

Manipulation-Skills

Antoine SCHLECHTER

AG Eingebettete Systeme und Robotik (RESY),
Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern,
<http://resy.informatik.uni-kl.de/>

1. Manipulation deformierbarer Objekte
2. Kontaktzustandsübergänge
3. Umsetzung in Manipulation-Skills
4. Zusammenfassung & Ausblick



Manipulation deformierbarer Objekte

Aktuelle Situation:

- Manipulation fester Werkstücke in fester Umgebung
transparente Programmierung von Positionen
- Manipulation deformierbarer Werkstücke in fester Umgebung
Sonderlösungen für Spezialaufgaben

Ziel:

- Manipulation deformierbarer Werkstücke in fester Umgebung
transparente Programmierung von Kontaktzuständen

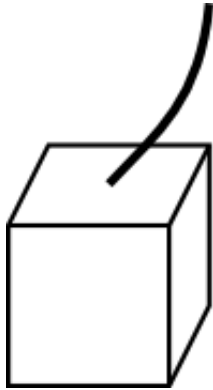
Aufgabe:

- Bibliothek mit Manipulationsbefehlen für:
Grobbewegungen OHNE Veränderung der Kontaktzustände
Feinbewegungen MIT Veränderung der Kontaktzustände



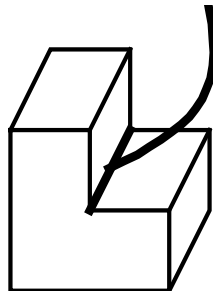
Kontaktzustandsübergänge I

Arten von Kontaktzuständen



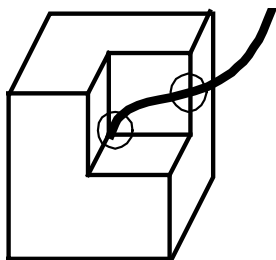
- Ein konvexer Einzelkontakt:

V/F



- Ein Einzelkontakt:

$V/F_1 \ \& \ V/F_2$ **oder** $V/E-$

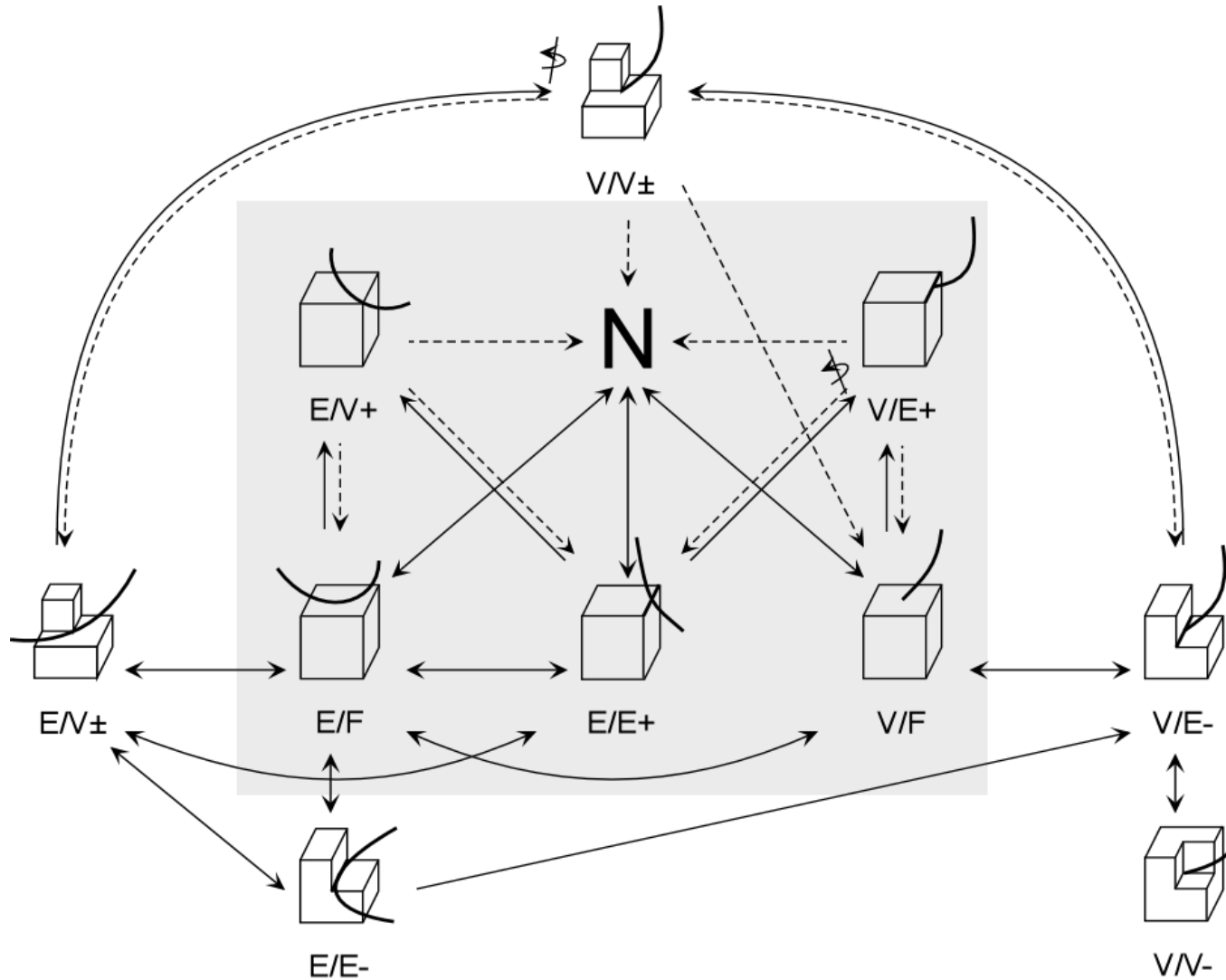


- Mehrere Einzelkontakte:

$V/F_1 \ \& \ V/F_2 \ \& \ V/F_3$ $\ \& \ E/E$

oder $V/V-$ $\ \& \ E/E+$

Kontaktzustandsübergänge II



Umsetzung in Manipulation-Skills I

Grundlage: wissenschaftlicher Tastsinn

1. erwarteter, übergangsspezifischer Kraft-Verlauf
2. passende stückweise lineare Funktion $L(a,b,c,d)$
3. Bestätigung des Verlaufs in den Sensordaten

Einflussparameter für den Kraft-Verlauf:

- Roboterbewegung
- Beobachtungsrichtung für Kraft und Moment

Probleme:

- Parameter frei: Kraft-Verlauf online ermitteln
- Parameter fest: Was sind „gute“ Parameter?
Was ist ein „guter“ Kraft-Verlauf?

Umsetzung in Manipulation-Skills II

A priori Gütekriterien für Kraftverläufe:

- Konstanter oder möglichst flacher Verlauf VOR dem Übergang
- Sprung und/oder möglichst steiler Verlauf NACH dem Übergang
- Möglichst robust gegen externe Störeinflüsse

Roboterbewegung:

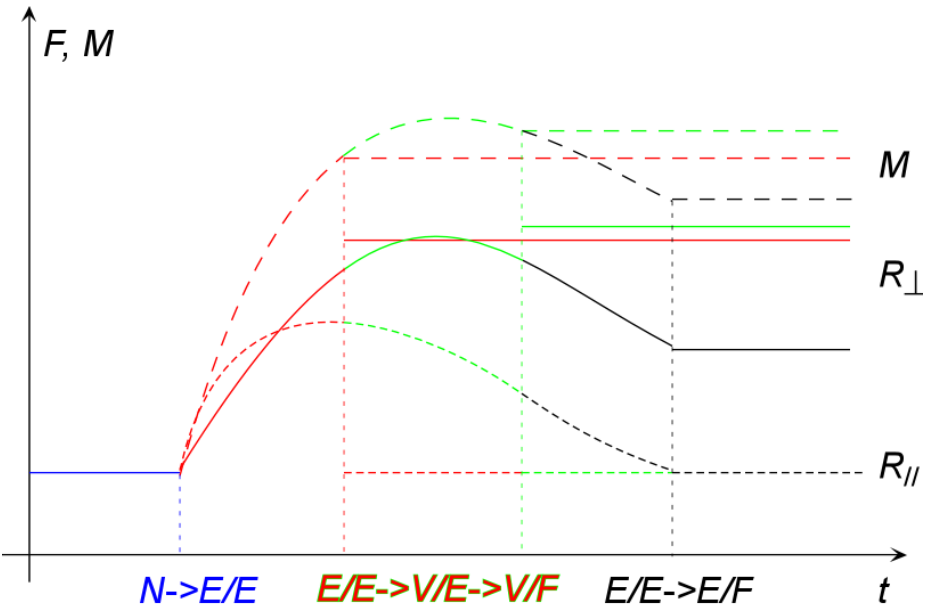
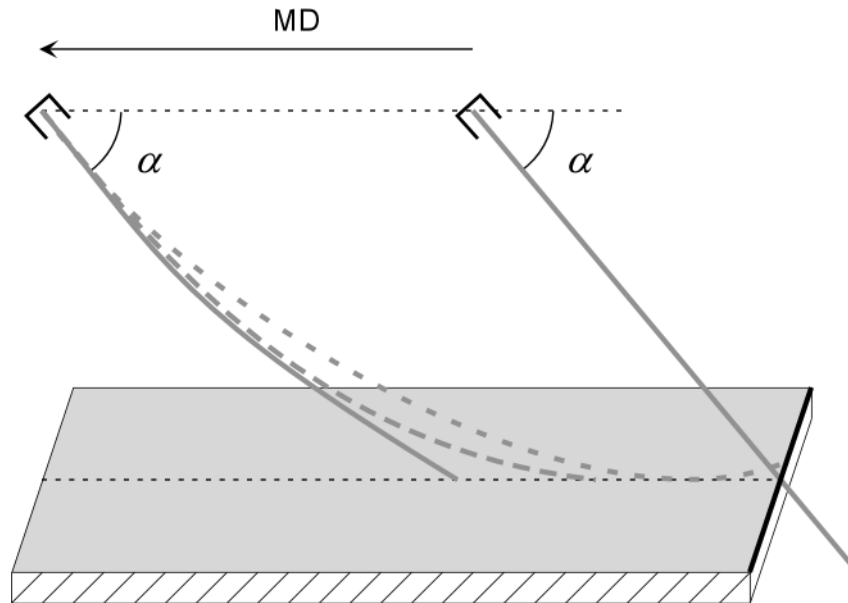
- Parallel zur Tangentenfläche im aktuellen Kontaktpunkt
- Senkrecht zur Tangentenfläche im neuen Kontaktpunkt

Beobachtungsrichtung:

- Neu entstehende / aktuell wirkende Krafrichtung
- Richtungs- und Achsänderungen geschickt ausnutzen
- Möglichst viel Information verwerten



Umsetzung in Manipulation-Skills III



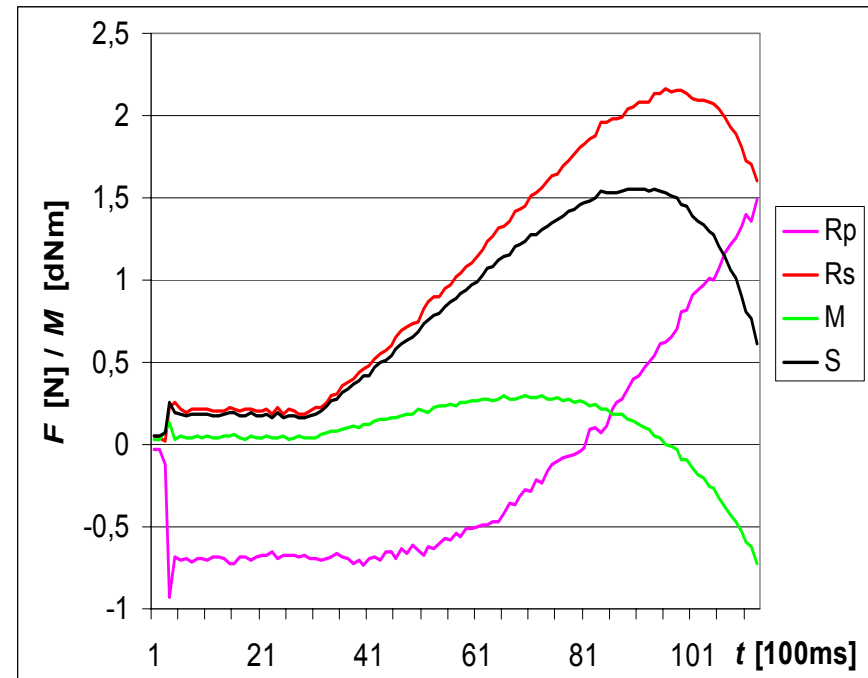
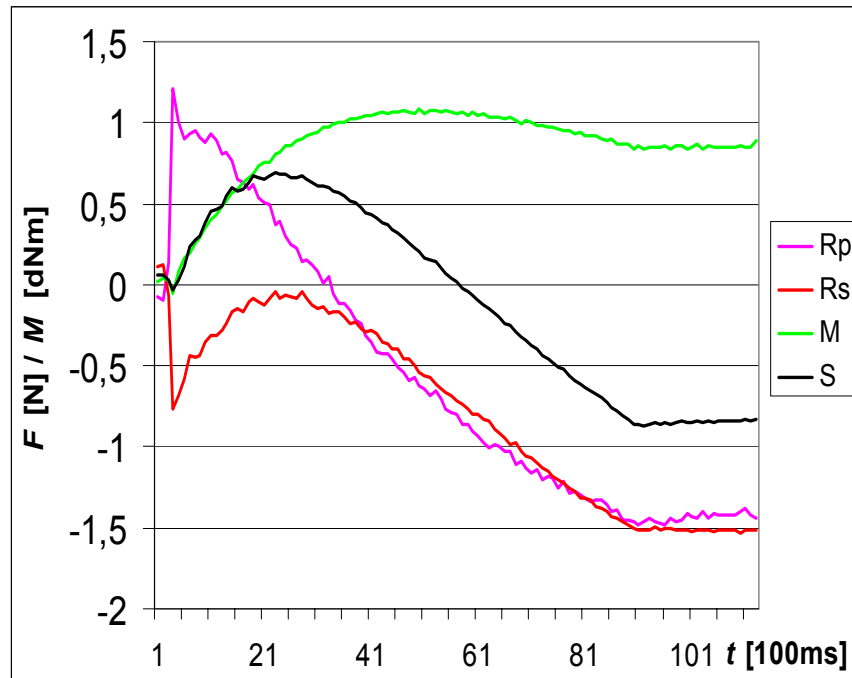
Unterschiedliche Übergänge und Verläufe in ähnlicher Situation:

- N E/E: $L(0,0,1,1)$ Steigungsänderung
- E/E E/F: $L(0,-1,0,1)$ Steigungsänderung
- E/E V/E V/F: $L(?,?,0,?)$?
- Verlauf $R_{//}$ - R_{\perp} : $L(-1,?,0,?)$ Sprung

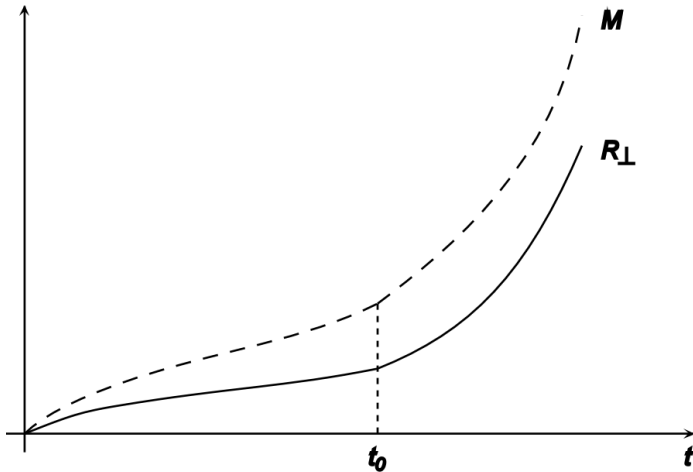
Umsetzung in Manipulation-Skills IV

Einfluss der Reibungskraft (Beispiel)

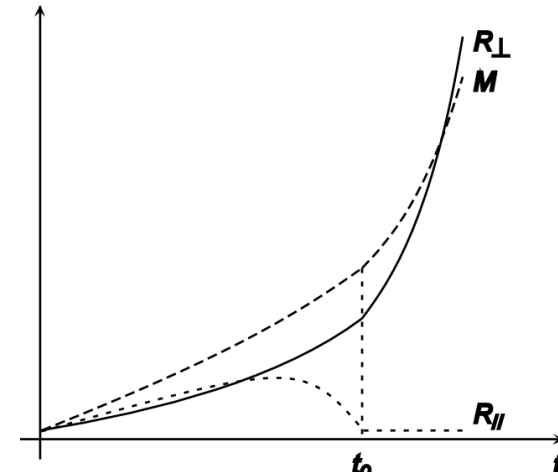
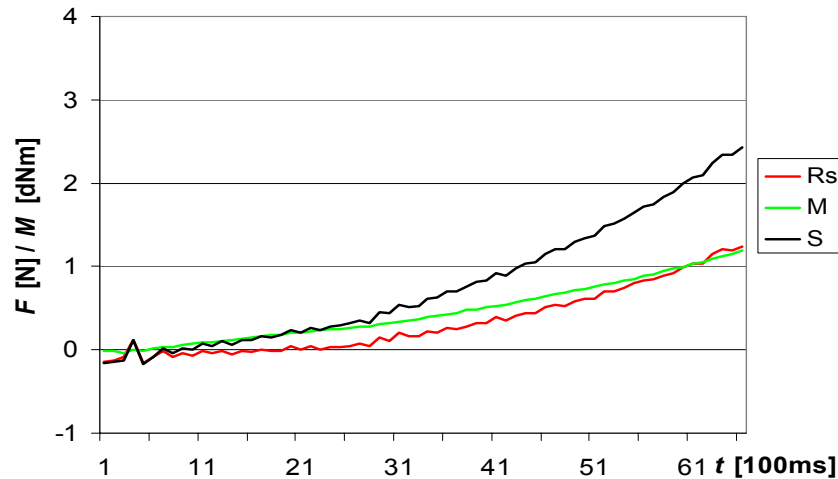
- **E/E** **E/F**: Reibungskraft wirkt **mit** flächenparalleler Reaktionskraft
Flächenparallele Kraftkomponente (R_p) auswerten
- **E/F** **E/E**: Reibungskraft wirkt **gegen** flächenparallele Reaktionskraft
Flächenparallele Kraftkomponente (R_p) nicht auswerten



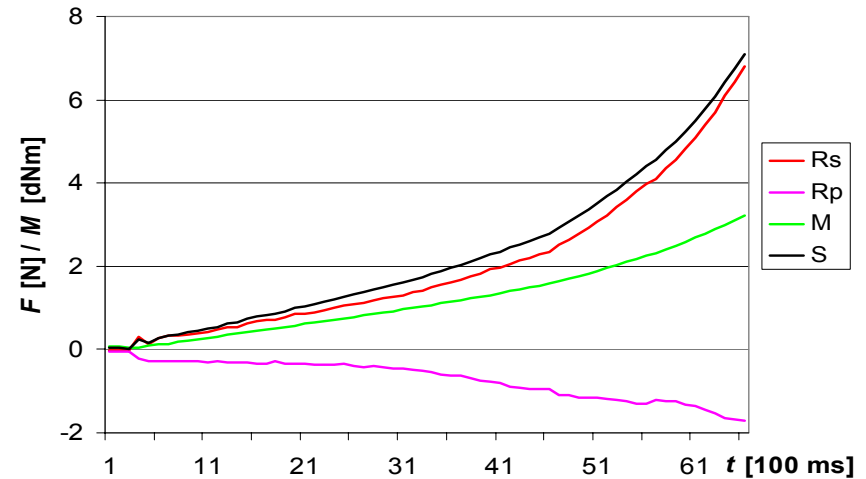
Umsetzung in Manipulation-Skills V



V/F E/F: L(0,1,1,1) eigentlich falsch
Übergang am Wendepunkt!

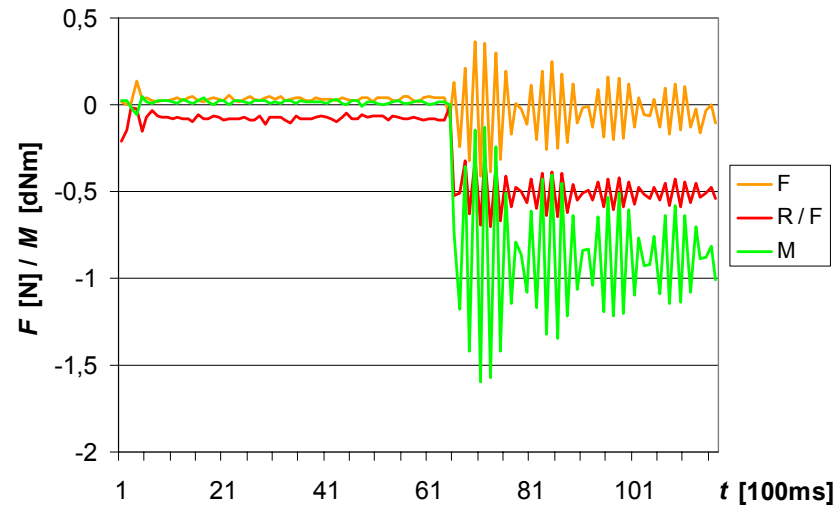
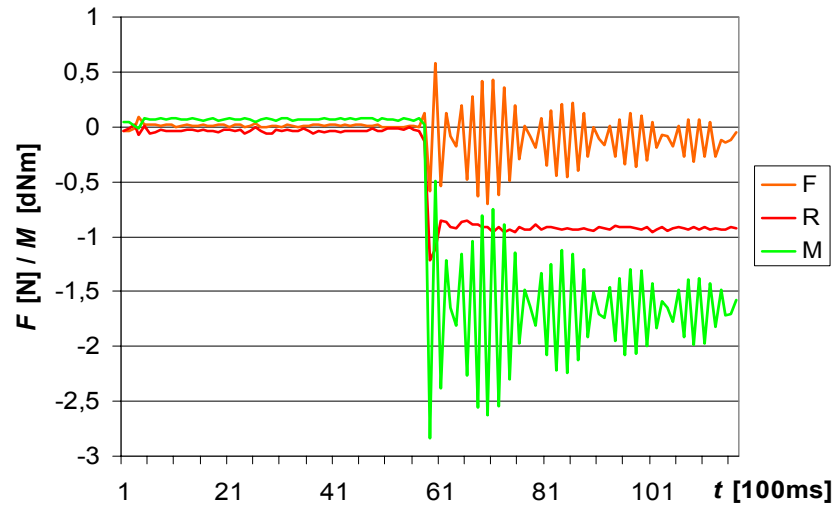
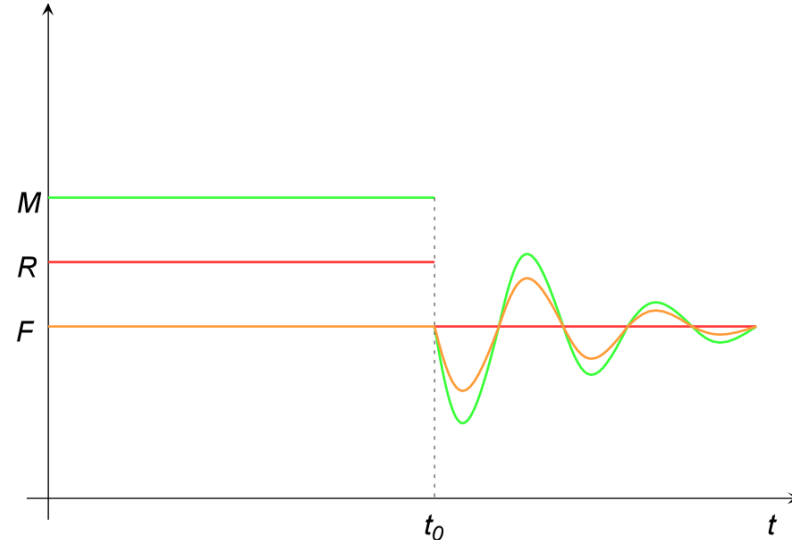
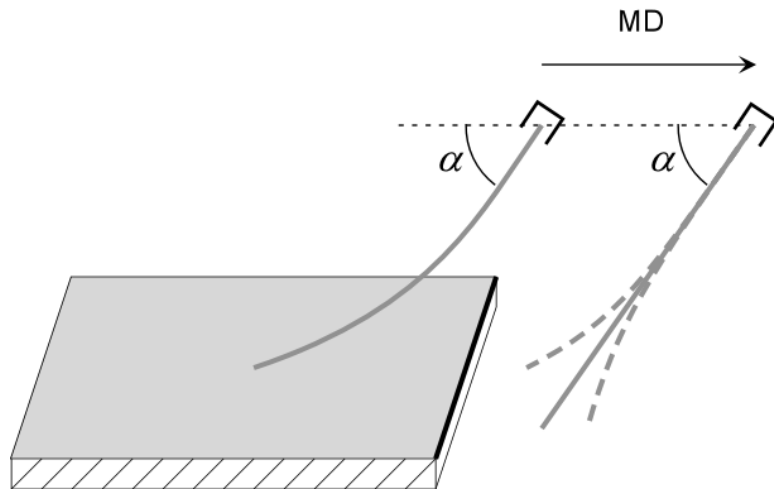


E/E E/F: L(0,1,1,1) eigentlich falsch
Übergang „überall“



Umsetzung in Manipulation-Skills VI

Spontaner Kontaktverlust: V/F V/E N



Zusammenfassung & Ausblick

Zusammenfassung

- Für jeden Kontaktzustandsübergang:
 - * A-priori Wissen über wirkende Kräfte und Momente
 - * Praktisch robustes Erkennungsmerkmal
- Trotzdem:
 - * Einige Probleme bei der $L(a,b,c,d)$ -Beschreibung
 - * Einige „schwer“ erkennbare Übergänge
 - * Einige schwer vorhersehbare Kraftverläufe

Ausblick

- Vollständige Kontaktsituationen
 - * Andere Bewegungen anderes a-priori Wissen
- Theoretisches Modell mit Reibungskräften und 3D-Verformung
- Einsatz weiterer Sensoren (Kameras, ...)
 - * Zur Parameterbestimmung
 - * Zur Unterstützung der Übergangserkennung