

Forschungspraktikum, Bachelorarbeit, Masterarbeit / Research internship, Bachelor's thesis, Master's thesis

# Kaffee trifft Forschung: Bist du dabei?

## Coffee meets science: Are you a part of it?

### Motivation

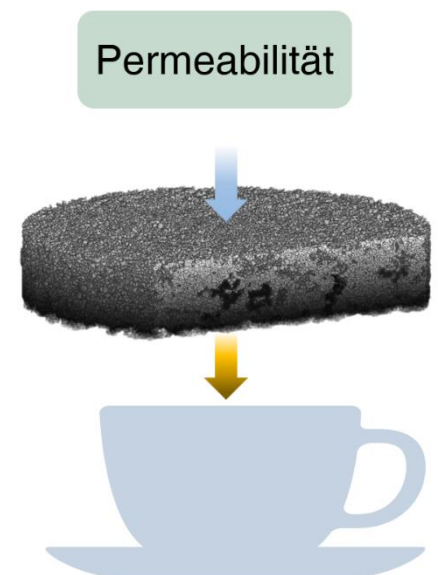
#### Motivation

Kaffee ist eines der weltweit am häufigsten konsumierten Getränke. Seine Beliebtheit verdankt er nicht nur seinem charakteristischen Geschmack und Aroma, sondern auch seiner anregenden Wirkung, die dem enthaltenen Koffein zuzuschreiben ist. Die Permeabilität spielt eine entscheidende Rolle bei der Extraktion von Espresso, da sie den Durchfluss, die Kontaktzeit und damit die Aroma- und Geschmacksprofile des Kaffees direkt beeinflusst.

Coffee ranks among the most widely consumed beverages in the world. Its popularity stems not only from its distinctive taste and aroma, but also from its stimulating effects, owed to the caffeine it contains. Permeability is a key factor in espresso extraction, as it directly affects the flow rate, contact time, and ultimately the coffee's aroma and flavor profiles.

Traditionell wird die Permeabilität anhand vereinfachter Modelle unter idealisierten Annahmen abgeschätzt. Erste Untersuchungen von Kaffeebetten mithilfe hochauflösender X-Ray-CT und digitaler Bildverarbeitung haben jedoch gezeigt, dass sich die Mikrostruktur während der Extraktion signifikant verändert. Dies stellt klassische Modelle vor erhebliche Herausforderungen.

Traditionally, permeability has been estimated through simplified models that rely on idealized assumptions. Yet early investigations of coffee beds using high-resolution X-ray CT and digital image analysis have revealed that the microstructure changes significantly during extraction, presenting considerable challenges to classical models.



### Problemstellungen und Arbeitsziele

#### Work objectives

Im Rahmen deiner Arbeit wirst du dich mit der Permeabilität bei der Kaffeeextraktion auseinandersetzen. Dafür sind gute mathematische Grundkenntnisse sowie grundlegende Programmierkenntnisse hilfreich, jedoch nicht zwingend erforderlich. Je nach Interesse sind unterschiedliche Schwerpunkte möglich:

As part of your project, you will explore the topic of permeability in coffee extraction. A solid foundation in mathematics and basic programming skills are helpful, though not strictly required. Depending on your interests, different areas of focus are possible:

- **Auswertung von 3D X-Ray-CT-Bildern:** Wir verfügen bereits über eine Methode zur Bestimmung wichtiger Parameter für die Permeabilität. Deine Aufgabe wäre die Optimierung und Weiterentwicklung der bestehenden Bildverarbeitungs- und Auswertungsverfahren, z. B. die Analyse der Verteilung der Tortuosität anhand der erstellten Flussnetzwerke. Dabei wirst du dich intensiv mit Themen der Computergeometrie und Programmierung vor einem verfahrenstechnischen Hintergrund beschäftigen.

Analysis of 3D X-ray CT images: We already have a method for determining key parameters relevant to permeability. Your task would involve optimizing and further developing existing image processing and

analysis techniques, such as evaluating the distribution of tortuosity using the generated flow networks. This will require an in-depth engagement with topics in computational geometry and programming, set against a process engineering background.

- **Entwicklung eines empirischen mathematischen Modells für die Permeabilität:** Hierbei sollen die aus der Auswertung der 3D-Bilder gewonnenen Daten genutzt werden, um bestehende Modelle zu modifizieren oder neue Modelle zu entwickeln. Bei Interesse kann auch der Einsatz von Machine-Learning-Methoden ein spannender Bestandteil dieser Arbeit sein.

Development of an empirical mathematical model for permeability: Here, data derived from the analysis of 3D images will be used to adapt existing models or to develop new ones. If desired, the application of machine learning methods can also become an exciting part of this work.

- **Validierung der neu entwickelten Methodik:** Eine mögliche Fragestellung ist hier der Vergleich mit experimentell ermittelten Druckverlust- und Durchflussdaten sowie die Validierung mittels netzwerkbasierter Strömungssimulationen auf den extrahierten Graphen. Dabei hast du die Gelegenheit, grundlegende Kenntnisse der Strömungsmechanik zu erwerben.

Validation of the newly developed methodology: A possible research question here is to compare results with experimentally determined pressure loss and flow rate data, as well as to validate the findings using network-based flow simulations on the extracted graphs. This will also give you the opportunity to acquire fundamental knowledge of fluid mechanics.

**Kaffee ist dein täglicher Begleiter? Dann bring ihn aufs nächste Level: wissenschaftlich. Melde dich bei uns!**  
Is coffee part of your daily routine? Dive deeper — explore it scientifically. Contact us!

**Technische Universität München**  
Lehrstuhl für Systemverfahrenstechnik  
Xinyu Pan  
Gregor-Mendel-Straße 4, 85354 Freising  
Tel. +49 8161 71-4187  
E-Mail: xinyu.pan@tum.de

10.07.2025