

2. Ausschusstreffen

07.05.2026

Science Park, Uni Kassel



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Digitale Lösungen für Kunststoffprozesse



Institut für Werkstofftechnik
Kunststofftechnik
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Heim

Agenda

14:00 – 14:15	Begrüßung Vorstellungsrunde der Teilnehmenden
14:15 – 14:30	Vorstellung der Projektarbeiten
14:30 – 14:45	Ergebnisse der Zielgruppenbefragung
14:45 – 15:00	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 1)
15:00 – 15:15	Kaffeepause
15:15 – 15:30	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 2)
15:30 - 16:00	Vortrag: Datengetriebene Qualitätsprädiktion eines spritzgegossenen Serienbauteils

Projektteam

Marco Klute



- Projektkoordination
- Betreuung des Netzwerks
- Durchführung und Moderation von Transferformaten

Oliver Kempf



- Erstellung und Durchführung von Transferformaten
- Bearbeitung Use-Case 1
Optische Fehlererkennung

Alisa Bangert



- Erstellung und Durchführung von Transferformaten
- Bearbeitung Use-Case 2
Anomalieerkennung bei Rezyklaten

Laurien Dreier



- Projekthomepage und Social-Media
- Bewerbung von Transfereinheiten
- Zielgruppenbefragungen

Projektbegleitender Ausschuss



Multiplikatoren



Ausschussmitglieder

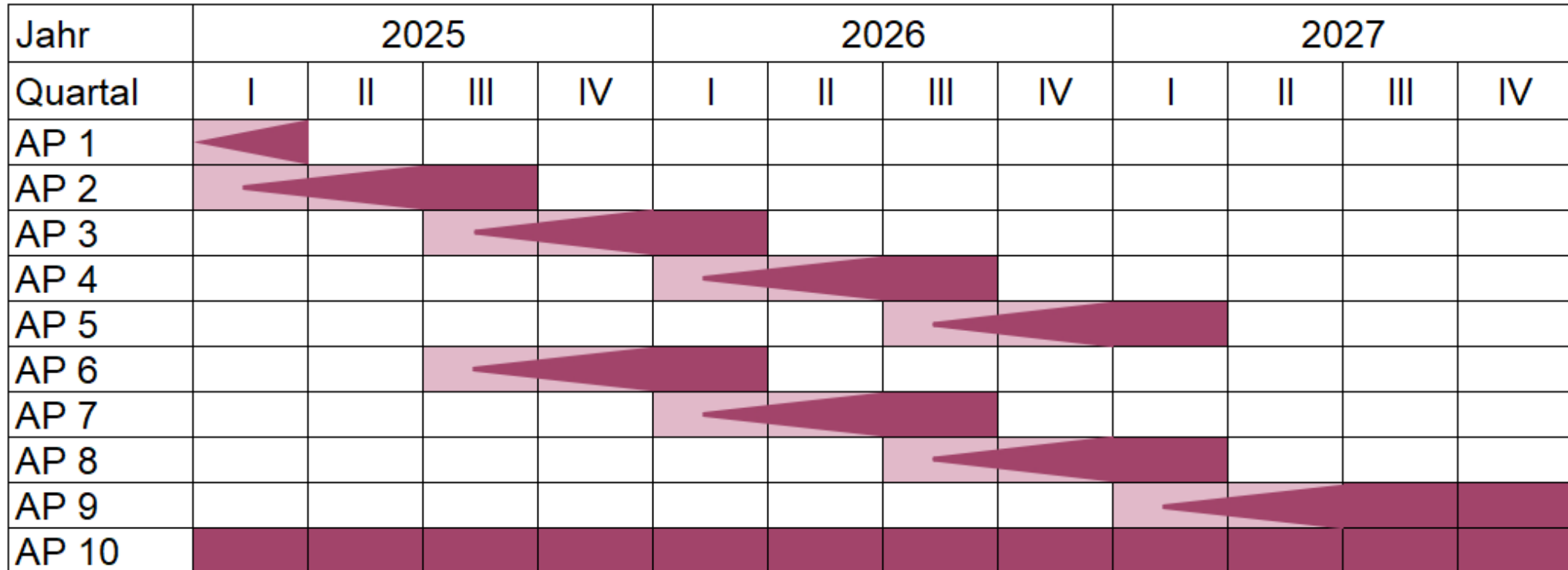


Agenda

14:00 – 14:15	Begrüßung Vorstellungsrunde der Teilnehmenden
14:15 – 14:30	Vorstellung der Projektarbeiten
14:30 – 14:45	Ergebnisse der Zielgruppenbefragung
14:45 – 15:00	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 1)
15:00 – 15:15	Kaffeepause
15:15 – 15:30	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 2)
15:30 - 16:00	Vortrag: Datengetriebene Qualitätsprädiktion eines spritzgegossenen Serienbauteils

Zeitlicher Ablauf

Geplanter Projektverlauf:



M1 ◆

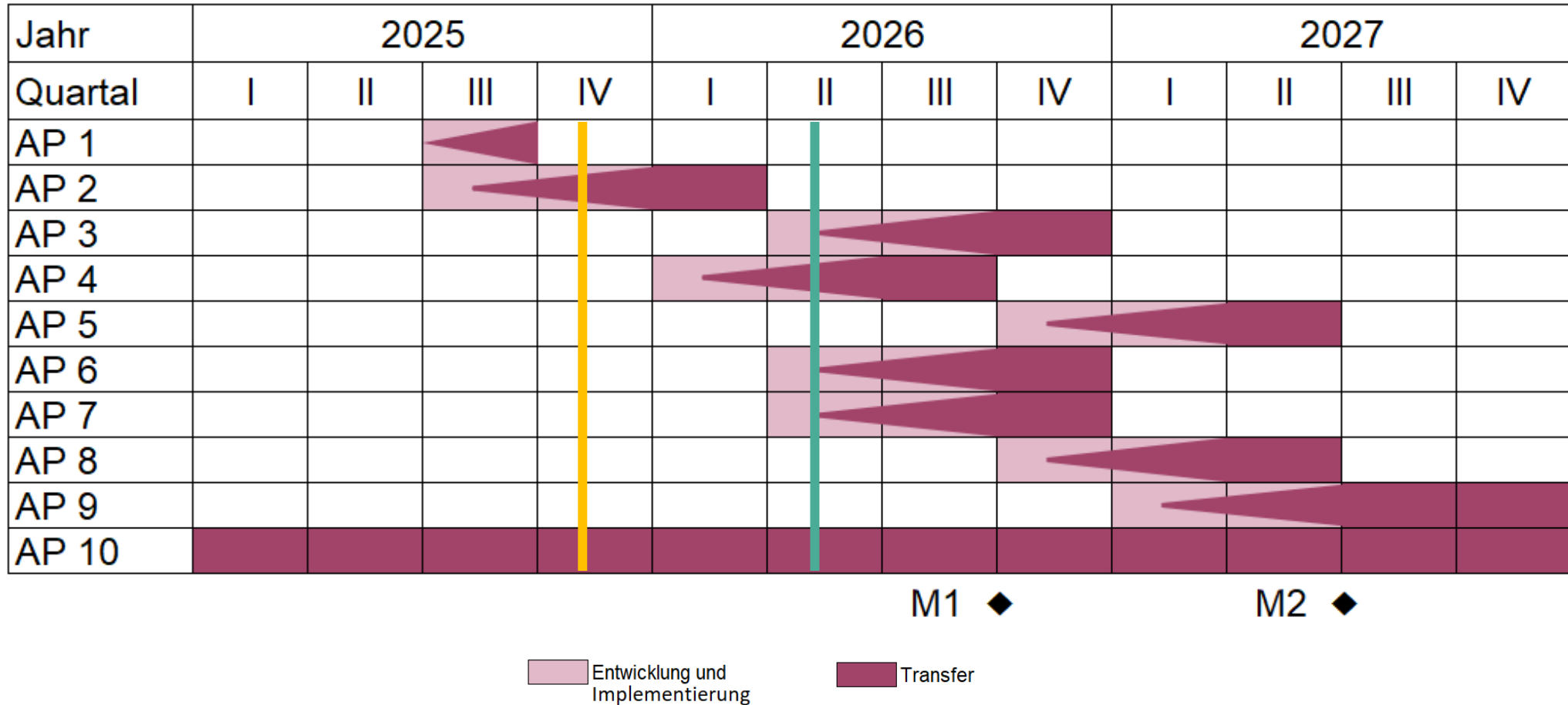
M2 ◆

 Entwicklung und Implementierung

 Transfer

Zeitlicher Ablauf

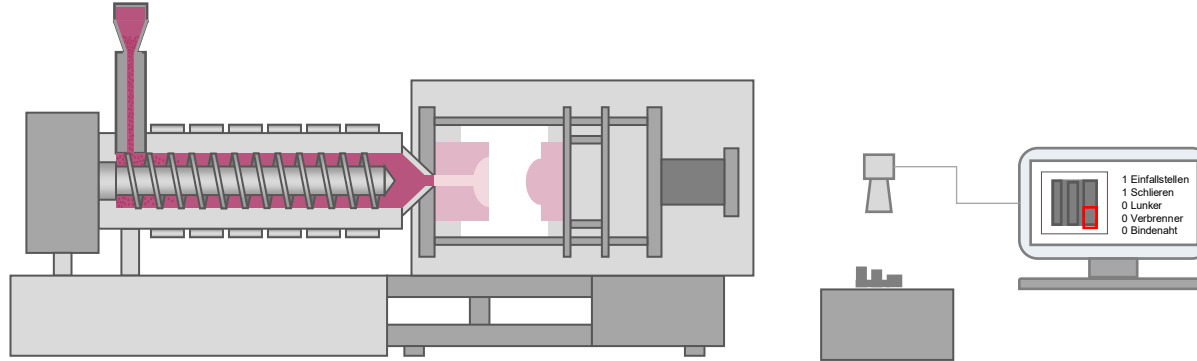
Angepasster Projektverlauf:



Use-Case 1: optische Fehlerbilder

1

Spritzgießprozess zur Herstellung optischer Bauteile | Klassifikation optischer Fehlerbilder



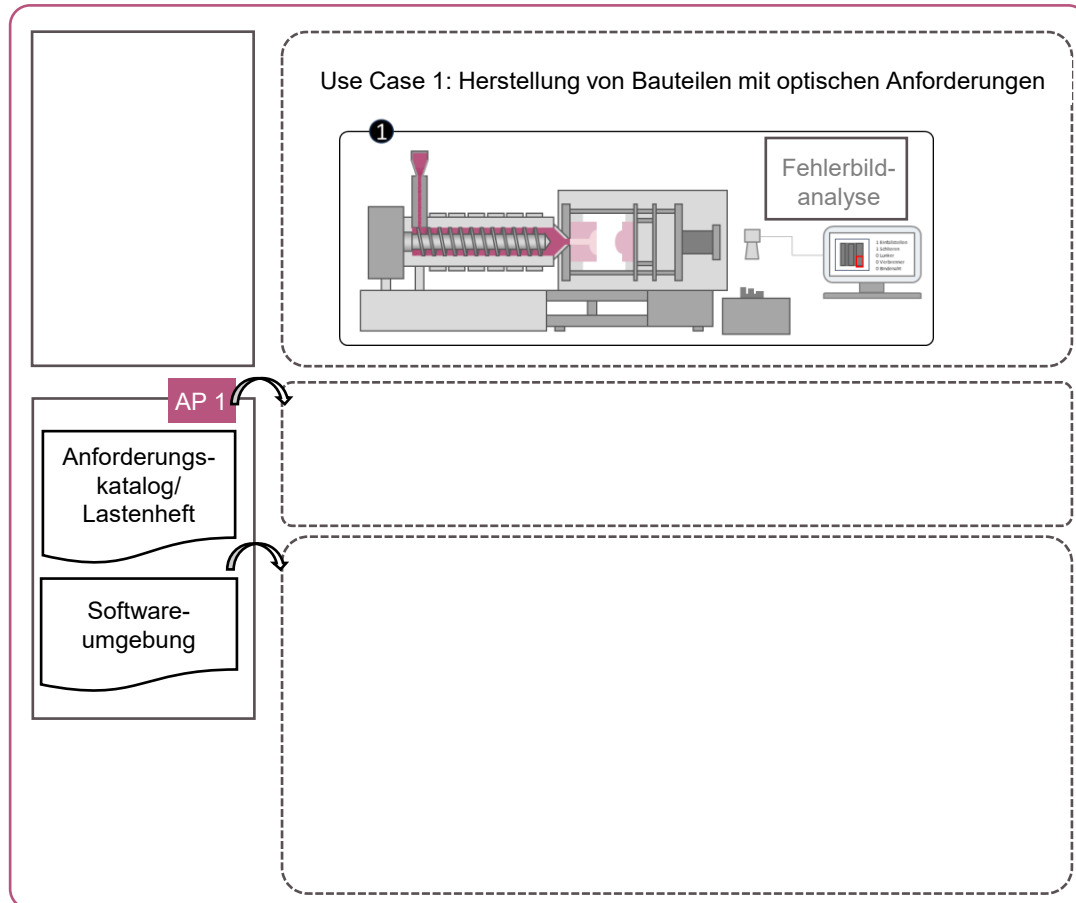
Klassifikation optischer Fehlerbilder

Methoden zur Charakterisierung optischer Fehlerbilder

Zeitreihenanalyse Spritzgießprozess: Identifizierung von Prozessanomalien

Modellierung von Fehlerklassen anhand überwachter Lernverfahren

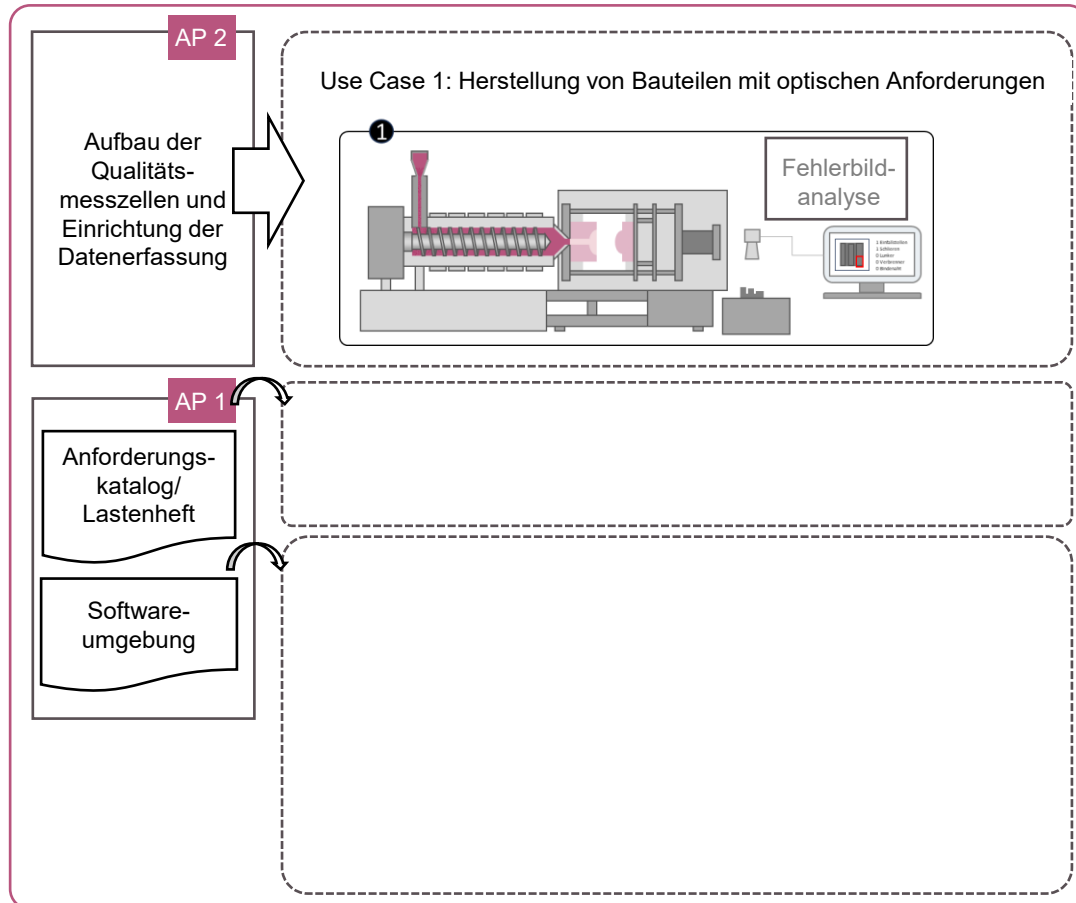
Use-Case 1: optische Fehlerbilder



AP 1: Spezifikation der Anforderungen

- Definition der relevanten Entwicklungsschritte anhand des CRISP-DM Modells
- Vergleich und Auswahl geeigneter Softwarebibliotheken zur benutzerintuitiven Modellierung
- Spezifizierung der Anforderungen an Messsysteme zur Identifizierung optischer Fehlerbilder
- Überführung der Anforderungen in Use-Case-spezifische Lastenhefte

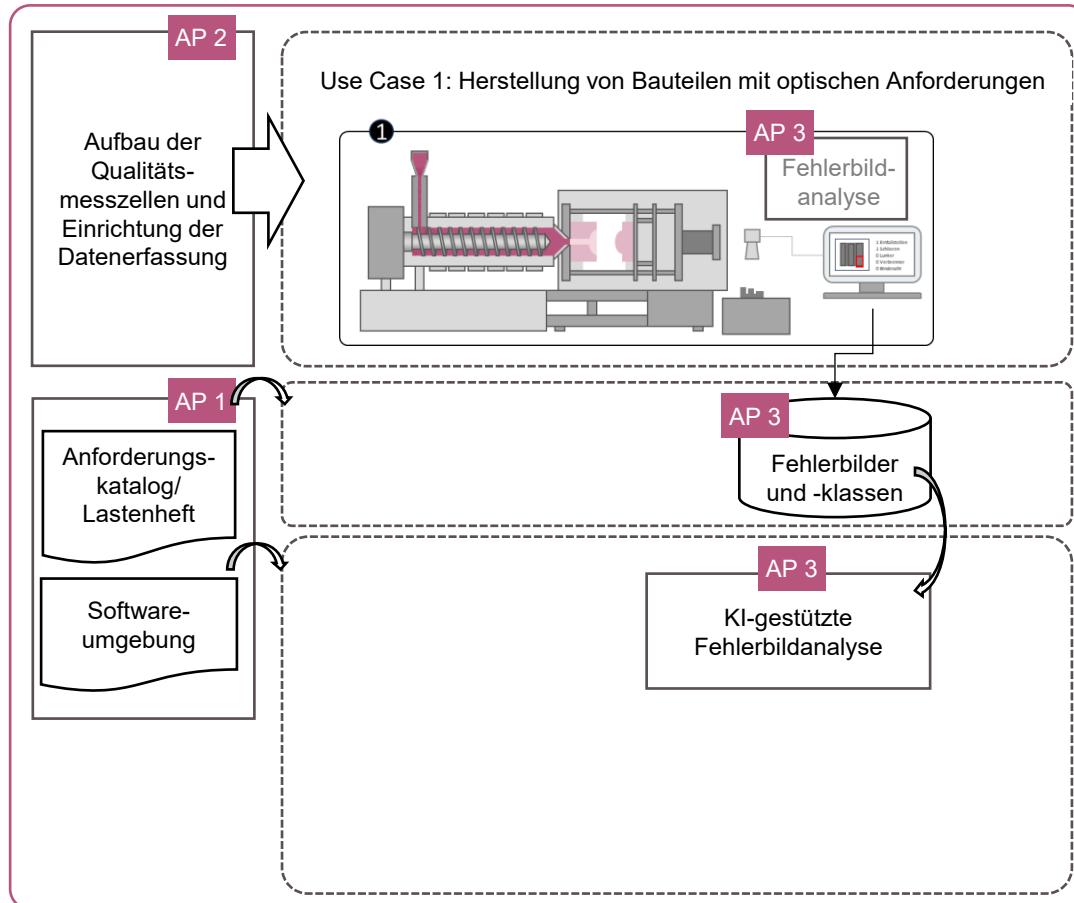
Use-Case 1: optische Fehlerbilder



AP 2: Aufbau der Qualitätsmesszelle und Einrichtung der Datenerfassung

- Implementierung einer Prozess- und Qualitätsdatenerfassung (beide Use-Cases)
- Erweiterung bestehender Anlagen durch zusätzliche Sensorik
- Aufbau einer Qualitätsmesszelle zur automatisierten Erfassung definierter optischer Fehlerbilder
- Erstellung eines Anforderungskatalogs zur Identifizierung optischer Fehlerbilder

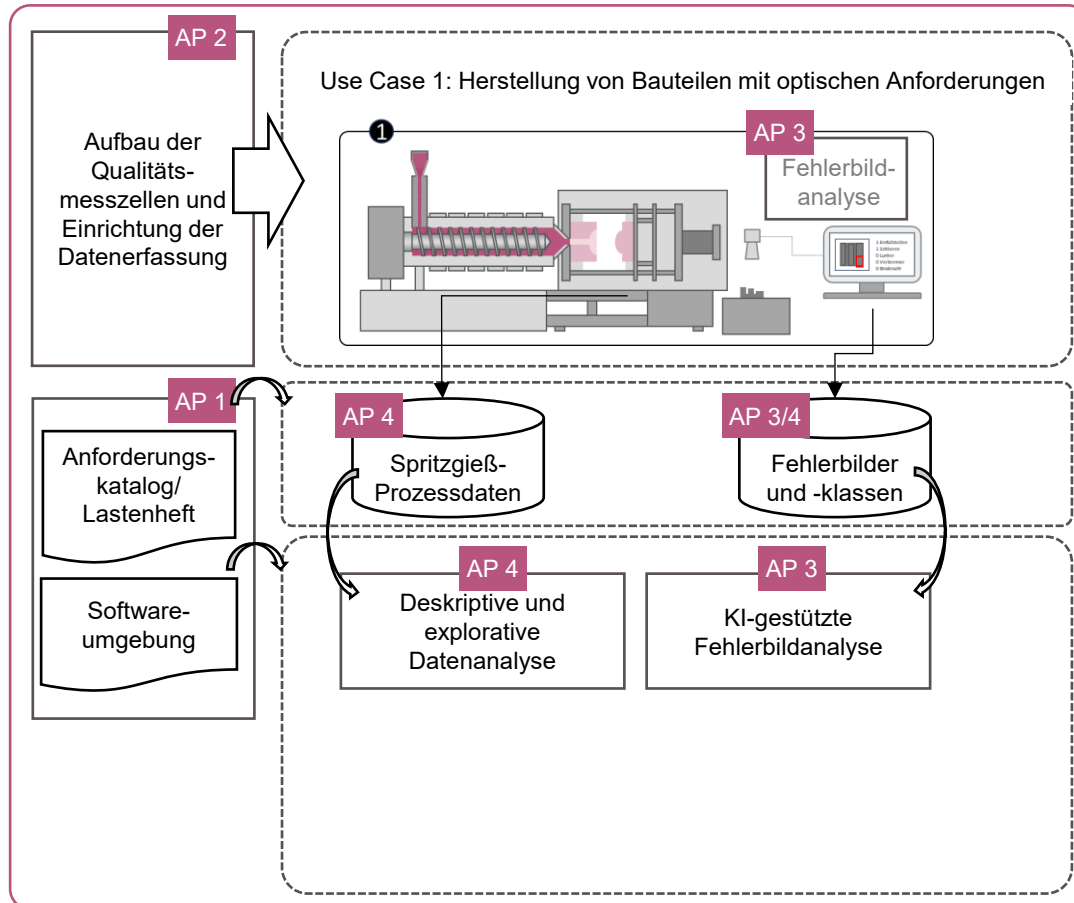
Use-Case 1: optische Fehlerbilder



AP 3: Methoden zur Identifizierung und Charakterisierung von optischen Fehlerbildern

- Provozieren optischer Fehlerbilder während der Produktion von Bauteilen durch den Einsatz statistischer Versuchspläne
- Erfassung der optischen Bauteilqualität durch die Qualitätsmesszelle
- Trainieren unterschiedlicher Modelle zur Detektion optischer Fehlerbilder auf Grundlage der aufgenommenen Bilder
- Analyse und Validierung der Modellperformance

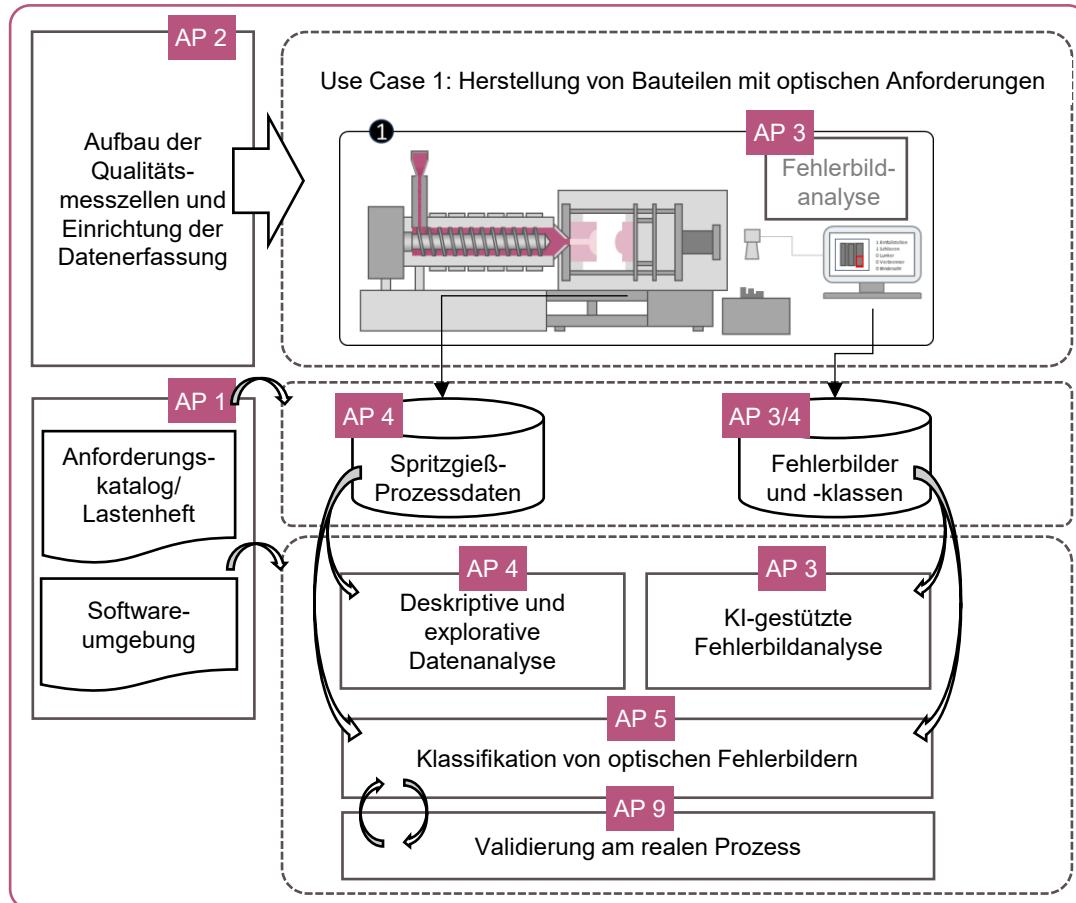
Use-Case 1: optische Fehlerbilder



AP 4: Deskriptive und explorative Datenanalyse zur Identifizierung von Zusammenhängen

- Überprüfung und Zusammenführung der während der Bauteilproduktion erfassten Einstell-, Prozess- und Sensordaten
- Trainieren von deskriptiven und explorativen Analysemethoden, um die Wirkmechanismen aufzuzeigen, die Daten zu visualisieren und die Ergebnisse zu interpretieren

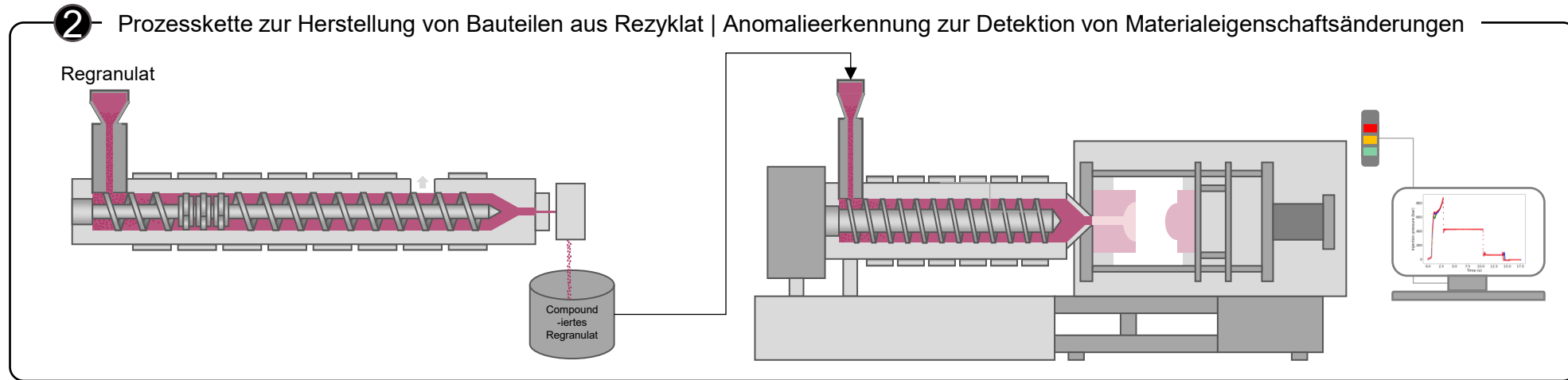
Use-Case 1: optische Fehlerbilder



AP 5: Modellierung von Fehlerklassen

AP 9: Modellvalidierung am realen Prozess

Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten



Anomalieerkennung in der Rezyklatverarbeitung

Methoden zur Charakterisierung von Rezyklaten

Zeitreihenanalyse in der Rezyklatverarbeitung: Anomalieerkennung Compoundierung + SGP

Assoziationsanalyse: Beurteilung der Auswirkung von Rezyklat auf die Compoundierung und den SGP

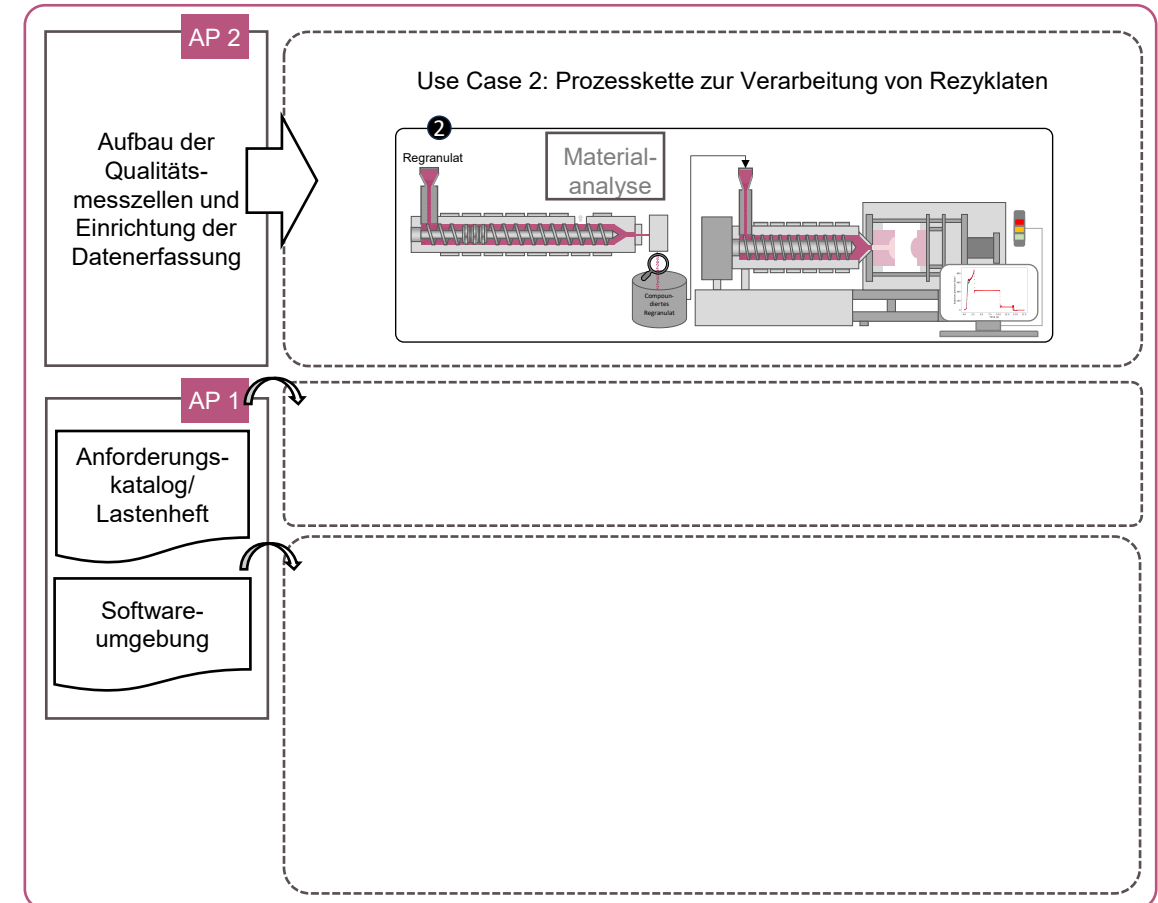
Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten

AP 1: Spezifikation der Anforderungen

- Spezifizierung der Anforderungen an Messsysteme zur Charakterisierung von Rezyklat

AP 2: Aufbau der Qualitätsmesszelle und Einrichtung der Datenerfassung

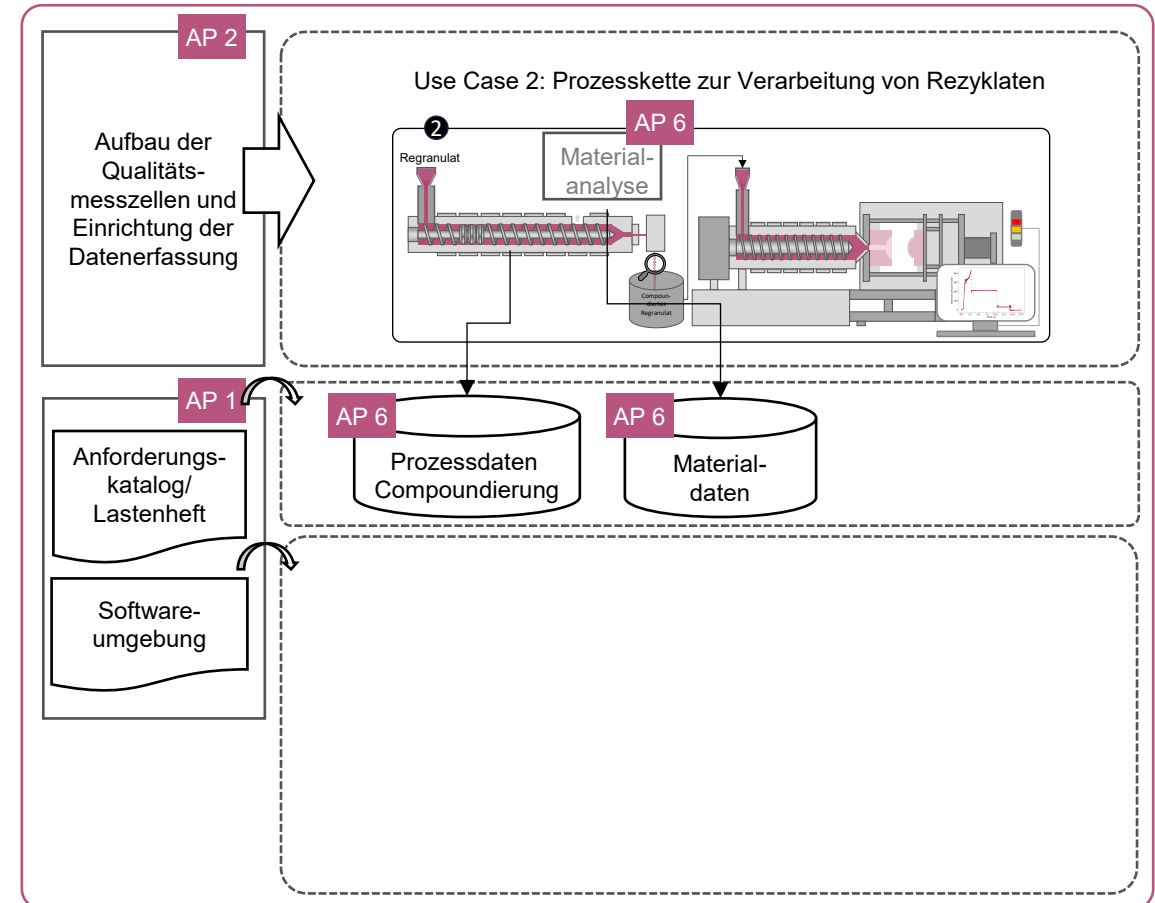
- Aufbau einer Qualitätsmesszelle zur Erfassung von Material- und Bauteileigenschaften
- Erstellung eines Anforderungskatalogs zur Charakterisierung von rezyklierten Granulaten



Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten

AP 6: Methoden zur Charakterisierung von Rezyklat

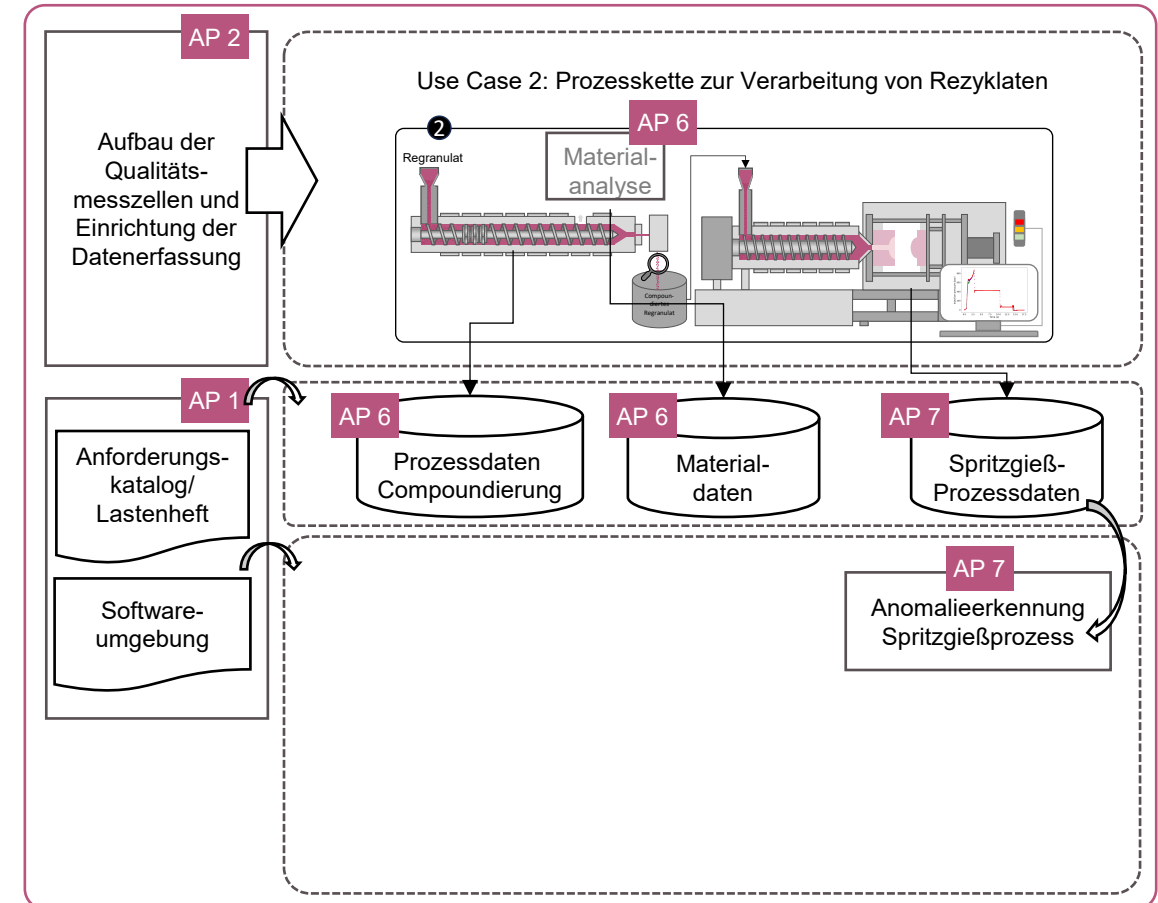
- Auswahl geeigneter Messmethoden zur Analyse prozessrelevanter Materialeigenschaftsänderungen hervorgerufen durch Alterung und/oder Mehrfachverarbeitung
- Prozessdatenaufzeichnung und Visualisierung bei der Aufbereitung (Compoundierung) und/oder Extrusion
- Korrelationsanalysen zur Beschreibung der Zusammenhänge zwischen Alterung und/oder Mehrfachverarbeitung und der Verarbeitbarkeit



Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten

AP 7: Zeitreihenanalyse und Prozessanomalieerkennung beim Spritzgießen von Rezyklaten

- Verarbeitung der in AP 6 hergestellten Rezyklate im Spritzgießprozess
- Trainieren und Gegenüberstellung unterschiedlicher Algorithmen zur Anomalieerkennung
- Hyperparameteroptimierung und Validierung der performantesten Modelle
- Visualisierung und kunststofftechnische Interpretation der erzielten Ergebnisse



Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten

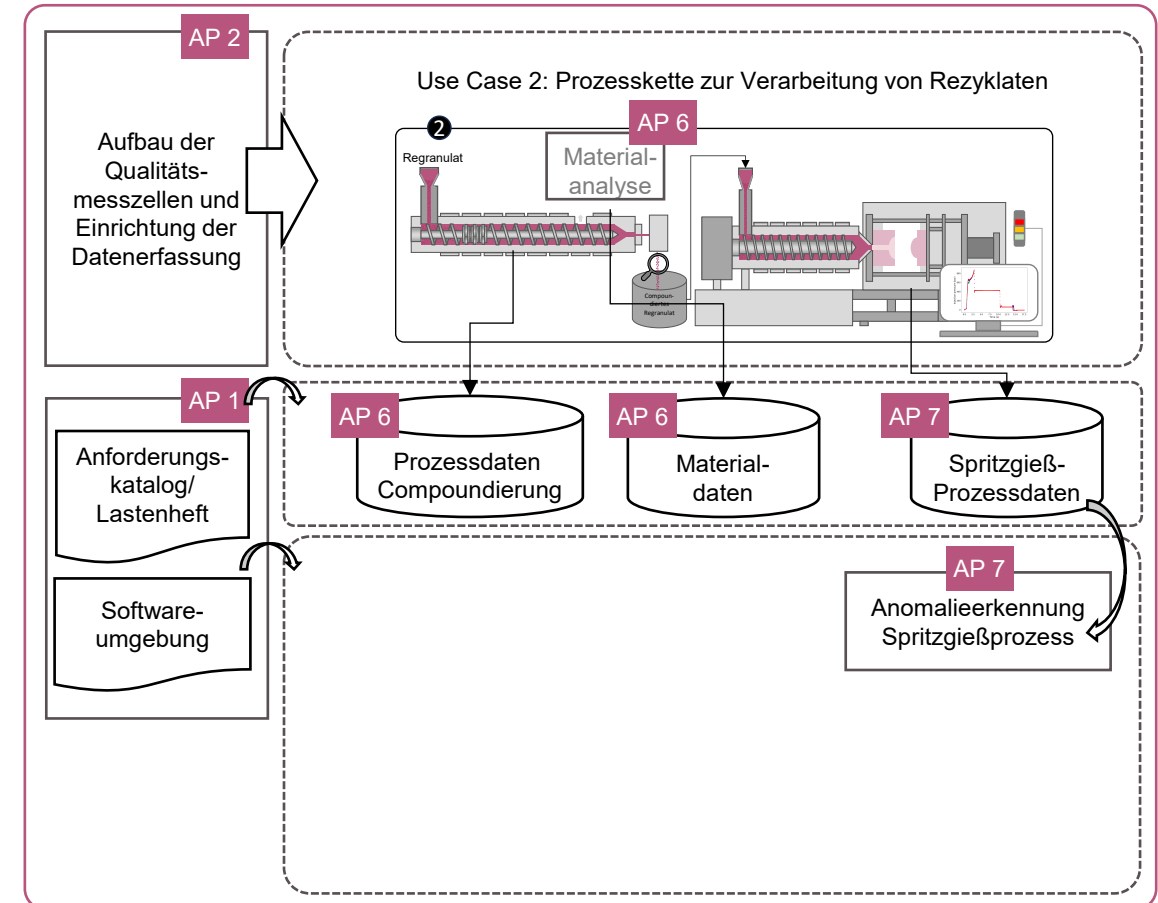
AP 7: Zeitreihenanalyse und Prozessanomalieerkennung beim Spritzgießen von Rezyklaten

Beste Clusterlösung: tsfresh | Agglomerative_k11

recyclate_content_000	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_010	15	24	0	0	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_020	1	11	28	0	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_030	0	0	14	0	26	0	0	0	0	0
recyclate_content_040	0	0	2	0	29	8	0	0	0	0
recyclate_content_050	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
recyclate_content_060	0	0	0	0	0	4	36	0	0	0
recyclate_content_070	0	0	0	0	0	0	33	0	7	0
recyclate_content_080	0	0	0	0	0	0	15	0	24	1
recyclate_content_090	1	0	0	0	0	0	0	0	18	21
recyclate_content_100	0	0	0	0	0	0	0	0	9	30
recyclate_content_000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_030	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_080	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_090	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
recyclate_content_100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Wahre Klasse

Vorhergesagte Klasse



Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten

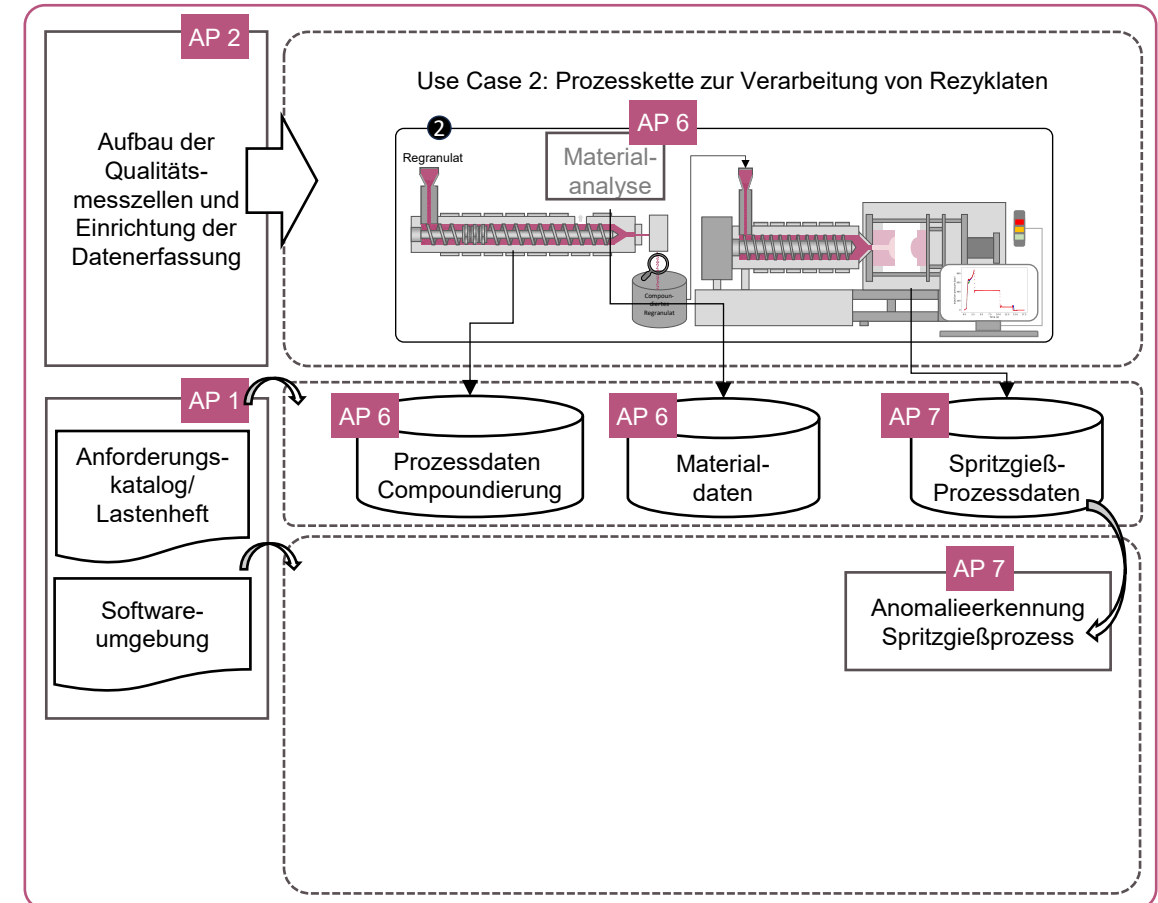
AP 7: Zeitreihenanalyse und Prozessanomalieerkennung beim Spritzgießen von Rezyklaten

Beste Klassifikation: tsfresh | GradientBoosting

recyclate_content_000	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_010	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_020	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_030	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
recyclate_content_040	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0
recyclate_content_050	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0
recyclate_content_060	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
recyclate_content_070	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0
recyclate_content_080	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0
recyclate_content_090	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
recyclate_content_100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
recyclate_content_000										
recyclate_content_010										
recyclate_content_020										
recyclate_content_030										
recyclate_content_040										
recyclate_content_050										
recyclate_content_060										
recyclate_content_070										
recyclate_content_080										
recyclate_content_090										
recyclate_content_100										

Wahre Klasse

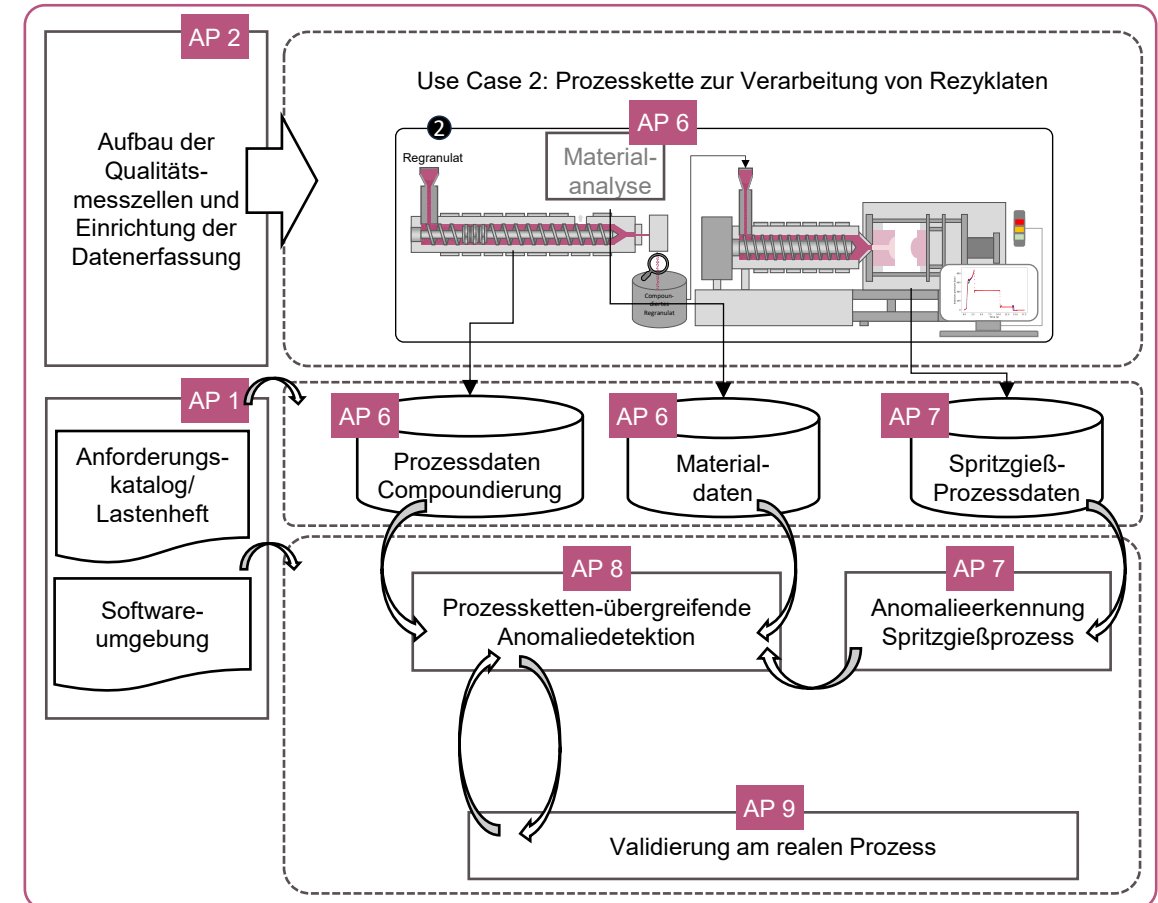
Vorhergesagte Klasse



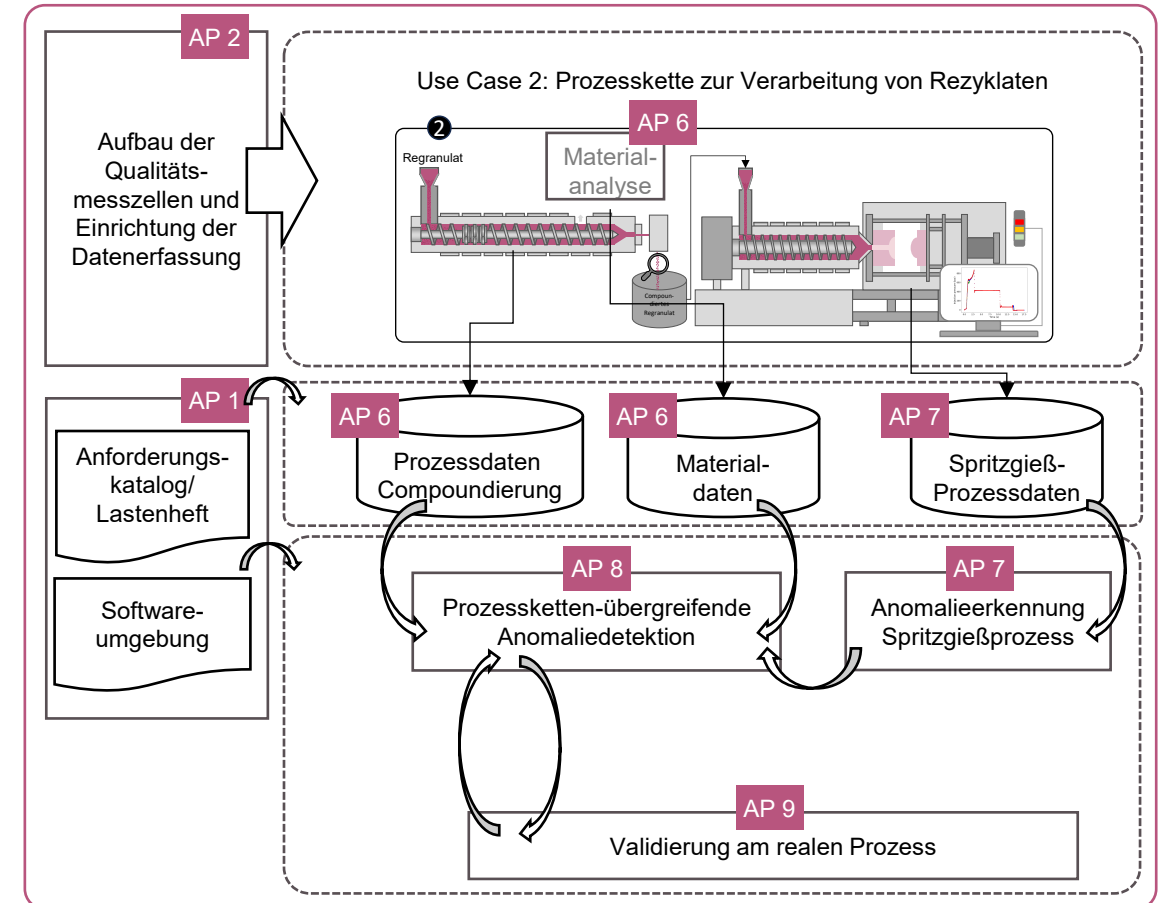
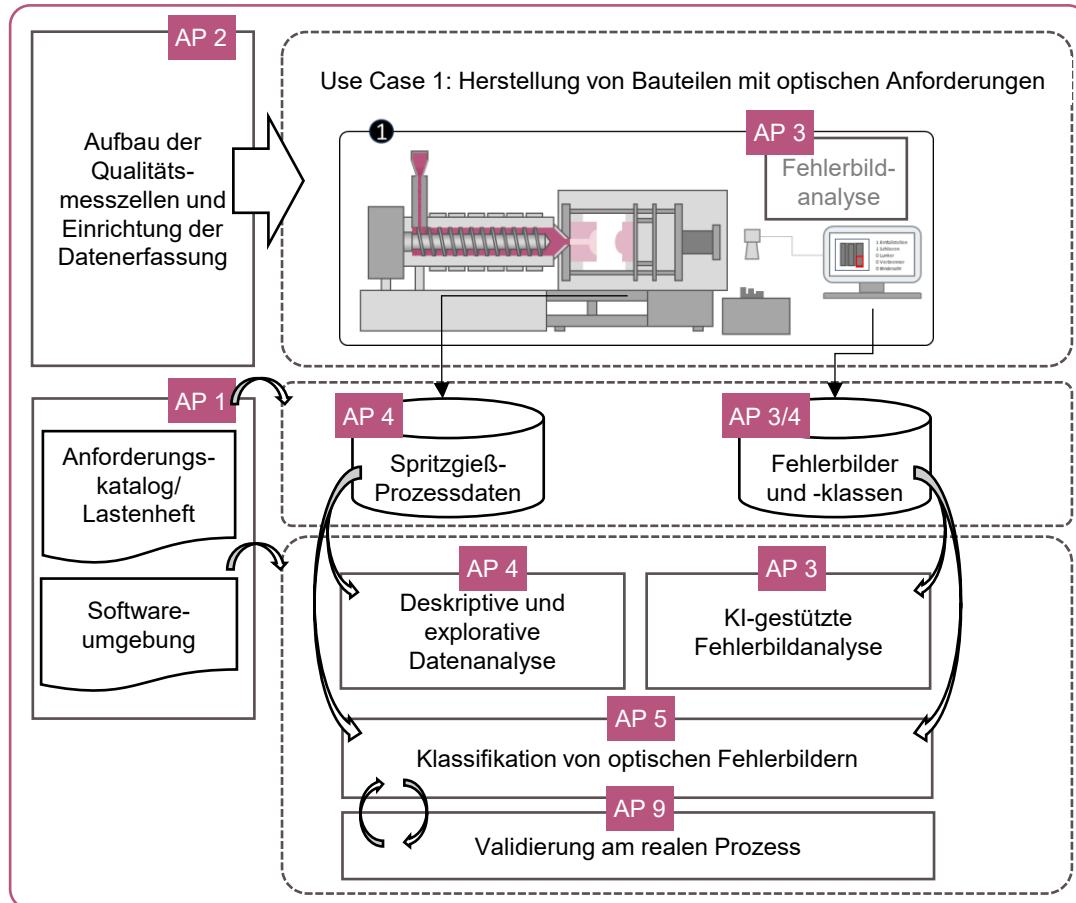
Use-Case 2: Anomalieerkennung bei Rezyklaten

AP 8: Prozesskettenübergreifende Anomaliedetektion zur Identifizierung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen in der Rezyklatverarbeitung

AP 9: Validierung am realen Prozess



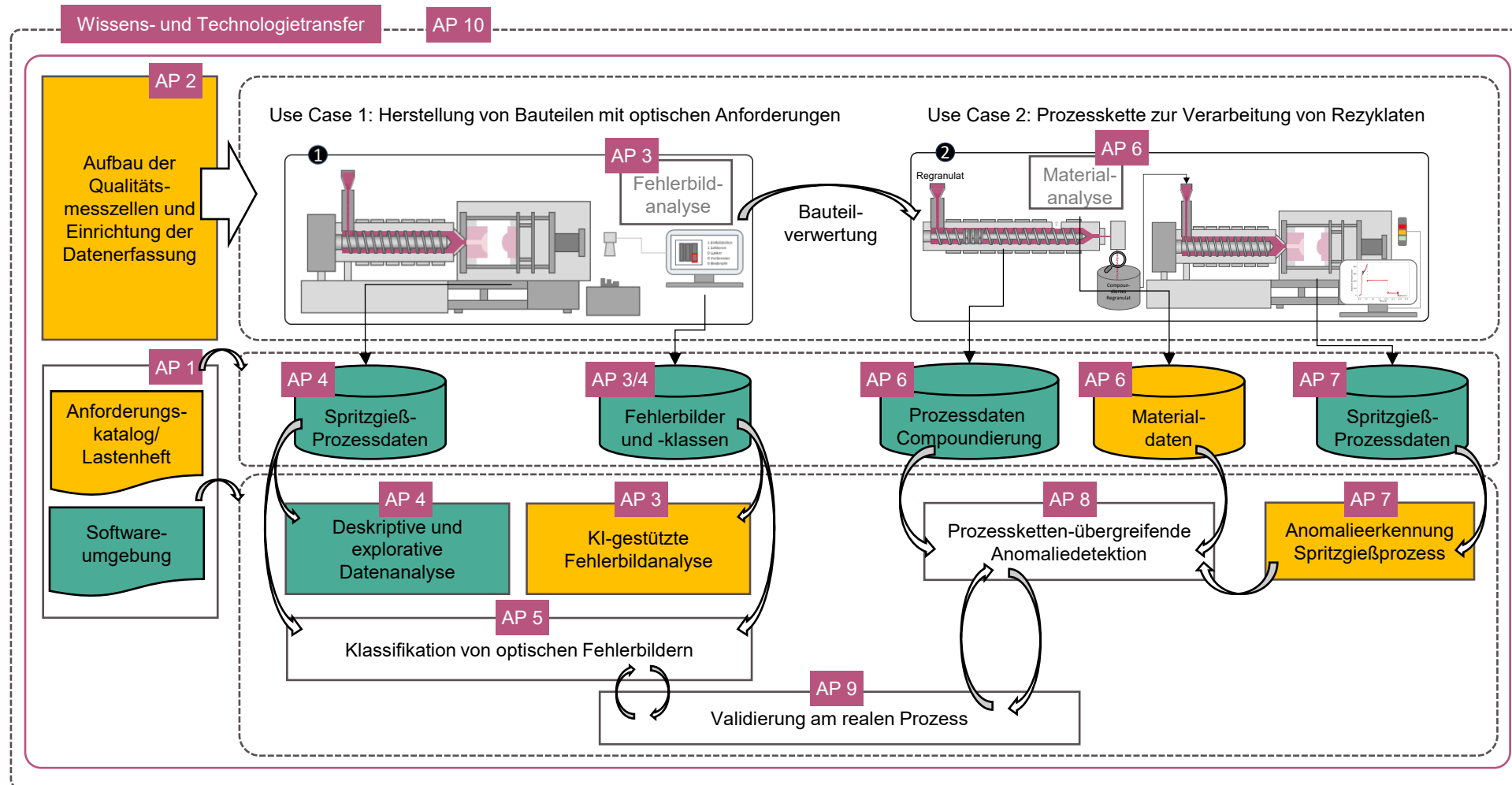
Die zwei Use-Cases von DUETT



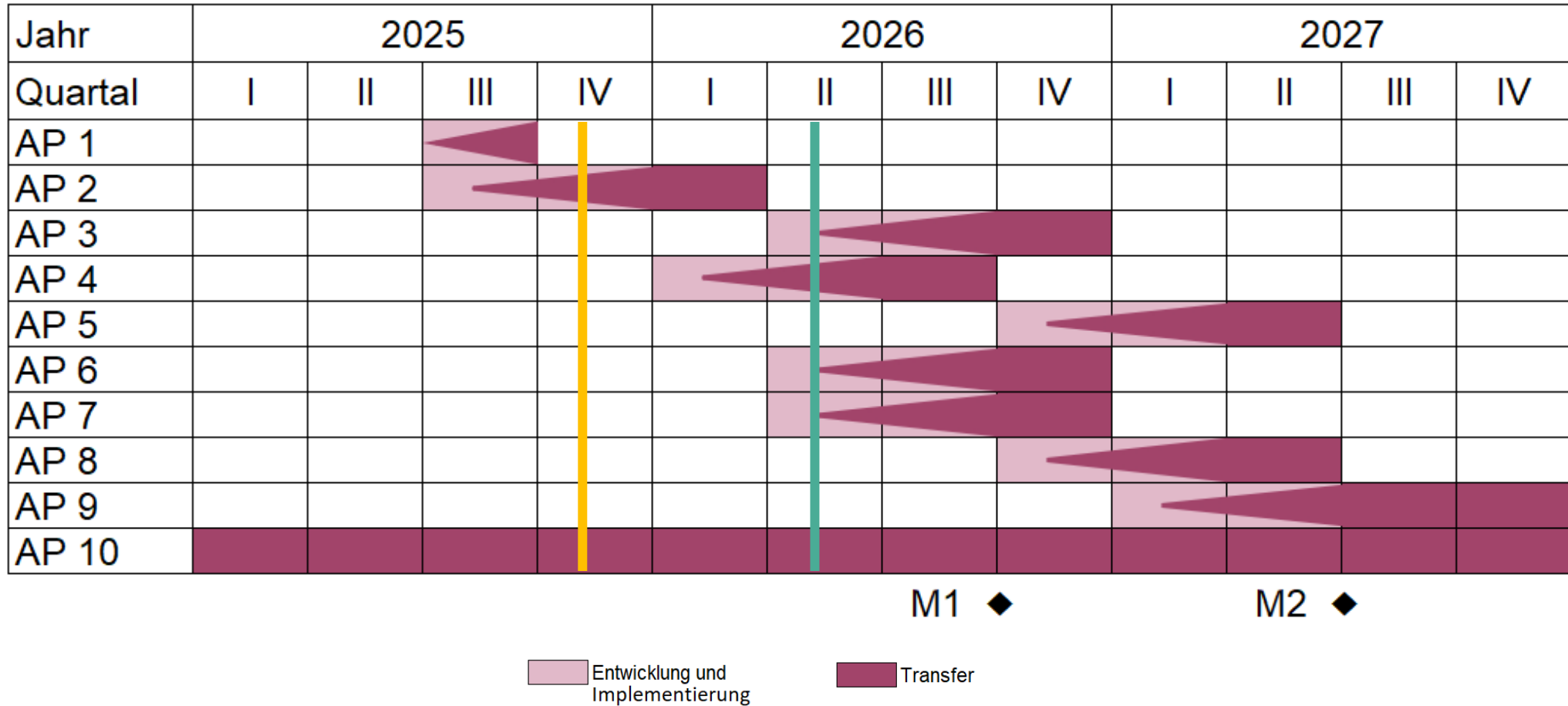
DUETT



Die zwei Use-Cases von DUETT



Zeitlicher Ablauf

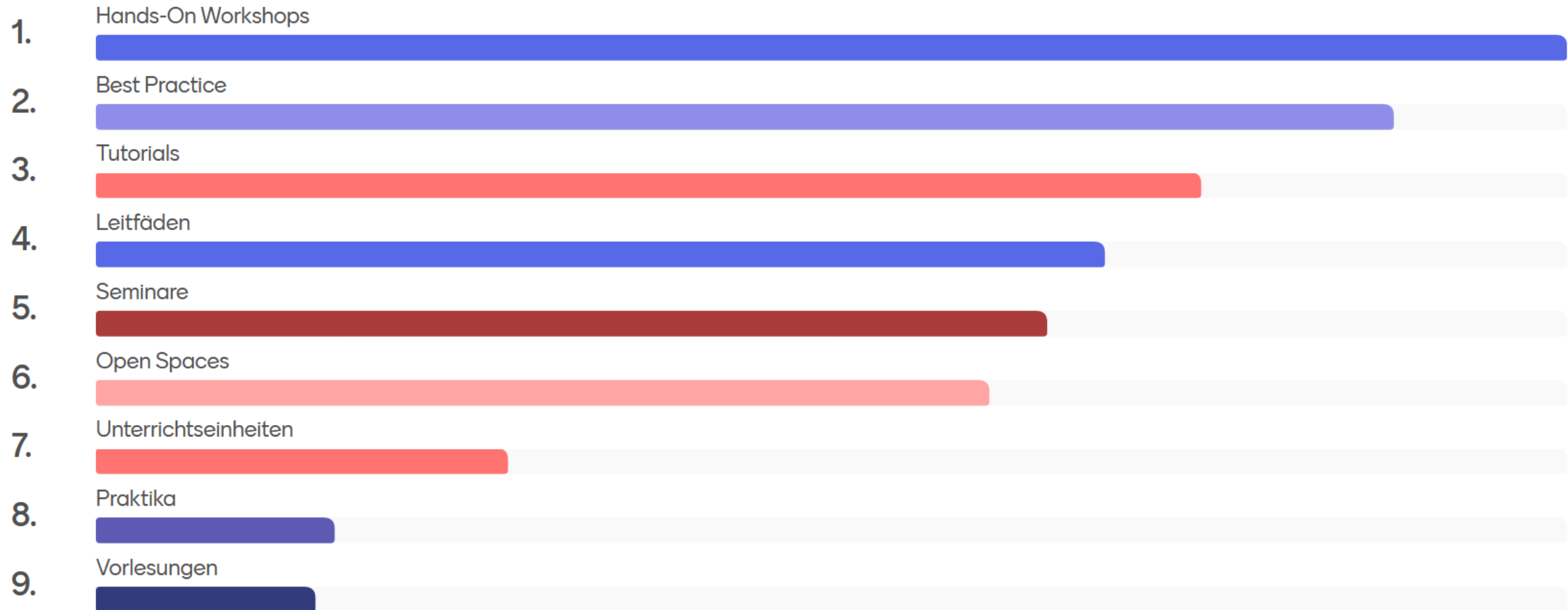


Agenda

14:00 – 14:15	Begrüßung Vorstellungsrunde der Teilnehmenden
14:15 – 14:30	Vorstellung der Projektarbeiten
14:30 – 14:45	Ergebnisse der Zielgruppenbefragung
14:45 – 15:00	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 1)
15:00 – 15:15	Kaffeepause
15:15 – 15:30	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 2)
15:30 - 16:00	Vortrag: Datengetriebene Qualitätsprädiktion eines spritzgegossenen Serienbauteils

Recap: Befragung des PbA 11/2025

Welche Transfermaßnahmen sind für Sie am relevantesten?



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung



The poster features the DUETT logo at the top left with the tagline 'Digitale Lösungen für Kunststoffprozesse'. A red stylized logo is at the top right. The central graphic is a smartphone displaying a QR code with the text 'IHRE MEINUNG ZÄHLT!' (Your opinion counts!) and 'Im Projekt DUETT entwickeln wir praxisnahe Transferangebote zu KI und datengetriebenen Methoden in der Kunststoffverarbeitung.' (In the DUETT project, we are developing practical transfer offers for AI and data-driven methods in plastic processing.) Below the QR code, it says 'QR-Code scannen & mitmachen!' (Scan QR code & participate!) and 'uni-kassel.de/go/duett-umfrage'. A blue button at the bottom of the phone says 'JETZT TEILNEHMEN' (Participate now!). At the bottom of the poster is the European Union flag and the text 'Kofinanziert von der Europäischen Union' (Co-financed by the European Union).

Werbung für Umfrage

- Projektbegleitender Ausschuss DUETT
- E-Mail-Verteiler des FG Kunststofftechnik
- Innovationszentrum Kunststofftechnik e.V.
- Max-Eyth-Schule
- LinkedIn
- VDI Spritzgießertagung
- TechTalks
- Unternehmensbesuche

Ergebnisse der Zielgruppenbefragung



Digitale Lösungen für Kunststoffprozesse



IHRE MEINUNG ZÄHLT!

Im Projekt **DUETT** entwickeln wir praxisnahe Transferangebote zu **KI und datengetriebenen Methoden** in der Kunststoffverarbeitung.

QR-Code scannen & mitmachen!
uni-kassel.de/go/duett-umfrage

JETZT TEILNEHMEN

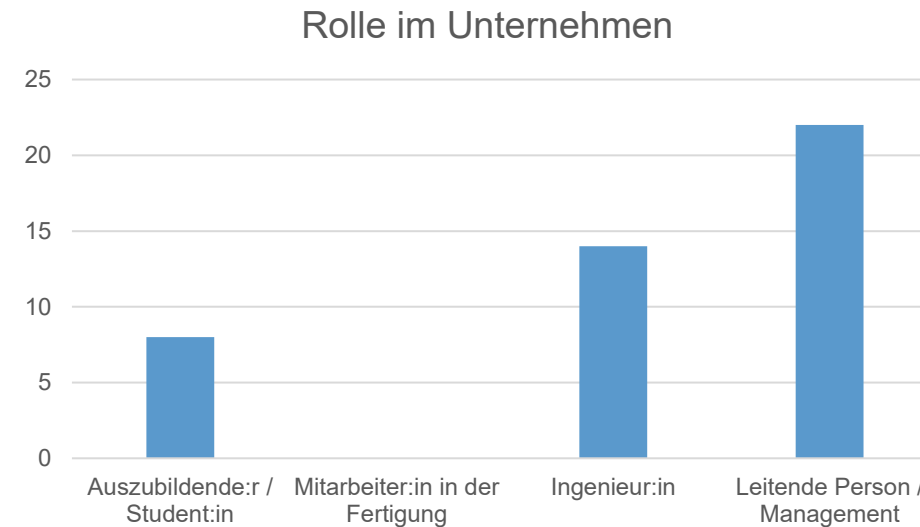
Mit dieser kurzen Umfrage möchten wir erfahren, welche Inhalte und Formate für Sie wirklich relevant sind.



Kofinanziert von der Europäischen Union

Teilnahmen an der Umfrage (Stand 30.04.2026)

- Summe: 44 Personen (16 aus KMU)
- Überwiegend leitende Personen und Ingenieur:innen



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung



Digitale Lösungen für Kunststoffprozesse



IHRE MEINUNG ZÄHLT!

Im Projekt **DUETT** entwickeln wir praxisnahe Transferangebote zu **KI und datengetriebenen Methoden** in der Kunststoffverarbeitung.

Mit dieser kurzen Umfrage möchten wir erfahren, welche Inhalte und Formate für Sie wirklich relevant sind.

QR-Code scannen & mitmachen!

uni-kassel.de/go/duett-umfrage

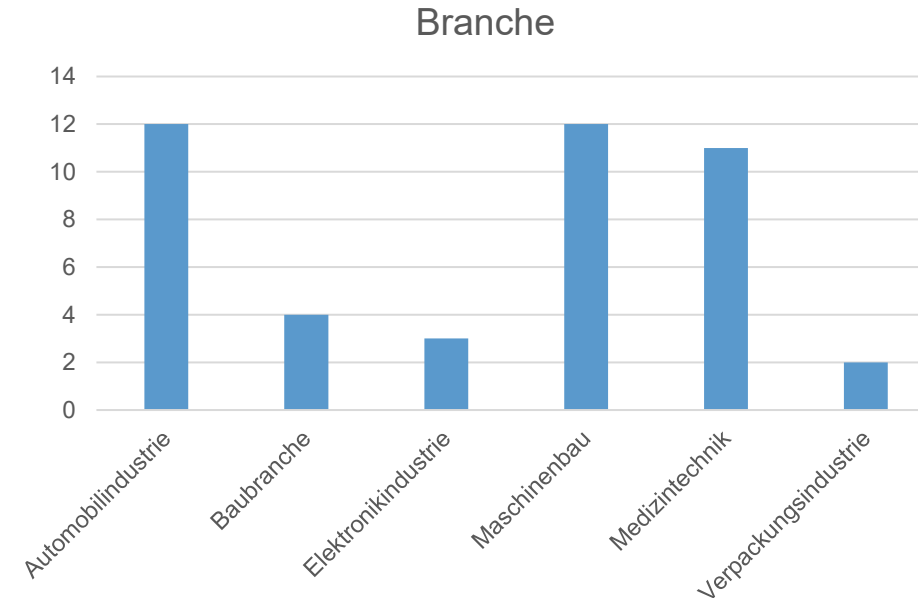
JETZT TEILNEHMEN



Kofinanziert von der Europäischen Union

Teilnahmen an der Umfrage (Stand 30.04.2026)

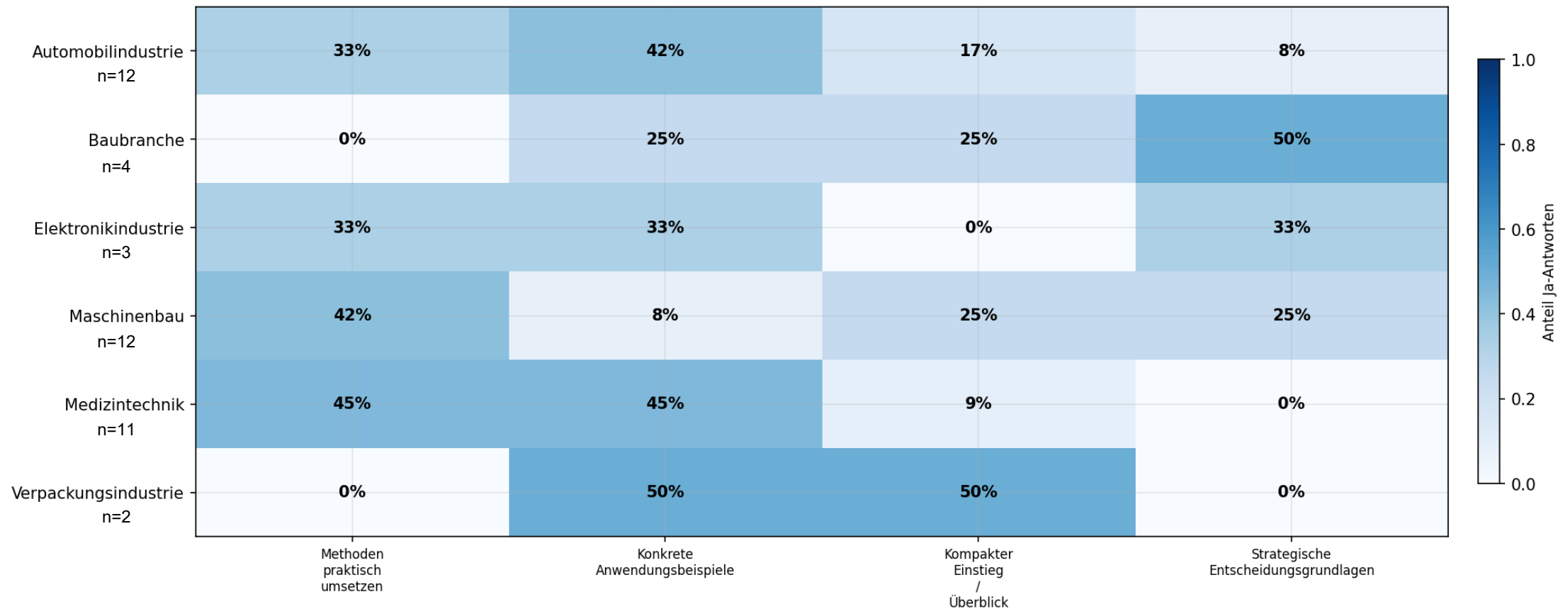
- Summe: 44 Personen (16 aus KMU)
- Überwiegend leitende Personen und Ingenieur:innen
- Großteil aus Automobil-, Maschinenbau- und Medizintechnikbranche



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung

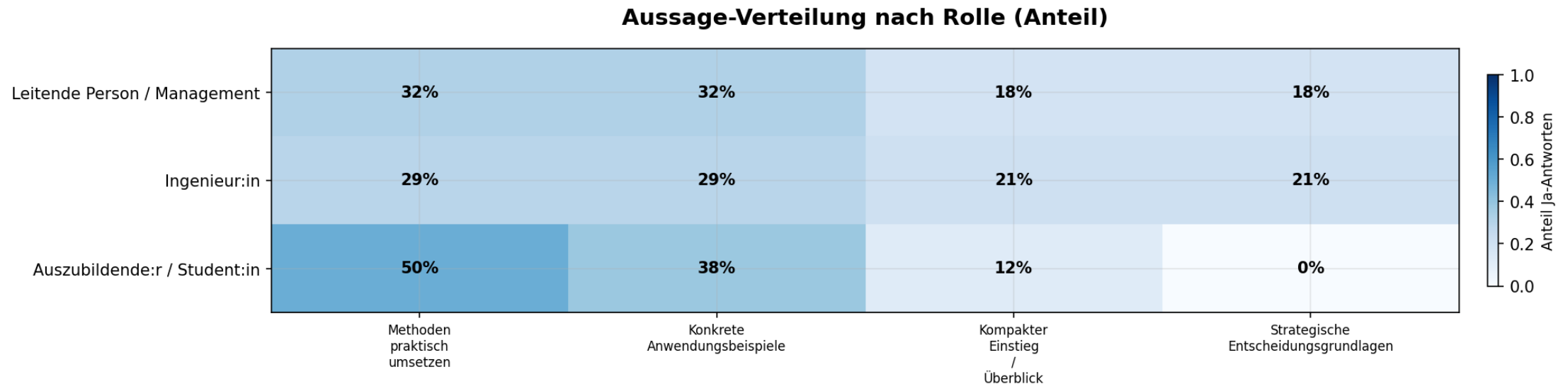
Was erhoffen sich die Personen durch das Transferkonzept?

Aussage-Verteilung nach Branche (Anteil)



Was erhoffen sich die Personen durch das Transferkonzept?

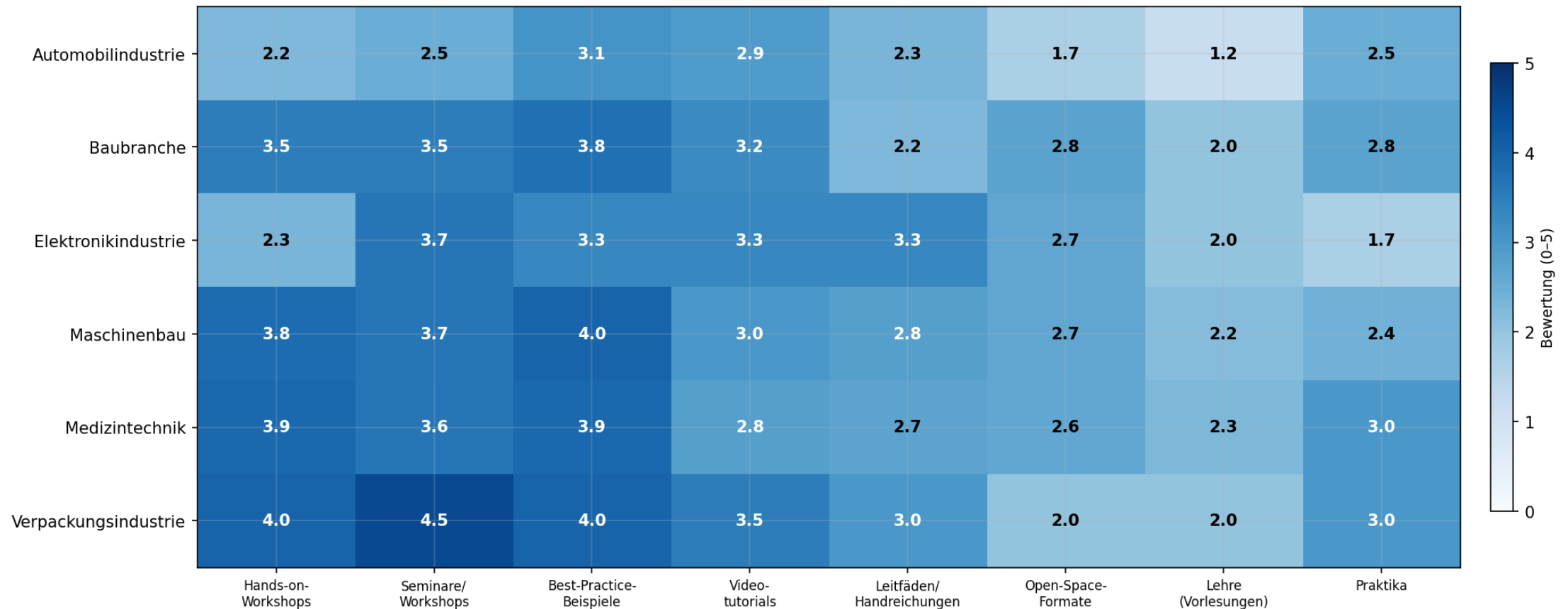
- Nach Branche ausgewertet sollten die Maßnahmen konkrete Anwendungen zeigen und die praktische Umsetzung von Methoden beinhalten.
- Bei Auszubildenden liegt die praktische Umsetzung im Fokus, bei leitenden Personen und Ingenieur:innen ist es ausgeglichener, die Tendenz aber erkennbar.



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung

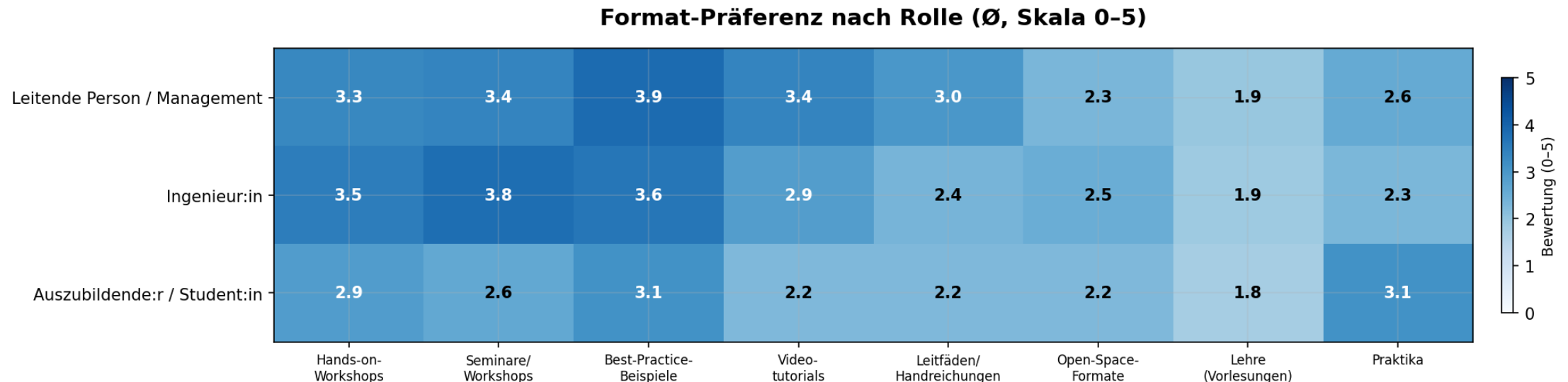
Welche Formate favorisieren die Personen?

Format-Präferenz nach Branche (Ø, Skala 0-5)



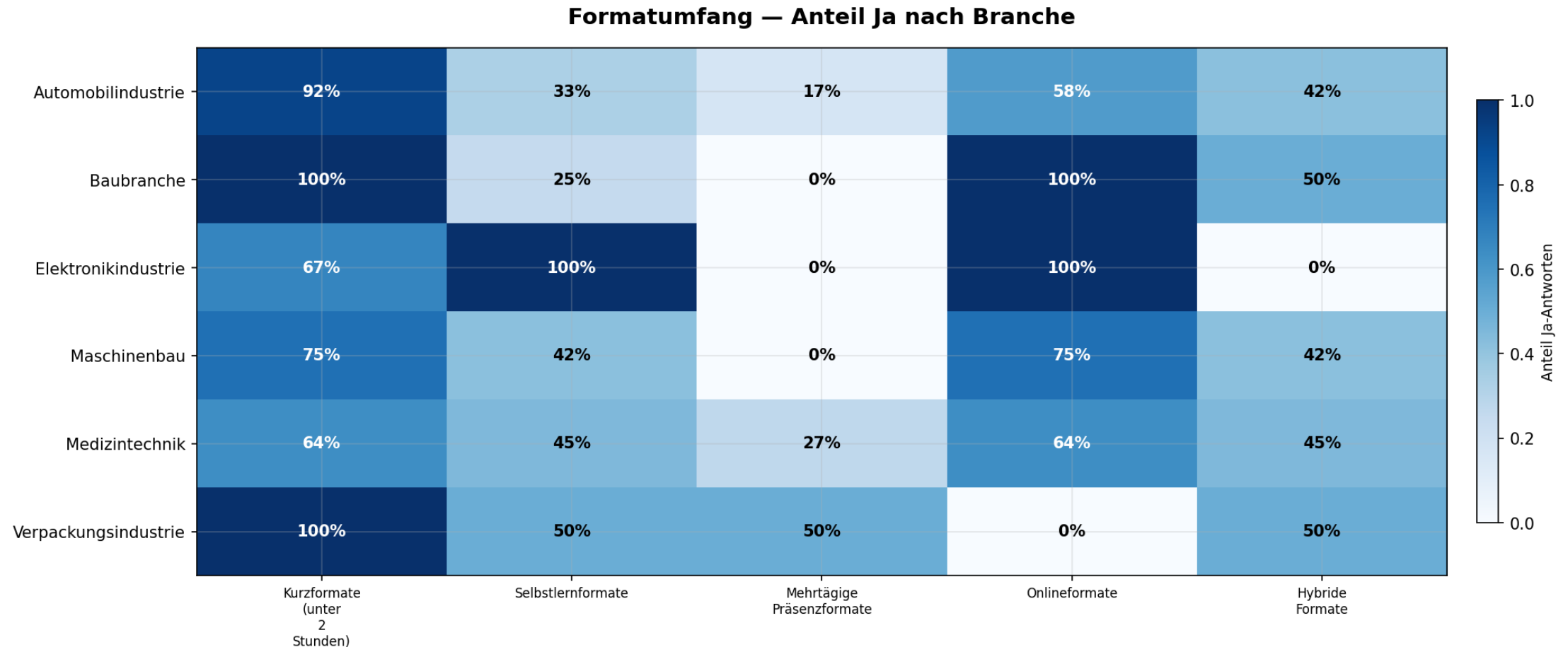
Welche Formate favorisieren die Personen?

- Die meisten Teilnehmenden wünschen sich Hands-on-Workshops, Seminare und Best-Practice-Beispiele
- Leitende Personen präferieren Best-Practice-Beispiele, Seminare und Videotutorials
- Ingenieur:innen präferieren Seminare und Best-Practice-Beispiele
- Auszubildende präferieren Best-Practice-Beispiele und Praktika



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung

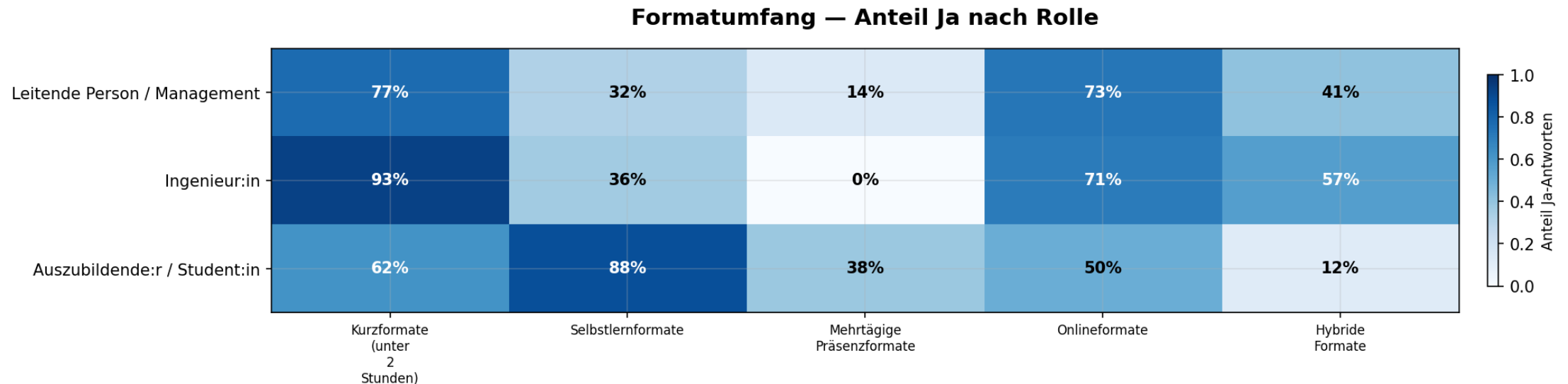
Welche Formatformen favorisieren die Personen?



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung

Welche Formatformen favorisieren die Personen?

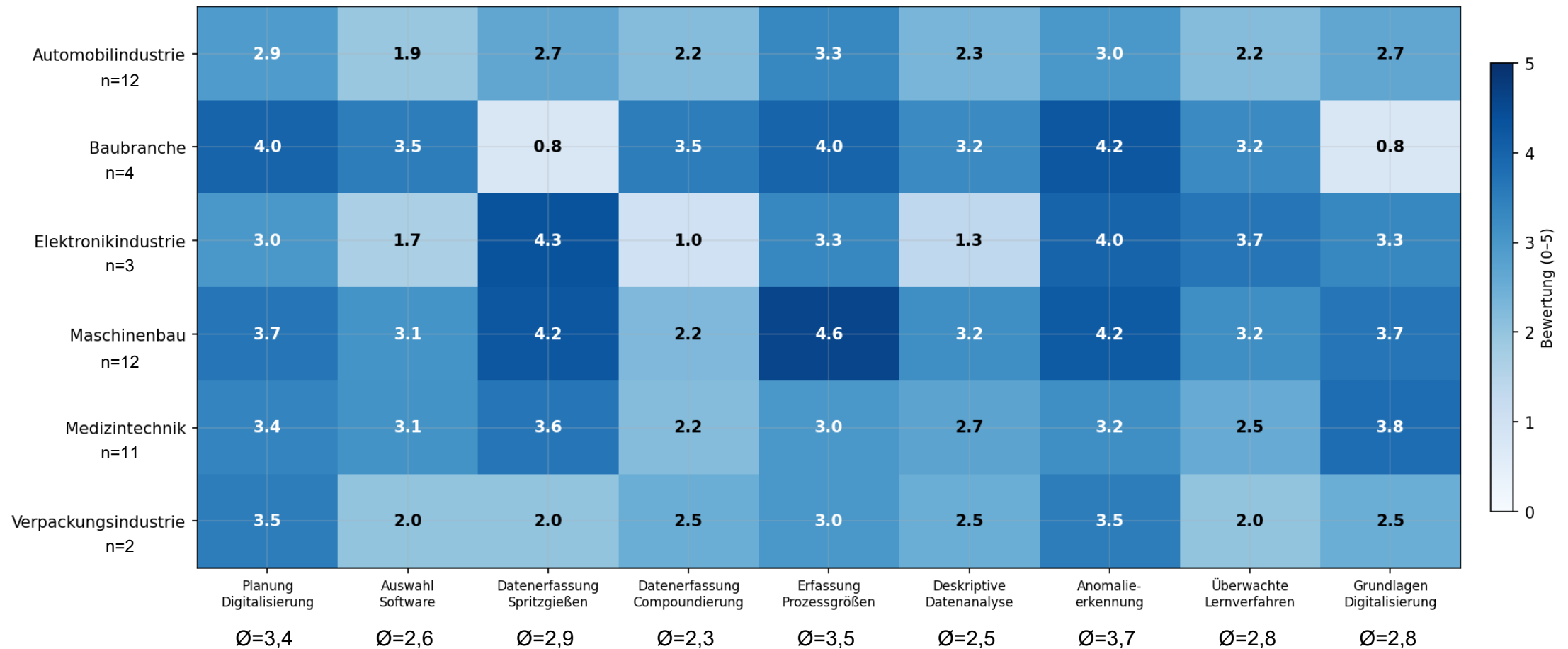
- Kurz-, Online- und Hybridformate sind am beliebtesten, aber auch Selbstlernformate sind gewünscht
- Auszubildende bevorzugen Selbstlernformate
- Leitende Personen und Ingenieur:innen zeigen ähnliche Vorlieben (kurz und online)



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung

Welche Inhalte favorisieren die Personen?

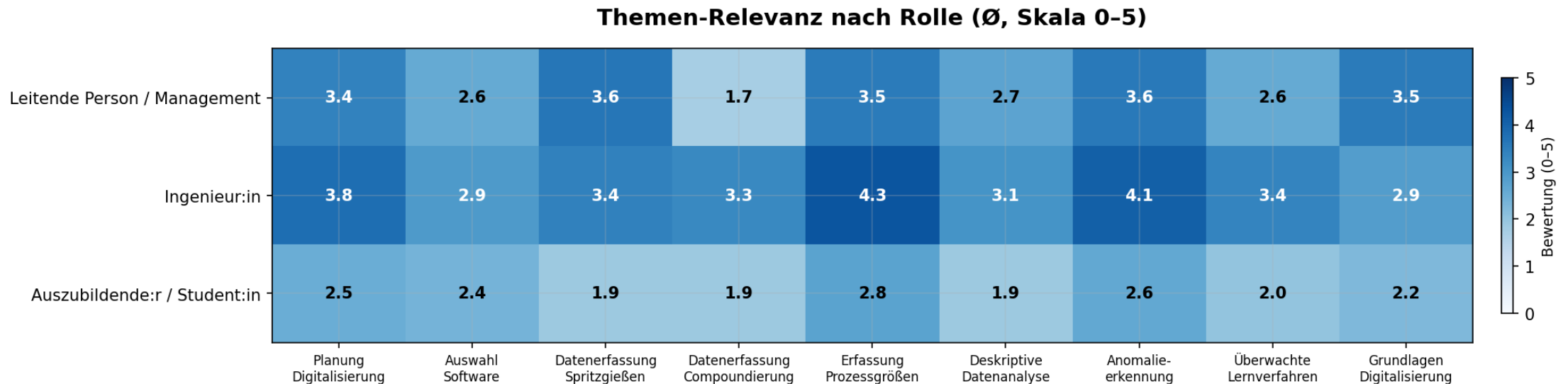
Themen-Relevanz nach Branche (Ø, Skala 0-5)



Ergebnisse der Zielgruppenbefragung

Welche Inhalte favorisieren die Personen?

- Am beliebtesten sind die Themen Anomalieerkennung, Erfassung von Prozessgrößen und Planung von Digitalisierungsprojekten
- Tendenz ist in allen drei Rollen-Gruppen ähnlich



Fazit für geplantes Transferkonzept

- Methodik: Praktische Anwendung von Methoden, konkrete Anwendungsbeispiele
- Formate: Hands-on-Workshops, Seminare, Best-Practice-Beispiele (und Videotutorials)
- Formatform: kurze Veranstaltungen, online oder hybrid, Selbstlerneinheiten
- Fokusthemen: Anomalieerkennung, Erfassung von Prozessgrößen und Planung von Digitalisierungsprojekten



Marco Klute

 +49(561)804-3629

 marco.klute@uni-kassel.de



www.ifw-kassel.de



www.uni-kassel.de/go/DUETT



Kofinanziert von der
Europäischen Union

Agenda

14:00 – 14:15	Begrüßung Vorstellungsrunde der Teilnehmenden
14:15 – 14:30	Vorstellung der Projektarbeiten
14:30 – 14:45	Ergebnisse der Zielgruppenbefragung
14:45 – 15:00	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 1)
15:00 – 15:15	Kaffeepause
15:15 – 15:30	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 2)
15:30 - 16:00	Vortrag: Datengetriebene Qualitätsprädiktion eines spritzgegossenen Serienbauteils

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Wie erreichen wir künftig mehr relevante Zielgruppen?

Bisher wurden vor allem bestehende Netzwerke und Kontakte genutzt.
Gesucht werden neue Wege und Ideen, um weitere Zielgruppen anzusprechen und die Reichweite zukünftiger Transfermaßnahmen zu erhöhen.

- Wo informieren sich unsere Zielgruppen?
- Wie erreichen wir diese Personen?
- Welche Kanäle oder Multiplikatoren könnten helfen?
- Wie können wir die Teilnahme attraktiver machen?
- Welche neuen Ideen oder Formate könnten Aufmerksamkeit schaffen?

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Wo informieren sich unsere Zielgruppen?

- Intranet
- Zeitschriften (z.B. Kunststoffe)
- Firmeninterne Kommunikationskanäle (z.B. Whatsapp-Gruppe, Netzwerke)
- LinkedIn
- Verbände wie VDI, VDMA, ...
- „Schwarzes Brett“ im Unternehmen

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Wie erreichen wir diese Personen?

- Flyer für Werker
- Persönlicher Kontakt
- Direkte Ansprechperson

→ Zielgruppengerechte Ansprache!

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Welche Kanäle oder Multiplikatoren könnten helfen?

- Banner bei Plasticker
- Andere Netzwerke

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Wie können wir die Teilnahme attraktiver machen?

- Gewinnspiele
- Mitgestaltung beim Output
- Mehrwert für Unternehmen
- Mehrwert von Digitalisierungslösungen vorher herausstellen
- „Belohnung“ am Ende einer Umfrage
- Uhrzeit, Location
- Teilnahmebescheinigungen / Zertifikate
- auch für Audits der Unternehmen
- „Fortbildung“

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Welche neuen Ideen oder Formate könnten Aufmerksamkeit schaffen?

- Aufzeichnen der Veranstaltung
→ Danach weiterabrufbar, Möglichkeit zum Teilen
- Tagungen
- Inhalt basiert auf „3 Ideen“

Station 2 – Die ideale Transfermaßnahme

Wie müsste eine Transfermaßnahme aussehen, damit sie wirklich Mehrwert bietet?

Die Umfrage zeigt, dass insbesondere kurze Formate mit hohem Praxisbezug bevorzugt werden. Nun soll gemeinsam diskutiert werden, wie ein konkretes Format aussehen müsste, das interessant, relevant und motivierend gestaltet ist.

- Wie sollte ein ideales 2h-Format aufgebaut sein?
- Was sollte passieren, damit das Format spannend bleibt?
- Wie viel Input, Austausch oder Praxis braucht es?
- Was motiviert zur Teilnahme?
- Welche Inhalte oder Methoden würden im Gedächtnis bleiben?

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Wie sollte ein ideales 2h-Format aufgebaut sein?

- Zusammenfassung der Kernpunkte & Möglichkeit deren Umsetzung
- Vorab klare Kommunikation der Inhalte
- Format: Laborgespräch
- Uhrzeit an Zielgruppe anpassen
- Location mit „Eventcharakter“ oder in der Firma

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Was sollte passieren, damit das Format spannend bleibt?

- „Anfüttern“
 - Online-Veranstaltungen, E-Mail-Verteiler
 - Aufeinander aufbauende Inhalte

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Wie viel Input, Austausch oder Praxis braucht es?

- Schwerpunkt: Praxis

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Was motiviert zur Teilnahme?

- € / „Gewinn“
 - Kombination mit anderen Events
 - Telefonate / individuelles Beratungsgespräch vorab
 - Output stellt klaren Mehrwert dar
 - Online-Angebote / On Demand
- Flexibilität, insb. auch für Management
- Zertifikat

Station 1 – Reichweite & Zielgruppen

Welche Inhalte oder Methoden würden im Gedächtnis bleiben?

- Konkreter Use Case im eignen Unternehmen
- Trends

Agenda

14:00 – 14:15	Begrüßung Vorstellungsrunde der Teilnehmenden
14:15 – 14:30	Vorstellung der Projektarbeiten
14:30 – 14:45	Ergebnisse der Zielgruppenbefragung
14:45 – 15:00	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 1)
15:00 – 15:15	Kaffeepause
15:15 – 15:30	Workshop zur Erarbeitung von Transferinhalten und –maßnahmen (Teil 2)
15:30 - 16:00	Vortrag: Datengetriebene Qualitätsprädiktion eines spritzgegossenen Serienbauteils

Datengetriebene Prädiktion der Qualitätsmerkmale eines Spritzgießbauteils mittels Machine-Learning-Modellen

Alisa Bangert

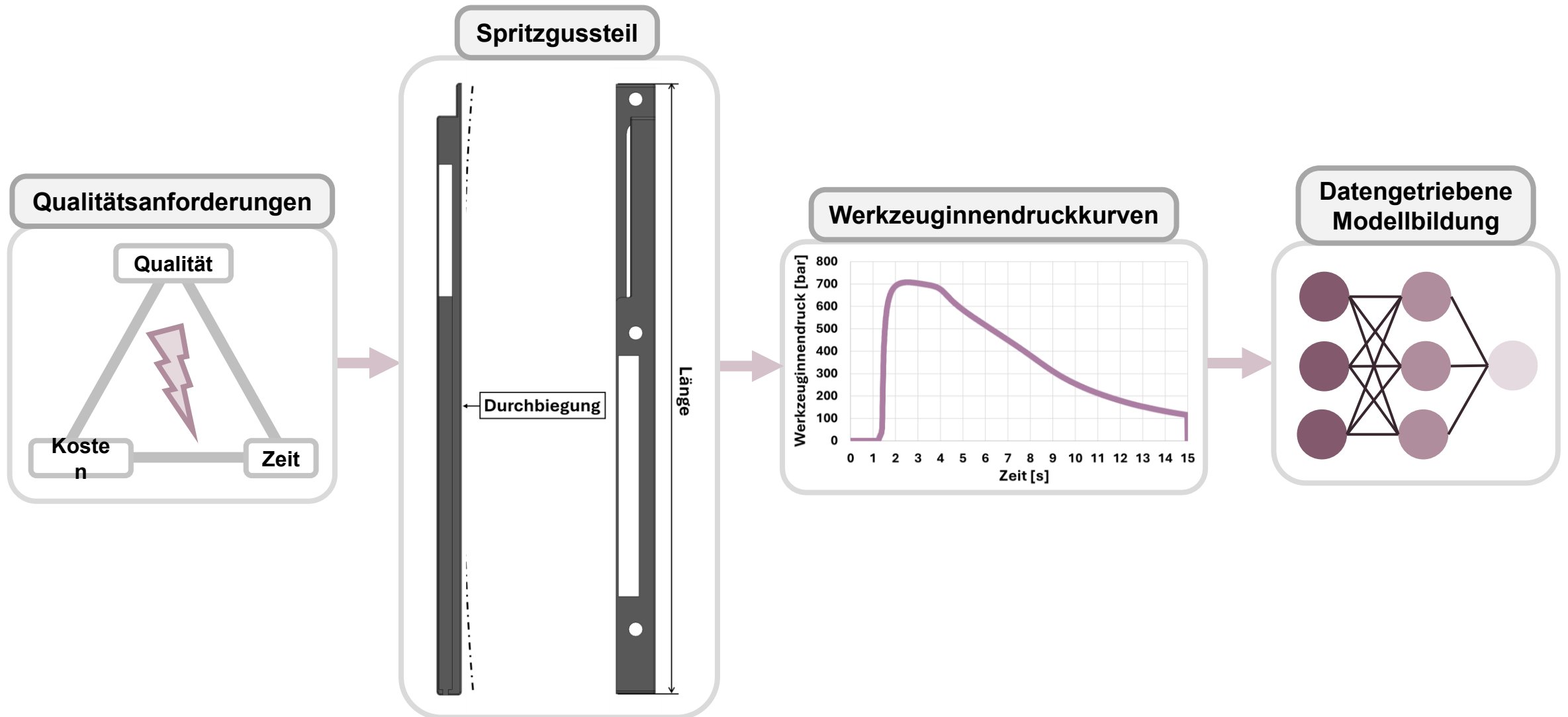
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Abteilung „Smart Materials and
Processes“

DUETT-Projekt - 2. Projekttreffen



Kofinanziert von der
Europäischen Union

Einleitung und Motivation



Zielsetzung

Besteht ein signifikanter Einfluss von Material- und Prozessschwankungen auf die Maßhaltigkeit des Spritzgießbauteils?

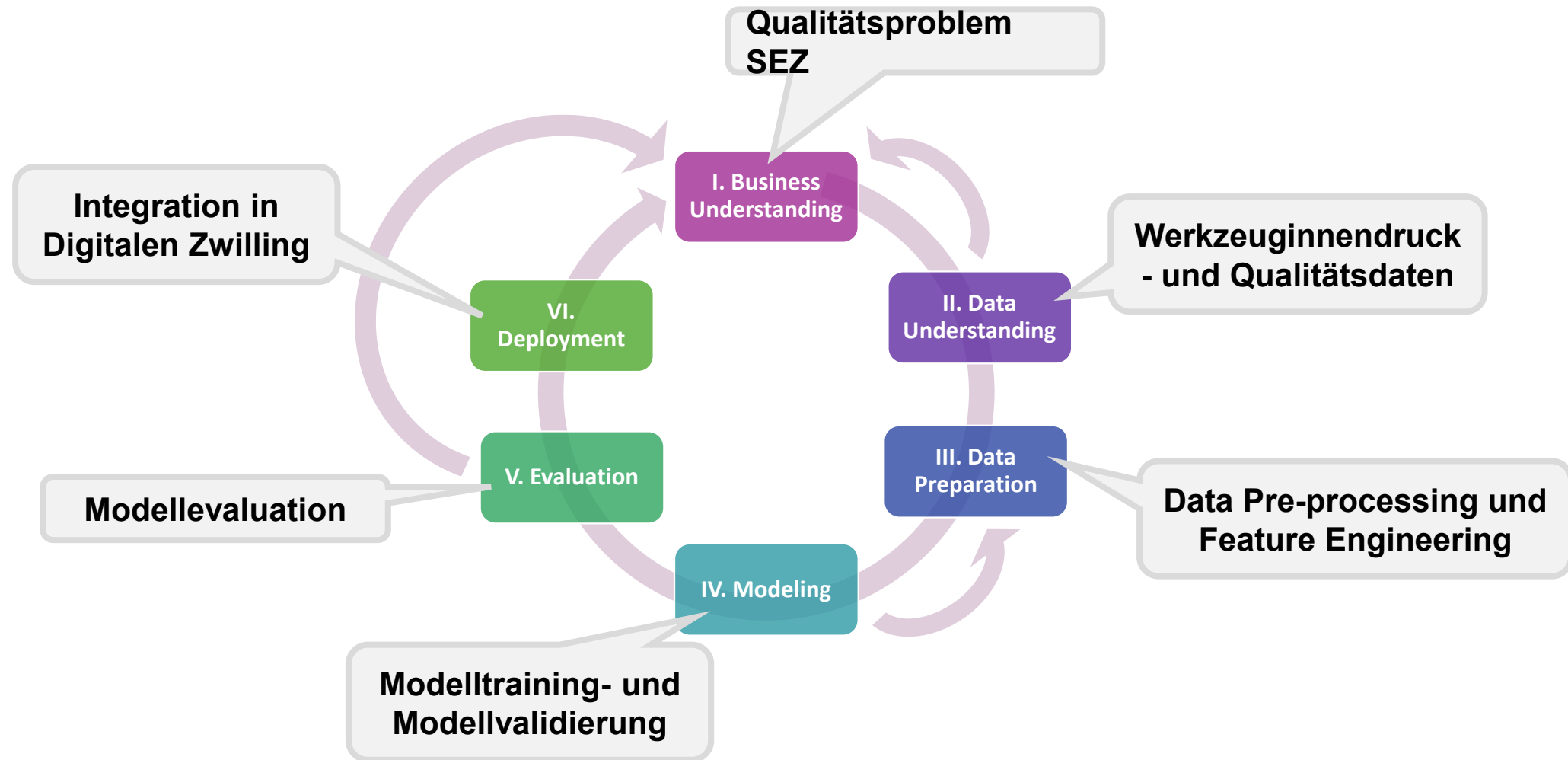
Welche Prozessparameter verändern die Maßhaltigkeit signifikant?

Lassen sich diese Einflüsse anhand des Werkzeuginnendruckverlaufs identifizieren?

Inwiefern eignen sich datengetriebene Modelle zur Vorhersage der Maßhaltigkeit?

Welcher Modellansatz liefert die beste Modellgüte?

Entwicklungsstufen (CRISP-DM)



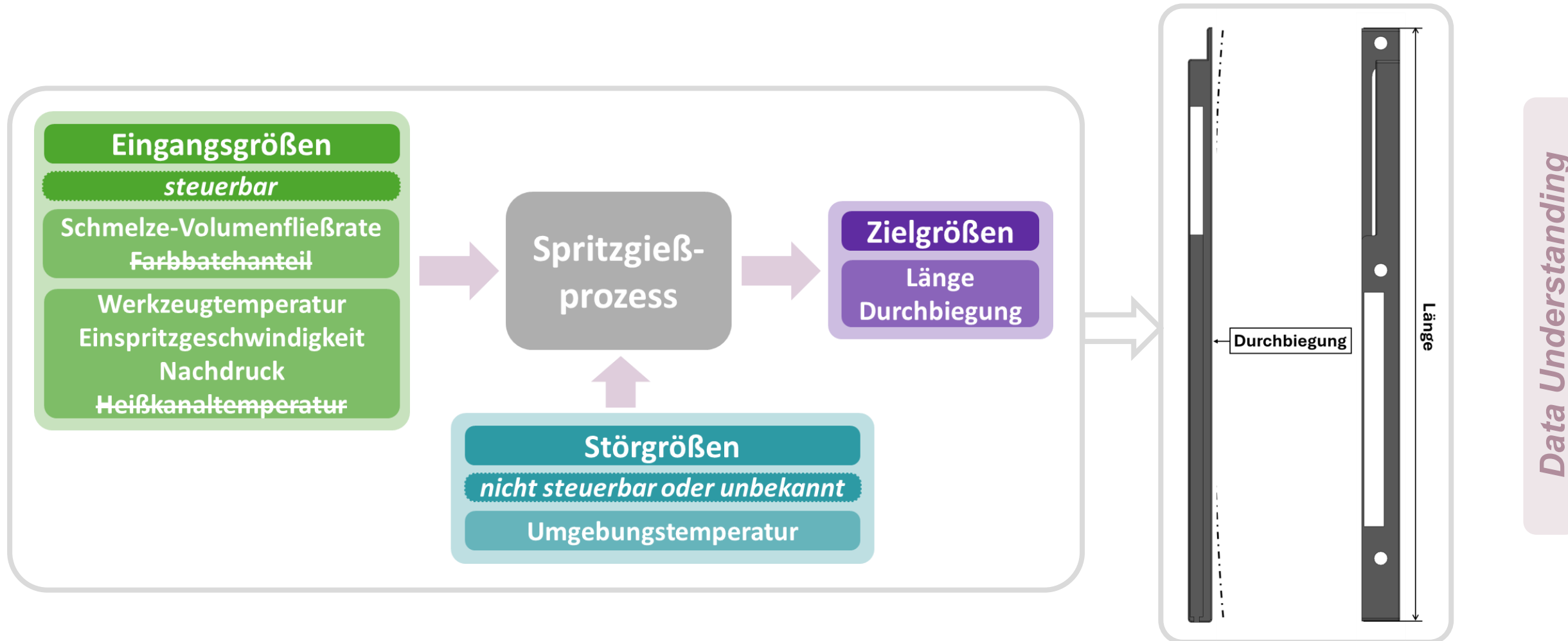
Prozessstabilität

- Betriebspunktfindung (Musterungen bei Hettich & Universität Kassel)
- Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung (MFU/PFU)
- Messsystemanalyse (MSA)

Bauteilcharakterisierung

- Analyse der Maß- und Formhaltigkeit der SEZ
- Bestimmung der Lagerungsdauer der SEZ

Material- und Prozessschwankungen



Versuchsplan (DoE)

	Nr.	MVR	WKZT	ESG	ND
Würfelpunkte	1	6,20	90	20	650
	2	6,20	90	20	1150
	3	6,20	90	60	650
	4	6,20	90	60	1150
	5	6,20	100	20	650
	6	6,20	100	20	1150
	7	6,20	100	60	650
	8	6,20	100	60	1150
	9	8,68	100	60	1150
	10	8,68	100	60	650
	11	8,68	100	20	1150
	12	8,68	100	20	650
	13	8,68	90	60	1150
	14	8,68	90	20	1150
	15	8,68	90	60	650
	16	8,68	90	20	650
ZP	17	7,44	95	40	900
Sternpunkte	18	6,20	95	40	900
	19	8,68	95	40	900
	20	7,44	90	40	900
	21	7,44	100	40	900
	22	7,44	95	20	900
	23	7,44	95	60	900
	24	7,44	95	40	650
	25	7,44	95	40	1150
	26	8,06	95	40	900
	27	6,82	95	40	900

Struktur

- Face Centered Central Composite Design (CCF)
- 4 Faktoren: MVR, WKZT, ESG und ND
- 3 Faktorstufen: -1, 0, +1
- 2 Zusatzversuche: 26 und 27

Versuchspandurchführung

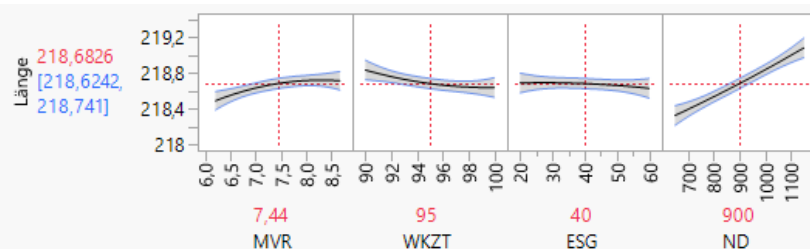


Data Understanding

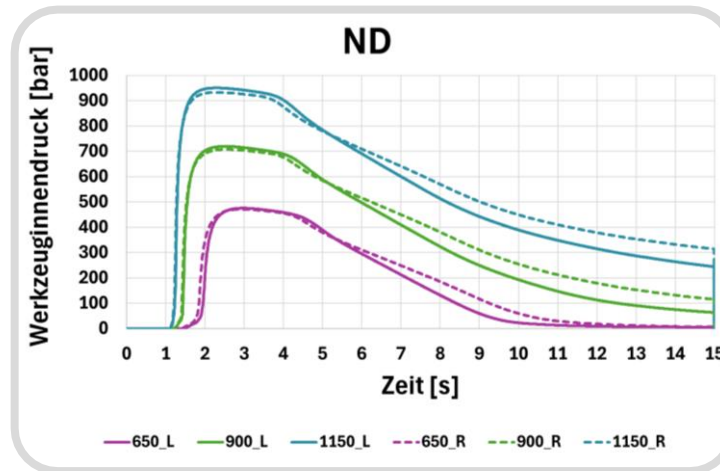
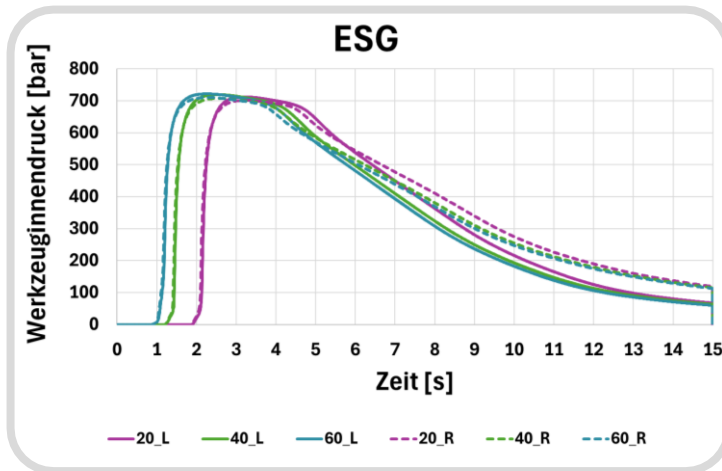
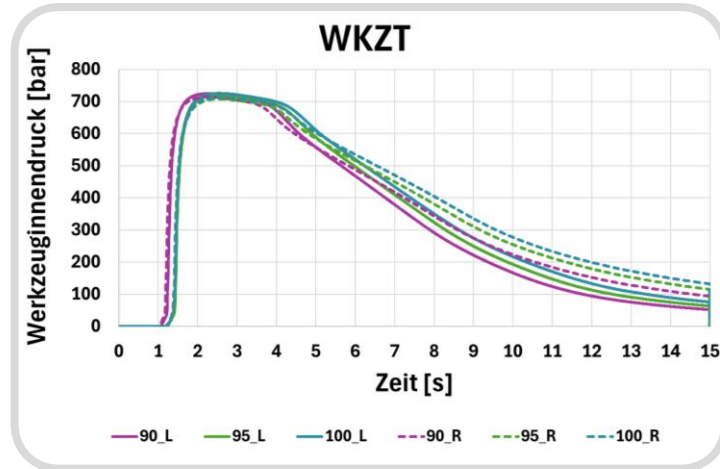
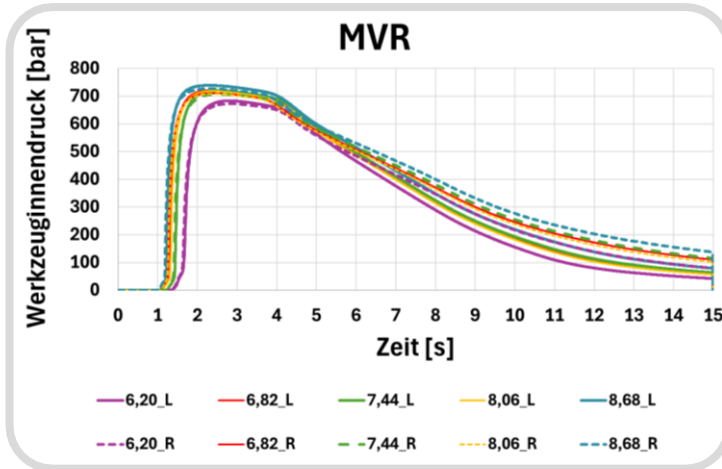
Einfluss der Parameter auf die Länge

Quelle	Logwertigkeit	P-Wert
ND	10,508	0,00000
MVR	4,720	0,00002
WKZT	4,117	0,00008
MVR*MVR	1,031	0,09303
ESG	1,002	0,09963
WKZT*ESG	0,956	0,11067
MVR*WKZT	0,893	0,12785
MVR*ND	0,842	0,14391
MVR*ESG	0,733	0,18485
WKZT*WK...	0,614	0,24325
ESG*ESG	0,218	0,60468
ND*ND	0,198	0,63324
WKZT*ND	0,068	0,85603
ESG*ND	0,004	0,98996

Signifikante Effekte



Werkzeuginnendruckkurven



Datenprüfung und Bereinigung

Werkzeuginnendruckdaten

Zyklusnummer	0	0,007	...	14,98	14,987
2460	0,005565	-0,089285	...	3,538787	3,532048
2461	-0,003764	-0,096002	...	3,63685	3,634784
...	...	...	...	...	...
2472	-0,02564	-0,126796	...	3,604099	3,613983
2473	0,006531	-0,095797	...	3,638258	3,637

Qualitätsdaten

Zyklusnummer	Länge	Durchbiegung
558	218,260	0,374
559	218,243	0,308
...	...	...
560	218,235	0,538
561	218,264	0,376

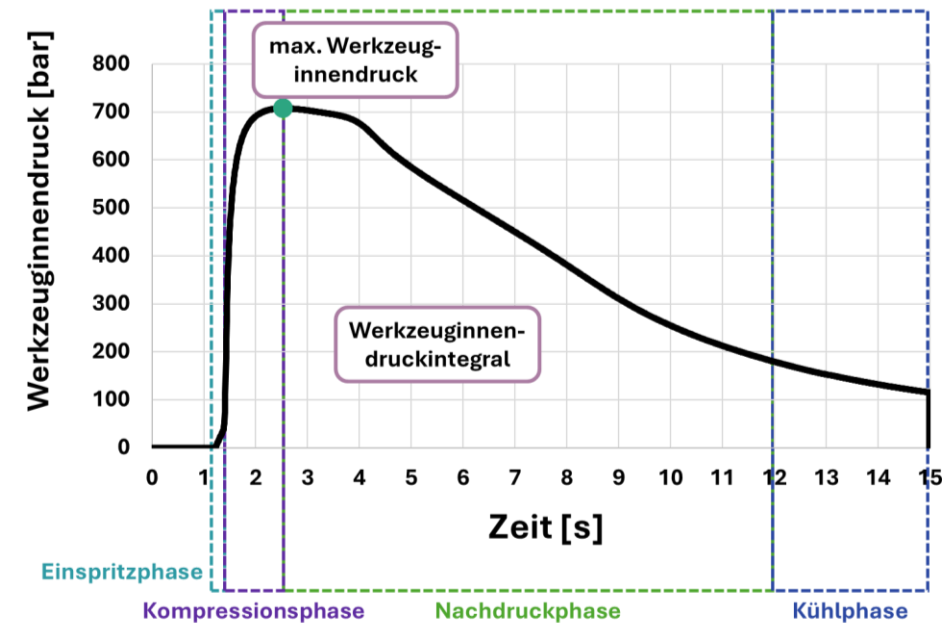
Feature Engineering der Druckkurven

Korrelationsanalyse

Linkes SEZ																																												
Durchbiegung	Länge																																											
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22																					
		0,058	0,117	-0,042	0,349	0,157	-0,678	0,398	F4	0,728	-0,146	0,132	-0,716	0,572	-0,185	-0,131	0,714	0,043	-0,039	0,129	-0,184	0,173	-0,873	0,000	0,000	0,372	-0,004	0,153	-0,434	0,149	-0,605	0,190	-0,872	-0,186	0,719	0,019	-0,110	-0,134	0,414	0,047	-0,429	-0,018	0,291	0,917

Rechtes SEZ																																									
Durchbiegung	Länge																																								
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22																		
		-0,216	0,417	-0,169	0,223	0,369	-0,792	0,191	F4	0,568	-0,269	-0,789	0,615	0,665	-0,140	-0,123	-0,030	-0,120	0,273	-0,842	0,000	0,000	0,438	-0,052	-0,429	0,328	-0,779	0,295	-0,892	-0,066	0,533	0,000	0,000	-0,047	0,413	0,090	-0,456	-0,289	0,710	-0,291	0,932

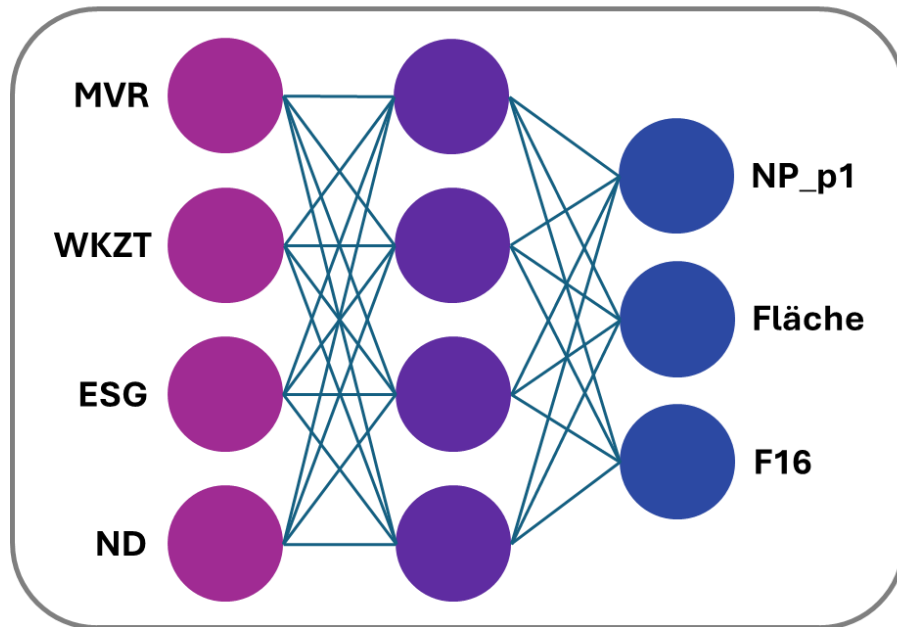
Features



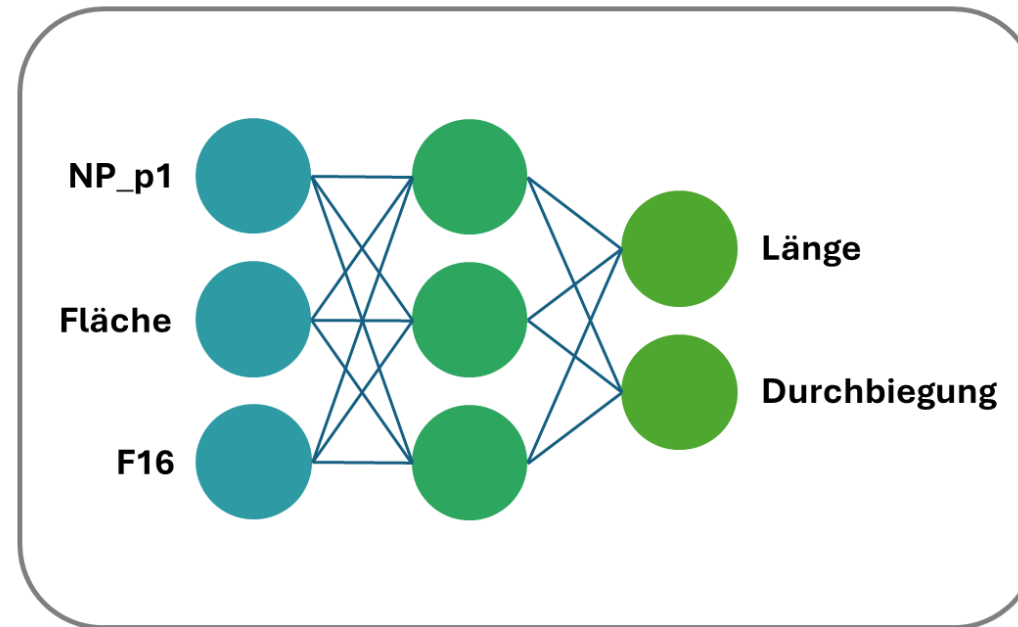
Modellstruktur

Multilayer Perceptron (MLP)

Prozessmodell



Qualitätsmodell



Struktur der Datensätze

Prozessmodell

Kategorie	Versuch_ID	Zyklusnummer	Kistlnummer	MVR	WKZT	ESG	ND	NP_p1	Flaeche	F16
Training	15	1	1402	8,68	90	60	650	495,320	2498,928	0,999171
Training	6	1	420	6,2	100	20	1150	904,753	6625,923	0,998417
Training	21	1	725	7,44	100	40	900	724,311	4977,828	0,998692
Training	13	1	1322	8,68	90	60	1150	967,867	7905,629	0,997737
Training	8	1	484	6,2	100	60	1150	922,987	7212,773	0,998102
Training	3	1	625	6,2	90	60	650	436,059	1844,496	0,999260
Training	22	1	782	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Training	24	1	835	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Training	23	1	810	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Training	26	1	1522	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Training	19	1	537	6,2	95	40	900	682,433	4184,132	0,998909
Training	27	1	1100	6,82	95	40	900	721,041	4747,400	0,998784
Training	16	1	1440	8,68	90	20	650	482,709	2276,876	0,999197
Training	10	1	1168	8,68	100	60	650	483,049	2610,413	0,999119
Training	9	1	1140	8,68	100	60	1150	951,049	7792,217	0,997804
Training	1	1	558	6,2	90	20	650	391,461	1444,131	0,999300
Training	12	1	1230	8,68	100	20	650	500,278	2756,288	0,999096
Validierung	7	1	448	6,2	100	60	650	440,227	2049,453	0,999210
Validierung	17	1	753	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Validierung	25	1	878	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Validierung	11	1	1198	7,44	95	20	900	712,620	4523,379	0,998846
Validierung	4	1	655	6,2	90	60	1150	909,145	6648,550	0,998340
Evaluation	5	1	380	6,2	100	20	650	403,117	1627,230	0,999268
Evaluation	18	1	518	6,2	100	20	650	403,117	1627,230	0,999268
Evaluation	20	1	1485	6,2	100	20	650	403,117	1627,230	0,999268
Evaluation	2	1	598	6,2	100	20	650	403,117	1627,230	0,999268
Evaluation	14	1	1375	8,68	90	20	1150	958,350	7332,446	0,998145

Trainingsdatensatz (60 %)

Validierungsdatensatz (20 %)

Testdatensatz (intern) (20 %)

Kategorie	Versuch_ID	Zyklusnummer	Kistlnummer	MVR	WKZT	ESG	ND	NP_p1	Flaeche	F16
Evaluation	28	1	255	8,68	90	60	650	818,293	5700,268	0,998576
Evaluation	29	1	300	8,68	90	60	650	650,564	3788,640	0,998986
Evaluation	30	1	340	8,68	90	60	650	489,936	2408,457	0,999179

Testdatensatz (extern)

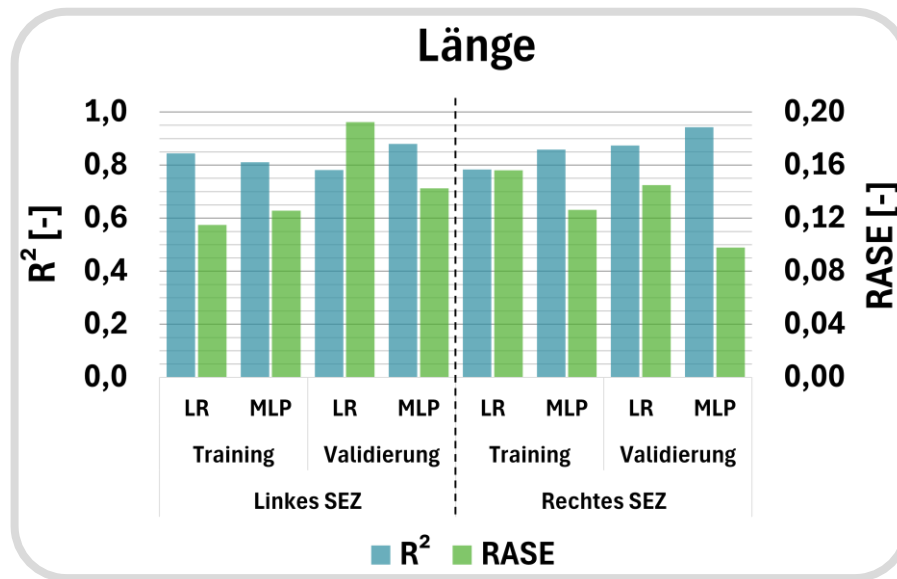
Qualitätsmodell

Kategorie	Versuch_ID	Zyklusnummer	Kistlnummer	NP_p1	Flaeche	F16	Laenge	Durchbiegung
Training	15	1	1402	495,320	2498,928	0,999171	218,543	0,396
Training	6	1	420	904,753	6625,923	0,998417	218,742	0,447
Training	21	1	725	724,311	4977,828	0,998692	218,547	0,253
Training	13	1	1322	967,867	7905,629	0,997737	219,367	0,164
Training	8	1	484	922,987	7212,773	0,998102	218,775	0,339
Training	3	1	625	436,059	1844,496	0,999260	218,503	0,378
Training	22	1	782	712,620	4523,379	0,998846	218,688	0,296
Training	24	1	835	474,815	2266,194	0,999198	218,316	0,265
Training	23	1	810	722,528	4837,970	0,998745	218,609	0,198
Training	26	1	1522	720,057	4739,357	0,998785	218,672	0,326
Training	19	1	537	682,433	4184,132	0,998909	218,429	0,479
Training	27	1	1100	721,041	4747,400	0,998784	218,819	0,358
Training	16	1	1440	482,709	2276,876	0,999197	218,577	0,609
Training	10	1	1168	483,049	2610,413	0,999119	218,195	0,040
Training	9	1	1140	951,049	7792,217	0,997804	218,797	0,374
Training	1	1	558	391,461	1444,131	0,999300	218,260	0,374
Training	12	1	1230	500,278	2756,288	0,999096	218,270	0,354
Validierung	7	1	448	440,227	2049,453	0,999210	218,142	0,307
Validierung	17	1	753	719,403	4722,159	0,998787	218,688	0,363
Validierung	25	1	878	948,782	7596,259	0,997958	219,248	0,200
Validierung	11	1	1198	972,139	7980,922	0,997888	219,391	0,206
Validierung	4	1	655	909,145	6648,550	0,998340	218,867	0,355
Evaluation	5	1	380	403,117	1627,230	0,999268	218,138	0,517
Evaluation	18	1	518	687,242	4263,408	0,998896	218,475	0,411
Evaluation	20	1	1485	727,083	4702,388	0,998798	219,053	0,224
Evaluation	2	1	598	895,172	6235,656	0,998537	218,974	0,381
Evaluation	14	1	1375	958,350	7332,446	0,998145	219,222	0,240

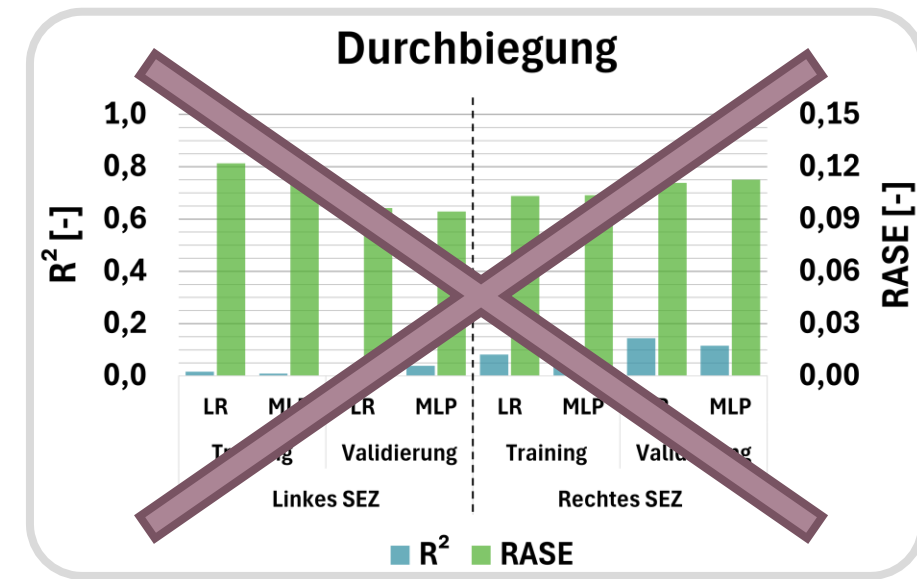
Data Preparation

Kategorie	Versuch_ID	Zyklusnummer	Kistlnummer	NP_p1	Flaeche	F16	Länge	Durchbiegung
Evaluation	28	1	255	818,293	5700,268	0,998576	218,884	0,5
Evaluation	29	1	300	650,564	3788,640	0,998986	218,748	0,64
Evaluation	30	1	340	489,936	2408,457	0,999179	218,309	0,472

Training und Validierung



➡ MLP

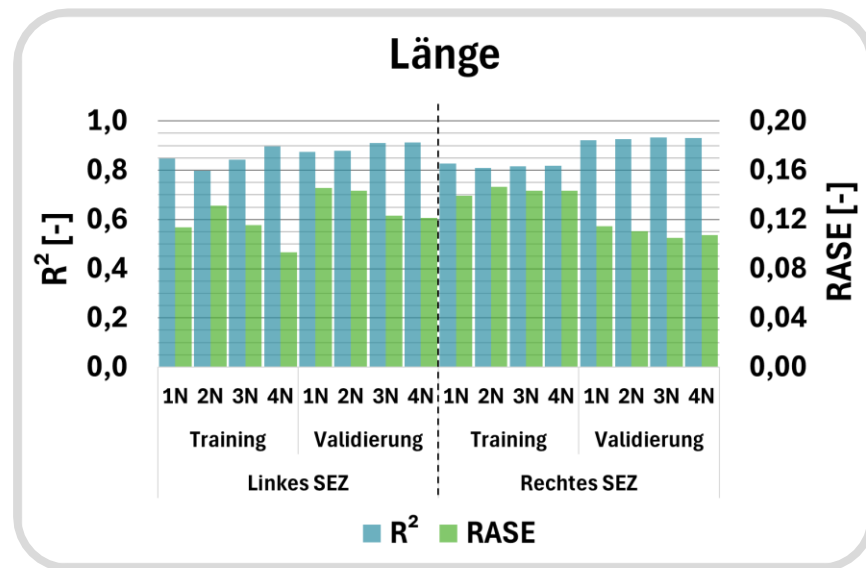


Modeling

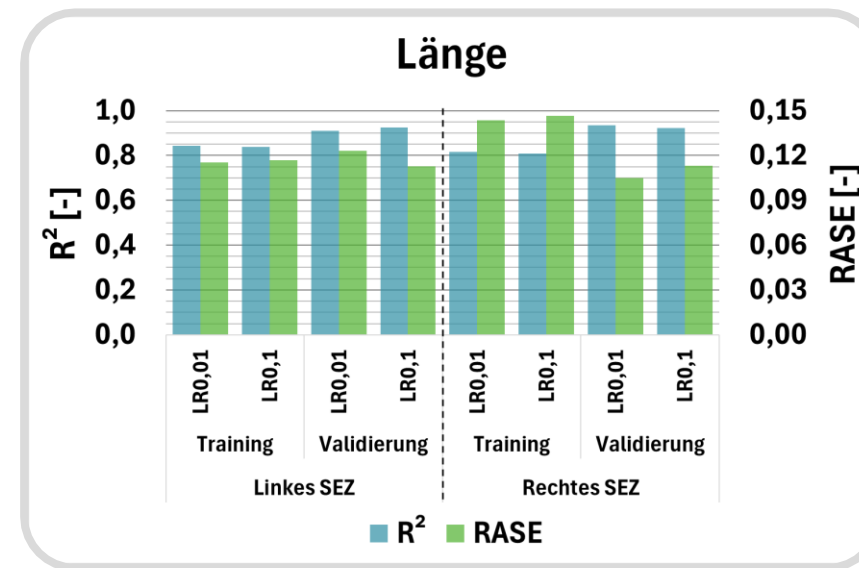
Lernrate: 0,01 | Anzahl verdeckter Schichten: 1 | Anzahl der Neuronen in der verdeckten Schicht: 1 | Anzahl Tour: 1 | Aktivierungsfunktion: tanh

Software: JMP®

Hyperparameter Tuning



⇒ **3N**



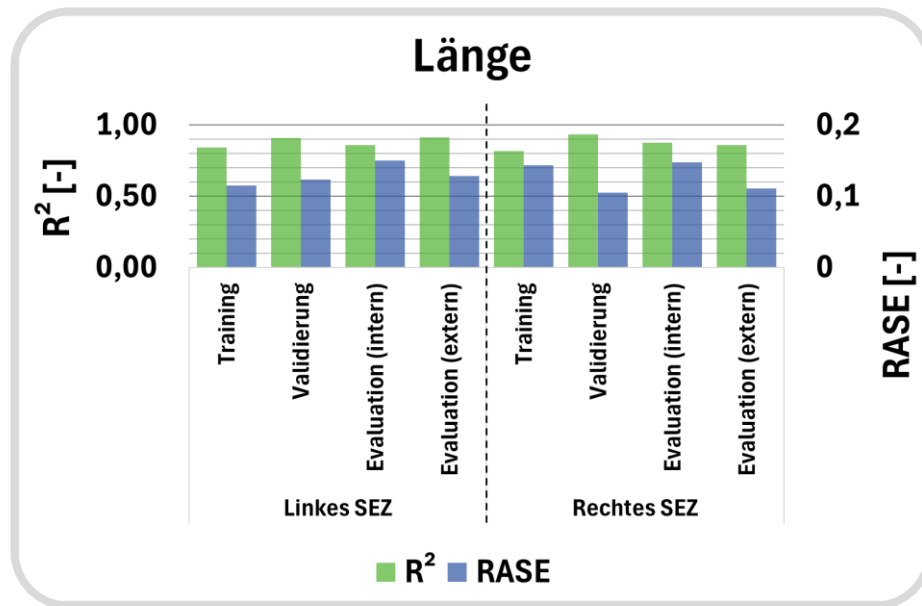
⇒ **LR0,01**

Modeling

Anzahl verdeckter Schichten: 1 | Anzahl Tour: 1 | Aktivierungsfunktion: tanh

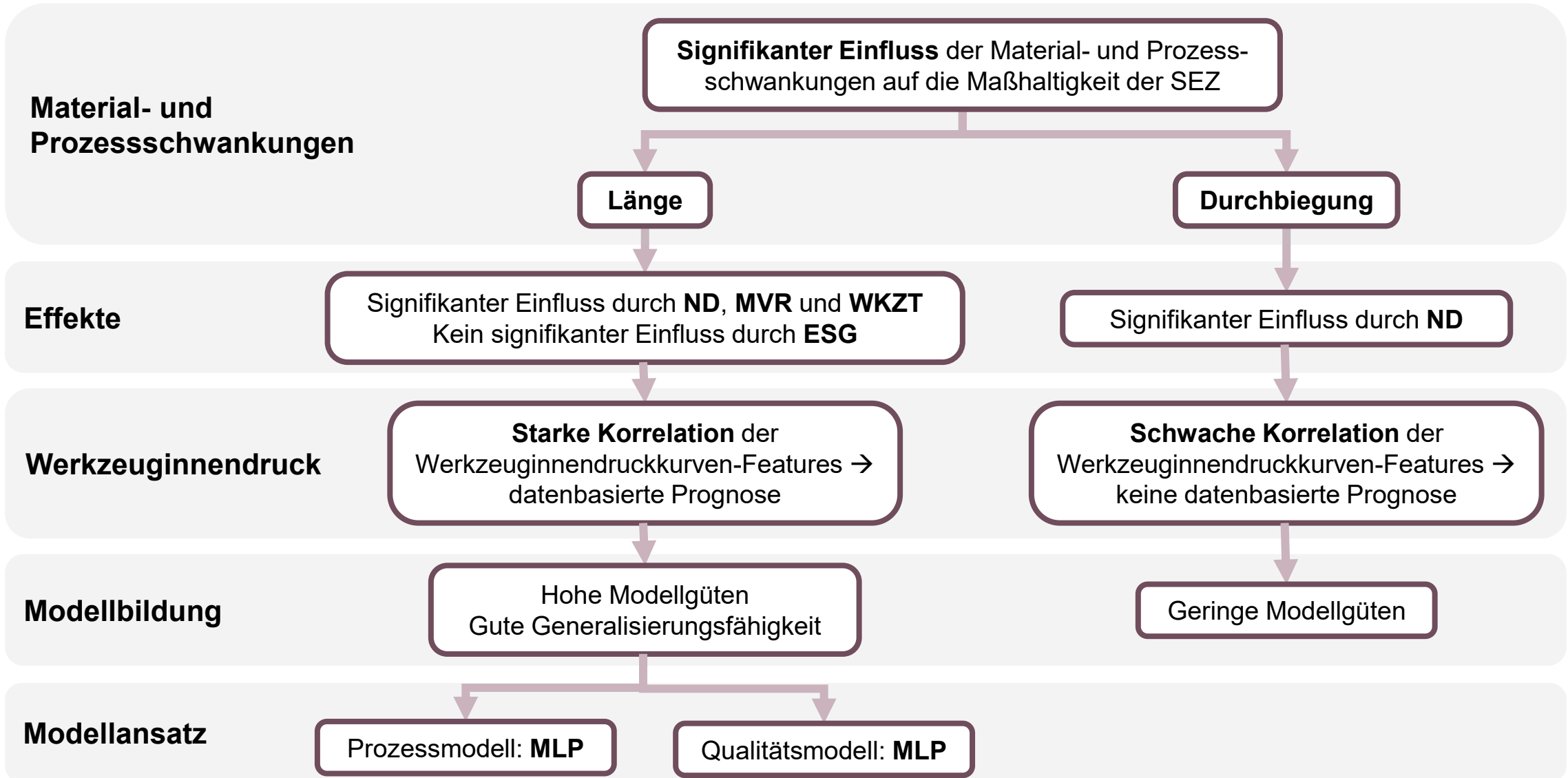
Software: JMP®

Evaluation

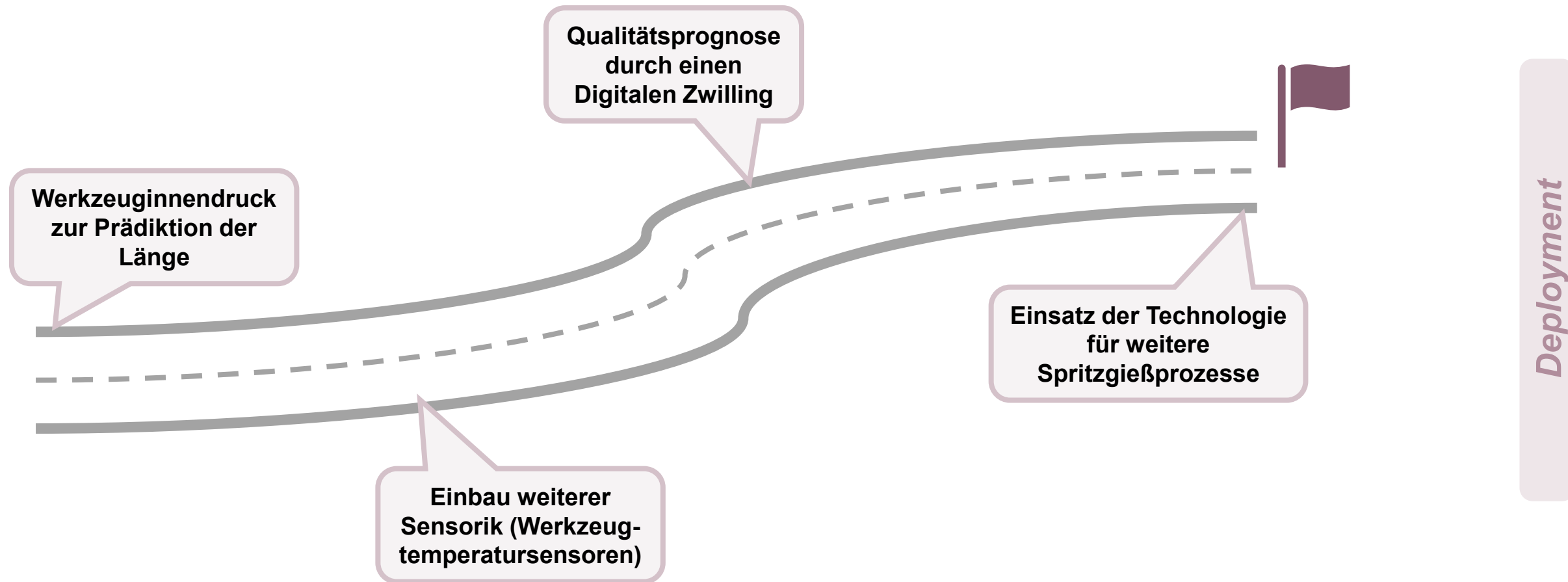


Lernrate: 0,01 | Anzahl verdeckter Schichten: 1 | Anzahl der Neuronen in der verdeckten Schicht: 1 | Anzahl Tour: 1 | Aktivierungsfunktion: tanh

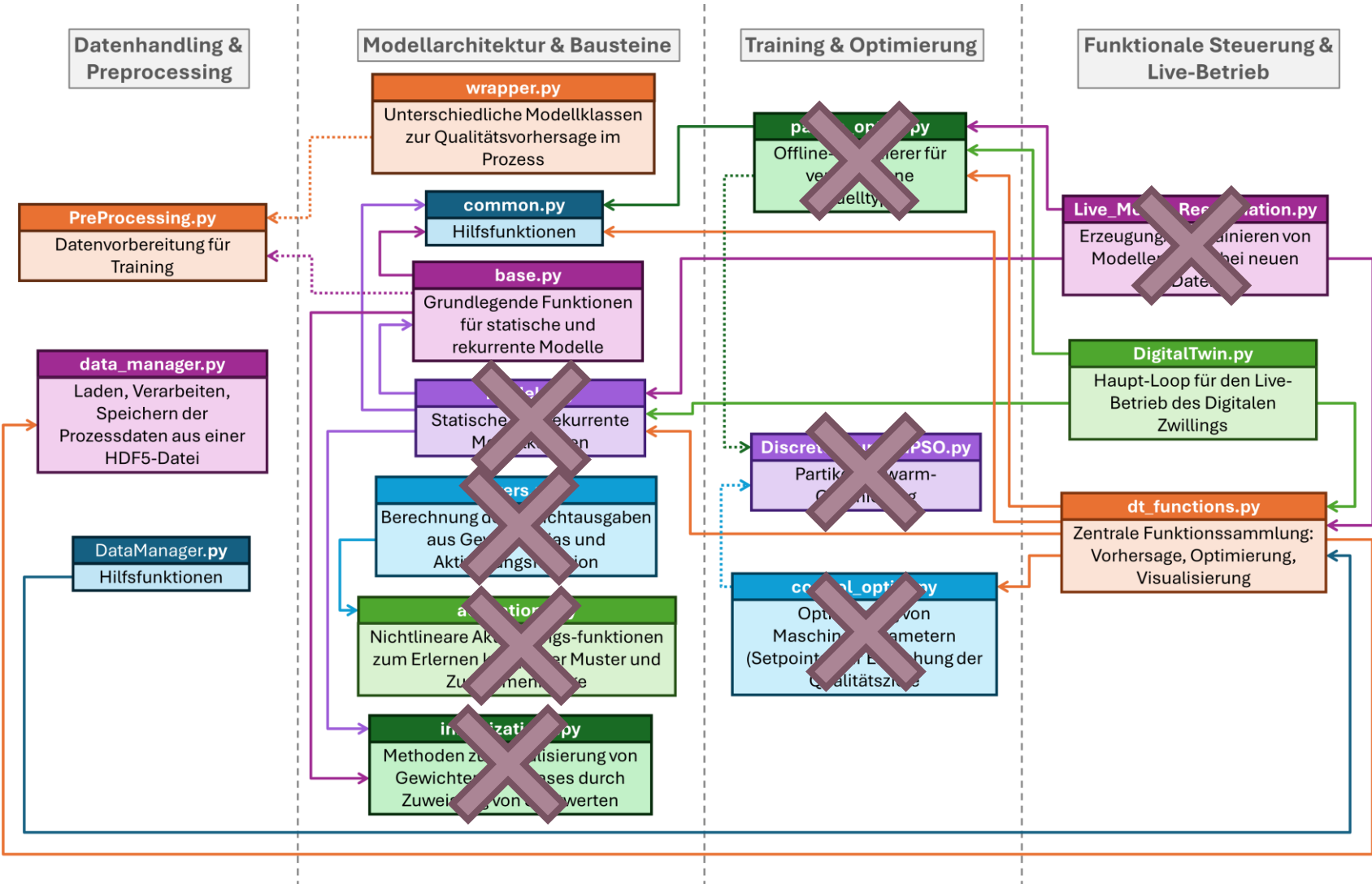
Beantwortung der Fragestellungen



Fazit und Ausblick



Digital Twin of Injection Molding (DIM)





Marco Klute

 +49(561)804-3629

 marco.klute@uni-kassel.de



www.ifw-kassel.de



www.uni-kassel.de/go/DUETT



Kofinanziert von der
Europäischen Union