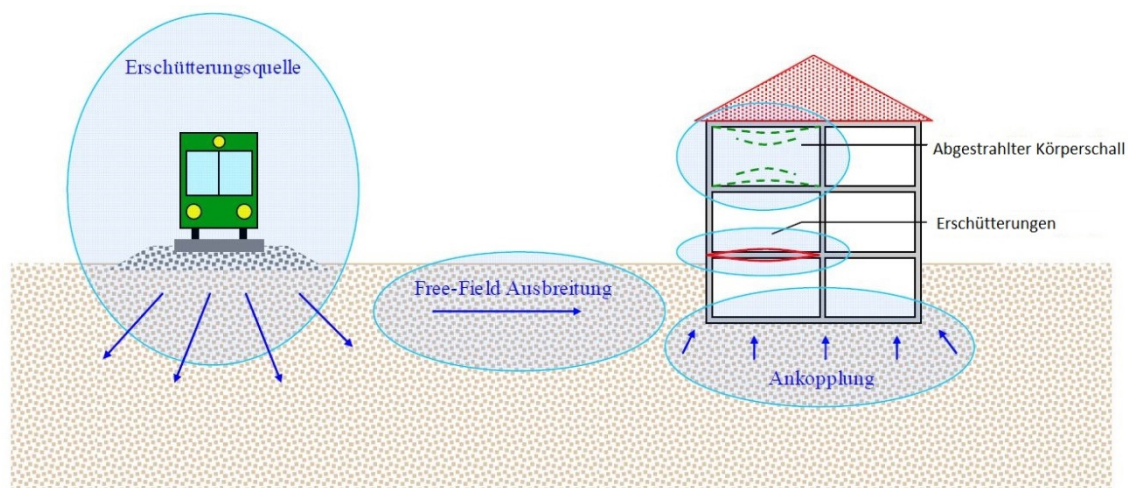


## Bauen in erschütterungsbelasteten Gebieten: Auflagen in erschlossenen Bauzonen



Grafik: Querschnitts-Schema, welches die Ausbreitung von Erschütterungen von Schienenfahrzeugen darstellt. (Quelle Ziegler Consultants).

### 1. Gesetzliche Grundlage

Art. 21 Umweltschutzgesetz (USG)

<sup>1</sup> Wer ein Gebäude erstellen will, das dem längeren Aufenthalt von Personen dienen soll, muss einen angemessenen baulichen Schutz gegen Aussen- und Innenlärm sowie gegen Erschütterungen vorsehen.

<sup>2</sup> Der Bundesrat bestimmt durch Verordnung den Mindestschutz.

Bis die künftige Verordnung über den Schutz vor Erschütterungen in Kraft tritt, gelten die folgenden Weisungen als Beurteilungsgrundlagen:

- Bei den Erschütterungen: „DIN 4150 – Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“; Juni 1999.
- Beim abgestrahlten Körperschall: „Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen“ (BEKS); BAFU; Dezember 1999.

Die konkreten Anforderungen der Stadt Bern sind in der Grundlage „Beurteilung von Erschütterungen und abgestrahltem Körperschall vor Inkrafttreten der Verordnung“ festgehalten. Diese Grundlage hat das AfU in Absprache mit dem BAFU erarbeitet (siehe Anhang1). Im Anhang 2 werden die Begriffe Luftschall, Erschütterungen und abgestrahlter Körperschall erläutert.

## **2. Auflagen bei der Erstellung neuer lärmempfindlicher Räume**

Werden entlang von Bahnlinien, in erschlossenen Gebieten, Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen erstellt, dann gelten die folgenden Anforderungen (diese Anforderungen gelten auch, wenn Gebäudeteile abgerissen und wieder neu gebaut werden):

Aufgrund der Nähe der geplanten Gebäude zur Bahnlinie können in den Neubauten Erschütterungen und den damit verbundenen abgestrahlten Körperschall auftreten. Deshalb muss die Stärke der zu erwarteten Belastungen im Freien gemessen werden. Die Höhe der Belastungen in den Gebäuden ist mit dem Programm „Vibra 2“ (oder einem gleichwertigen Programm) zu berechnen. Die Stärke der Belastungen ist in einem Gutachten auszuweisen.

Werden für die Neubauten Gebäude abgerissen, so können die Erschütterungsbelastungen auch im Fundament der abzureissenden Gebäude gemessen werden. Mit diesen Werten können dann die Belastungen in den künftigen Gebäuden prognostiziert werden. Ob die Erschütterungsbelastungen im abzureissenden Gebäude oder im Freien gemessen werden, sollen die mit den Messungen beauftragten Spezialisten entscheiden.

Bei den geplanten Neubauten müssen bezüglich der Erschütterungen die Anhaltswerte der DIN 4150 – Teil 2 eingehalten werden. Der Einwirkungsort ist nach den Beschreibungen der Tabelle 1 festzulegen. Gebiete, welche gemäss Lärmschutzverordnung als lärmvorbelastet eingestuft werden, sind nicht „aufzustufen“. Beim abgestrahlten Körperschall müssen die Immissionsrichtwerte der „BEKS“ eingehalten werden.

Falls die massgebenden Anhaltswerte der DIN 4150 – Teil 2 und/oder die Immissionsrichtwerte der BEKS überschritten werden, sind im Gutachten Massnahmen aufzuzeigen, welche dazu führen, dass die geforderten Werte eingehalten werden können. Die Kosten dieser Massnahmen und deren Wirkung sind für jedes betroffene Gebäude einzeln auszuweisen.

Mit diesen Grundlagen wird das AfU - falls erforderlich – die nach Artikel 21 des Umweltschutzgesetzes angemessenen baulichen Massnahmen verfügen.

Das AfU empfiehlt, frühzeitig mit den Untersuchungen zu beginnen, damit allfällige Massnahmen rechtzeitig ins Bauprojekt einfließen können. Auf Anfrage gibt das AfU gerne Ingenieurbüros bekannt, welche Erschütterungs- und Körperschallgutachten erstellen.

Im Anhang 3 ist ein Factsheet zum Thema Erschütterungen und abgestrahltem Körperschall, bei der Erstellung von lärmempfindlichen Räumen an Bahnlinien, zusammengestellt.

## **3. Auflagen bei einer Umnutzung von Räumen in eine lärmempfindlichere Nutzung**

Werden entlang von Bahnlinien Baugesuche für eine Umnutzung von Räumen in eine lärmempfindlichere Nutzung (z.B. Büro in Wohnen oder Betriebsraum in Wohnen) eingegeben, dann gelten die folgenden Anforderungen:

Aufgrund der Nähe des betroffenen Gebäudes zur Bahnlinie können Erschütterungen und den damit verbundenen abgestrahlten Körperschall auftreten. Deshalb muss die Stärke des abgestrahlten Körperschalls im Gebäude gemessen werden. Die Höhe der Belastungen ist in einem Gutachten auszuweisen.

Bei der geplanten Umnutzung müssen bezüglich des abgestrahlten Körperschalls die Immissionsrichtwerte der „BEKS“ eingehalten werden.

Falls die massgebenden Immissionsrichtwerte der BEKS überschritten werden, sind im Gutachten Massnahmen aufzuzeigen, welche dazu führen, dass die geforderten Werte eingehalten werden können. Die Kosten dieser Massnahmen und deren Wirkung sind für jedes betroffene Gebäude einzeln auszuweisen.

Mit diesen Grundlagen wird das AfU - falls erforderlich – die nach Artikel 21 des Umweltschutzgesetzes angemessenen baulichen Massnahmen verfügen.

Auch hier empfiehlt das AfU, frühzeitig mit den Untersuchungen zu beginnen, damit allfällige Massnahmen rechtzeitig ins Bauprojekt einfliessen können. Auf Anfrage gibt das AfU gerne Ingenieurbüros bekannt, welche Erschütterungs- und Körperschallgutachten erstellen.

Im Anhang 3 ist ein Factsheet zum Thema Erschütterungen und abgestrahltem Körperschall, bei der Erstellung von lärmempfindlichen Räumen an Bahnlinien, zusammengestellt.

## Beurteilung von Erschütterungen und abgestrahltem Körperschall vor dem Inkrafttreten der Verordnung

### 1. Schienenverkehrsanlagen

Grundlagen: Artikel 4, 7, 11 – 13, 15, 16 – 18 USG.

Beurteilungsgrundlagen	Erschütterungen <sup>1</sup>	Abgestrahlter Körperschall
Neue Anlagen	DIN 4150-2 (1999), Tab. 1 <sup>2</sup>	PRW <sup>3</sup> BEKS (1999)
Um- und Ausbauten bestehender Anlagen	DIN 4150-2 (1999), Tab. 1 <sup>2,4</sup>	IRW <sup>5</sup> BEKS (1999)
Sanierung von Anlagen	Kein Vollzug <sup>6</sup>	Kein Vollzug <sup>6</sup>

### 2. Übrige ortsfeste Anlagen (Industrie- und Gewerbe, Kraftwerke, Strassen etc.)

Grundlagen: Artikel 4, 7, 11 – 13, 15, 16 – 18 USG.

Beurteilungsgrundlagen	Erschütterungen	Abgestrahlter Körperschall
Neue Anlagen	DIN 4150-2 (1999), Tab. 1 <sup>2</sup>	Kein Vollzug <sup>6</sup>
Wesentliche Änderung von Anlagen	DIN 4150-2 (1999), Tab. 1 <sup>2</sup>	Kein Vollzug <sup>6</sup>
Sanierung von Anlagen	Kein Vollzug <sup>6</sup>	Kein Vollzug <sup>6</sup>

### 3. Bauen in erschütterungsbelasteten Gebieten

Grundlagen: Artikel 21 und 22 USG.

Beurteilungsgrundlagen	Erschütterungen	Abgestrahlter Körperschall
Erstellung neuer lärmempfindlicher Räume in noch nicht erschlossenen Gebieten (Einzonung oder Erschliessung von Bauzonen; analog Art. 29 und 30 LSV <sup>7</sup> ).	DIN 4150-2 (1999), Tab. 1 <sup>2</sup>	PRW <sup>3</sup> BEKS (1999), sinngemäss
Erstellung neuer lärmempfindlicher Räume in erschlossenen Gebieten (Baubewilligung analog Art. 31 LSV <sup>7</sup> ).	DIN 4150-2 (1999), Tab. 1 <sup>2</sup>	IRW <sup>5</sup> BEKS (1999), sinngemäss
Umnutzung von Räumen in eine lärmempfindlichere Nutzung (z.B. Büro in Wohnen oder Estrich in Wohnen).	Kein Vollzug <sup>6</sup>	IRW <sup>5</sup> BEKS (1999), sinngemäss

<sup>1</sup> Die quellenspezifische Regelung in Kapitel 6.5.3 der Norm DIN 4150-2 ist zu beachten.

<sup>2</sup> Der Einwirkungsort ist nach den Beschreibungen der Tab. 1 festzulegen. Gebiete, welche gemäss LSV als Lärm vorbelastet eingestuft werden, sind nicht „aufzustufen“.

<sup>3</sup> Planungsrichtwert

<sup>4</sup> Als Anpassung der Anhaltswerte an die Verhältnisse für Um- und Ausbauten bestehender Anlagen (nach Punkt 6.5.3.4., Buchstabe c der Norm DIN 4150-2) die um den Faktor 1.5 erhöhten Anhaltswerte nach Tab. 1. Dieser Erhöhungsfaktor wurde durch das BAFU definiert.

<sup>5</sup> Immissionsrichtwert

<sup>6</sup> Bis die künftige Verordnung über den Schutz vor Erschütterungen in Kraft tritt, können diese Fälle nicht vollzogen werden.

<sup>7</sup> Lärmschutzverordnung des Bundes.

### Definition der Begriffe Luftschall, Erschütterungen und abgestrahlter Körperschall

**Luftschall:** Er wird auch primärer Luftschall, Aussenlärm oder einfach Lärm genannt. Der Luftschall wird von einer Anlage über die Luft zu unseren Ohren übertragen. Wenn wir in der Nähe eines vorbeifahrenden Zugs stehen und hören, wie er um die Kurve quietscht, so vernehmen wir Luftschall. Bei Gebäuden wird der Luftschall in der Mitte des offenen Fensters ermittelt. Sind die Fenster geschlossen, so gelangt der Luftschall gedämmt in die Räume. Das Mass für den Luftschall ist der Schalldruckpegel  $L_p$  in [dBA]. Unser Ohr nimmt diesen in den Frequenzen zwischen 20 Hz und 20'000 Hz wahr. Die Beurteilungsgrundlagen für den Luftschall sind in der Lärmschutzverordnung definiert.

**Erschütterungen:** Diese werden auch Vibrationen oder Schwingungen genannt. Ein fahrender Zug verursacht dynamische Kräfte, welche als Schwingungen über das Gleisbett in den Boden übertragen werden. Im Boden breiten sich die Erschütterungen in Wellenform aus und werden in die benachbarten Gebäudefundamente eingeleitet. Vom Fundament übertragen sich die Erschütterungen über die Wände ins ganze Gebäude, so dass Böden, Decken und Wände vibrieren. Die Erschütterungen sind fühlbar. Dies kann insbesondere dann zu erheblichen Belästigungen führen, wenn Geschossdecken in Resonanz angeregt werden. Der Ermittlungsort ist in der Regel die Mitte des Zimmerbodens. Das Mass für Erschütterungen ist die Schwinggeschwindigkeit  $v$  in [mm/s]. Der Frequenzbereich für Erschütterungen liegt zwischen 1 bis 80 [Hz], ausnahmsweise auch bis 315 [Hz]. Für Schienenfahrzeuge sind die Beurteilungsgrundlagen in der Weisung für die Beurteilung von Erschütterungen und Körperschall bei Schienenverkehrsanlagen BEKS [BUWAL, 1999] festgelegt.

**Abgestrahlter Körperschall:** Der abgestrahlte Körperschall wird auch kurz Körperschall oder sekundärer Luftschall benannt. Er ist eine Folgeerscheinung der Erschütterungen. Die vibrierenden Wände, Decken und Böden in einem Gebäude regen die umliegende Luft wie Lautsprecher zum Schwingen an. So entsteht Körperschall. Dieser ist als dumpfes Grollen hörbar. Der Körperschall wird in der Regel in einem der Lärmquelle abgewandten Raum, in der Mitte des Raumes, gemessen. So kann der durch die Gebäudehülle in den Raum dringende Luftschall vernachlässigt werden. Das Mass für den Körperschall ist der Schalldruckpegel  $L_p$  in [dBA]. Der Frequenzbereich für Körperschall liegt zwischen 20 [Hz] und rund 300 [Hz]. Für Schienenfahrzeuge sind die Beurteilungsgrundlagen in der BEKS definiert.

Nicht mit dem abgestrahlten Körperschall zu verwechseln sind durch Erschütterungen verursachte sekundäre Effekte bei der Möblierung. Wenn zum Beispiel Gläser in einem Schrank klirren. Für diese Effekte gibt es keine gesetzlichen Anforderungen, weil die Belastung von der individuellen Möblierung der Bewohnerinnen und Bewohner abhängt.

### Factsheet zu den Themen Erschütterungen und abgestrahltem Körperschall, wenn lärmempfindliche Räume an Bahnlinien erstellt werden

#### 1. Zusammenfassung

- Das AfU vollzieht aufgrund einer gesetzlichen Grundlage (Art. 21 USG)
  - ⇒ werden diese Themen betrachtet, können diesbezügliche Beschwerden und damit grosse Verfahrensverzögerungen vermieden werden.
  
- Massnahmen gegen Erschütterungen [E] und abgestrahltem Körperschall [aKS] führen bei den Bewohnenden zu:
  - Weniger Stress und Ärger, und
  - besserem Schlaf
  - ⇒ Klar besserem Wohlbefinden und damit höherer Lebensqualität.
  
- Massnahmen gegen E und aKS führen für die Bauherren zu:
  - ⇒ Ruhigeren Wohnungen, welche dadurch mehr Wert haben.
  - Durch die bessere Lebensqualität bei den Bewohnenden gibt es:
    - ⇒ Weniger Wohnungswechsel, also eine tiefere Umzugsquote.

#### 2. Gesetzliche Grundlage

Das AfU vollzieht aufgrund einer gesetzlichen Grundlage (Art. 21 USG; siehe Seite 1).

- Behandelt die Bauherrschaft diese Themen (E und aKS), kann sie mögliche grössere Verfahrensverzögerungen vermeiden (z.B. im Baubewilligungsverfahren). Nämlich dann, wenn jemand während den Bewilligungs-Verfahren eine Beschwerde einreicht, dass die E zu betrachten sind oder dass keine Massnahmen bei den E umgesetzt werden.

#### 3. Erfahrungen aus der Praxis

Erschütterungen [E]:

- Wird häufig als lästig wahrgenommen und löst im Körper Stressreaktionen aus
- Kann zu störendem Gläserklirren im Schrank führen.

Abgestrahlter Körperschall [aKS]:

- Wird mit dem Ohr als dumpfes Grollen bei jeder Zugdurchfahrt wahrgenommen
- Wenn der Aussenlärm stört, kann man gute Fenster einbauen lassen und diese, wenn gewünscht, schliessen. Beim aKS hingegen ist man dem dumpfen Grollen tags und nachts ausgesetzt, ohne dass man etwas dagegen tun kann. Dies kann zu Ärger, Stress und Schlafstörungen führen, was nicht selten mit einem Wohnungswechsel endet.

### 4. Erkenntnisse aus der Forschung

Gesundheitliche Auswirkung von E und aKS<sup>8</sup>:

- Empirisch belegt ist der Zusammenhang von E und aKS auf:
    - Belästigung und Stress, sowie
    - Schlafstörungen.
  - Als Hypothese<sup>9</sup> wird zudem ein Zusammenhang geprüft mit:
    - Verschiedenen Herz- Kreislauf-Krankheiten bis zum Herzinfarkt.
- ⇒ Massnahmen gegen E und aKS führen bei den Bewohnenden zu weniger Belästigungen, Stress und Schlafstörungen.

### 5. Nutzen für die Bauherren

Werden die Themen E und aKS betrachtet, können diesbezügliche Beschwerden und damit grosse Verfahrensverzögerungen vermieden werden (siehe Punkt 2).

Massnahmen gegen E und aKS führen zu:

- ⇒ Ruhigeren Wohnungen, welche dadurch an Wert und Qualität gewinnen.

Dieser Effekt wurde beim Aussenlärm nachgewiesen<sup>10</sup>. Das AfU vermutet bei den E und beim aKS noch einen stärkeren Effekt auf die Wertsteigerung als beim Aussenlärm: Da dort bei einer Störung die Fenster geschlossen werden können. Bei den E und aKS hingegen ist man den Immissionen «ausgeliefert» ohne, dass die Bewohnenden etwas dagegen tun können.

Durch die bessere Lebensqualität bei den Bewohnenden gibt es:

- ⇒ Weniger Wohnungswechsel, was zu einer tieferen Umzugsquote führt.

---

<sup>8</sup> Wirtschaftliche Verhältnismässigkeit von baulichen Massnahmen gegen Erschütterungen und abgestrahlten Körperschall im Schienenverkehr (S. 33 - 40; Ecoplan, Gruner, SwissTPH im Auftrag des BAFU; August 2019.

<sup>9</sup> Laut der oben genannten Studie<sup>8</sup> (Seite 39 unten) gebe es Untersuchungen zu Bahnlärm, welche einen Zusammenhang zu verschiedenen Herz- Kreislaufkrankheiten beobachtet haben. Bei diesen Studien seien jedoch die Erschütterungen und der abgestrahlte Körperschall nicht separat erfasst worden. Aus medizinischer Sicht sei aber ein solcher Zusammenhang zu vermuten.

<sup>10</sup> Studie zur Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für Ruhe: «Ruhe bitte! Wie Lage und Umweltqualität die Schweizer Mieten bestimmen», Zürcher Kantonalbank in Zusammenarbeit mit dem BAFU, 2011.