

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Band:** 105 (1987)  
**Heft:** 22

**Artikel:** Schutz der Anwohner vor Erschütterung durch Schienenfahrzeuge:  
Tätigkeitsbereich Sicherheit und Qualitätssicherung  
**Autor:** Röthlisberger, Kurt  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76604>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

ne Funktion erfüllen zu können, muss der Leiter der UVP das zu behandelnde Vorhaben genau kennen und begreifen. Das Hauptaugenmerk für seine eigene Arbeit muss sich darauf richten, stets die Übersicht zu wahren. Dies bedingt eine laufende Beurteilung der Lage:

Wichtiges ist von Unwichtigem zu trennen. Dies scheint trivial; wer jedoch die Schwierigkeiten in realen Situationen (Komplexität, Ungewissheit, Dynamik, Knappheit der Mittel, Zeitdruck) erlebt hat, weiss um die hohen Anforderungen, die gestellt sind. Neben dem Kennen und Begreifen des Vorhabens muss auch das räumliche Umfeld in den Grundzügen bekannt und begriffen sein. Geographische und raumplanerische Ausbildung legen dafür ein gutes Fundament. Um andererseits das Vorhaben zu begreifen, sind Grundkenntnisse (passive Kenntnisse) im Ingenieurwesen erforderlich. Schliesslich setzen die Auftragsformulierung an die Experten und die Begleitung ihrer Arbeit naturwissenschaftliche Kenntnisse voraus.

#### Instrumentarium

Die Arbeit an einer UVP ist, wenn immer möglich, projektbegleitend zu konzipieren. Neben organisatorischen Problemen (Vielzahl der Beteiligten) sind

dabei auch Probleme der «Speicherung» von Informationen über den Raum, die Umwelt zu lösen. Ebenso wichtig ist die zweckmässige Übersicht über den Stand der Bearbeitung der verschiedenen «Geschäfte». In komplexen Projekten, wie etwa der UVP für die Bahn 2000 «Abschnitt Basel-Olten», wurde bei Gruner ein entsprechendes räumliches Informationssystem entwickelt. Dies gibt jedem Beteiligten die Möglichkeit, sich jeweils rasch die Übersicht über die aktuelle Situation zu verschaffen.

Ohne die laufend nachgeführte, raumbezogene Darstellung des jeweiligen Bearbeitungsstandes der verschiedenen Aktivitäten ist es für den UVP-Beauftragten nicht möglich, rechtzeitig Einfluss auf die Projektierung zu nehmen.

#### Koordination

Koordination und Handeln im Sinne des Ganzen verlangt von den Beteiligten, dass sie die Überlegungen Anderer kennen. Dies kann wegen des Zeitdruckes und der vorhandenen Komplexität nicht mittels geschriebener Texte allein sichergestellt werden, sondern geschieht im Rahmen von direkten Begegnungen der Beteiligten an Seminaren. Zu diesen Beteiligten zählen der

Bauherr, die projektierenden Ingenieure, der UVP-Beauftragte und die Experten.

#### Schwachstelle in der heutigen Praxis

Die bisher in der Praxis am stärksten empfundene Schwachstelle ist die ungenügende Koordination zwischen UVP und kantonalen Richtplanungen. Der Fall Bahn 2000, Abschnitt Basel-Olten, ist eine löbliche Ausnahme. Was an raumplanerischer Arbeit versäumt wird, kann nicht durch eine UVP nachgeholt werden (Varianten-, Alternativvergleich). Die Vernachlässigung der raumplanerischen (richtplanerischen) Aspekte bei der Prüfung von Vorhaben muss dringend zugunsten einer Integration (stufengerechte Behandlung künftiger Vorhaben) aufgegeben werden.

Künftige Vorhaben sind nicht entweder Sache der Raumplanung oder des Umweltschutzes. Sie sind in beiden Bereichen (wiederum stufengemäss) zu beurteilen. Nur aus solcher integraler Betrachtungsweise resultieren Anträge, welche die Anliegen von Raumplanung und Umweltschutz zum Tragen bringen.

Adresse des Verfassers: PD Dr. P. Gresch, Raumplaner ETH/NDS, Gruner AG Ingenieurunternehmung, Basel.

## Schutz der Anwohner vor Erschütterung durch Schienenfahrzeuge

### Tätigkeitsbereich Sicherheit und Qualitätssicherung

Von Kurt Röthlisberger, Basel

**Spürbare Erschütterungen und deren akustische Nebenwirkungen empfindet der Mensch als störende Beeinträchtigung. Schienenfahrzeuge erzeugen in der nahen Umgebung derartige Erscheinungen, wobei sich diese mit Hilfe heutiger technischer Mittel auf ein tragbares Mass reduzieren lassen. Solche Massnahmen können die Wohnqualität der Betroffenen massgebend verbessern.**

#### Stösse und Schwingungen

Zwischen Rad und Schiene entstehen bei einem rollenden Fahrzeug Stösse und Schwingungen in einem breiten Frequenzband. Die dabei abgegebene Energie hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie z.B. Gewicht und Geschwindigkeit des Fahrzeuges, geome-

trischer Zustand von Rad und Schiene (Rundheit des Rades, Verriffelung der Schiene), der Lagerung der Schiene usw. Ein Teil dieser Energie geht direkt als Luftschall in die Umgebung, ein anderer Teil in Form von Schwingungen in den Untergrund. Davon liegt der grösste Anteil im Frequenzbereich unter 200 Hz, das Energiemaximum bei etwa 60 Hz.

Diese Schwingungen pflanzen sich im Untergrund unter entsprechender Abnahme in die Umgebung fort. Dadurch werden Bauwerke beidseits entlang der Schienenanlage von vorbeifahrenden Fahrzeugen durch Schwingungen ange-regt. Die Stärke der in einem Gebäude auftretenden Schwingungen hängt neben der auf die Schiene abgegebene Energie hauptsächlich ab von der Distanz des Gebäudes von der Gleisachse, der Beschaffenheit des Untergrundes (Steifigkeit) und der Konstruktion des Gebäudes.

Die Wirkung der Schwingungen auf Menschen in diesen Gebäuden ist zweifach. Den untersten Frequenzbereich bis etwa 30 Hz empfindet der Mensch als Schwingungen oder Erschütterungen. Bei höheren Frequenzen tritt ein anderes unangenehmes Nebenphänomen auf. Infolge der äusseren Schwingungsanregung des Gebäudes beginnen die verschiedenen Bauteile jeweils in ihrer Eigenfrequenz mitzuschwingen,

was der Mensch als dumpfes Dröhnen akustisch wahrnimmt. Man bezeichnet diese Erscheinung als sekundären Luftschall im Gegensatz zum direkten primären Luftschall, den ein Schienenfahrzeug abgibt.

Beide Erscheinungen, Erschütterungen und sekundärer Luftschall, beeinträchtigen die Lebens- und Wohnqualität der Anwohner. Heute liegen noch keine verbindlichen Richtlinien oder gesetzlichen Vorschriften für die Grenzen der Zumutbarkeit vor, welche die zumutbare Stärke der Beeinträchtigung abstecken. Analog zum reinen Luftschall müssen diese Grenzen aber auch je nach Empfindlichkeit des Objektes (Konzertsaal/Industriebetrieb), den anderen Störfaktoren (ruhiges oder vorbelastetes Gebiet) und der Tageszeit differenziert angesetzt werden. Für nicht allzu empfindliche Objekte wie z.B. Wohnhäuser liegen angemessene Grenzwerte in der kritischen Nachtperiode für Erschütterungen bei Schwinggeschwindigkeiten rms zwischen 0,2 und 0,3 mm/s und für den sekundären Luftschall zwischen 40 und 45 dB(A) für den Vorbeifahrtspegel (Leqi-Wert).

## Technische Lösungen

Verschiedene technische Lösungen reduzieren die übertragene Schwingungsenergie und damit die störenden Wirkungen namhaft. Dieses Gebiet wird zurzeit stark entwickelt, einige heute angewandte und teilweise erprobte Verfahren seien kurz erwähnt:

- Weich verfüllte oder elastisch gestützte Schlitz zwischen dem Gleis und den Gebäuden;
- Elastische Lagerung zwischen Schiene und Schwelle oder zwischen Schwelle und Schotter bzw. Fundamentkörper;
- Elastische Matte zwischen dem Gleisschotter und dem Untergrund;
- Elastische Gleistrogelagerung, auch als Masse-Feder-System bezeichnet.

Die aufgeführten Lösungen unterscheiden sich nicht nur preislich, sondern auch in ihrer Wirksamkeit beträchtlich. Heute stehen Möglichkeiten zur Verfügung, die es gestatten, auch empfindliche Objekte wie Konzertsäle oder Spitäler vor den Wirkungen nahe gelegener Bahnanlagen hinreichend zu schützen. Neuere Entwicklungen tendieren hauptsächlich auf eine Reduktion der Kosten bzw. auf eine Verbesserung des Preis/Leistungsverhältnisses. Über die Lebenserwartung und die Unterhaltskosten der verschiedenen Systeme liegen erst beschränkte Erfahrungen vor; sie scheinen sich aber in einem tragbaren Rahmen zu bewegen.

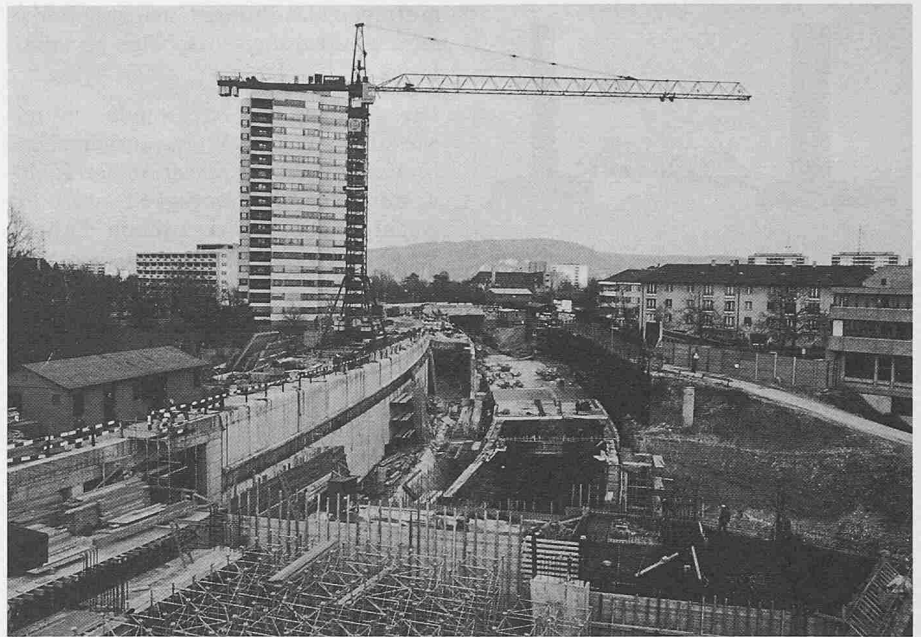
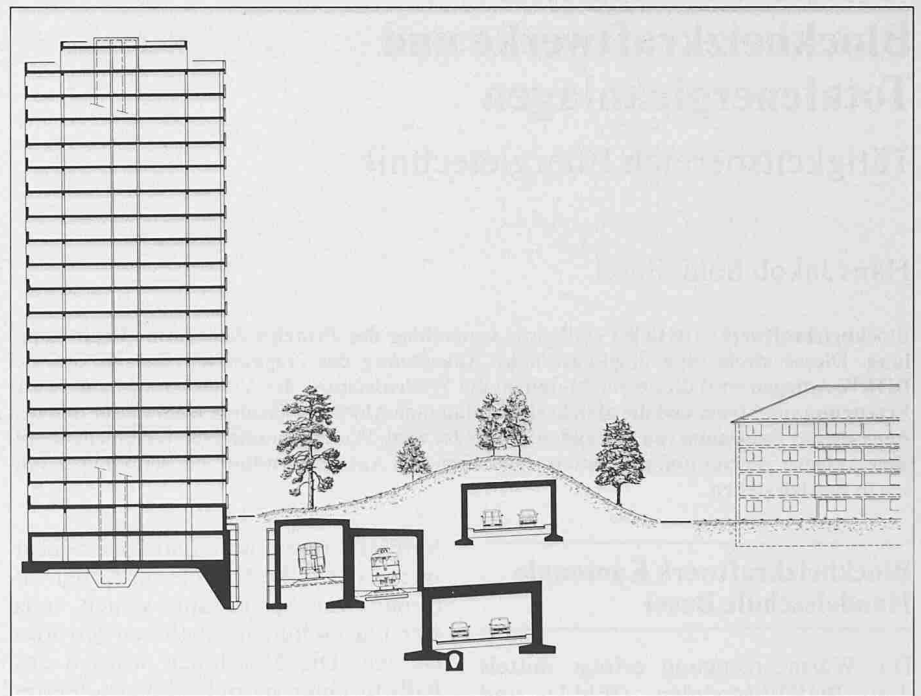


Bild 1. Baustelle Gellertdreieck, Basel

Bild 2. Räumlich enge Verhältnisse im Gellertdreieck



## Beispiel: Gellertdreieck

Die räumlich engen Verhältnisse im Gellertdreieck in Basel erforderten Lösungen, bei denen einzelne Verkehrsstränge recht nahe an bebaute und bewohnte Gebiete gelegt werden mussten. So führt die unterirdische nördliche Bahnverbindung der Personenlinie in nur 6 m Abstand von den Fundamenten eines Wohnhochhauses vorbei (Bild 2).

Bei der Planung waren die Erscheinungen der Erschütterung durch Bahnen

sehr wohl bekannt; bereits beim Bau des erwähnten Hochhauses 1970 polsterte man die Aussenseite der Untergeschosse gegen die Bahntunnels mit Betonelementen, die sich auf Federbändern aus Stahl abstützten. Messungen zeigten, dass dank diesen Massnahmen etwa die Hälfte der anfallenden Energie abgefangen werden konnte.

Bei der Planung der äusseren Bahntunnelröhre 1979 entschied man sich wieder für dieses System und versah die äussere Tunnelwand in den Bereichen naheliegender Bauten mit abgedeckten Betonelementen gegen das Erdreich.

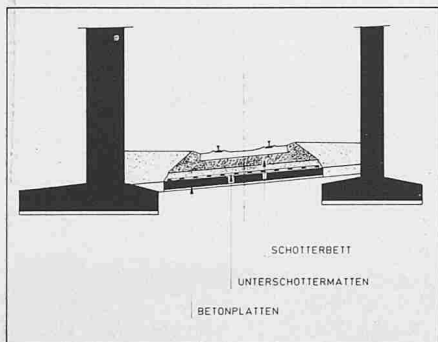


Bild 3. Einbau der Unterschottermatte

Nach der Verlegung des Bahnbetriebes in die neue Tunnelröhre beklagten sich Anwohner über die Erschütterungen. Dies veranlasste den Kanton, uns als Projektverfasser und einige Experten wie z.B. Dr. J. Studer, Ingenieure AG Glauser, Studer, Stüssi, Zürich, zu be-

auftragen, das Problem neu zu untersuchen und Lösungsvorschläge zu unterbreiten.

Die Analyse des Istzustandes mittels Messungen in den Wohnräumen zeigte im Vergleich mit internationalen Richtwerten die Notwendigkeit, für die Nachtperiode in der zweiten Tunnelröhre einen zusätzlichen Schutz vorzusehen. Von den untersuchten technischen Lösungsmöglichkeiten erreichte die sogenannte Unterschottermatte in den Aspekten Wirksamkeit, Kosten, Bahnbetrieb und Langzeiterfahrung die meisten Pluspunkte. Aus den verschiedenen angebotenen Produkten wurde eine dreischichtige, 45 mm starke Matte mit zwei Schichten aus Polyurethan-Schaumstoff und einer zähen Kunststoff-Deckschicht gewählt. Angeordnet ist die Matte ungefähr parallel zu den Gleisen, unterhalb des norma-

len Bahnschotters und einer zusätzlichen 20 cm starken Altschottererschicht, auf einer schwach armierten Betonplatte liegend (Bild 3). Man erwartet von diesem System auch langfristig in den mittleren Frequenzbereichen Dämpfungswerte von 15 bis 20 dB(A). Diese sehr starke Dämpfung reduziert empfindungsmässig die unangenehmen Dröhngeräusche auf mindestens die Hälfte bis etwa einen Viertel und schafft damit komfortable Verhältnisse.

Ausgerüstet wurde ein Streckenabschnitt von etwa 400 m Länge. Die zusätzlichen Kosten für den Erschütterungsschutz belaufen sich auf ungefähr Fr. 2000.- pro m.

Adresse des Verfassers: Vizedir. K. Röhlisberger, dipl. Bauing. ETH/SIA, Gruner AG, Ingenieurunternehmung.

## Blockheizkraftwerke und Totalenergieanlagen

### Tätigkeitsbereich Energietechnik

Hans Jakob Böhi, Basel

**Blockheizkraftwerke (BHKW) sind eine Anwendung des Prinzips der Wärme-Kraft-Kopplung. Dieses strebt eine möglichst hohe Ausnutzung der eingesetzten Energie an. Bei BHKW-Anlagen wird dies erreicht, indem die Wellenleistung des Verbrennungsmotors zur Erzeugung von Strom und die gleichzeitig anfallende Abwärme aus dem Kühlwasser und den Abgasen zur Beheizung von Gebäuden verwendet wird. Wir haben seit 1980 verschiedene solcher Anlagen geplant und projektiert. Hier sind zwei Anlagen erwähnt, die seit einigen Jahren in Betrieb stehen.**

#### Blockheizkraftwerk Kantonale Handelsschule Basel

Die Wärmeerzeugung erfolgt mittels drei BHKW-Modulen (Bild 1) und einem gasgefeuerten Spitzenkessel. Jedes Modul besteht aus einem Erdgasmotor mit angeflanschem Generator.

Die Module werden je nach Wärmebedarf eingeschaltet. Bei tiefen Aussentemperaturen ist zusätzlich der Spitzenkessel in Betrieb. Die Module wurden heizungsseitig ohne Speicher in das bestehende hydraulische System eingebunden. Die Module sind mit Asynchrongeneratoren ausgerüstet. Etwa 25 Prozent des erzeugten Stroms wird für den Bedarf der Schulanlagen verwendet. Der grösste Teil der Stromproduktion wird über die nächste Transformatorstation in das Netz der Industriellen Werke Basel eingespiessen.

Verbrennungsmotoren sind sehr lärmintensiv. Da die Module im Keller unterhalb von Schulräumlichkeiten stehen, mussten Lärmschutzmassnahmen getroffen werden. Die Maschinen wurden deshalb in einer speziell dimensionierten Kabine untergebracht. Die Öffnungen für die Zu- und Abluft sind mit Schalldämmkulissen versehen. Diese Massnahmen gewährleisten, dass die Motoren weder in den Schulräumen noch ausserhalb des Gebäudes zu hören sind.

Die Steuerung und Überwachung der Anlage und die Protokollierung der Zustandsmeldungen erfolgt durch ein freiprogrammierbares Steuerungsgerät.

Module und Kessel sind nur während der Heizperiode in Betrieb. Die jährliche Betriebszeit beträgt etwa 4000 h pro Einheit. Entsprechend dem Datenblatt (Tabelle 1) ergibt sich damit für die Gesamtanlage das Energieflussdiagramm (Bild 2).

#### BHKW Überbauung Holeeholzacker

Die Überbauung Holeeholzacker umfasst sechs Mehrfamilienhäusern mit 188 Wohnungen und 34 Einfamilienhäusern. Die Wärmeerzeugung erfolgt in einer gemeinsamen Heizzentrale (Bild 3). Schwierigkeiten mit dem Betrieb bewogen die Eigentümergemeinschaft, uns mit der Ausarbeitung einer Grobanalyse zu beauftragen. Neben verschiedenen betrieblichen Massnahmen musste als Sofortmassnahme auch ein neuer Kessel eingebaut werden. Die ein Jahr später durchgeführte Feinanalyse zeigte dann, dass die Randbedingungen für die Realisierung eines Blockheizkraftwerkes sehr günstig waren. Die Idee stiess bei der Bauherr-

Tabelle 1. Datenblatt des Blockheizkraftwerkes Kantonale Handelsschule Basel

<b>Wärmeerzeugung</b>	
BHKW-Modul	Heizleistung 3 × 140 kW, Stromleistung 3 × 90 kW
Spitzenkessel	2 × 1163 kW, bestehende Gaskessel
<b>Wärmebedarf</b>	
Nutzwärmebedarf der gesamten Anlage	3500 MWh pro Jahr
Anteil BHKW	1800 MWh pro Jahr, Anteil Kessel: 1700 MWh pro Jahr
<b>Stromerzeugung</b>	
Eigenbedarf	260 MWh pro Jahr, Rückspeisung: 940 MWh pro Jahr
Betriebsstunden	Je Modul 4000 h pro Heizperiode