Simulation der Wirkung von Lärmschutz auf den Soundscape einer Parklandschaft

Frieder Kunz[1], Pascal Zehmer[2], Nico Petry[3]

[1] *Technische Hochschule Bingen, E-Mail: frieder.kunz@th-bingen.de*

[2] *Technische Hochschule Mittelhessen, E-Mail: pascalzehmer@web.de*

[3] *Technische Hochschule Bingen, E-Mail: n.petry@th-bingen.de*

Kurzfassung

Eine Parklandschaft direkt an der rechtsrheinischen Eisenbahnstrecke im oberen Mittelrheintal soll Teil der geplanten Gartenschau werden. Die heute gemessenen Geräusche lassen keine sinnvolle Nutzung zu. Rechnerisch werden verschiedene Lärmschutzmaßnahmen im Gelände simuliert und hörbar gemacht. Testhörer erleben die Verbesserung als spürbar aber nicht befriedigend. Kombiniert man jedoch die Eisenbahngeräusche mit anderen Geräuschen, kann es gelingen, die Eisenbahn in den Hintergrund der Wahrnehmung zu verschieben. Testhörer erleben eine befriedigende Situation.

Einleitung

Das Gelände rund um das Kloster Kamp-Bornhofen soll Teil der Bundesgartenschau 2029 werden. Die rechtsrheinische Eisenbahnstrecke verläuft hier sehr nahe an der Bebauung vorbei und verursacht eine hohe Lärmbelastung – Abbildung 2. Es sollen Werkzeuge getestet werden, die die akustische Situation im Jahr 2029 vorhersagen und bewerten.

Abbildung 1: Luftbild des Untersuchungsgebiets (google earth) mit den Messpunkten und der Eisenbahnstrecke.

Durchführung

An zwei Referenzpunkten und an verschiedenen Positionen im Gelände wurden die Vorbeifahrtspegel von Güterzügen gemessen. Die Ergebnisse wurden mit Prognoserechnungen (CadnaA) verglichen.

Für dieselben Orte wurden Kunstkopfaufnahmen und Videos angefertigt, um die akustische Umgebung, speziell während der Vorbeifahrten von Güterzügen, für Probanden hörbar zu machen – Abbildung 3 .

Eine Datenbank mit Lärmminderungsmaßnahmen wurde erstellt. Genauso wurden die Effekte verschiedener Lärmschutzwände mit CadnaA berechnet.

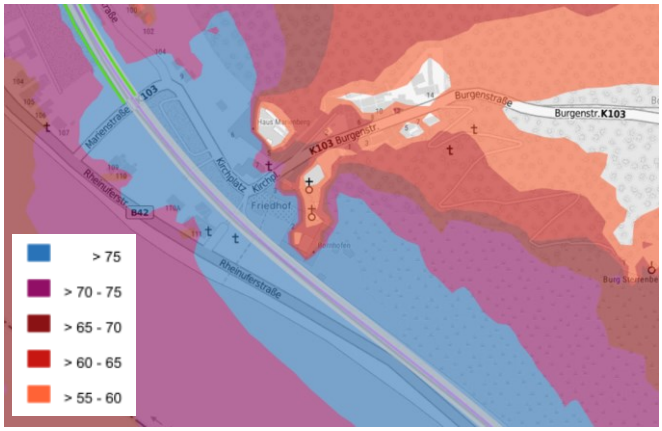

Abbildung 2: Aktuelle Lärmsituation Lden.(EBA 2017),

Anschließend wurde eine Prognose für die Zukunft gewagt, um die Lärmsituation im Jahr 2029 realistisch abzubilden. Es wurde zunächst eine Verkehrsprognose für alle Verkehrsarten (Straße, Schiene, Fluglinie, Schifffahrt) erstellt. Mit CadnaA wurden Prognoserechnungen durchgeführt, die sowohl die Vorgaben der Verkehrsprognose 2029 als auch die Anwendung der möglichen Maßnahmen berücksichtigten.

Abbildung 3: Messaufbau, Burg Sterrenberg (privat)

Die Maßnahmen wurden hörbar gemacht, indem die Kunstkopfaufzeichnungen in ArtemiS SUITE manipuliert wurden. Ein Teil der Aufnahmen wurde Probanden vorgeführt.

Messergebnisse

An jedem Messort wurden mehrere Güterzüge aufgezeichnet. Ausgewertet wurden die gemittelten Vorbeifahrtsspektren und deren Differenz zu den Spektren an den Referenzmesspunkten.

Es konnte festgestellt werden, dass Reflexionen an Gebäuden und Abschirmungen durch Hindernisse einen wesentlichen Einfluss haben.

Verkehrsprognose 2029

Die transportierte Gütermenge wird weiter zunehmen. Gleichzeitig wird die Umrüstquote der Güterwagen auf 100% steigen. Auch wird der Anteil der besonders lärmarmen Güterwagen der rollenden Landstraße steigen. Diese Effekte werden sich gegenseitig kompensieren. Der Schienengüterverkehr wird die Hauptlärmquelle bleiben bei fast gleichem Pegel [1]. Der Schienengüterverkehr wird jedoch länger zu hören sein mit einem gleichmäßigeren, weniger abwechslungsreichen Geräusch.

Modellierung in CadnaA

Kamp-Bornhofen wurde in CadnaA detailliert dreidimensional modelliert – Abbildung 4.

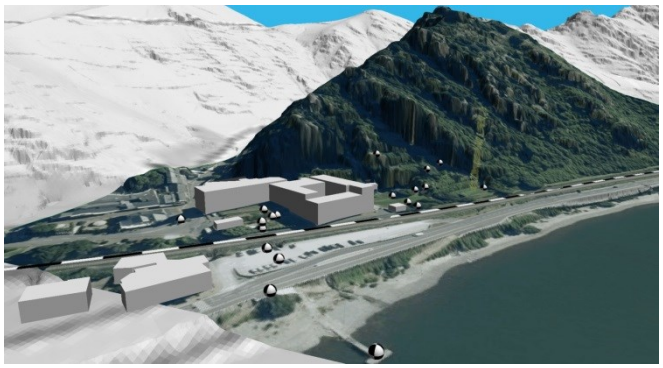

Abbildung 4: Kamp-Bornhofen in der 3D-Ansicht von CadnaA

Anschließend wurden die gemessenen Übertragungs-funktionen zwischen der Schienenquelle und den Immissionsorten, mit den in CadnaA errechneten verglichen.

Abbildung 5 zeigt die Differenz zwischen Messung und Rechnung gemittelt über alle Messorte. Oberhalb von 250 Hz beträgt die Differenz im Mittel knapp 3 dB. Abweichungen davon gibt es nur bei 63 und 125 Hz. Hier werden die Messpegel durch Reflexionen besonders stark gestört. Bis auf die wenig relevante 8-kHz-Oktav liegen die Messwerte über den berechneten. Die Resultate decken sich mit den Ergebnissen aus anderen Untersuchungen[2].

Lärmprognose mit CadnaA

Um verschiedene Entwicklungsszenarien für die Zukunft in Kamp-Bornhofen abzubilden, wurde ein Rechengebiet mit einer Rasterweite von 2 m und einer Höhe von 1,5 m in CadnaA modelliert.

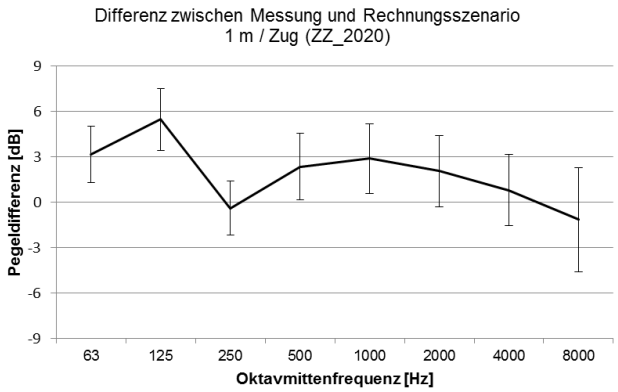

Abbildung 5: Gemittelte Differenzen der Übertragungsfunktionen von Messung und Rechnung

Alle berechneten Rasterlärmkarten zeigen den mittleren Lärmpegel am Tag. Die Einfärbung erfolgte nach einer an der Technischen Hochschule Bingen entwickelten Skala. Diese ist auf die Nutzung von Flächen für Sport, Freizeit und Erholung ausgerichtet.

Blau LAeq <50, Ruhegebiete schützen!

Hier ist die Bahn kaum zu hören und diese Gebiete sollten auch vor anderem lauten Verkehrs- oder Gewerbelärm geschützt werden. 50 dB ist als Richtwert für ruhige Gebiete relativ hoch. Pheasant [3] schlägt 42 dB(A) vor.

Grün LAeq <60, allgemeine Nutzung

59 dB(A) ist der Grenzwert der 16. BImSchV für Verkehrslärm in Wohngebieten. In den grünen Gebieten ist jede Art von Nutzung denkbar.

Gelb LAeq <67, Sport, Spiel, Gastronomie

67 dB(A) ist der Auslösewert für Lärmsanierungen. Das Eisenbahngeräusch schränkt Nutzungen deutlich ein. Hier sollten Flächen für geräuschintensive Nutzungen ausgewiesen werden.

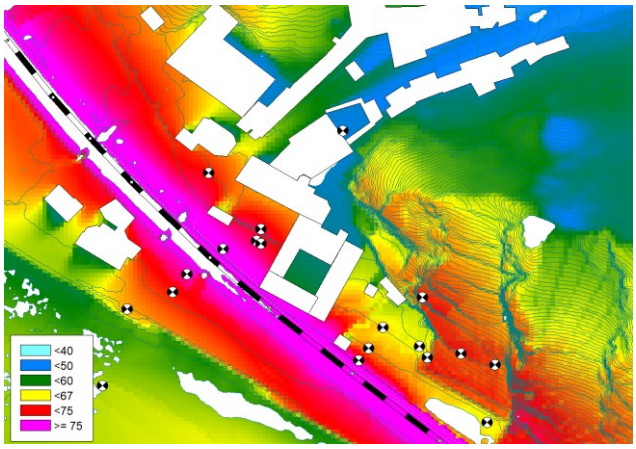

Abbildung 6: Lärmsituation 2019 am Kloster Kamp-Bornhofen

Rot LAeq>67, nur Verkehrswege

In den roten Gebieten ist die Eisenbahn sehr laut, wenn sie vorbeifährt. Hier kann es sehr schön sein, wenn kein Zug fährt. Ein längeres Verweilen sollte nicht stattfinden, da mehrmals pro Stunde laute Güterzüge vorbeifahren werden. Dabei ist nicht zu erwarten, dass Besucher in ihrer Gesundheit

gefährdet werden. Sie könnten aber negativ reagieren und den Erfolg der Gartenschau in Frage stellen.

Für 2029 wurde mit 87 Güterzügen (GZ 2030) und 63 Personenzügen gerechnet. Es wurden verschiedene Maßnahmen kombiniert. Es zeigte sich, dass nur eine 3 m hohe Lärmschutzwand ausreichende Lärmminderung bewirkt – Abbildung 7.

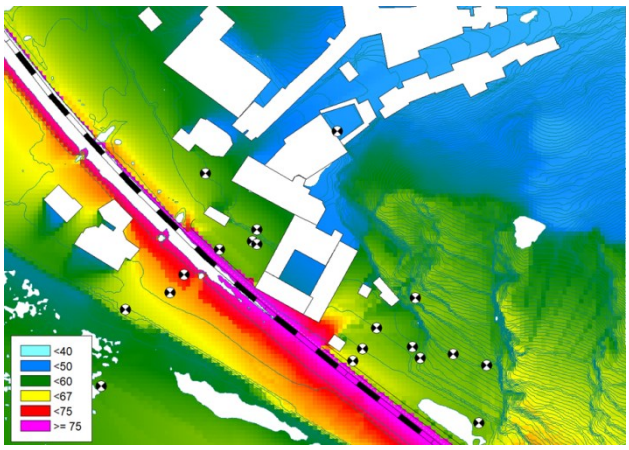

Abbildung 7: Lärmsituation 2029 am Kloster Kamp-Bornhofen mit 3 m Lärmschutzwand

Maßnahmen hörbar machen

Für einen besonders kritischen Ort in direkter Gleisnähe wurden die Maßnahmen hörbar gemacht. Dazu wurden die Aufnahmen des Kunstkopfes in ArtemiS SUITE importiert und die Maßnahmen wurden als Filter auf die Aufnahmen gelegt. Die so modifizierten Aufnahmen wurden anschließend mit verschiedenen Hintergrundgeräuschen versehen – Tabelle 2. Es wurden fünf Hörproben angefertigt – Tabelle 1

Tabelle 1 Hörproben für Probandenuntersuchung

Nr. 1:	Situation mit Güterzug vorwiegend Grauguss-Bremsen (2019 Graug.)
Nr. 2:	Situation mit Güterzug mit k-Sohle und rollende Landstraße. Ca 10 dB niedriger als 1. (2019 k-Sohle)
Nr. 3:	Situation wie 2. mit Lärmschutzwand (2029)
Nr. 4:	Situation wie 3. mit Wasserinstallation (Mask.1)
Nr. 5:	Situation wie 3. mit Wasserspielplatz (Mask.2)

Es zeigt sich, dass für die Beurteilung der Wirksamkeit der Lärmschutzwand die Qualität der Wiedergabetechnik entscheidend ist. Da Lärmschutzwände vor allem hochfrequent wirken, ist der Effekt am realistischsten mit einer Kombination von Kopfhörer und Subwoofer spürbar. Mit einfachen Lautsprechern wird der Effekt überschätzt. Basslastige Kopfhörer mindern die Wirkung.

Die fünf Hörproben wurden 21 Studierenden des 5. Semesters Umweltschutz der TH Bingen in einem Abhörraum mit geeigneten Lautsprechern in Originallautstärke vorgespielt. Es wurden die verschiedenen Eigenschaften der akustischen Umgebungen abgefragt angelehnt an den Fragekatalog der ISO 12913-2 [4].

Tabelle 2 Hintergrundgeräusche der einzelnen Situationen

Hörprobe	Hintergrundgeräusch
1,2 &3	Sommerlandschaft, Insekten, Vögel, Haustiere, Glocken
4	Park mit Menschen, Wasser, Tiere, modulierter Springbrunnen
5	Spielplatz mit Kindern, Wasser, Glocke, modulierter Springbrunnen

Abbildung 8 vergleicht die Beurteilung der akustischen Umgebung mit einer Güterzugvorbeifahrt und einem ruhigen Hintergrundgeräusch – Situationen 1, 2 und 3. Die Situation mit Lärmschutzwand – Situation 3 – wird deutlich angenehmer und weniger chaotisch wahrgenommen. Die Qualität der akustischen Umgebung ist aber immer noch nicht besonders gut und alle drei Bewertungen ähneln sich, obwohl sie sich im Pegel um über 20 dB unterscheiden.

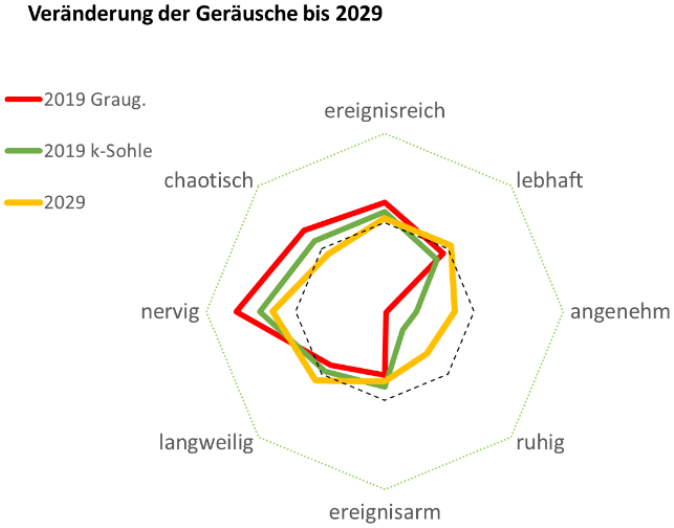

Abbildung 8: Situationen 1-3, lauter Güterzug in 2019 (Graug), leiser Güterzug in 2019 (k-Sohle) und leiser Güterzug in 2029 mit 3 m Lärmschutzwand.

Abbildung 9 vergleicht dagegen die 3 Varianten mit Lärmschutzwand – Situationen 3 bis 5. Diesen liegt das gleiche Grundgeräusch zugrunde und sie haben vergleichbare Pegel. Es zeigt sich, dass eine Maskierung mit abwechslungsreichen, anregenden Geräuschen geeignet ist, das Eisenbahngeräusch aus dem Vordergrund der Wahrnehmung zu verdrängen. Dazu ist es nicht notwendig, dass das Eisenbahngeräusch unhörbar wird. Es muss nur in seinem Pegel auf ein erträgliches Maß gemindert sein und dann mit pegelgleichen anregenden Geräuschen kombiniert werden.

Die Maskierungen ließen die akustische Umgebung als weniger nervig, als ereignisreicher und als lebhafter erscheinen. Obwohl die Lautstärke des Zuges in den beiden Hörproben nicht verringert wurde, konnte die Landschaft auf

diese Weise attraktiver gestaltet werden. Die akustische Situation mit Wasserspielplatz wurde als ereignisreicher und lebhafter als die Wasserinstallation wahrgenommen, allerdings wurde sie auch als chaotischer empfunden.

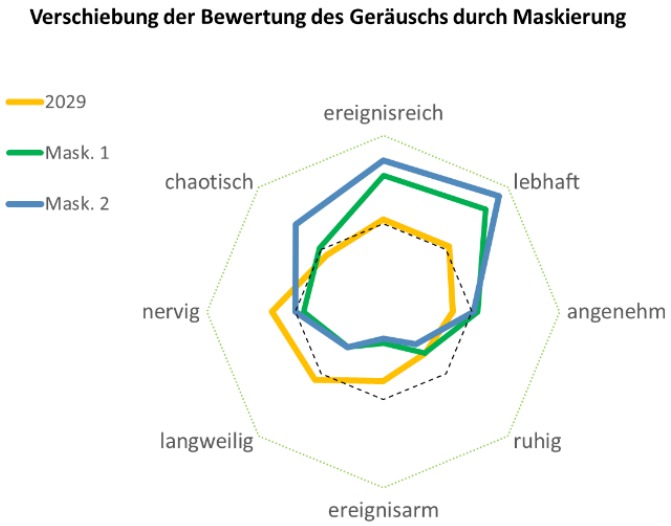

Abbildung 9: Einfluss der Maskierung auf die Bewertung der akustischen Umgebung

Zusammenfassung

Im oberen Mittelrheintal gibt es heute schon Flächen, die von Eisenbahnlärm kaum belastet sind. Solche Ruheflächen müssen erfasst, ausgewiesen und unter Schutz gestellt werden. Der Eintrag von Gewerbelärm und Straßenverkehrslärm in diese Flächen muss begrenzt werden, damit Erholungsgebiete von hohem Wert entstehen können.

Die Hörbeispiele beziehen sich auf einen Ort in unmittelbarer Gleisnähe. Hier ist und bleibt auch in 10 Jahren noch die Geräuschsituation kritisch. Ohne Lärmschutzwände sind solche Flächen für eine dauerhafte Nutzung nicht geeignet. Auch mit Lärmschutzwänden wird man die einzelnen Züge noch wahrnehmen können.

Bei einer geschickten Gestaltung der akustischen Umgebung beispielsweise mit Wasser oder dynamischen Kunstwerken ist es möglich, das Eisenbahngeräusch vom Vordergrund in den Hintergrund zu drängen. Auch an kritischen Orten in der Nähe der Gleise kann eine Verbesserung der Situation erreicht werden.

Räume mit schwierigen akustischen Umgebungen sollten zukünftig von Teams von Landschaftsplanern und Architekten sowie Akustikingenieure und Sounddesignern entwickelt werden.

Danksagung

Die Autoren danken der Entwicklungsagentur RLP für die finanzielle Förderung und die konstruktive Zusammenarbeit.

Hörbeispiele

Die binauralen Tondateien wurden hier im 24-bit .wav-Format verlinkt. Da einzelne Spitzen sehr laut sind, wurde bis 114 dB ausgesteuert. Zur Wiedergabe ist entsprechende Technik nötig. Zur Überprüfung der Aussteuerung ist auch ein Testsignal verlinkt, das mit gleicher Aussteuerung aufgenommen wurde und einen konstanten Pegel von 80 dB(A) hat.

Nr. 1: Situation mit Güterzug mit Grauguss-Bremsen (2019 Graug.)
https://seafile.rlp.net/f/b23e13206b384a3d922b/

Nr. 2: Situation mit Güterzug mit k-Sohle (2019 k-Sohle)
https://seafile.rlp.net/f/f6f9b78499d8490c8255/

Nr. 3: Situation wie 2. mit Lärmschutzwand (2029)
https://seafile.rlp.net/f/bffc350319214e08af89/

Nr. 4: Situation wie 3. mit Wasserinstallation (Mask.1)
https://seafile.rlp.net/f/e061df8ac81a4d5f8ad5/

Nr. 5: Situation wie 3. mit Wasserspielplatz (Mask.2)
https://seafile.rlp.net/f/76af6b0437ae4ea9b6dd/

Testgeräusch mit 80dB(A)
https://seafile.rlp.net/f/d5ce7261763449a08981/

Literatur

[1] P. Zehmer, „Planung der Klanglandschaft am Kloster Kamp-Bornhofen im Rahmen der Bundesgartenschau 2029“, THM, Fachbereich 4, Gießen, Masterthesis, 2019.

[2] P. Karantonis, T. Gowen, und M. Simon, „Further comparison of traffic noise prediction using the CadnaA and SoundPlan noise prediction models.“, in *Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics, ICA*, [Online]. Verfügbar unter: acoustics.asn.au/conference_proceedings/ICA2010/cdrom-ICA2010/papers/p730.pdf.

[3] R. Pheasant, K. Horoshenkov, G. Watts, und B. Barrett, „The acoustic and visual factors influencing the construction of tranquil space in urban and rural environments tranquil spaces-quiet places?“, *The Journal of the Acoustical Society of America*, Bd. 123, Nr. 3, S. 1446–1457, März 2008

[4] „ISO12913-2 Acoustics - Soundscape - Part 2: Data collection and reportion requirements“. Aug-2018.