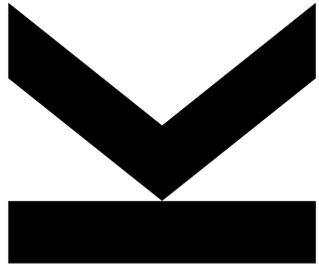


GANGSCHALTINTERFACE



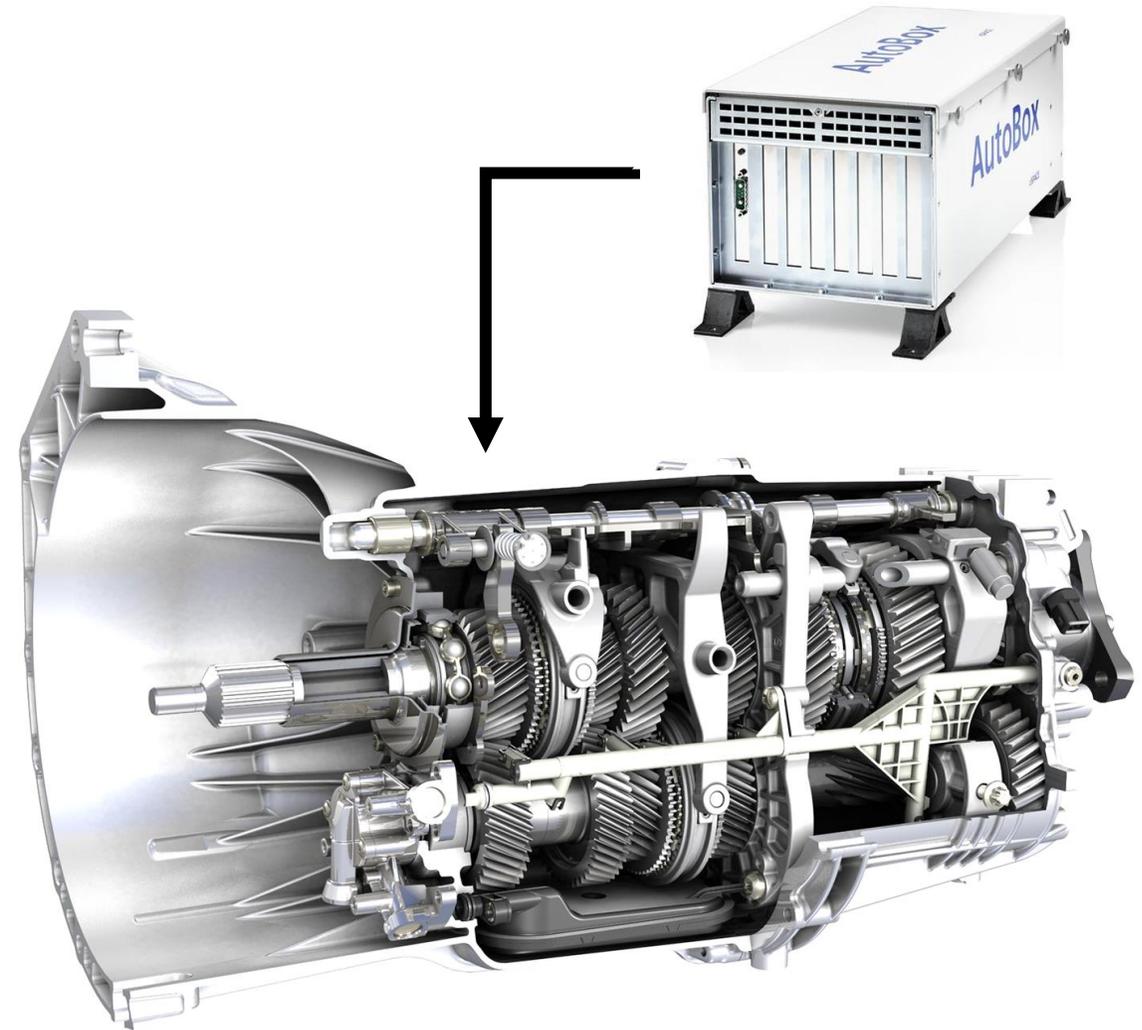
**Entwicklung einer Gangschaltschnittstelle und
Modellierung des Schaltverhaltens**

Betreuer: **Philipp Polterauer** und **Florian Meier**

Stefan Schlömmer

KURZÜBERSICHT

- Schnittstelle für Gangwahl
- Aufzeichnung von Messsignalen
- Modellbildung des Antriebsstranges
- Validation des Modells und Auswertung

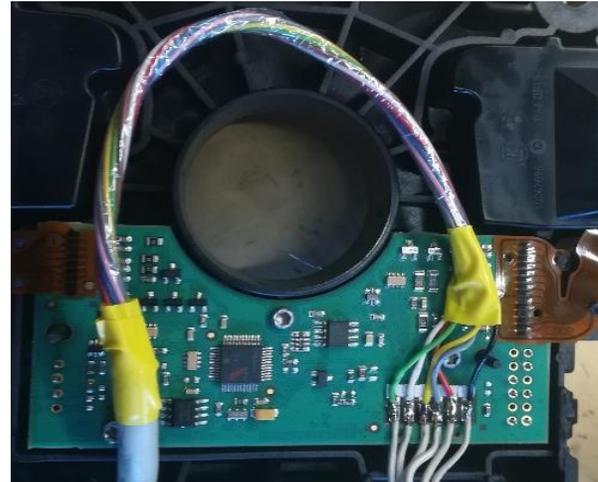


VERLAUF DER ARBEIT

Titel	Milestone	Abschluss Datum
Einarbeitung	Kenntnisse über Automatikgetriebe und der aktuellen Hardware. Ansatz für Eingriff in die Gangwahl am realen Fahrzeug.	Mitte März
Hardware Anpassung	Funktionierendes Interface für die Gangwahl. Software, sodass die Gangwahl über ein Simulink Modell erfolgen kann.	Ende März
Messungen	Alle notwendigen Messungen zur Modellbildung des Drehmomenten-Wandlers und der Getriebestufe. Aufzeichnen von Messfahrten.	Mitte Mai
Modellbildung	Model zur Beschreibung eines Schaltvorgangs. Modellaufbau so, dass es als Entwicklungshilfe für neue Schaltstrategien verwendet werden kann.	Mitte Juni
Dokumentation	Abschließende Dokumentation.	Abgabe September

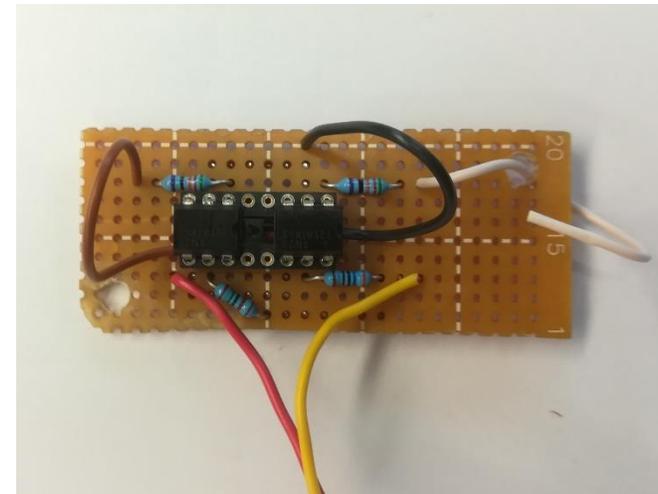
IMPLEMENTIERUNG - EINGRIFF

- Lenkradwippen für manuelle Gangwahl durch Fahrer



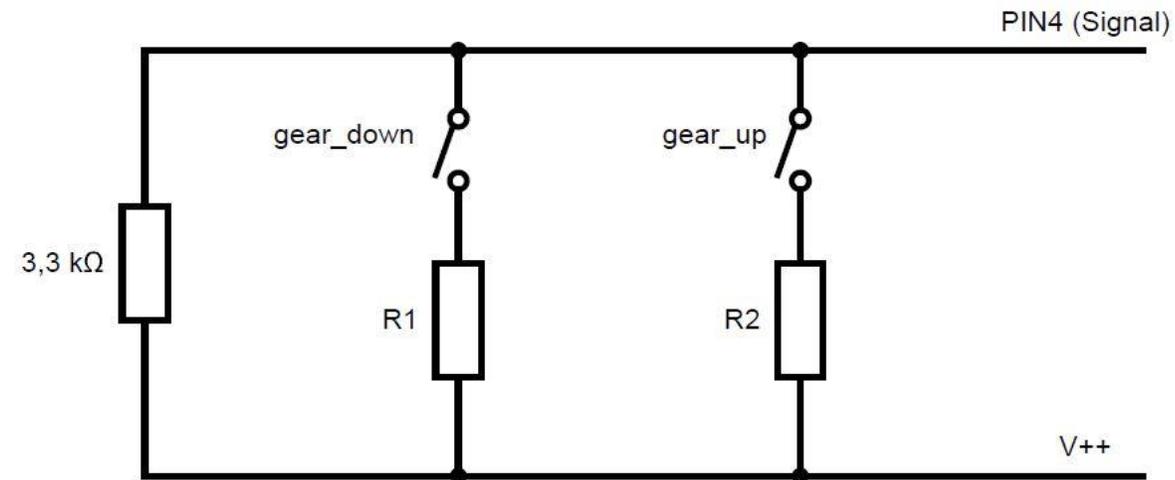
IMPLEMENTIERUNG - ELEKTRONIK

- Lochrasterplatine mit Optokoppler IC
- angesteuert durch DA Wandler der „dSpace Autobox“
- einfache Inbetriebnahme durch Anschluss mit Stecker



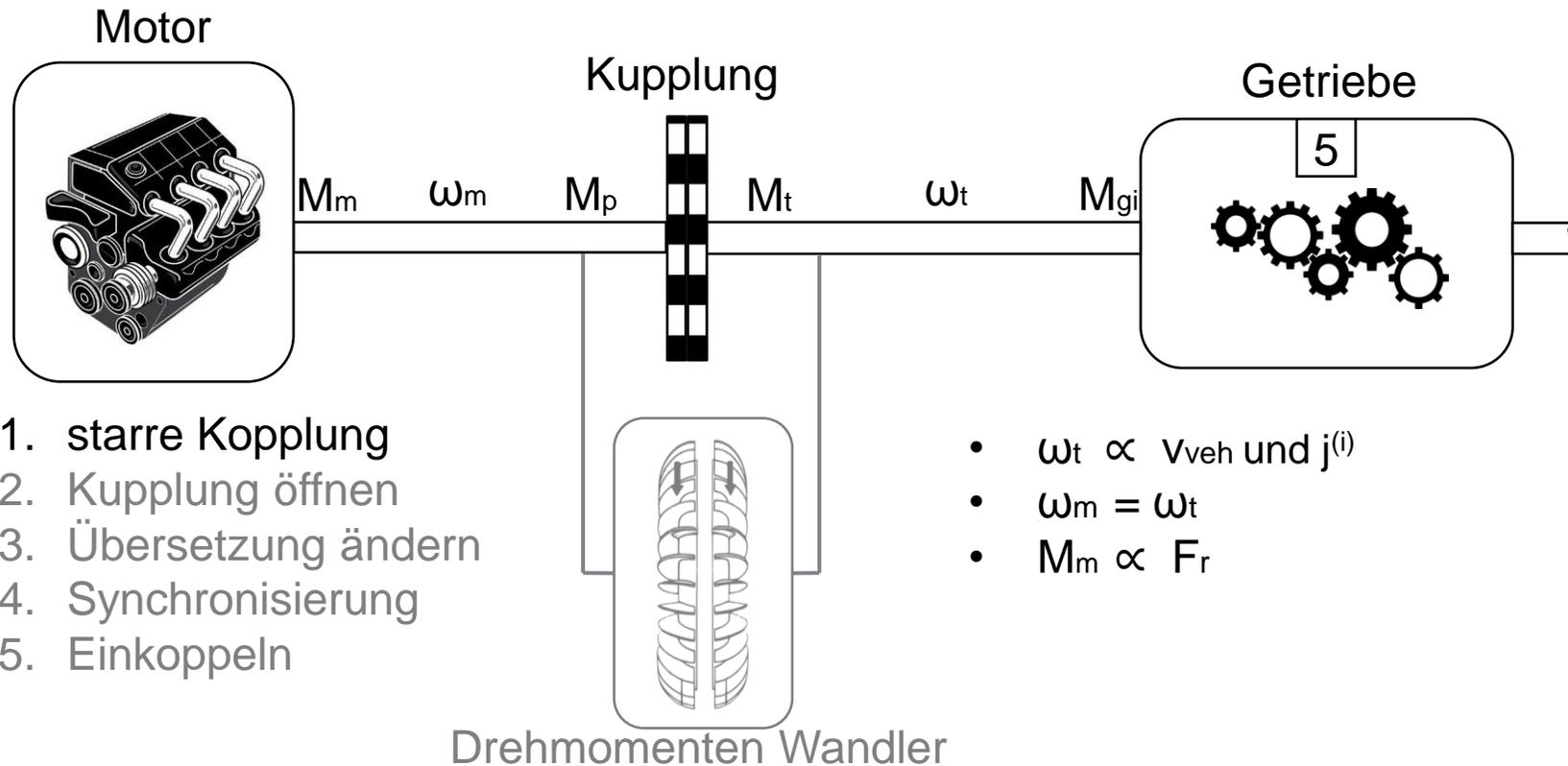
IMPLEMENTIERUNG - SCHALTUNG

- Logik mit pull-up Widerständen zur Versorgungsspannung
- Widerstandswerte durch Messreihe Identifiziert



SCHALTVORGANG ABLAUF

1 STARRE KOPPLUNG VOR DEM SCHALTEN

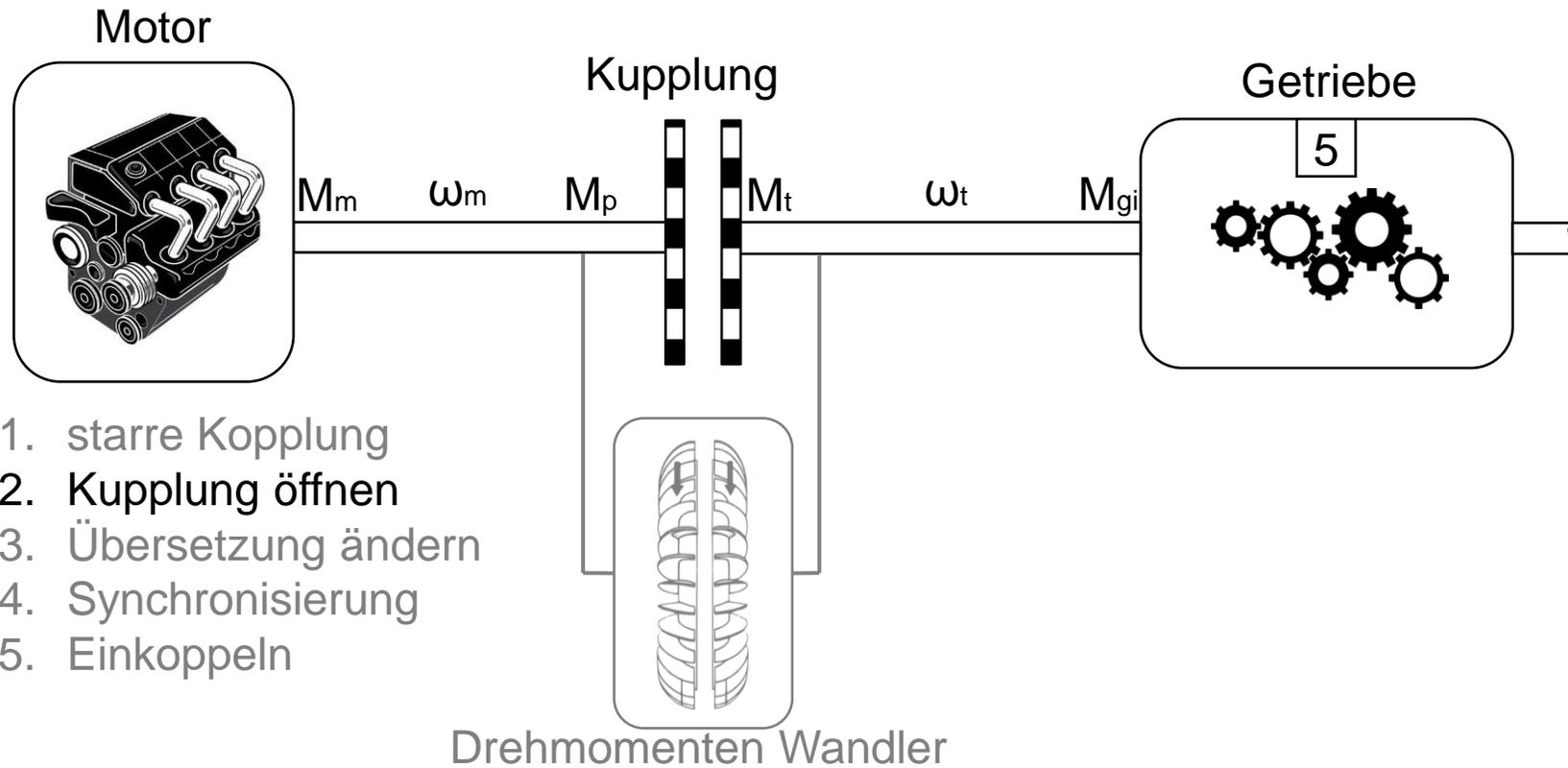


1. starre Kopplung
2. Kupplung öffnen
3. Übersetzung ändern
4. Synchronisierung
5. Einkoppeln

- $\omega_t \propto v_{veh}$ und $j^{(i)}$
- $\omega_m = \omega_t$
- $M_m \propto F_r$

SCHALTVORGANG ABLAUF

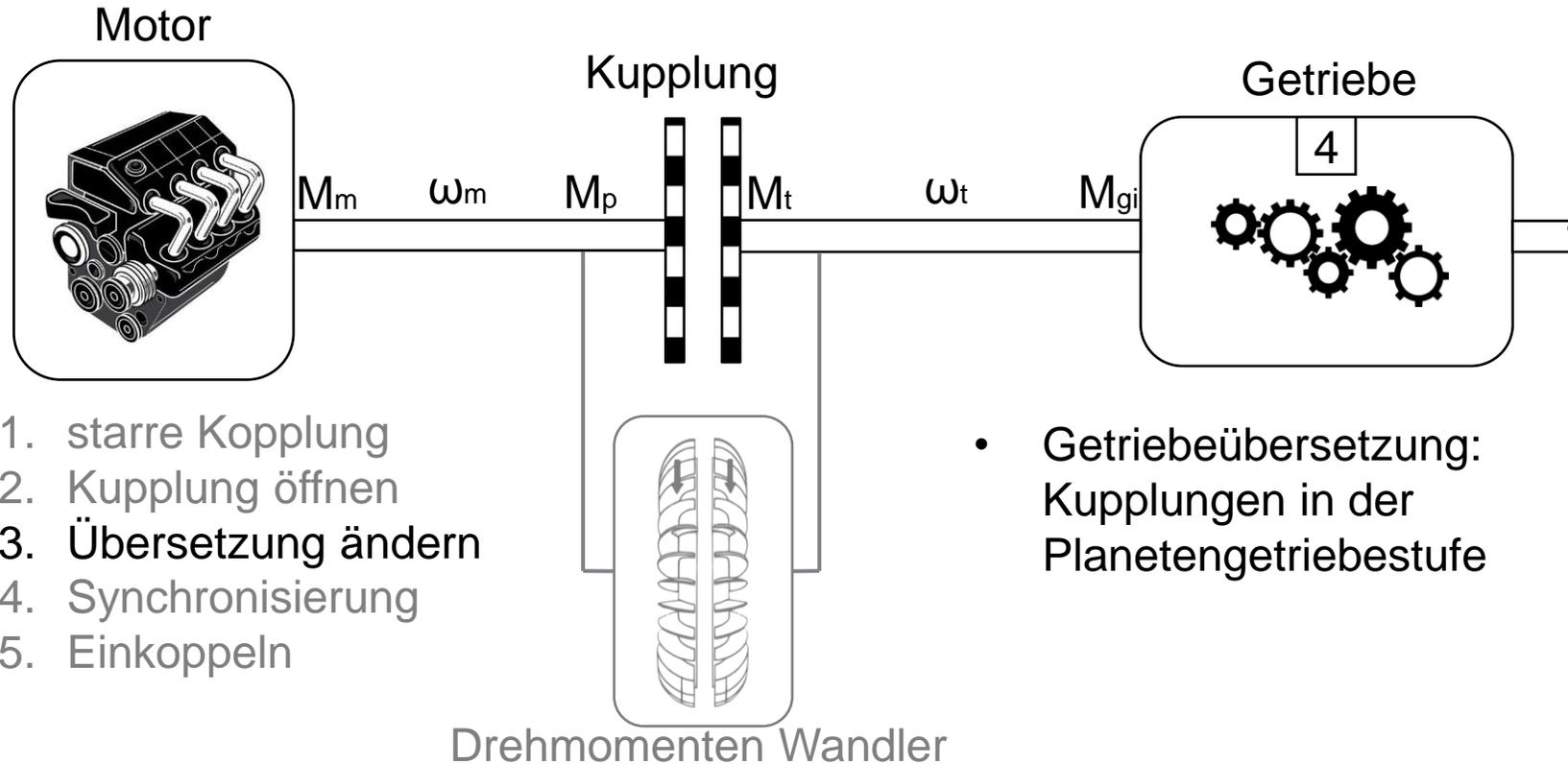
2 ÖFFNEN DER KUPPLUNG



1. starre Kopplung
2. Kupplung öffnen
3. Übersetzung ändern
4. Synchronisierung
5. Einkoppeln

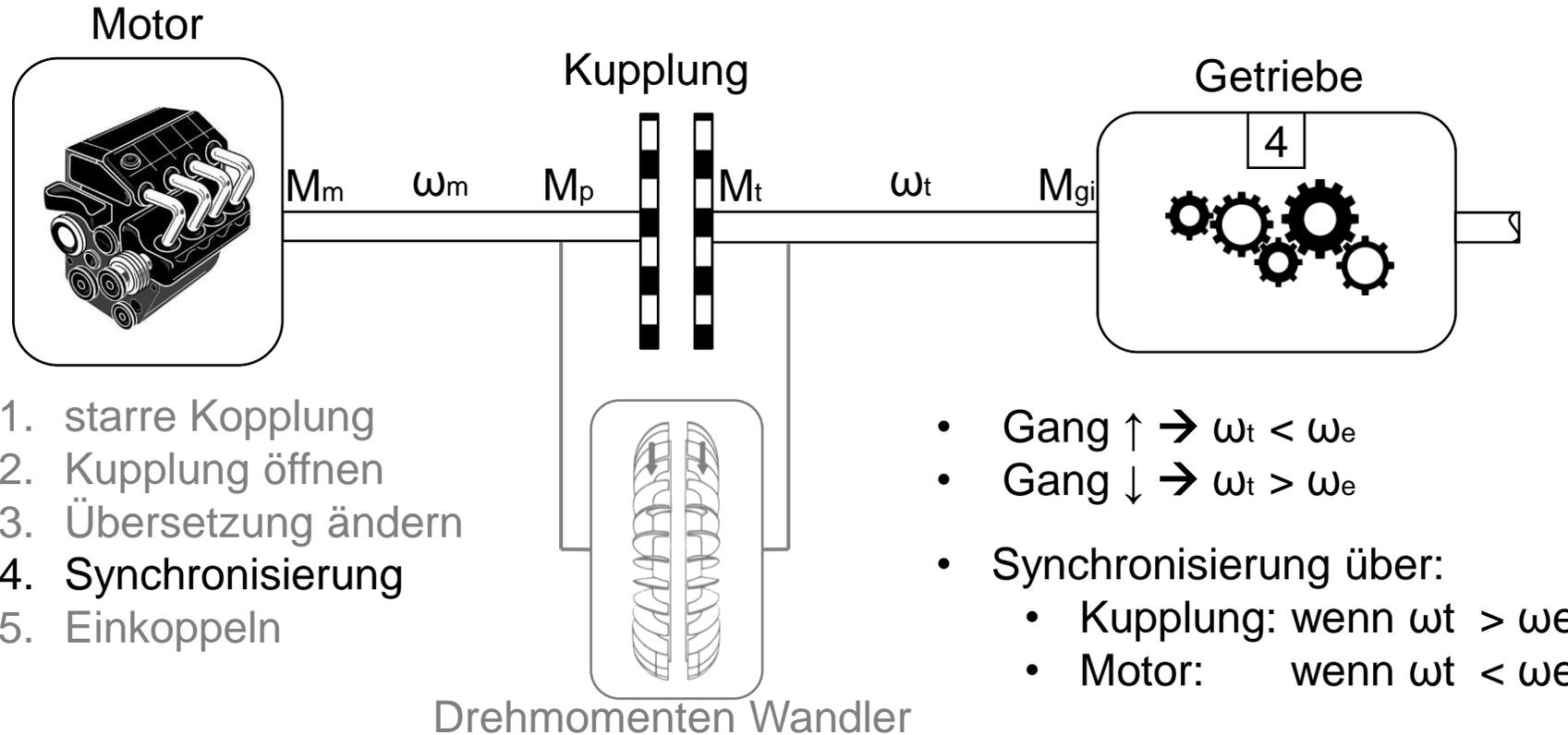
SCHALTVORGANG ABLAUF

3 ÄNDERUNG DER GETRIEBEÜBERSETZUNG



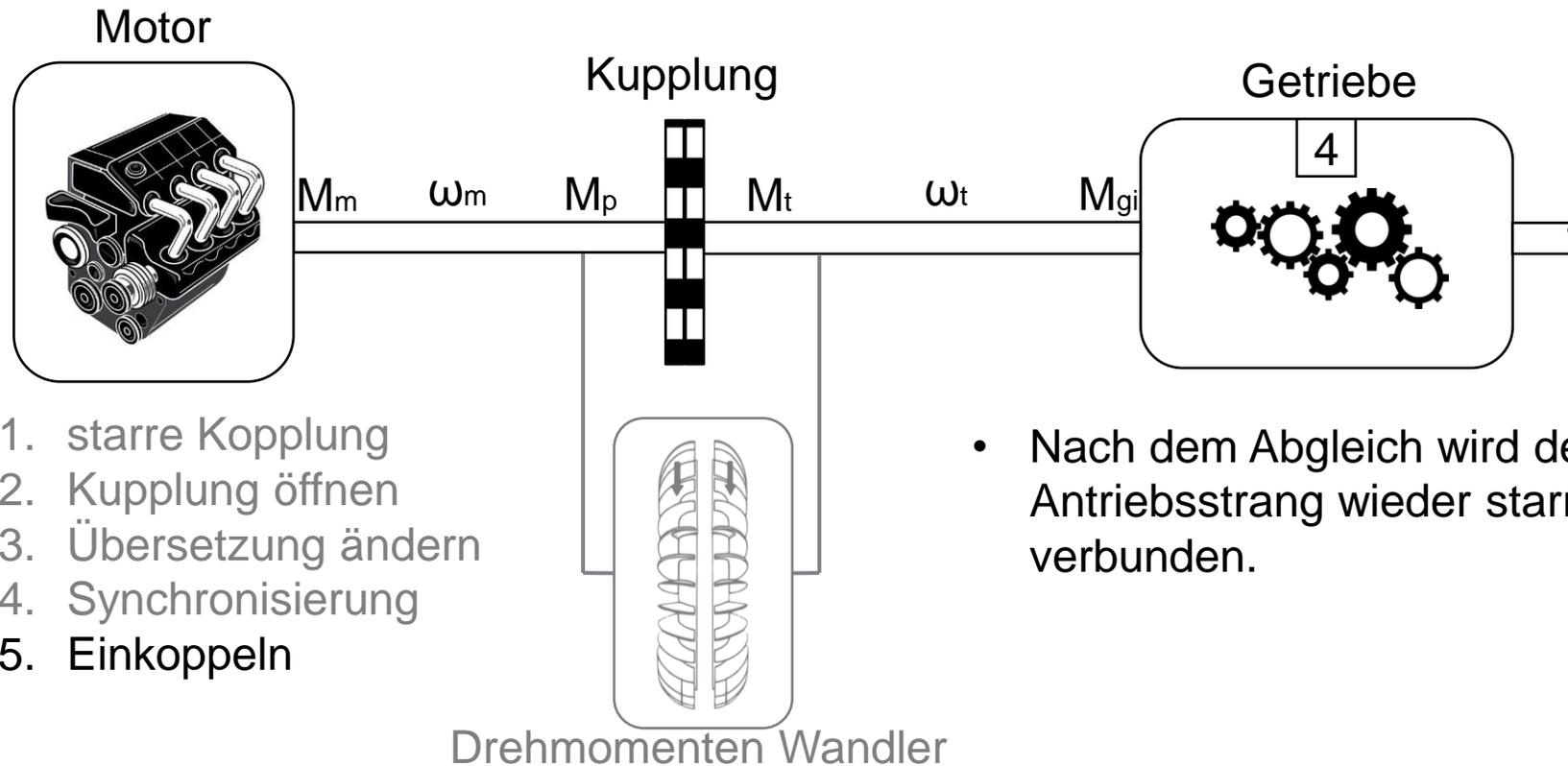
SCHALTVORGANG ABLAUF

4 SYNCHRONISIERUNG



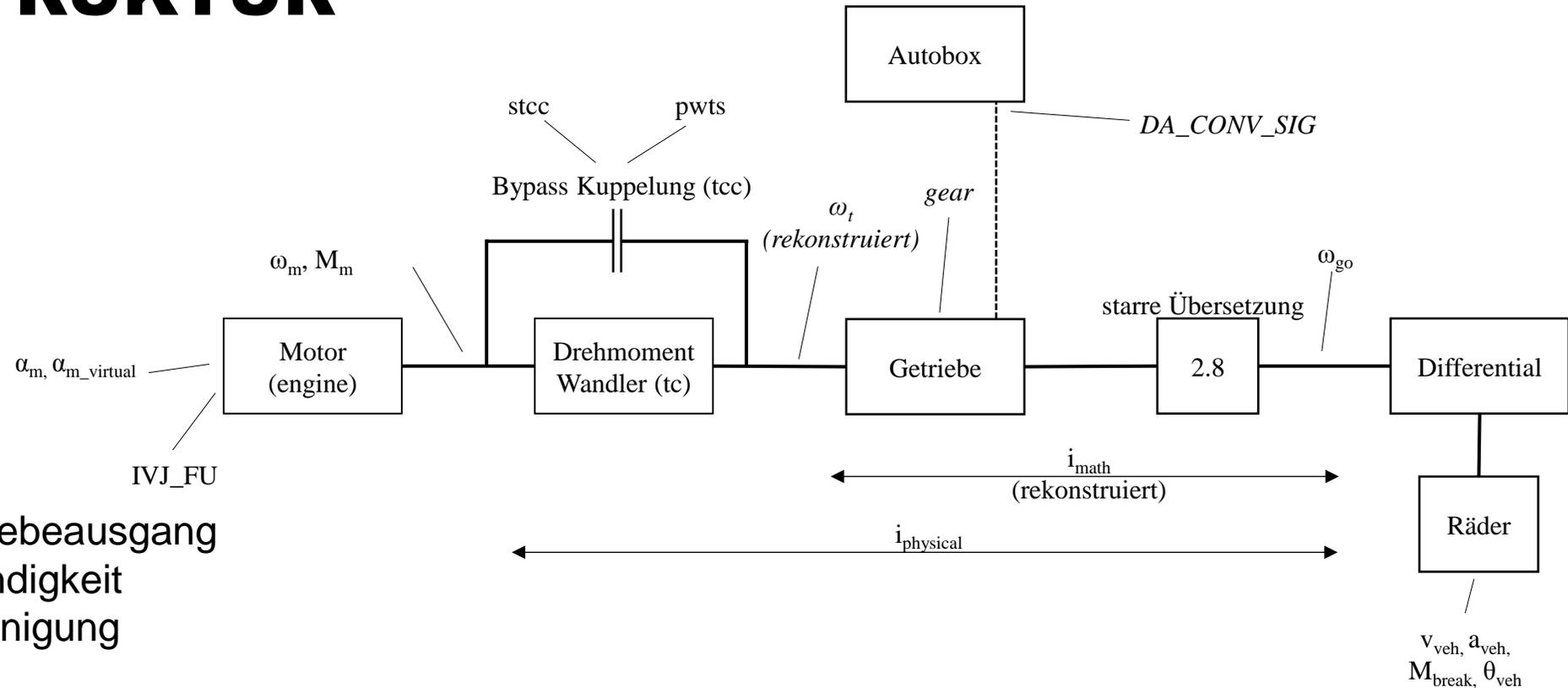
SCHALTVORGANG ABLAUF

5 EINKOPPLUNG



MODELLSTRUKTUR

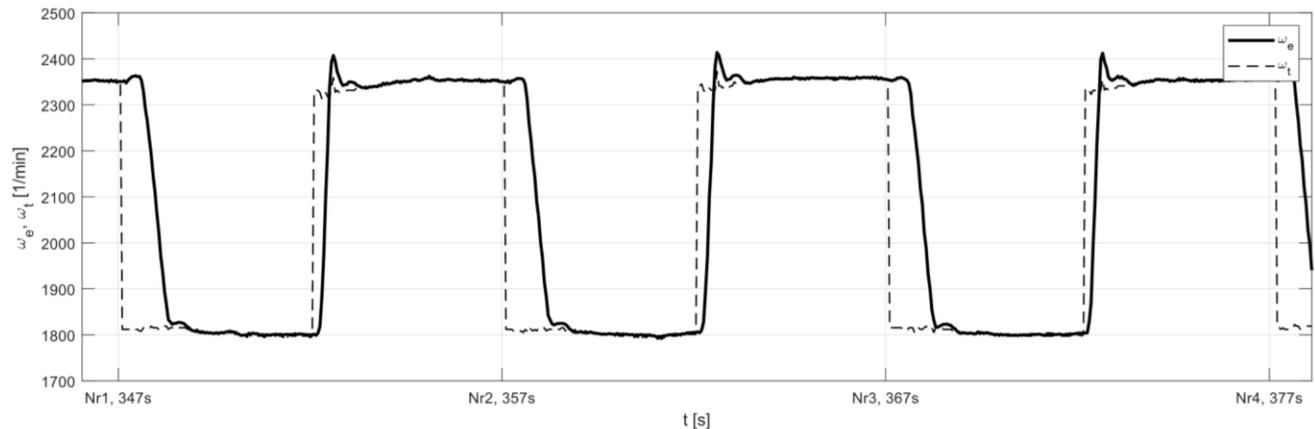
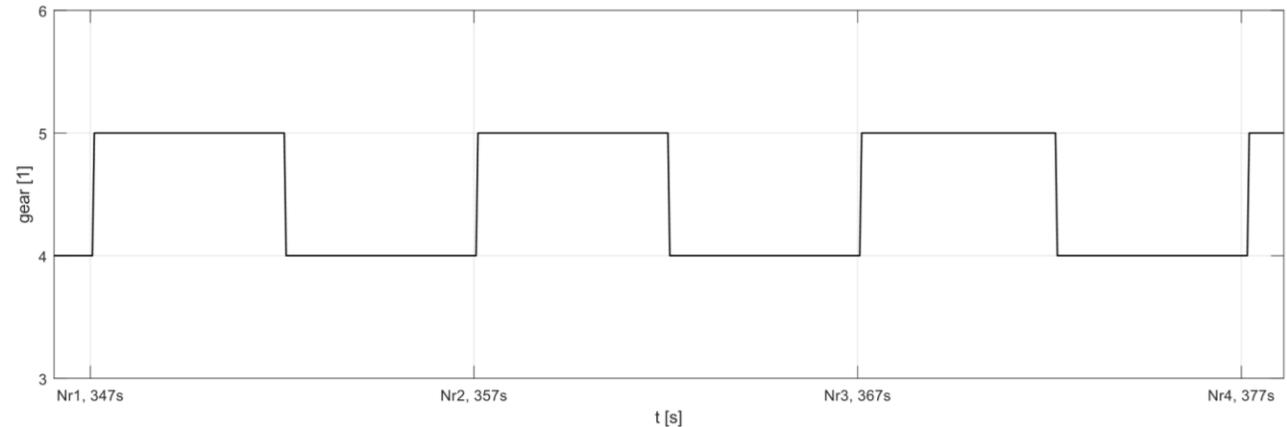
- Gaspedalstellung
- Motormoment
- Motordrehzahl
- Kupplungsstatus
- aktueller Gang
- Drehzahl am Getriebeausgang
- Fahrzeuggeschwindigkeit
- Fahrzeugbeschleunigung
- Bremsmoment
- Fahrbahnwinkel



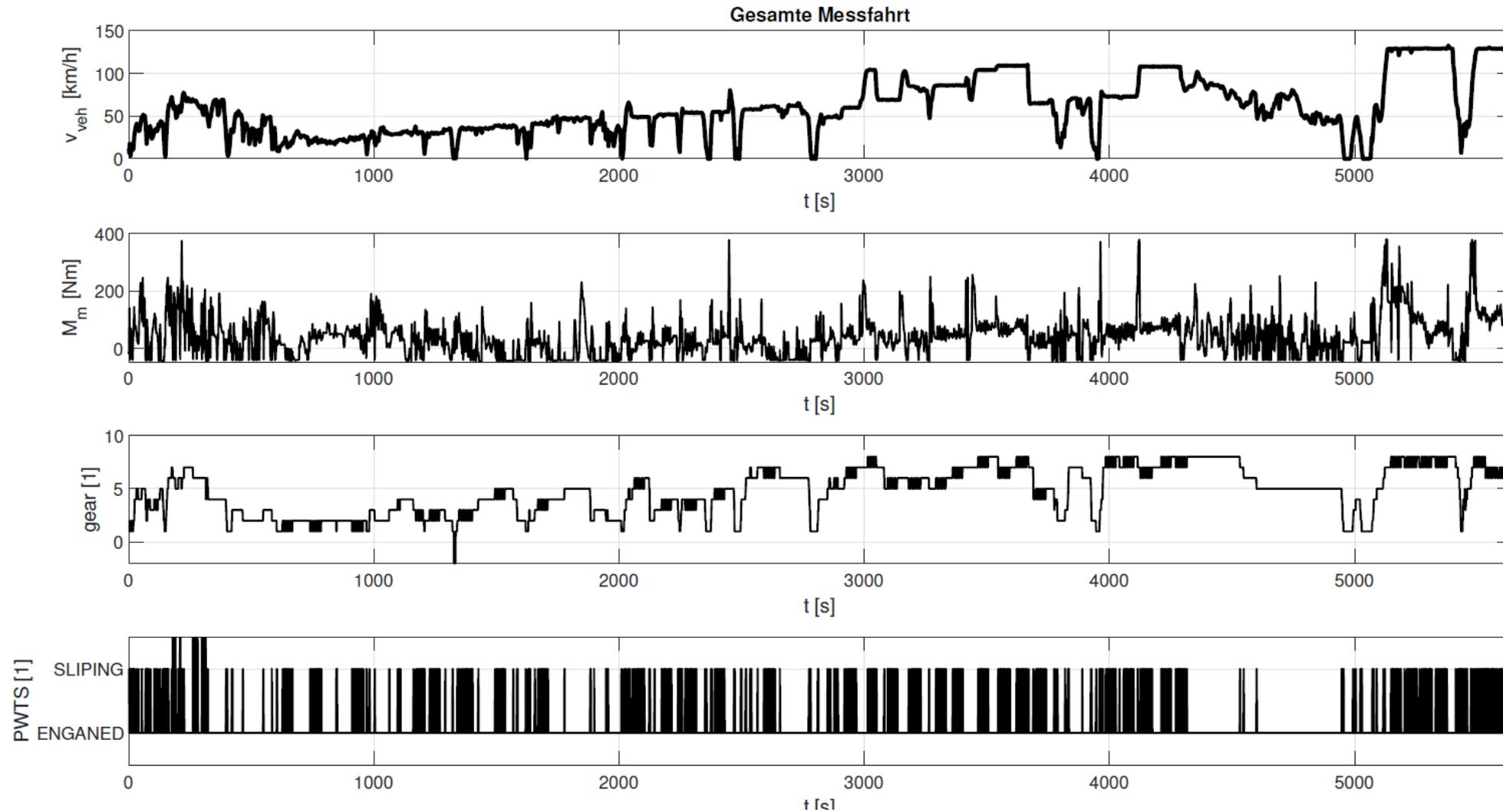
MESSDATEN AUFZEICHNEN

MESSPROZEDUR

- Vordefinierte Schaltsequenz:
 - Wechsel zwischen zwei Gänge
 - 5s Pause zwischen Hinauf- und Hinunterschalten
- Abspielen der Schaltsequenz bei passender Geschwindigkeit
- Konstant halten der Geschwindigkeit ermöglicht leichtere Analyse des Schaltvorgangs



GESAMTE MESSFAHRT

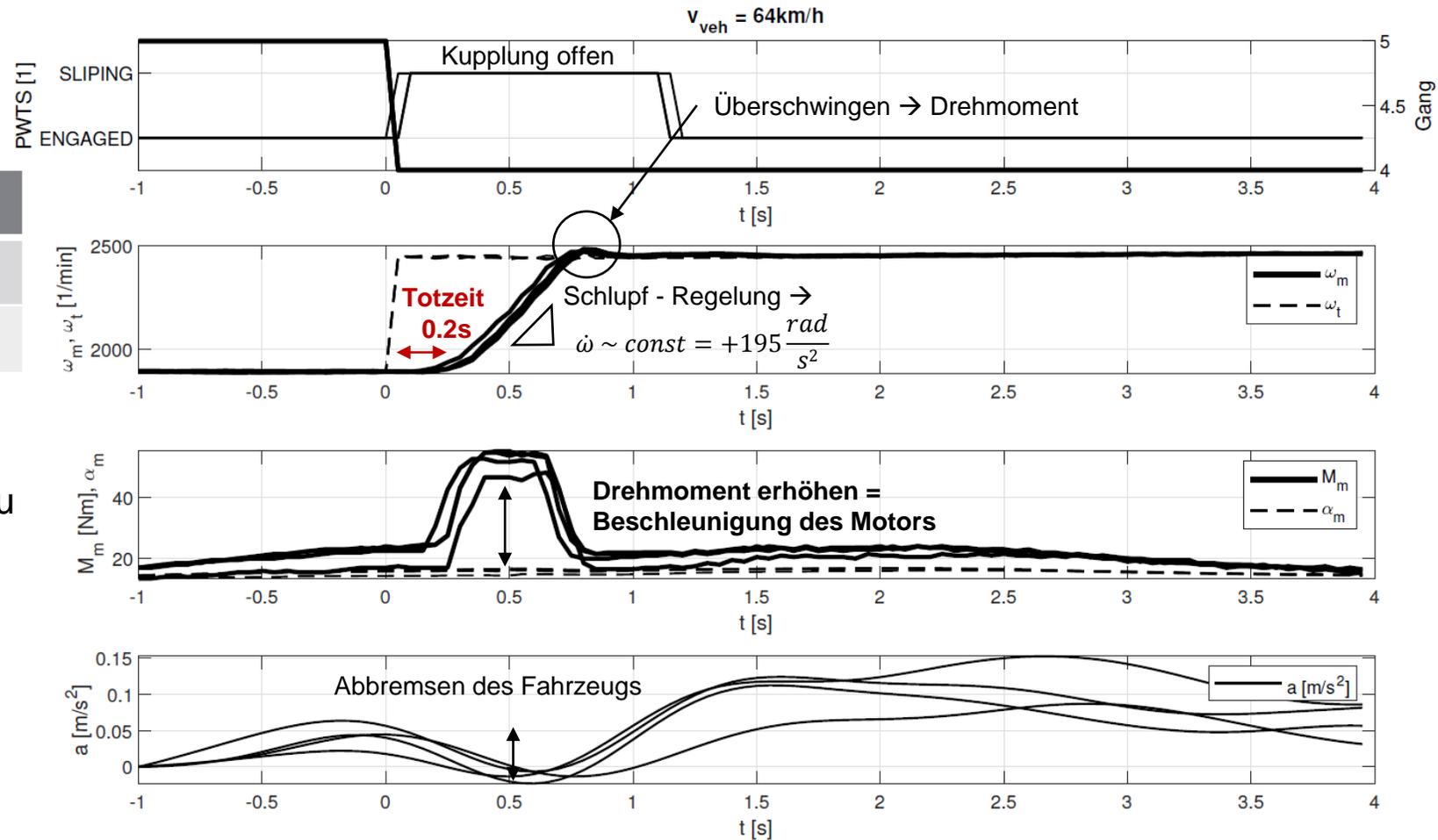


DATENSEGMENT SCHALTEN 4/5

HINUNTER SCHALTEN

Bezeichnung	Wert
Totzeit bis 1%	270 ms
$\dot{\omega}$ geregelt	+195 rad/s ²

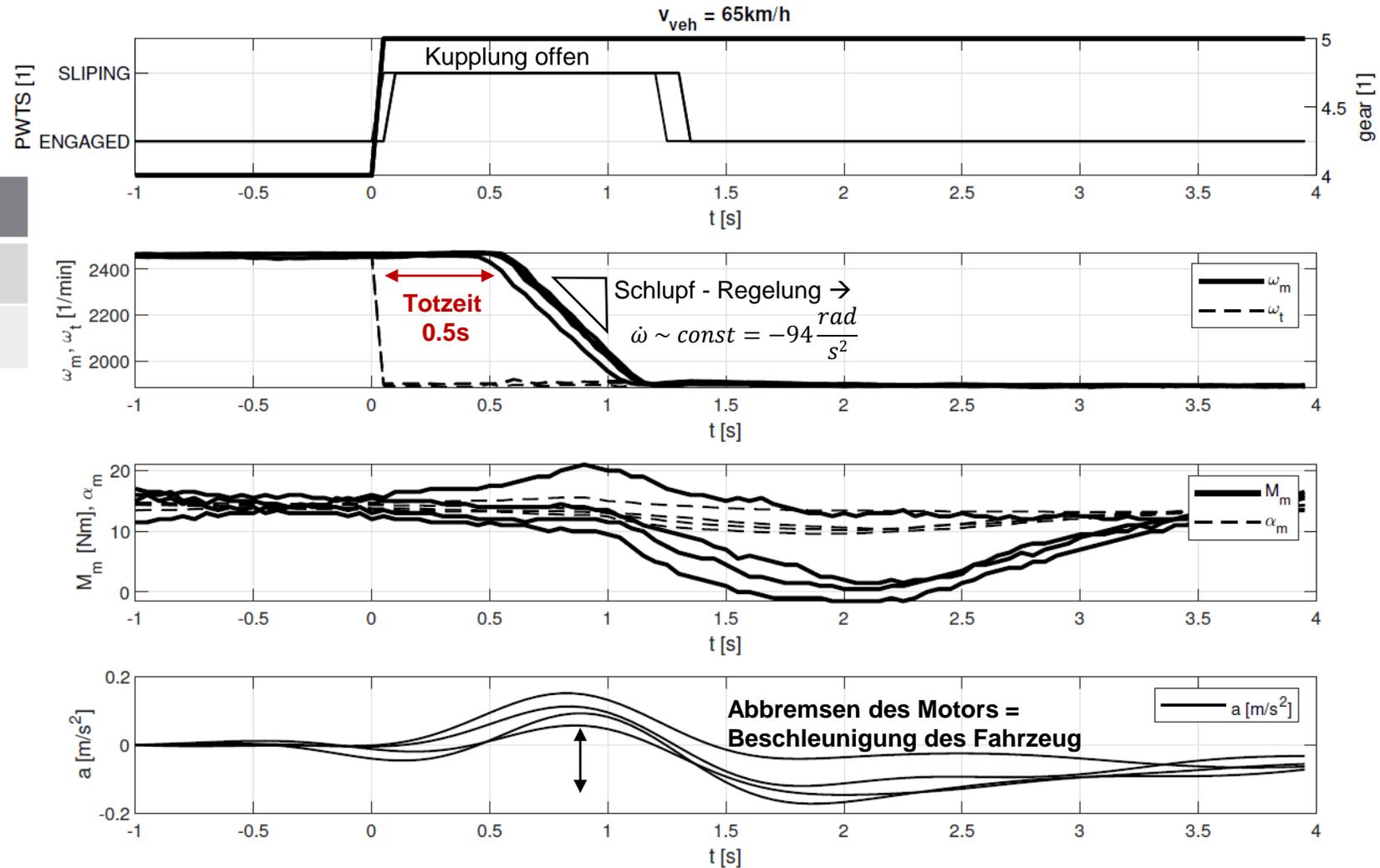
- Multiple Schaltvorgänge übereinander, um Kontinuität zu veranschaulichen
- Identifikation für alle Gänge durchgeführt



DATENSEGMENT SCHALTEN 4/5

HINAUF SCHALTEN

Bezeichnung	Wert
Totzeit bis 1%	540 ms
$\dot{\omega}$ geregelt	-94 rad/s ²



MODELLBILDUNG

MODELLSTRUKTUR

■ Motivation:

- Die Motorbelastungen können für eine bestimmte Messfahrt und unterschiedliche Schaltstrategien ermittelt werden
- Welchen Einfluss haben die Schaltvorgänge auf Treibstoffverbrauch, Emissionen, etc...

■ Inverse Modellbildung

- Input:** Geschwindigkeit, Beschleunigung, Fahrbahnwinkel, Schaltsignal
- Output:** Motordrehzahl, Motormoment

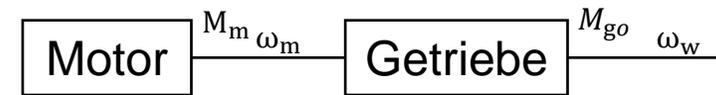
■ Gliederung in **Statisches** und **Dynamisches** Teilmodel.

MODELLBILDUNG

STATISCHES TEILMODELL

- Aktiv wenn starre Verbindung des Antriebsstranges
- Keine dynamischen Zustände
- Einführung des Inversen Übersetzungsverhältnisses:

$$j^{(i)} = \frac{\omega_w}{\omega_m}$$



- Ermittelte Gleichungen für Motordrehzahl / Motormoment

$$\omega_m = \frac{v_{veh}}{j^{(i)} \cdot r_w}$$

$$M_m = \frac{j^{(i)}}{\eta} (r_w (m_{veh} a_{veh} + F_r(v_{veh}, \theta)) + M_{Break})$$

- Numerische Identifikation von Unbekannten wie m_{veh} , η , ...

MODELLBILDUNG

DYNAMISCHES TEILMODELL

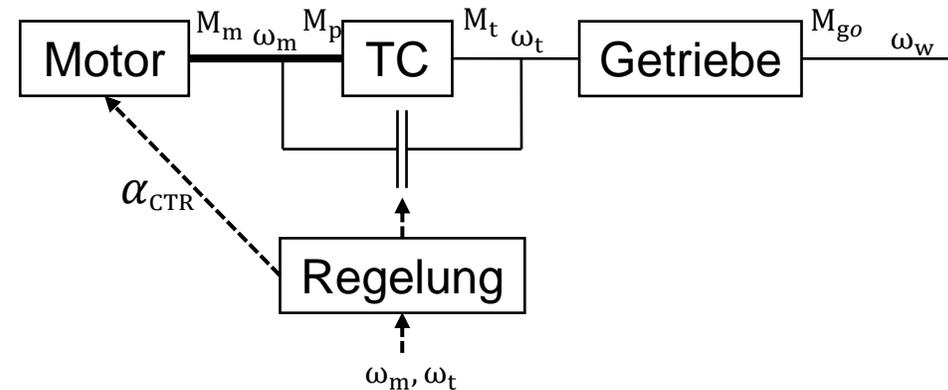
■ Statisches Teilmodell für Ermittlung von Größen (M_t , ω_t) beim Getriebeeingang

■ DGL: $J_m \cdot \dot{\omega}_m = M_m - M_p$

■ Modellierung von Teilsystemen

- Regelschleife für die Synchronisierung
- Drehmomenten Wandler M_p (M_t, ω_t, ω_m)
- Binäre Entscheidung: Ein-/Auskoppeln
- Dynamik der Motorwelle

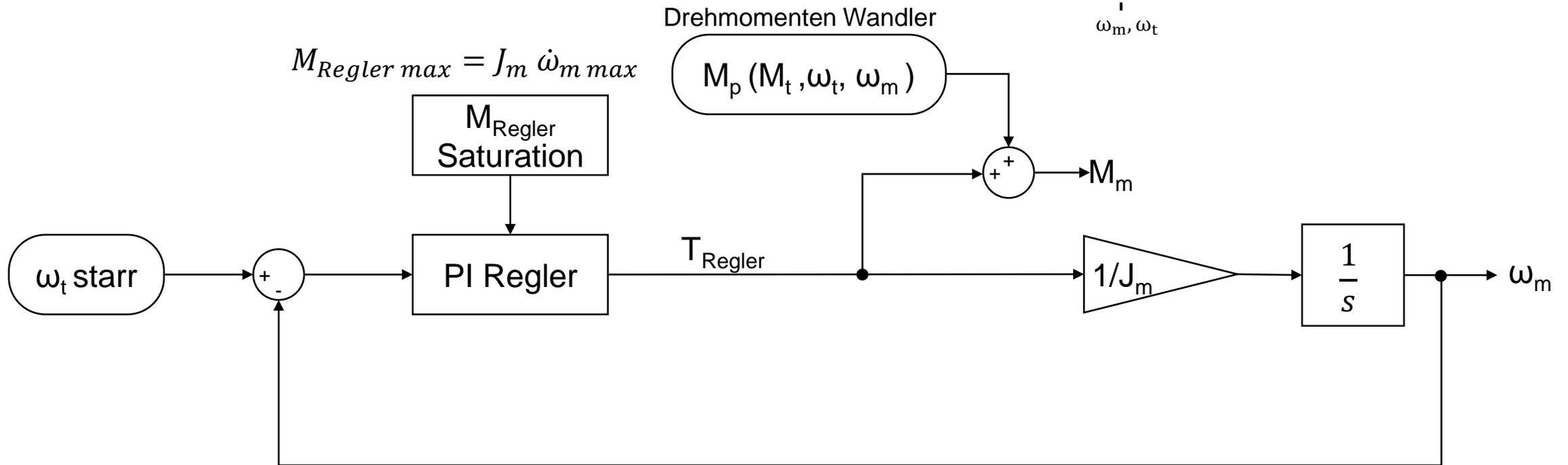
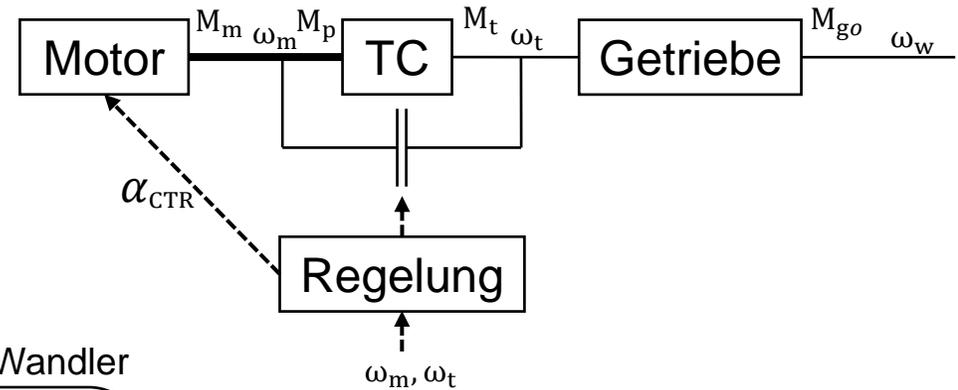
■ Parameterfindung: Numerische Identifikation



MODELLBILDUNG

REGELUNG SYNCHRONISATION MOTORWELLE

■ Dynamikgleichung: $J_m \cdot \dot{\omega}_m = M_m - M_p = M_{\text{Regler}}$



MODELL PARAMETER

FAHRZEUGKONSTANTEN

- 64 Parameter
- Identifikation mittels numerische Berechnung und manuelles Tuning während der Modellbildung

Parameter für starres Teilsystem

Parameter	Wert
Fahrzeugmasse m_{veh}	1900.0kg
Reifenradius r_w	0.329m
Aerodynamischer Luftwiderstand c_w	0.263
Getriebewirkungsgrad η	0.95
Maximale Motorbremswirkung M_{m_min}	-40Nm
Rollwiderstand c_r	0.011
Projizierter Fahrzeugquerschnitt A_{veh}	2.2m ²
Luftdichte ρ_{air}	1.2kg/m ³
Erdbeschleunigung $gravity$	9.81m/s ²

Parameter für dynamisches Teilsystem

Regler Parameter:

Parameter	Heraufschalten	Herunterschalten
K_P	3	0.7
K_I	0	1

Kupplung Parameter:

Parameter	Wert
Drehzahldifferenz $ \omega_m - \omega_t = \omega_{trs}$	30rad/s
Totzeit bis zum Schließen	950ms

Kurbelwelle Parameter:

Parameter	Wert
Massenträgheit Motor J_m	0.14 kg · m ²

MODELL PARAMETER

VEKTORIELLE PARAMETER (DYNAMISCHES SYSTEM)

Drehzahlbegrenzung Parameter:

Gang	Maximum bei Herunterschalten	Minimum beim Heraufschalten
1	85rad/s ²	–
2	135rad/s ²	–108rad/s ²
3	145rad/s ²	–115rad/s ²
4	195rad/s ²	–94rad/s ²
5	195rad/s ²	–94rad/s ²
6	195rad/s ²	–94rad/s ²
7	195rad/s ²	–94rad/s ²
8	–	–94rad/s ²

Totzeiten Parameter:

Ziel Gang	Verzögerung Herunterschalten	Verzögerung Heraufschalten
1	200ms	–
2	340ms	700ms
3	300ms	600ms
4	270ms	620ms
5	320ms	500ms
6	240ms	480ms
7	240ms	570ms
8	–	430ms

Übersetzungsverhältnisse Parameter:

Gang	Drehzahl-Verst. laut Datenblatt $j^{(i)'} $	Gesamtdrehzahl -Verst $j^{(i)} = j^{(i)'} $
1	0.2121	0.0925
2	0.3182	0.1387
3	0.4748	0.2070
4	0.5999	0.2615
5	0.7782	0.3392
6	1.0000	0.4358
7	1.1919	0.5195
8	1.4993	0.6534

Massenzuschlagsfaktoren Parameter:

Gang	Massenfaktor $\lambda^{(i)}$
1	1.3
2	1.24
3	1.16
4	1.1
5	1.06
6	1.04
7	1.02
8	1

MODELLBILDUNG

VERGLEICH MODELL \leftrightarrow MESSDATEN

■ Schaltvorgang zwischen 4,5

■ 1. Hinaufschalten:

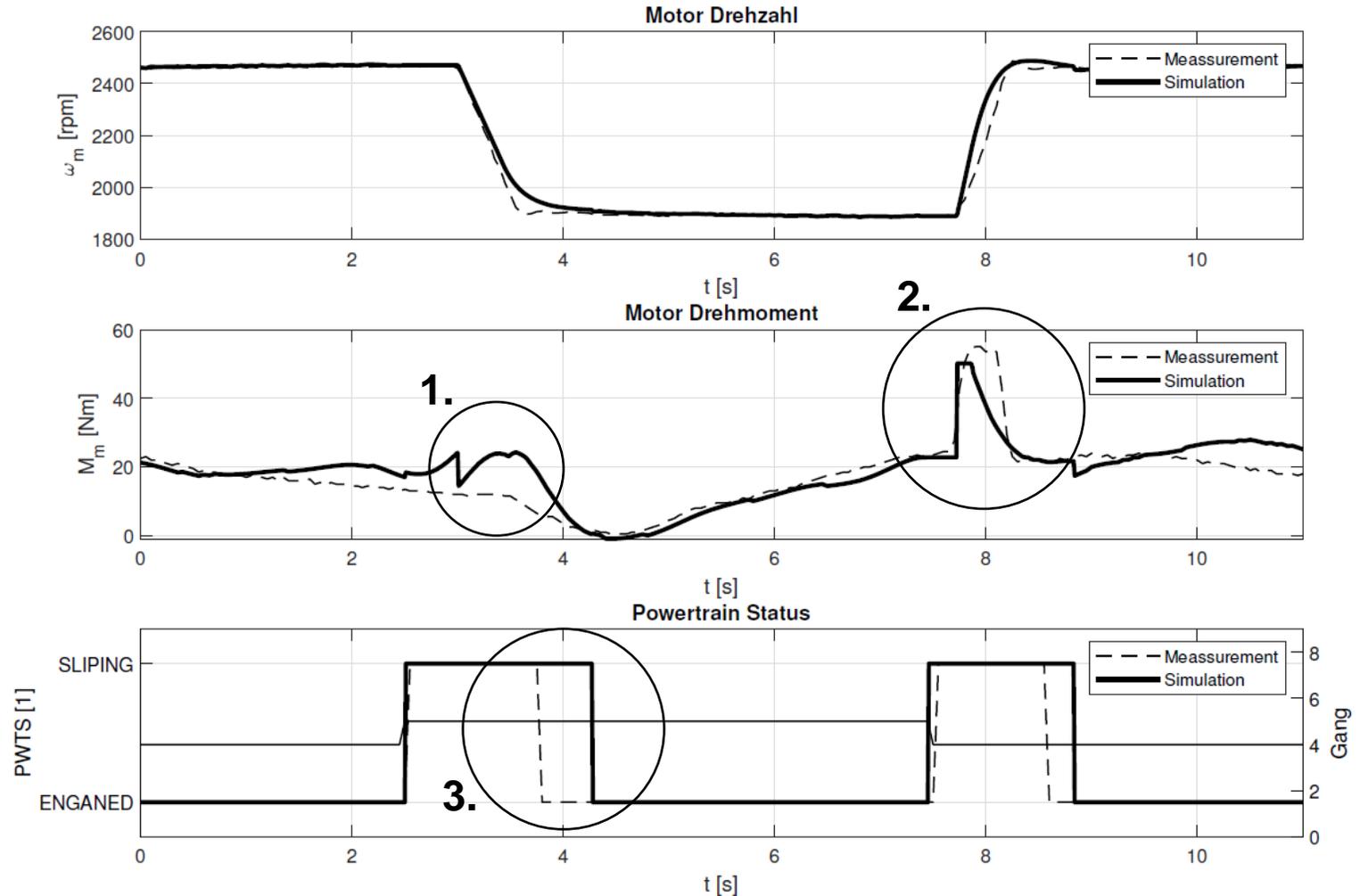
- Motor wird über Kupplung gebremst
- Überlagerung Beschleunigungsspitze mit Abbremsung vom Regler

■ 2. Herunterschalten:

- Höhe durch Massenträgheit Motor
- Verlauf durch Regler Parameter

■ 3. Kupplung

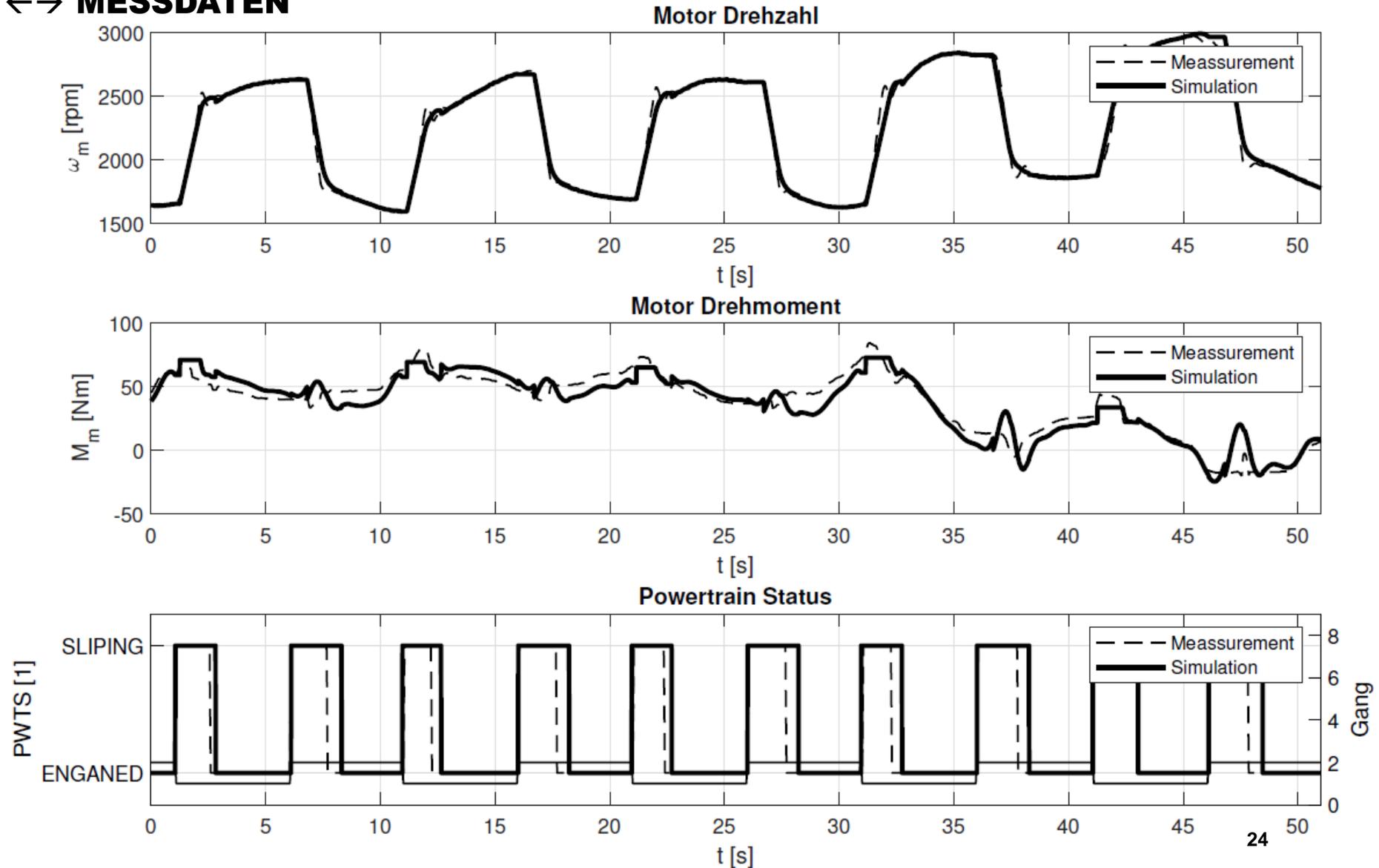
- Schließt später da der Schaltvorgang noch nicht beendet ist



MODELLBILDUNG

VERGLEICH MODELL \leftrightarrow MESSDATEN

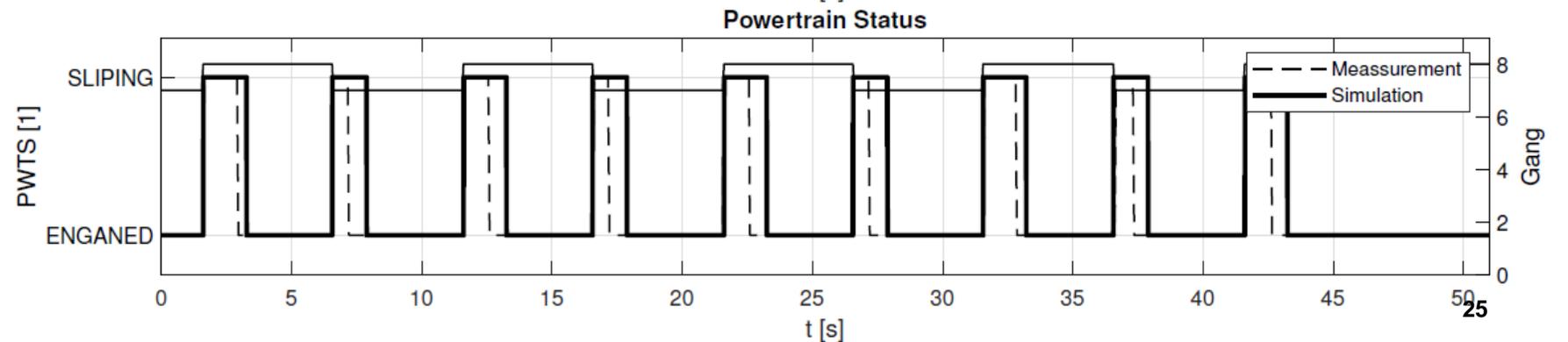
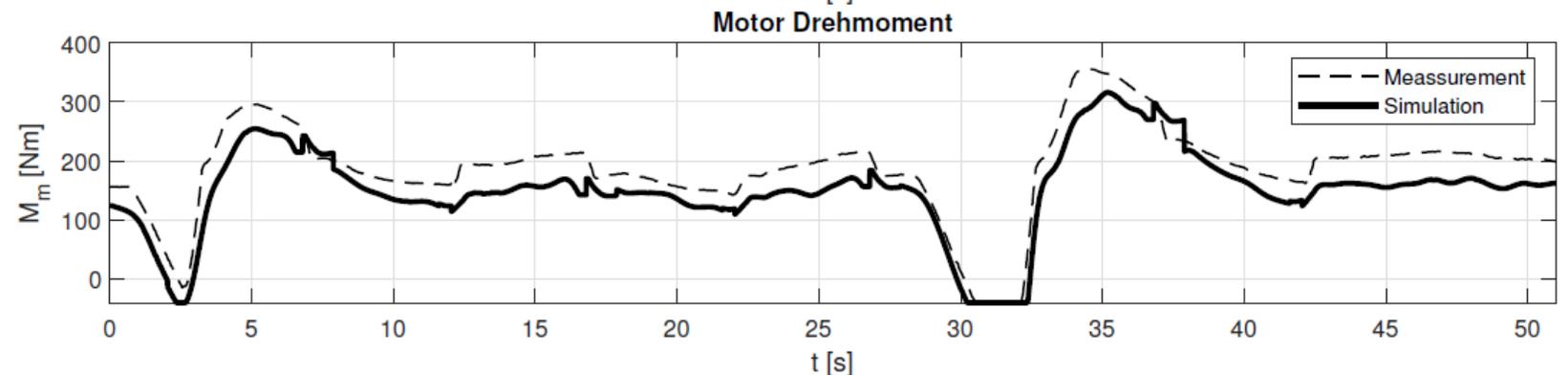
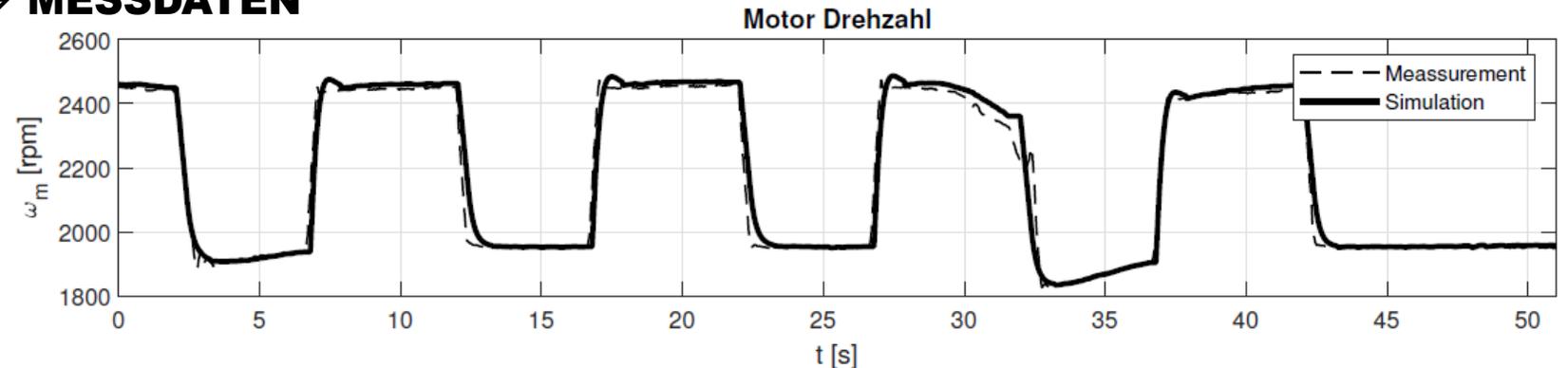
- Schaltvorgang zwischen 1 und 2
- Starker Einfluss der Wandler Dynamik



MODELLBILDUNG

VERGLEICH MODELL \leftrightarrow MESSDATEN

- Schaltvorgang zwischen 7 und 8
- Konstanter Offsetfehler im Motordrehmoment (vermutlich wegen Gegenwind oder Fehler des Winkelsensors für die Fahrbahnneigung)



ZUSAMMENFASSUNG

- Erfolgreiche Implementierung eines externen Eingriffs für die freie Gangwahl durch eigens vorgegebene Programme und Schaltstrategien. Implementierung einer geeigneten Kontrollsoftware in Simulink und Control Desk. Gestalten einer Benutzeroberfläche in Control Desk.
- Planen, vorbereiten und durchführen von Messfahrten mit eigens definierten Schaltsequenzen. Datenaufbereitung, Analyse und automatische Segmentierung der Schaltsequenzen. Rekonstruktion fehlender Messdaten.
- Modellbildung in Simulink. Aufbau und Optimierung von Teilsystemen durch Datenanalyse. Numerische Parameteridentifikation und Optimierung mit Hilfe der Messsignale.
- Validierung und Bewertung der Modellperformance

