TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Additiv gefertigte Akustikabsorber aus Ton

Entwicklung einer monomateriellen schallabsorbierenden Struktur aus Ton mithilfe von 3D-Druck

Stefanie Appelgrün
Digitales Gestalten, Wintersemester 2024/2025

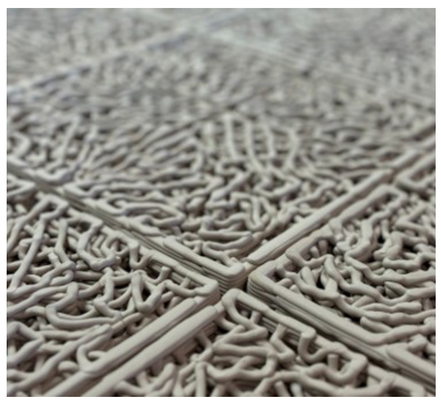

Bild 1 (Gedruckte Struktur)

Problemstellung

Die zunehmende Lärmbelastung im urbanen Raum erfordert es, nachhaltige Materialien auch in der Raumakustik neu zu denken. Herkömmliche Akustikmaterialien bestehen meist aus kunststoffbasierten Schäumen, die schwer recyclebar, ressourcenintensiv und mit hohen CO_2-Emissionen verbunden sind.

Motivation

Im Gegensatz dazu wollte ich mit einem nachhaltigen, natürlichen Baustoff arbeiten: Ton – ein traditionsreiches Material, das in der zeitgenössischen Architektur wieder an Bedeutung gewinnt. Während seine klimaregulierenden und hygrothermischen Eigenschaften umfassend untersucht sind, ist sein akustisches Potenzial bislang kaum erforscht. Genau hier setzt meine Arbeit an: Sie untersucht, wie Ton durch additive Fertigung zu einem akustisch wirksamen Schallabsorber weiterentwickelt werden kann.

Stand der Forschung

Im Rahmen einer umfangreichen Recherche wurden zunächst der aktuelle Forschungsstand zu additiv gefertigten Tonstrukturen sowie die akustischen Eigenschaften anderer poröser Materialien analysiert. Dabei zeigte sich, dass akustische Wirksamkeit nicht allein vom Material, sondern in hohem Maße von der Geometrie abhängt. (Abb. 3) Die additive Fertigung eröffnet hierbei neue Möglichkeiten: Sie erlaubt die Herstellung komplexer, individuell angepasster Strukturen. Obwohl Ton selbst keine ausgeprägten schallabsorbierenden Eigenschaften besitzt, bietet die gezielte geometrische Gestaltung seines Porenraums ein großes Potenzial. Die Idee, eine poröse, absorbierende Struktur durch 3D-Druck von Ton zu erzeugen, bildete daher den Kern meiner Untersuchung. Besonderes Augenmerk lag auf der sogenannten Tortuosität – der Verschlungenheit der inneren Porenstruktur – und deren Einfluss auf die Schallabsorption. Ziel war es, eine komplexe, zusammenhängende Porenstruktur zu entwickeln, die eine hohe Tortuosität aufweist und gleichzeitig druckbar bleibt. (Abb. 2) Hierfür kam ein Algorithmus zum Einsatz, der auf dem Prinzip des differentiellen Wachstums basiert (Abb. 4). Ausgangspunkt bildet eine Kurve, die in Punkte unterteilt und in einem iterativen Prozess repliziert wird. Dadurch entsteht eine kanalartige Struktur, die miteinander verbundene Porenräume erzeugt und geschlossene Volumina vermeidet. Durch das Übereinanderschichten mehrerer solcher Kurvensysteme entwickelt sich ein komplexer, dreidimensionaler Porenraum. (Abb. 1) Diese Geometrie zeichnet sich durch eine hohe Tortuosität aus, die sich nachweislich positiv auf die akustische Wirksamkeit auswirkt und zugleich besonders gut für den 3D-Druck mit Ton eignet.

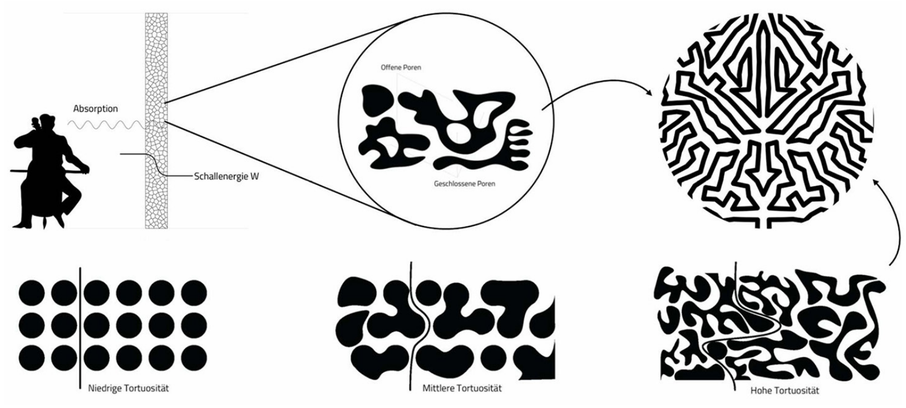

Bild 2 (Übersetzung der Tortuosität in das differentielle Wachstum)

Erste Messungen

Zur Überprüfung der These und zur Quantifizierung des Absorptionsvermögens wurden erste experimentelle Messungen durchgeführt. Mithilfe der Software Room EQ Wizard und eines Messmikrofons konnte der Vorher-Nachher-Effek der Nachhallzeit mit und ohne Struktur erfasst werden.

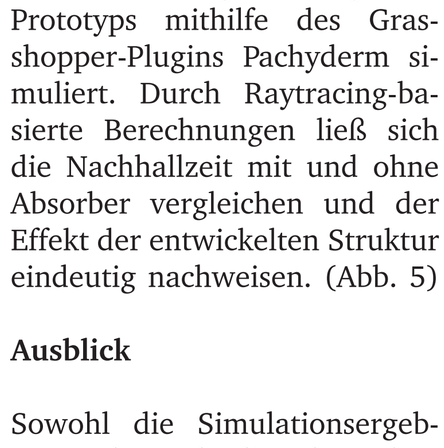

Bild 6 (Masterthesis Prototyp)

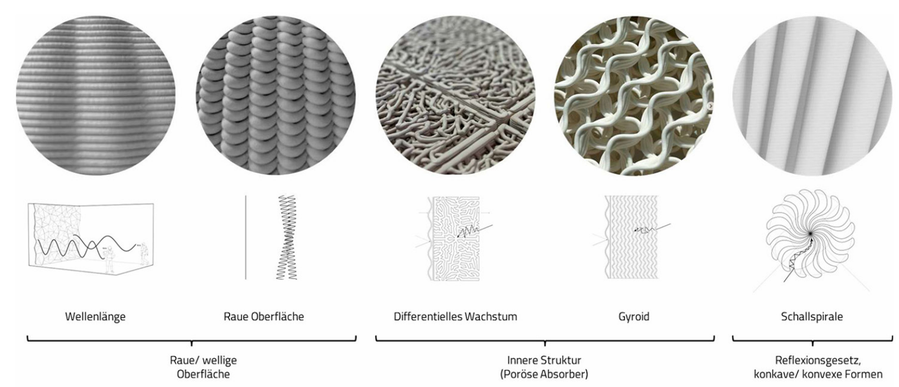

Bild 3 (Akustische Strukturen)

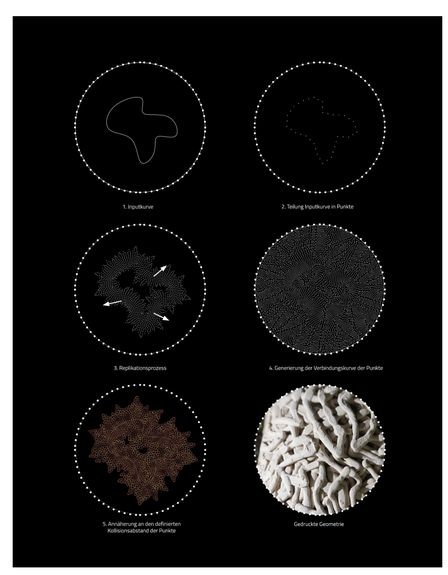

Bild 4 (Wachstumsalgorithmus)

Ergänzend dazu wurde die akustische Leistung des digitalen Prototyps mithilfe des Grasshopper-Plugins Pachyderm simuliert. Durch Raytracing-basierte Berechnungen ließ sich die Nachhallzeit mit und ohne Absorber vergleichen und der Effekt der entwickelten Struktur eindeutig nachweisen. (Abb. 5)

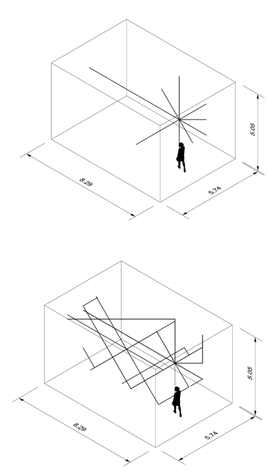

Bild 5 (Simulation Pachyderm)

Ausblick

Sowohl die Simulationsergebnisse als auch die physischen Messungen bestätigten den positiven Einfluss der entwickelten Struktur auf das Schallabsorptionsvermögen. Damit zeigt sich, dass sich mit rein keramischem Material eine wirkungsvolle und kreislauffähige Alternative zu konventionellen Akustikschäumen realisieren lässt.
Die gewonnenen Erkenntnisse bildeten die Grundlage für meine anschließende Masterthesis im Sommersemester 2025. Darin wurde die entwickelte Struktur in eine größere architektonische Geometrie integriert (Abb. 6) und durch professionelle Messungen im Hallraum und im Impedanzrohr weiter untersucht. Auch diese Versuche bestätigten das hohe Absorptionsvermögen.