

Gesprächsprotokoll

Demographie:

Probandennummer: 5

Alter: 24

Geschlecht: ☒ männlich ☐ weiblich

Bildungsabschluss: M.Sc.

Studienfach: CIW

REI: Ressourceneffizienzindikatoren:

$$REI = \frac{\text{Ressourcen input}}{\text{Produkt output}}$$

Ressourcen[versch. Einheiten]:

Dampf, Strom, Kühlwasser, Prozesswasser, Rohstoffe, Hilfsstoffe

Produkte [kg]:

Produkte in Spezifikation

Erläuterung:

Der Indikator für sich selbst hat erst einmal keine Aussage. Er muss in Relation zu anderen Größen gesetzt werden.

Bsp: eine Reaktion verwendet 20kg Rohmaterial A um 10kg Produkt P und 10kg Abfall W zu erhalten $A \rightarrow P + W$

Der zugehörige Indikator wäre $REI = \frac{20kg}{10kg} = 2$ (Ist 2 ein guter Wert?)

Skalierte REI:

$$REI_{skaliert} = \frac{REI - REI_{schlecht}}{REI_{beste} - REI_{schlecht}}$$

0-1

REI : Derzeitiger Wert des REI

$REI_{schlecht}$: Schlechtest möglicher Wert des REI, z.B. aus einer Modellanalyse erhalten oder

schlechtest beobachteter Wert aus historischen Betriebsdaten.

REI_{beste} : Bestmöglicher Wert des REI, z.B. aus einer Optimierung erhalten oder

bester beobachteter Wert aus historischen Betriebsdaten.

Erläuterung:

Der Indikator wird gegen den bestmöglichen und schlechtest möglichen Wert referenziert um Indikator Werte zwischen 0% und 100% zu erreichen.

Bsp: selbe Reaktion verwendet 20kg Rohmaterial A



optimal:

stöchiometrische Umsatz (10kg P) $REI_{beste} = \frac{20kg}{10kg} = 2$

Schlechtest beobachteter Wert:

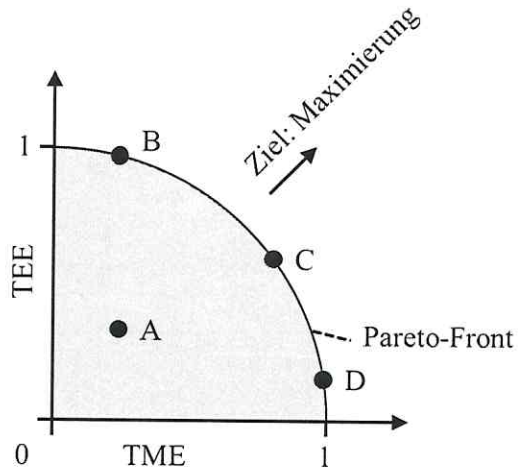
5kg P für den Fall, dass nur die Hälfte A umgesetzt wird: $REI_{schlecht} = \frac{20kg}{5kg} = 4$

Resultat (für REI = 2,5):

$$REI_{skaliert} = \frac{REI - 4}{2 - 4} = \frac{2,5 - 4}{2 - 4} = 75\%$$

Pareto-Fronten

In einfachen Optimierungsproblemen wird nur **eine Zielgröße** optimiert (z.B. Kosten). Da die Ressourceneffizienz mehrere Aspekte beinhaltet, ist es notwendig mehrere Indikatoren zu verwenden. Ein Verfahren, in dem **mehrere Zielgrößen** optimiert werden, nennt sich **multi-kriterielle Optimierung**.



In der neben stehenden Darstellung ist eine multi-kriterielles Optimierungsproblem für zwei Zielgrößen dargestellt.

- TEE ist die „Total Energy Efficiency“
- TME ist die „Total Material Efficiency“

Beide Größen sind hierbei nach dem zuvor beschriebenen Verfahren skaliert. Somit können nur Werte zwischen 0 und 1 angenommen werden (0%-100%). Die graue Fläche stellt die Menge der möglichen Betriebspunkte dar. Im Gegensatz zur eindimensionalen Optimierung gibt es mehrere,

(Pareto-)optimale Betriebspunkte. Die Menge aller Punkte, bei denen eine der Zielgrößen nicht mehr weiter verbessert werden kann, ohne mindestens eine Andere zu verschlechtern, nennt man **Pareto-Front**.

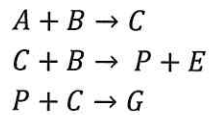
Somit ist Punkt A, im dargestellten Beispiel, suboptimal, da man z.B. die TME durch verschieben nach rechts verbessern kann ohne die TEE zu verschlechtern. Dieses **Konzept überträgt sich auch in höher dimensionale Beispiele**, ist dann jedoch nicht mehr einfach darzustellen.

Erläuterung:

Ziel der multi-kriteriellen Optimierung ist, die **Anlage auf der Pareto-Front zu betreiben**. Welcher der Pareto-optimalen Punkte zu wählen ist, muss durch weitere Kriterien entschieden werden (z.B. mindestens 80% Energieeffizienz). Diese Entscheidung soll dem User überlassen werden.

Williams-Otto-Reaktor (Batch)

Reaktionssystem:

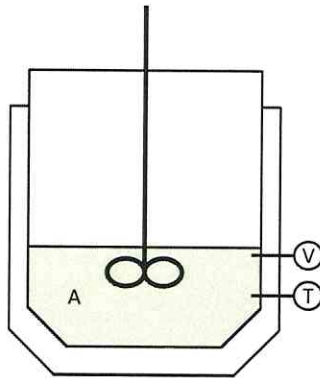


Rohmaterial: A und B
Zwischenprodukt: C
Produkte: E und P
Toxisches Nebenprodukt: G

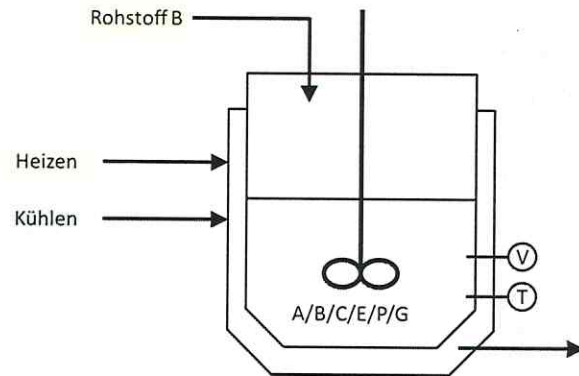
Semi-Batch Reaktor:

Der Reaktor wird im Semi-Batch betrieben (V – gefülltes Volumen; T – Reaktortemperatur).

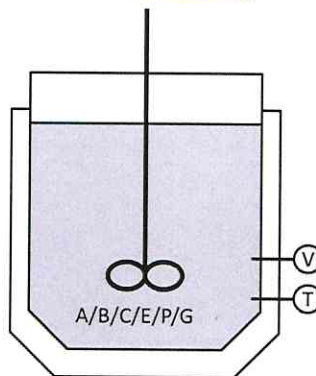
A wird vorgelegt



Inputs: Heizen, Kühlen, Feed B



Betrieb wird nach 1500s beendet.



Auf Basis der Zusammensetzung und dem Verbrauch von B, Heizmedium, und Kühlmedium nach 1500s werden die folgenden Indikatoren berechnet:

$$TEE = \frac{P+E}{\underbrace{Q_H+Q_C}_{\text{Heizmedium}} + \underbrace{Q_{\text{initial}}}_{\text{Kühlmedium}}}$$

$$ECO = \frac{P+E}{G}$$

$$TME = \frac{P+E}{A+B}$$

$$\text{Benefit} = \text{cost}_{\text{vector}} \cdot [A, B, C, E, G, P, Q_H, Q_C]^T$$

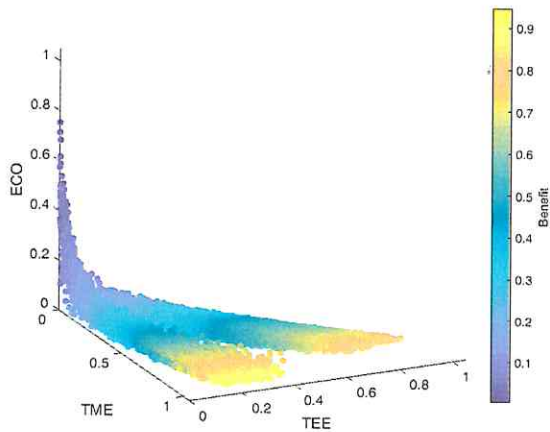
Lösungsraum und Pareto-Front William-Otto Semi-Batch-Reaktor:

Für dieses Beispiel existieren 4 Zielgrößen: **Benefit / TEE / TME / ECO**

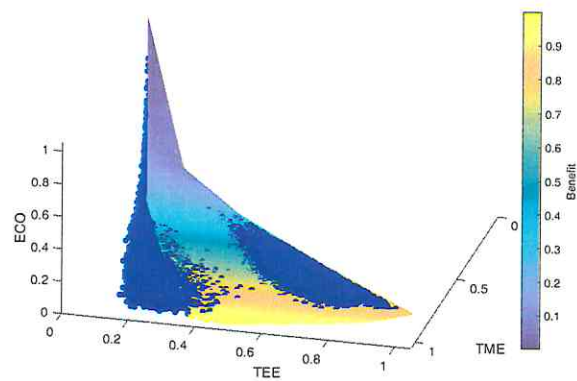
Somit ist auch der Lösungsraum und die Pareto-Front 4-dimensional:

Lösungsraum:

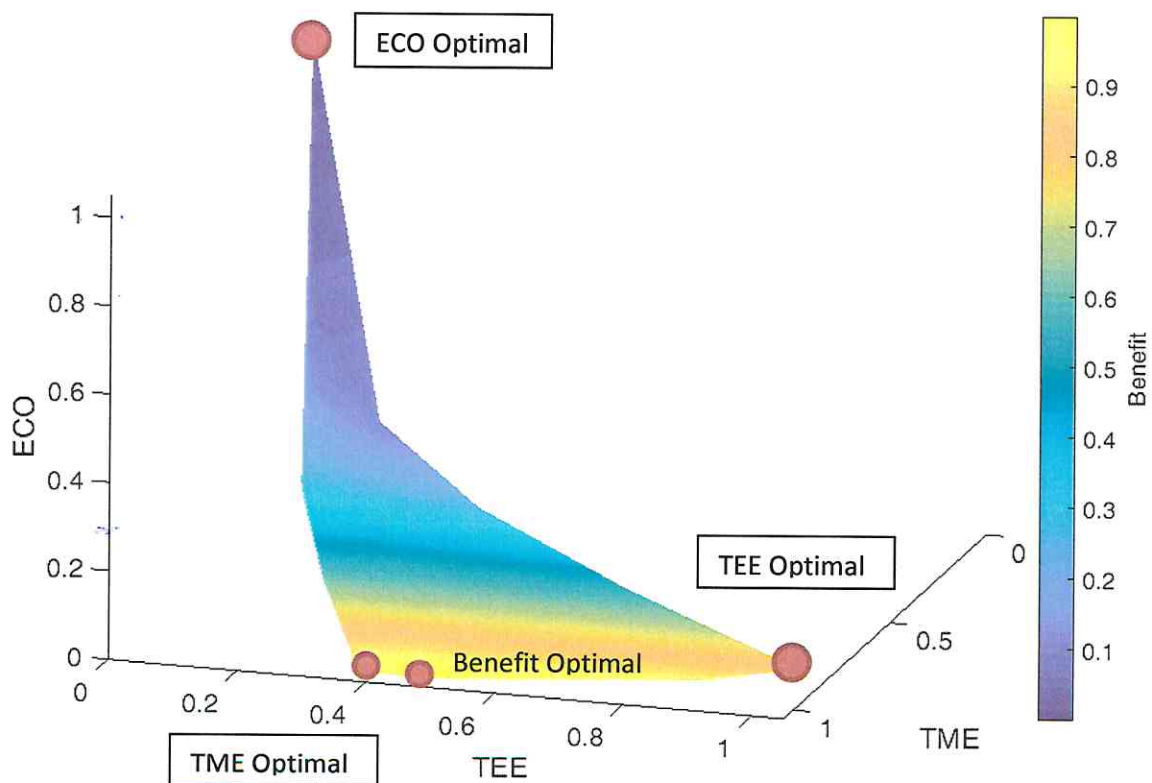
Randomisierte Inputs:



Randomisierte Inputs mit Pareto-Front:



Pareto-Front mit Individuellen Optima:



Interface Design

Aufgaben des Interfaces:

Derzeitigen Betrieb einordnen

Suboptimal/Pareto-Optimal

1

Navigation auf Pareto-Front

Mögliche Performance/Trade-offs

2

Systemverständnis/Entscheidungsunterstützung

Optimale Inputs für Zielperformance,
Einfluss auf REI erkennen

3

- Welche Informationen werden hier im Allgemeinen gebraucht?
- Wie könnte ein erster Entwurf aussehen?

① - Tabellen Darstellung, statischer Daten
verschiedene Batches vgl

- Vgl. derzeit

- nächste P-O

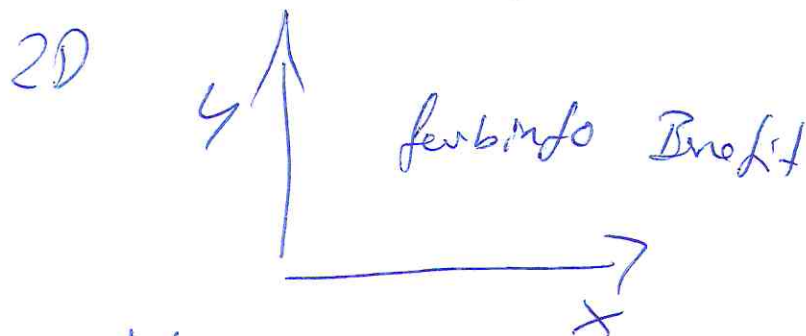
- einzeln optimiert

- Apriori def. Optim. ✓ favorit

② ~~2~~ Tabelle mit letzten Batches
Verlauf der Batches
⇒ mehr Informationen

- Welche Informationen werden hier im Allgemeinen gebraucht?
- Wie könnte ein erster Entwurf aussehen?

- Vereinfachen: 4D \rightarrow 3D reduction
 \rightarrow durch festes Verhältnis vorgeben

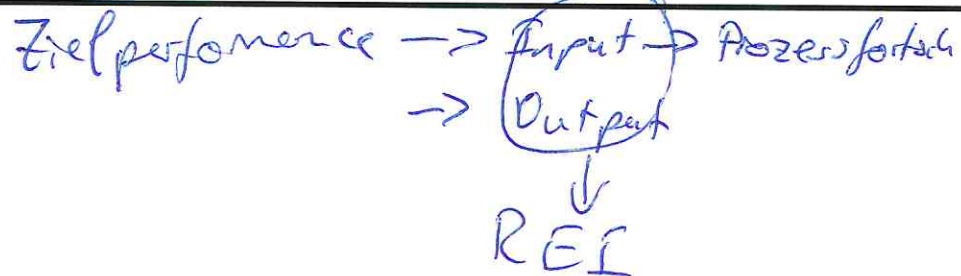


- Navigation durch Linie
im 2D Plot

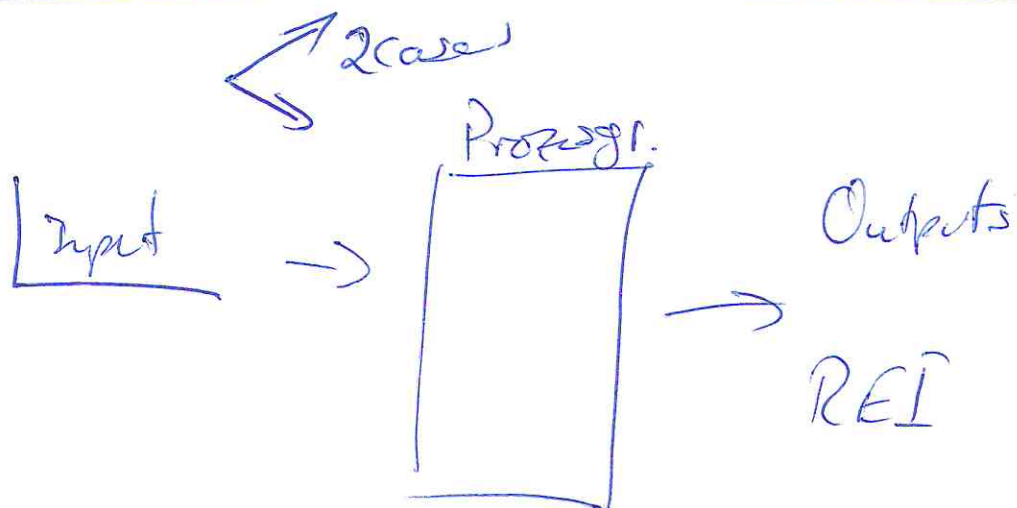
Mehr Dimensionen?

- die zwei wichtigsten wählen
 \rightarrow rest festsetzen

- Welche Informationen werden hier im Allgemeinen gebraucht?
- Wie könnte ein erster Entwurf aussehen?



graphisch - Input \rightarrow 2 cases
- REI \leftarrow
 \rightarrow Konz/umsatz \rightarrow



Monitoring

Das Monitoring wird in unserem Entwurf durch zwei Elemente realisiert, einer Tabelle und einem BulletChart.

Tabelle

Zuerst wird die Tabelle betrachtet. In ihr sind in der ersten Spalte die verwendeten REI aufgeführt. In der zweiten Spalte ist der maximale Abstand des jeweiligen Indikators zur Pareto-Front aufgeführt, wenn nur in Richtung dieses Indikators optimiert würde.

BEN	-64.4%	-10%
TEE	-55.8%	-8%
TME	-73.5%	-15%
ECO	-92.1%	-0.1%

- Was ist dein erster Eindruck? Welche Unterschiede fallen dir zu deiner Vorstellung auf?
- Alternativ kann der nächstgelegene Punkt auf der Pareto-Front als Referenz verwendet werden. Was ist deine Meinung dazu?
- Anstelle der Abstände kann auch das Einsparpotential verwendet werden. Was ist deine Meinung dazu? Was würdest du darstellen?
- Was sind deine Ideen oder Vorschläge bezüglich der Tabelle?

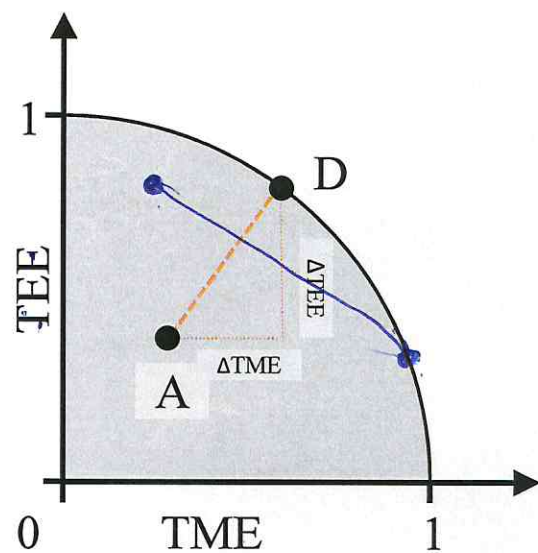
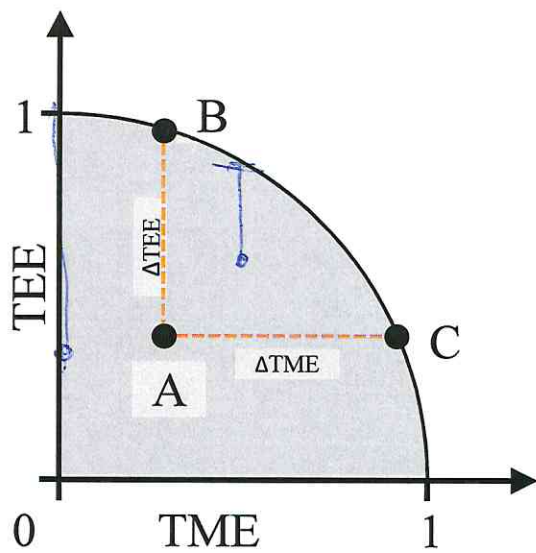
- *Apriori Fall wählen: mit Produktionsplan*
⇒ Management entsch.
"länger Horizont als Forecast"

- *"Einspar Potential" in grün darstellen*

Erläuterung:

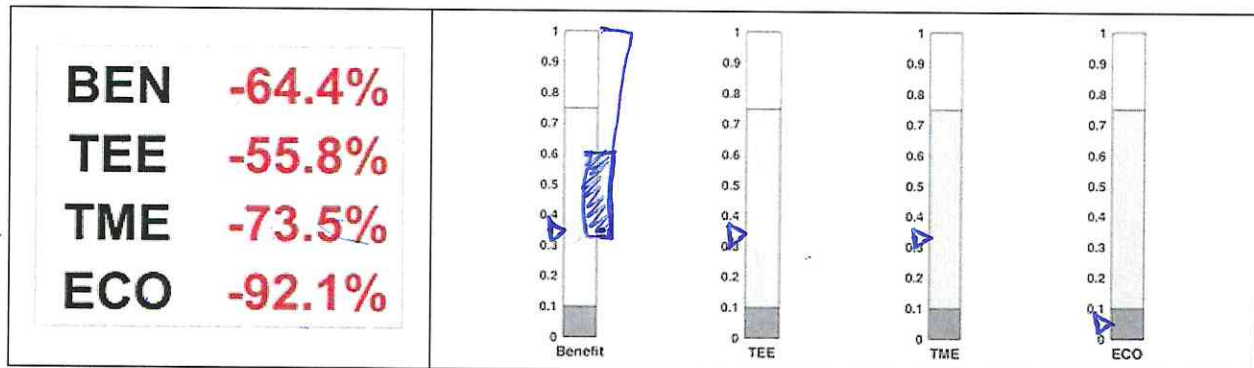
Die linke Darstellung verdeutlicht den momentan gewählten Ansatz, bei dem nur in Richtung eines Indikators optimiert wird. Die anderen Indikatoren bleiben konstant.

Die rechte Darstellung verdeutlicht eine weitere Möglichkeit. Hier wird der nächstgelegene, Pareto-optimale Punkt mit dem geringsten Abstand zum aktuellen Betrieb ausgewählt.



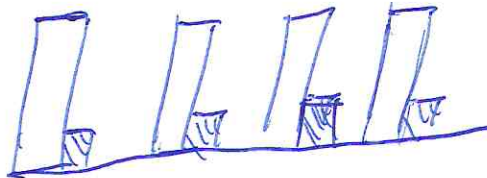
BulletChart

Als zweites Element werden BulletCharts verwendet. Je Indikator existiert ein BulletChart, in dem der absolute Wert markiert ist.



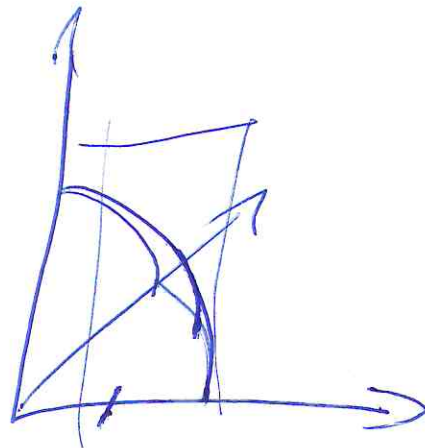
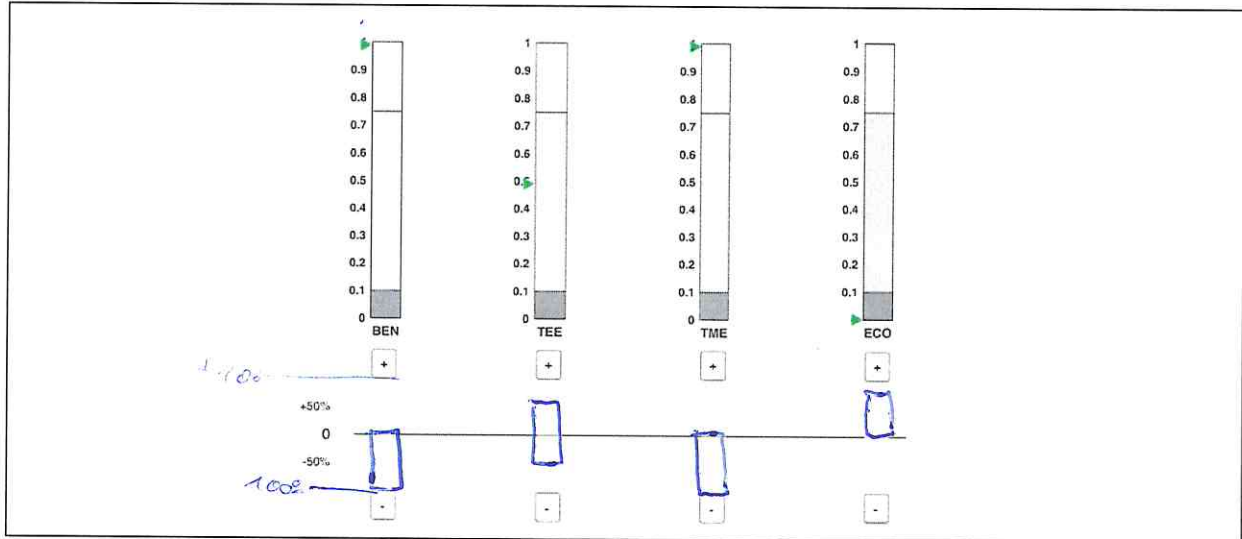
- Benötigt man die Absolut-/Relativwerte? Wird der Zusammenhang deutlich?
- Wie würdest du die Elemente anordnen?
- Was findest du ansprechend oder was nicht? Würdest du etwas ändern?

OK



Decision Support

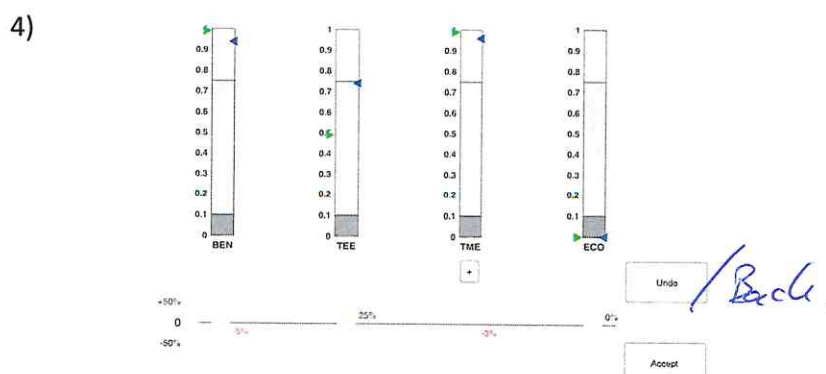
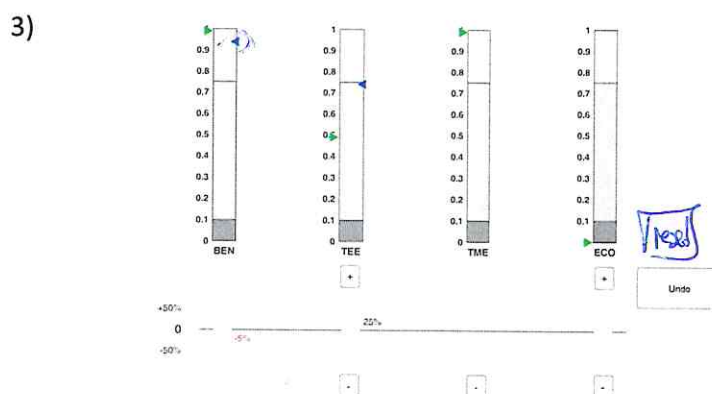
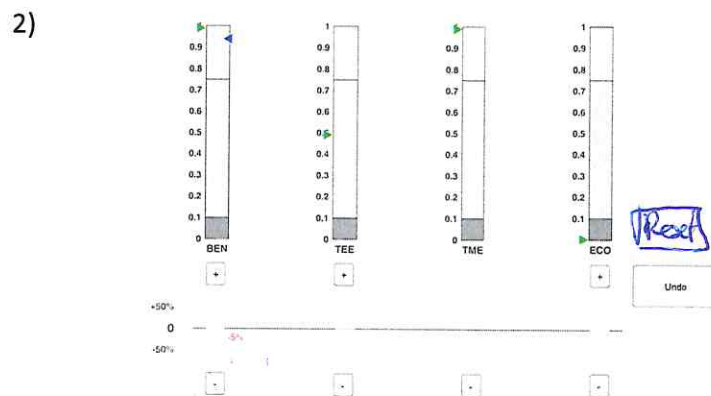
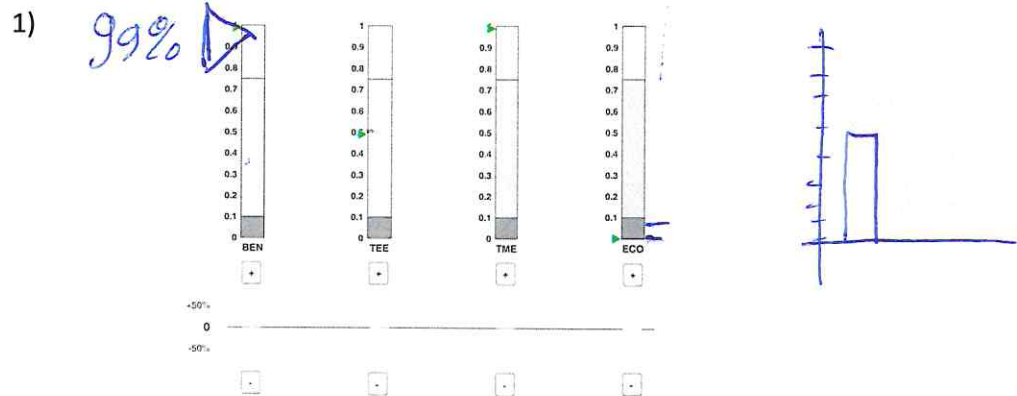
Für den Decision Support wird ebenfalls das BulletChart in Verbindung mit einem Auswahltool verwendet. Die aktuellen Pareto-optimalen Werte sind im BulletChart dargestellt. Mithilfe der verschiedenen Buttons können die gewünschten Werte der REI nacheinander eingestellt werden. Die hellgrauen Balken stellen den möglichen Auswahlbereich dar. Sobald ein Wert festgelegt wird, wird dieser Wert ebenfalls im BulletChart angezeigt (Blaues Dreieck). Die Auswahlbalken passen sich automatisch an. Sind alle REI festgelegt, erscheint ein „Accept“-Button. Zusätzlich ist ein „Undo“-Button vorhanden, um den zuletzt festgelegten REI wieder freizugeben.



Erläuterung:

Im Folgenden ist der Auswahlprozess exemplarisch dargestellt. Die einzelnen Performancekriterien werden in diesem Fall in der Reihenfolge von links nach rechts eingegeben. Prinzipiell ist die Reihenfolge, also die Priorisierung der einzelnen Kriterien frei wählbar.

Beispielauswahlprozess:

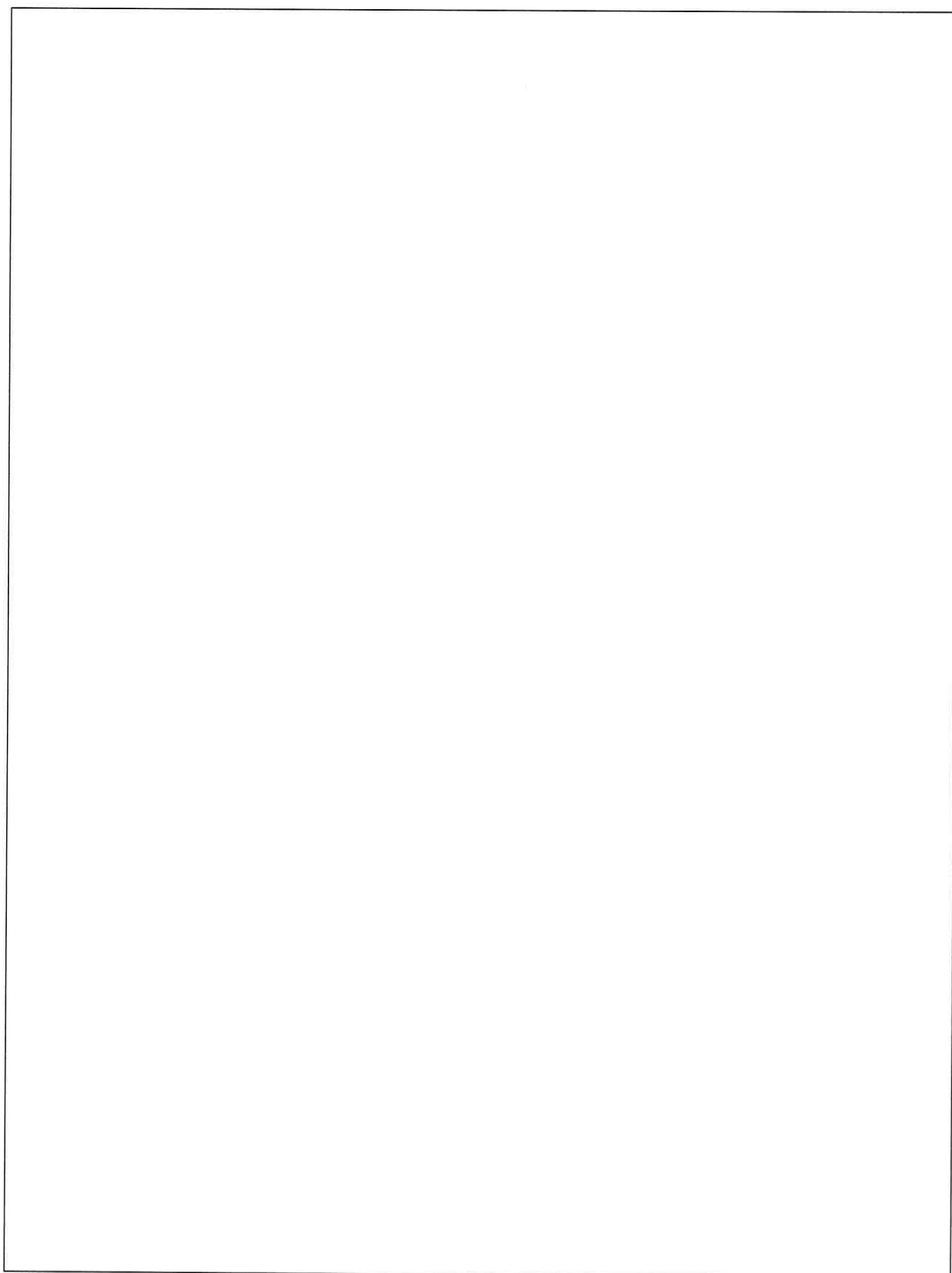


- Wie ist der erste Eindruck? Gibt es Unterschiede zur eigenen Vorstellung?
- Ist die Funktionsweise verständlich? Ist die Doppelverwendung des BulletChart verständlich?
- Wie ist die Skalierung? Sind die Grenzen deutlich?

- Gemälte Version ist besser als Darstellung in Plot (Fläch ...)
- Skalierbarkeit für noch mehr Indikatoren
- Grenzen gut
- Skalierung geht besser
→ evtl. macht Skalierung Sinn wie erklärt

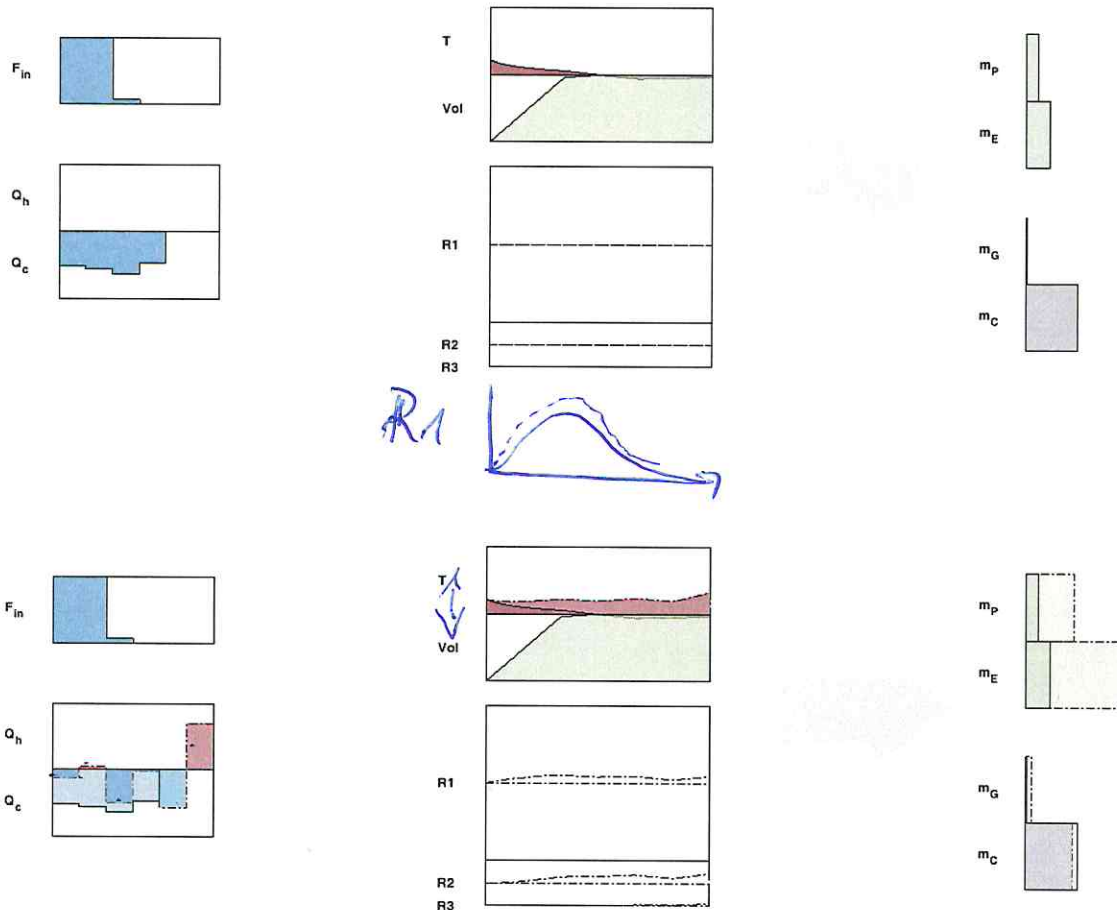
- Ist die Auftrennung zwischen BulletChart und Auswahltool verständlich und ansprechend? Oder sollte das Auswahltool in das BulletChart integriert werden?
- Sind die Buttons gut gewählt? Fehlt etwas oder ist etwas überflüssig?
- Ist die Anordnung gut gewählt? Gibt es insgesamt ästhetische Verbesserungsvorschläge?
- Gibt es allgemeine Vorschläge?

- Darstellung -> deutlich größer
 - Anzeige numerischer Wert
- Rest OK



Systemverständnis

Sobald im oben dargestellten Auswahltool ein Betriebspunkt ausgewählt wurde, werden die Prozessgrößen für den ausgewählten Punkt im Vergleich zu den derzeitigen Betriebsparametern dargestellt. Dies soll zum einen dazu dienen die notwendigen Profile für die Inputs (Heizen, Kühlen, und Feed B) darzustellen und zum Anderen erläutern warum die entsprechenden Eingriffe die gewünschten Änderungen der Performanceindikatoren (Benefit + REI) zum Resultat haben.



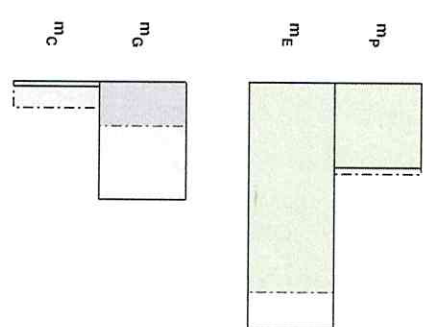
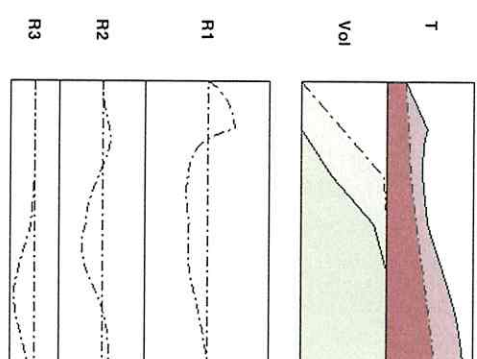
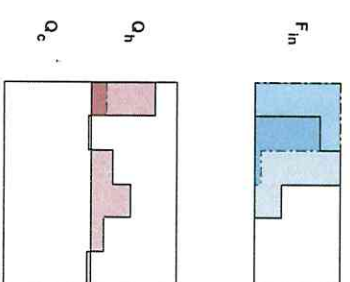
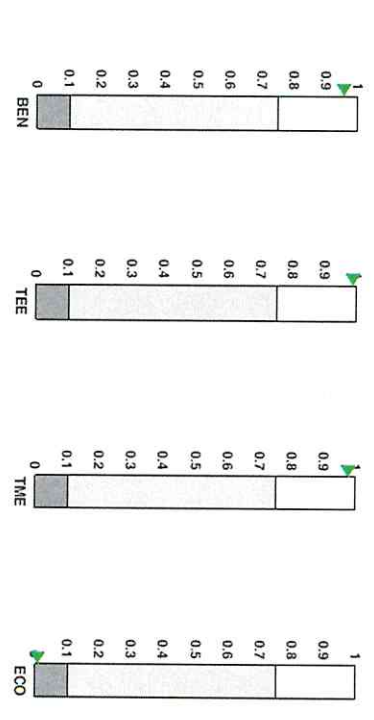
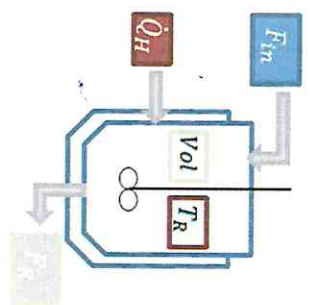
- Sind die Inputs und Outputs gut dargestellt?
- Korrelation der Indikatoren zu den Prozess Inputs und Outputs verständlich um Kausalkette herzustellen
 - o Schritt 1: Wie wirken sich die Inputs auf das Temperaturprofil und somit auf die Reaktionsführung aus?
 - o Schritt 2: Wie verschiebt sich der Output entsprechend aus der geänderten Prozessführung?
 - o Schritt 2: Verständnis warum die resultierenden Änderungen der Inputs und Outputs die dementsprechenden Änderungen in den Indikatoren hervorrufen.
- Sollte man die Indikatoren zusätzlich mit Berechnungsformel darstellen?
- Gibt es andere Vorschläge?

> ~~Input~~

- Indikator Gleichungen nicht anzeigen
- Tooltip der Gleichungen
- Anzeige Input schraffieren
jetzt → solid
bessere → schraffiert

BEN	-64.4%
TEE	-55.8%
TME	-73.5%
ECO	-92.1%

$A + B \rightarrow C$
 $C + B \rightarrow P + E$
 $C + P \rightarrow G$



Gesamtes Interface:

- Ist die relative Anordnung der Elemente zueinander optimal?
- Fehlen wichtige Informationen im Interface?
- Ist es sinnvoll alle drei Funktionen in einem Interface zu integrieren?
- Generelle Anmerkungen?

— Absolute Produkt Werte

↳ buch Feed Herzlich

— Zeit skalen