

# Symbiose von Theorie und Experiment zur Optimierung der Entkoffeinierung von Tee

Forschungsgruppe Bio-Inspired Modeling & Learning Systems am IAS und Fachstelle Inhaltsstoffe am ILGI



**Dr. Olivier Merlo**  
Dozent, mero@zhaw.ch

**I**m Rahmen eines KTI-Projektes mit der Firma Infré aus Semsales FR entstand am Institut für Lebensmittel- und Getränkeinnovation (ILGI) ein alternatives Verfahren, um Tee «natürlich», das heisst mithilfe von Wasser, zu entkoffeinieren (siehe Transfer 2-2014). Im Folgeprojekt wurde durch das ILGI-Team ein Prototyp im Pilotmassstab entwickelt, bei dem das Institut für angewandte Simulation (IAS) bei der Optimierung des Prozesses half.

## Neues Verfahren nötig

Tee wird heutzutage häufig mithilfe von organischen Lösungsmitteln, im Speziellen Dichlormethan, entkoffeinert. Bei Dichlormethan handelt es sich um einen halogenierten Kohlenwasserstoff, welcher in Europa zur Extraktion von Lebensmitteln zugelassen ist. In einigen Ländern, im Speziellen in den USA, ist dies heute nicht der Fall. Um einerseits Zugriff auf den amerikanischen Markt zu erhalten und andererseits aufgrund der Sensibilisierung der Verbraucher, wurde mit der Firma Infré ein alternatives Verfahren entwickelt, um Tee mithilfe von Wasser zu entkoffeinieren. Dabei ist für Infré nicht nur wichtig, dass der Tee entkoffeinert werden kann, sondern, dass aus ökonomischer Sicht, das extrahierte Koffein isoliert und verkauft werden kann.

## Extraktion am Computer

Um die beiden Ziele zu erreichen, wird in einem ersten Prozess der Tee entkoffeinert und anschliessend getrocknet. Aus dem Extrakt wird anschliessend das Koffein durch Adsorption an porösen Adsorbentien mit sehr grosser Oberfläche zurückgewonnen und in einem letzten Schritt wird das Koffein durch Desorption von den Adsorbentien isoliert. Das formal-mathematische Modell der drei oben genannten Prozesse ist bis auf Kleinigkeiten identisch, daher fokussieren wir hier nur auf den Extraktionsprozess. Der Stofftransport des Extraktionsprozesses wird in drei Teilprozesse unterteilt: die Porendiffusion, die Oberflächendiffusion und den Transport durch die Grenzschicht. Die Modellparameter können durch Fitten mithilfe eines gerichteten Random Walks an die vom Team von Norbert Fischer gewonnenen Daten erhalten werden. In Abbildung 1 ist ersichtlich, dass der zeitliche Verlauf der Extraktion bei verschiedenen Temperaturen durch das mathematische Modell und eine entsprechende Simulation ziemlich gut beschrieben werden kann.

## Durch Simulation zu analytischen Lösungen

Mithilfe der so erhaltenen Modellparameter ist es möglich, Vorhersagen über die Temperaturabhängigkeit des Gleichgewichtes und der Parameter der Transportkinetik zu machen. Mit

hilfe der gefundenen Parameter, einiger Vereinfachungen und analytischer Methoden kann nun die optimale Anzahl Extraktionsstufen für einen Temperaturbereich berechnet werden (siehe Abb.2). Als Optimierungsparameter wird dabei nur die Zeitdauer des ganzen Prozesses gewählt, da zu diesem Zeitpunkt keine sensorischen Daten verfügbar waren, um diese bei der Optimierung zu berücksichtigen. Möglichst hohe Temperaturen erweisen sich dabei für die Extraktion als optimal, was nicht weiter verwunderlich ist, da der Transport dort schneller und das Gleichgewicht optimaler wird. Der Stofftransport wird durch die Geschwindigkeit des Diffusionsprozesses begrenzt. Durch die mathematische-analytische Lösung dieses Prozesses kann nun das Optimierungspotential bezüglich der Geschwindigkeit abgeschätzt werden. In Abbildung 2 ist ersichtlich, dass durch eine bessere Durchmischung die Anzahl Extraktionsstufen bei diesem Prozess maximal halbiert werden kann.

Es hat sich gezeigt, dass durch die mathematische Modellierung auf experimenteller Seite ein besseres Verständnis der Prozesse, und im Gegenzug auf theoretischer Seite durch die gewonnenen Daten, Rückschlüsse zur Verbesserung der Simulation gewonnen werden können. Dadurch wurde in diesem Projekt ein erheblicher Beitrag zur Prozessoptimierung geleistet. ■

**Forschungsprojekt**  
**New process for the natural decaffeination of tea – development of a prototype process**

**Leitung:**  
Dr. Norbert Fischer, Leiter  
Fachstelle Inhaltsstoffe, Institut  
für Lebensmittel- und  
Getränkeinnovation ILGI

**Projektdauer:**  
März 2015 – März 2017

**Partner:**  
Infré SA

**Förderung:**  
KTI, Kommission für  
Technologie und Innovation

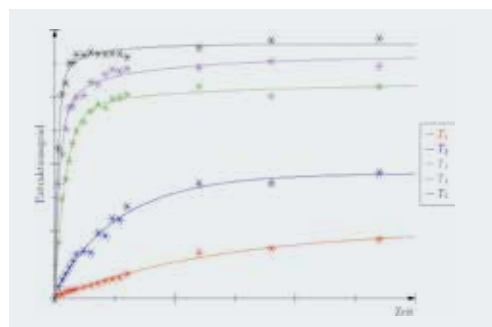


Abb. 1: Vergleich der Simulation (ausgezogene Linien) mit den experimentellen Daten (Sterne) des zeitlichen Verlaufes des Extraktionsgrades bei verschiedenen Temperaturen.

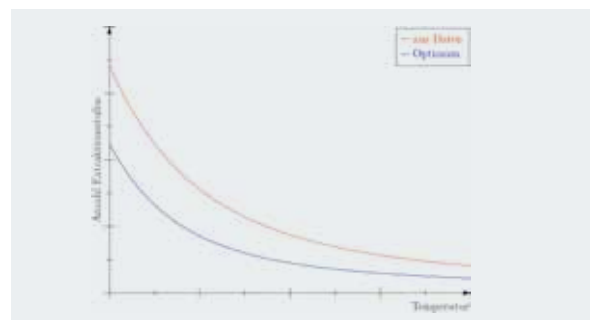
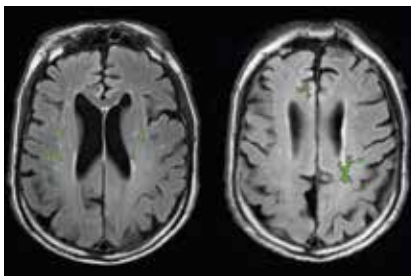


Abb. 2: Die Abhängigkeit der benötigten Anzahl Extraktionsstufen von der Temperatur, um einen Koffeingehalt von 0,2 g/kg Koffein pro Kilogramm trockenen Tee zu erhalten. Die rote Linie repräsentiert die optimale Stufenzahl bezüglich der in Abb. 1 erhaltenen Daten. Die blaue Linie zeigt den Optimalfall für die entsprechende Temperatur.

## Biomarker für Demenzkrankheiten

Dr. Robert Vorburger, Dozent, voru@zhaw.ch

Nach den neuesten Zahlen von Alzheimer Schweiz leben 144.000 Menschen mit einer Demenzerkrankung in der Schweiz. Sogenannte *White Matter Hyperintensities* (WMH), welche mittels Magnetresonanztomographie in der weissen Hirnmasse gemessen werden, sind deutliche Biomarker bei Demenzkrankheiten.



Magnetresonanztomographie eines Gehirns mit WMH (grün)

Das Institut für Angewandte Simulation (IAS) hat zusammen mit dem Taub Institut der Columbia Universität in New York eine Kollaboration gestartet, um diesen wichtigen Biomarker besser zu verstehen und genauer zu quantifizieren. Die derzeit angewendeten Techniken zur quantitativen Bestimmung von WMH erlauben Aussagen wie zum Beispiel «Herr Meier hat mehr WMH im visuellen Cortex als Herr Müller». Ein Monitoring der zeitlichen Veränderung von WMH, welche wichtige Rückschlüsse über den Krankheitsverlauf erlauben würde, ist allerdings mit dem momentanen Stand der Technik nicht möglich. Aussagen wie «Das Volumen der WMH im visuellen Cortex hat sich bei Herrn Müller in den letzten sechs Monaten um 12 Prozent erhöht» können noch nicht quantitativ bestimmt werden. Dies liegt insbesondere daran, dass die Ungenauigkeit der derzeitigen Verfahren grösser ist als die zu erwartende Veränderung.

Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines intelligenten Algorithmus zur quantitativen Erfassung der zeitlichen Veränderung von WMH. Während der Kollaborationspartner aus Übersee die Daten und das neurologische Fachwissen bereitstellt, bringt das IAS seine Expertise im Bereich der intelligenten Algorithmen mit ein. ■

## Neue Projekte

### Bio-SODA

Co-Leitung: maria.anisimova@zhaw.ch  
Dauer: 01.04.17 – 31.03.20  
Beteiligte Institute: IAS, InIT  
Projektpartner: Schweizer Nationalfonds SNF, Bern; Universität Lausanne und SIB Swiss Institute of Bioinformatics, Lausanne

### Core body temperature

Leitung: krzyszczuk.krzysztof@zhaw.ch  
Dauer: 01.06.17 – 31.05.18  
Projektpartner: GreenTEG AG, Zürich; Inselspital Bern, Bern; mitfinanziert durch die KTI, Bern

### Weitere Projekte

[zhaw.ch/ias/projekte](https://zhaw.ch/ias/projekte)

## Weiterbildung

23.02.2018

CAS Digital Basics for Life Sciences

### Infos und Anmeldung

[zhaw.ch/ias/weiterbildung](https://zhaw.ch/ias/weiterbildung)

## Wearable sensors for body core temperature estimation

Dr. Krzysztof Krzyszczuk, Head of Predictive Analytics Group, krys@zhaw.ch

Early diagnosis of diseases is a powerful tool to increase quality of life and at the same time a promising way to stop or at least slow down the cost explosion for the health systems in developed countries. Wearable systems, capable of continuous monitoring of vital parameters of humans, are seen as key enabling technology for early diagnosis. Core body temperature (CBT) is one of the five important vital health indicators of a human, beside heart rate, oxygen saturation, blood pressure, and respiration. While heart rate, oxygen saturation and respiration is commonly measured in state-of-the-art wearable devices, non-invasive, wearable CBT and blood pressure sensors are not yet available. The CBT and its daily and monthly cyclical fluctuations are important indicators of proper functioning of the healthy human organism. Many cyclical states of a healthy human, such as sleep, ovulation etc, manifest themselves via characteristic body core temperature trajectories. For instance, departures from the regular circadian rhythm during sleep can be used as important diagnostic tool in conditions such as fever, insomnia, elevated stress, jet lag etc.

The main difficulty in measuring the CBT in a non-invasive fashion is the necessity of accounting for the thermoregulation of the body. The thermoregulation, mostly achieved by vasoconstriction and vasodilation, cannot be monitored in a straightforward fashion by merely measuring the skin temperature. In order to estimate the rate of heat exchange between the body and the environment, a heat flux measurement is required.

A Zurich-based company greenTEG AG manufacture miniature heat flux sensors, which are suitable for wearable devices. The present project addresses the need for of an affordable, noninvasive core body temperature measurement device. The device will be based on an ensemble of skin surface thermometer and greenTEG's proprietary thermal flux sensor, encapsulated in a wearable housing prototype. Using a set of machine learning algorithms developed by the Predictive Analytics Group at the Institute of Applied Simulation (IAS) the wearable device will perform virtual core body temperature. The target application of the device developed in the course of this project is monitoring the body core temperature during sleep in a clinical

or nonclinical (home) use. In order to collect the relevant database, greenTEG and ZHAW teamed up with the Inselspital in Bern. The envisioned product holds great potential for commercial success in the rapidly growing wearable market. Being an important parameter for diagnosis and prevention of some of the biggest health issues of developed societies, an inexpensive wearable core body temperature sensor will be an important enabler for the envisioned and necessary transformation towards a patient centered preventive health care system. ■



K. Krzyszczuk participates in test data collection experiment at Inselspital Bern