



## **MASTERARBEIT**

### **„Schlaues Heizen“**

**David Muff**

Elitestudiengang „MINT Lehramt PLUS“

Universität Bayreuth, 2021

## Heizen ohne Ende?

David Muff hat im Elitestudienprogramm „MINT Lehramt PLUS“ an der Universität Bayreuth studiert. Dort hat er sich im Rahmen seiner Masterarbeit mit der strikten Dissipativität von unendlichdimensionalen, optimalen Kontrollproblemen beschäftigt. Diese Probleme treten unter anderem in der Frage nach der optimalen Steuerung von Heizsystemen auf.

### Optimale Kontrollprobleme in der Anwendung

Ob das möglichst sparsame Beschleunigen eines Fahrzeugs, die effiziente Ausnutzung von Leistungsspitzen im Stromnetz bei Nacht oder das energiesparende Heizen eines Raums, allen diese Anwendungen liegen optimale Kontrollprobleme zugrunde. Sie umfassen die mathematische Beschreibung von Fragestellungen, bei denen ein spezieller Zustand erreicht und zugleich der dafür nötige Aufwand minimiert werden soll. Das energieeffiziente Halten einer konstanten Raumtemperatur kann beispielsweise durch ein optimales Kontrollproblem beschrieben werden.

### Eine Interpretation von strikter Dissipativität

Seit ihrer Einführung als mathematische Konzepte 1972 durch Jan Willems haben sich Dissipativität und strikte Dissipativität als wichtige, theoretische Systemeigenschaften herausgestellt. In den letzten zehn Jahren kamen weitere Resultate hinzu, die diese Systemeigenschaften eng mit der Stabilität der model predictive control (MPC) Lösungsverfahren verbinden. Auch zwischen strikter Dissipativität und der Existenz des Zustandes, bei dem ein System im Optimalfall betrieben werden sollte besteht ein Zusammenhang.

### Die Herausforderungen der Unendlichdimensionalität

In seiner Masterarbeit verallgemeinert David Muff bereits vorhandene Zusammenhänge von optimalen Kontrollproblemen und strikter Dissipativität auf den unendlichdimensionalen Fall. Während etwa die Geschwindigkeit eines Autos eine endlichdimensionale Größe ist, ist eine Temperaturverteilung in der mathematischen Beschreibung Teil eines unendlichdimensionalen Raums. Sie beschreibt nämlich eine Zuordnung der Temperatur zu jedem beliebigen Punkt im Raum. Diese Zuordnung stammt im Allgemeinen aus einem unendlichdimensionalen Funktionenraum. Während viele Zusammenhänge im endlichdimensionalen intuitiv sind oder auf simpleren Strukturen beruhen, führt die Betrachtung von unendlichdimensionalen Problemen zu strukturell andersartigen Konzepten und Eigenschaften.

### Abstrakte Resultate mit konkreter Anwendung

Durch das Erarbeiten von neuen Voraussetzungen und Beweisen gelingt es David Muff in seiner Masterarbeit, einige dieser Zusammenhänge zu übertragen. Wesentlich ist dabei die Charakterisierung von strikt dissipativen Systemen durch Eigenschaften der Dynamik des Systems sowie andere kontrolltheoretischen Eigenschaften, etwa die Entdeckbarkeit. Diese charakterisiert das System dahingehend, dass alle nicht messbaren Zustände im Laufe der Zeit den Wert null annehmen. Im Fall eines beheizten Raums entspräche die Dynamik des Systems der Wärmeleitungsgleichung. Sie beschreibt den Wärmetransport physikalisch. Für das Heizproblem liegt auch Entdeckbarkeit vor, denn ohne weiteres Heizen entspricht die Raumtemperatur auf lange Sicht überall der Außentemperatur. Diese hat im mathematischen Modell den Wert Null.

Es muss sich zwar noch zeigen, wie die Ergebnisse für die Praxis nutzbar gemacht werden können, sie bringen uns aber einen Schritt näher an ein schlaues Heizen.

### Mehr zum Elitestudiengang:

 [www.elitenetzwerk.bayern.de](http://www.elitenetzwerk.bayern.de)

[www.mint-lehramt-plus.bayern](http://www.mint-lehramt-plus.bayern)

[arxiv.org/abs/2104.10072](https://arxiv.org/abs/2104.10072)