

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 59 (2018)
Heft: 1

Artikel: Vom Geowissenschaftler über Wolkenschnüffler zum Belagsflüsterer
Autor: Hammer, Emanuel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088150>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

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

Vom Geowissenschaftler über Wolkenschnüffler zum Belagsflüsterer

Emanuel Hammer

Zusammenfassung

Mit Blinklicht unterwegs auf lärmarmen Belägen, leise Reifen für einen Porsche Panamera testen, in virtueller Realität den Strassenlärm darstellen, digitale Bildanalyse von Bohrkernen aus Strassenbelägen durchführen und die Lärmwirkung von Tempo 30 situativ beurteilen. Dies sind einige meiner spannenden Tätigkeiten als Projektleiter in der Forschung & Entwicklung bei Grolimund + Partner AG. Dabei liegt der Fokus meiner Arbeit im Finden kundenorientierter, praxisbezogener und innovativer Lösungen im Bereich Lärmschutz.

1 Steckbrief zur Person



Abb. 1 Emanuel Hammer, Autor des Artikels.

Name:	<i>Emanuel Hammer</i>
Geburtsjahr:	<i>1986</i>
Funktion:	<i>Projektleiter der Abteilung Forschung & Entwicklung, Grolimund + Partner AG</i>

Adresse des Autors: Emanuel Hammer, Thunstrasse 101a, CH-3006 Bern; E-Mail: ehammer@hotmail.ch

Ausbildung

2014	Paul Scherrer Institut: Dr. sc. ETH Zürich in Aerosolphysik; Doktorarbeit: <i>Activation properties of cloud condensation nuclei in liquid clouds and fog.</i>
2011	Universität Bern: MSc in Klimawissenschaften mit Spezialisierung in Atmosphärenwissenschaften; Masterarbeit: <i>Calculation and interpretation of cloud peak supersaturations at the Jungfrauoch.</i>
2009	Universität Basel: BSc in Geowissenschaften, Major in Umweltgeowissenschaften

Berufserfahrung

11.2014 –	Projektleiter bei Grolimund + Partner AG; Abteilung: Belagsakustik, Forschung & Entwicklung
04.2010 – 10.2014	Doktorand am Paul Scherrer Institut, Labor für Atmosphärenchemie, Abteilung Aerosolphysik
10.2010 – 06.2014	Mitarbeiter im Besucherzentrum psi forum
02.2009 – 08.2009	Praktikum: Baudirektion Kanton Zürich, AWEL, Abteilung Lufthygiene

Weiterbildungen

04.2017 – 10.2017	CAS Innovationsmanagement, Berner Fachhochschule
10.2016 – 12.2017	Vorlesung Bituminöse Werkstoffe, ETH Zürich, Prof. Dr. Manfred Partl
09.2015 – 01.2016	CAS Forschungsmanagement, Universität Bern, Module “Projektmanagement im Forschungskontext” und “Qualitätsmanagement in der Forschung”
01.2015 – 05.2015	Lärm- und Schallschutz, Werner Stalder
10.2014 – 11.2014	Strassenbau: “Beläge” und “Strassenbau – Vertiefung”, imp Bautest, Oberbuchsitzen

2 Einblicke in die Praxis

Als Projektleiter der Abteilung Forschung & Entwicklung des Ingenieurunternehmens Grolimund + Partner AG leite und bearbeite ich hauptsächlich Forschungsprojekte im Themenbereich des Lärmschutzes. Dabei geht es um die Erarbeitung von Forschungsideen sowie auch um die Ausarbeitung und Verfeinerung der Fragestellungen von bestehenden Projekten. Die Themenbereiche sind meist in den von Grolimund + Partner AG sich befindenden Dienstleistungen, aber nicht ausschliesslich. So sind auch Forschungsprojekte bezüglich nachhaltiges Bauen, 3D-Modellierungen von Bohrkernen, Ermittlung der Lärmemissionen verschiedener Fahrzeuge im tiefen Geschwindigkeitsbereich und Ähnliches möglich.

2.1 Ermitteln der akustischen Wirkungsmechanismen von lärmarmen Belägen

Ein wichtiger Themenbereich für die Abteilung Belagsakustik bei Grolimund + Partner AG ist der Strassenlärm. Mit dem Forschungsprojekt VSS (Egger et al. 2017; Hammer et al. 2016) konnte gezeigt werden, dass im Strassenlärm bereits ab sehr tiefen Geschwindigkeiten das Rollgeräusch, also das Geräusch, welches durch die Interaktion der Reifen mit der Fahrbahn entsteht, im Vergleich zum Motorengeräusch dominiert. Bei modernen Personenwagen kann das sogenannte Rollgeräusch bereits ab 15 km/h dominierend sein. Somit ist die Quelle für die Entstehung des Strassenlärms hauptsächlich der Strassenbelag sowie der Fahrzeugreifen. Seit knapp zehn Jahren wird mit lärmarmen Strassenbelägen (im Volksmund “Flüsterbeläge” genannt) versucht, den Strassenlärm zu reduzieren, um dabei eine wirtschaftlichere und ästhetischere Lösung gegenüber Lärmschutzwänden bieten zu können.

Grolimund + Partner AG hat ein Messsystem, die CPX (close proximity)-Anhängermessmethode (ISO 11919-2, 2017), mit entwickelt (Abb. 2a,b). Damit können die akustischen Eigenschaften von Strassenbelägen gemessen werden. Während der Tests wird die Strasse mit je zwei Reifen eines PW-Profiles und eines LKW-Profiles mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h abgefahren, um den Schall, welcher die Strasse durch die Interaktion der Reifen und der Fahrbahn emittiert, zu ermitteln. Sowohl beim linken als auch am rechten Reifen des CPX-Anhängers befinden sich je zwei Mikrofone, eines vor und das andere hinter der Kontaktstelle zwischen Reifen und Belag. Denn die Lärmentstehungsmechanismen hinter dem Reifen unterscheiden sich von jenen vor dem Reifen, weil vorne die Luft vom Reifen in den Strassenbelag gepresst wird und hinten am Reifen eher eine Sogwirkung entsteht (Sandberg & Ejsmont 2002). Somit nehmen vier Mikrofone jegliche durch die Interaktion der Reifen mit dem Strassenbelag entstehenden Geräusche auf.

Bei diesen Messungen wird ein Strassenbelag ein- bis dreimal (je nach Genauigkeitsbestimmungen des Auftrages) abgefahren. Oft werden die Messungen von einem bis mehreren Auftraggebern an einem Tag kombiniert. Da diese Messungen nur bei trockener Strasse durchführbar sind, ist diese Arbeit meistens mit schönem Wetter verbunden, was eine angenehme Abwechslung zum Büroalltag darstellt. Falls es die Verkehrslage tagsüber nicht zulässt, mit konstanter Geschwindigkeit von 50 km/h über den Strassenbelag zu fahren, kann es auch mal vorkommen, dass die Messungen in der Nacht durchgeführt werden, was beispielsweise bereits in der Stadt Zürich oder Genf angewendet werden musste.

Die gesammelten Messdaten werden in eine Datenbank eingelesen und ausgewertet, um für jedes Streckensegment von 20 m die akustische Belagsgüte in Form eines Rollgeräuschpegels der gemessenen Strecke auszuweisen. Diese Daten sind weltweit vergleichbar, da das Messsystem nach Norm (ISO 11819-2 2017) gebaut wurde und nach derselben Norm gemessen wird. Manchmal werden die Daten für Lärmberechnungsmodelle aufbereitet. Sie dienen dem Vollzug der Lärmschutzverordnung (Der Schweizerische Bundesrat 1986), damit diese in der Lärmemissionsmodellierung möglichst einfach berücksichtigt werden können, ohne dabei aber die akustische Variabilität der Strassenbeläge zu vernachlässigen.

Mit der CPX-Anhängermethode wird einerseits flächendeckend der akustische Zustand der Strassenbeläge und zudem die akustische Qualität von lärmarmen Belägen sowie deren Optimierungsmöglichkeiten ermittelt. Da diese Aussagen in Abweichung von einem schweizweit bekannten Referenzmodell gemacht werden (Heutschi 2004), kann so die akustische Qualität aller lärmarmen Beläge in der Schweiz miteinander verglichen werden.

Mit diesem in Abb. 3 gezeigten Messsystem werden fast alle in der Schweiz eingebauten lärmarmen Strassenbeläge im Auftrag der jeweiligen Bauherren erfasst. Einige Bauherren bauen Testbeläge ein oder möchten einen speziellen Belag genauer analysiert haben. Für diesen speziellen Zweck werden Wirkungsanalysen durchgeführt. Dazu werden die genauen Lärmentstehungsmechanismen aus den einzelnen Frequenzen des Rollgeräuschspektrums detailliert ermittelt, indem



Abb. 2a (oben) und 2b (unten) CPX Anhängermethode von Grolimund + Partner AG während der Einrichtung des Messsystems. a) Der Messtechniker richtet die beiden Mikrofone bei geöffnetem Anhängerflügel aus und kalibriert diese zugleich. b) Der Messingenieur überprüft das Kalibrationssignal am Messlaptop, welcher sich auf einem Tisch auf dem Beifahrersitz befindet.



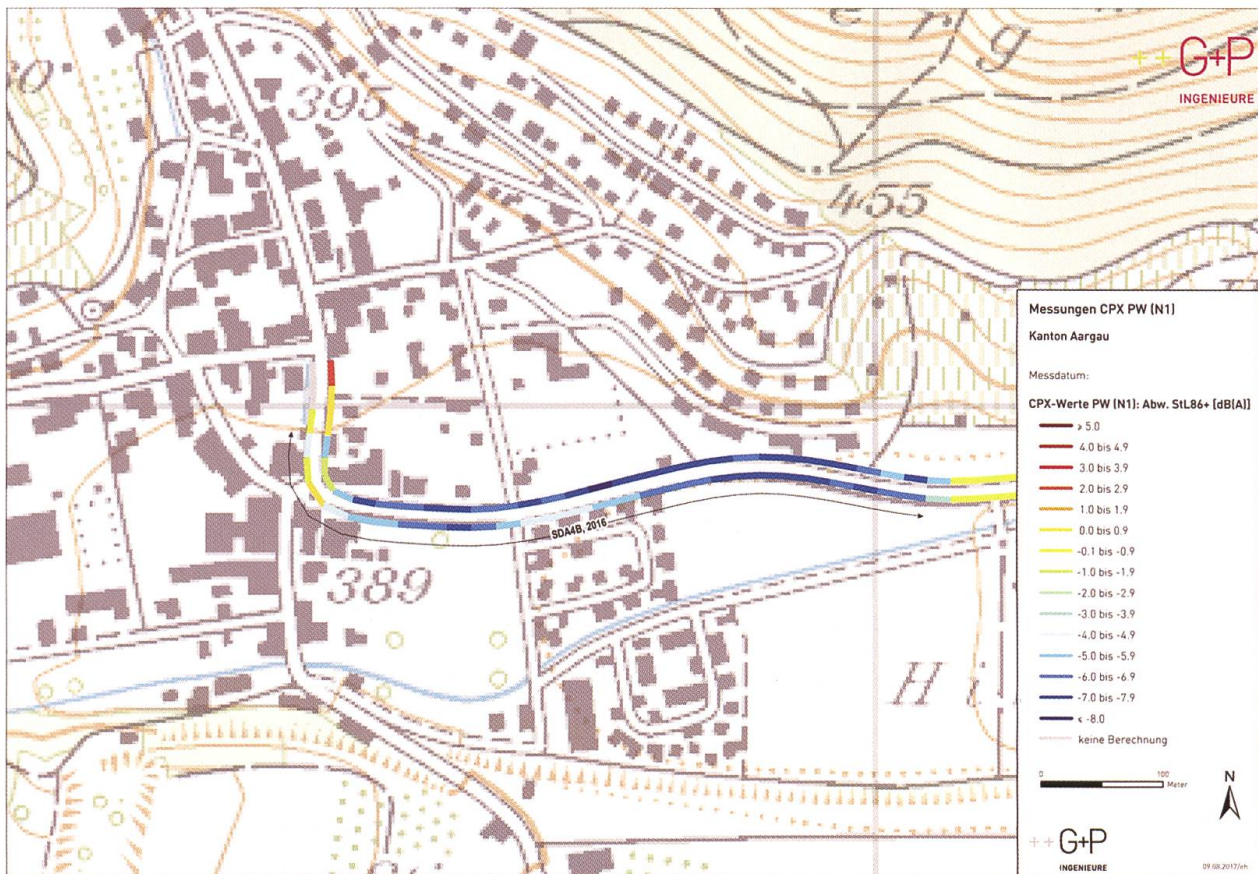


Abb. 3 Mit GIS visualisierte akustische Belagsgüte (Rollgeräuschpegel in dB(A)) für das PW-Profil eines lärmarmen Strassenbelags im Kanton Aargau. Dabei ist der Rollgeräuschpegel in beide Richtungen und für jeweils 20 m ausgewiesen.

zusätzlich zur CPX-Messung in-situ Schallabsorptionsmessungen und Parameter der Belagsbeschaffenheit (Lasertextur sowie Luftströmungswiderstand für die Porenzugänglichkeit) ermittelt werden (Abb. 4). Bei der Datenanalyse geht es im nächsten Schritt darum, das Zusammenspiel der Texturoberflächen der Strassenbeläge mit den Daten der Porenzugänglichkeit sowie der Akustik detailliert zu erörtern und für den Kunden (z. B. Bauherr oder Bauunternehmung) Resultate und Interpretation aufzubereiten. Letztere brauchen diese für die weitere Planung von lärmarmen Belägen. Die Datenanalyse basiert auf Datenbanken sowie Datenanalysetools wie Wavemetrics IGOR und R. Die Resultate werden oft in Form eines Berichtes oder auch einer Präsentation aufbereitet, so dass der Kunde dies für die interne als auch externe Kommunikation zielgruppenorientiert weiterverwenden kann.

Diese Aufträge sind jeweils kleinere, jährlich wiederkehrende Projekte und gehören zum “daily business” der Abteilung Belagsakustik von Grolimund + Partner AG. “Daily” ist hier jedoch nicht ganz der korrekte Ausdruck, weil, sobald der Strassenbelag feucht oder gar nass ist, “Zisch”-Geräusche entstehen, welche nach Norm nicht mitgemessen werden sollen, da vergleichbare Messungen so nicht mehr möglich sind. Wenn die Temperaturen unter 5 °C fallen, ist es nicht nur dem Messingenieur zu kalt, den Reifenwechsel am CPX-Anhänger vorzunehmen, sondern verhält sich auch die Schallentstehung der Rollgeräusche nicht mehr linear, wie es der Fall ist, wenn die Lufttemperatur zwischen 5 und 35 °C beträgt. Aus diesen Gründen werden die CPX-Messungen nur bei Lufttemperaturen zwischen 5 und 35 °C und bei trockenen Strassenbelägen durchgeführt.



Abb. 4 Schallabsorptions-Luftströmungswiderstand- sowie Lasertexturmessungen auf einem lärmarmen Belag. Links im Bild befindet sich der 2 Meter lange Balken, an welchem der Laser befestigt ist, um die Oberflächentextur zu messen. Rechts montiere ich den Lautsprecher, welcher mit dem untenstehenden Mikrofon die Schallabsorption des Strassenbelages misst.

Für die Abteilung Forschung & Entwicklung entstehen aus diesen kleineren Projekten manchmal grössere Forschungsprojekte, wie dies im Jahr 2016 der Fall war: In verschiedenen Kantonen der Schweiz werden lärmarme Beläge eingebaut, um die Bevölkerung effektiv vor Lärm zu schützen. Bauherren können diese bei einer beliebigen Strassenbauunternehmung bestellen, da es für den Einbau solcher “semi-dichter Asphalte” eine schweizweite Norm gibt (SN 640436; VSS 2015). Trotz dieser Norm gibt es teilweise grosse Unterschiede in der akustischen Qualität bzw. des Lärminderungspotentials der eingebauten Strassenbeläge. Zudem gibt es Eigenprodukte einzelner grösserer und innovativer Strassenbaufirmen, deren Einbau- und Herstellungspraktiken von der Norm (SN 640436; VSS 2015) abweichen und somit auch eine bessere oder schlechtere akustische Qualität aufweisen können (Abb. 5).

Daraus erstellten wir im Team der Forschung & Entwicklung der Grolimund + Partner AG einen Antrag für ein Forschungsprojekt beim Bundesamt für Umwelt BAFU mit dem Ziel, Ausführungsbestimmungen zu ermitteln, um den erfolgreichen Einbau von lärmarmen Belägen zu garantieren. Dies erlaubte uns, statistische Analysen von mehreren in der Schweiz eingebauten lärmarmen Belägen durchzuführen, indem jegliche Einbau-, Mischgut-, Bohrkern- sowie Akustikparameter beigezogen wurden. Mittels multivariater statistischer Modelle konnte ich die wichtigsten Einflussgrössen für einen optimalen Einbau bezüglich Dauerhaftigkeit der akustischen Eigenschaften eruieren und in einem weiteren Schritt deren Einfluss quantifizieren. Das Resultat aus diesem Forschungsprojekt war ein Bericht mit Ausführungsbestimmungen, welcher die akustische und mechanische Dauerhaftigkeit von lärmarmen Belägen garantieren soll und als Hilfestellung für Bauherren dient (Bühlmann et al. 2017; Hammer & Bühlmann 2017).



Abb. 5 Detaillierte Dokumentierung eines Analysequerschnitts von einem lärmarmen Belag. Bei jeder Messung wird der Strassenbelag optisch begutachtet, indem auf die Zugänglichkeit der Porenstruktur geschaut wird und allfällige Verschmutzungen während der Messung oder Kornausbrüche dokumentiert werden.

2.2 Ermitteln des Lärminderungspotentials von leisen Reifen

Ein interessantes Forschungsprojekt, welches ich dieses Jahr in der Abteilung Forschung & Entwicklung bei Grolimund + Partner AG im Auftrag des Bundes und zusammen mit dem TCS erarbeitete, war die Ermittlung des Lärminderungspotentials von Reifen auf Schweizer Strassenbelägen. Denn wie oben bereits erwähnt, ist die dominierende Quelle im Strassenlärm das Rollgeräusch, welches durch die Interaktion von Reifen mit dem Strassenbelag entsteht. Somit kann man einerseits die Strassenbeläge auf Lärminderung optimieren, andererseits aber auch die Reifen. Um das Lärminderungspotential von leisen Reifen zu ermitteln, haben wir unterschiedliche Reifen (EU-Reifenlabel, Profilart, Gummihärte etc.) und je einen schmalen (für Elektroautos wie BMW i3 üblich) und einen sehr breiten Reifen (für Sportwagen wie Audi RS5 oder Ford Mustang üblich) ausgesucht. Diese wurden auf einer Strecke mit unterschiedlichen, aber für die Schweiz repräsentativen Strassenbelägen (Asphaltbeton, semidichte Asphalte, Beläge mit Oberflächenbehandlung und Splitt-Mastix-Asphalt) mit dem CPX-Messanhänger auf deren akustische Eigenschaften analysiert (Abb. 6a,b).

Die selektierten Reifen weisen unterschiedliche Tragfähigkeiten auf. Dies bedeutet, dass ein breiter Reifen mit grösserem Gewicht belastet werden darf (z. B. für *Sport Utility Vehicle*, SUV-Fahrzeuge) als ein schmalerer Reifen (z. B. für Kleinfahrzeuge). Das Gewicht beeinflusst auch die Lärmentstehung, denn ein leicht beladener Reifen wird weniger stark auf die Fahrbahn gedrückt als ein schwer beladener Reifen. Da ein schmaler Reifen (<185 mm) normalerweise nicht an einem SUV montiert wird und ein sehr breiter Reifen (>245 mm Breite) nicht an einem Klein-



Abb. 6a (oben) und Abb. 6b (unten) Akkustische Vorbeirollmessungen mit abgeschaltetem Motor (Coast-by) eines breiten Reifens an einem Ford Mustang (Abb. 6a) und das CPX-Messfahrzeug mit allen im Forschungsprojekt analysierten Reifen (Abb. 6b). Die sogenannten Coast-by-Messungen dienen zur Abschätzung der Unsicherheiten bei den Messungen der Reifen an einem für die Reifen üblichen Fahrzeug (Abb. 6a) im Vergleich zu den Messungen, bei denen die Reifen am CPX-Anhänger (Abb. 6b) montiert sind.



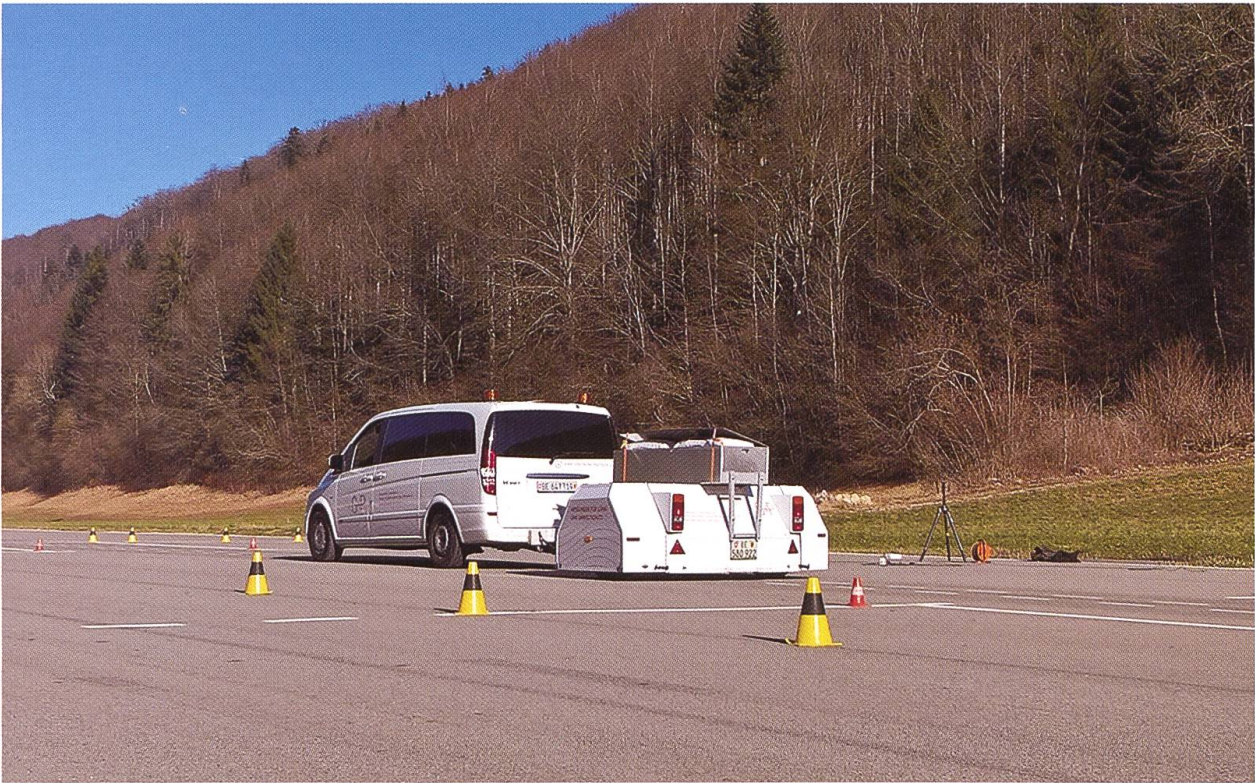


Abb. 7 CPX-Anhänger mit bei Grolimund + Partner AG entwickelter Konstruktion, um das Anhängergewicht variabel festlegen und die Messungen nach Regelung Nr. 117 der UN/ECE (United Nations 1995) durchführen zu können. Beim schmalsten Reifen wurde ein Gewicht von 20 kg benötigt und beim breitesten Reifen die Konstruktion mit Zementsäcken mit einem Gewicht von 320 kg gefüllt, um den Rollgeräuschpegel im Quervergleich unabhängig von der Reifendimension ermitteln zu können.

wagen, musste das Gewicht für den Tragfähigkeitsindex der jeweiligen Reifen angepasst werden. Aus diesem Grund konstruierte ich zusammen mit zwei bei Grolimund + Partner AG angestellten Messtechnikern einen Behälter für den CPX-Anhänger, bei dem das Gewicht mittels Zementsäcken je nach montiertem Messreifen variiert werden konnte (Abb. 7). So konnte der CPX-Anhänger für die breitesten Reifen mit 320 kg beladen werden und bei den schmalsten Reifen mit 20 kg. Jeder Reifen wurde so mit 75 % des Tragfähigkeitsindexes nach Regelung Nr. 117 der UN/ECE auf der Teststrecke gemessen.

Die Daten wurden so aufbereitet, dass jeder Belag mit jedem Reifen einen mittleren Rollgeräuschpegel erhielt. Man kann also sagen, wie laut welcher Reifen auf welchem Belagstyp ist. Bei der Datenanalyse wurde darauf geschaut, welche reifenspezifischen Parameter (wie z. B. Gummi-härte, Profiltyp, Reifendimension etc.) für ein potentielles Lärminderungspotential wichtig sind und in welchem Ausmass diese die Akustik beeinflussen.

Ein wichtiges Resultat dieses Projektes ist, dass ein leiser Reifen auf allen gemessenen Strassenbelägen leise ausfällt und es keine wesentlichen Unterschiede gibt in der Kombination von Reifen mit unterschiedlichen Strassenbelägen. Weiter wurde ein Trend bezüglich der Zunahme der Rollgeräusche mit zunehmender Reifenbreite erkannt. Dies bedeutet also, dass je breiter der Reifen ist, desto lauter wird er. Da die Projektergebnisse bis Redaktionsschluss noch nicht publiziert sind, können keine weiteren Resultate genannt werden. Diese sollen bis zum 3. Quartal im Jahr 2018 auf der Website des Bundesamtes für Umwelt BAFU einsehbar sein.

2.3 Projekte

- Analysen auf Verschmutzung von Bohrkernen mittels Computertomographiedaten
- Ermitteln des Lärminderungspotentials von leisen Reifen auf Schweizer Strassenbelägen
- Europäisches Forschungsprojekt DACH: Akustische Dauerhaftigkeit lärmmindernder dichter oder semi-dichter Asphaltdeckschichten
- Ermitteln der Zeitreihen von akustischen Belagskennwerten und Anwendung praktikabler Modelle
- Auswertungen zur Veränderungen der Lärmemissionen von Fahrzeugen
- Studie zur Ermittlung der Belagswirkung unter städtischen Gegebenheiten
- Bereinigung des Belagseinflusses an den Monitoring-Stationen der Überwachung der Lärmemissionen des alpenquerenden (Güter-) Verkehrs

3 Hinweise für den Berufseinstieg für Geographieabgänger

Beim Berufseinstieg nach meinem Doktorat am Paul Scherrer Institut war es mir hauptsächlich wichtig, die Vielfältigkeit des Jobangebotes anzuschauen. Denn als Geograph ist man für sehr viele verschiedene Berufe geeignet. Doch nach denen sucht man gewöhnlich in einer ersten Phase nicht. Ganz allgemein gesagt: Legt die Scheuklappen ab und schaut euch bei der Stellensuche in alle Richtungen um. So interessierte ich mich für verschiedene Stellenangebote und bekam einen guten und vor allem interessanten Einblick in die verschiedenen Berufsfelder.

Was ist meiner Meinung nach wichtig, um eine gute Chance in diesem Dschungel von Stellenangeboten zu haben? Ich denke, dass man vor allem seine Methodenkompetenz gut präsentieren sollte. Dazu gehören sicherlich die statistischen Fähigkeiten sowie auch die Datenanalyse mit verschiedenen Analysesoftwaren (wie z. B. R, Matlab, SPSS). Ich habe das Gefühl, dass man mit diesen Fähigkeiten auf dem heutigen Arbeitsmarkt ziemlich gut punkten kann. Deshalb empfehle ich jedem Studenten, sich dem Vorlesungsangebot mit Bezug zur Datenanalyse zu widmen.

Literatur

- Bühlmann E., Hammer E., Bueche N. & Perret J. 2017. *Ausführungsbestimmungen Akustik für semidichte Asphalte - Auswertung physischer Parameter (in German and French)*. Bern, 1–53. Online verfügbar: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/publikationen-studien/studien.html> [Eingesehen am 08.04.2018]
- Hammer E. & Bühlmann E. 2017. A guideline for sustainable low-noise pavements. *Conference Proceedings ICSV 23*.-27.7.2017. London, ohne Seitenzahl. Online verfügbar: https://www.researchgate.net/publication/318662998_A_guideline_for_sustainable_low_noise_pavements. [Eingesehen am 08.04.2018]
- Egger S., Bühlmann E., Hammer E. & Ziegler T. 2017. *Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30, Forschungsprojekt VSS 2012/214 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute*. Bern, 1–107. Online verfügbar: http://www.cerclebruit.ch/studies/vreduktion/0708_1_1_VSS_2012_214_Beurt_Laermwirkung_T30.pdf [Eingesehen am 08.04.2018]
- Hammer E., Egger S., Saurer T. & Bühlmann E. 2016. Traffic noise emission modelling at lower speeds. *Conference Proceedings ICSV 10*.-14.7.2016. Athen, 1–8. Online verfügbar: https://www.iiav.org/archives_icsv_last/2016_icsv23/content/papers/papers/full_paper_907_20160603112058726.pdf [Eingesehen am 08.04.2018]

- Heutschi K. 2004. SonRoad – Berechnungsmodell für Strassenlärm. *Schriftenreihe Umwelt Nr. 366, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft*. Bern, 1–74. Online verfügbar: http://www.laerm.ch/dokumente/SonRoad_d.pdf [Eingesehen am 08.04.2018]
- ISO 11819-2 2017. *Akustik – Messung des Einflusses von Straßenoberflächen auf Verkehrsräusche – Teil 2: Nahfeldmessverfahren (ISO 11819-2:2017)*. Deutschland, 1–74.
- Sandberg U. & Ejsmont J.A. 2002. *Tyre/road noise reference book*. Kisa (Schweden), 1–616.
- Der Schweizerische Bundesrat 1986. *Lärmschutzverordnung (LSV), 814.41*. Bern, ohne Seitenzahl. Online verfügbar: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19860372/index.html> [Eingesehen am 08.04.2018]
- United Nations 1995. *UN Regulation No. 117*. New York, 1–46.
- VSS 2015. *VSS 640436 – Semidichtes Mischgut und Deckschichten*. Zürich, ohne Seitenzahl.

Weiterführende Literatur

- Hammer E., Gloor H. & Bühlmann E. 2017. Lärmarme Beläge – erhalten was man bestellt! *Conference Proceedings Jahrestagung für Akustik*. Kiel, 1–23. Online verfügbar: http://www.cerclebruit.ch/enforcement/3/311AG_DAGA2017_HammerGloorBuehlmann_LaermarmeBelaege-ErhaltenWasManBestellt_Pub_Praesi.pdf [Eingesehen am 08.04.2018]
- Hammer E., Bühlmann E. & Ziegler T. 2015. *Forschungspaket lärmarme Beläge innerorts EP8 – Akustische Wirkung betrieblicher Reinigungsmassnahmen bei lärmarmen Belägen*. Bern, 1–65. Online verfügbar: http://www.cerclebruit.ch/studies/laermarm/0711_Forschungspaket_EP_8.pdf [Eingesehen am 08.04.2018]

