

TrendAuto 2030plus – Workshop I

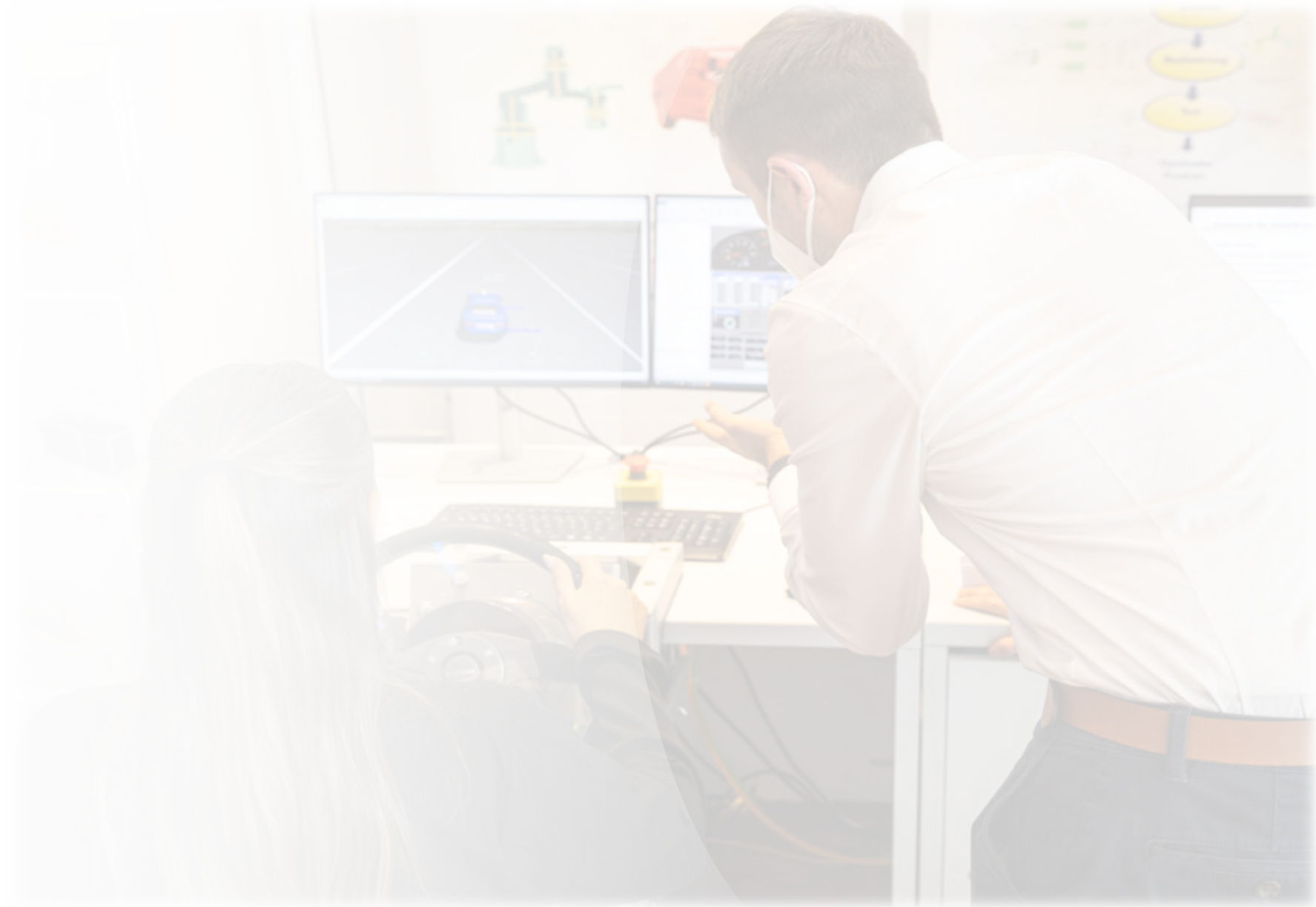
Produktbezogene Entwicklungssystematik

Arbeitskreis 5

Entwicklungssystematik und kollaboratives Arbeiten

02.02.2023

Begrüßung und Vorstellungsrunde



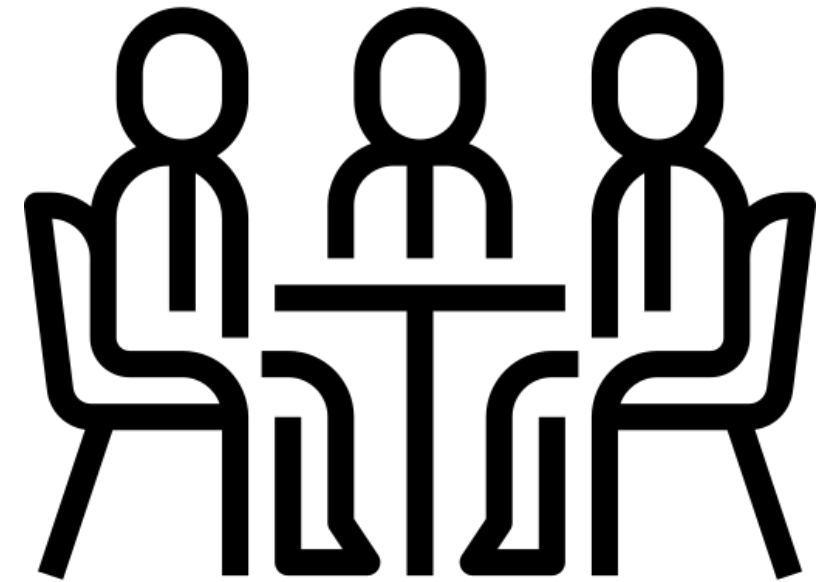
Begrüßung und Vorstellungsrunde

Agenda für Workshop I



Vorstellungsrunde

- *Ihr Name*
- *zugehöriges Unternehmen + Funktion*
- *Mit welchen Gedanken und welcher Stimmung bin ich heute Morgen angereist?*
- *Meine Erwartungen an den Arbeitskreis*
- ...



Innerhalb des Arbeitskreises können sich die Akteure kennenlernen und vernetzen. Durch das gemeinsame Bearbeiten der Themenstellungen entstehen neue Einblicke in die unterschiedlichen Arbeits- und Denkweisen.

Thema des Arbeitskreises und Ihre Erwartungen



Thema des Arbeitskreises und Ihre Erwartungen

Strategie des Arbeitskreises

Funktionsbereiche:



Virtuelle Produktentwicklung



Wissens- und Innovationsmanagement



Digitalisierung

Strategie

Fit für die Mobilitätswende

Wie können die **Unternehmen in der Entwicklung** den andauernden technischen und gesellschaftlichen Wandel hinsichtlich Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Mobilität leisten?



Ziel

Innovations- sowie Kompetenzgewinne erzielen und Strategien entdecken

Welche neuen Möglichkeiten ergeben sich für die Unternehmen durch die **Innovationspotenziale**?



Mittel

Durch optimale Lernumfelder Technologien erforschen und Kompetenzen stärken

Wie sind die Lernumgebungen für die **Funktions- und Produktentwicklung sowie Prototypen und Vorentwicklung** in Form des **Reallabors** für den größtmöglichen Nutzen zu gestalten?



Verfahren

Prozesse

Organisation

Struktur

Wie können die Unternehmen durch den Arbeitskreis **bestmöglich mitwirken**?
Welche **Verfahren und Werkzeuge** sind hinsichtlich der **Mitarbeiter:innenentwicklung und des Personalwesens** an die Hand zu geben?



#E-Mobility #Digitalisierung #Nachhaltigkeit #Innovation #Mechatronik #Wissensmanagement #Funktions-/Produktentwicklung #Personalentwicklung #Prototypen #KI

Um das passende Fitnesslevel zu erreichen, gilt es entsprechende (Innovations-)Kompetenzen aufzubauen. Bei diesem Schritt unterstützen die einzelnen Stationen unseres Lernumfeldes, basierend auf geeigneten Verfahren.

Thema des Arbeitskreises und Ihre Erwartungen

Schwerpunkte des Arbeitskreises

- Mechatronische Produktentwicklung
- Virtuelle Produktentwicklung
- Entwicklungsunterstützung durch Künstliche Intelligenz
- Kollaboratives Arbeiten
- ... ?



Der Arbeitskreis fokussiert sich auf das Erleben moderner Entwicklungssystematiken. Die Termine weisen dabei unterschiedliche Schwerpunkte auf, die Teil des ganzheitlichen Zirkeltrainings sind.

Thema des Arbeitskreises und Ihre Erwartungen

Organisatorischer Ablauf



Vorstellung einer exemplarischen Entwicklungsaufgabe



Motivation

„Was sind Ihrer Meinung nach die größten Probleme, die durch Verkehr verursacht werden?“, fragte der TÜV-Verband insgesamt 1000 Bundesbürger.¹⁾

¹⁾ „Zukunft der Mobilität“ – TÜV Mobility Study 2022

„1. Überbelastung der Innenstädte, 2. Luftverschmutzung, 3. Klimabelastung.“

Vorstellung einer exemplarischen Entwicklungsaufgabe

Lösungsansatz

- Weniger Verkehr
 - Umgestaltung des Verkehrs, z.B. durch
 - Ausbau des ÖPNV
 - Car Sharing Lösungen
 - Restriktionen, wie bspw. Fahrverbote
- Kompakterer Verkehr
 - Fahrzeuge mit weniger Platzbedarf auf Straßen und Stellplätze
- Grünerer Verkehr
 - Emissionsarme /-freie Fahrzeuge



Das Forschungskonzept LOADaiD vereint Lösungsansätze, um die Probleme des Verkehrs anpacken zu können.



Vorstellung einer exemplarischen Entwicklungsaufgabe

Forschungskonzept: LOADaiD

- „Pedelec“-Prinzip
 - Lastendreirad mit elektrischem Antrieb
- Technologieträger mit neuartiger Ausstattung wie u.a.
 - Assistenzsysteme wie im Automobil (ESP, ABS, Kippstabilisierung, ...)
 - „Virtuelles Differential“
 - Intelligentes Energiemanagement
 - Variablen Beladungseinrichtungen (Container, Sitzplätze, ...)



Das Forschungskonzept LOADaiD vereint Lösungsansätze, um die Probleme des Verkehrs anpacken zu können.



Vorstellung einer exemplarischen Entwicklungsaufgabe

Forschungskonzept: LOADaiD



Ott, H. , Degen, R. , Leijon, M. and Ruschitzka, M. (2021)
Model-Based Approach to Investigate the Influences of Different Load States to the Vehicle Dynamics of Light Electric Vehicles.

Journal of Transportation Technologies, 11, 213-230.



Ott, H. , Degen, R. , Leijon, M. and Ruschitzka, M. (2021)
Approach on a Model Based Current Regulator Design for an Electric Drive Unit using a Holistic System Design with Driver and Driving Cycle.

NAFEMS World Congress 2021.



Irmer, M., Ott, H., Degen, R., Nüßgen, A., Thomas, K. & Ruschitzka, M.(2022)
Methodical Data Collection for Light Electric Vehicles to validate Simulation Models and fit AI-based Driver Assistance Systems.

TAE Future Mobility.

Margot Ruschitzka
Harry Ott
Rene Degen

Mechatronische
Produktentwicklung
im Kontext der
Mikromobilität

Modellbildung, Regelung, Simulation

Das Forschungskonzept LOADaiD bildete die Grundlage für insgesamt drei Publikationen, ein Fachbuch sowie ca. 40 studentische Arbeiten.



Vorstellung einer exemplarischen Entwicklungsaufgabe

Anforderungen

- Die Kunden fordern
 - Intuitive Bedienung, Robustheit und Sicherheit des Systems
 - Beschleunigungsfähigkeit und Reichweite
 - Nachhaltigkeit und Effizienz im Betrieb und der Herstellung
- Die organisatorische Seite fordert
 - Ganzheitlicher InHouse-Entwicklungsprozess
 - Minimale Personalressourcen
 - Geringe Entwicklungskosten
 - ...

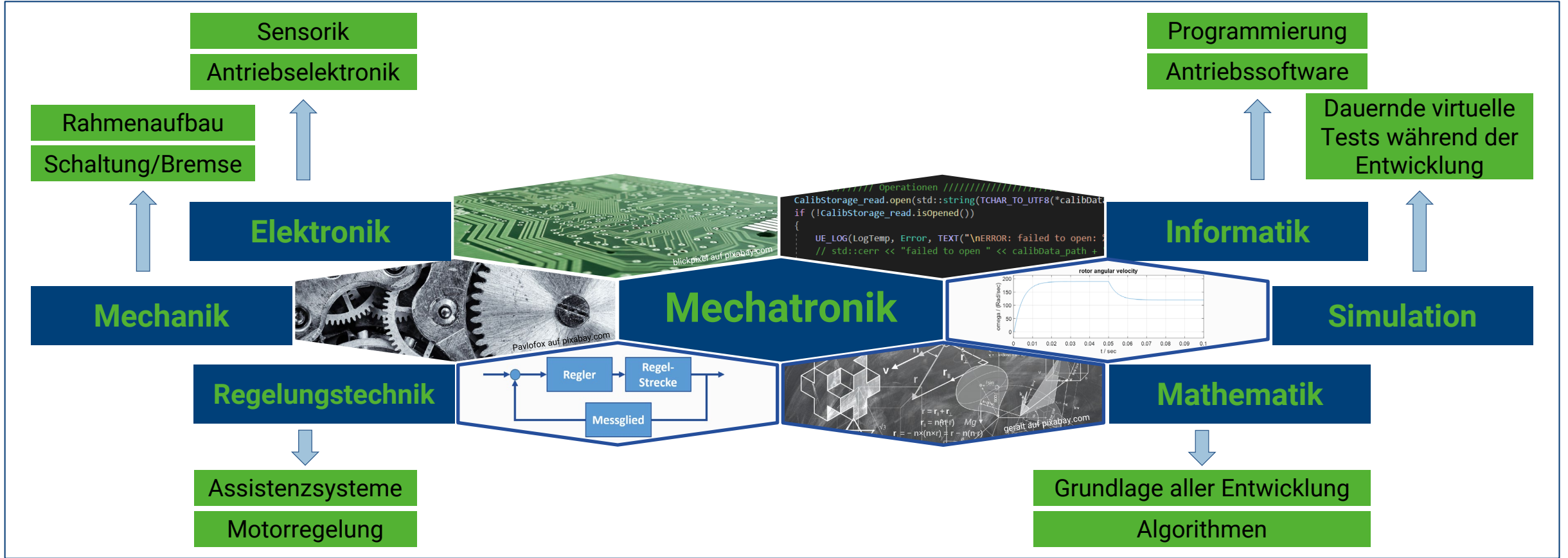


LOADaID ist ein echtes mechatronisches Produkt.



Vorstellung einer exemplarischen Entwicklungsaufgabe

Wie entwickeln wir?



Welche Entwicklungssystematik eignet sich zur Entwicklung mechatronischer Systeme?



30 Minuten PAUSE

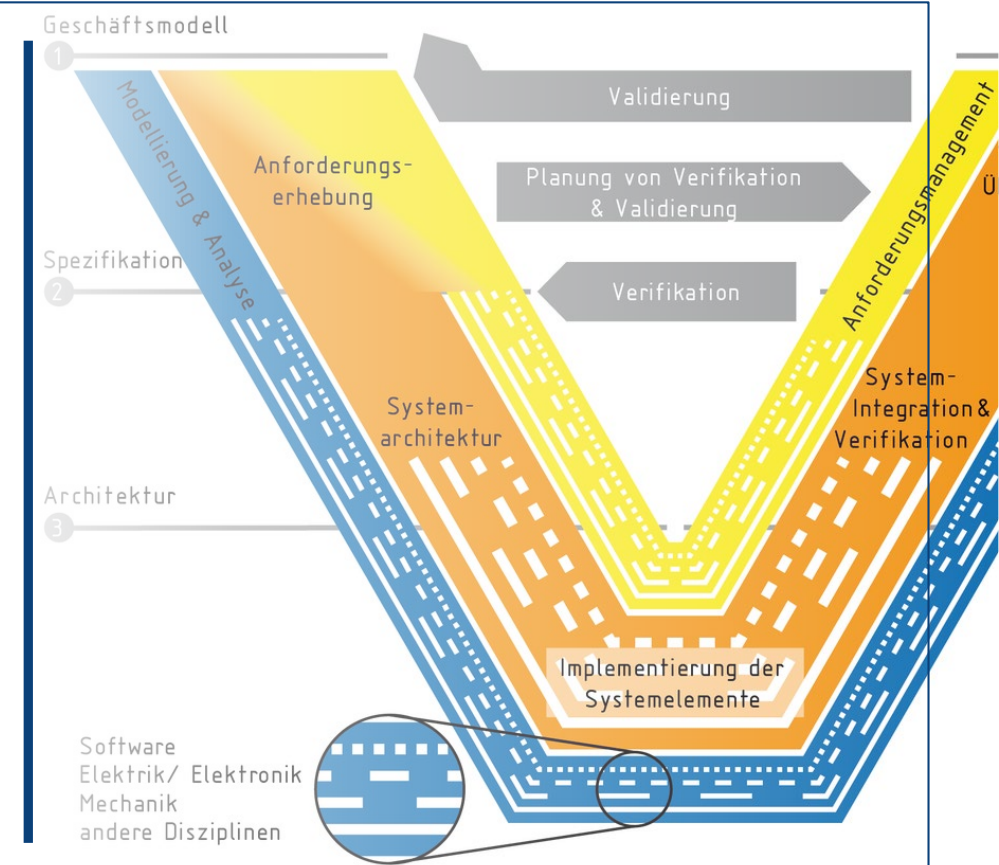


Beispielgestützte Analyse einer Entwicklungssystematik



Beispielgestützte Analyse einer Entwicklungssystematik

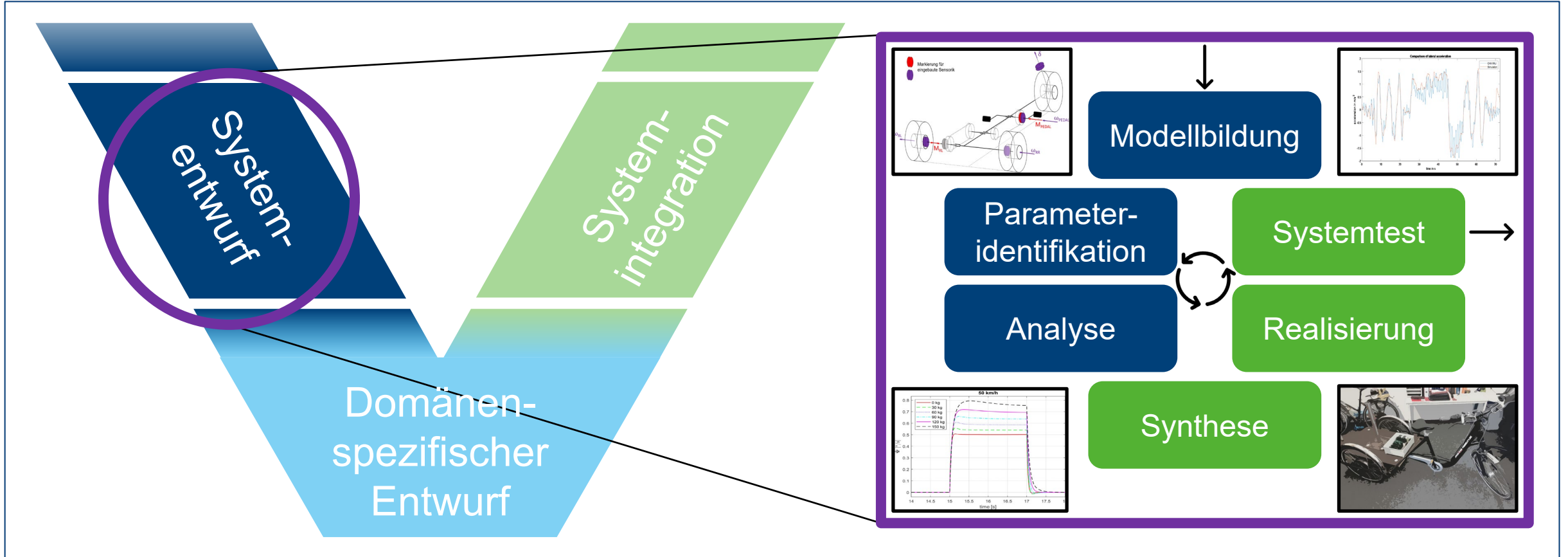
- V-Modell (VDI/VDE 2206)
 - Zerlegung der Aufgabenstellung in beliebig viele Ebenen
 - „Frontloading“-Prinzip
 - Prozessschritte
 - Anforderungserhebung ↔ Übergabe
 - Systemarchitektur ↔ Systemintegration
 - Implementierung



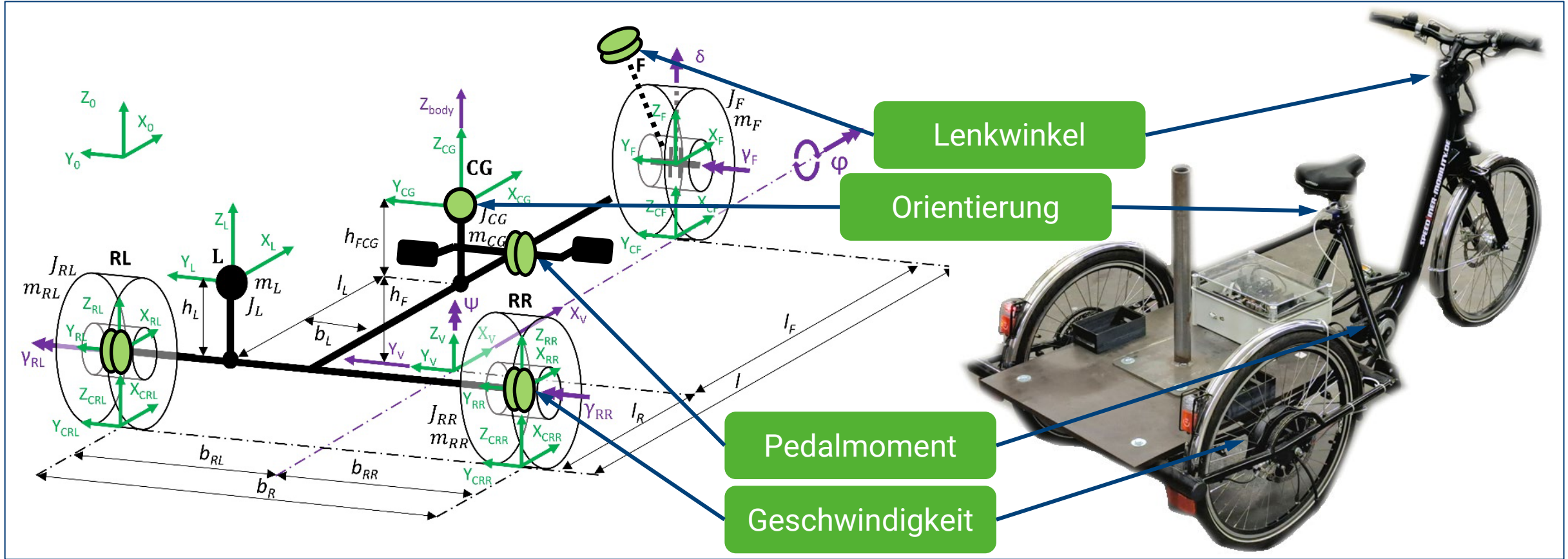
Das V-Modell stellt das wichtigste Vorgehensmodell in Deutschland dar und verfolgt den Grundsatz, dass Entwicklungs- und Testarbeiten zueinander korrespondierende und gleichwertige Tätigkeiten sind.

Exemplarische Entwicklungssystematik

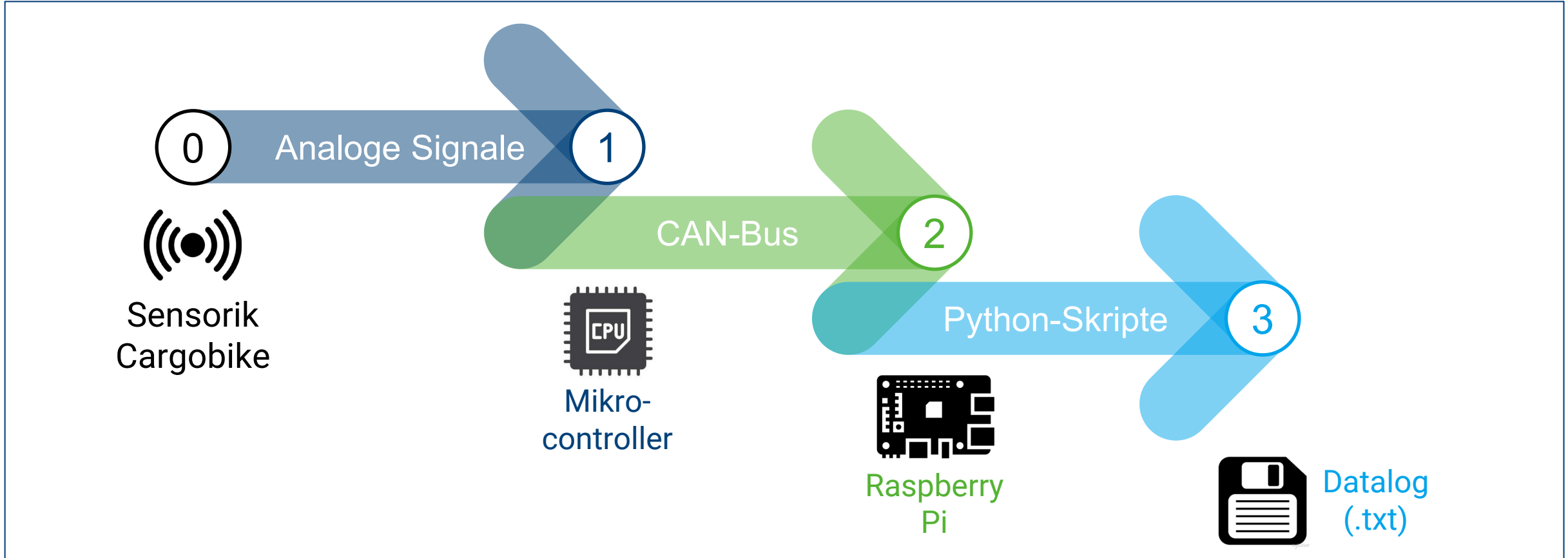
Beispielgestützte Analyse einer Entwicklungssystematik



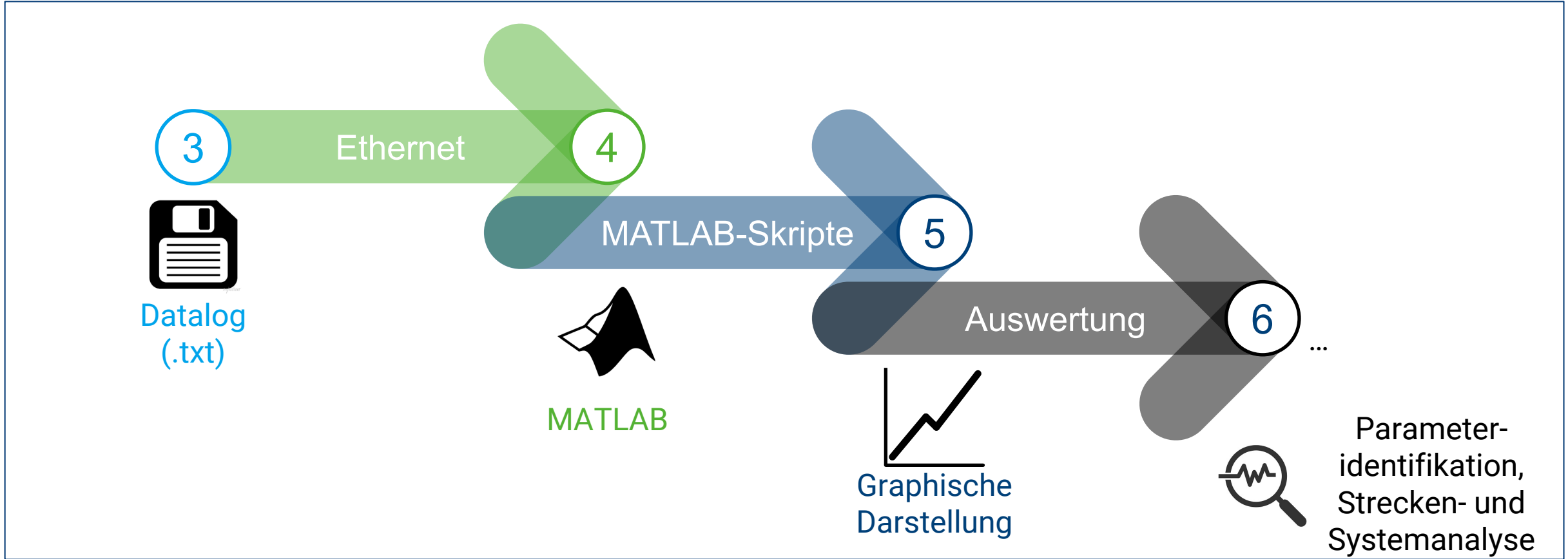
Der mechatronische Entwicklungskreislauf ordnet sich in den Systementwurf des V-Modells ein und liefert einen Prozess von den Anforderungen zum optimalen Prototyp. Mit diesem beginnt dann die Weiterentwicklung bis hin zur Serienreife.



Ziel der Modellbildung ist die mathematische Beschreibung des mechatronischen Systems unter Berücksichtigung aller relevanten Systemeigenschaften.



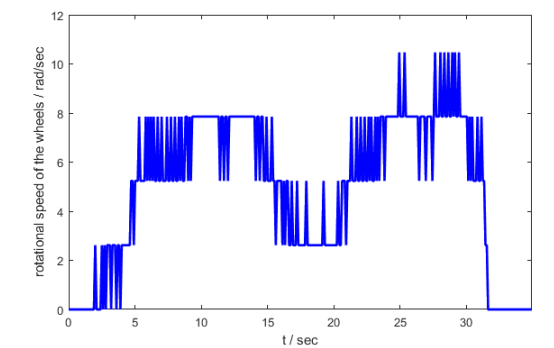
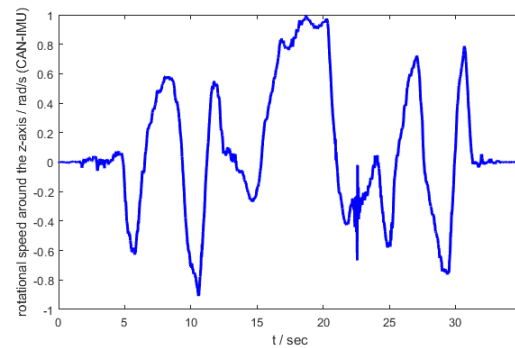
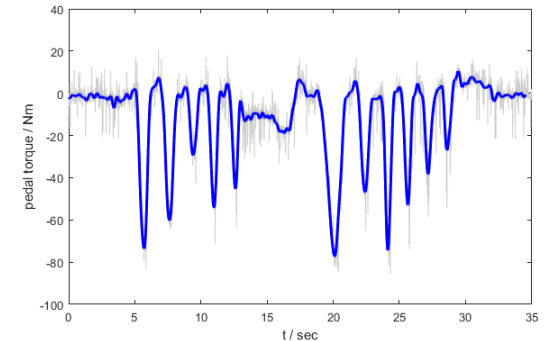
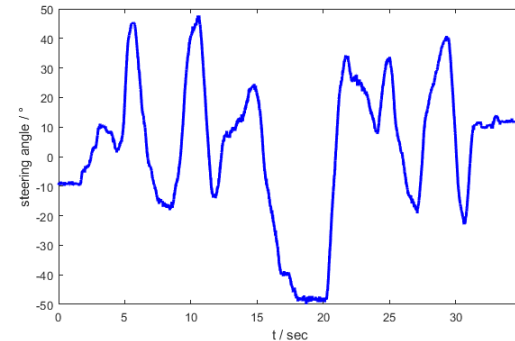
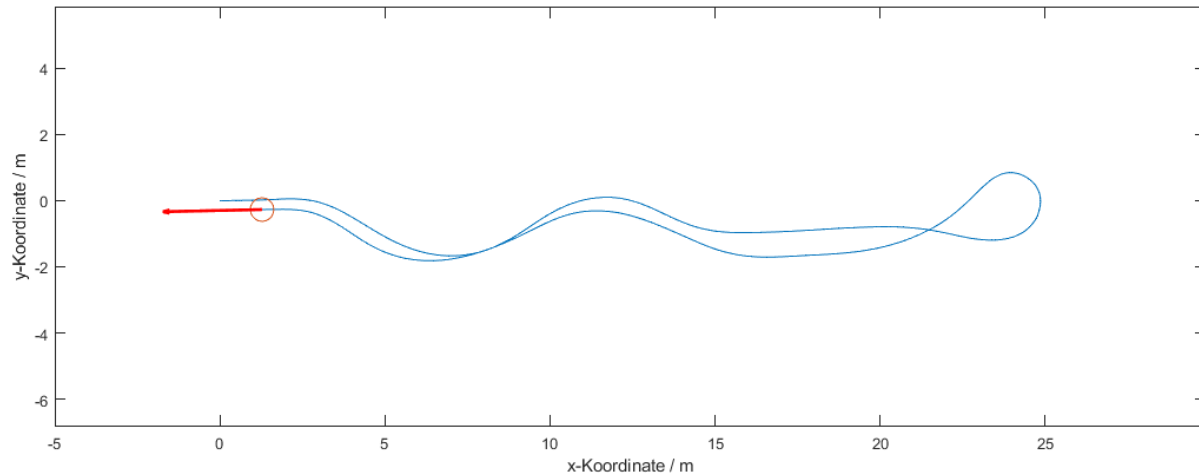
Der Data-Logger ermöglicht die Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und Speicherung von Sensordaten. Die Auswertung der Sensordaten lässt so z.B. zu, Parameter zu identifizieren sowie das mechatronische System umfassend zu analysieren.



Der Data-Logger ermöglicht die Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und Speicherung von Sensordaten. Die Auswertung der Sensordaten lässt so z.B. zu, Parameter zu identifizieren sowie das mechatronische System umfassend zu analysieren.



Beispielmessung „Slalom mit Richtungsumkehr“

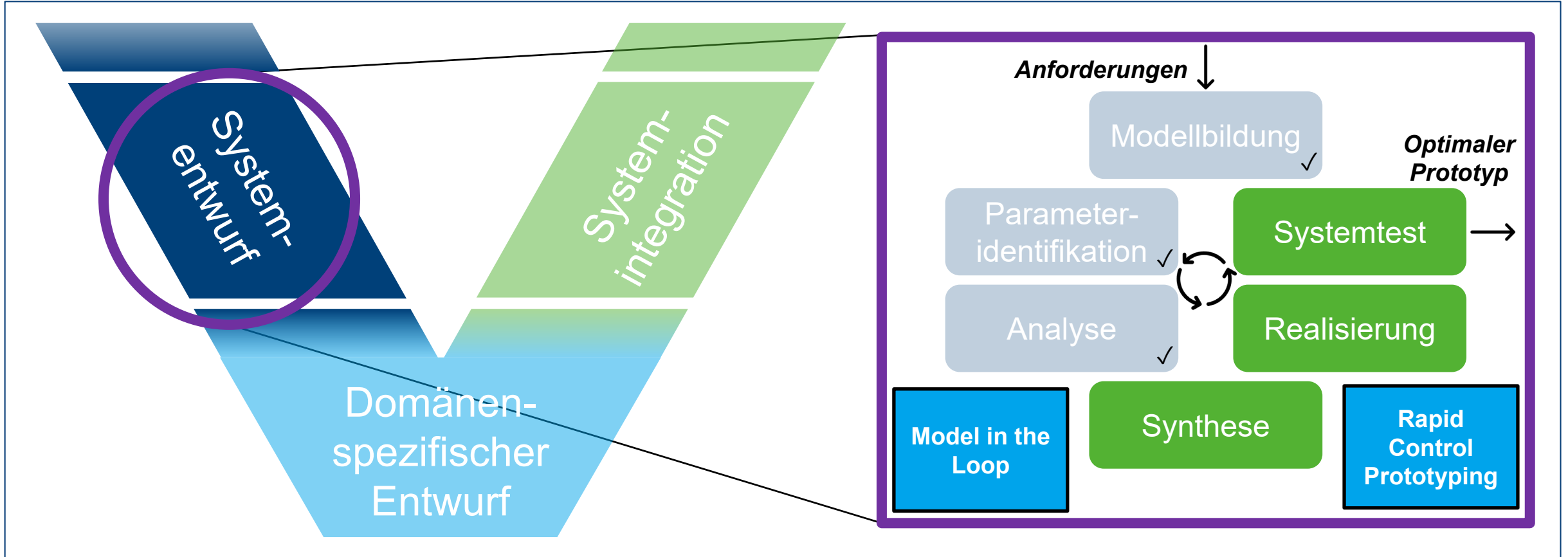


Der Data-Logger ermöglicht die Aufnahme, Verarbeitung, Übermittlung und Speicherung von Sensordaten. Die Auswertung der Sensordaten lässt so z.B. zu, Parameter zu identifizieren sowie das mechatronische System umfassend zu analysieren.

Demonstration



Was sind Ihre Vorgehensweisen, Erfahrungen und Meinungen?



Der mechatronische Entwicklungskreislauf ordnet sich in den Systementwurf des V-Modells ein und liefert einen Prozess von den Anforderungen zum optimalen Prototyp. Mit diesem beginnt dann die Weiterentwicklung bis hin zur Serienreife.

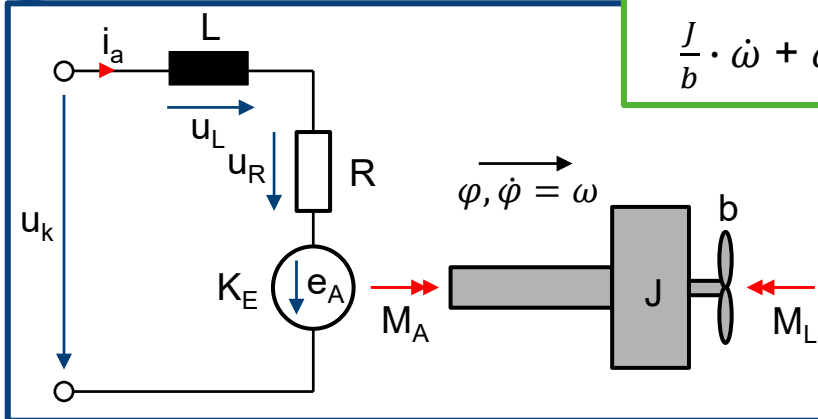


Modellbildung

- Entwurf physikalischer Ersatzmodelle
- Synthese der Modellgleichungen

$$L \cdot \dot{i}_a + R \cdot i_a = u_k - K_E \cdot \omega$$

$$\frac{J}{b} \cdot \dot{\omega} + \omega = \frac{1}{b} \cdot (M_A - M_L)$$



Parameteridentifikation

- Durch Messung
- Anhand der Datenblätter der Hersteller

RE 35 Ø35 mm, Graphitbürsten, 90 Watt

M1:2

www.maxongroup.ch

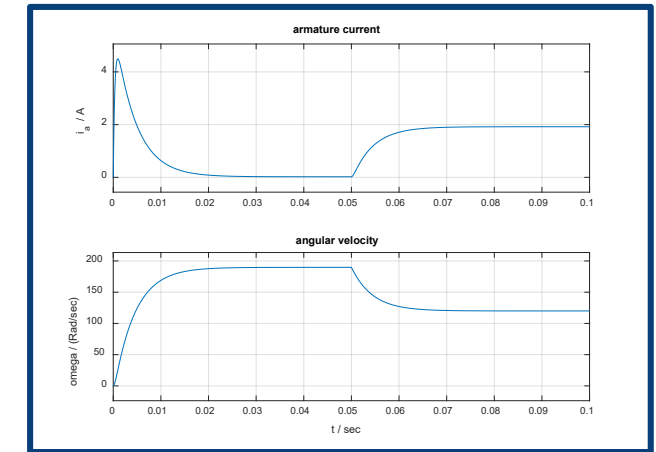
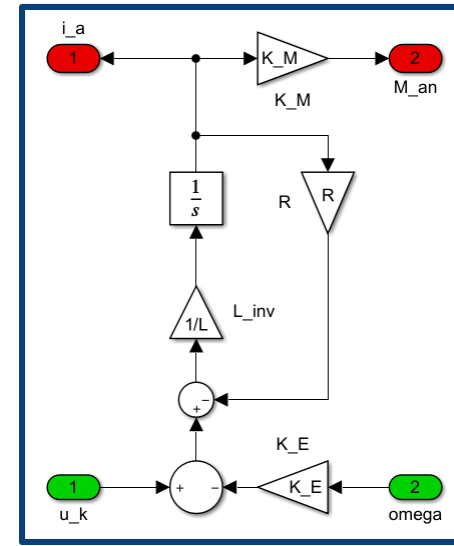
Molordaten		gemässe Massbild 273752;273753;273754;273755;273756;273757;273758;273759;273760;273761;273762;273763															
Werte bei Nennspannung		273752;273753;273754;273755;273756;273757;273758;273759;273760;273761;273762;273763															
1 Nennspannung	V	15	24	30	42	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	
2 Leerlaufdrehzahl	min ⁻¹	7200	7750	7280	7590	7310	6680	5990	4770	3830	3150	2590	2110	1630			
3 Leerlaufstrom	mA	188	128	94,1	70,5	58,9	52,6	46	34,9	27	21,6	17,3	13,9	10,5			
4 Nenndrehzahl	min ⁻¹	6500	6990	6470	6800	6510	5870	5170	3930	2990	2290	1720	1230	737			
5 Nennmoment (max. Dauerdrehmoment)	mNm	74,2	105	101	105	103	104	104	106	108	107	107	106	106			
6 Nennstrom (max. Dauerbelastungsstrom)	A	4	3,72	2,69	2,07	1,71	1,59	1,41	1,15	0,934	0,764	0,628	0,508	0,393			
7 Anlaufmoment	mNm	931	1200	976	1090	983	892	778	621	499	399	323	256	196			
8 Anlaufstrom	A	47,9	41,2	25,1	20,7	15,8	13,1	10,3	6,52	4,21	2,77	1,85	1,2	0,71			
9 Max. Wirkungsgrad	%	85	87	87	88	88	87	86	85	84	83	81	79	77			

Die Modellbildung und Parameteridentifikation liefert als Ergebnis ein numerisch parametrisiertes Modell. Mithilfe dieses Modells kann das dynamische Verhalten analysiert sowie Algorithmen zur gezielten Beeinflussung entworfen werden.



Modellanalyse

- Betrachtung der **Modelldynamik**
- Analyse des **linearen Verhaltens**
 - Ermittlung regelungstechnischer Kenngrößen
- Analyse des **nichtlinearen Verhaltens**
 - Charakteristische Zeitverläufe der Simulation

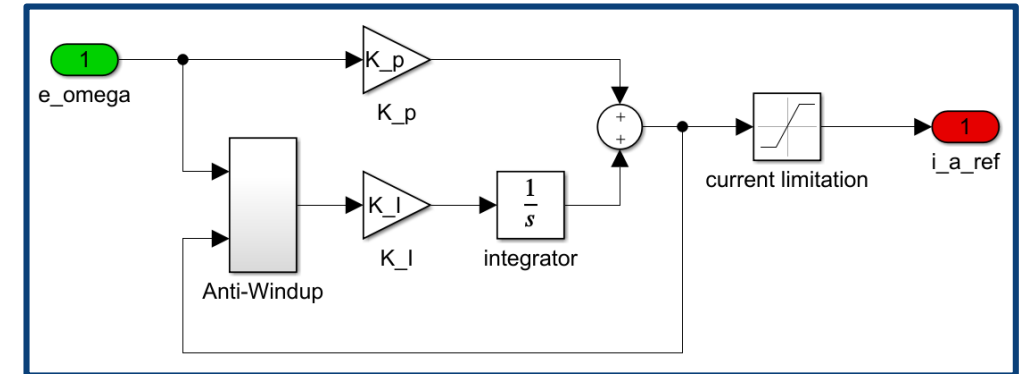


Die Modellanalyse liefert Einblicke in das Modellverhalten und zeigt beispielsweise auf, dass das Modell ohne intelligente Algorithmen kein ideales Führungs- oder Störverhalten aufweist.



Synthese

- Ergänzung des Modells um geeigneten Regler
- Festlegung einer Reglerstruktur
- Berechnung der Reglerparameter
- Hier: Kaskadenregelung mit zwei PI-Reglern

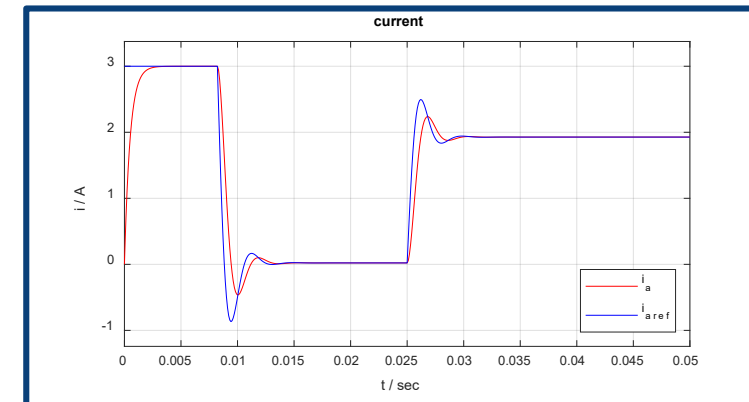
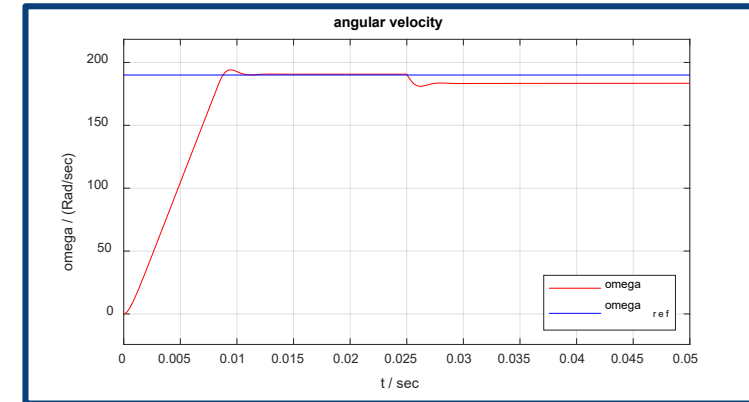


Auf Basis der Modellanalyse kann der modellbasierte Entwurf einer Regelung erfolgen. Die Regelung hat dabei zum Ziel, die Unzulänglichkeiten im Modellverhalten zu beheben.



Systemanalyse bzw. Model-in-the-Loop

- Betrachtung der **Systemdynamik** und **Vergleich mit Modelldynamik**
- Analyse des **linearen Verhaltens**
 - Regelungstechnische Kenngrößen ermittelt
- Analyse des **nichtlinearen Verhaltens**
 - Charakteristische Zeitverläufe der Simulation

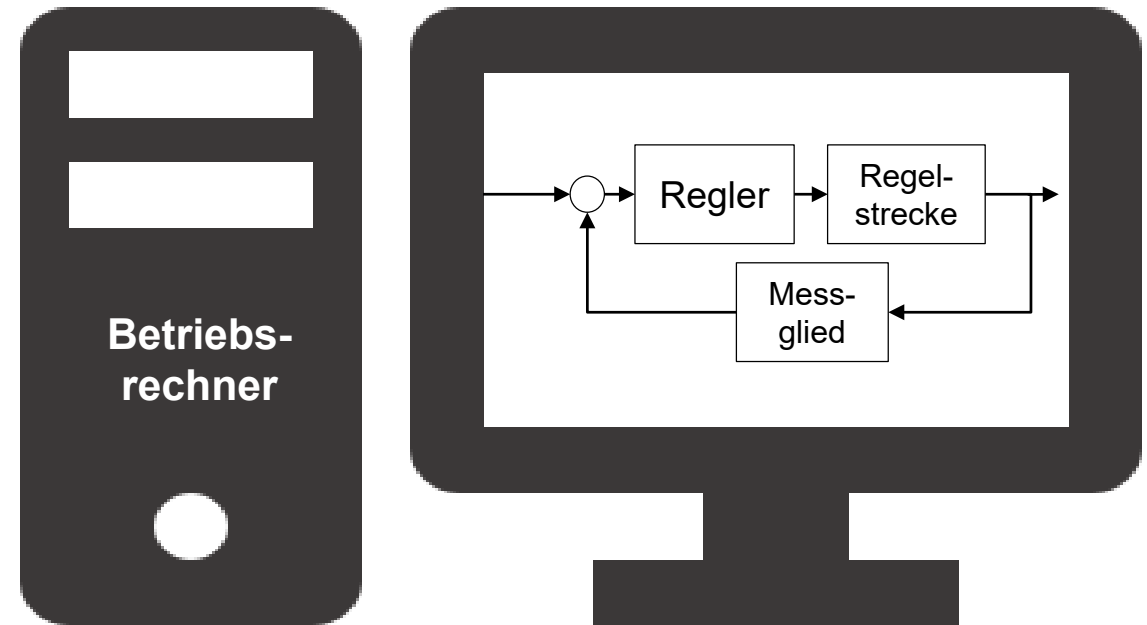


Die Systemanalyse zeigt, dass durch die Regelung die Unzulänglichkeiten im Modellverhalten beseitigt werden konnten und ein gutes Führungs- sowie Störverhalten nun erreicht werden kann.



Definition Rapid Control Prototyping (RCP)

- **Inbetriebnahme** eines virtuell erprobten Reglers
- durch **einzelne Entwicklungsperson**
- Nutzung **dedizierter Echtzeithardware und Softwaretools**
- in früher Phase der **Vorentwicklung**

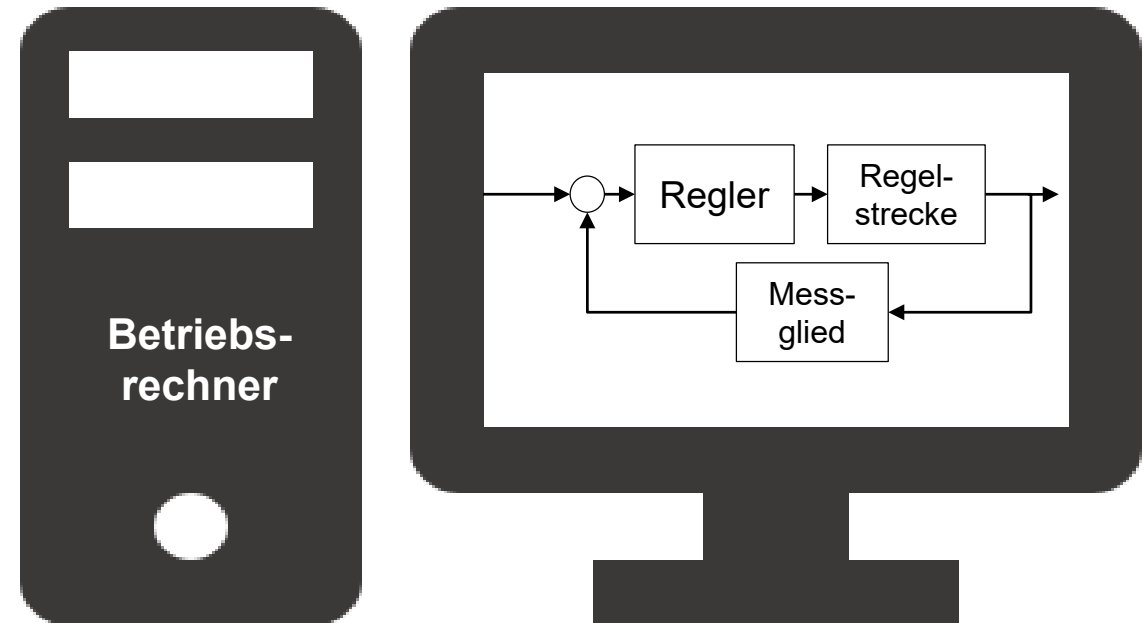


Rapid Control Prototyping ermöglicht, dass bereits frühzeitig eine realitätsnahe Erprobung der entwickelten Methoden, Konzepte und Algorithmen stattfinden kann.



Vorteile RCP

- **Systemvalidierung** bereits im **Vorentwicklungsstadium**
- Unerwünschte Effekte früh erkannt und unnötige **Iterationen vermieden**
- eine **Entwicklungsperson** statt einer Gruppe Personen verschiedener Domänen → Effizienz!
- **Code-Generierung** spart Zeit ein
- Eigenschaften der Mikroelektronik werden **ermittelt**

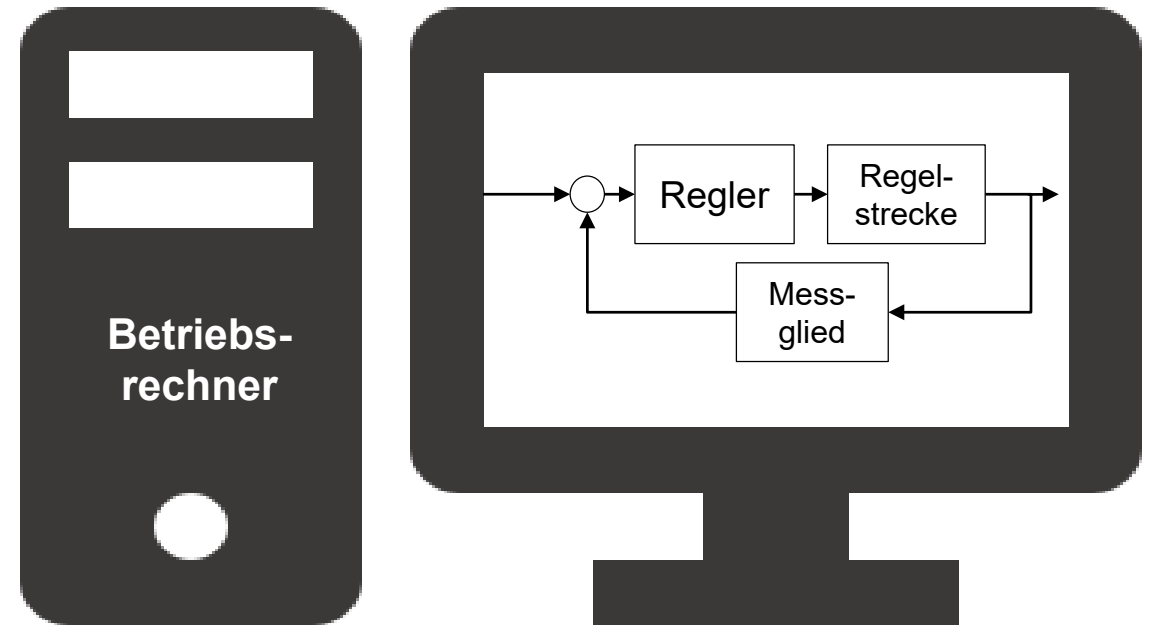


Die frühere Untersuchung und Anpassung optimiert den Entwicklungsprozess.



Vorbereitungen RCP

- **Systemanalyse** ist abgeschlossen
→ Optimaler Regler ist entworfen und virtuell erprobt
- **Softwaretools** und **Hardware** für RCP sind **installiert** und entsprechend **modifiziert**

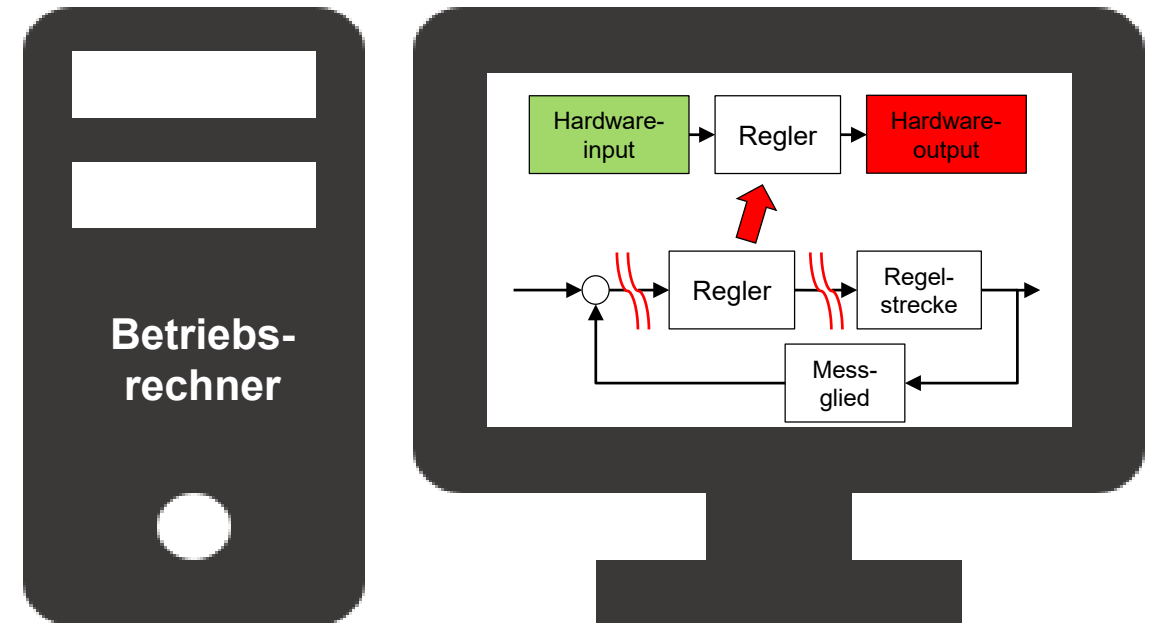


Das RCP knüpft an die vorherigen Schritte des Entwicklungsprozesses an.



Schritt 1 – Extraktion und Erweiterung

- **Herauslösen des entworfenen Reglers** aus virtuellem Regelkreis
- **Hinzufügen von Blöcken für Eingabe- und Ausgabeschnittstellen** zur RCP-Hardware bezüglich des Reglers im Simulationstool
- **Ergänzung weiterer Elemente**, wie z.B. Signal-Filter, im Simulationstool

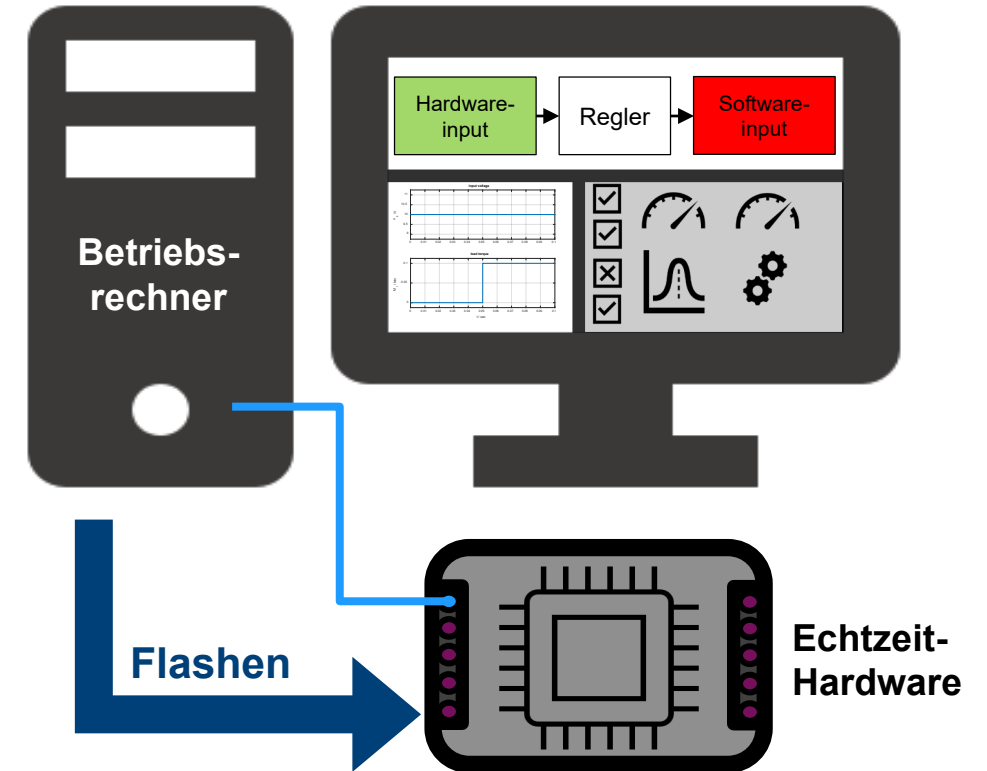


Der virtuell bestehende Regler wird aus der Simulationsumgebung herausgelöst. Anschließend werden Erweiterungen für den Echtzeitbetrieb vorgenommen.



Schritt 2 – Hardware-Programmierung

- **Automatische Generierung von Code** für Regler und ergänzte Glieder, der um Echtzeitfunktionen und hardwarespezifische Elemente ergänzt wird
- Erzeugter **Code wird kompiliert, gelinkt und auf die RCP-Hardware geflasht**

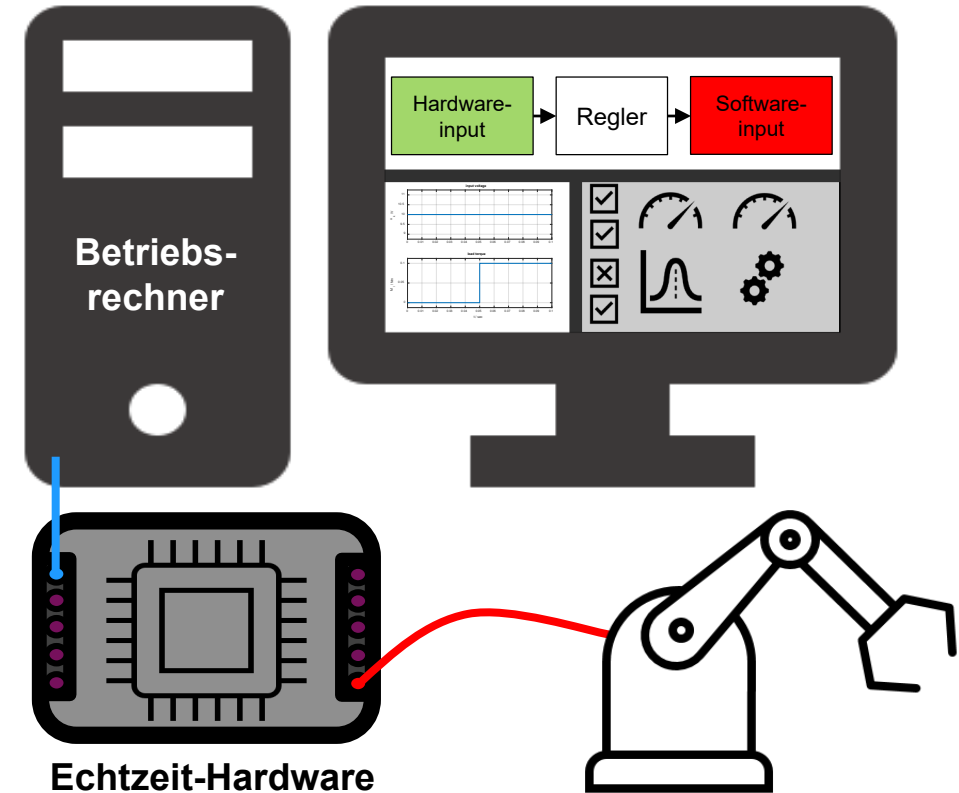


Nach den Anpassungen erfolgt die Realisierung des Reglers durch Übertragung auf die Hardware.

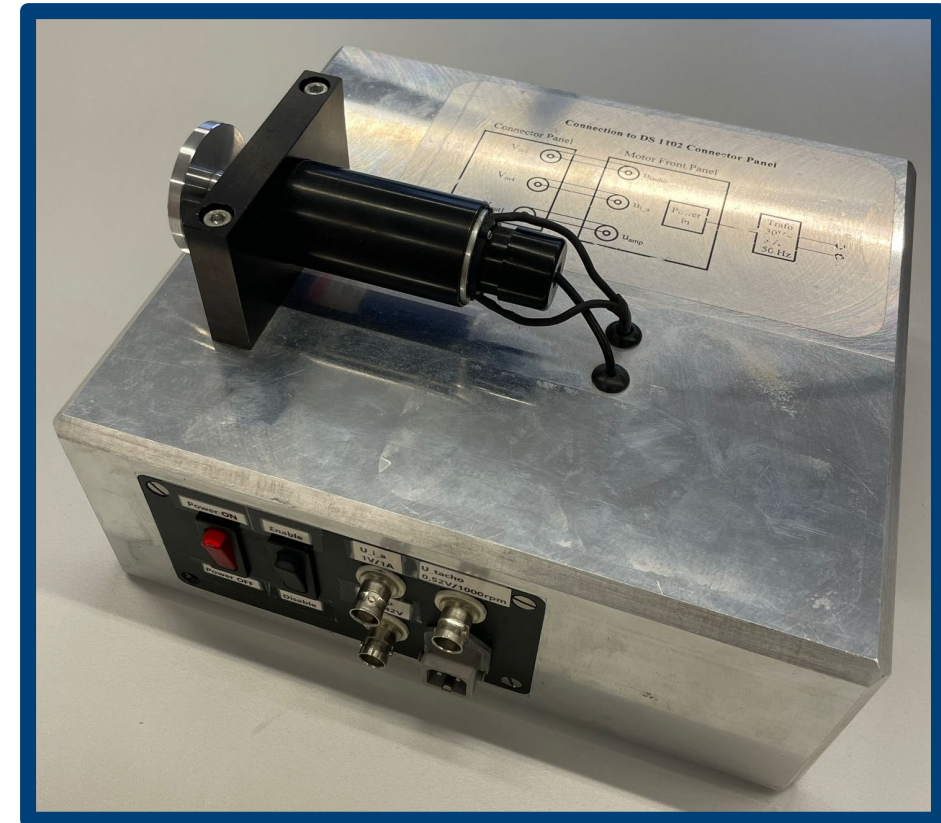
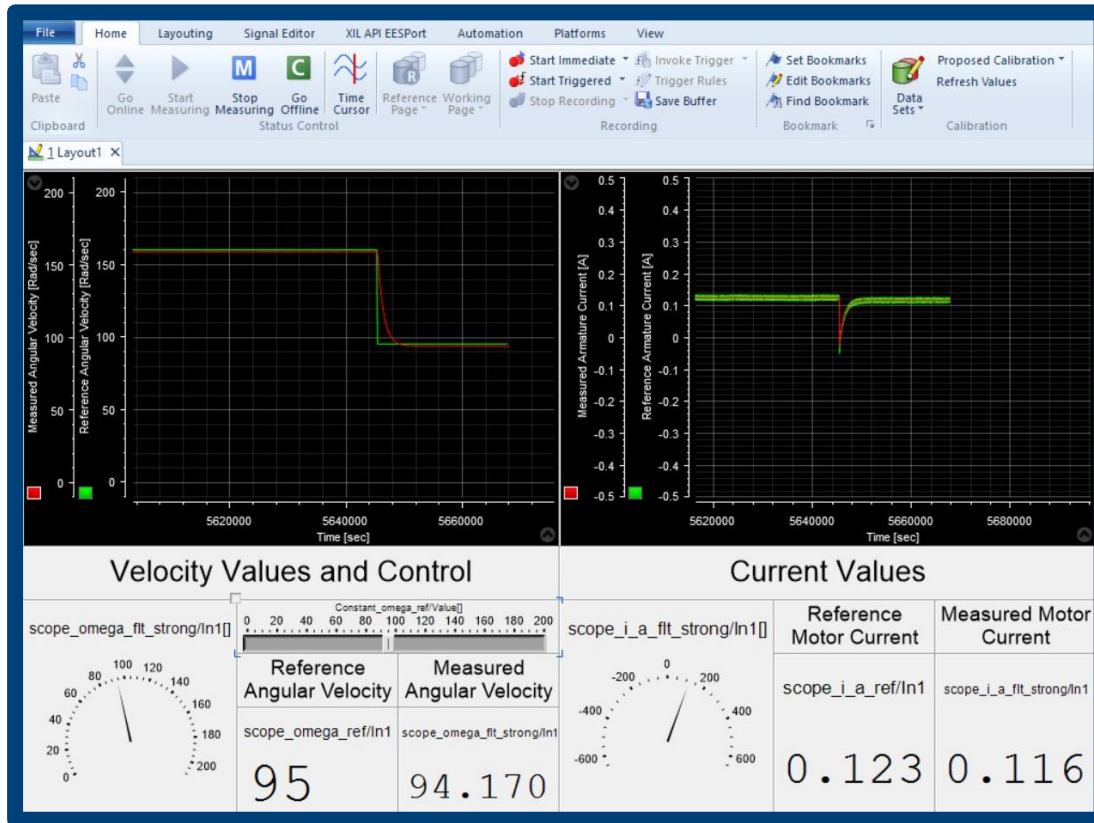


Schritt 3 – Experimentieren

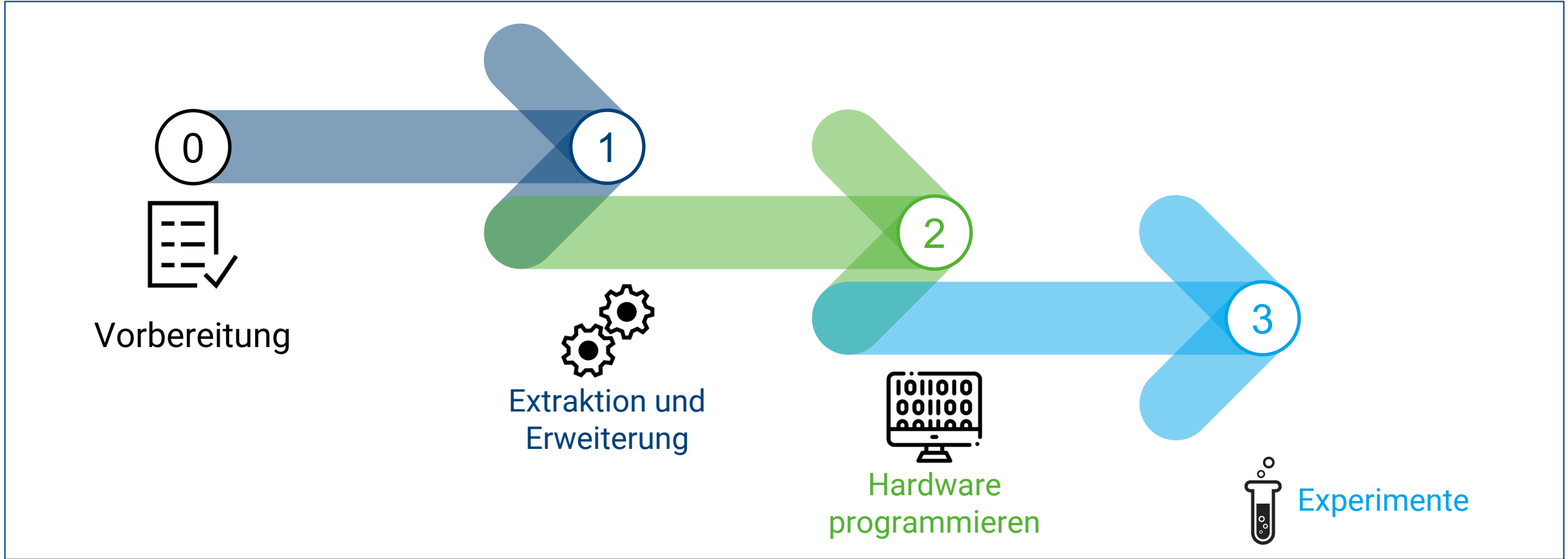
- **Einrichtung der Benutzeroberfläche** für Steuerung und Visualisierung auf dem Betriebsrechner
 - **Wiederholung der Simulations-Experimente** mit dem realisierten System
- Vergleich des virtuellen und des realen Systemverhaltens



Bei der Erprobung des entwickelten Reglers werden die gleichen Experimente durchgeführt wie in der Simulation. Anschließend werden die Mess- und Simulationsergebnisse verglichen und ggf. Anpassungen vorgenommen.



Um das **Rapid Control Prototyping live** zu erleben, stellt die TH Köln ein hierfür aufgebautes System zur Verfügung.

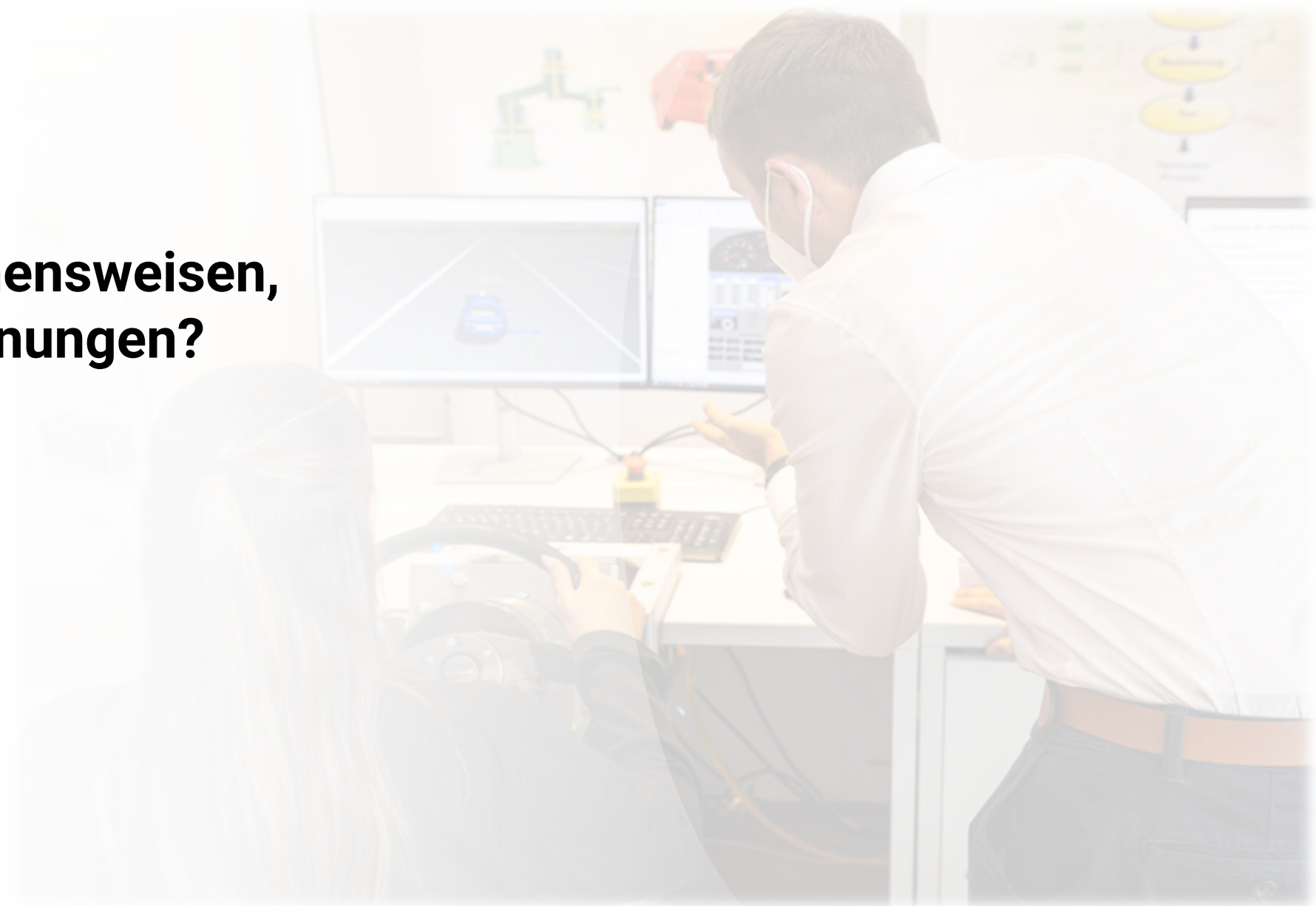


Rapid Control Prototyping ist als einfacher, sequentieller Prozess in mechatronische Entwicklungsabläufe integrierbar.

Demonstration

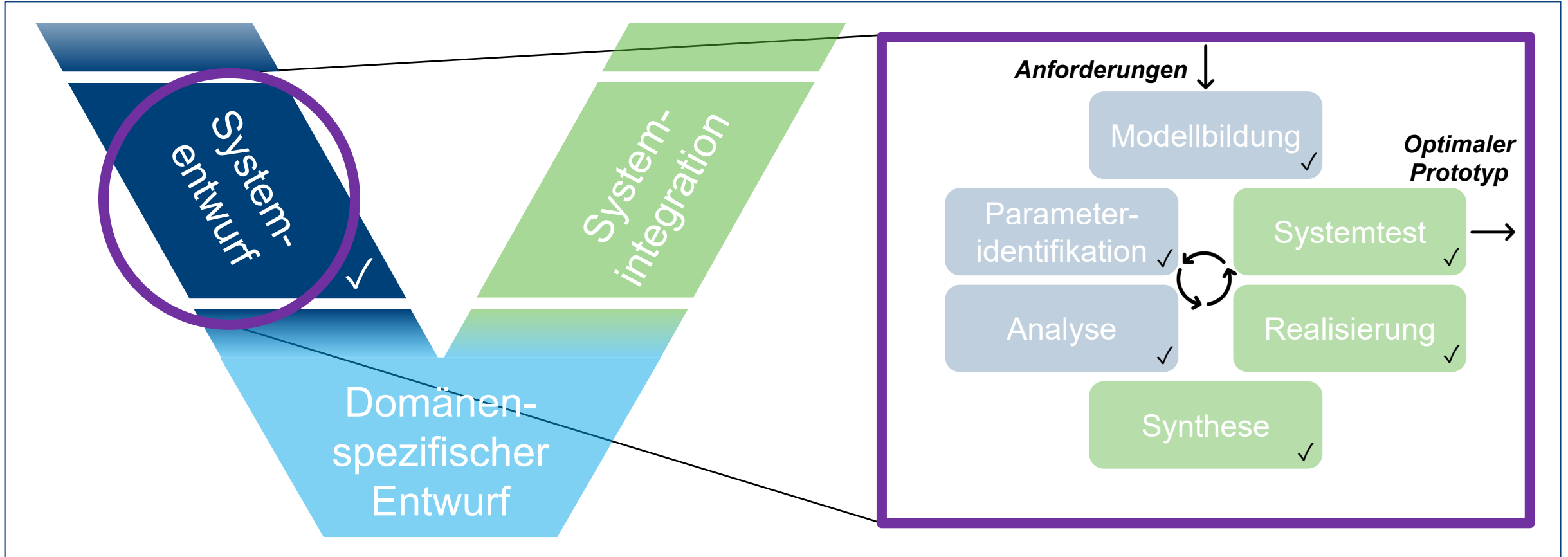


Was sind Ihre Vorgehensweisen, Erfahrungen und Meinungen?



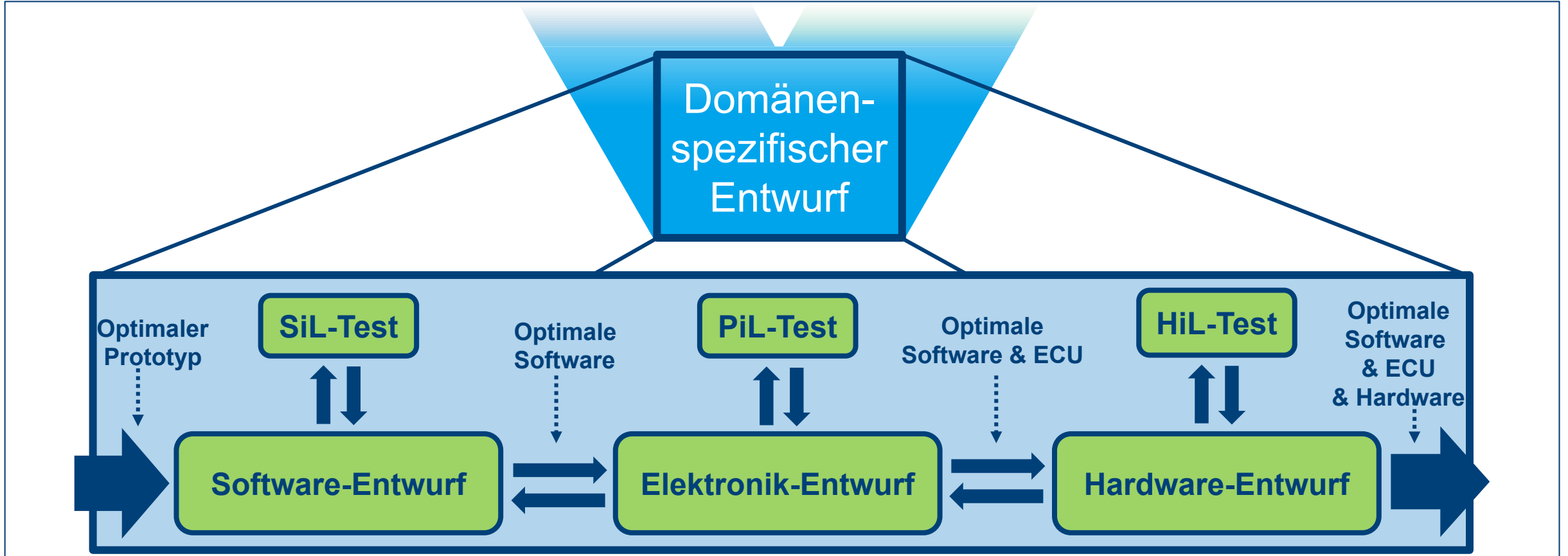
Exemplarische Entwicklungssystematik

Beispielgestützte Analyse einer Entwicklungssystematik



Der mechatronische Entwicklungskreislauf ordnet sich in den Systementwurf des V-Modells ein und liefert einen Prozess von den Anforderungen zum optimalen Prototyp. Mit diesem beginnt dann die Weiterentwicklung zur Serienreife.

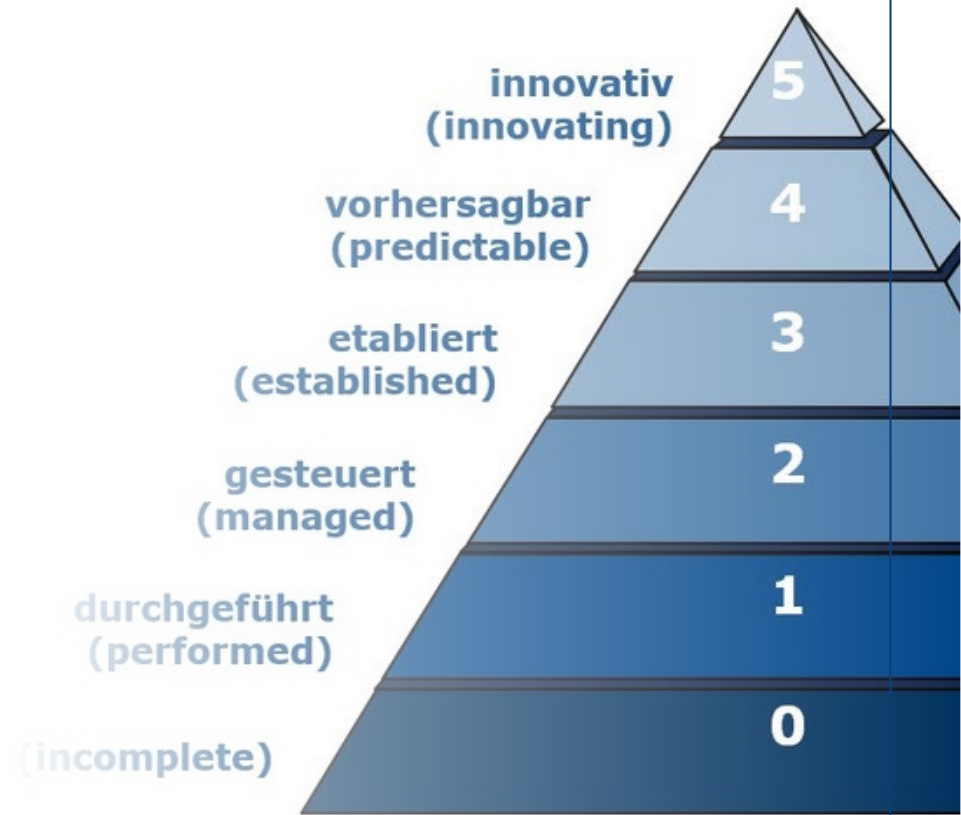
Beispielgestützte Analyse einer Entwicklungssystematik



Die Entwicklung hochkomplexer technischer Produkte zur Serienreife erfordert modellbasierte Methoden und Prozesse.

Brainstorming zu weiteren Entwicklungssystematiken

- Automotive SPICE (ISO/IEC 15504)
 - Software Process Improvement and Capability Determination
 - Analyse, Bewertung und Verbesserung von Prozessen in der softwarebasierten Systementwicklung
 - Ermittlung von Stärken und Schwächen sowie Verbesserungsempfehlungen
- ... ?



Automotive SPICE ist ein in der Steuergeräteentwicklung etablierter Rahmen, um Prozesse zu bewerten und zu verbessern. Das Fähigkeitsniveau eines Prozesses wird dabei einem Level von null bis fünf zugewiesen.

60 Minuten PAUSE



Weitere Entwicklungssystematiken und Reflektion

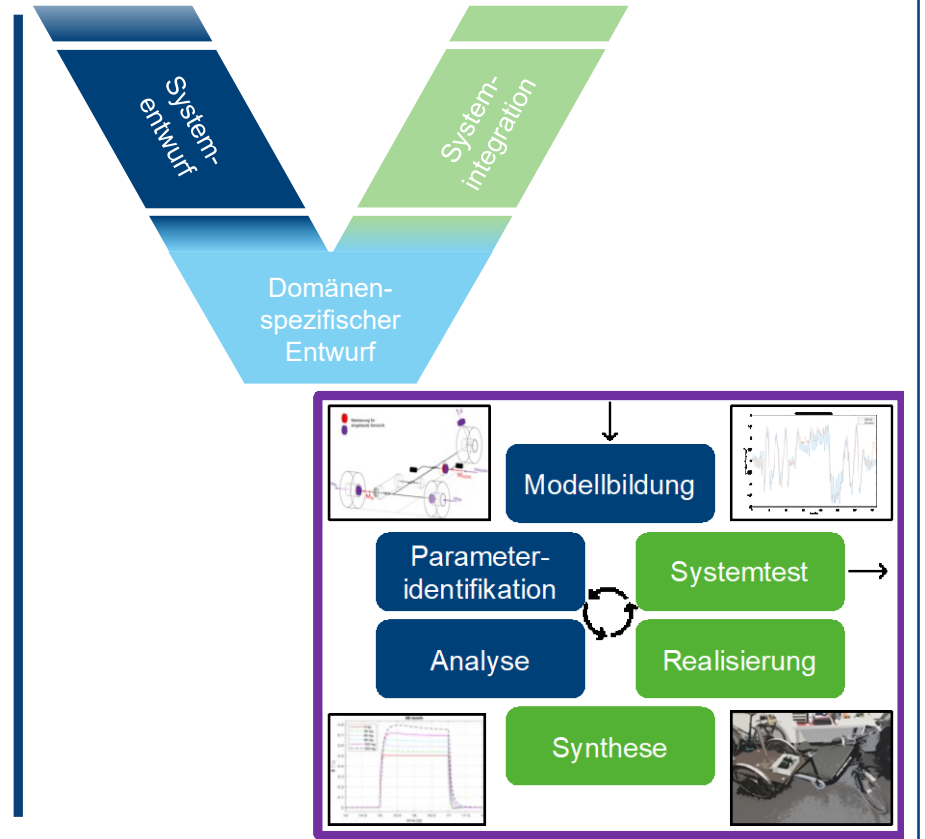
Strategische Auswertung der Ergebnisse

Dieser Workshop gab einen Überblick zu:

- allgemeinen Entwicklungssystematiken und dem V-Modell,
- dem mechatronischen Systementwurf und den dazugehörigen Disziplinen, wie z.B. Modellbildung & Parameteridentifikation,
- weitergehenden Prozessschritten bis zur Serienreife.

Heutige kennengelernte und erlebte Demonstratoren:

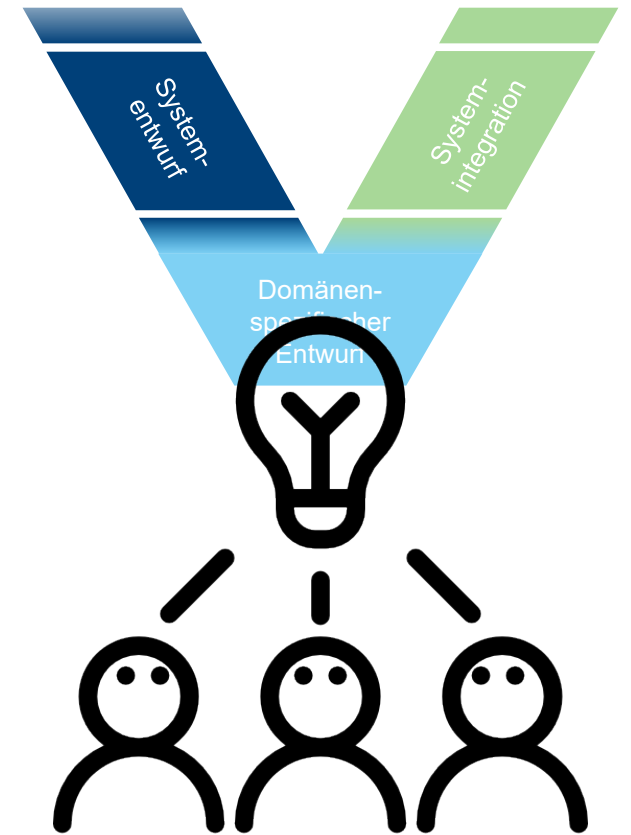
- **Data-Logger** zur gezielten Auswertung und Verarbeitung von unterschiedlichen Sensordaten
- **Gleichstrommotor** für ein Echtzeiterlebnis des Rapid Control Prototypings



Der Workshop lieferte einen hinreichenden Überblick zu heutigen Verfahren bei der Entwicklung hochkomplexer technischer Produkte. Die Validierung der Methoden erfolgte an entsprechend erlebbaren Demonstratoren.

Reflektion der Erkenntnisse

- *Was waren Ihre wichtigsten Erkenntnisse heute?*
- *Gibt es noch offene Fragen oder Gedanken zum Thema?*
- *Was war für Sie neu? Was war bereits bekannt?*
- *Möchten Sie diese Thematik noch weiter vertiefen?*
- *Haben Sie ergänzende Themenvorschläge, die noch behandelt werden sollen?*
- ... ?



Das Ziel der Workshops ist stets die Teilnehmenden individuell und bedarfsgerecht für die Trends der Mobilitätswende in der Fahrzeugindustrie vorzubereiten. Gestalten Sie hierfür die Inhalte sowie die Abläufe aktiv mit.

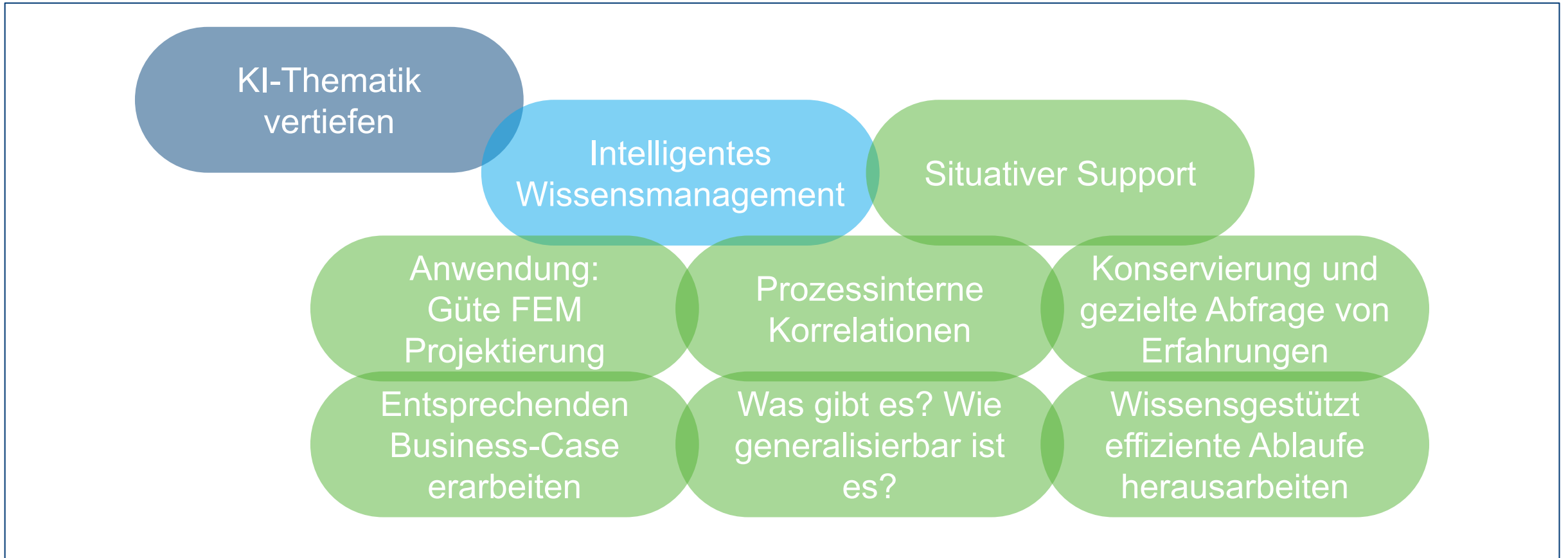
Feedback für die zukünftige Ausrichtung des Arbeitskreises

- *Haben Sie heute neue Erfahrungen und Erkenntnisse gewonnen?*
- *Hat das Konzept die Inhalte gut vermittelt?*
- *War die Menge an Informationen gut aufnehmbar?*
- *Gibt es Verbesserungsvorschläge?*
- *Haben Sie durch den heutigen Termin neue Themenideen?*
- *... ?*



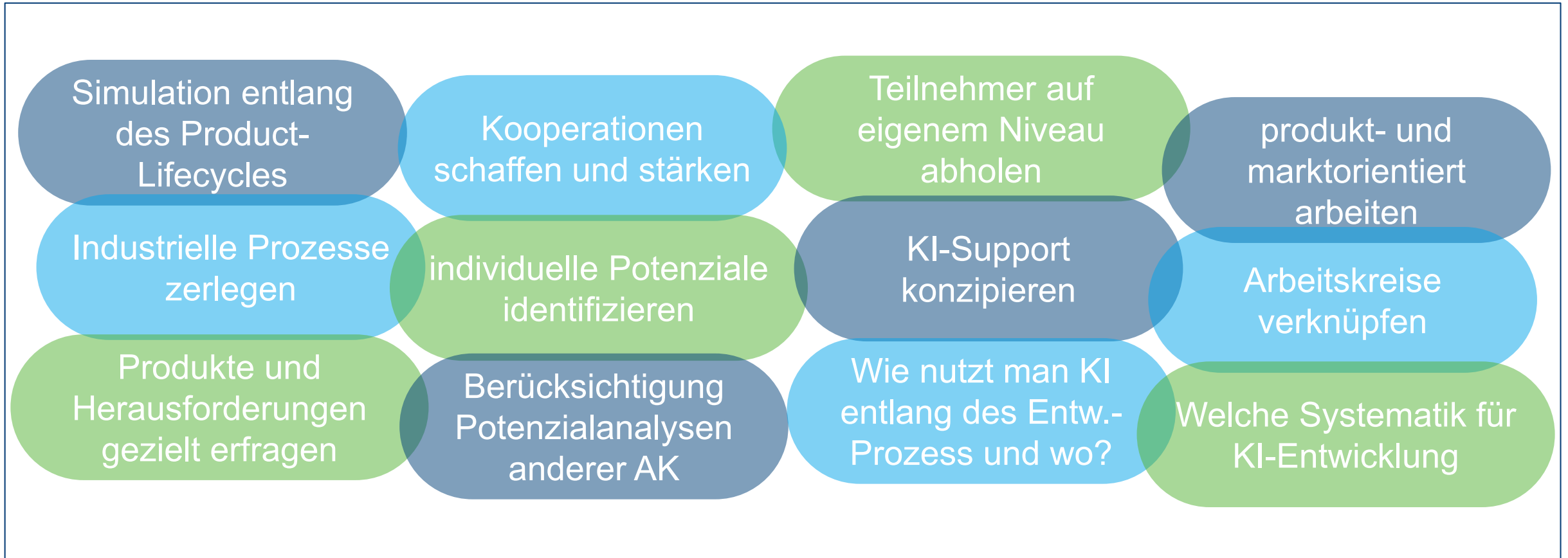
Um die Inhalte möglichst gut zu vermitteln, sind wir auf Ihr Feedback angewiesen. Helfen Sie uns dabei den Lernprozess maximal ideal zu gestalten und lassen Sie ihre Ideen miteinfließen.

Feedback für die zukünftige Ausrichtung des Arbeitskreises



Um die Inhalte möglichst gut zu vermitteln, sind wir auf Ihr Feedback angewiesen. Helfen Sie uns dabei den Lernprozess maximal ideal zu gestalten und lassen Sie ihre Ideen miteinfließen.

Feedback für die zukünftige Ausrichtung des Arbeitskreises



Um die Inhalte möglichst gut zu vermitteln, sind wir auf Ihr Feedback angewiesen. Helfen Sie uns dabei den Lernprozess maximal ideal zu gestalten und lassen Sie ihre Ideen miteinfließen.

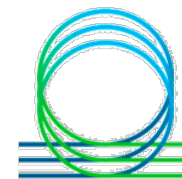
Vielen Dank für Ihre Teilnahme.

Wir freuen uns auf ein Wiedersehen im Q2.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



TrendAuto
2030plus



Ihre Ansprechpartner



Prof. Dr. rer. nat. Margot Ruschitzka

CAD CAM Center Cologne (4C)

Technische Hochschule Köln
Betzdorfer Straße 2

Mail: margot.ruschitzka@th-koeln.de



Alexander Nüßgen, M. Sc.

CAD CAM Center Cologne (4C)

Technische Hochschule Köln
Betzdorfer Straße 2

Mobil: +49 (0) 1520 4913436

Mail: alexander.nuessgen@th-koeln.de



Marcus Irmer, M. Sc.

CAD CAM Center Cologne (4C)

Technische Hochschule Köln
Betzdorfer Straße 2

Mobil: +49 (0) 1573 4466530

Mail: marcus.irmer@th-koeln.de



Gibt es ergänzende
Fragen?