

Inhalt

| | |
|---|----------|
| Kurzfassung | IX |
| Abstract | XI |
| Abkürzungen | XIII |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangspunkt und Problemstellung | 2 |
| 1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit | 3 |
| 2 Überblick und Grundlagen | 7 |
| 2.1 Überblick zu MKS, EMKS und FE | 7 |
| 2.2 Freie automatisierbare Vernetzung mit Tetraedernetzen | 8 |
| 2.3 Festkörperbeschreibung | 10 |
| 2.3.1 Finite-Elemente | 10 |
| 2.3.2 Dämpfungsparameter | 10 |
| 2.4 Elastische Mehrkörpersysteme mit Kontakt | 11 |
| 2.4.1 Modellordnungsreduktion durch Projektion | 11 |
| 2.4.2 Spannungsrekonstruktion mit reduzierten elastischen Körpern | 12 |
| 2.4.3 Floating-Frame-of-Reference Ansatz | 14 |
| 2.4.4 Kontakt mit Penalty-Regularisierung | 14 |
| 2.5 Fluidbeschreibung mit SPH | 15 |
| 2.5.1 Lagrangesche Beschreibung mittels Smoothed Particle Hydrodynamics | 15 |
| 2.5.2 Weakly Compressible SPH mit Tait-Murnaghan Druckgleichung . . | 19 |
| 2.5.3 Wahl eines kompakten positiv-definiten Kerns | 22 |
| 2.5.4 Stabilitätsbedingungen | 23 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.5.5 | Effizienzerhöhung durch Reduktion der Schallgeschwindigkeit | 24 |
| 2.5.6 | Rechenzeit in Abhängigkeit der Partikelanzahl | 25 |
| 3 | Transiente Zahnrakontaktsimulationen mit Floating Frame of Reference Ansatz und Ansatzfunktionen höherer Ordnung | 27 |
| 3.1 | Kontaktberechnung in EMKS mit quadratischen Tetraeder Ansatzfunktionen | 28 |
| 3.1.1 | Feinkontaktsuche | 28 |
| 3.2 | Vernetzungsaufwand für ein industrielles Planetengetriebe | 32 |
| 3.3 | Simulative Untersuchungen | 33 |
| 3.3.1 | Validierung mittels Stoßsimulation | 33 |
| 3.3.2 | Abrollsimulation | 38 |
| 3.4 | Zusammenfassung der Tet10-Ergebnisse | 39 |
| 4 | Präzises Abbilden von lokalem transientem Kontaktverhalten ohne Einführung unphysikalischer Dynamik | 43 |
| 4.1 | Klassische Reduktionsmethoden und hochfrequente Moden | 44 |
| 4.1.1 | Eigenschaften von MOR mit globalen Eigenmoden-Basen | 46 |
| 4.1.2 | Massenorthogonale Korrekturmoden für lokalen Kontakt | 50 |
| 4.2 | Konstruktiver Beweis diagonalisiertes Subsystem | 51 |
| 4.3 | Frequenzen des diagonalisierten linearen Subsystems | 54 |
| 4.4 | Durchgriff zur Modellierung der wesentlichen Informationen | 57 |
| 4.5 | Diskussion | 64 |
| 4.6 | Zusammenfassung der Ergebnisse mit Durchgriff | 67 |
| 5 | Vergleich des Schleppmoments zwischen Simulationen und Experiment | 69 |
| 5.1 | Versuchsaufbau und Messung | 70 |
| 5.1.1 | Auswertung des Sensorsignals | 72 |
| 5.2 | SPH-Simulation mit Pasimodo | 77 |
| 5.3 | Vergleich von Simulation und Experiment | 82 |
| 5.4 | Illustration des Einflusses numerischer Stabilisierungsviskosität | 85 |
| 5.4.1 | Einfluss numerischer Stabilisierungsviskosität demonstriert anhand der Couette-Strömung | 85 |

| | |
|--|------------|
| 5.4.2 Einfluss numerischer Stabilisierungsviskosität auf das Schleppmoment | 87 |
| 6 Zusammenfassung und Ausblick | 91 |
| Anhang | 97 |
| A.1 Skizzen und Aufbau der Luftlagerung | 97 |
| A.2 Betrachtung zu Sampling und Geschwindigkeitsmessung | 98 |
| Literaturverzeichnis | 101 |