



HÖRMANN
Rawema

Der Fabrikplaner.

H2WO: Vorstellung Ergebnisse AgilPlanBZ

Beratung | Planung | Prozessoptimierung | Projektmanagement

www.der-fabrikplaner.de



Agenda

1. Die Planung - Verlässliche Planung in agilem H² Umfeld?

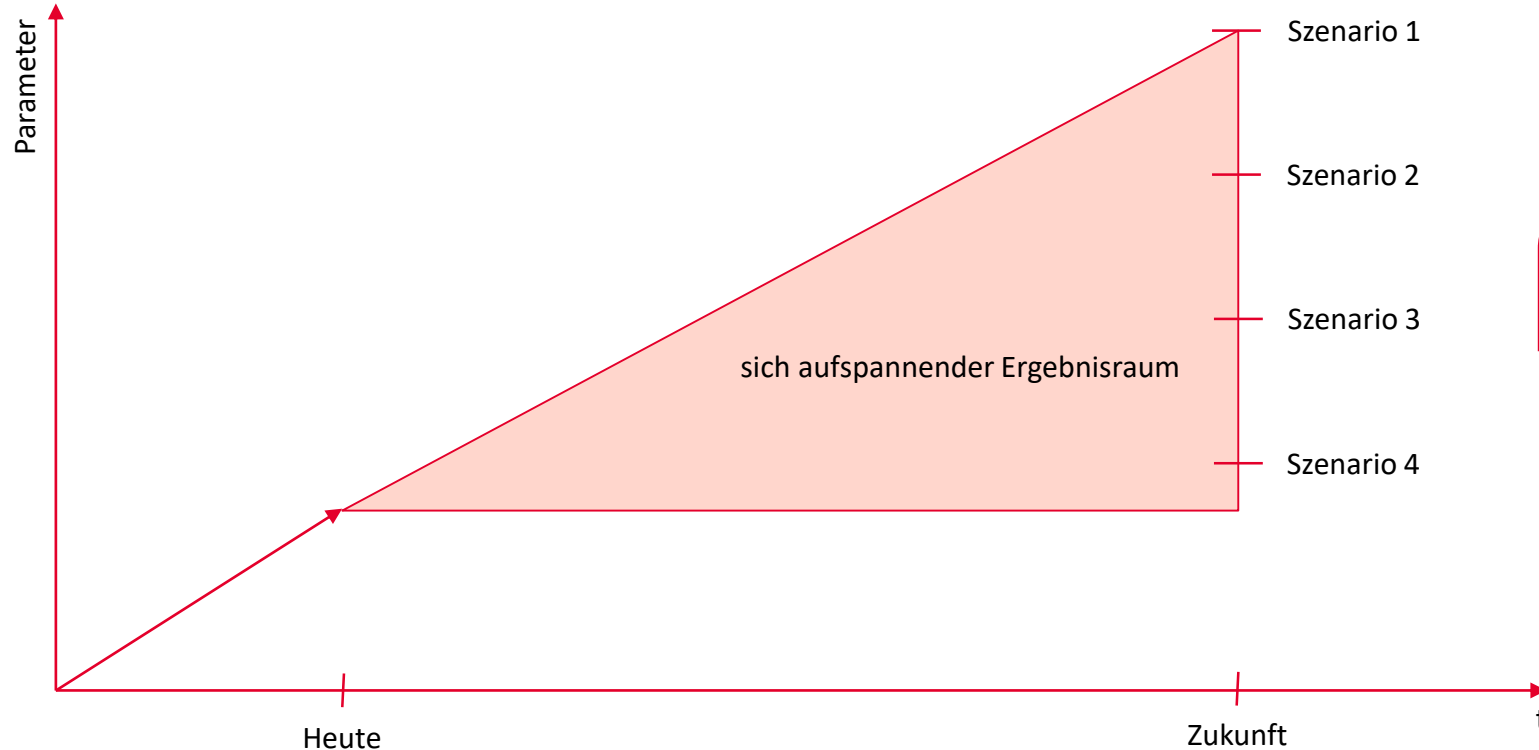
2. Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

3. Das Ergebnis - Die Lösung

Die Planung - Verlässliche Planung in agilem H² Umfeld?

Wie sieht die HREC/Projekt das Umfeld Brennstoffzelle im mobilen Einsatz

1. Die Brennstoffzelle wird in der zukünftigen Mobilität eine Rolle spielen.
2. Auf dem Weg dahin wird es mind. in der Hardware sowohl Produkt, als auch Produktionsentwicklungsbedarf geben.



Wie gehen wir in der Planung mit diesen unscharfen Parametern um?

Agenda

1. Die Planung - Verlässliche Planung in agilem H² Umfeld?

2. Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

3. Das Ergebnis - Die Lösung

Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

Konsortium*



Konsortionsführer



Der Fabrikplaner.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

* FCP war als Praxispartner geplant, durfte die Bearbeitungsphase jedoch nicht beginnen

04.07.2022

Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

Verallgemeinerte Arbeitsfelder



Digitaler Planung

Adaptiertem
Fabrikplanungs-
prozess

In Verbindung mit:

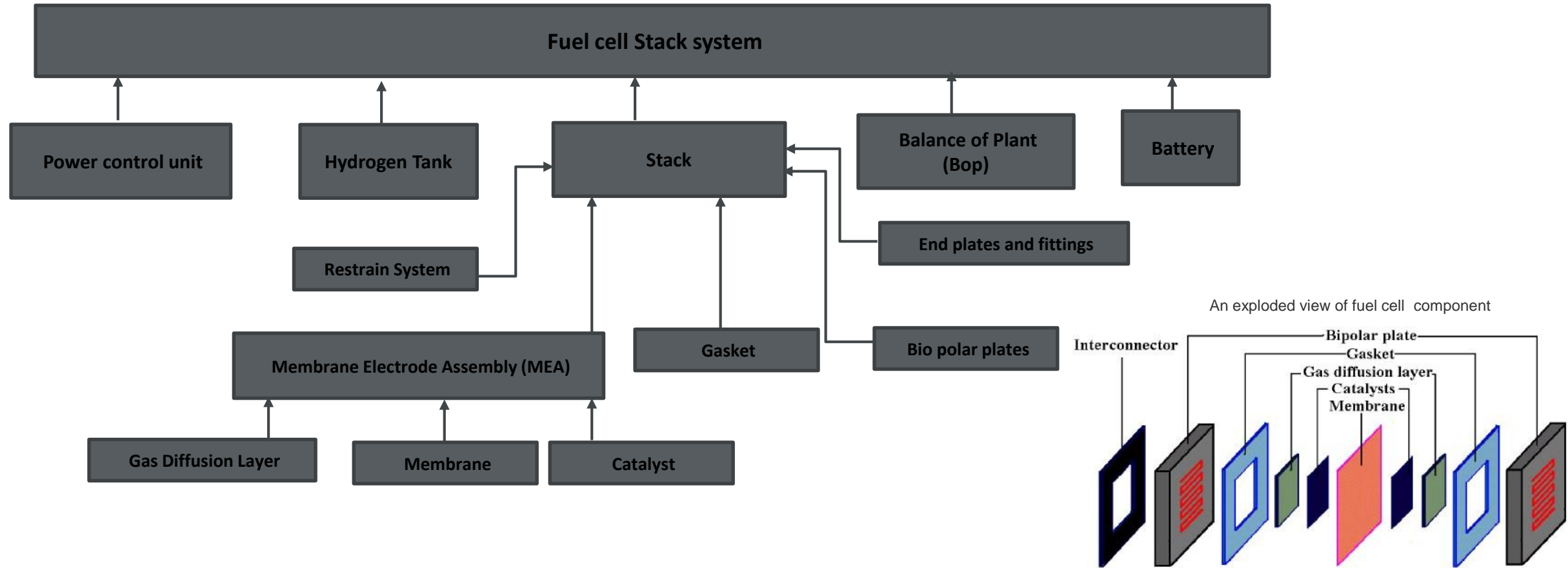
- Basierend auf verprobten Werkzeugen
- Verknüpfung mit Nachhaltigkeitszielen
- Bemessung & Berücksichtigung von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit
- Angepasst auf Anforderungen von KMU

Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

Das Produkt



Beschreibung eines flexiblen Produktionssystems + agilen Planungsprozesses zur Herstellung von Brennstoffzellstacks (80kW).



Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

Kenndaten des Projektes

Bearbeitungszeitraum: 09/2019 – 04/2022

Fördermittelgeber: Sächsische Aufbaubank - SAB

Anzahl Arbeitspakete: 7 Stück

AP-0 Projektmanagement

AP-1 Anforderungsanalyse

AP-2 Modellierung von Planungsobjekten (Digitaler Zwilling)

AP-3 Methodenentwicklung für Datenanalyse und Planungsaufgaben

AP-4 Nachhaltigkeitsbewertung und –steuerung

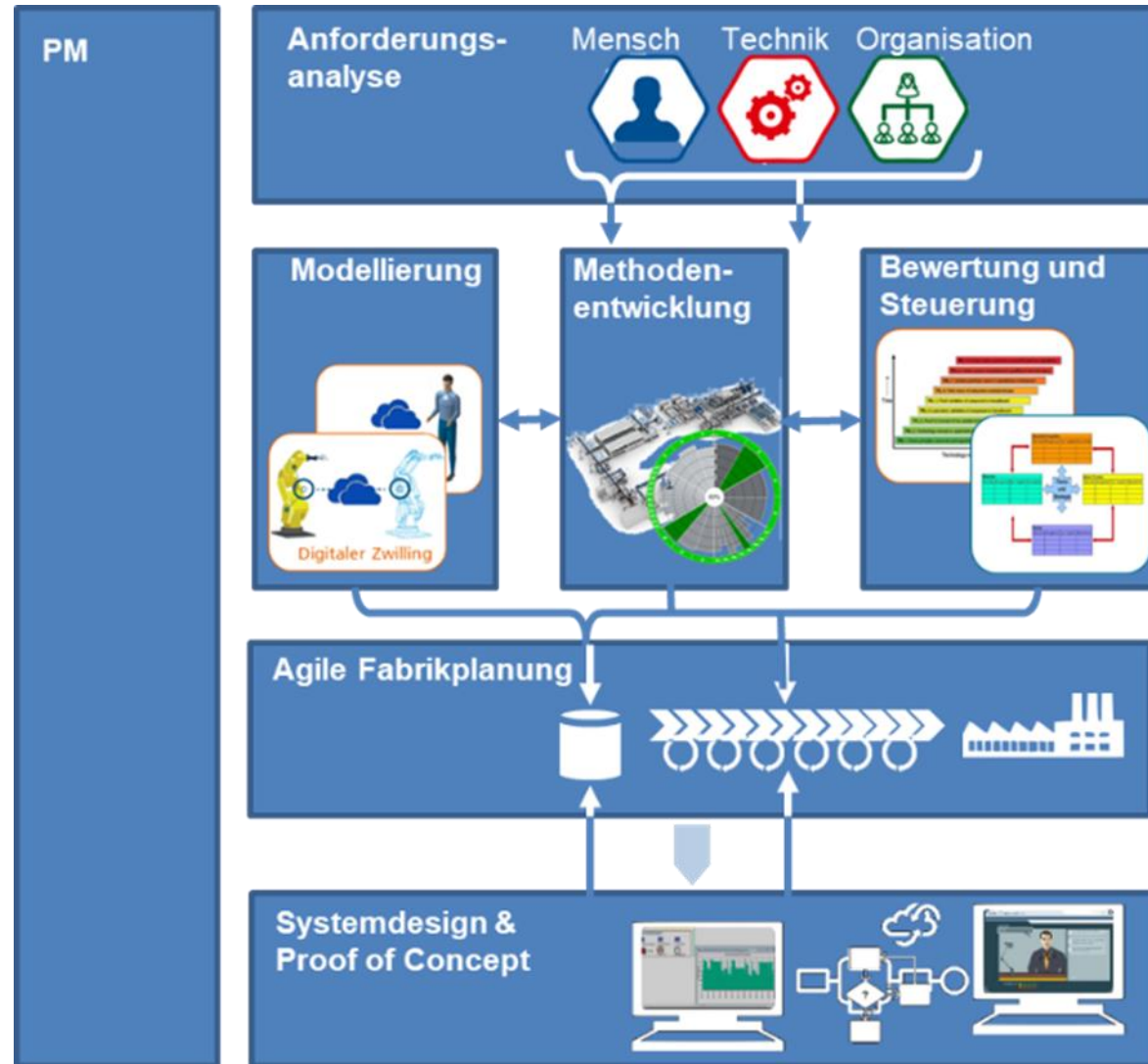
AP-5 Agile Fabrikplanung

AP-6 Systemdesign und Proof of Concept

Zusammenarbeitsmodus: 14 tägige Jour-Fixe, halbjährliche Konsortialtreffen, operative Workshops, AP Verantwortliche

Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance

Arbeitsstruktur



Agenda

1. Die Planung - Verlässliche Planung in agilem H² Umfeld?
2. Das Projekt - AgilPlanBZ at a glance
3. Das Ergebnis - Die Lösung

Das Ergebnis - Die Lösung

Prämissen

Das Ergebnis - Die Lösung

Einflussanalyse – Was lohnt sich zu Betrachten?

Absatzpotential		Flexibilitätsanforderung Planung		Flexibilitätsanforderung Produktion	
Relevante Faktoren	Vom Unternehmen eher beeinflussbar	Relevante Faktoren	Vom Unternehmen eher beeinflussbar	Relevante Faktoren	Vom Unternehmen eher beeinflussbar
Subventionen Fahrzeuge	Nein	Fördermöglichkeiten	Nein	Subventionen Fahrzeuge	Nein
Fördermöglichkeiten	Nein	Herstellungskosten	Ja	Fördermöglichkeiten	Nein
Herstellungskosten	Ja	Wirtschaftswachstum	Nein	Herstellungskosten	Ja
Kraftstoffkosten	Nein	CO2-Bepreisung	Nein	Kraftstoffkosten	Nein
Kraftstoffverbrauch	Ja	Umweltbewusstsein	Nein	Infrastrukturkosten	Nein
Infrastrukturkosten	Nein	Knowhow Produktionsverfahren	Ja	Marktanteil	Nein
Wirtschaftswachstum	Nein	Technologiesprünge	Nein	Substitutionsprodukte	Nein
CO2-Bepreisung	Nein	Recycling	Ja	Knowhow Produktionsverfahren	Ja
Umweltbewusstsein	Nein	Rohstoffquellen	Nein	Technologiesprünge	Nein
Reichweite	Ja	Zulassungsregelungen	Nein	Entwicklung der Energietechnologie	Nein
Substitutionsprodukte	Nein	Local Content Regelungen	Nein	Rohstoffe (evtl. Platin)	Nein
Ladeinfrastruktur	Nein	Ausfall Lieferant	Ja	Luftverschmutzung	Ja
Tankgeschwindigkeit	Ja			Recycling	Ja
Technologiesprünge	Nein			Rohstoffquellen	Nein
Entwicklung der Energietechnologie	Nein			Treibhausgasemissionen	Ja
Verfügbarkeit fossiler Energieträger	Nein			Local Content Regelungen	Nein
Treibhausgasemissionen	Ja			Ausfall Lieferant	Ja
Zulassungsregelungen	Nein				
Steuerrechtliche Regelungen	Nein				
Ausfall Lieferant	Ja				

Das Ergebnis - Die Lösung

Produktionsmengenabschätzung

	Wachstumsfaktor	0,46	Ausschussverlust	2%	technische Gesamtverfügbarkeit	95%		
	Output		Ausschussverlust		Verfügbarkeitsverlust		Produktionskapazität	
Jahre (ab SOP)	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
0	369	1.340	7	27	19	68	395	1.435
1	539	1.957	11	39	27	100	577	2.096
2	787	2.858	16	57	40	146	843	3.061
3	1.150	4.173	23	83	59	213	1.232	4.469
4	1.679	6.093	34	122	86	311	1.798	6.526
5	2.452	8.896	49	178	125	454	2.626	9.528
6	3.580	12.989	72	260	183	662	3.834	13.911
7	5.227	18.964	105	379	267	967	5.598	20.310
8	7.632	27.688	153	554	389	1.412	8.174	29.654
9	11.143	40.425	223	809	568	2.062	11.934	43.295
10	16.269	59.021	325	1.180	830	3.010	17.424	63.211

Das Ergebnis - Die Lösung

Komplexitätsbewertung

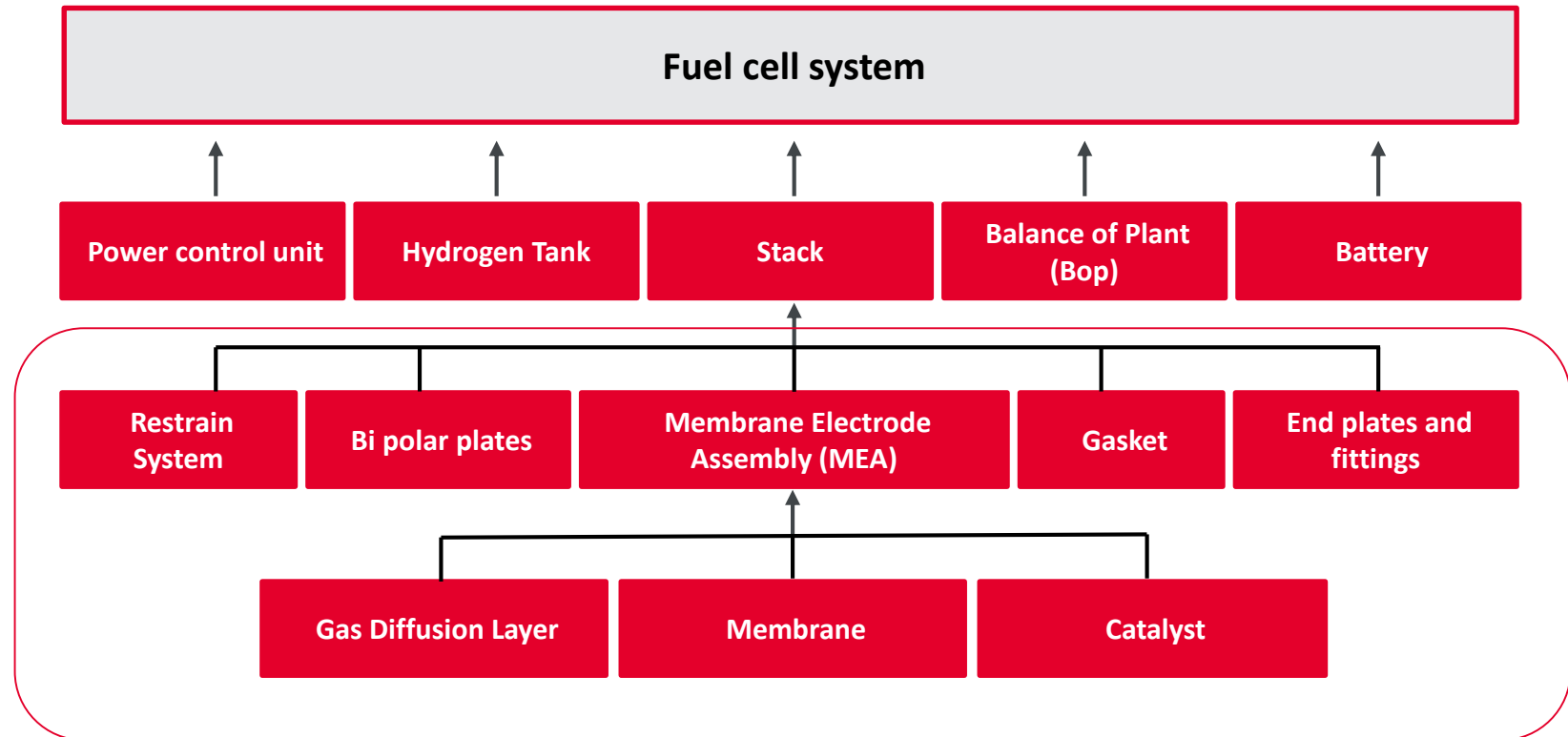
		Stufe						
Aspekt	Kriterien	von ...	1	2	3	4	5	... bis
Projekt-ziel	Anzahl und Unterschiede der Einzelziele	wenige	X					viele, schwer erfassbar
	Zahl der Wechselwirkungen	keine		X				sehr viele
	Unsicherheit der Zielformulierung	keine		X				laufend
Projekt-gegenstand	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Komponenten	sehr wenige				X		unüberschaubar
	Anzahl der funktionalen und technischen Beziehungen	einfach				X		mannigfaltig
	Änderung der Konfiguration	keine		X				unabsehbar
Projekt-aufgabe	Anzahl der Phasen, Abhängigkeiten und Vorgänge	< 30				X		> 3000
	Anzahl und Form der Abhängigkeiten zwischen den Arbeitspakten	linear				X		viele Subnetze
	Änderung in Arbeitspaketen	fix			X			oft
Projekt-ausführende	Anzahl und Unterschied der Interessensgruppen	wenige, bekannte		X				inhomogen, verteilt
	Unterschiede in der Form der Zusammenarbeit	klare Aufteilung			X			vernetzte Interaktionen
	Personelle Änderungen	fix		X				hohe Dynamik
Projekt-umfeld	Art der Einflussgrössen	Projekt kann isoliert betrachtet werden			X			Umfeld ist unklar, chaotisch
	Vielfalt der Art der Einflussgrössen			X				
	Änderung der Einflüsse			X				
Score der Komplexität	40	von max. 75 Punkten	1	14	9	16	0	

- Suche einer Bewertungsmöglichkeit der Projektkomplexität um Einflüsse auf die Aufwands-/Terminplanung zu definieren
- Komplexitätsbeurteilung nach Patzek
- <35 Pkt. Kleinprojekt
- 35>x<44 Normalprojekt
- >45 Großprojekt

Das Ergebnis - Die Lösung

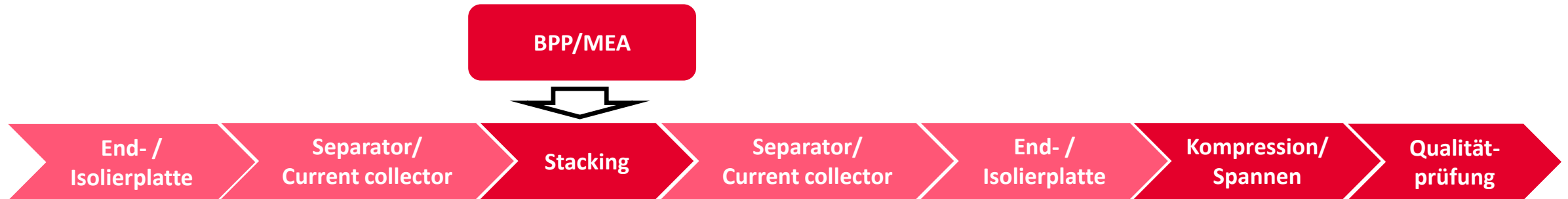
Produktionsumfang

- Was für ein Produktionssystem, mit dem der FCS (fuel cell stack) hergestellt wird, soll für die Simulation betrachtet werden?
- Festlegen des Systemumfangs. (Nur Montagelinie für FCS oder komplette Produktionslinie inkl. BPP- und MEA-Produktion?)





Das Ergebnis - Die Lösung

Beschreibung des Produktionssystems



Randbedingungen		Prozessparameter	
Arbeitszeit pro Schicht	8h	Zykluszeit	1h
Anzahl der Schicht pro Tag	2	Output	2 Stück / h
Arbeitstage pro Jahr	250	Ausbringen pro Tag	28 Stück
Pausen/Vorbereiten	2h		
Effektive Arbeitszeit	14h		

 Manuell
(Montage)
 Automatisiert

Das Ergebnis - Die Lösung

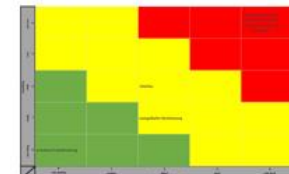
Digitale Werkzeuge

Das Ergebnis - Die Lösung

Welche Werkzeuge sind das Ziel? Verknüpfung der Modelle.



	Material																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



HÖRMANN
Rawema Der Fabrikplaner.

Fraunhofer
IWU

SIMPLAN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

AP2

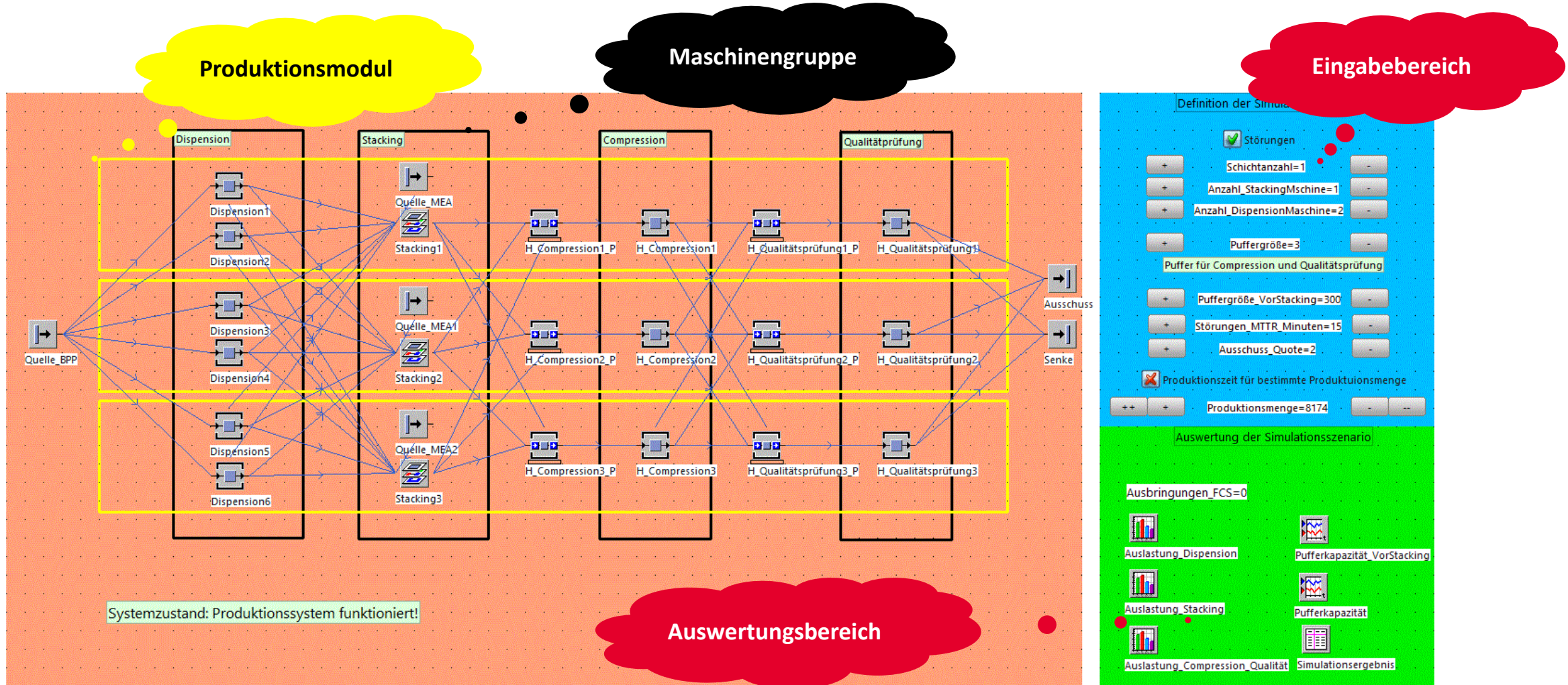
AP3

AP5

AP4

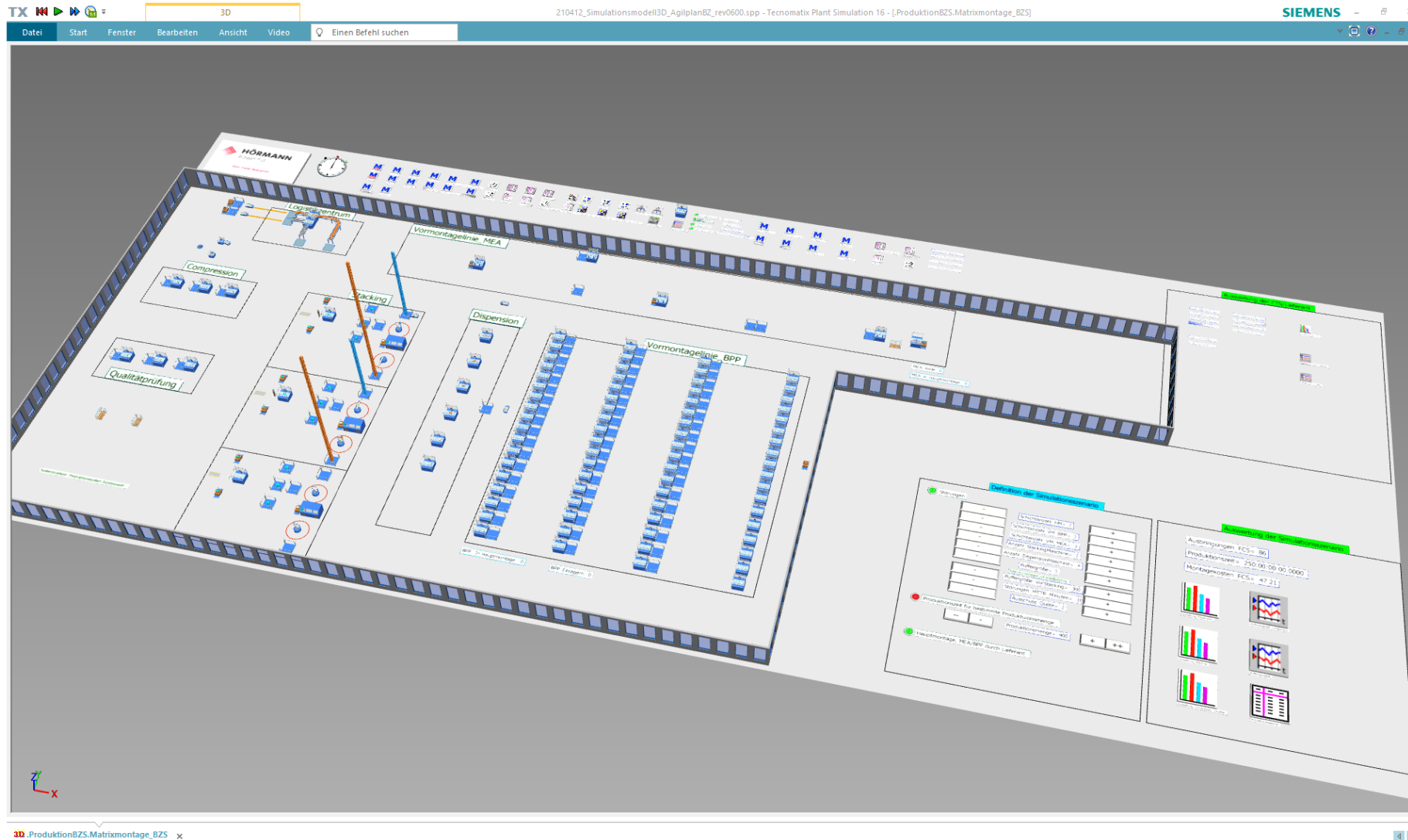
Das Ergebnis - Die Lösung

Montagelinie als Modell 2D



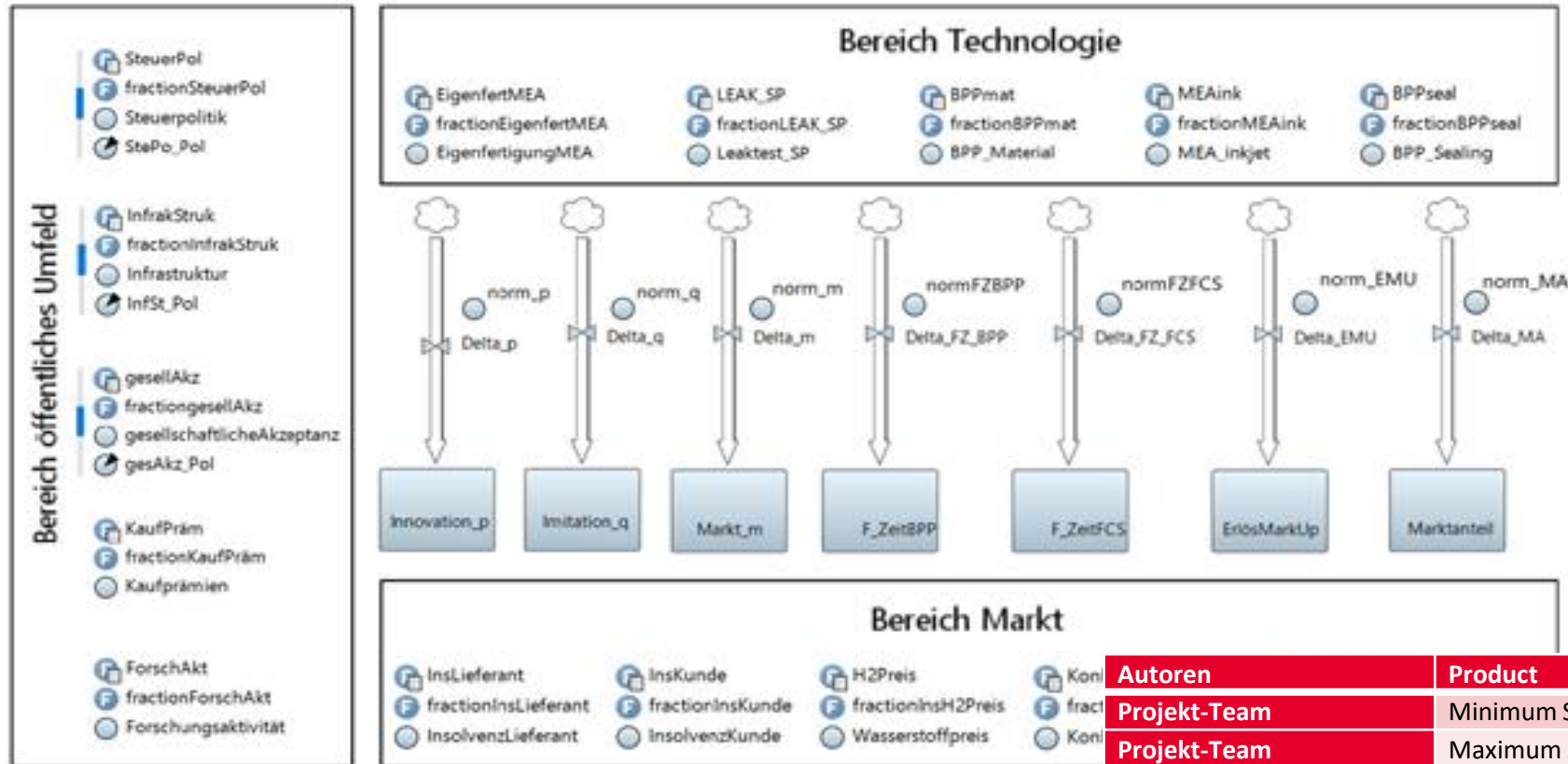
Das Ergebnis - Die Lösung

Montagelinie als Modell 3D



Das Ergebnis - Die Lösung

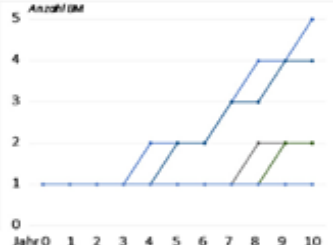
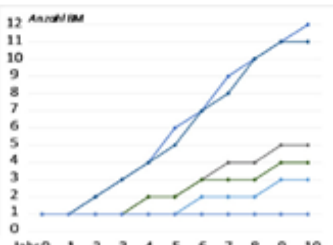
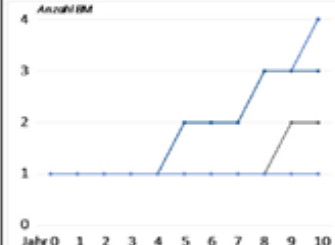
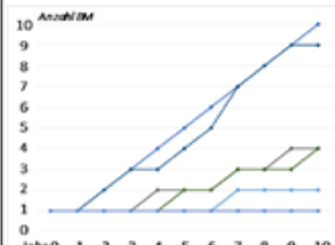
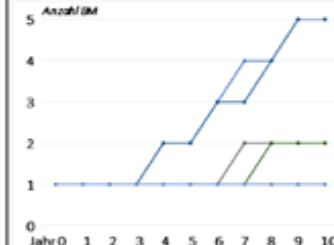
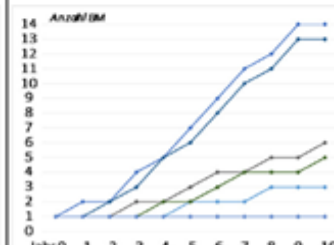
Simulationsmodell zur Nachbildung unsicherer Umwelteinflüsse



Autoren	Product	p	q	m
Projekt-Team	Minimum Szenario	0,0161	0,5225	100.000
Projekt-Team	Maximum Szenario	0,0256	0,5477	250.000
Lukas et al. (2017)	Electric vehicle batteries	0,022	0,413	2.150.00
Massiani & Gohs (2015)	LPG-vehicles in Germany	0,0779	0,3718	75,566
McManus & Senter (2009)	Plug-in hybrid electric vehicle	0,00262	0,70935	1.922.806
Li et al. (2017)	BEVs in China	0,0013	0,0839	5.000.000
Becker et al. (2009)	BEVs	0,025	0,4	2 scenarios

Das Ergebnis - Die Lösung

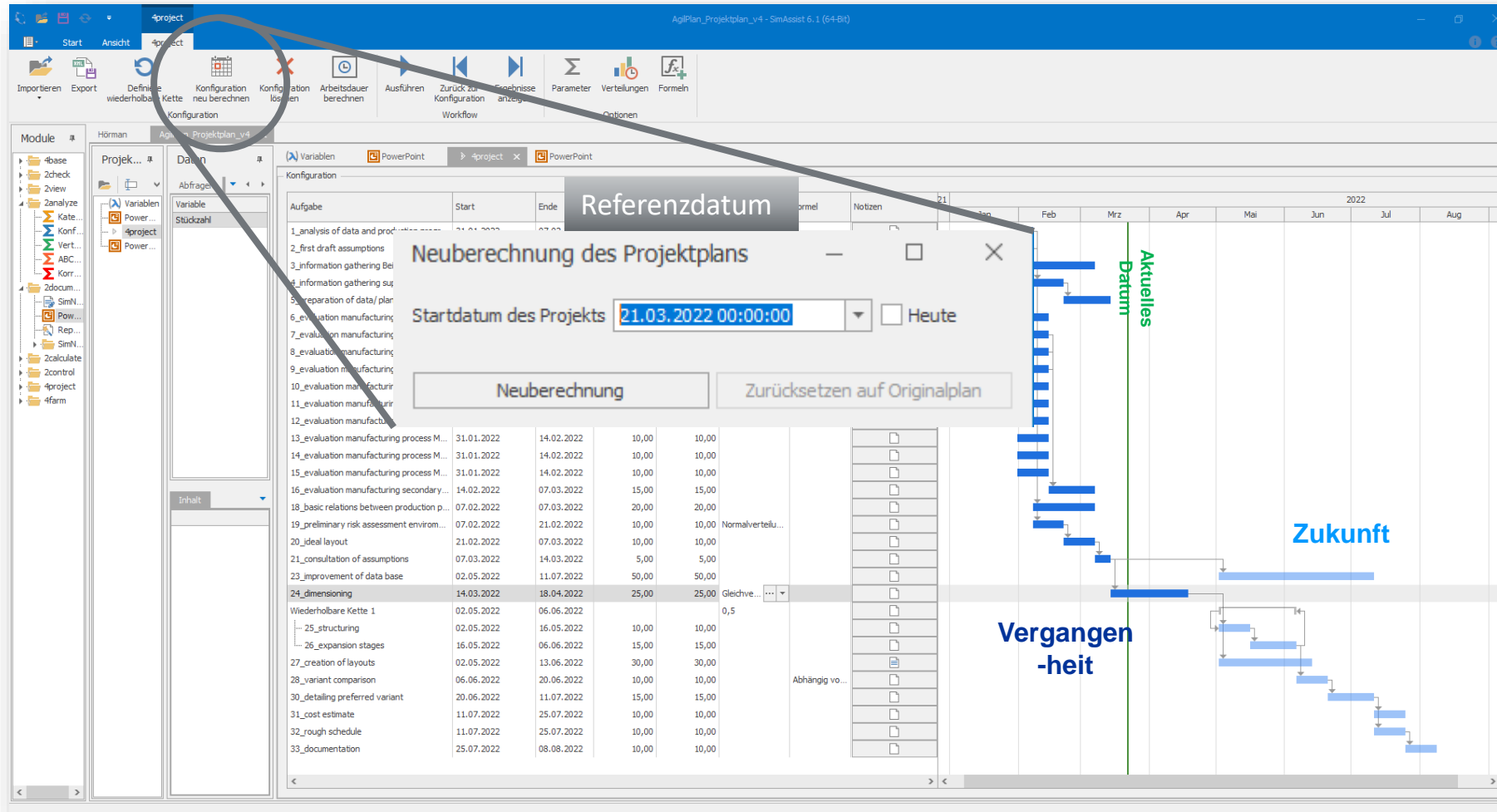
Störgrößen auf die Kapazitätsdimensionierung

	Fall 1 <i>Fehlende Unterstützung öffentlicher Akteure</i>	Fall 2 <i>Starke Co-Abhängigkeitsbarrieren</i>	Fall 3 <i>Frühzeitiger Markteintritt der Konkurrenz</i>
Kapitalwert a) Kapazität laut Fall b) Kapazität lt. Grundmodell	a) MIN-Szenario: 8.984.293,47 € MAX-Szenario: 19.354.293,29 € b) MIN-Szenario: 6.768.717,45 € MAX-Szenario: 11.184.440,61 €	a) MIN-Szenario: 8.689.350,75 € MAX-Szenario: 19.537.782,03 € b) MIN-Szenario: 5.428.725,63 € MAX-Szenario: 8.572.297,96 €	a) MIN-Szenario: - 10.747.870,30 € MAX-Szenario: - 22.557.584,70 € b) MIN-Szenario: - 12.232.879,60 € MAX-Szenario: - 28.708.312,53 €
Kapitalwert- änderung a) Kapazität laut Fall b) Kapazität lt. Grundmodell	a) MIN-Szenario: - 29.038.053,96 € MAX-Szenario: - 65.950.876,24 € b) MIN-Szenario: - 31.253.629,98 € MAX-Szenario: - 74.120.728,95 €	a) MIN-Szenario: - 29.332.996,68 € MAX-Szenario: - 65.767.387,53 € b) MIN-Szenario: - 32.593.621,80 € MAX-Szenario: - 76.732.871,60 €	a) MIN-Szenario: - 48.770.217,73 € MAX-Szenario: - 107.862.754,26 € b) MIN-Szenario: - 50.255.227,03 € MAX-Szenario: - 114.013.482,09 €
Kapazitäts- ausbau	MIN-Szenario:  MAX-Szenario: 	MIN-Szenario:  MAX-Szenario: 	MIN-Szenario:  MAX-Szenario: 
Ø-Auslastung	MIN-Szenario: 0,41671 MAX-Szenario: 0,53735	MIN-Szenario: 0,39830 MAX-Szenario: 0,52277	MIN-Szenario: 0,42717 MAX-Szenario: 0,53581

- Bis auf Fall 3 alle Kapitalwerte positiv
- Starke Schwankungen zwischen den MIN/MAX Annahmen
- These: Marktgröße für mehrere Teilnehmer zu gering

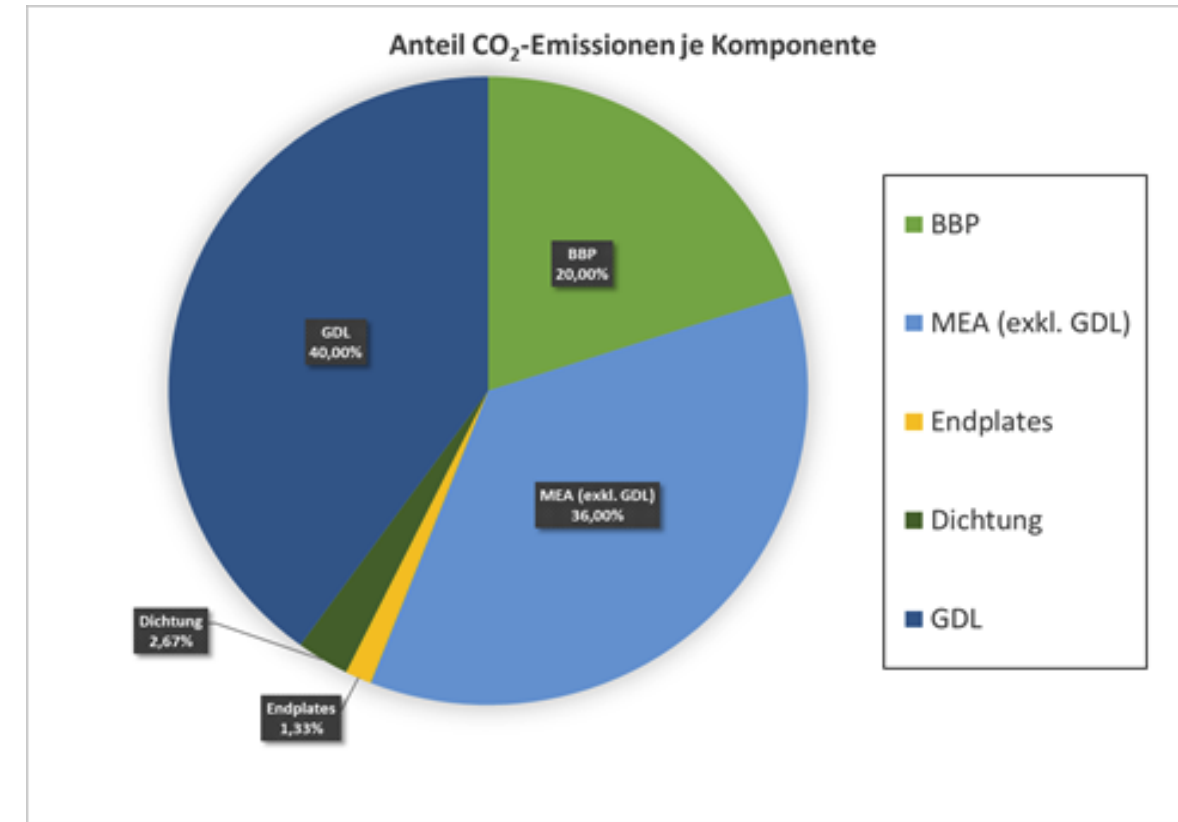
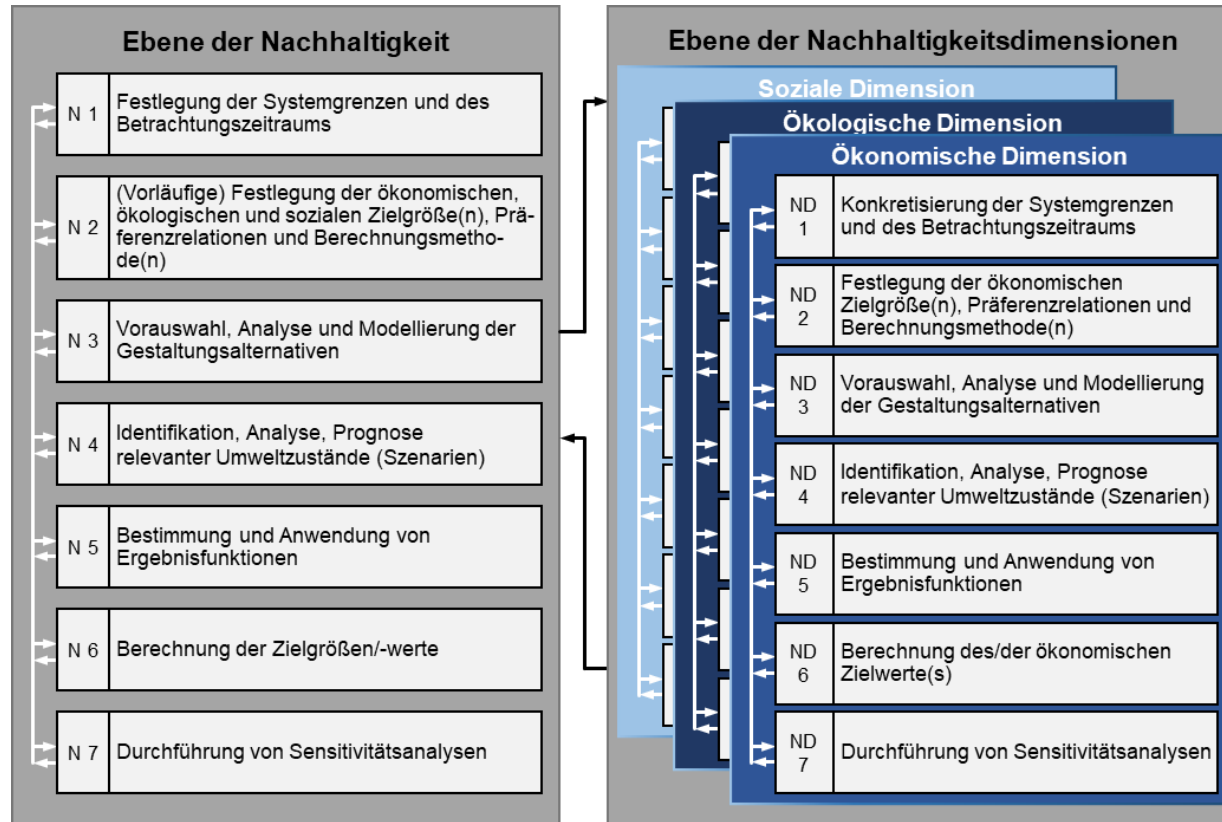
Das Ergebnis - Die Lösung

Terminplanung



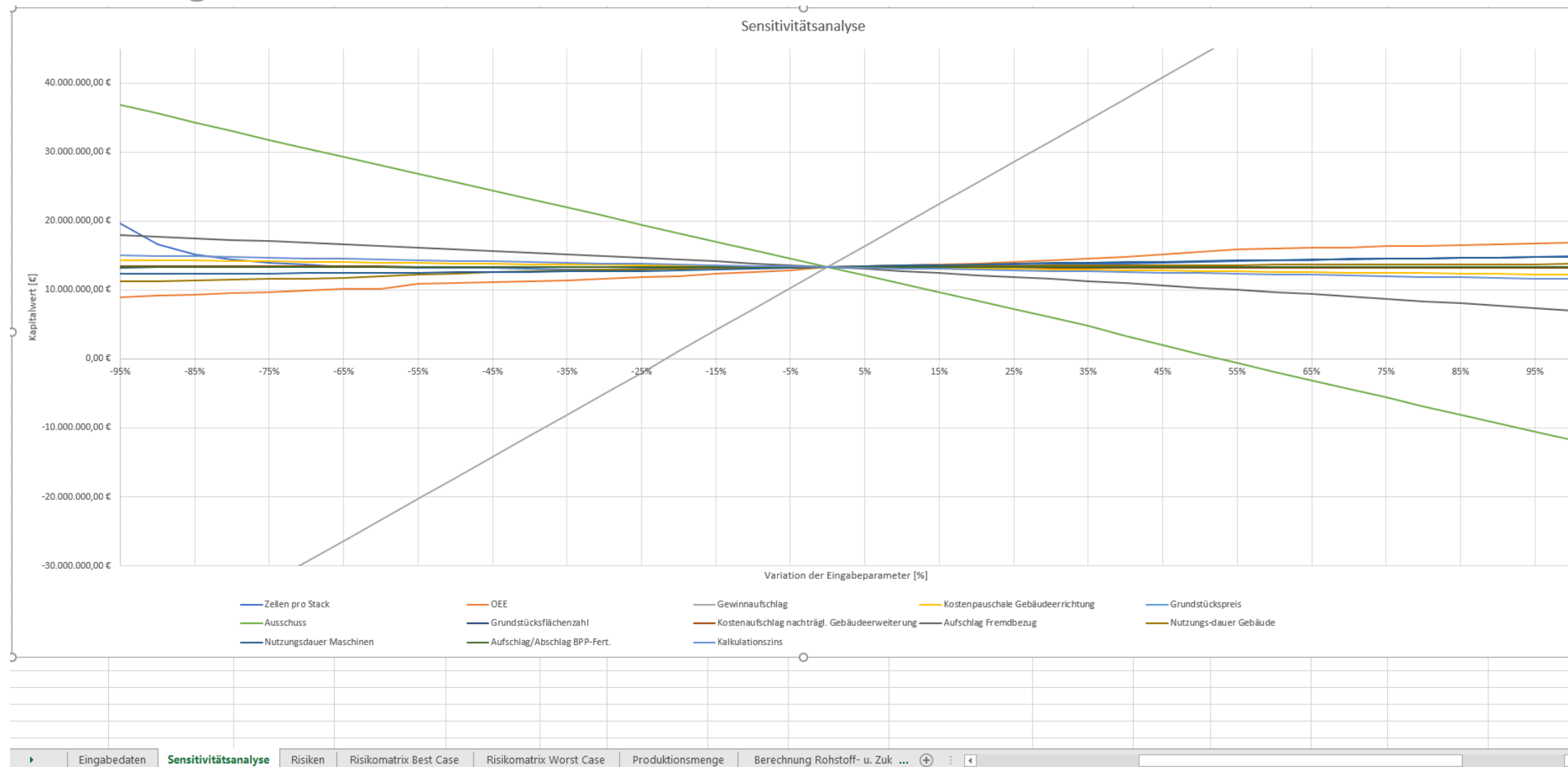
Das Ergebnis - Die Lösung

Nachhaltigkeit → z.B. CO²



Das Ergebnis - Die Lösung

Nachhaltigkeitstool

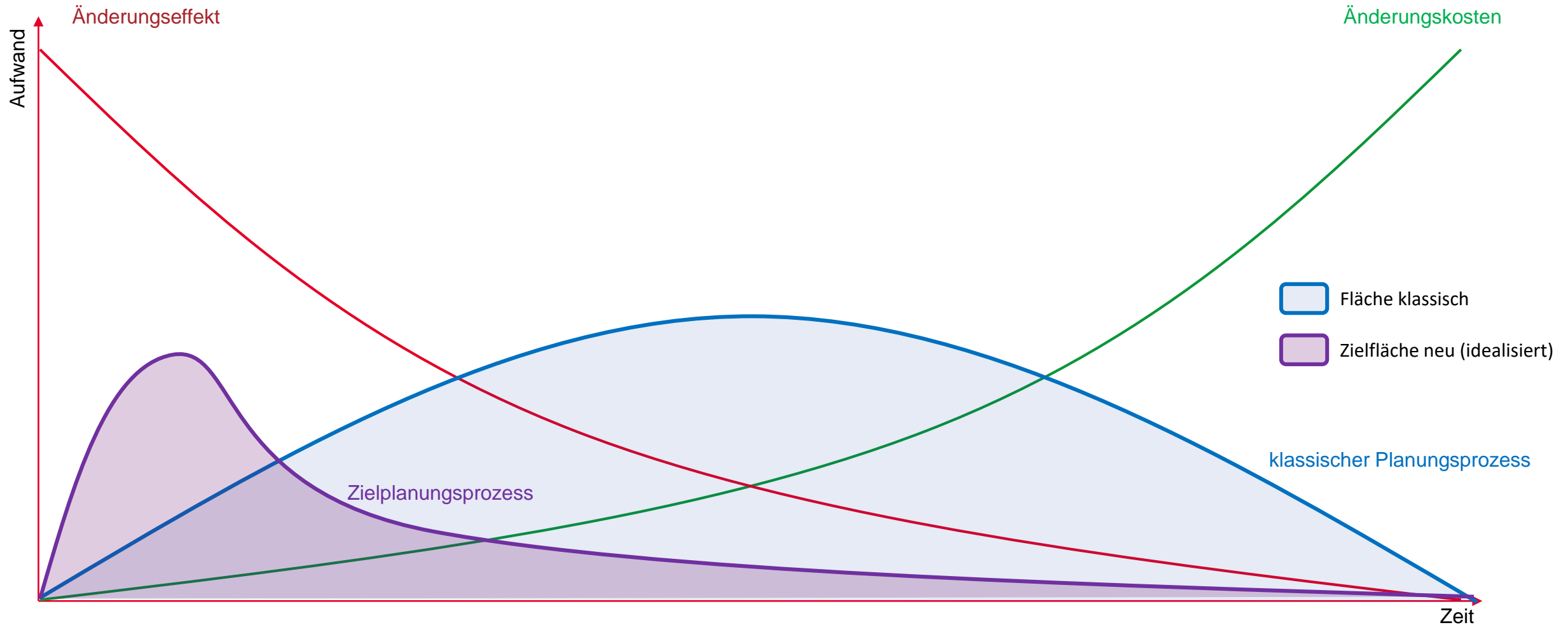


Das Ergebnis - Die Lösung

Planung

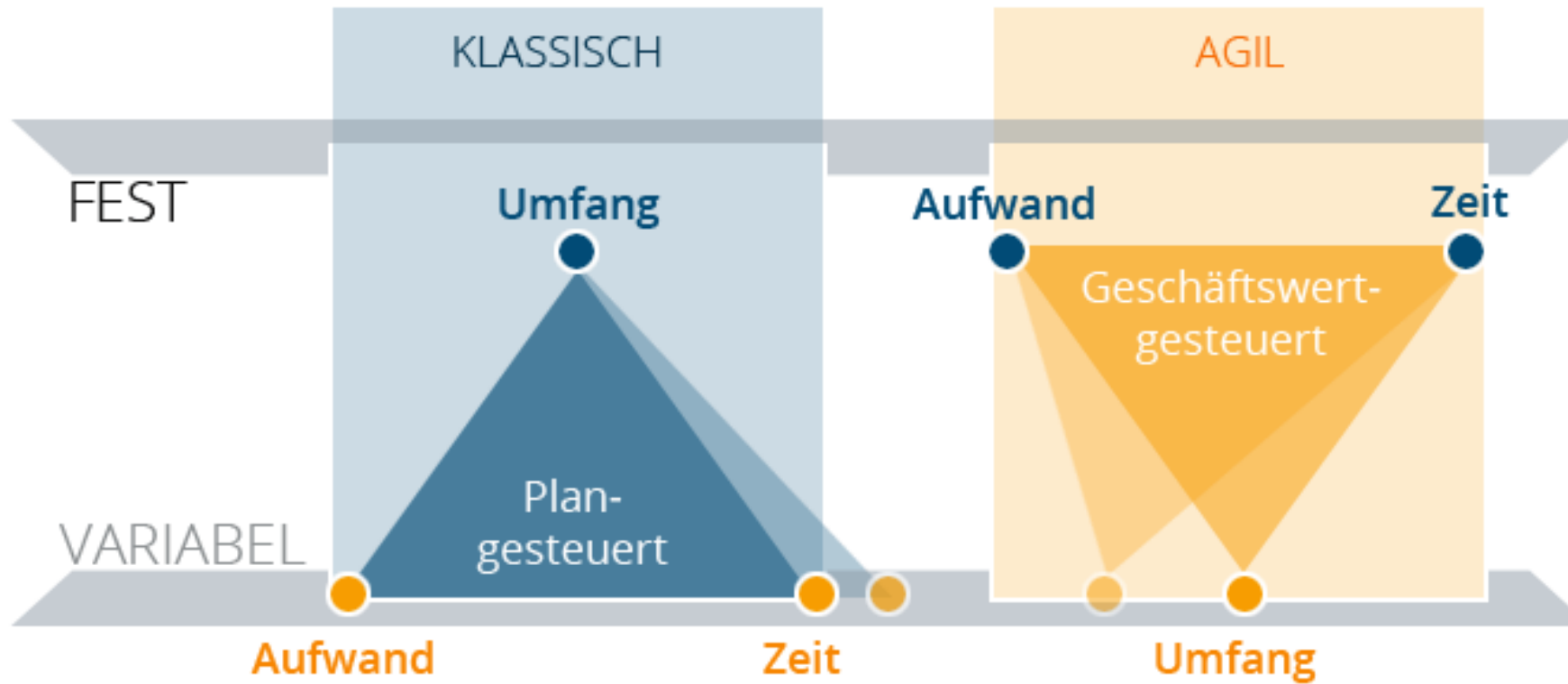
Das Ergebnis - Die Lösung

Effekt- vs. Änderungskostenentwicklung



Das Ergebnis - Die Lösung

Zielplanung

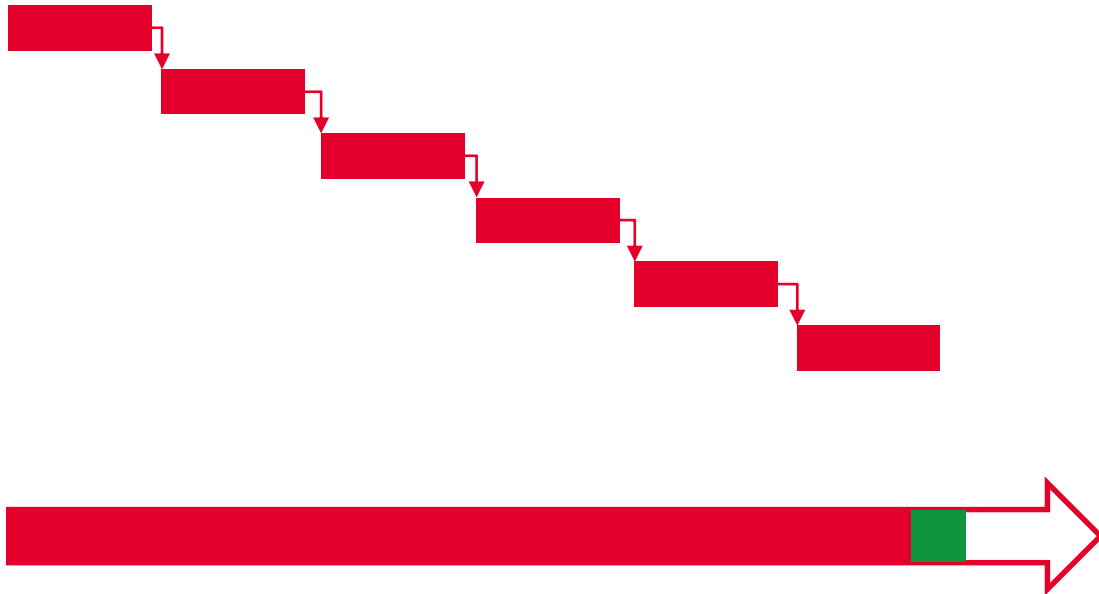


Quelle: <https://www.microtool.de/wissen-online/was-ist-agiles-projektmanagement/>

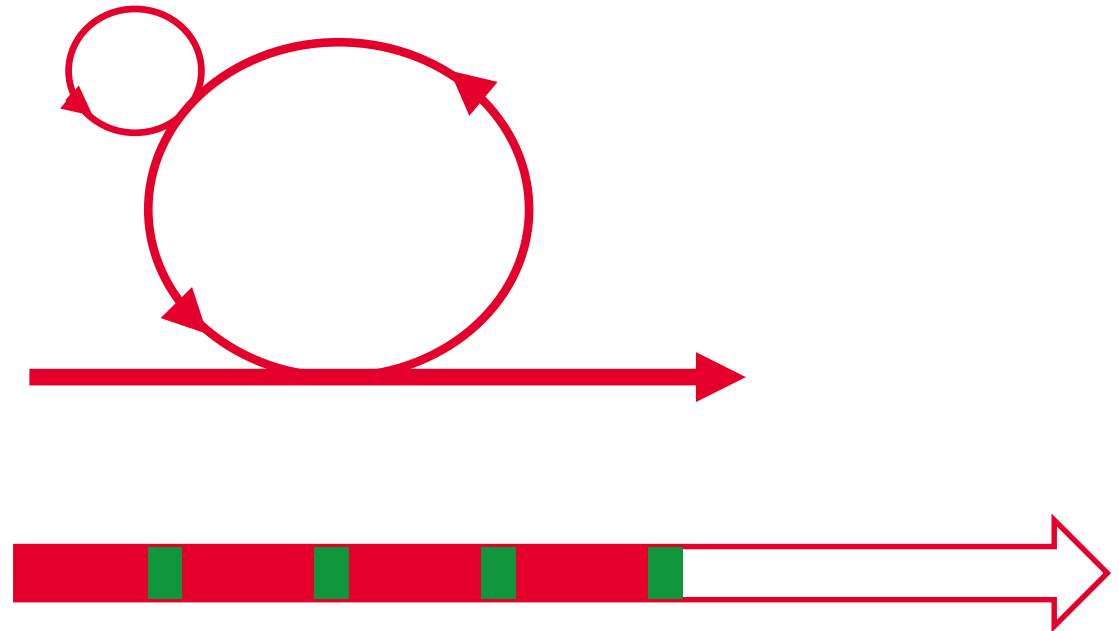
Das Ergebnis - Die Lösung

Zielplanung

- Klassisch: komplizierte Probleme und stabiles Umfeld
- Ergebnisse, Kosten, Termine, Personalbedarf am Anfang festgelegt
- Änderungen in der Projektabwicklung möglichst vermeiden, da sonst kostspielige Change-Requests drohen

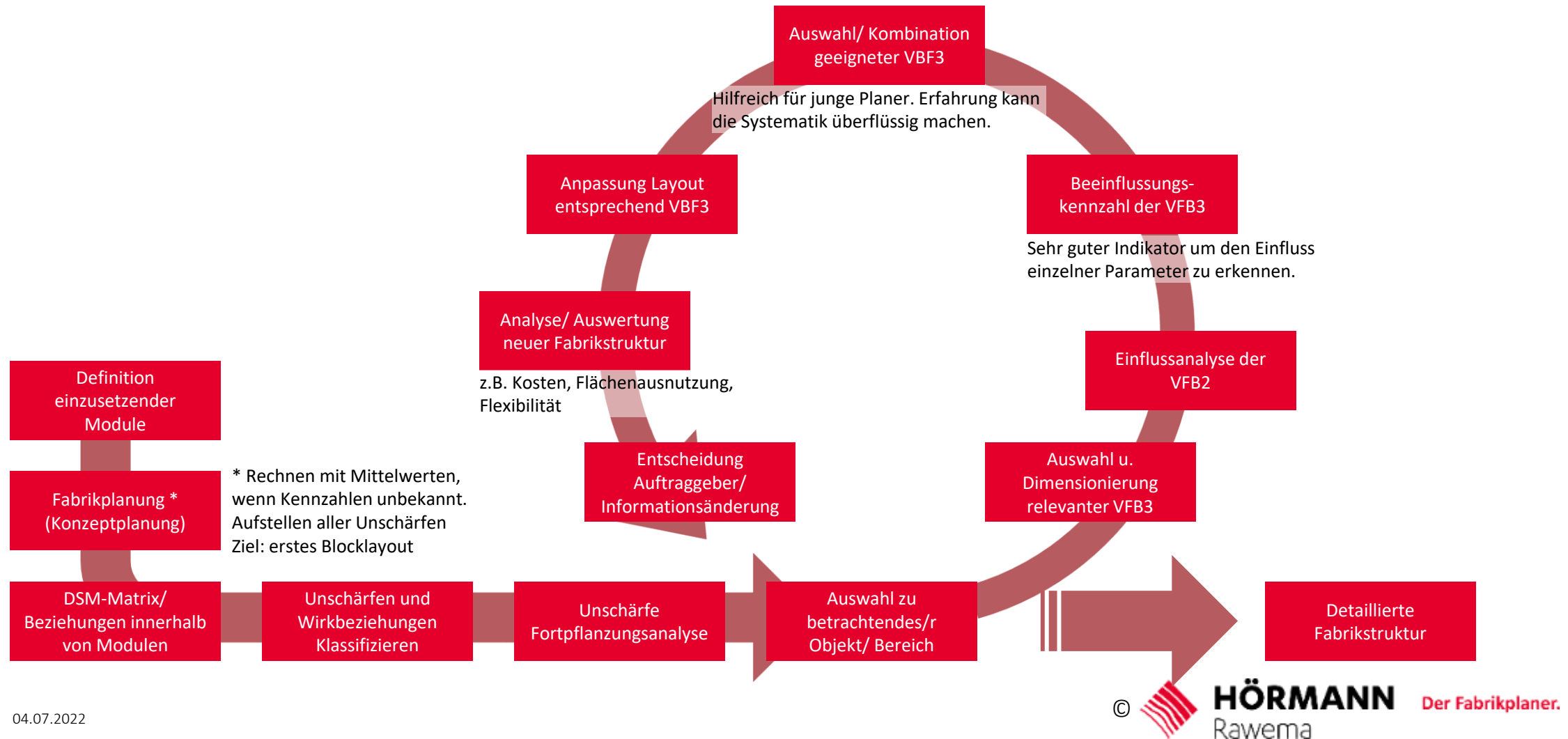


- Agil: komplexe Probleme und dynamisches Umfeld
- Fertigstellung eines potentiell lieferfähige Produkt- oder Projektinkrements nach jeder Iteration
- Änderungen können ohne Angst vor Zusatzkosten eingebracht werden



Das Ergebnis - Die Lösung

Zielplanung



Das Ergebnis - Die Lösung

Zusammenfassung



KMU taugliche verknüpfte Werkzeuge eines Zukunftsmarktes für:

- Nachhaltigkeit
- Materialfluss
- Absatz
- Planung



Vielen Dank an die SAB für die Förderung des Projektes sowie an alle Teilnehmer des Konsortiums von AgilPlanBZ für die spannende gemeinsame Zeit und wir freuen uns auf neue ggf. gemeinsame Projekte.

Fragen/ Diskussion





HÖRMANN
Rawema

Der Fabrikplaner.



Ihr Kontakt:

Benjamin Bielefeld

Geschäftsführer

Tel: +49 (163) 665 1242

Mail: benjamin.bielefeld@hoermann-rawema.de

HÖRMANN Rawema Engineering & Consulting GmbH

Brückenstraße 8 / 09111 Chemnitz

T +49 371 6512 0 / F +49 371 6512 380

info@hoermann-rawema.de

www.hoermann-rawema.de

www.der-fabrikplaner.de



HÖRMANN
Rawema

Der Fabrikplaner.