

Entwicklung eines Schachspielenden Roboters

Studienarbeit

INF2IN

Linus Wilkens

I

Inhalt

Abstract	3
Motivation	3
Aufgabenstellung	3
Projektplanung	4
Funktionale Anforderungen	4
Nicht Funktionale Anforderungen	5
Out of Scope/Abgrenzung	6
Zeitplan	7
Theoretische Grundlagen	9
Ähnliche Projekte/Umsetzungen	9
3D Druck Verfahren	9
3D Druck Materialien	10
Aktoren	11
Linearmotor	11
Schrittmotor	12
Inverse Kinematik	14
CAD-Modellierung	14
TinkerCad	14
Erster Linearmotor	15
Zweiter Linearmotor	15
Drehmechanismus	15
Magnethalterung	15
Überblick CAD Modellierung	15
Elektronik/Schaltungsaufbau/Hardware	15
Figuren Erkennung	15

Programmierung/Software	15
Schachalgorithmus.....	15
Ansteuerung des Roboters	16
Schnittstelle zwischen Roboter und Schachlogik	16
Herausforderungen	16
Heben aus engen Stellen heraus	16
Figurenerkennung.....	16
Fazit.....	16
Kritische Reflektion.....	16
Ausblick	16
Literaturverzeichnis	17

Kommentiert [LW1]: Bitte verwende die gleichen Format Vorlagen wie ich damit Word die Verzeichnisse Erkennt

Abstract

Motivation

Aufgabenstellung

In dieser Arbeit wird die Realisierung eines Schachs spielenden Roboters behandelt werden. Hierbei sollen sowohl die mechanische Umsetzung des Roboters als auch die Softwareseitige Entwicklung betrachtet. In der Projektplanung zu beginn der Arbeit wird außerdem ein Konzept für das Projekt entwickelt.

Projektplanung

Funktionale Anforderungen

Die Anforderungen an das Projekt können in Funktionale und Nicht Funktionale Anforderungen unterteilt werden. Unter die Funktionalen Anforderungen fallen hierbei die Funktionen des Projektes, während es sich bei den nicht funktionalen Anforderungen um die Qualität dieser Funktionen handelt.

Die Funktionalen Anforderungen des Projektes können in die folgenden drei Teilbereiche unterteilt werden:

Hardware

Für die Hardware des Roboter Arms soll sich an einem Bagger Arm orientiert werden. Der Roboter Arm soll später 2 Gelenkstellen haben sowie einen Elektromagnet am vorderen Teil des Arms. Um eine Drehung zu gewährleisten, soll der Arm auf einer Drehscheibe stehen und mit einem Drehbereich von 180 Grad bewegbar sein. Anstelle von Hydraulik Zylindern soll für den Roboterarm auf Linearmotor zurückgegriffen werden. Wichtig ist, dass der Bewegungsbereichs des Roboterarms den Bereich eines Schachfeldes erreichen kann.

Neben dem Roboter Arms soll es eine Kamera geben, welche das Spielfeld erkennt und die einzelnen Figuren tracken kann. Die Figuren sollen dann von dem Roboterarm gegriffen/aufgenommen werden können und an eine andere Position gestellt werden können.

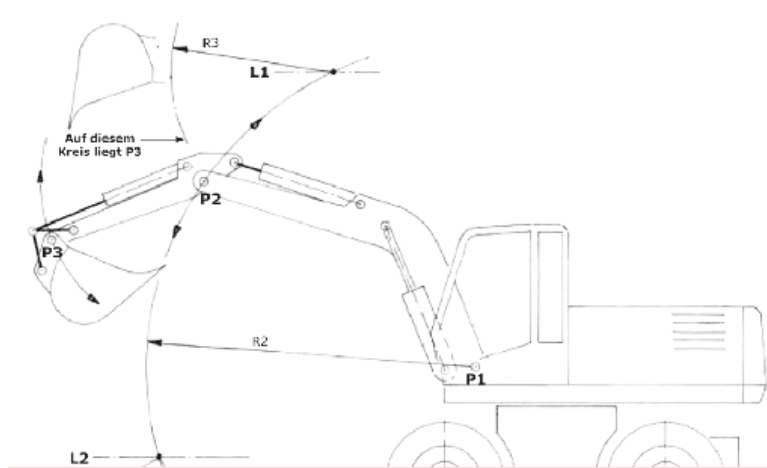


Abbildung 1: Abbildung Bagger

Elektronik

Der Roboter Arm soll später mithilfe eines Netzteils und einer handelsüblichen Steckdose betrieben werden können. Die Elektronik soll hierbei sicher gestaltet sein damit auch projektfremde Personen den schachspielenden Roboter gefahrlos benutzen können.

Software

Die Software soll in der Lage sein das Schachbrett zu erkennen. Dazu soll es Veränderungen von Positionen der Figuren auf dem Spielfeld erkennen können und damit entscheiden welche Figuren vom menschlichen Spieler bewegt wurden.

Nicht Funktionale Anforderungen

Auch die nicht funktionalen Anforderungen können in die drei Bereiche unterteilt werden.

Hardware

Für den Roboter Arm ist es besonders wichtig, dass dieser präzise die einzelnen Positionen anfahren kann. Auch eine große Anzahl von Spielzügen soll nicht zu einer Verringerung der Genauigkeit führen.

Elektronik

Der Schaltungsaufbau der Elektronik soll sauber und nachvollziehbar gestaltet werden, damit späteren Weiterentwicklungen oder Wartungen problemlos vollzogen werden können.

Software

Die Software soll, bei einer Partie von 38 Zügen, die Entscheidung über veränderte Figurenpositionen mit einer Quote von über 99% treffen, um möglichst viele fehlerlose Spielpartien zu ermöglichen.

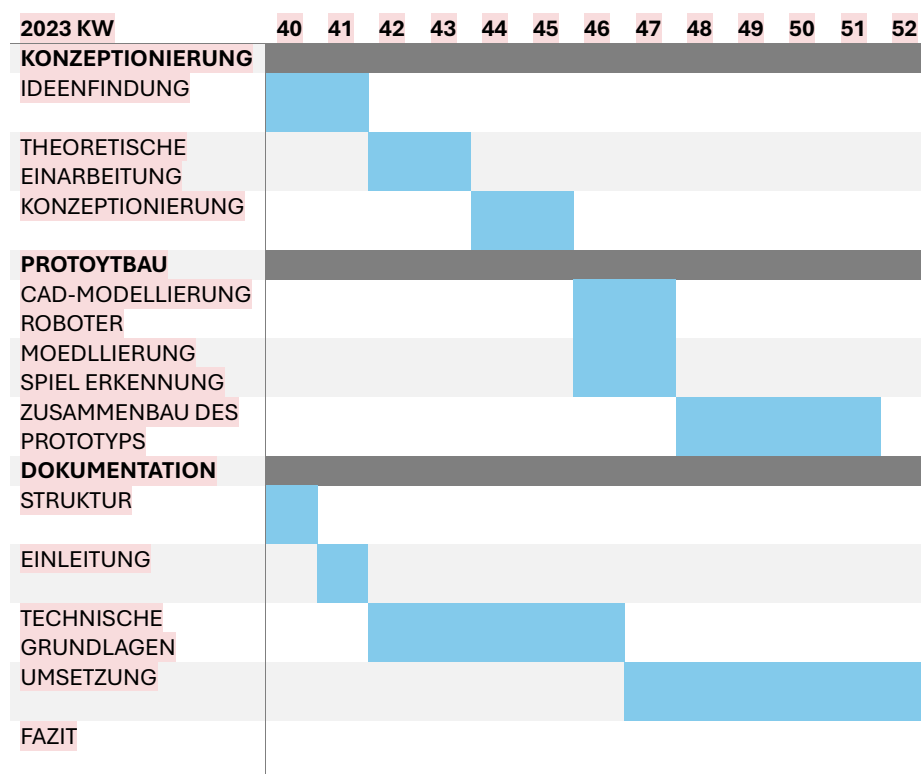
Out of Scope/Abgrenzung

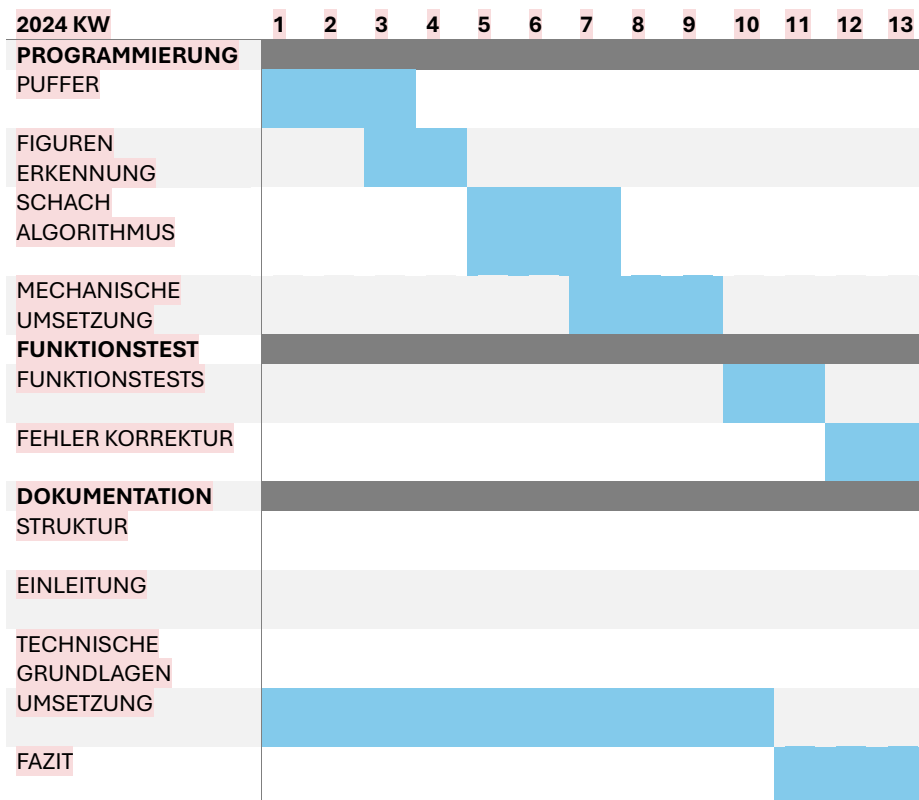
Die Wirtschaftlichkeit und die Energieeffizienz des Schach Spielenden Roboters sollen kein Teil der Arbeit sein. Es handelt sich hierbei um ein Einzelstück, weshalb diese Punkte vernachlässigt werden können.

Auch soll der Roboter nicht universal an jedem Schachfeld spielen können, sondern wird explizit für **ein eigenes** Schachspiel entwickelt.

Zeitplan

Für den Zeitplan und der Strukturierung des Projektes dient ein sogenanntes Gant Diagramm. Das Diagramm ist nachfolgend in Tabellenform grafisch dargestellt.





Die Restliche Zeit bis zur Abgabe soll als Puffer und für mögliche Verzögerungen aufgrund von Lieferschwierigkeiten oder ähnliches verwendet werden.

Theoretische Grundlagen

Ähnliche Projekte/Umsetzungen

Als Inspiration für die Arbeit dienen zwei ähnliche Projekte (<https://www.raspberryturk.com/> und https://www.mintgruen.tu-berlin.de/robotikWiki/doku.php?id=projektweise20:schachroboterpublic:start#die_bilderkennung)

Der Unterschied ist, dass sowohl bei dem Projekt der Tu Berlin als auch Raspberry Turk ein Art Schienen System zum Einsatz kommt und kein „Bagger Inspirierter“ Roboter Arm.
[...]

3D Druck Verfahren

3D ist ein Verfahren zur Herstellung von Werkstücken aus Pulver, geschmolzenen Materialien oder flüssigen Materialien. Die Materialien sind hierbei überwiegend verschiedene Kunststoffarten können allerdings auch Metalle, Keramik oder Beton sein. Je Material und Anwendungsgebiet gibt es hierfür verschiedene Verfahrensarten. Das am häufigsten verwendete Verfahren ist das Fused Deposition Modeling (FDM) Verfahren bei welchem das Material über eine beheizte Düse geschmolzen, und anschließend in dünnen Druckschichten auf ein Druckbett gepresst wird. Um die gewünschte Form zu bilden, verfährt die Druckdüse über die X und Y-Achse. Nach jeder Schicht wird die Druckdüse anschließend gehoben und somit ein 3D Dimensionales Objekt erstellt. Mithilfe dieses Verfahrens ist ein Maximaler Überhangwinkel von 45 Grad möglich. Sollte ein größerer Überhang benötigt werden muss auf Stützstrukturen zurückgegriffen werden welche anschließend wieder entfernt werden müssen. Diese Faktoren sind beim Design von 3D Modellen zu berücksichtigen. (Krause, 2021)

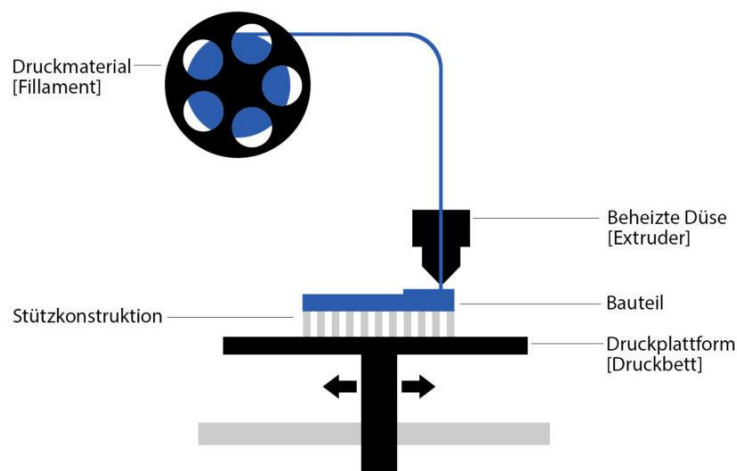


Abbildung 2: Funktionsweise des FDM-Druckverfahren

3D Druck Materialien

Mithilfe der FDM-Druckverfahren können verschiedene Materialien gedruckt werden. Aufgrund des vorhandenen Druckers und den bereits vorhandenen Materialien werden nachfolgend nur ABS und PLA verglichen.

PLA ist das am häufigsten verwendete Material im Privatgebrauch. Es ist kostengünstig und leicht zu drucken. Ein Nachteil ist die hohe Sprödigkeit und die damit verbundene geringe Resistenz gegen Schlageinwirkungen.

ABS ist neben PLA eins der am häufigsten verwendeten Materialien im Privatgebrauch. Es hat gute Materialeigenschaften im Bezug auf Stabilität und Halterbarkeit. Auch preislich gibt es nur geringe Unterschiede zu PLA. Der Nachteil an ABS ist die starke Temperaturabhängigkeit während dem Druck. So ist es nur mit sehr hohem Aufwand und einer stabilen Umgebungstemperatur ABS mit strengen Toleranzen zu drucken (O'Connell, 2021).

EIGENSCHAFT	PLA	ABS
DRUCKAUFWAND	Gering	Hoch
LÖSLICHKEIT	Nicht löslich	In Aceton und Ester Ketonen
FESTIGKEIT	Durchschnittlich	Hoch
VERZUGSVERHALTEN	Gering	Hoch
DRUCKBETT TEMPERATUR	Optional (20-60°C)	80 -120°C
DRUCKDÜSE TEMPERATUR	190-210°C	220-250°C

Aufgrund der aufgelisteten Eigenschaften werden alle in der Arbeit verwendeten Teile aus PLA gedruckt. Sollte in Einzelfällen Teile aus ABS benötigt werden ist dies explizit gekennzeichnet.

Aktoren

Linearmotor

Linearmotoren sind Motoren, welchen mithilfe eines klassischen Motors und einer Gewindestange eine Drehbewegung in eine lineare Bewegung übersetzt. Hierfür wird die Bewegung mithilfe eines Getriebes zunächst übersetzt und anschließend auf die Gewindestange übertragen. Mithilfe von Sensoren an beiden enden des Linearmotors können ebenfalls die Endstellungen erkannt werden. Diese Funktion bieten allerdings nicht alle Linearmotoren.

Linearmotoren bieten den Vorteil, dass keine Umwandlung der rotarischen Bewegung in eine Linearbewegung außerhalb des Linearmotors stattfinden muss. Dies eliminiert die Notwendigkeit von einem extra Getriebe. Außerdem gibt es bei einen Linearmotoren kein Getriebeispiel, welches ansonsten für Ungenauigkeiten sorgen könnte.

Nachteile eines Linearmotors sind hingegen das die Kraft der Motoren beschränkt ist, sollte größere Kräfte auftreten muss der Linearmotor extra dafür ausgelegt werden. Auch der Stromverbrauch kann im Vergleich zu klassischen Motoren höhere ausfallen. Das liegt daran,

dass ein Linearmotor keine Selbsthemmung besitzt, das heißt wenn eine bestimmte Position angefahren wird und mit einer Last gehalten werden soll muss entweder eine Bremseinrichtung eingebaut werden oder durchgängig Strom am Motor angelegt sein (Wegener, 2008)

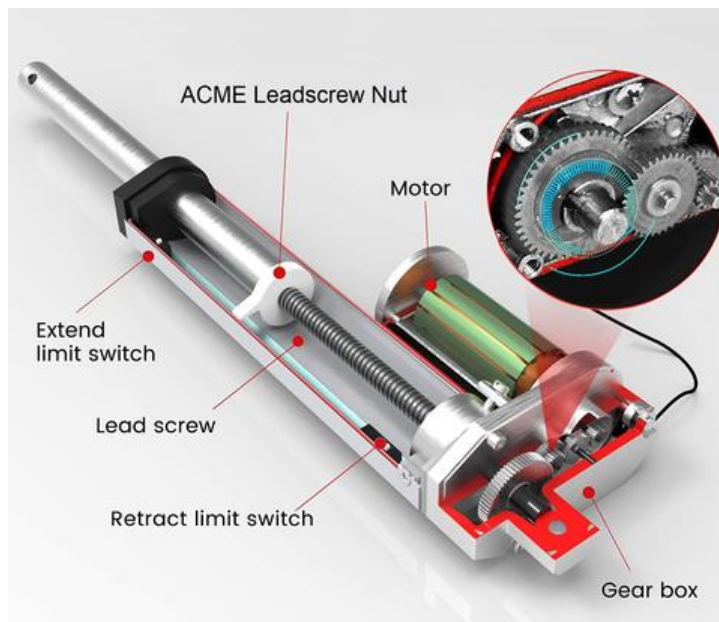


Abbildung 3: Aufbau eines Linearmotors (<https://www.firgelliauto.com/en-de/blogs/actuators/linear-actuators-101>)

Die Nachteile (geringer Kraft und höher Energieverbrauch) sind für die Entwicklung des Schachroboters vernachlässigbar bzw. bereits in den Anforderungen als „Out of Scope“ festgelegt worden. So ist es für das Heben von Schachfiguren nicht notwendig große Kräfte zu erzeugen, sondern vielmehr eine sehr genaue Ansteuerung der einzelnen Position zu ermöglichen.

Schrittmotor

Schrittmotoren bestehen aus einem fixierten Stator und einen drehenden Rotor, welcher sich innerhalb des Stators befindet. Der Stator besteht aus mehreren Elektromagnetischen Spulen welches Kreisförmig um den Rotor platziert sind. Um nun eine Drehbewegung zu erzeugen, werden an die einzelnen Spulen (Siehe Abbildung: L1 bis L4) Spannung angelegt und somit ein Magnetfeld erzeugt. Dieses Magnetfeld erzeugt

anschließende ein Drücken beziehungsweise ziehend des Stators wodurch dieser sich bewegt.

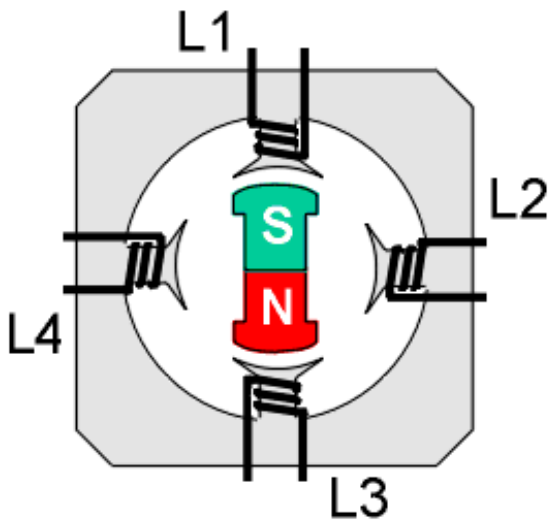


Abbildung 4: Aufbau eines Schrittmotors (<https://www.xplore-dna.net/mod/page/view.php?id=678>)

Je nach Anzahl der Spulen kann im Vollschrittbetrieb eine unterschiedliche Anzahl an Schritten angesteuert werden. In der Abbildung 4 können somit 4 Schritte angefahren werden.

Zur Ansteuerung eines Schrittmotors werden im Vergleich zu klassischen Motoren immer eine Motorsteuerung benötigt. Diese Motorsteuerung kann den Schrittmotor sehr genau ansteuern und somit eine hohe Genauigkeit erreichen. Auch können sogenannte Mikroschritte gefahren werden, hierfür begrenzt die Motorsteuerung den Strom, welche an die einzelnen Spulen angelegt werden, dadurch sind Bewegungen von $1/5$ bis $1/250$ eines Vollschritts möglich.

Schrittmotoren bieten in ihrer Bewegung eine hohe Genauigkeit mit einer großen Kraft. Nachteile des Schrittmotors sind hingegen den hohen Energiebedarf und die relativ geringe Drehgeschwindigkeit (Konradin Industrie, 2024).

Für die Verwendung eines Schrittmotors innerhalb des Roboterarms sind diese Nachteile allerdings ebenfalls zu vernachlässigen, so ist der Energieverbrauch „Out of Scope“ und auch die Geschwindigkeit des Roboters ist beim Schach spielen zu vernachlässigen.

Direkte Kinematik

CAD-Modellierung

Die Entwicklung des Mechanischen Roboterarms wird in mehrere Teilabschnitte unterteilt. Zwei Linearmotoren sind für die groben Bewegungen des Roboterarms zuständig. Des Weiterem wird ein Drehmechanismus verwendet, um den kompletten Roboter auszurichten. Der letzte Teilabschnitt ist die Magnethalterung. Sie besteht aus zwei Aktoren, einem Linearmotor um welche Vertikal Bewegungen durchführt und ein Elektromagnet, welcher für das „Greifen“ der einzelnen Figuren zuständig ist.

TinkerCad

Zur Modellierung der einzelnen Bauteile wird TinkerCad verwendet. TinkerCad ist eine auf Autodesk basierende Webanwendung zur CAD-Modellierung. TinkerCad wird häufig in der Ausbildung und für erste Schritte mit Autodesk verwendet. Hierfür bietet Autodesk die Anwendung kostenlos an.

Auch gibt es eine Reihe von Tutorials und eine ausführliche Dokumentation. Im Vergleich zu Autodesk bietet TinkerCad weniger Funktionen allerdings alle wichtigen für dieses Projekt.

Erster Linearmotor

Zweiter Linearmotor

Drehmechanismus

Magnethalterung

Überblick CAD Modellierung

Elektronik/Schaltungsaufbau/Hardware

Figuren Erkennung

Kommentiert [LW2]: Hier kann ich mich drum kümmern. Passt das für dich?

Kommentiert [LW3R2]: Bagger Bild Quelle:
<https://www.lehrerfreund.de/technik/1s/bagger-auslegergeometrie-arbeitsblatt/3002>

Kommentiert [LW4R2]: FDM Druckverfahren Quelle Bild.
<https://3d-print-solutions.de/druckverfahren/fused-deposition-modeling/>

Kommentiert [LW5]: Hier bitte du ausfüllen und schreiben

Programmierung/Software

Schachalgorithmus

Die Züge des Schachroboters werden von einem Schachalgorithmus bestimmt. Dafür wird kein eigener Schachalgorithmus entwickelt, sondern bereits bestehende Schachalgorithmen verwendet.

Ansteuerung des Roboters

Schnittstelle zwischen Roboter und Schachlogik

Herausforderungen

Heben aus engen Stellen heraus

Figurenerkennung

Fazit

Kritische Reflektion

Ausblick

Literaturverzeichnis

- Konradin Industrie. (5 2024). *Was sind Schrittmotoren, welche Typen gibt es und wie funktionieren sie?* Von <https://kem.industrie.de/elektromotoren/was-sind-schrittmotoren-welche-typen-gibt-es-und-wie-funktionieren-sie/#1> abgerufen
- Krause, M. (2021). *Baubetriebliche Optimierung des vollwandigen Beton-3D-Drucks*. Springer Vieweg Wiesbaden.
- O'Connell, J. (6. August 2021). ABS vs PLA (3D-Drucker-Filament): Die Unterschiede. *ALL3DP*.
- Wegener, R. (16. 10 2008). Dissertation. *Zylindrischer Linearmotor mit konzentrierten Wicklungen für hohe Kräfte*. Dortmund.