

## VirtualProsthesis

Entwicklung eines validierten numerischen Simulationsmodells zur Vermeidung von Strömungslärm bei Prothesen

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Bridge, Brückenschlagprogramm, Ausschreibungen Bridge 1 (GB 2021)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.07.2021	<b>Projektende</b>	30.06.2024
<b>Zeitraum</b>	2021 - 2024	<b>Projektlaufzeit</b>	36 Monate
<b>Keywords</b>	Knieprothese; Schallabstrahlung; Vibroakustik; Strömungsakustik; Medizintechnik		

### Projektbeschreibung

Menschliche Gelenke, im speziellen das menschliche Knie, sind ein Meisterwerk der Evolution, die eine funktionale, selbstheilende, geräuscharme und schadenstolerante Kraftübertragung zur Fortbewegung ermöglichen. Im täglichen Leben vertrauen wir in einer beruhigenden Selbstverständlichkeit auf unsere Gelenke. Leider kommt es, selten aber oft unerwartet, zu Krankheiten und Unfällen die schwere Verletzungen der Gliedmaßen zufolge haben und bei denen als letzter Ausweg für ein Überleben eine Amputation erforderlich ist. Zum Beispiel wurden alleine in Deutschland 2014 57.637 Amputationen gezählt. In solchen schwierigen Lebenssituationen kommen technische Hilfsmittel wie Prothesen (unter anderem von Otto Bock Healthcare GmbH) zur Steigerung der Lebensqualität zum Einsatz. Die Firma Otto Bock Healthcare Products GmbH ist in der Medizintechnik im Geschäftsfeld Prothetik und Orthetik tätig. Zu den Hauptprodukten zählen die mechatronischen Knieprothesen C-LEG4, Genium/Genium X3 und Kenevo. Bei all diesen Produkten kommt ein mechatronisches, geregeltes hydraulisches Dämpfungssystem zum Einsatz, um den sicheren natürlichen menschlichen Gang mit der Prothese zu ermöglichen. Mechatronische Prothesen gelten als State-of-the-art Heilbehelfe nach Amputationen und ermöglichen Menschen mit Beeinträchtigung einen gewissen Rückgewinn ihrer Mobilität und ihres Lebenskomforts. Otto Bock ist erfolgreicher Marktführer bei hochtechnologischen Knie-Prothesen und trägt dazu bei, die Beeinträchtigung auf Grund solcher Unfälle zu minimieren.

Moderne Knieprothesen müssen vielseitigen Anforderungen gerecht werden, um den Anwender und die Anwenderin bestmöglich im Alltag zu unterstützen. Je nach Anwendungsprofil werden unterschiedliche Anforderungen an die Knieprothese gestellt, welche im Allgemeinen geräuscharm die Funktionalität ausüben. Unter bestimmten Umständen kann es jedoch zu einer erheblichen Geräuschentwicklung kommen, welche von der Trägerin oder dem Träger als Stressfaktor empfunden werden und von den umgebenden Menschen als unangenehm wahrgenommen wird. Um diesen unangenehmen Stressfaktor für die Anwender und Anwenderinnen zu minimieren werden von Seite des Unternehmens Grenzwerte definiert, um die Anwenderzufriedenheit zu erhöhen und diese Stressoren zu vermeiden. Somit müssen moderne Knieprothesen vielseitigen Anforderungen gerecht werden, um den Anwender und die Anwenderin bestmöglich im Alltag zu unterstützen. Neben den funktionellen und mechanischen Eigenschaften trägt auch der emittierte Schallpegel wesentlich zum Tragekomfort bei.

Ausgehend von der umfangreichen Expertise der Forschungsgruppe Vibro- und Strömungsaustik des Instituts für Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik im Bereich Strömungsaustik und den Erkenntnissen der Diplomarbeit von Hr. Dipl.-Ing. Eberhart bei Otto Bock haben wir folgende Forschungsidee: Vision ist eine Strömungs-Vibro-Akustik-Simulationsmethodik zur Identifikation, systemischen Analyse, und Vermeidung von akustischen Quellhotspots, welche zukünftig für die Entwicklung von geräuschärmeren Prototypen eingesetzt werden kann.

Auf Basis dieser Entwicklung soll in Zukunft möglichst frühzeitig das Produktdesign in Hinblick auf die Akustik optimiert werden können, noch bevor teure und zeitaufwendige Prototypen gefertigt werden. Ziel ist es eine validierte Simulationsmethodik zu finden, die robuste Vorhersagen über die Geräuschentwicklung unter dem Gesichtspunkt von minimalem Rechenaufwand erlaubt.

Die Kernidee dabei ist es, eine computergestützte Simulationsmethodik zu entwickeln, die nach ihrer Integration bei Otto Bock (als Teil des Folgeprojektes), proaktiv und frühzeitig in der Produktentwicklung zur Vermeidung von Schallquellen (akustischen Hotspots) eingesetzt werden kann. Im Detail werden unter akustischen Hotspots die Kavitationszonen, Turbulenzgeräusche und der akustische Transferweg über die Struktur (Rahmen, Hydraulik etc.) zum Ohr/Mikrophon verstanden. Ausgehend von hochpräzisen und rechenintensiven Simulationsmodellen wird eine zeiteffiziente Vibro-Akustik-Simulationsmethode erarbeitet. Diese zeiteffiziente Vibro-Akustik-Simulationsmethode wird mit Messungen an der GENIUM-Reihe validiert, wodurch die Erkenntnisse des Projektes in weiterer Folge auf die strömungsaustische und vibroakustische Optimierung der Konstruktion angewandt werden können.

## **Abstract**

Human joints, in particular the human knee, are a masterpiece of evolution, providing a functional, self-healing, low-noise, and damage-tolerant transmission of power into motion. In our daily lives, we rely on our joints with a reassuring naturalness. Unfortunately, accidents occur, rarely but often unexpectedly, resulting in severe limb injuries and requiring amputation as a last resort for survival. For example, 57,637 amputations were recorded in Germany in 2014. In such difficult life situations, technical aids such as prostheses (from Otto Bock Healthcare GmbH, among others) improve life quality. Otto Bock Healthcare Products GmbH advances medical technology in the prosthetics and orthotics business segment. Its main products include the mechatronic knee prostheses C-LEG4, Genium/Genium X3, and Kenevo. These knee prostheses use a controlled hydraulic damping system to support and secure natural walking. Mechatronic prostheses are considered state-of-the-art remedies after amputations and allow people with impairments to regain a certain degree of mobility and comfort in life. Otto Bock is a market leader in high-tech knee prostheses and minimizes the impairment resulting from such accidents.

Modern knee prostheses must meet a wide range of requirements to provide the user with the best possible support in everyday life. The application profile of users requires functionality, while little noise is emitted. Under certain circumstances, however, considerable noise can be generated, which is perceived as a stress factor by the wearer and is perceived as unpleasant by the surrounding people. Health authorities impose limits for approval to minimize this annoying stress factor. Customer satisfaction even drives the company to suffice stricter limits. Therefore, modern knee prostheses meet a wide range of requirements to provide the user with the best possible support in everyday life. In addition to the functional and mechanical properties, the emitted sound level also makes a significant contribution to wearing comfort.

Based on the extensive expertise of the research group Vibroacoustics and Aeroacoustics of the Institute for Fundamentals

and Theory of Electrical Engineering in flow acoustics, we have the following research idea: Vision is a flow-vibroacoustic simulation methodology for the identification, systemic analysis, and avoidance of acoustic source hotspots, which will support the development of lower-noise prototypes in the future.

Based on this development, it should be possible in the future to optimize the product design concerning acoustics as early as possible, even before expensive and time-consuming prototypes are manufactured. The goal is to find a validated simulation methodology that allows a robust prediction of the noise emissions with minimal computational effort.

The core idea is to develop a computer-aided simulation methodology that, once integrated at Otto Bock (follow-up project), can be used proactively and at an early stage in product development to avoid noise sources (acoustic hotspots). In detail, acoustic hotspots are understood as cavitation zones, turbulence noise, and the acoustic transfer path via the structure (frame, hydraulics, etc.) to the ear/microphone. Based on highly accurate and computationally intensive simulation models, a time-efficient acoustic simulation method is developed. This time-efficient acoustic simulation method will be validated with measurements on the GENIUM series, allowing the findings to be applied to the flow acoustic and vibroacoustic optimization of the design subsequently.

## **Projektkoordinator**

- Technische Universität Graz

## **Projektpartner**

- Otto Bock Healthcare Products GmbH