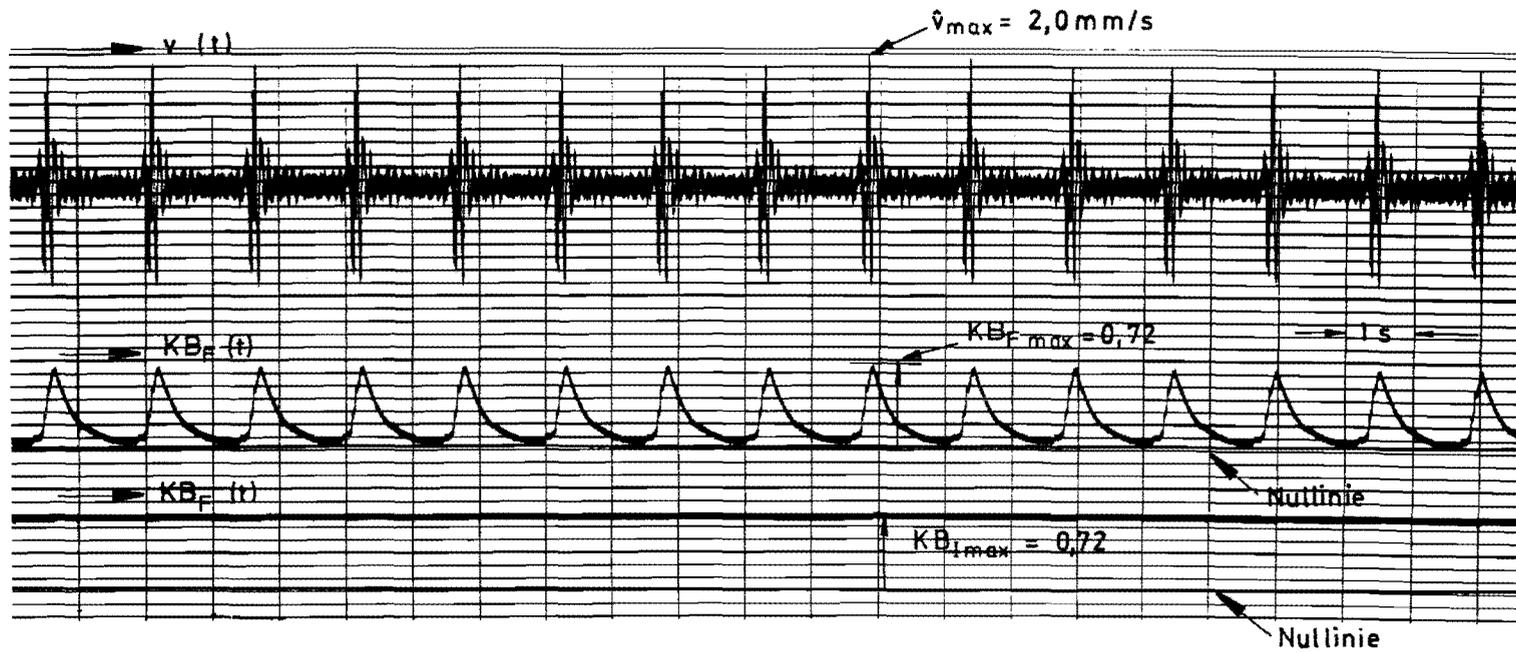


Abb. 5.6: Erschütterungsimmissionen verursacht durch eine Schlagramme
 Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,72 \quad 0,5 KB_{I_{max}} = 0,36$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 5 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Die Teileinwirkungsdauer T_{e1} (außerhalb von Ruhezeiten) zum Einrammen einer Spundbohle beträgt:

$$T_{e1} = \frac{250 \text{ Schläge}}{37 \text{ Schläge/min}} = 6,76 \text{ min}$$

- Die Pausenzeit zwischen dem Einrammen von 2 Stahlspundbohlen beträgt in der effektiven Arbeitszeit von 7 h

$$T_{p1} = \frac{7 \cdot 60 - 16 \cdot 6,76}{15} = 20,79 \text{ min}$$

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{\sum T_{e1}}{T_r}}$$

$$KB_r = 0,71 \cdot \sqrt{\frac{16 \cdot 6,76}{16 \cdot 60}}$$

$$KB_r = 0,24$$

- Hinweis:

Würde man in Anlehnung an Gl. (506) des Norm-Entwurfs die Teileinwirkungsdauer zum Einrammen einer Bohle als "kurze Einwirkungsdauer" betrachten, wobei die nächste Einwirkung erst nach mehr als 5 Minuten erfolgt (hier im Mittel erst nach 20,79 Minuten), und den "Impulsrestwert" nach Beendigung jeder Rammung "rechnerisch" berücksichtigen, so erhält man folgenden Wert:

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \cdot \sqrt{\frac{\sum (T_{e1} + 60)}{T_r}} = 0,71 \cdot \sqrt{\frac{16 (6,76 \cdot 60 + 60)}{16 \cdot 60 \cdot 60}}$$

$$KB_r = 0,26$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem MI-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,2$ nachts: $A = 0,15$
 (Erschütterungen durch Baumaßnahmen!)

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{I_{max}} \leq A$
 Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
 Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.14 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
5a	$16 \cdot 6,76 =$ 108,16 min	0,36	0,24	$F_1 = 1,80$ $F_2 = 1,20$	nein nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.6 für die Werte $\hat{v}_{max} = 2,00$ mm/s und $f_{vorh.} = 20$ Hz erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 1,09 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,55$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird gilt:

$$KB_{Ieq}(T_j)^* = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}(T_j)^* = 0,98$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall a): } KB_r^* = KB_{Ieq}(T_j)^* \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,98 \sqrt{\frac{16 \cdot 6,76}{16 \cdot 60}} = 0,33$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.15 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 KB_{Imax,n}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
5a	$16 \cdot 6,75 =$ $108,16$ min	0,55	0,33	$F_1^* = 2,75$ $F_2^* = 1,65$	nein nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.6 für die Werte $\hat{v}_{\max} = 2,00 \text{ mm/s}$ und $f_{\text{vorh.}} = 20 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{\max} \cdot f_{\text{vorh.}}}{\sqrt{1 + (f_{\text{vorh.}}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 1,40$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,3 \qquad \text{nachts: } A = 0,2$$

Bei tagsüber einwirkenden, auf wenige Tage beschränkte Erschütterungen, z.B. bei Erschütterungsimmissionen von Baustellen, können höhere Anhaltswerte angesetzt werden (siehe die entsprechenden Erläuterungen beim Beispiel 3).

Es wird hier angesetzt:

$$\text{tags: } A = 2 \cdot 0,3 = 0,6$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 2,33$$

5.3.6. Beispiel 6 (Riemenfallhammer)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.16

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
6	Schmiedehammer (Riemenfallhammer) Arbeitsverm. 20 kNm	ca. 30 m	Mitte Geschoßdecke (Holzbalkendecke) im 1. OG. eines 3- gesch. Wohnhauses; Meßrichtung: vertikal	wiederholt auftretende stoßartige Vorgänge mit einer vorherrschenden Frequenz von 20 Hz; Schlagfolge etwa 40 Schläge je Minute

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.7 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 20 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Die eigentliche Einwirkungsdauer für eine Schlagfolge von 9 Schlägen zum Schmieden eines Werkstückes beträgt etwa 12 Sekunden. Danach folgt eine Pause im Mittel von etwa 32 Sekunden bis zur nächsten Schlagfolge. In einer Arbeitsschicht von 8 h werden (etwa) 400 Werkstücke geschmiedet.

Fall 6a): $T_e = 8$ h außerhalb der Ruhezeit

Fall 6b): $T_e = 16$ h davon 4 h innerhalb der Ruhezeit.

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.7) wurden ermittelt:

$$\dot{\varphi}_{\max} = 1,00 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 20 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,46$$

Die dargestellte Schlagfolge wird als repräsentativ für die Betriebsvorgänge angenommen.

Für eine Schlagfolge von $T_{e1} = 12$ Sekunden und eine anschließende Pause von $T'_{e1} = 32$ Sekunden kann der $KB_{Ieq}(T_e = 44 \text{ s})$ -Wert wie folgt ermittelt werden:

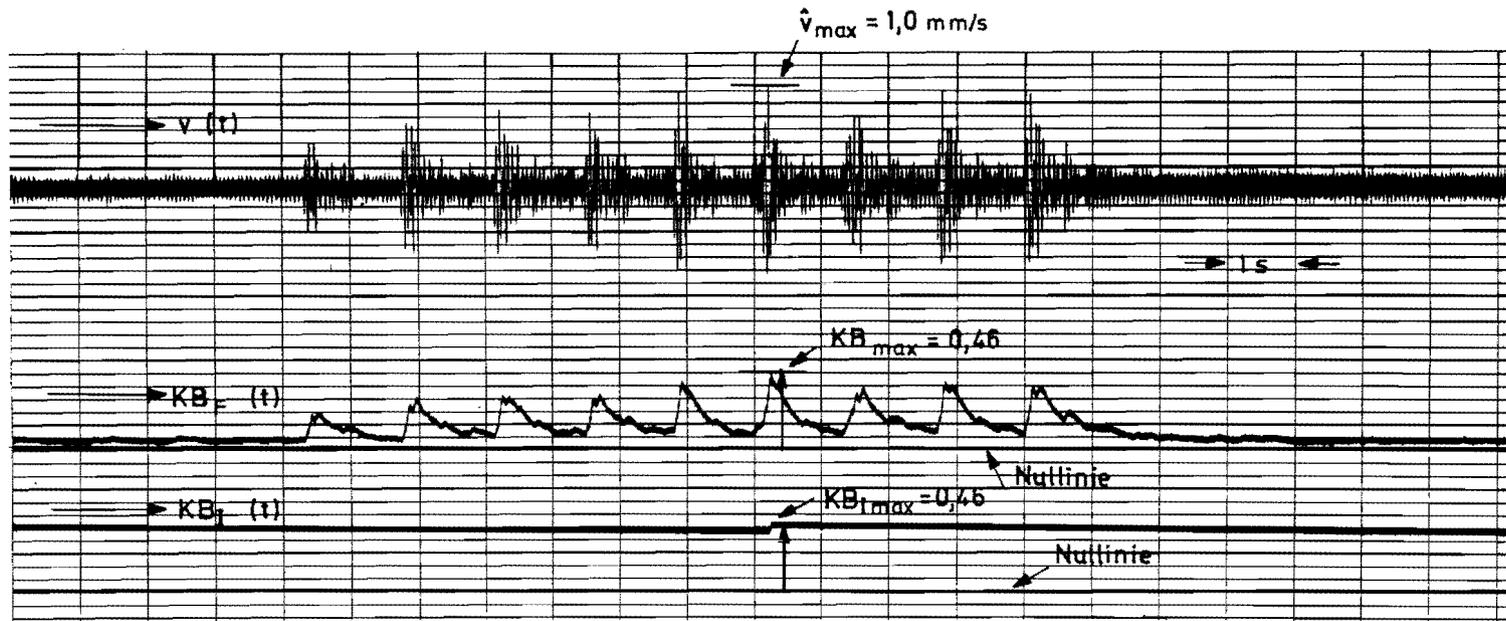
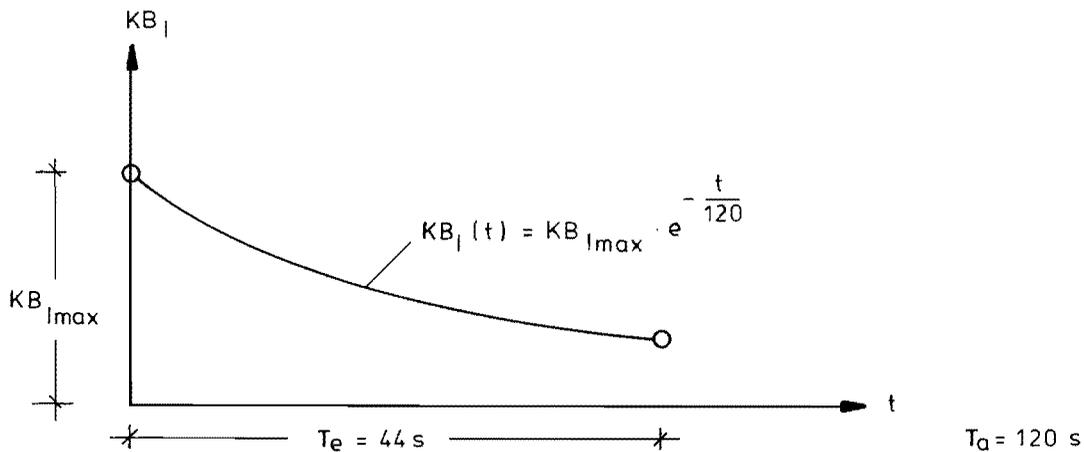


Abb. 5.7: Erschütterungsimmissionen verursacht durch einen Riemenfallhammer
Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

- als Schätzwert durch arithmetische Mittelung des Verlaufs $KB_I(t)$; siehe Norm-Entwurf, Erläuterungen zu Abschnitt 3.5; man erhält:

$$KB_{Ieq}(T_e = 44 \text{ s}) \approx 0,4$$

- rechnerisch als Näherung, wenn von dem Wert $KB_{Imax} = 0,46$ ausgegangen wird und der exponentielle Abfall der Schleppe über eine Dauer von $T_e = 44 \text{ s}$ ermittelt wird. Dabei wird angenommen, daß die ersten vier bis fünf Schläge der nächsten Schlagfolge noch durch die "Schleppe" verdeckt werden und der nächste Anstieg erst beim fünften bzw. sechsten Schlag der nächsten Schlagfolge eintritt.



$$KB_{Ieq}(T_e) = \left(\frac{KB_{Imax}^2}{T_e} \int_0^{T_e} e^{-\frac{2t}{T_a}} dt \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(T_e) = \left(\frac{KB_{Imax}^2}{T_e} \left[-\frac{T_a}{2} e^{-\frac{2t}{T_a}} \right]_0^{T_e} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(44 \text{ s}) = \left(\frac{0,46^2}{44} \left[-60 \cdot e^{-\frac{88}{120}} + 60 \right] \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(44 \text{ s}) = 0,39$$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,46 \quad 0,5 KB_{I_{max}} = 0,23$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 6 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8 \text{ h}$

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,39 \cdot \sqrt{\frac{44 \cdot 400}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,22$$

Fall 6 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e = 16 \text{ h}$, davon 4 h innerhalb der Ruhezeit.

Einwirkungsdauer außerhalb der Ruhezeiten, 600 Schlagfolgen je 44 Sekunden: $T_{e1} = 26400 \text{ Sekunden}$.

Einwirkungsdauer innerhalb der Ruhezeiten, 200 Schlagfolgen je 44 Sekunden: $T_{e2} = 8800 \text{ Sekunden}$.

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e1} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m) + 2 \cdot T_{e2} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m))}$$

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{16 \cdot 60 \cdot 60} (26400 \cdot 0,39^2 + 2 \cdot 8800 \cdot 0,39^2)}$$

$$KB_r = 0,34$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem GE-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,15$ nachts: $A = 0,10$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{\text{Imax}} \leq A$

Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.

Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.17 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{\text{Imax}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
6a	8 h	0,23	0,22	$F_1 = 1,53$ $F_2 = 1,44$	nein nein nein
6b	16 h	0,23	0,34	$F_1 = 1,53$ $F_2 = 2,27$	nein nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.7 für die Werte $\hat{v}_{max} = 1,00 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 20 \text{ Hz}$ erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 0,54 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,27$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 der Normvorlage gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = 0,9 \cdot 0,54 = 0,49$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall 6a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,49 \cdot \sqrt{\frac{44 \cdot 400}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,27$$

$$\text{Fall 6b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e1} + 2 \cdot T_{e2})}$$

$$KB_r^* = 0,49 \cdot \sqrt{\frac{1}{16 \cdot 60 \cdot 60} (26400 + 2 \cdot 8800)}$$

$$KB_r^* = 0,43$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.18 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja nein
6a	8 h	0,27	0,27	$F_1^* = 1,80$ $F_2^* = 1,80$	nein nein nein
6b	16 h	0,27	0,43	$F_1^* = 1,80$ $F_2^* = 2,87$	nein nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.7 für die Werte $v_{max} = 1,00 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 20 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 0,70$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,40 \qquad \text{nachts: } A = 0,30$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 1,75$$

5.3.7. Beispiel 7 (Gegenschlaghammer)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.19

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
7	Schmiedehammer (Gegenschlaghammer) Arbeitsverm. 20 kNm	ca. 38 m	Mitte Geschoßdecke (Betondecke) im 1. OG. eines 2 1/2-gesch. Bürogebäudes; Meßrichtung: vertikal	wiederholt auftretende stoßartige Vorgänge mit einer vorherrschenden Frequenz von 35 Hz; Schlagfolge etwa 30 Schläge je Minute

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.8 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 20 Sekunden, d.h. für die 4 Schläge, die in diesem Fall zum Schmieden eines Werkstückes benötigt werden.
- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:
Die eigentliche Einwirkungsdauer für eine Schlagfolge von 4 Schlägen zum Schmieden eines Werkstückes beträgt etwa 8 Sekunden. Danach folgt eine Pause im Mittel von etwa 40 Sekunden bis zur nächsten Schlagfolge. In einer Arbeitsschicht von 8 h werden in einer "effektiven Arbeitszeit" von etwa 7 h (etwa) 525 Werkstücke geschmiedet.

Fall 7a): $T_e = 8$ h außerhalb der Ruhezeiten

Fall 7b): $T_e = 16$ h davon 4 h innerhalb der Ruhezeiten.

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.8) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 0,40 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 35 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,17$$

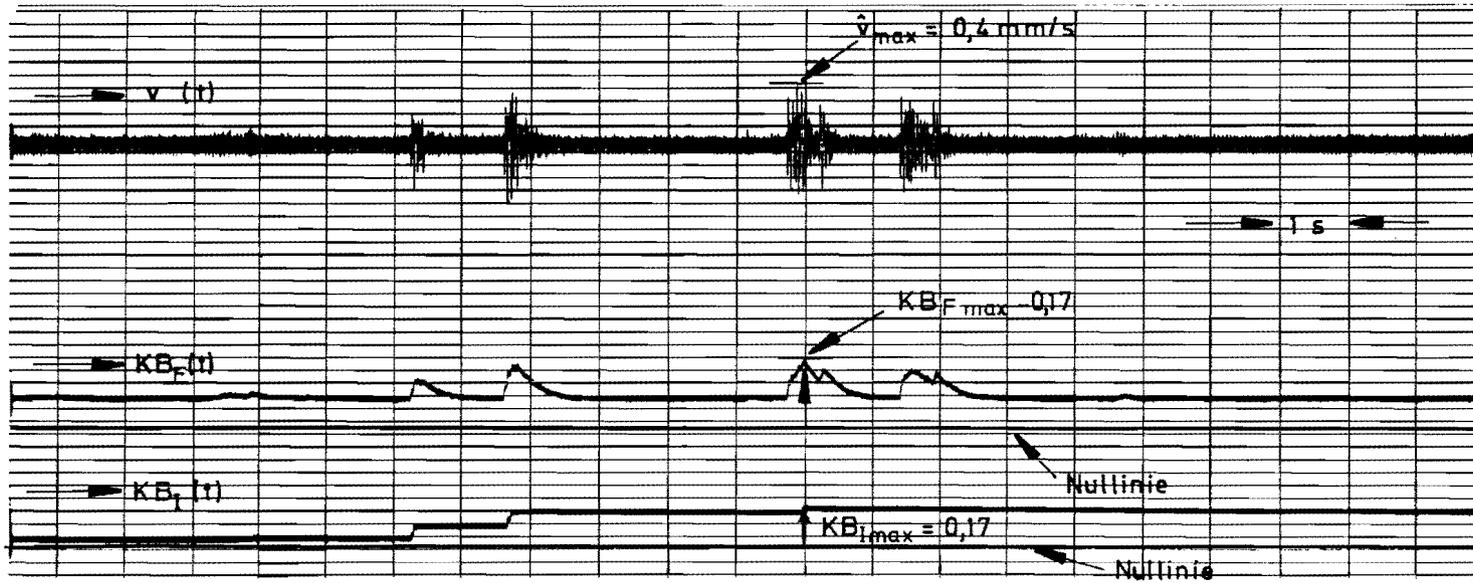


Abb. 5.8: Erschütterungsimmissionen verursacht durch einen Gegenschlaghammer
Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

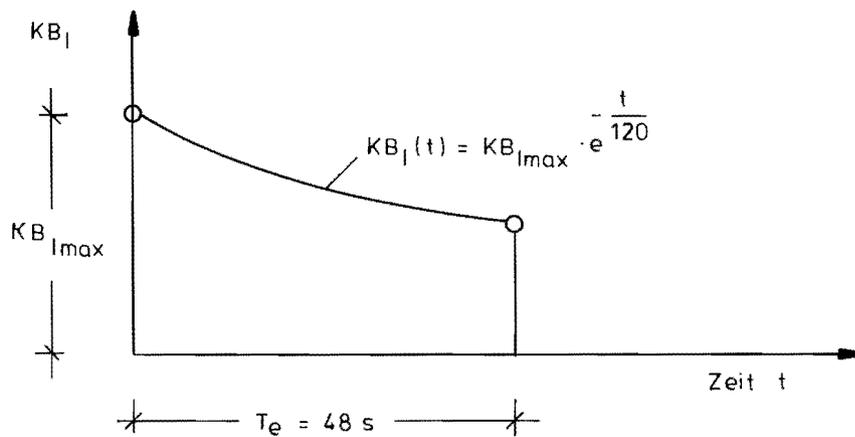
Die dargestellte Schlagfolge wird als repräsentativ für die Betriebsvorgänge angenommen.

Für eine Schlagfolge von $T_{e1} = 8$ Sekunden und eine anschließende Pause von $T_{e1} = 40$ Sekunden kann der $KB_{Ieq}(T_e = 48 \text{ s})$ -Wert wie folgt ermittelt werden:

- als Schätzwert durch arithmetische Mittelung des Verlaufs $KB_I(t)$; siehe Norm-Entwurf, Erläuterungen zu Abschnitt 3.5; man erhält:

$$KB_{Ieq}(T_e = 48 \text{ s}) \sim 0,14$$

- rechnerisch als Näherung, wenn von dem Wert $KB_{I\max} = 0,17$ ausgegangen wird und der exponentielle Abfall der Schleppe über eine Dauer von $T_e = 48 \text{ s}$ ermittelt wird. Dabei wird angenommen, daß der größte $KB_{I\max}$ -Wert der 4 Schläge für die Ermittlung maßgebend ist.



$$KB_{Ieq}(T_e) = \left(\frac{KB_{I\max}^2}{T_e} \int_0^{T_e} e^{-\frac{2t}{120}} dt \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(T_e) = \left(\frac{KB_{I\max}^2}{T_e} \left[-60 \cdot e^{-\frac{2t}{120}} \right]_0^{48} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(T_e) = \left(\frac{0,17^2}{48} \left[-60 \cdot e^{-\frac{96}{120}} + 60 \right] \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(T_e) = 0,14$$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,17 \quad 0,5 KB_{I_{max}} = 0,09$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 7 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8 \text{ h}$

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,14 \sqrt{\frac{525 \cdot 48}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,09$$

Fall 7 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e = 16 \text{ h}$, davon 4 h innerhalb der Ruhezeit.

Es wird angenommen, daß die zeitliche Verteilung der geschmiedeten Werkstücke in der 2. Arbeitsschicht die gleiche ist wie in der 1. Arbeitsschicht. Weiterhin wird angenommen, daß die effektive Arbeitszeit auch voll in die Ruhezeiten fällt, d.h. auch in den Ruhezeiten im Mittel 1 Werkstück in 48 s geschmiedet wird. Man erhält:

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} \cdot \left(\int_{T_{e1}} KB_I^2(t) dt + 2 \int_{T_{e2}} KB_I^2(t) dt \right)}$$

Im Mittel werden in einer Stunde der effektiven Arbeitszeit von 7 Stunden $525/7 = 75$ Schmiedestücke geschmiedet.

Einwirkungsdauer T_{e1} außerhalb der Ruhezeiten (effektive Arbeitszeit = 10 h)

$$T_{e1} = 75 \cdot 48 \cdot 10 = 36000 \text{ Sekunden}$$

Einwirkungsdauer innerhalb der Ruhezeiten

$$T_{e2} = 75 \cdot 48 \cdot 4 = 14400 \text{ Sekunden}$$

$$KB_r = 0,14 \sqrt{\frac{1}{16 \cdot 60 \cdot 60} (36000 + 2 \cdot 14400)}$$

$$KB_r = 0,15$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem MI-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,10$ nachts: $A = 0,07$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) dem Norm-Entwurf erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{\text{Imax}} \leq A$
Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.20 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{\text{Imax}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
7a	8 h	0,09	0,09	$F_1 = 0,90$ $F_2 = 0,90$	ja ja ja
7b	16 h	0,09	0,15	$F_1 = 0,90$ $F_2 = 1,50$	ja ja nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) der Normvorlage

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \frac{\hat{v}_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.8 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,40$ mm/s und $f_{vorh.} = 35$ Hz erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 0,22 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,11$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = 0,20$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall 7a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,20 \sqrt{\frac{525 \cdot 48}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,13$$

$$\text{Fall 7b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \sqrt{\frac{T_{e1}}{T_r} + 2 \cdot \frac{T_{e2}}{T_r}} = 0,20 \sqrt{\frac{36000}{16 \cdot 60 \cdot 60} + 2 \cdot \frac{14400}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,21$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.21 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
7a	8 h	0,11	0,13	$F_1^* = 1,10$ $F_2^* = 1,30$	nein nein nein
7b	16 h	0,11	0,21	$F_1^* = 1,10$ $F_2^* = 2,10$	nein nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.8 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,40 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 35 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 0,29$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,30 \quad \text{- nachts: } A = 0,20$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 0,96$$

5.3.8. Beispiel 8 (Exzenterpresse)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.22

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
9	Exzenterpresse (Druckkraft: 3,25 MN)	etwa 18 m	Mitte Geschoßdecke (Holzbalkendecke) im 2. OG. eines 3gesch. Reihen- hauses; Meßrich- tung: vertikal	wiederholt stoß- artig auftretende Vorgänge, vorherr- schende Frequenz etwa 19 Hz; Signal- dauer des Einzel- vorganges: etwa 0,8 s; Zeitdauer zwi- schen zwei Vorg.: etwa 1,7 s

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.9 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 20 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 8a: tags $T_e = 1$ h

Fall 8b: tags $T_e = 8$ h

Fall 8c: tags $T_e = 16$ h, davon 4 h in Ruhezeiten

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.9) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 2,00 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 19 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 1,25$$

Schätzung des $KB_{Ieq}(T_m)$ -wertes, siehe Abb. 5.9 für eine Meßzeit $T_m = 20$ s, die für die Erläuterungen an diesem Beispiel als repräsentativ für die Einwirkungszeit angenommen wird:

$$KB_{Ieq}(T_m) = 1,10$$

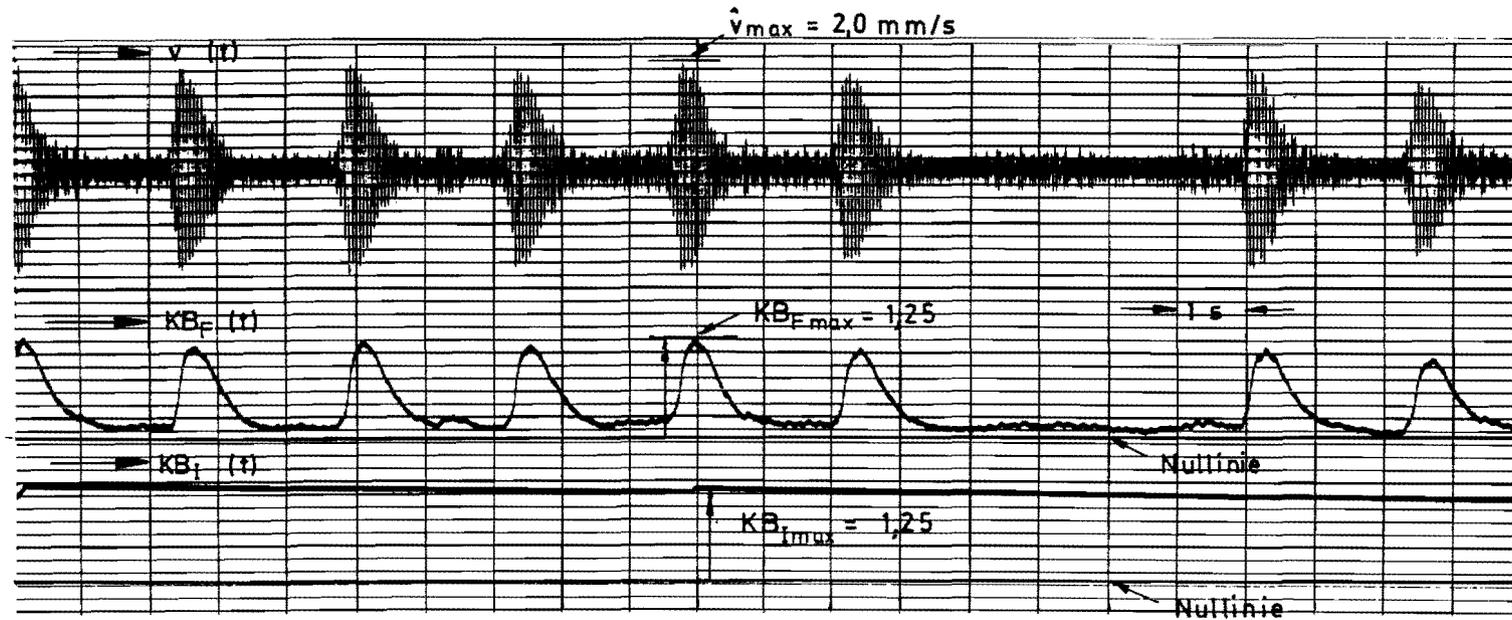


Abb. 5.9: Erschütterungsimmissionen verursacht durch eine Exzenterpresse
 Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 1,25 \quad 0,5 \quad KB_{I_{max}} = 0,63$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 8 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 1$ h

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 1,10 \quad \sqrt{\frac{1}{16}} = 0,28$$

Fall 8 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 8$ h

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 1,10 \quad \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,78$$

Fall 8 c)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e = 16$ h

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{T_r} \cdot T_{e1} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m) + 2 \cdot \frac{1}{T_r} \cdot T_{e2} \cdot KB_{I_{eq}}^2(T_m)}$$

$$KB_r = \sqrt{\frac{1}{16} \cdot 12 \cdot 1,1^2 + 2 \cdot \frac{1}{16} \cdot 4 \cdot 1,1^2}$$

$$KB_r = 1,23$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem WA-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,07$ nachts: $A = 0,05$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{I_{max}} \leq A$

Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.

Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.23 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
8a	1 h	0,63	0,28	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 4,0$	nein nein nein
8b	8 h	0,63	0,78	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 11,14$	nein nein nein
8c	16 h	0,63	1,23	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 17,57$	nein nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{\hat{v}_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.9 für die Werte $v_{max} = 2,00$ mm/s und $f_{vorh.} = 19$ Hz erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 1,09 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,55$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 3 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 0,9$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = 0,98$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall 8a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,98 \cdot \sqrt{\frac{1}{16}} = 0,25$$

$$\text{Fall 8b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,98 \cdot \sqrt{\frac{8}{16}} = 0,69$$

$$\text{Fall 8c): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_{e1}}{T_r} + 2 \cdot \frac{T_{e2}}{T_r}} = 0,98 \sqrt{\frac{12}{16} + 2 \cdot \frac{4}{16}} = 1,10$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.24 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
8a	1 h	0,55	0,25	$F_1^* = 7,86$ $F_2^* = 3,57$	nein nein
8b	8 h	0,55	0,69	$F_1^* = 7,86$ $F_2^* = 9,86$	nein nein
8c	16 h	0,55	1,10	$F_1^* = 7,86$ $F_2^* = 15,71$	nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.9 für die Werte $\hat{v}_{max} = 2,00 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 19 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 1,40$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,20 \qquad \text{nachts: } A = 0,15$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 7,00$$

5.3.9. Beispiel 9 (Fallwerk)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.25

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
9	Fallwerk (Gew.d. Stahlkugel: 53 kN; Fallhöhe: 18 m	ca. 240 m	Mitte Geschoßdecke (Betondecke) im 3. OG. eines 4-gesch. Reihenhauses; Meßrichtung: vertikal	wiederholt auftretende stoßartige Vorgänge mit einer vorherrschenden Frequenz von etwa 7,5 Hz und 25 Hz; Signaldauer des Einzelvorganges: etwa 1,5 s; Signaldauer zwischen zwei Vorgängen: etwa 30...60 s

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.10 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 10 Sekunden.
- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 9a

Signaldauer des Einzelvorganges:

$$T_{s1} \approx 1,5 \text{ s}$$

Pausendauer zwischen zwei Fallvorgängen (im Mittel):

$$T_{p1} \approx 60 \text{ s}$$

Anzahl der Fallvorgänge je Arbeitsschicht (8 h):

$$E_1 = 360$$

Die "effektive Arbeitszeit", in der die Fallvorgänge auftreten, beträgt: $360 (60 \text{ s} + 15 \text{ s}) = 22140 \text{ s}$, d.h. 6 Stunden und 9 Minuten. - In der übrigen Zeit werden Arbeitsvorgänge erledigt, die keine Erschütterungsimmissionen bewirken.

Fall 9b

Signaldauer des Einzelvorganges:

$$T_{s2} \approx 1,5 \text{ s}$$

Pausendauer zwischen zwei Fallvorgängen (im Mittel):

$$T_{p2} \approx 7 \text{ min}$$

Anzahl der Fallvorgänge je Arbeitsschicht (8 h):

$$E_2 = 55$$

Die "effektive Arbeitszeit", in der Fallvorgänge auftreten, beträgt etwa 6 Stunden und 45 Minuten.

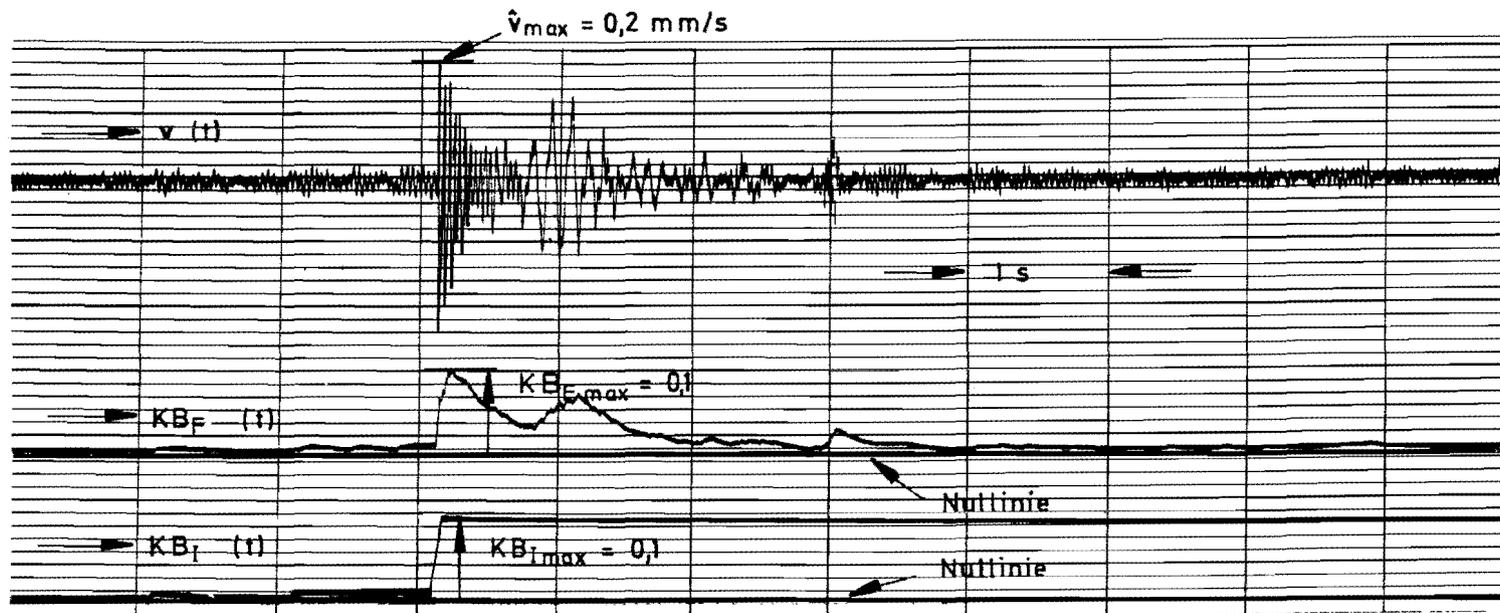


Abb. 5.10: Erschütterungsimmission verursacht durch ein Fallwerk
 Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen siehe (Abb. 5.10) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 0,20 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 25 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,10$$

Der $KB_{Ieq}(T_m = 10 \text{ s})$ -Wert ist in diesem Fall nicht mit Hilfe der Meßeinrichtung festgestellt worden; er wird rechnerisch wie folgt ermittelt:

$$KB_{Ieq}(T_m) = \left(\frac{KB_{I\max}^2}{T_m} \int_0^{T_m} e^{-\frac{2t}{120}} dt \right)^{\frac{1}{2}}$$

Es bedeutet:

T_m : als Zeit zur Ermittlung des KB_{Ieq} -Wertes wird gewählt:

$$T_m = T_{s1} + T_{p1} = 1,5 + 60 = 61,5 \text{ Sekunden}$$

$$KB_{Ieq}(T_m = 61,5) = \left(\frac{0,10^2}{61,5} \int_0^{61,5} e^{-\frac{2t}{120}} dt \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(T_m = 61,5) = \left(\frac{0,10^2}{61,5} \left[-60 \cdot e^{-\frac{123}{120}} + 60 \right] \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$KB_{Ieq}(T_m = 61,5) = 0,08$$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 0,10 \quad 0,5 KB_{I_{max}} = 0,05$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 9 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (502)

- Einwirkungsdauer $T_e = 22140$ s

$$KB_r = KB_{I_{eq}}(T_m) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,08 \cdot \sqrt{\frac{22140}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,05$$

Fall 9 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505)

- Da die Einzelereignisse (Einwirkungsdauer jeweils höchstens einige Sekunden, hier 1,5 s) mehr als 5 Minuten auseinanderliegen (hier: 7 Minuten), kann der KB_r -Wert nach der genannten Gl. (505) ermittelt werden:

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \sum_j KB_{I_{max}}^2(T_j)}{T_r}}$$

darin bedeuten:

$$KB_{I_{max}}(T_j) = KB_{I_{max}} = 0,10$$

$$\sum_j KB_{I_{max}}^2(T_j) = 55 \cdot KB_{I_{max}}^2, \text{ da 55 Fallvorgänge je Arbeitsschicht angenommen worden sind;}$$

man erhält:

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot (55 \cdot 0,10^2)}{16 \cdot 60 \cdot 60}}$$

$$KB_r = 0,02$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem WA-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,07$ nachts: $A = 0,05$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{I_{max}} \leq A$
Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.26 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
9a	540 s	0,05	0,05	$F_1 = 0,71$ $(F_2 = 0,71)$	ja ja (ja)
9b	82,5 s	0,05	0,02	$F_1 = 0,71$ $(F_2 = 0,29)$	ja ja (ja)

(....): Diese Werte werden in diesen Fällen für die Beurteilung nicht benötigt, da die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist.

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \frac{\hat{v}_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 4 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.10 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,20$ mm/s und $f_{vorh.} = 25$ Hz erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 0,11 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,06$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 4 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 1,0$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}^*(T_j) = 0,11$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall a): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,11 \sqrt{\frac{22140}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,07$$

$$\text{Fall b): } KB_r^* = KB_{Ieq}^*(T_j) \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} = 0,11 \sqrt{\frac{60 \cdot 55}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,03$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.27 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
9a	540 s	0,06	0,07	$F_1^* = 0,86$ $(F_2^* = 1,00)$	ja (ja) ja
9b	82,5 s	0,06	0,03	$F_1^* = 0,86$ $(F_2^* = 0,43)$	ja (ja) ja

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.10 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,20$ mm/s und $f_{vorh.} = 25$ Hz erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 0,14$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 0,20 \quad \text{nachts: } A = 0,15$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 0,70$$

5.3.10. Beispiel 10 (Gewinnungssprengung)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.28

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
10	Gewinnungssprengung in einem Kalksteinbruch; Großbohrlochsprengung mit 14 Bohrlöchern; Wandhöhe etwa 20 m; Ges.-Sprengstoffm. 1400 kg; Zündung: ms-Zündung; max. Sprengstoffmenge je Zündzeitstufe: 100 kg	ca. 100 m	Mitte Geschoßdecke (Betondecke) im 1.OG. eines 1 1/2-gesch. Einzelhauses; Meßrichtung: vertikal	transienter Vorgang mit einer vorherrschenden Frequenz von etwa 17 Hz; Signaldauer des Vorganges: etwa 0,5 s

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.11 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 4 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 10a): tags: 1 Sprengung außerhalb der Ruhezeit

Fall 10b): tags: 3 Sprengungen außerhalb der Ruhezeit

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.11) wurden ermittelt:

$$\hat{v}_{\max} = 58,00 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 17 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 30$$

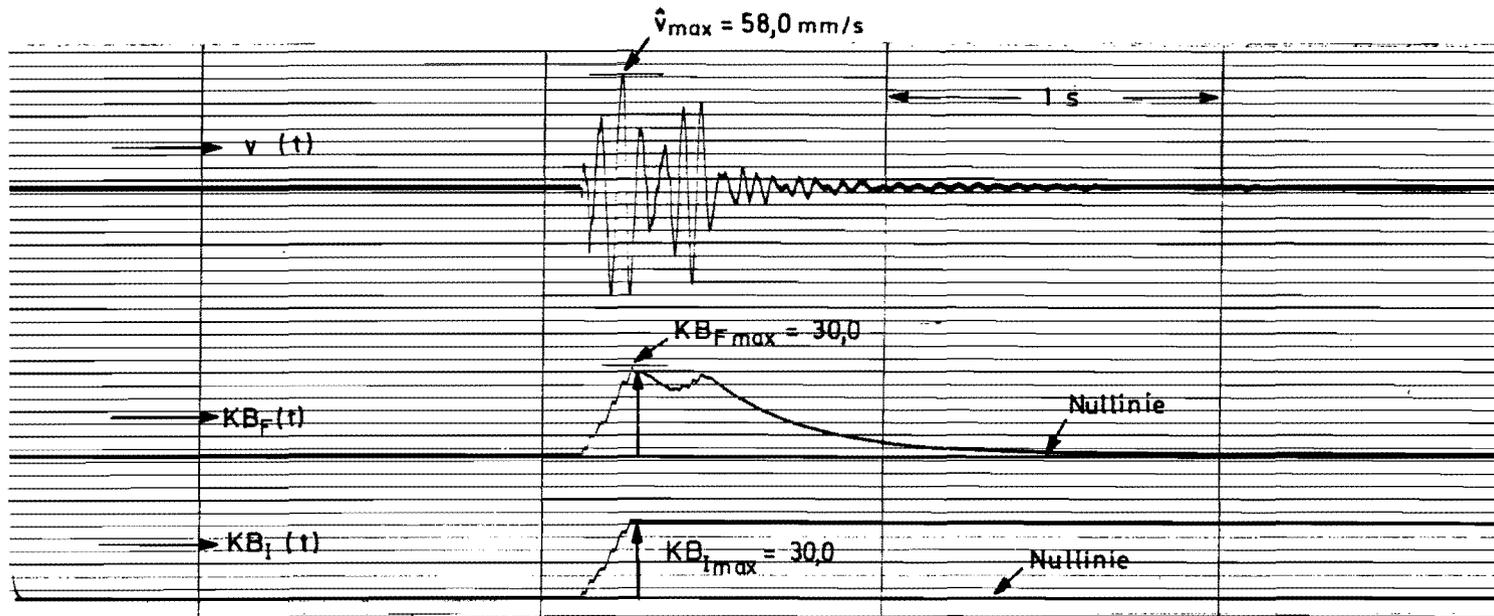


Abb. 5.11: Erschütterungsimmissionen verursacht durch eine Gewinnungs-
sprengung in einem Steinbruch
Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{max}} = 30 \quad 0,5 KB_{I_{max}} = 15$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 10 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505)

- Einwirkungsdauer $T_e = 0,5 \text{ s}$

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{max}}^2 (T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 30^2}{57600}} = 0,97$$

Fall 10 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505)

- Einwirkungsdauer $T_e = 1,5 \text{ s}$

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{max}}^2 (T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot (30^2 + 30^2 + 30^2)}{57600}} = 1,60$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem MI-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,1$ nachts: $A = 0,07$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{\text{Imax}} \leq A$
 Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
 Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.29 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{\text{Imax}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
10a	1 Sprengung/Tag	15	0,97	$F_1 = 150$ $F_2 = 9,70$	nein nein nein
10b	3 Sprengungen/Tag	15	1,68	$F_1 = 150$ $F_2 = 16,80$	nein nein nein

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) der Normvorlage

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \sqrt{2} \cdot \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 4 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,8$

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.11 für die Werte $v_{max} = 58,00$ mm/s und $f_{vorh.} = 17$ Hz erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 31,3 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 15,65$$

- Schätzwert nach Gl. (602) des Norm-Entwurfs:

Da hier jeweils nur ein 1-Minutenintervall betrachtet wird, gilt:

$$KB_{Ieq}(T_j)^* = c_2 \cdot KB_{Imax,n}^*$$

Die Konstante c_2 ist nach Tabelle 2, Zeile 4 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu:

$$c_2 = 1,0$$

Man erhält:

$$KB_{Ieq}(T_j)^* = 31,3$$

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall 10a): } KB_r^* = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{Imax}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 31,3^2}{57600}} = 1,01$$

$$\text{Fall 10b): } KB_r^* = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{Imax}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 3 \cdot 31,3^2}{57600}} = 1,75$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.30 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
10a	1 Sprengung/Tag	15,65	1,01	$F_1^* = 156,50$ $F_2^* = 10,10$	nein nein nein
10b	3 Sprengungen/Tag	15,65	1,75	$F_1^* = 156,50$ $F_2^* = 17,50$	nein nein nein

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.11 für die Werte $\hat{v}_{max} = 58,00$ mm/s und $f_{vorh.} = 17$ Hz erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 40,10$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 8 \qquad \text{nachts: } A = 0,2$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 5,01$$

5.3.11. Beispiel 11 (Gewinnungssprengung)

a) Angaben zu den Erschütterungsimmissionen

Tabelle 5.31

Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Abstand des Meßortes zur Quelle	Beschreibung des Meßortes	Typ der Erschütterungen
11	Gewinnungssprengung in einem Kalksteinbruch; Großbohrlochsprengung mit 28 Bohrlöchern; Wandhöhe etwa 12 m; Ges.-Sprengstoffm. 1170 kg; Zündung: ms-Zündung; max. Sprengstoffmenge je Zündzeitstufe: 88 kg	ca. 250 m	Mitte Betonplatte (nicht unterkellert) im EG. eines 1-gesch. Gebäudes (Mannschaftsgebäude) Meßrichtung: vertikal	transienter Vorgang mit einer vorherrschenden Frequenz von etwa 34 Hz; Signaldauer des Vorganges: etwa 1 s

b) Hinweise und Annahmen zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

- Abb. 5.12 zeigt die Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$ für eine Meßzeit von etwa 3 Sekunden.

- Zur Erläuterung des Auswertungs- und Beurteilungsverfahrens wird angenommen, daß folgende tägliche Einwirkungszeiten vorliegen:

Fall 11a): tags: 1 Sprengung außerhalb der Ruhezeiten

Fall 11b): tags: 3 Sprengungen außerhalb der Ruhezeiten

Fall 11c): tags: 3 Sprengungen innerhalb der Ruhezeiten

Fall 11d): tags: 9 Sprengungen außerhalb der Ruhezeiten

c) Meßwerte

Aus den Erschütterungsregistrierungen (siehe Abb. 5.12) wurden ermittelt:

$$\dot{v}_{\max} = 0,95 \text{ mm/s} \quad f_{\text{vorh.}} = 34 \text{ Hz}$$

$$KB_{F\max} = KB_{I\max} = 0,41$$

Nach Abschnitt 4.4, Ziffer 2 des Norm-Entwurfs darf für Ereignisse, die in größerem zeitlichen Abstand als 5 Minuten auftreten und weniger als 5 Sekunden andauern, der maximale Effektivwert durch Ablesung ermittelt werden und dieser Wert mit einer Teileinwirkungsdauer von 60 Sekunden in die Mittelwertbildung eingeführt werden.

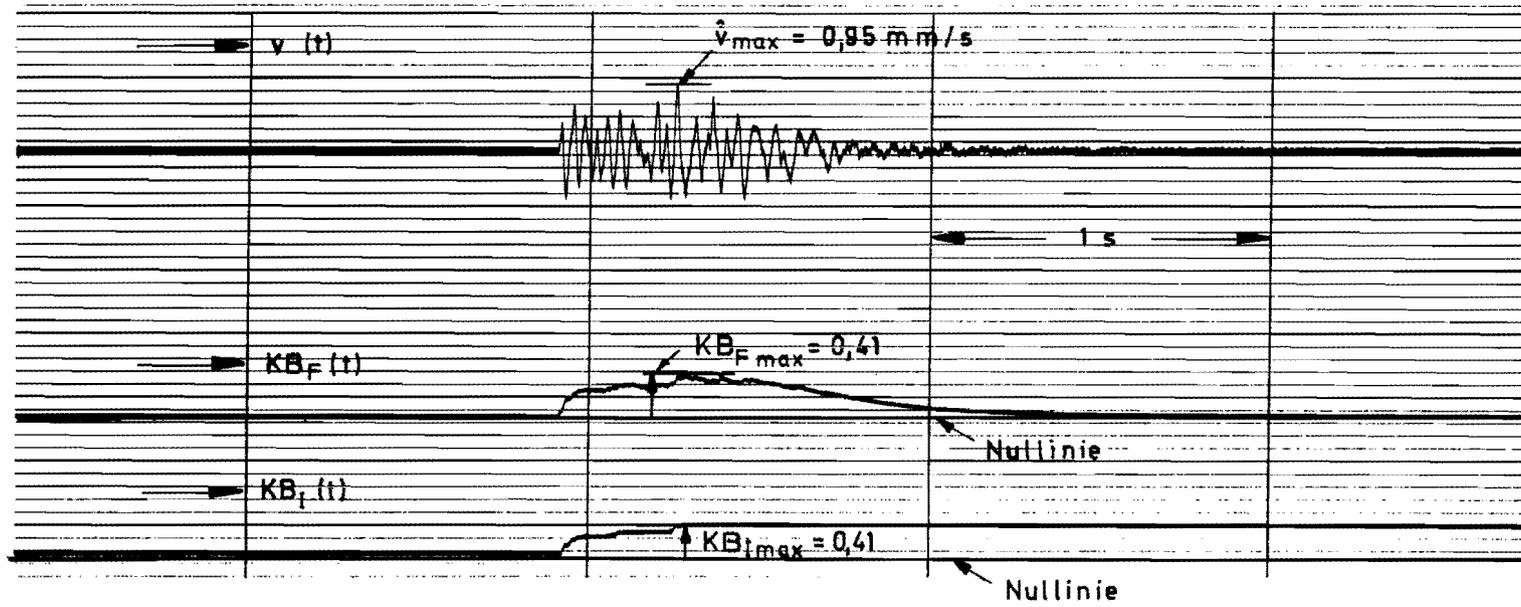


Abb. 5.12: Erschütterungsimmissionen verursacht durch eine Gewinnungssprengung in einem Steinbruch
 Zeitverläufe der Größen $v(t)$, $KB_F(t)$ und $KB_I(t)$

d) Ermittlung der bei der Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf verwendeten Werte:

- maximale impulsgedehnte Effektivwerte

$$KB_{I_{\max}} = 0,41 \qquad 0,5 KB_{I_{\max}} = 0,21$$

- Beurteilungs-Schwingstärke KB_r

Fall 11 a)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505)

- Einwirkungsdauer $T_e \approx 1$ s

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{\max}}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 0,41^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,01$$

Fall 10 b)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505)

- Einwirkungsdauer $T_e \approx 3$ s

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{\max}}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 3 \cdot 0,41^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,02$$

Fall 11 c)

- verwendete Gleichungen nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505) und Gl. (503)

- Einwirkungsdauer $T_e \approx 3$ s

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{\max}}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{2 \frac{60 \cdot 3 \cdot 0,41^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,03$$

Fall 11 d)

- verwendete Gleichung nach dem Norm-Entwurf: Gl. (505)

- Einwirkungsdauer $T_e \approx 9$ s

$$KB_r = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{I_{\max}}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 9 \cdot 0,41^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,04$$

e) Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf:

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 des Norm-Entwurfs, wenn der Immissionsort in einem WA-Gebiet liegt:

tags: $A = 0,07$ nachts: $A = 0,05$

Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf:

- Prüfen, ob die Bedingung nach Gl. (508) des Norm-Entwurfs erfüllt ist, nämlich $0,5 \cdot KB_{\text{Imax}} \leq A$
Falls sie erfüllt ist, gilt A als eingehalten.
Falls sie nicht erfüllt ist, ist zu prüfen, ob $KB_r \leq A$ ist.

Die Beurteilung ist in Tabelle 5.32 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{\text{Imax}}$	KB_r	$F_1 = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2 = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
11a	$\approx 1 \text{ s}$	0,21	0,01	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,14$	nein ja
11b	$\approx 3 \text{ s}$	0,21	0,02	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,29$	nein ja
11c	$\approx 3 \text{ s}$	0,21	0,03	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,43$	nein ja
11d	$\approx 9 \text{ s}$	0,21	0,04	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,57$	nein ja

f) Näherungsverfahren zur Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_r aus direkten Zeitregistrierungen nach Abschnitt 6 des Norm-Entwurfs

- Schätzwert nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1$$

Die Konstante c_1 ist nach Tabelle 2, Zeile 4 des Norm-Entwurfs gewählt worden zu: $c_1 = 0,6$ (ohne Resonanzbeteiligung)

Begründung: die Decke, auf der die Erschütterungsimmissionen gemessen worden sind, war eine nicht unterkellerte Betonplatte, siehe auch Tab. 5.31. Daher ist kein Resonanzeinfluß bei einer Signaldauer von etwa 1 s zu vermuten.

Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.12 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,95$ mm/s und $f_{vorh.} = 34$ Hz erhält man:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = 0,40 \quad 0,5 KB_{Imax,n}^* = 0,20$$

Der Schätzwert $KB_{Imax}^* = 0,40$ stimmt verhältnismäßig gut mit dem durch Messung ermittelten Wert von $KB_{Imax} = 0,41$ überein.

Man erhält folgende Schätzwerte für die zur Beurteilung verwendeten Werte:

$$\text{Fall 11a): } KB_r^* = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{Ieq}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 0,40^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,01$$

$$\text{Fall 11b): } KB_r^* = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB_{Ieq}^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 3 \cdot 0,40^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,02$$

$$\text{Fall 11c): } KB_r^* = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{2 \frac{60 \cdot 3 \cdot 0,40^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,03$$

$$\text{Fall 11d): } KB_r^* = \sqrt{\frac{60 \cdot \sum_j KB^2(T_j)}{T_r}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 9 \cdot 0,40^2}{16 \cdot 60 \cdot 60}} = 0,04$$

Die Beurteilung aufgrund der Schätzwerte ist in Tabelle 5.33 zusammengestellt.

1	2	3	4	5	6
Fall-Nr.	T_e	$0,5 \cdot KB_{I_{max,n}}^*$	KB_r^*	$F_1^* = \frac{\text{Spalte 3}}{A}$ $F_2^* = \frac{\text{Spalte 4}}{A}$	A eingehalten ja / nein
11a	$\approx 1 \text{ s}$	0,20	0,01	$F_1^* = 2,86$ $F_2^* = 0,14$	nein ja ja
11b	$\approx 3 \text{ s}$	0,20	0,02	$F_1^* = 2,86$ $F_2^* = 0,29$	nein ja ja
11c	$\approx 3 \text{ s}$	0,20	0,03	$F_1^* = 2,86$ $F_2^* = 0,43$	nein ja ja
11d	$\approx 9 \text{ s}$	0,20	0,04	$F_1^* = 2,86$ $F_2^* = 0,57$	nein ja ja

g) Ermittlung der bei der Beurteilung nach der Vornorm DIN 4150, Teil 2 (September 1975) verwendeten Werte und Beurteilung

- Mit den Werten aus der Erschütterungsregistrierung nach Abb. 5.12 für die Werte $\hat{v}_{max} = 0,95 \text{ mm/s}$ und $f_{vorh.} = 34 \text{ Hz}$ erhält man rechnerisch nach den Angaben in der Vornorm:

$$KB(\text{Vornorm}) = \frac{0,13 \cdot \hat{v}_{max} \cdot f_{vorh.}}{\sqrt{1 + (f_{vorh.}/5,6)^2}}$$

$$KB(\text{Vornorm}) = 0,68$$

- Anhaltswerte nach Tabelle 1 der Vornorm für die unter Buchstabe e) getroffenen Annahmen für das Baugebiet:

$$\text{tags: } A = 4,0 \quad \text{nachts: } A = 0,15$$

- Die Relation der zur Beurteilung verwendeten Werte $KB(\text{Vornorm})$ zum Anhaltswert wird mit folgendem Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{KB(\text{Vornorm})}{A}$$

$$F(\text{Vornorm}) = 0,17$$

5.4. Ergebnisse des Vergleichs zwischen der Auswertung und Beurteilung nach der Vornorm und dem neuen Norm-Entwurf

Wie bereits in Abschnitt 5.1. erläutert, wird die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach der Vornorm, d.h. die Einhaltung oder Überschreitung des Anhaltswertes A, durch folgenden Faktor gekennzeichnet:

$$F(\text{Vornorm}) = \frac{\text{KB-Wert}}{A}$$

Darin bedeuten:

- KB-Wert : der zur Beurteilung verwendete Wert nach der Vornorm
 A : Anhaltswert nach der Vornorm
 $F(\text{Vornorm}) > 1$: der Anhaltswert wird durch den KB-Wert überschritten
 $F(\text{Vornorm}) < 1$: der Anhaltswert wird unterschritten, d.h. eingehalten

Der Faktor $F(\text{Vornorm})$ wird hier auch als "Überschreitungs faktor" bezeichnet.

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen nach dem Norm-Entwurf erfordert im allgemeinen die Prüfung von zwei Bedingungen. Die Einhaltung bzw. die Überschreitung der Anhaltswerte, und zwar hier derjenigen, die im Norm-Entwurf genannt sind (!), ist durch folgende Faktoren gekennzeichnet:

$$F_1 = \frac{0,5 \text{ KB}_{\text{Imax}}}{A} \qquad F_2 = \frac{\text{KB}_r}{A}$$

Darin bedeuten:

- KB_{Imax} : der Maximalwert des impulsgedehnten Effektivwertes $\text{KB}_I(t)$
 KB_r : die Beurteilungs-Schwingstärke
 A : der Anhaltswert nach der Normvorlage

Die Überschreitung bzw. Unterschreitung des Anhaltswertes ist durch folgende Ungleichungen gekennzeichnet:

- F_1 bzw. $F_2 > 1$: Überschreitung des Anhaltswertes
 F_1 bzw. $F_2 < 1$: Unterschreitung, d.h. Einhaltung des Anhaltswertes

Die "Überschreitungs faktoren" $F(\text{Vornorm})$, F_1 und F_2 , die für die 11 Beispiele bei den jeweils zur Erläuterung getroffenen Annahmen über die Einwirkungszeiten ermittelt worden sind, sind in den Tabellen 5.34a bis 5.34c zusammengestellt.

Um den Vergleich der Beurteilung nach dem Norm-Entwurf mit der nach der Vornorm durchzuführen, wurde das Verhältnis des Faktors F_1 bzw. F_2 zu $F(\text{Vornorm})$ gebildet; siehe Spalte 12 in den Tabellen 5.34a bis 5.34c.

Tabelle 5.34 a: Zusammenstellung der Beurteilungswerte nach der Vornorm und nach dem Norm-Entwurf für die Beispiele 1 bis 3

1 Fall Nr.	2 Quelle	3 Bau- gebiet und Tages- zeit	4 Einwir- kungs- dauer T_e	5 6 7 Beurteilung nach der Vornorm			8 9 10 11 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf				12 Vergleich der Beurteilung nach der Normvorlage mit der nach dem Norm-Entwurf **)
				KB-Wert	Anhalts- wert	Überschreitungs- faktor F (Vor- norm)	0,5 KB_{Imax} - Wert	KB_r -Wert	Anhalts- wert	Überschrei- tungsfaktor	
1a	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	1 h außer- halb der Ruhezeit	0,29	0,20	1,45	0,11	0,05	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 0,71$	0,49 (Verschlechterung: 51 %)
1b	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	4 h außer- halb der Ruhezeit	0,29	0,20	1,45	0,11	0,09	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 1,29$	0,89 (Verschlechterung: 11 %)
1c	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,29	0,20	1,45	0,11	0,13	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 1,86$	1,08 (Verbesserung: 8 %)
1d	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,29	0,20	1,45	0,11	0,20	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 2,86$	1,08 (Verbesserung: 8 %)
1e	150 Web- maschinen	WR-Gebiet nachts	8 h	0,29	0,15	1,93	0,11	0,18	0,05	$F_1 = 2,20$ $F_2 = 3,60$	1,14 (Verbesserung: 14 %)
2a	Webma- schinen	MI-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,94	0,30	3,13	0,23	0,30	0,10	$F_1 = 2,30$ $F_2 = 3,00$	0,73 (Verschlechterung: 27 %)
2b	Webma- schinen	MI-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,94	0,30	3,13	0,23	0,48	0,10	$F_1 = 2,30$ $F_2 = 4,80$	0,73 (Verschlechterung: 27 %)
3a	Rüttelramme (Vibra- tionsramme)	WA-Gebiet tags	200 Min. (3 h und 20 Min.)	3,75	0,60	6,25	1,70	1,45	0,30	$F_1 = 5,67$ $F_2 = 4,83$	0,77 (Verschlechterung: 23 %)
3b	Rüttelramme (Vibra- tionsramme)	WA-Gebiet tags	350 Min. (5 h und 50 Min.)	3,75	0,60	6,25	1,70	1,91	0,30	$F_1 = 5,67$ $F_2 = 6,37$	0,91 (Verschlechterung: 9 %)

Es bedeuten:

- F_1 : Überschreitung des 0,5 KB_{Imax} -Wertes (Spalte 8/Spalte 10)
 F_2 : Überschreitung des KB_r -Wertes (Spalte 9/Spalte 10)
 F (Vornorm) : Spalte 5/Spalte 6

** - Es ist das Verhältnis Spalte 11/Spalte 7 gebildet

- von den heranzuziehenden Kriterien ist jeweils das maßgebende genommen worden. Dies ist in Spalte 11 unterstrichen.
- Zahlenwerte > 1 bedeuten eine Verbesserung des Immissions-schutzes durch das Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf (größere Anforderungen an den Verursacher)
- Zahlenwerte < 1 bedeuten eine Verschlechterung

Tabelle 5.34 b: Zusammenstellung der Beurteilungswerte nach der Vornorm und nach dem Norm-Entwurf für die Beispiele 4 bis 8

1 Fall Nr.	2 Quelle	3 Bau- gebiet und Tages- zeit	4 Einwir- kungs- dauer T_e	5 6 7 Beurteilung nach der Vornorm			8 9 10 11 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf				12 Vergleich der Beurteilung nach der Normvorlage mit der nach dem Norm-Entwurf **)
				KB-Wert	Anhalts- wert	Überschreitungs- faktor F (Vor- norm)	0,5 KB _{Imax} - Wert	KB _r -Wert	Anhalts- wert	Überschrei- tungsfaktor	
4a	10 Pressen (Tiefzieh- pressen)	WA-Gebiet tags	0,5 h außer- halb der Ruhezeit	0,56	0,20	2,80	0,23	0,08	0,07	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 1,14$	0,41 (Verschlechterung: 59 %)
4b	10 Pressen (Tiefzieh- pressen)	WA-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,56	0,20	2,80	0,23	0,30	0,07	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 4,29$	1,18 (Verbesserung: 18 %)
4c	10 Pressen (Tiefzieh- pressen)	WA-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,56	0,20	2,80	0,23	0,48	0,07	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 6,86$	1,18 (Verbesserung: 18 %)
5	Schlagramme (Fab.Delmag G 30)	MI-Gebiet tags	2 h außer- halb der Ruhezeit	1,40	0,60	2,33	0,36	0,24	0,20	$F_1 = 1,80$ $F_2 = 1,20$	0,52 (Verschlechterung: 48 %)
6a	1 Schmiede- hammer (Riemen- fallhammer)	GE-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,70	0,40	1,75	0,23	0,22	0,15	$F_1 = 1,53$ $F_2 = 1,44$	0,82 (Verschlechterung: 18 %)
6b	1 Schmiede- hammer (Riemen- fallhammer)	GE-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,70	0,40	1,75	0,23	0,34	0,15	$F_1 = 1,53$ $F_2 = 2,27$	0,87 (Verschlechterung: 13 %)
7a	1 Schmiede- hammer (Gegen- schlagham.)	MI-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,29	0,30	0,96	0,09	0,09	0,10	$F_1 = 0,90$ $F_2 = 0,90$	0,94 (Verschlechterung: 6 %)
7b	1 Schmiede- hammer (Gegen- schlagham.)	MI-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,29	0,30	0,96	0,09	0,15	0,10	$F_1 = 0,90$ $F_2 = 1,50$	0,94 (Verschlechterung: 6 %)
8a	1 Exzenter- presse (DK:3,25MN)	WA-Gebiet tags	1 h außer- halb der Ruhezeit	1,40	0,20	7,00	0,63	0,28	0,07	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 4,00$	0,57 (Verschlechterung: 43 %)
8b	1 Exzenter- presse (DK:3,25MN)	WA-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	1,40	0,20	7,00	0,63	0,78	0,07	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 11,14$	1,28 (Verbesserung: 28 %)
8c	1 Exzenter- presse (Druckkraft: 3,25 MN)	WA-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	1,40	0,20	7,00	0,63	1,23	0,07	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 17,57$	1,28 (Verbesserung: 28 %)

Es bedeuten:

F_1 : Überschreitung des 0,5 KB_{Imax}-wertes (Spalte 8/Spalte 10)
 F_2 : Überschreitung des KB_r-wertes (Spalte 9/Spalte 10)
F (Vornorm) : Spalte 5/Spalte 6

** - Es ist das Verhältnis Spalte 11/Spalte 7 gebildet

- von den heranzuziehenden Kriterien ist jeweils das maßgebende genommen worden. Dies ist in Spalte 11 unterstrichen.
- Zahlenwerte > 1 bedeuten eine Verbesserung des Immissionsschutzes durch das Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf (größere Anforderungen an den Verursacher)
- Zahlenwerte < 1 bedeuten eine Verschlechterung

Tabelle 5.34 c: Zusammenstellung der Beurteilungswerte nach der Vornorm und nach dem Norm-Entwurf für die Beispiele 9 bis 11

1 Fall Nr.	2 Quelle	3 Bau- gebiet und Tages- zeit	4 Einwir- kungs- dauer T_e	5 6 7 Beurteilung nach der Vornorm			8 9 10 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf			11 Überschrei- tungsfaktor	12 Vergleich der Beurteilung nach der Normvorlage mit der nach dem Norm-Entwurf (**)
				KB-Wert	Anhalts- wert	Überschreitungs- faktor F (Vor- norm)	0,5 $KB_{I_{max}}$ - Wert	KB_r -Wert	Anhalts- wert		
9a	1 Fallwerk (Gewicht der Stahl- kugel: 53 kN; Fall- höhe: 18m)	WA-Gebiet tags	540 Sek.	0,14	0,20	0,70	0,05	0,05	0,07	$F_1 = 0,71$ $F_2 = 0,71$	1,01 (Verbesserung: 1 %)
9b	" "	WA-Gebiet tags	82,5 Sek.	0,14	0,20	0,70	0,05	0,02	0,07	$F_1 = 0,71$ $F_2 = 0,29$	1,01 (Verbesserung: 1 %)
10a	1 Gewin- nungsspre- ngung in ei- nem Kalk- steinbruch (Großbohr- lochspre- ngung)	MI-Gebiet tags	0,5 Sek.	40,1	8	5,01	15	0,97	0,10	$F_1 = 150$ $F_2 = 9,70$	1,94 (Verbesserung: 94 %)
10b	" "	MI-Gebiet tags	1,5 Sek.	40,1	8	5,01	15	1,68	0,10	$F_1 = 150$ $F_2 = 16,8$	3,35 (Verbesserung: 235 %)
11a	1 Gewin- nungsspre- ngung in ei- nem Kalk- steinbruch (Großbohr- lochspre- ngung)	WA-Gebiet tags	1 Sek.	0,68	4	0,17	0,21	0,01	0,07	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,14$	0,82 (Verschlechterung: 18 %)
11b	" "	WA-Gebiet tags	3 Sek.	0,68	4	0,17	0,21	0,02	0,07	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,29$	1,71 (Verbesserung: 71 %)
11c	" "	WA-Gebiet tags	3 Sek.	0,68	4	0,17	0,21	0,03	0,07	$F_1 = 3,00$ $F_2 = 0,43$	2,53 (Verbesserung: 153 %)
11d	" "	WA-Gebiet tags	9 Sek.	0,68	3*)	0,23	0,21	0,04	0,07	$F_1 = 2,93$ $F_2 = 0,57$	2,48 (Verbesserung: 148 %)

Es bedeuten:

- F_1 : Überschreitung des 0,5 $KB_{I_{max}}$ -Wertes (Spalte 8/Spalte 10)
 F_2 : Überschreitung des KB_r -Wertes (Spalte 9/Spalte 10)
F (Vornorm) : Spalte 5/Spalte 6
*) : angesetzter Wert

**) - Es ist das Verhältnis Spalte 11/Spalte 7 gebildet

- von den heranzuziehenden Kriterien ist jeweils das maßgebende genommen worden. Dies ist in Spalte 11 unterstrichen.
- Zahlenwerte > 1 bedeuten eine Verbesserung des Immissionsschutzes durch das Beurteilungsverfahren nach dem Norm-Entwurf (größere Anforderungen an den Verursacher)
- Zahlenwerte < 1 bedeuten eine Verschlechterung

Von den Faktoren F_1 und F_2 ist bei jedem Fallbeispiel der "maßgebende", d.h. derjenige Wert genommen worden, der entweder die Einhaltung des Anhaltswertes kennzeichnet bzw. dessen geringste Überschreitung.

Die Verhältniszahlen nach Spalte 12 der Tabelle 5.34a bis 5.34c haben folgende Bedeutung:

Werte $>$ als 1 bedeuten eine Verbesserung des Immissionsschutzes durch das Beurteilungsverfahren nach dem neuen Norm-Entwurf im Vergleich zur Beurteilung nach der Vornorm, d.h., es werden größere Anforderungen an den Verursacher der Erschütterungsimmissionen gestellt.

Werte $<$ als 1 bedeuten eine Verschlechterung des Immissionsschutzes durch das Beurteilungsverfahren nach dem neuen Norm-Entwurf im Vergleich zur Beurteilung nach der Vornorm, d.h., es werden geringere Anforderungen an den Verursacher der Erschütterungsimmissionen gestellt.

Die ermittelten Verhältniszahlen, siehe Spalte 12 der Tabellen 5.34a bis 5.34c, führen zu folgenden Ergebnissen des Vergleichs:

Beispiel 1: Webmaschinen

bei Einwirkungsauern von $T_e = 1$ Stunde bzw. 4 Stunden eine Verschlechterung von 51 % bzw. 11 %

bei Einwirkungsauern von $T_e = 8$ Stunden bzw. 16 Stunden eine Verbesserung von 8 %

Beispiel 2: Webmaschinen

bei Einwirkungsauern von $T_e = 8$ Stunden bzw. 16 Stunden eine Verschlechterung von 27 %

Beispiel 3: Rüttelramme

bei Einwirkungsauern von $T_e = 200$ Minuten bzw. 350 Minuten eine Verschlechterung von 23 % bzw. 9 %

Beispiel 4: 10 Pressen

bei Einwirkungsauern von $T_e = 0,5$ Stunden, 8 Stunden bzw. 16 Stunden eine Verschlechterung von 59 % bzw. 18 %

Beispiel 5: Schlagramme

bei einer Einwirkungsauer von $T_e = 2$ Stunden eine Verschlechterung von 48 %

Beispiel 6: Riemenfallhammer

bei einer Einwirkungszeit von $T_e = 8$ Stunden bzw. 16 Stunden eine Verschlechterung von 12 % bzw. 13 %

Beispiel 7: Gegenschlaghammer

bei einer Einwirkungszeit von $T_e = 8$ Stunden bzw. 16 Stunden eine Verschlechterung von 6 %

Beispiel 8: Exzenterpresse

bei einer Einwirkungsdauer von $T_e = 1$ Stunde, 8 Stunden bzw. 16 Stunden eine Verschlechterung von 43 % bzw. 28 %

Beispiel 9: Fallwerk

bei einer Einwirkungsdauer von $T_e = 540$ Sekunden bzw. 82,5 Sekunden eine Verbesserung von 1 %

Beispiel 10: Gewinnungssprengung

bei einer Einwirkungsdauer von $T_e = 0,5$ Sekunden bzw. 1,5 Sekunden eine Verbesserung von 94 % bzw. 235 %

Beispiel 11: Gewinnungssprengung

bei einer Einwirkungsdauer von $T_e = 1$ Sekunde, 3 Sekunden bzw. 9 Sekunden eine Verschlechterung von 18 % bzw. eine Verbesserung von 71 %, 153 % bzw. 148 %

5.5. Ergebnisse des Vergleichs zwischen der Auswertung und Beurteilung nach dem neuen Norm-Entwurf und dem Näherungsverfahren nach Abschnitt 6 des neuen Norm-Entwurfs

Im neuen Norm-Entwurf ist in Abschnitt 6 ein Näherungsverfahren zur Ermittlung des Wertes der Beurteilungs-Schwingstärke aus direkten Zeitregistrierungen aufgezeigt. Werden zur Messung von Erschütterungsimmissionen Meßeinrichtungen eingesetzt, wie sie bisher bei Messungen unter Heranziehung der Vornorm verwendet worden sind, d.h., liegt die Registrierung der Schwinggeschwindigkeitsamplituden vor, dann kann näherungsweise der maximale impulsgedehnte KB_{Imax}^* -Wert und die Beurteilungs-Schwingstärke, der KB_r^* -Wert, aus der Registrierung ermittelt werden.

Für die in diese Untersuchung einbezogenen Beispiele sind auch die genannten Näherungswerte ermittelt worden. In den Tabellen 5.35a bis 5.35c sind die Beurteilungswerte nach dem Norm-Entwurf und die Werte nach dem Näherungsverfahren des Norm-Entwurfs zusammengestellt.

Der Vergleich zwischen diesen Werten ist durch das Verhältnis der Übertragungsfaktoren F_1^* bzw. F_2^* , d.h. der Werte nach dem Näherungsverfahren, zu den Übertragungsfaktoren F_1 bzw. F_2 (Werte des eigentlichen Beurteilungsverfahrens nach dem Norm-Entwurf) durchgeführt worden; siehe Spalte 13 in den Tabellen 5.35a bis 5.35c.

Es bedeuten:

Zahlenwerte $>$ als 1:

Die Beurteilungswerte (Schätzwerte) nach dem Näherungsverfahren sind größer als die Werte nach dem eigentlichen Verfahren des Norm-Entwurfs.

Tabelle 5.35 a: Zusammenstellung der Beurteilungswerte nach dem neuen Norm-Entwurf und nach dem Näherungsverfahren des neuen Norm-Entwurfes für die Beispiele 1 bis 3

1 Fall Nr.	2 Quelle	3 Bau- gebiet und Tages- zeit	4 Einwir- kungs- dauer T_e	5 6 7 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf			8 Überschrei- tungsfaktor	9 10 11 12 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf (Näherungs- verfahren)				13 Vergleich der Beurteilung nach dem Norm-Entwurf mit dem Näherungsverfahren des Norm- Entwurfes
				0,5- KB _r -wert	KB _r - Wert	Anhalts- wert		0,5 KB _r - Wert	KB _r [*] - Wert	Anhalts- wert	Überschrei- tungsfaktor	
1a	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	1 h außer- halb der Ruhezeit	0,11	0,05	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 0,71$	0,12		0,07	$F_1^* = 1,64$ $F_2^* = 0,71$	1,04 1,00
1b	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	4 h außer- halb der Ruhezeit	0,11	0,09	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 1,29$	0,12		0,07	$F_1^* = 1,64$ $F_2^* = 1,57$	1,04 1,22
1c	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,11	0,13	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 1,86$	0,12		0,07	$F_1^* = 1,64$ $F_2^* = 2,14$	1,04 1,15
1d	150 Web- maschinen	WR-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,11	0,20	0,07	$F_1 = 1,57$ $F_2 = 2,86$	0,12		0,07	$F_1^* = 1,64$ $F_2^* = 3,29$	1,04 1,15
1e	150 Web- maschinen	WR-Gebiet nachts	8 h	0,11	0,18	0,05	$F_1 = 2,20$ $F_2 = 3,60$	0,12		0,05	$F_1^* = 2,30$ $F_2^* = 4,20$	1,05 1,17
2a	Webma- schinen	MI-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,23	0,30	0,10	$F_1 = 2,30$ $F_2 = 3,00$	0,37	0,47	0,10	$F_1^* = 3,65$ $F_2^* = 4,70$	1,59 1,57
2b	Webma- schinen	MI-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,23	0,48	0,10	$F_1 = 2,30$ $F_2 = 4,80$	0,37	0,74	0,10	$F_1^* = 3,65$ $F_2^* = 7,4$	1,59 1,54
3a	Rüttelramme (Vibra- tionsramme)	WA-Gebiet tags	200 Min. (3 h und 20 Min.)	1,70	1,45	0,30	$F_1 = 5,67$ $F_2 = 4,83$	1,65	1,50	0,30	$F_1^* = 5,52$ $F_2^* = 3,00$	0,97 0,62
3b	Rüttelramme (Vibra- tionsramme)	WA-Gebiet tags	350 Min. (5 h und 50 Min.)	1,70	1,91	0,30	$F_1 = 5,67$ $F_2 = 6,37$	1,65	1,99	0,30	$F_1^* = 5,52$ $F_2^* = 6,63$	0,97 1,04

Es bedeuten:

F_1 bzw. F_2^* = Überschreitung des 0,5 KB_r^{max}-Wertes (Spalte 5/Spalte 7 bzw. Spalte 9/Spalte 11)

F_2 bzw. F_2^* = Überschreitung des KB_r-Wertes (Spalte 6/Spalte 7 bzw. Spalte 10/Spalte 11)

** - Es ist das Verhältnis Spalte 12/Spalte 8 gebildet

- Verhältniszahlen Faktoren > 1 bedeuten, daß das Näherungsverfahren die Beurteilungswerte größer schätzt im Vergleich zu den durch Messung ermittelten Werten

- Faktoren < 1 bedeuten kleinere Werte des Näherungsverfahrens, im Vergleich zum eigentlichen Verfahren auf Grund der Messungen

Tabelle 5.35 b: Zusammenstellung der Beurteilungswerte nach dem neuen Norm-Entwurf und nach dem Näherungsverfahren des neuen Norm-Entwurfs für die Beispiele 4 bis 8

1 Fall Nr.	2 Quelle	3 Bau- gebiet und Tages- zeit	4 Einwir- kungs- dauer T_e	5 6 7 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf			8 Überschrei- tungsfaktor	9 10 11 12 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf (Näherungs- verfahren)				13 Vergleich der Beurteilung nach dem Norm-Entwurf mit dem Näherungsverfahren des Norm- Entwurfes
				0,5- KB _r -Wert	KB _r - Wert	Anhalts- wert		0,5 KB _r -Wert	KB _r -Wert	Anhalts- wert	Überschrei- tungsfaktor	
4a	10 Pressen (Tiefzieh- pressen)	WA-Gebiet tags	0,5 h außer- halb der Ruhezeit	0,23	0,08	0,07	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 1,14$	0,22	0,07	0,07	$F_1 = 3,14$ $F_2 = 1,00$	0,95 0,88
4b	10 Pressen (Tiefzieh- pressen)	WA-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,23	0,30	0,07	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 4,29$	0,22	0,28	0,07	$F_1 = 3,14$ $F_2 = 4,00$	0,95 0,93
4c	10 Pressen (Tiefzieh- pressen)	WA-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,23	0,48	0,07	$F_1 = 3,29$ $F_2 = 6,86$	0,22	0,45	0,07	$F_1 = 3,14$ $F_2 = 6,43$	0,95 0,94
5	Schlagramme (Fab. Delmag G 30)	MI-Gebiet tags	2 h außer- halb der Ruhezeit	0,36	0,24	0,20	$F_1 = 1,80$ $F_2 = 1,20$	0,55	0,33	0,20	$F_1 = 2,75$ $F_2 = 1,65$	1,53 1,38
6a	1 Schmiede- hammer (Riemen- fallhammer)	GE-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,23	0,22	0,15	$F_1 = 1,53$ $F_2 = 1,44$	0,27	0,27	0,15	$F_1 = 1,80$ $F_2 = 1,80$	1,18 1,25
6b	1 Schmiede- hammer (Riemen- fallhammer)	GE-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,23	0,34	0,15	$F_1 = 1,53$ $F_2 = 2,27$	0,27	0,43	0,15	$F_1 = 1,80$ $F_2 = 2,87$	1,18 1,26
7a	1 Schmiede- hammer (Gegen- schlagham.)	MI-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,09	0,09	0,10	$F_1 = 0,90$ $F_2 = 0,90$	0,11	0,13	0,10	$F_1 = 1,10$ $F_2 = 1,30$	1,22 1,22
7b	1 Schmiede- hammer (Gegen- schlagham.)	MI-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,09	0,15	0,10	$F_1 = 0,90$ $F_2 = 1,50$	0,11	0,21	0,10	$F_1 = 1,10$ $F_2 = 2,10$	1,22 1,40
8a	1 Exzenter- presse (DK:3,25MN)	WA-Gebiet tags	1 h außer- halb der Ruhezeit	0,63	0,28	0,07	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 4,00$	0,55	0,25	0,07	$F_1 = 7,86$ $F_2 = 3,57$	0,87 0,89
8b	1 Exzenter- presse (DK:3,25MN)	WA-Gebiet tags	8 h außer- halb der Ruhezeit	0,63	0,78	0,07	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 11,14$	0,55	0,69	0,07	$F_1 = 7,86$ $F_2 = 9,86$	0,87 0,89
8c	1 Exzenter- presse (Druckkraft: 3,25 MN)	WA-Gebiet tags	16 h, davon 4 h inner- halb der Ruhezeit	0,63	1,23	0,07	$F_1 = 9,00$ $F_2 = 17,57$	0,55	1,10	0,07	$F_1 = 7,86$ $F_2 = 15,71$	0,87 0,89

Es bedeuten:

F_1 bzw. F_1^* = Überschreitung des 0,5 $KB_{r, \text{Imax}}$ -wertes (Spalte 5/Spalte 7 bzw. Spalte 9/Spalte 11)

F_2 bzw. F_2^* = Überschreitung des KB_r -wertes (Spalte 6/Spalte 7 bzw. Spalte 10/Spalte 11)

** - Es ist das Verhältnis Spalte 12/Spalte 8 gebildet

- Verhältniszahlen Faktoren > 1 bedeuten, daß das Näherungsverfahren die Beurteilungswerte größer schätzt im Vergleich zu den durch Messung ermittelten Werten
- Faktoren < 1 bedeuten kleinere Werte des Näherungsverfahrens, im Vergleich zum eigentlichen Verfahren auf Grund der Messungen

Tabelle 5.35 c: Zusammenstellung der Beurteilungswerte nach dem neuen Norm-Entwurf und nach dem Näherungsverfahren des neuen Norm-Entwurfes für die Beispiele 9 bis 11

1 Fall Nr.	2 Quelle	3 Bau- gebiet und Tages- zeit	4 Einwir- kungs- dauer T_e	5 6 7 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf			8 Überschrei- tungsfaktor	9 10 11 12 Beurteilung nach dem Norm-Entwurf (Näherungs- verfahren)				13 Vergleich der Beurteilung nach dem Norm-Entwurf mit dem Näherungsverfahren des Norm- Entwurfes
				0,5- KB _I -Wert	KB _r -Wert	Anhalts- wert		0,5 KB _I -Wert	KB _r -Wert	Anhalts- wert	Überschrei- tungsfaktor	
9a	1 Fallwerk (Gewicht der Stahl- kugel: 53 kN; Fall- höhe: 18m)	WA-Gebiet tags	540 Sek.	0,05	0,05	0,07	$F_1 = 0,71$ $F_2 = 0,71$	0,06	0,07	0,07	$F_{1*} = 0,86$ $F_{2*} = 1,00$	1,21 1,41
9b	" "	WA-Gebiet tags	82,5 Sek.	0,05	0,02	0,07	$F_1 = 0,71$ $F_2 = 0,28$	0,06	0,03	0,07	$F_{1*} = 0,86$ $F_{2*} = 0,43$	1,21 1,54
10a	1 Gewin- nungsspre- ngung in ei- nem Kalk- steinbruch (Großbohr- lochspreng- ung)	MI-Gebiet tags	0,5 Sek.	15	0,97	0,10	$F_1 = 150$ $F_2 = 9,70$	15,65	1,01	0,10	$F_{1*} = 156,5$ $F_{2*} = 10,1$	1,04 1,04
10b	" "	MI-Gebiet tags	1,5 Sek.	15	1,68	0,10	$F_1 = 150$ $F_2 = 16,8$	15,65	1,75	0,10	$F_{1*} = 156,5$ $F_{2*} = 17,5$	1,04 1,04
11a	1 Gewin- nungsspre- ngung in ei- nem Kalk- steinbruch (Großbohr- lochspreng- ung)	WA-Gebiet tags	1 Sek.	0,21	0,01	0,07	$F_1 = 2,93$ $F_2 = 0,14$	0,20	0,01	0,07	$F_{1*} = 2,86$ $F_{2*} = 0,14$	0,98 1,00
11b	" "	WA-Gebiet tags	3 Sek.	0,21	0,02	0,07	$F_1 = 2,93$ $F_2 = 0,29$	0,20	0,02	0,07	$F_{1*} = 2,86$ $F_{2*} = 0,29$	0,98 1,00
11c	" "	WA-Gebiet tags	3 Sek.	0,21	0,03	0,07	$F_1 = 2,93$ $F_2 = 0,43$	0,20	0,03	0,07	$F_{1*} = 2,86$ $F_{2*} = 0,43$	0,98 1,00
11d	" "	WA-Gebiet tags	9 Sek.	0,21	0,04	0,07	$F_1 = 2,93$ $F_2 = 0,57$	0,20	0,04	0,07	$F_{1*} = 2,86$ $F_{2*} = 0,57$	0,98 1,00

Es bedeuten:

F_1 bzw. F_{1*} = Überschreitung des 0,5 KB_I_{max}-Wertes (Spalte 5/Spalte 7 bzw. Spalte 9/Spalte 11)

F_2 bzw. F_{2*} = Überschreitung des KB_r-Wertes (Spalte 6/Spalte 7 bzw. Spalte 10/Spalte 11)

F (Vornorm) = Spalte 5/Spalte 6

*) = angesetzter Wert

**) - Es ist das Verhältnis Spalte 12/Spalte 8 gebildet

- Verhältniszahlen Faktoren > 1 bedeuten, daß das Näherungsverfahren die Beurteilungswerte größer schätzt im Vergleich zu den durch Messung ermittelten Werten

- Faktoren < 1 bedeuten kleinere Werte des Näherungsverfahrens, im Vergleich zum eigentlichen Verfahren auf Grund der Messungen

Zahlenwerte < als 1:

Die Beurteilungswerte (Schätzwerte) nach dem Näherungsverfahren sind kleiner als die Werte nach dem eigentlichen Beurteilungsverfahren des Norm-Entwurfs.

Bei den in diese Untersuchung einbezogenen Beispielen sind die Werte nach dem Näherungsverfahren in der Tendenz eher etwas größer als die Werte nach dem eigentlichen Beurteilungsverfahren.

Die größte positive Abweichung wurde beim Beispiel 2 festgestellt (Webmaschinen), nämlich plus 59 % größere Werte beim Näherungsverfahren im Vergleich zum eigentlichen Verfahren.

Die größte negative Abweichung (Schätzung von zu kleinen Werten durch das Näherungsverfahren im Vergleich zum eigentlichen Verfahren) wurde beim Beispiel 3 (Rüttelramme) festgestellt, nämlich Werte von minus 38 % (Fallbeispiel 3a).

6. Vergleich der Erfahrungswerte

für die Konstante c_1 zur Schätzung des $KB_{Fmax,n}^*$ -Wertes nach dem Näherungsverfahren im neuen Norm-Entwurf mit den Werten aus direkten Registrierungen der Erschütterungsgrößen bei den Beispielen

Nach Gl. (601) des Norm-Entwurfs gilt:

$$KB_{Fmax,n}^* = KB_{Imax,n}^* = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \frac{v_{max,n}}{\sqrt{1 + (5,6/f)^2}} \cdot c_1 \quad (601)$$

$$KB_{Imax,n}^* = KB(Vornorm) \cdot c_1$$

Darin bedeutet c_1 den Wert, der sich für die verschiedenen Arten der Erschütterungseinwirkungen nach Tabelle 2 des Norm-Entwurfs ergibt.

Bei den gewählten Beispielen, für die auch die Zeitverläufe der Größen $v(t)$ und $KB_F(t)$ registriert worden sind, kann die Konstante c_1 auch aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$c_1' = \frac{KB_{Fmax,n}}{KB(Vornorm)}$$

Es bedeuten:

$KB_{Fmax,n}$: der größte Wert $KB_{Fmax,n}$, der aus der direkten Registrierung des $KB_F(t)$ -Verlaufs ermittelt worden ist.

KB(Vornorm) : der KB-Wert, der entsprechend den Angaben in der Vornorm aus den v_{\max} -Werten der Registrierung der Größe $v(t)$ und der zugeordneten vorherrschenden Frequenz f_{vorh} rechnerisch ermittelt worden ist.

Die Konstante c'_1 ist mit einem ()' versehen worden, um sie von den Angaben nach Tabelle 2 des Norm-Entwurfs zu unterscheiden.

Die Ergebnisse dieses Vergleichs für die Beispiele 1 bis 11 sind in Tabelle 5.36 zusammengestellt. Man erkennt, daß die Abweichungen im Bereich von -39 % bis +11 % liegen. Nach den Angaben in dem Norm-Entwurf, siehe dort Tabelle 2, sollen in Einzelfällen die Abweichungen nur im Bereich von ± 15 % liegen.

7. K r i t i s c h e A n m e r k u n g e n z u r M e s s u n g , A u s w e r t u n g u n d B e u r t e i l u n g n a c h d e m n e u e n N o r m - E n t w u r f

Bei den zur Beurteilung verwendeten KB_r -Werten handelt es sich um reine Zahlenwerte, die keinen Bezug zur subjektiven Wahrnehmbarkeit haben. Nach den Erläuterungen in dem neuen Norm-Entwurf - siehe dort Abschnitt 3.5, Ziffer 3 - soll die Größe $KB_{I\max} = KB_{F\max}$ ein Maß für die momentane Fühlbarkeit der Erschütterungseinwirkungen darstellen. Das ist ungenügend, wenn keine Informationen über die Einwirkungsdauer der Erschütterungsimmissionen vorliegen. Kurzzeitige Änderungen der Stärke der Erschütterungen, d.h. im Bereich von Sekunden, haben sicher großen Einfluß auf die subjektive Wahrnehmbarkeit. Selbst wenn eine Registrierung der Größe $KB_I(t)$ vorliegt, können diese durch den Verdeckungseffekt der "Schleppe" nicht erkannt werden.

Das Beurteilungsverfahren ist kompliziert, weil - zumindest in einigen Fällen - nicht nur eine "Bedingung" (Vergleich mit den Anhaltswerten) zu prüfen ist, sondern mehrere Kriterien.

Die Zeitabhängigkeit der Beurteilungswerte von der Beurteilungsdauer ist durch die Art des verwendeten Mittelungsprozesses vorgegeben, d.h. durch die gewählte Zeitkonstante der Impulsdehnung und durch die Art der Mittelung (energetische Mittelung des impulsgedehnten Signalwertes über die Beurteilungsdauer); sie ist nicht wirkungsbezogen. Die Zeitabhängigkeit weicht von dem bisherigen Konzept der Vornorm ab, nach dem bei Einwirkungszeiten größer als 2 Sekunden keine Zeitabhängigkeit für Dauererschütterungen angesetzt worden ist.

Der "Verdeckungseffekt" von Erschütterungssignalen durch die "Schleppe" ist durch das Verfahren bedingt, jedoch nicht wirkungsmäßig belegt.

Tabelle 5.36: Vergleich der Konstanten c_1 nach Tabelle 2 des Norm-Entwurfs mit den Werten aus aktuellen Registrierungen der Größen $v(t)$ und $KB_F(t)$

1	2	3	4	5	
Beispiel Nr.	Art der Erschütterungsquelle	Faktor c_1	Faktor c'_1	c'_1/c_1	Abweichung des Faktors c'_1 vom Faktor c_1 nach dem Norm-Entwurf
1	150 Webmaschinen	0,8	$\frac{0,22}{0,29} = 0,76$	0,95	- 5 %
2	Webmaschinen	0,8	$\frac{0,46}{0,94} = 0,49$	0,61	- 39 %
3	1 Rüttelramme	0,9	$\frac{3,4}{3,75} = 0,91$	1,01	+ 1 %
4	10 Tiefziehpressen	0,8	$\frac{0,46}{0,56} = 0,82$	1,03	+ 3 %
5	1 Schlagramme	0,8	$\frac{0,72}{1,40} = 0,51$	0,64	- 36 %
6	1 Riemenfallhammer	0,8	$\frac{0,46}{0,70} = 0,66$	0,83	- 17 %
7	1 Gegen-schlaghammer	0,8	$\frac{0,17}{0,29} = 0,59$	0,74	- 26 %
8	1 Exzenterpresse	0,8	$\frac{1,25}{1,40} = 0,89$	1,11	+ 11 %
9	1 Fallwerk	0,8	$\frac{0,10}{0,14} = 0,71$	0,89	- 11 %
10	1 Großbohrlochsprengung	0,8	$\frac{30}{40,1} = 0,75$	0,94	- 6 %
11	1 Großbohrlochsprengung	0,8	$\frac{0,41}{0,68} = 0,60$	1,00	0 %

Es bedeuten:

- c_1 : der Wert, der sich für die verschiedenen Arten der Erschütterungseinwirkungen nach Tabelle 2 des Norm-Entwurfs ergibt
- c'_1 : $KB_{Fmax}/KB(\text{Vornorm})$, der Wert, der sich aus dem größten Wert der Registrierung des $KB_F(t)$ -Verlaufs und dem KB -Wert der Vornorm ergibt, der rechnerisch aus dem \hat{v}_{max} -Wert der Registrierung $v(t)$ und $f_{vorh.}$ rechnerisch ermittelt worden ist

Durch die vorgenommene Signalveränderung der Größe $v(t)$, nämlich durch die Frequenzbewertung, die Zeitbewertung, die Impulsbewertung und die Mittelungsbildung, ist kein Bezug zu eigentlichen physikalischen Größen mehr vorhanden. - Vorausabschätzungen (Prognosen) werden gegenüber den bisherigen Möglichkeiten von Vorausabschätzungen erschwert, insbesondere weil die Zeitstruktur der Signale (Mikro- und Makro-Zeitstruktur) Einfluß auf die Beurteilungswerte hat.-

Die Messung von $KB_{Ieq}(T_m)$ -Werten erfordert verhältnismäßig lange Meßzeiten, länger als bisher üblich. Dabei ist dem Problem "Erkennen von Störeinflüssen" und der Ausblendung von Störungen bei den Messungen besondere Beachtung zu schenken. Darüber liegen noch keine Erfahrungen vor.

Etwaige notwendige Messungen für Maßnahmen zur Minderung von Erschütterungen erfordern nicht nur die Kenntnis der KB_r - bzw. $KB_{I_{max}}$ -Werte, sondern erfordern die Kenntnis der physikalischen Größen, z.B. der Frequenz, der Schwinggeschwindigkeit-Zeit-Verlaufs usw.

Die Anwendung des neuen Verfahrens erfordert die Verwendung neuer komplizierterer Meßgeräte. Die Auswertungs- und Beurteilungsverfahren nach dem neuen Norm-Entwurf - welcher der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt werden soll - soll nur für den Anwendungsbereich "Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" angewendet werden. Zur Zeit ist nicht vorgesehen, dieses Verfahren auch in anderen Anwendungsbereichen, z.B. bei der Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen beim Aufenthalt auf Schiffen, an Arbeitsplätzen in Gebäuden, bei Einwirkungen über das Hand-Arm-System usw., national oder international anzuwenden.

S c h r i f t t u m

- [1] SPLITTGERBER, H.:
Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen.
LIS-Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NW,
Heft 5 (1979), 52 S.
- [2] VORNORM DIN 4150:
"Erschütterungen im Bauwesen".
Teil 1: "Grundsätze, Vorermittlung und Messung in Schwingungs-
größen" (September 1975)
Teil 2: "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" (September 1975)
Teil 3: "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" (September 1975).
- [3] DIN 45669:
"Messung von Schwingungsimmissionen".
Teil 1: "Anforderungen an Schwingungsmesser" (Januar 1981)
Teil 2: "Meßverfahren" (Januar 1984).
Teil 3: "Auswerteverfahren; Mittelungseinrichtung - Anforderungen
und Prüfung" (Entw. Februar 1986)
- [4] VDI-Richtlinie 2057:
"Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen".
Bl. 1: "Grundlagen, Gliederung, Begriffe" (Entwurf April 1986)
Bl. 2: "Bewertung" (Entwurf April 1986)
Bl. 3: "Beurteilung" (Entwurf April 1986)

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITTGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITTGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITZGERBER, H.:
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
(vergriffen) Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).

- Berichte-Nr. 30: MANN, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-
Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft
(1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an
Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
(vergriffen) Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und
der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von
Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
(vergriffen) Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahmezeit des IRMA-Gerätes bei verschiedenen
Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene
Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im
Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der
Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen.
(1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der
Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:
Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser
Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

- Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse -. (1984)
- Berichte-Nr. 48: SCHADE, H.:
Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990. (1984)
- Berichte-Nr. 49: STRATMANN, H.:
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation.
Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der neuartigen Waldschäden. (1984)
- Berichte-Nr. 50: GOLDBERG, K.H.:
Untersuchungen zu Schießlärminderungen, dargestellt an Fallbeispielen. (1984)
- Berichte-Nr. 51: HERPERTZ, E., J. ASSMANN, D. KRANE, E. HARTMANN, B. STECK, E. BREWIG und J. KROCHMANN:
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:
(vergriffen)
Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions- Meß- und Erhebungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland (STIMES).
Ergebnisse für die Komponenten SO₂, NO_x, O₃ und CO. (1984).
- Berichte-Nr. 53: BEIER, R.:
Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983. (1985).
- Berichte-Nr. 54: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
Polychlorierte Dibenzodioxine und Furane in den Filterstäuben und Schlacken der zwölf Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen. (1985).
- Berichte-Nr. 55: KÜLSKE, S., J. GIEBEL, H.-U. PFEFFER und R. BEIER:
ANALYSE der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.
Teil 1: Text- und Bildband. (1985).
Teil 2: Meßergebnisse. (1985).
- Berichte-Nr. 56: SPLITTGERBER, H., M. KLEIN und P. NEUTZ:
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: PRINZ, B., J. HRADEZKY, H.-U. PFEFFER, H.W. ZÖTTL und H.-K. LICHTENTHALER:
Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden. (1985).
- Berichte-Nr. 58: GIEBEL, J. und W. STRAMPLAT:
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers Cospec V zur Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid. (1986).
- Berichte-Nr. 59: PRINZ, B., D. SCHWELA, E. KOCH, S. GANSER und T. EIKMANN:
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen. (1986).
- Berichte-Nr. 60: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH (1986).

Anmerkung:

Die LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Ausleihe bzw. Einsichtnahme zur Verfügung.