

Der Einfluss des Strassenbelages auf das Rollgeräusch von Personenwagen

Autor(en): **Pelloli, Rita / Eichenberger, Eduard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **95 (1977)**

Heft 29

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-73424>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Einfluss des Strassenbelages auf das Rollgeräusch von Personenwagen

Von Rita Pelloli und Eduard Eichenberger, Zürich

In den Bemühungen um die *Verkehrssicherheit bei Nässe* kommt den Bedingungen des Wasserabfließens von Strassenoberflächen grosse Bedeutung zu. Das *Einschneiden von Rillen in die Fahrbahndecke* – die Methode findet vor allem bei Betonbelägen Anwendung – verhindert das Entstehen dicker Wasserfilme auf der Fahrbahn und führt so zu einer wesentlichen Verbesserung der Griffigkeitsverhältnisse.

Die Rillen können längs, quer oder diagonal zur Fahrbahnachse liegen; die Abstände zwischen den Rillen variieren zwischen 2,5 und 15 oder mehr Zentimeter je nach Situation.

An Belägen mit Rillen quer zur Fahrbahnachse wurde oft Kritik geübt wegen stärkerer Lärmentwicklung, besonders bei engliegenden Rillen. Aus diesem Grunde hat die *Betonstrassen AG* das *Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau der ETHZ* (ISETH) beauftragt, Untersuchungen über den Einfluss des Strassenbelages auf das Rollgeräusch von Fahrzeugen vorzunehmen, unter besonderer Berücksichtigung eines mit Rillen versehenen Belages. Darüber hinaus lautete der Auftrag, auch einen *Vergleich der Rollgeräuschentwicklung* zwischen einem Betonbelag und einem Asphaltbelag in *Tunneln* anzustellen. Das Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau übernahm die Organisation, die Auswahl der Beläge, des Testwagens und der Reifen, während die eigentlichen *Lärmmessungen* sowie deren Auswertungen der *Eidgenössischen Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Dübendorf, Abteilung für Akustik*, übertragen wurden. Die ausführliche Studie von E. Eichenberger wird als ISETH-Mitteilung Nr. 35 «Rollgeräusch und Strassenbelag – Fahrgeräusch/Quantitative und qualitative Analyse-Kausalität» veröffentlicht.

Messanordnung

Zur Abklärung der Frage, in welchem Masse insbesondere eine querrillte Betonoberfläche im Vergleich zu anderen Belägen einen erhöhten Lärm verursacht, wurden auf *fünf ausgewählten Belagstypen Aussengeräuschmessungen* (Vorbeifahrtpegel) und einige *Innengeräuschmessungen* (in Fahrzeugkabine) vorgenommen. Der Schwerpunkt lag bei der Rollgeräuschentwicklung von *Personenwagen*. Auf Messungen mit Lastwagen wurde verzichtet, weil hier das Antriebsgeräusch gegenüber dem Rollgeräusch überwiegt und beim Rollgeräusch selbst die Ausbildung des Reifenprofils einen grösseren Einfluss hat [1]. Die Beschränkung auf die Rollgeräusch-

entwicklung eines Einzelfahrzeuges genügt, um den relativen Einfluss der Textur der Fahrbahnoberfläche auf die Lärmentwicklung zu erfassen [2].

Für den Vergleich der Rollgeräuschentwicklung eines Betonbelages mit einem Asphaltbelag in Tunneln wurden nur Geräuschmessungen im Innern der Fahrzeugkabine durchgeführt, da der Lärm in Tunneln ausschliesslich auf die Fahrzeuginsassen einwirkt.

– *Rollgeräuschmessung Freifeld, Aussengeräuschmessung*
Messanordnung: nach REC. ISO R362 «Measurement of Noise emitted by Vehicles» (Bild 1).

– *Rollgeräuschmessung im Fahrzeug, Innengeräuschmessung*
Mikrofonposition: Mitte Fahrgastraum, Kopfhöhe, körperschallisoliert.

Hinweis: Die absoluten Werte (Messdaten des Kabinengeräusches) sind zusätzlich abhängig vom Fahrzeugtyp.

– *Testwagen*

Für sämtliche Messungen wurde ein Peugeot 404 (1970, mit etwa 18000 km) als Testwagen verwendet. Während der eigentlichen Messung befand sich das Fahrzeug im Freilauf (ohne Antrieb).

Die weiteren Parameter wurden wie folgt variiert:

– *Bereifung* (neuwertig)

– Sommerreifen Michelin XAS 165 HR 15

Reifendruck 1,6/1,5 atü

– Winterreifen Semperit Radial PR4 165 SR 15

Reifendruck 1,7/1,5 atü

– *Rollgeschwindigkeiten*: 80, 100, 120 km/h

– *Beläge*

Für den Vergleich eines mit Querrillen versehenen Betonbelages mit anderen Fahrbahndecken wurden die folgenden *Deckentypen* gewählt:

- | | |
|---|--------------------|
| ① Betonbelag unbefahren
(Längsfertigertextur) | t_m^* ca. 0,5 mm |
| ② Betonbelag unbefahren, Rillen quer zur Fahrbahnachse, Abstand 2,5 cm, Breite 4 mm, Tiefe 3 mm | t_m ca. 1,2 mm |
| ③ Betonbelag fugenlos, 15 Jahre alt | t_m 0,34 mm |
| ④ Asphaltbelag AB 10, 1 Jahr alt | t_m 0,38 mm |
| ⑤ Oberflächenbehandlung Splitt 10/16, neu | t_m 2,6 mm |

* t_m = mittlere Texturtiefe, bestimmt nach der Sandfleckmethode

Bild 1. Messanordnung der Rollgeräuschmessung Freifeld REC. ISO R 362

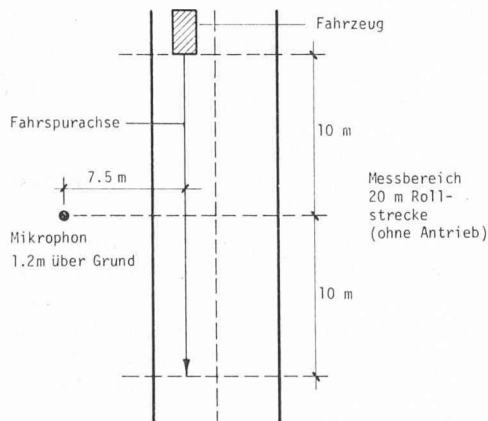
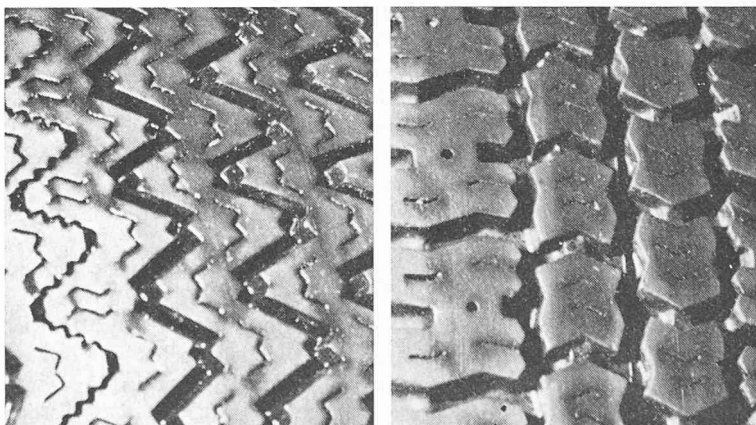


Bild 2. Testreifen Sommerreifen Michelin XAS (links) Winterreifen Semperit PR4 (rechts)



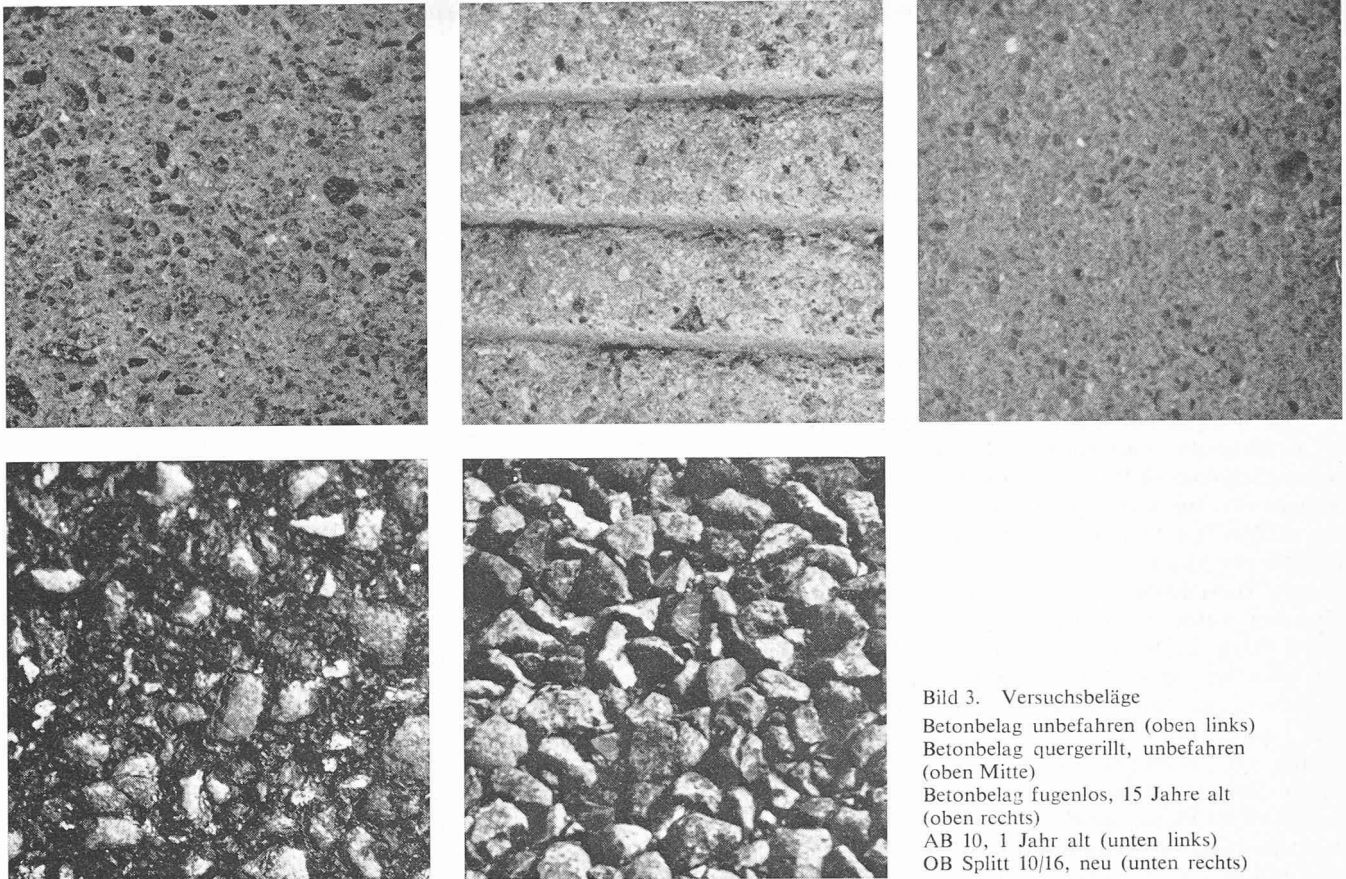


Bild 3. Versuchsbeläge
 Betonbelag unbefahren (oben links)
 Betonbelag quergerillt, unbefahren
 (oben Mitte)
 Betonbelag fugenlos, 15 Jahre alt
 (oben rechts)
 AB 10, 1 Jahr alt (unten links)
 OB Splitt 10/16, neu (unten rechts)

Die Messstrecken wurden so gewählt, dass die Umgebung der Strasse keinen Einfluss auf die Schallausbreitung hatte.

Je Belag und Geschwindigkeit wurden vier Messfahrten (Stichproben) durchgeführt. Das Rollgeräusch wurde für die Auswertung im Labor auf Magnetband aufgezeichnet. In einer ersten Messreihe war die Fahrbahn trocken, für eine zweite Messreihe wurde sie mittels eines Sprengwagens ange-nässt.

Die Messungen in Tunneln für den Vergleich eines Betonbelages mit einem Asphaltbelag wurden nur bei trockener Fahrbahn, mit dem Sommerreifen Michelin XAS und bei Geschwindigkeiten von 80 und 100 km/h ausgeführt. Als Messstrecken wurden gewählt: der Baregg-Tunnel, N1/AG (Betonbelag, 1 Jahr unter Verkehr) und der Blatt-Tunnel, N3/SZ (Asphaltbelag, 3 Jahre unter Verkehr).

Beurteilungsgrößen

Das Fahrgeräusch ist die energetische Summe aller Teilgeräusche, verursacht durch die in Wechselwirkung am Bewegungsablauf teilnehmenden Einzelteile eines Fahrzeuges, mit den Hauptanteilen Motorengeräusch und Rollgeräusch. Im Rahmen des akustischen Vergleichs von Strassenoberflächen interessiert nur die *relative Grösse des Rollgeräusches*. Der Anteil des Rollgeräusches muss explizit erfasst werden, d.h. ohne Antrieb (Motorengeräusch), da eine nachträgliche spektralenergetische Aufspaltung des Fahrgeräusches die Zusammenhänge von Ursache und Wirkung nicht mehr verifizieren lässt.

Qualitatives und quantitatives Mass der Rollgeräusentwicklung

Das Frequenzspektrum liefert eine qualitative Aussage über die Rollgeräusentwicklung, der Summenpegel (= Summe der spektralen Schallpegelanteile des Rollgeräusches) bildet die quantitative Aussage. Summenpegel und Schall-

pegelanteile des Frequenzspektrums haben als Grundeinheit das Dezibel (dB), ein logarithmisches Verhältnismass (mit Bezugsschalldruck $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$), entsprechend der Druckempfindung des Ohres. Da die Druckempfindung des Ohres ausserdem noch frequenz- und intensitätsabhängig ist, wird für die Bewertung der «Lautstärke» eines Schallpegels die Gehörphysiologie mittels elektrischer Filter zusätzlich nachgebildet. Die sog. A-Bewertung (Schallpegel in dB(A)) entspricht dabei internationalem Gebrauch.

Die Beurteilung des *Summenpegels* des Rollgeräusches umfasst zwei Gesichtspunkte:

- Absolutes Mass der Rollgeräusentwicklung in dB(A)
- Gradient (Zuwachs $\Delta L_A / \Delta v$; L_A = Summenpegel, v = Rollgeschwindigkeit) der Rollgeräusentwicklung in dB(A) als Funktion der Rollgeschwindigkeit

Die Frequenzanalyse einer Geräusentwicklung beginnt normalerweise mit der Breitbandanalyse, kann aber bis zur Schmalbandanalyse verfeinert werden. Es ist zweckmässig, das Rollgeräusch für eine erste qualitative Beurteilung in Oktavbandbreite zu analysieren und für die Erhöhung des Aussagewertes die Schmalbandanalyse anzuwenden.

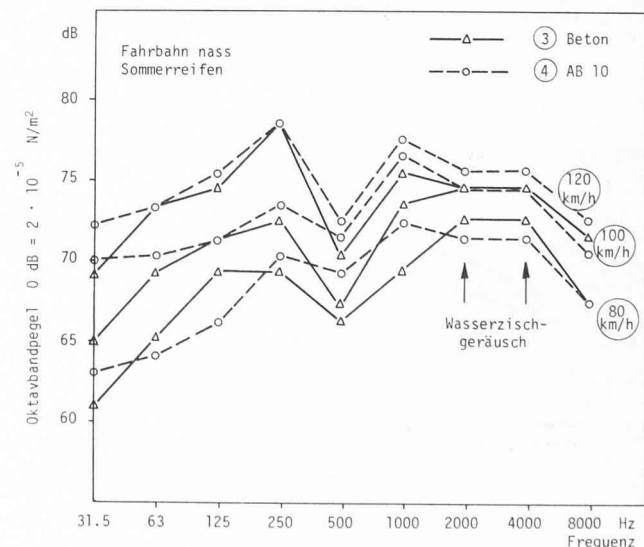
Ergebnisse der Messungen

Vergleich verschiedener Fahrbahnoberflächen

In Bild 4 ist der *Summenpegel* L_A (dB(A)) der Rollgeräusentwicklung der untersuchten Beläge in Funktion der Rollgeschwindigkeit für die Belagszustände nass und trocken dargestellt. Das Ergebnis bezieht sich auf die Messungen mit dem Sommerreifen. Der logarithmische Abszissenmassstab wurde gewählt, damit die Rollgeräusentwicklung $L_A = 10 (\log a + b \log v)$ - nichtlineare Regression - für die Geschwindigkeiten 80, 100 und 120 km/h als Gerade dargestellt werden kann.

<i>Belag</i>	<i>trocken</i>	<i>nass</i>
① Beton unbefahren	$L_A = -3,1 + 40.19 \log v$	$L_A = 45,4 + 17.17 \log v$
② Beton mit Rillen	$L_A = 14,9 + 34.34 \log v$	$L_A = 35,4 + 23.00 \log v$
③ Beton fugenlos	$L_A = -2,7 + 39.81 \log v$	$L_A = 33,4 + 23.00 \log v$
④ Asphalt AB 10	$L_A = -13,7 + 45.66 \log v$	$L_A = 22,9 + 28.49 \log v$
⑤ OB Splitt 10/16	$L_A = 7,9 + 34.34 \log v$	$L_A = 11,3 + 33.96 \log v$

Das Verhalten des querverillten Betonbelages weicht, wie bereits erwähnt von dem der Beläge ①, ③, ④, ⑤ ab. Die geringen Wasserverdrängungsgeräusche, als Folge der Rillen,



513

heben die Oktavbänder 2 und 4 kHz vergleichsweise nur wenig an. Weiter kann das in die Rillen verdrängte Wasser zu einer gewissen Reduktion der Texturtiefe führen; damit vermindern sich die dominanten spektralen Energieanteile insbesondere auch im Oktavband 1 kHz, und es ergibt sich ein vermindertes absolutes Mass der Rollgeräuschentwicklung des nassen relativ zum trockenen Belag (Bild 7).

Der Einfluss des Reifens wurde auf den beiden Strecken ① Beton unbefahren und ② Beton unbefahren mit Querrillen getestet.

Summenpegel dB(A): Bild 8 zeigt, dass sich für die beiden Reifen Sommerreifen Michelin XAS und Winterreifen

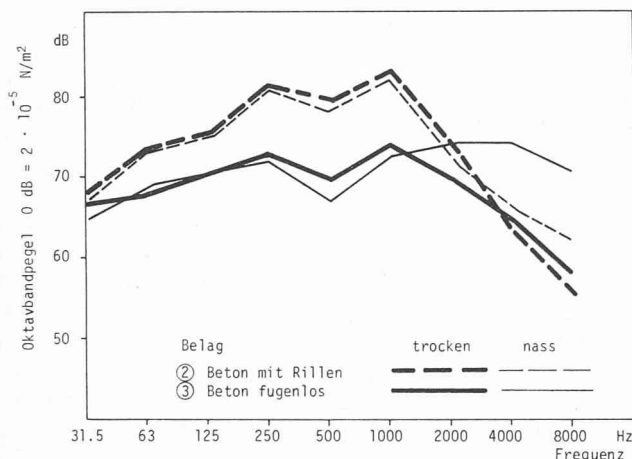


Bild 7. Oktavbandspektrum der Beläge ② und ③ für die Geschwindigkeit 100 km/h

Semperit PR4 Unterschiede im Summenpegel von maximal 2 dB(A) ergeben.

Schmalbandanalyse: Die Diagramme in Bild 9 zeigen, wie die gerillte Belagsstruktur den Einfluss des Reifenprofils verwischt, durch relativ gleichmässige Verteilung der spektralen Energieanteile auf die Oktavbänder der Bandmittenfrequenzen von 500 und 1000 Hz, was insbesondere beim Winterreifen ausgeprägt in Erscheinung tritt. Dies führt zur Feststellung, dass der Einfluss des Reifenprofils auf die Geräuschemission um so grösser ist, je feiner die Oberflächentextur der Fahrbahn und je grösser die Profilüberhöhung der Reifenlauffläche ist.

Vergleich Beton/Asphalt in Tunneln

Bei diesen Untersuchungen wurden zwei Aspekte betrachtet:

- Veränderung des Rollgeräusches in der Fahrzeugkabine bei Wechsel der Umgebung (Freifeld/Tunnel)
- Unterschiede verursacht durch die Fahrbahnbeläge (Beton-/Asphalt)

Im Tunnel wird die Schallausbreitung durch die Tunnelwände gestört. Je nach deren Form und Beschaffenheit wird die Schallenergie mehr oder weniger reflektiert bzw. absorbiert.

Bei der Geräuschmessung im Innern der Fahrzeugkabine fällt auf, dass die dominanten spektralen Energieanteile in den Oktavbändern unterhalb 1 kHz liegen und keine ausgeprägten Maxima zeigen (Bild 10, 11).

Die Frequenzanalysen zeigen ein kovariantes Verhalten der beiden untersuchten Betonbeläge für die Randbedingungen Freifeld und Tunnel, d.h. die Innengeräuschspektren sind

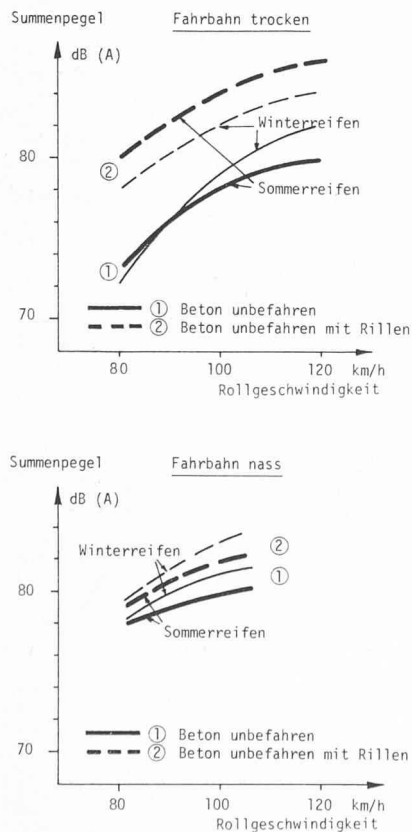


Bild 8. Einfluss des Reifens
Summenpegel in Funktion der Rollgeschwindigkeit

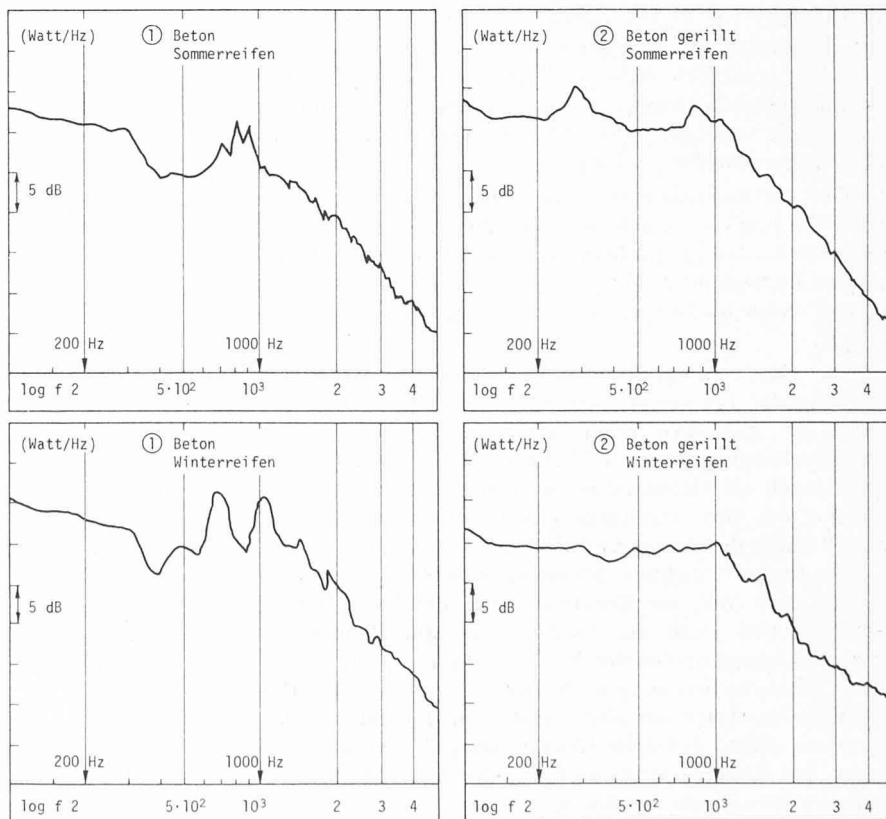


Bild 9. Einfluss des Reifens
Schmalbandanalysen
Fahrbahn trocken, Geschwindigkeit 100 km/h

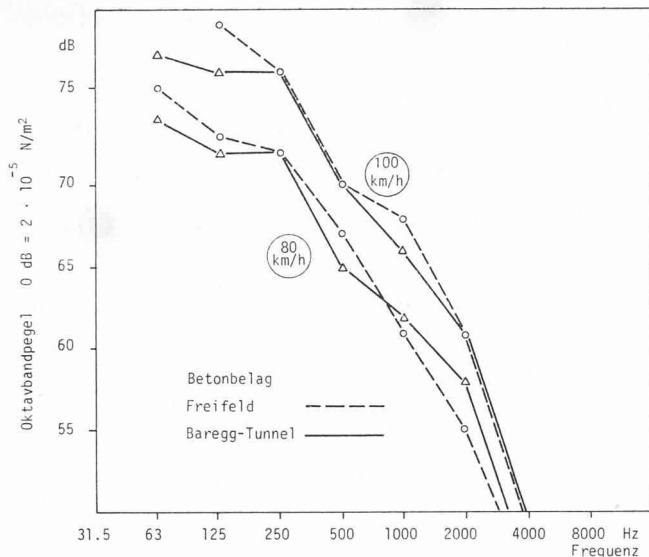


Bild 10. Oktavbandspektren der Rollgeräusche in der Fahrzeugkabine für die Randbedingungen Freifeld und Tunnel, Sommerreifen, Betonbelag

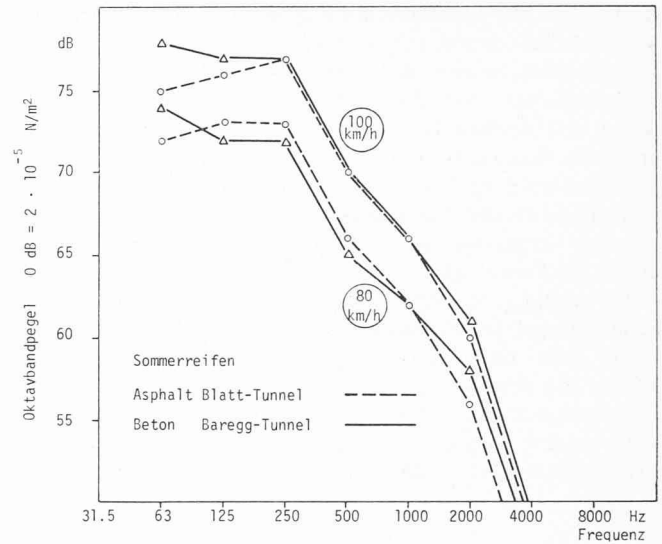


Bild 11. Oktavbandspektren der Rollgeräusche in der Fahrzeugkabine für die Beläge Beton und Asphalt in Tunneln

praktisch deckungsgleich (Bild 10). Dasselbe gilt für die Innen-geräuschkpektren der Beläge Beton und Asphalt in Tunneln (Bild 11).

Diskussion der Ergebnisse

In Tabelle 2 sind die Summenpegel in dB(A) der Rollgeräuschkentwicklung der fünf Beläge für die Zustände trocken und nass zusammengestellt.

Die untersuchten Beläge zeigen, mit Ausnahme des mit Querrillen versehenen Betonbelages, hinsichtlich Rollgeräuschkentwicklung (Summenpegel in dB(A)) keine merkbaren Unterschiede. Die Rollgeräuschkentwicklung des quergerillten Betonbelages steht quantitativ (Summenpegel L_A) und qualitativ (Frequenzspektrum) in engem Zusammenhang mit Rillenabstand, Rillentiefe und Reifenprofilierung. Das auf dieser quergerillten Fahrbahn ermittelte Mass der Rollgeräuschkentwicklung darf deshalb nicht verallgemeinert werden.

Tabelle 2. Summenpegel der Rollgeräuschkentwicklung der untersuchten Beläge

Belag	t_m	Summenpegel in dB(A)					
		trocken			nass		
		80	100	120	80	100	120
① Beton unbefahren	ca. 0,50	73	78	80	78	80	—
② Beton mit Rillen	ca. 1,20	80	84	86	79	82	—
③ Beton fugenlos	0,34	73	77	80	77	80	81
④ Asphalt AB 10	0,38	73	78	81	77	80	82
⑤ OB Splitt 10/16	2,60	73	77	79	76	79	82

Tabelle 3. Summenpegel der Rollgeräuschkentwicklung eines Beton- und eines Asphaltbelages in Tunneln

Belag		Geschwindigkeit	
		80 km/h	100 km/h
Baregg-Tunnel	Beton	67 dB(A)	73 dB(A)
Blatt-Tunnel	Asphalt	68 dB(A)	72 dB(A)

Mit Ausnahme des mit Rillen versehenen Belages entsteht bei Nässe, infolge Anhebung der Oktavbänder 2 und 4 kHz (Wasserverdrängungsgeräusch), eine grössere Rollgeräuschkentwicklung, besonders im Bereich kleinerer Geschwindigkeiten.

Ein Zusammenhang der Rollgeräuschkentwicklung mit der mittleren Texturtiefe der Fahrbahnoberfläche kann aus diesen Ergebnissen nicht ohne weiteres abgeleitet werden. Die Ergänzung mit vergleichbaren Messergebnissen aus Frankreich [4] und Japan [5] lässt jedoch eine gewisse Tendenz der Zunahme des Rollgeräusches mit zunehmender Texturtiefe, bis ca. 1,0 mm, erkennen (Bild 12).

Im allgemeinen nimmt mit zunehmender Texturtiefe auch die Schallabsorption durch die Belagsoberfläche zu. Der Belag mit Oberflächenbehandlung (⑤), mit einer Texturtiefe von 2,6 mm und einem Mass der Rollgeräuschkentwicklung entsprechend dem der Beläge mit Texturtiefen um 0,5 mm zeigt deutlich, dass die mittlere Texturtiefe ab ca. 1,0 mm nicht mehr das alleinige Kriterium für das absolute Mass der Rollgeräuschkentwicklung ist.

In Tunneln wird die Schallausbreitung durch die das Schallfeld begrenzenden Tunnelwände gestört. Das resultie-

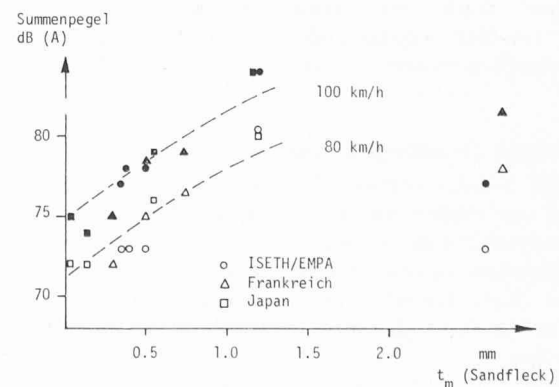


Bild 12. Summenpegel der Rollgeräuschkentwicklung in Funktion der mittleren Texturtiefe

rende Mass der Schallpegelerhöhung durch Schallreflexionen wird einerseits bestimmt durch Form und Beschaffenheit der Tunnelwände, andererseits durch das Frequenzspektrum des Rollgeräusches. Da die Rollgeräuschkurven der Beläge Beton und Asphalt bei mittleren Texturtiefen $t_m < 0,5$ mm praktisch deckungsgleich sind, hängt das Mass der Schallpegelerhöhung in Tunneln ausschliesslich von Form und Beschaffenheit der Tunnelauskleidung ab.

Bei ungenügender Schalldämmung (Schallisolation) durch die Fahrzeugkabine kann sich also in Tunneln relativ zum Freifeld (ungestörte Schallausbreitung) auch der Innengeräuschpegel (Kabinengeräusch) erhöhen. Für den Betonbelag unter den Randbedingungen Freifeld/Baregg-Tunnel konnte mit dem verwendeten Testfahrzeug in bezug auf den Innengeräuschpegel kein wahrnehmbarer Unterschied festgestellt werden. Ebenfalls erwiesen sich die beiden untersuchten Beläge Beton und Asphalt hinsichtlich der Rollgeräuschent-

wicklung in der Fahrzeugkabine in Tunneln als völlig gleichwertig (Tabelle 3).

Literaturverzeichnis

- [1] Underwood, M. C. P.: «A preliminary investigation into lorry tire noise». TRRL Äport LR 601.
- [2] Harland, D. G.: «Rolling noise and vehicle noise». TRRL Laboratory Report 652.
- [3] Rathé, E. J.: «Über den Lärm des Strassenverkehrs», *Acustica*, Heft 5, 1966.
- [4] Gachignard, G., Sardin, P.: «Influence de la nature de la chaussée sur le bruit produit par le contact pneumatique/chaussée». *Bull. Liaison Labo. PetCh.* 74 nov/déc 74.
- [5] Kaneyasu, Kozo: «Vehicle noise and tire noise». Annual Report of Roads 1974, Japan Road Association.

Adresse der Verfasser: R. Pelloli, dipl. Bauing. ETH, Institut für Strassen-, Eisenbahn- und Felsbau, ETH Höggerberg, 8093 Zürich, und E. Eichenberger, dipl. El.-Ing. ETH, EMPA, 8600 Dübendorf.

Vorschlag für eine neues Zürcher S-Bahn-Konzept mit einer Zürichberglinie West über Oerlikon

Von Josef Oltivanyi und Hans-Uli Peter, Zürich

In der Abstimmung vom 20. Mai 1973 hat das Zürchervolk eine kombinierte U-Bahn / S-Bahn-Vorlage abgelehnt. Zurück blieben die ungelösten Probleme des öffentlichen Verkehrs der Region Zürich und der überlastete Kopfbahnhof Zürich mit dem Engpass der Verbindung Hauptbahnhof—Oerlikon. Initiativen für den Ausbau einzelner Teilstrecken wie der Glatttallinie oder für die Einführung der Sihltallinie müssen zum vornherein am überlasteten Hauptbahnhof scheitern, obwohl bei der Sihltalbahn beispielsweise die notwendigen Gleisanlagen vorhanden wären. Seit einiger Zeit bemüht sich die *Behördenkommission des Kantons Zürich* um eine neue Lösung.

Verbesserungen des öffentlichen Verkehrs müssen generell in zwei Richtungen erfolgen. Für den Fahrgast sind einerseits neue attraktive Verbindungen, Verbesserungen im Verkehr zu schaffen, andererseits ist ein rationeller Betrieb anzustreben, damit die gewonnenen Vorteile nicht zu teuer erkauft werden müssen. Beide Forderungen können am besten mit der Bildung von Durchmesserlinien gleichzeitig erfüllt werden.

Durchmesserlinien

Die Verbindung von radial auf das Stadtzentrum zuführenden Zulaufstrecken zu Durchmesserlinien, die auf dem Stadtgebiet mehrere Haltepunkte bedienen, erweitert den durch die S-Bahn direkt (ohne Umsteigen) erschlossenen Bereich, vermeidet unerwartete Verkehrskonzentrationen am Zentralbahnhof und schafft neue, direkte, schnellere Verbindungen nicht nur zwischen Region und Stadtgebiet, sondern auch zwischen den Regionalzentren und den städtischen Ballungszentren.

S-Bahn-Konzept Zürichberglinie Ost

Da die S-Bahn-Vorlage 73 einen Tunnel durch den Zürichberg von Stadelhofen nach Stettbach/Dübendorf vorsieht, bezeichnen wir das Projekt als Konzept Zürichberglinie Ost, im Gegensatz zu dem von uns vorgeschlagenen S-Bahn-System mit einem Tunnel zwischen Bahnhof Museumstrasse und Bahnhof Oerlikon, das wir Konzept Zürichberglinie West nennen wollen.

Das offizielle S-Bahn-System Zürichberglinie Ost sieht als Grundidee einen tiefliegenden Durchlaufbahnhof Museumstrasse seitlich des Hauptbahnhofes vor, der den heutigen

Hauptbahnhof ergänzen und entlasten soll, indem hier ein Teil des Nahverkehrs der Region Zürich zusammengefasst wird. Von Westen soll die Käferberglinie aus Oerlikon mit Verkehr aus den Richtungen Bülach—Schaffhausen, Kloten—Effretikon, Wallisellen—Winterthur an diesen Durchlaufbahnhof angeschlossen werden, während von Osten die rechtsufrige Seebahn und zusätzlich über Stadelhofen—Stettbach, durch den neu zu bauenden Zürichbergtunnel Ost, die Linien Uster—Wetzikon, Pfäffikon—Hinwil und ebenfalls Effretikon—Winterthur geführt werden.

Bild 1 zeigt die Streckenführung der S-Bahn-Vorlage 73, also des Konzepts Zürichberglinie Ost.

Weitere Zulauflinien wie die Limmattalstrecke, linksufrige Seebahn und die Strecke vom Knonaeramt werden teils in den heutigen Hauptbahnhof teils in einen zusätzlichen oberirdischen Nahverkehrs-Kopfbahnhof Seite Sihlpost geführt. (Der Fernverkehr bleibt wie bisher im alten Hauptbahnhof.)

Bild 2 zeigt die Streckenbelegung des Konzepts Zürichberglinie Ost im Grundfahrplan, wie wir sie den uns zur Verfügung gestellten Unterlagen (ohne Betriebskonzept) entnommen haben. Die dicken Linien in der Abbildung bedeuten dabei eine Belegung von einem S-Bahnzug je 30 Minuten, wobei ein Vergleich mit dem heutigen Betrieb der rechtsufrigen Seelinie zeigt, dass mit Zugsintervallen von 15 Minuten für den Endausbau eine Erhöhung der Zugzahl um 100% vorgesehen ist.

Beurteilung des Konzepts Zürichberglinie Ost

Da es sich bei unserem Vorschlag um eine *Projektstudie* und nicht um ein Projekt handelt, kann ein Vergleich der beiden Vorschläge lediglich unter den Aspekten Verkehrswert, Attraktivität und erzielbare Verbesserungen für den Betrieb erfolgen, nicht aber in bezug auf bauliche Einzelheiten. Wie bereits erwähnt, sieht das Konzept Zürichberglinie Ost vor, den Nahverkehr der Region Zürich teilweise im Durchlaufbahnhof Museumstrasse, teilweise im alten Hauptbahnhof oder in einem seitlichen Kopfbahnhof Sihlpost zusammenzufassen.

In Bild 2 fällt auf, dass beim Bahnhof Zürich ein *Ungleichgewicht* des Verkehrs auftritt, indem die Westseite des Bahnhofes viel mehr Zubringerlinien aufnimmt als die Ostseite. Durchmesserlinien können aber nur gebildet werden, wo auf der