



Doctoral Thesis

## **Direkte Optimierung von dynamischen Systemen mit parametrisierter Steuergrösse, angewendet auf Schienenfahrzeuge**

**Author(s):**

Ebert, Klaus

**Publication Date:**

1975

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088614> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

ETH Diss. 5555

**DIREKTE OPTIMIERUNG VON DYNAMISCHEN SYSTEMEN  
MIT PARAMETRISierter STEUERGRÖSSE, ANGEWENDET  
AUF SCHIENENFAHRZEUGE**

Abhandlung  
zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der technischen Wissenschaften  
der  
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZÜRICH

vorgelegt  
von  
**Klaus Ebert**  
**Dipl. El. Ing. ETH**  
**geboren am 6. Juli 1945**  
**deutscher Staatsangehöriger**

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. M. Mansour, Referent  
Prof. Dr. P. Profos, Korreferent

1975

## Zusammenfassung =====

Unter direkter Optimierung von dynamischen Systemen versteht man Methoden, welche die Steuerungs- und Regelaufgabe von dynamischen Systemen mit quadratischer Zielfunktion auf das Finden von optimalen Parametern eines parametrisierten Steuereingangs zurückführen.

Die vorliegende Arbeit erweitert diese Methoden bezüglich der Steuerung auf den Fall beschränkter Steuer- und/oder Zustandsvektoren. Für die optimale Steuerung von nichtlinearen Systemen wird die direkte Optimierung mit einer direkten Quasilinearisierung verbunden.

Für die Regelung von zeitvarianten Systemen wird ein neues Verfahren mit stückweise konstanter Rückführungsmatrix vorgestellt, womit nach endlicher Zeit vorgegebene Endwerte erreicht werden können.

Alle neuentwickelten Methoden werden anhand eines Zugsteuerungsproblems getestet. Die Aufgabe besteht hierbei darin, einen Nahverkehrstriebwagen von Station zu Station so zu steuern, daß die vorgegebenen Fahrzeiten eingehalten werden und daß bei gutem Fahrkomfort (kleine Beschleunigungsänderungen) der Energieverbrauch klein ist. Das Ergebnis sind optimale Geschwindigkeit/Wegdiagramme für die Fahrt zwischen zwei Stationen. Es wird gezeigt, wie diese Diagramme in einem mehrstufigen Zugsteuerungssystem Verwendung finden können.

Im Anhang wird ein Programmpaket in Standard-FORTRAN IV beschrieben, mit dem allgemeine Steuer- und Regelaufgaben mit den behandelten Methoden gelöst werden können.

Summary  
=====

Methods reducing the control problem of dynamic systems with quadratic cost - functions to the searching for optimal parameters of a parameterized control input are called direct optimization methods.

As for the open-loop control problem in this study, these methods are extended to the case of control and/or state variable inequality constraints.

The way in which direct optimization may be used in conjunction with a direct quasilinearization method to solve problems with non-linear system equations is also demonstrated.

Concerning the feedback control of time-variant systems, a new algorithm with piecewise constant feedback coefficients is presented.

The usefulness of the new algorithms is illustrated by the application to a train control problem. Here, the task is to find an optimal control strategy for a suburban electric train so that the given travelling time is reached and that together with a low energy consumption the travelling comfort is satisfactory. The results are optimal velocity/distance trajectories, which may be used in a hierarchical train control system.

The appendix contains the description of a program package in FORTRAN IV with which general control problems may be solved with the algorithms presented.