

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES TRIER

BACHELOR PROJEKTARBEIT

Entwicklung und Implementierung eines Can-Interfaces zur präzisen Lageregelung eines Portalkrans

BACHELOR OF ENGINEERING

ELEKTROTECHNIK
INFORMATIONSTECHNOLOGIE UND ELEKTRONIK

verfasst von:
Torsten ZIMMERMANN. [966352]

Teamprojekt mit:
Steave DAHM. [969471]

betreut von:
Prof. Dr. Ing. Matthias SCHERER
Andreas REIS, M. Sc.

Abgabedatum:
13. Oktober 2020

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES TRIER

MASTER THESIS

N-Body Langevin-Dynamic-Simulation of magnetic Nanoparticles with MATLAB

MASTER OF SCIENCE

ELECTRICAL ENGINEERING
INFORMATION TECHNOLOGY AND ELECTRONICS

author:

Michael P. ADAMS, B. Eng. [957815]

supervisors:

Prof. Dr. Ing. Hellmut HUPE

Jörg FUSENIG, M. Sc.

submission date:

29. February 2020

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die Master-Thesis selbstständig und lediglich unter Benutzung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben.

Ich erkläre weiterhin, dass die vorliegende Arbeit noch nicht im Rahmen eines anderen Prüfungsverfahrens eingereicht wurde.

Ort, Datum

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Master-Thesis unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Hellmut HUPE und Herrn Jörg FUSENIG, der meine Master-Thesis richtungsweisend und mit viel Engagement betreut hat. Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Insbesondere möchte ich mich bei meinen Eltern Egon und Cäcilia Adams bedanken, die mir mein Studium durch ihre finanzielle Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für meine Sorgen hatten.

Michael P. Adams,
Trier, 13. Oktober 2020

Inhaltsverzeichnis

| | |
|------------------------------|-----------|
| Symbolverzeichnis | 6 |
| Abbildungsverzeichnis | 11 |
| Tabellenverzeichnis | 12 |
| 1 Title | 13 |
| 1.1 Title | 13 |
| Literaturverzeichnis | 14 |

Symbolverzeichnis

Mathematische Symbole und Operatoren

| Symbol | Bezeichnung |
|---|---|
| ∇ | Nabla-Operator |
| Δ | Laplace-Operator |
| $\mathbf{J}_{\underline{u}}(\underline{F})$ | Jacobi-Matrix angewandt auf \underline{F} bezüglich \underline{u} |
| $\mathcal{O}(\cdot)$ | Landau-Symbol |
| $\mathbf{0}$ | Nullmatrix |
| $\text{diag}(a_{11}, \dots, a_{nn})$ | Diagonalmatrix |
| $\delta(\cdot)$ | Delta-Distribution |
| \times | Kreuzprodukt |
| \otimes | Dyadisches Produkt |
| \vec{a} | Physikalischer 3D-Vektor |
| \underline{a} | Generalisierter Vektor |
| $\mathbb{E}\{\cdot\}$ | Erwartungswert-Operator |
| $\text{VAR}\{\cdot\}$ | Varianz-Operator |
| Σ | Kovarianz-Matrix |
| Λ_{jj} | Eigenwerte der Kovarianz-Matrix |
| Λ | Diagonalisierte Kovarianz-Matrix |
| Υ_{ij} | Komponenten der Eigenvektor-Matrix der Kovarianz-Matrix |
| Υ | Eigenvektor-Matrix der Kovarianz-Matrix |

Physikalische Konstanten

| Symbol & Wert | Bezeichnung |
|--|---------------------------|
| $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$ | Magnetische Feldkonstante |
| $k_B = 1.380649 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$ | Boltzmann-Konstante |
| $A \approx 10^{-19} \text{J}$ | Hamaker-Konstante |

Physikalische Größen

| Symbol | Einheit | Bezeichnung |
|------------------|---------------|--|
| ψ_H | $A \cdot m^2$ | Skalarpotential der magnetischen Feldstärke |
| ψ_B | $T \cdot m$ | Skalarpotential der magnetischen Flussdichte |
| \vec{H} | $A \cdot m$ | Magnetische Feldstärke |
| \vec{B} | T | Magnetische Flussdichte |
| \vec{m} | $A \cdot m^2$ | Magnetisches Moment |
| \vec{M} | A/m | Magnetisierung |
| M | A/m | Betrag der Magnetisierung |
| Φ | Wb | Magnetischer Remanenzfluss |
| \vec{l} | m | Dipol-Achsenvektor |
| \vec{e} | - | Dipol-Achseneinheitsvektor |
| \vec{F} | N | Kraft |
| \vec{T} | $N \cdot m$ | Drehmoment |
| \vec{F}_{ij}^D | N | Magnetische Dipol-Dipol-Kraft |
| \vec{T}_{ij}^D | $N \cdot m$ | Magnetisches Dipol-Dipol-Drehmoment |
| \vec{F}_{ij}^H | N | Hamaker-Kraft |
| \vec{F}_{ij}^S | N | Sterisch-repulsive Kraft |
| V_{ij}^H | J | Hamaker-Potential |
| V_{ij}^S | J | Potentielle Energie der sterischen Repulsion |

| Symbol | Einheit | Bezeichnung |
|-----------------------------------|--------------------------|--|
| \underline{q} | — | Ortsvektor der generalisierten Koordinaten |
| $\dot{\underline{q}}$ | — | Geschwindigkeitsvektor der generalisierten Koordinaten |
| $\ddot{\underline{q}}$ | — | Beschleunigungsvektor der generalisierten Koordinaten |
| $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ | — | Körperfeste Kugelkoordinaten |
| \mathcal{J} | - | JACOBI-Matrix (D’ALEMBERT’sches Prinzip) |
| \mathcal{M} | - | Massenmatrix (D’ALEMBERT’sches Prinzip) |
| \mathcal{R} | - | Relativmatrix (D’ALEMBERT’sches Prinzip) |
| \underline{F} | - | Generalisierter Kraftvektor (D’ALEMBERT’sches Prinzip) |
| x, y, z | m | Kartesische Koorindaten |
| α | rad | Azimut-Winkel |
| β | rad | Zenit-Winkel |
| \vec{r}_{ij} | m | Abstandsvektor von i zu j |
| η | kg/(m · s) | Dynamische Viskosität |
| T | K | Temperatur |
| R | m | Partikel-Radius |
| ρ | kg/m ³ | Massendichte |
| m | kg | Masse |
| V | m ³ | Partikel-Volumen |
| γ_t | kg/s | Transversale Stokes’sche Reibungskonstante |
| γ_r | (kg · m ²)/s | Rotatorische Stokes’sche Reibungskonstante |
| ξ | 1/m ² | Dichte der Tensidschicht |
| δ | m | Dicke der Tensidschicht |

Primäre Skalierungs-Konstanten

| Symbol | Einheit | Bezeichnung |
|-----------------|---------|------------------------------|
| T_{ch} | s | Zeitlicher Skalierungsfaktor |
| R | m | Räumlicher Skalierungsfaktor |

Skalierte Kofaktoren der Kräfte

| Symbol | Einheit | Bezeichnung |
|----------|--|---|
| C_H | — | Kofaktor der Hamaker-Kraft |
| C_S | — | Kofaktor 1 der sterischen Repulsion |
| c_S | — | Kofaktor 2 der sterischen Repulsion |
| C_{FD} | — | Kofaktor der magn. Dipol-Dipol-Kraft |
| C_{TD} | — | Kofaktor des magn. Dipol-Dipol-Drehmoment |
| C_{FB} | $\frac{\text{s}^2 \cdot \text{m} \cdot \text{A}}{\text{kg}}$ | Kofaktor äußerer magn. Kräfte |
| C_{TB} | $\frac{\text{s}^2 \cdot \text{A}}{\text{kg}}$ | Kofaktor äußerer magn. Drehmomente |

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Title

1.1 Title

Literaturverzeichnis