

OPENing Re-Use: Evaluierungsbericht

Im Rahmen von AP5 wurden die Lösungsansätze zur optimierten Re-Use-Dispositionsplanung, die Pilotumgebungen, sowie der in der Pilotumgebung implementierte Lösungsansatz evaluiert. Basis dafür war der Evaluierungsleitfaden aus AP2.

Evaluierung der Lösungsansätze zur optimierten Re-Use-Dispositionsplanung

Als vielversprechendster Lösungsansatz für die Re-Use-Dispositionsplanung wurde die diskrete, ereignisorientierte Simulation (DES) identifiziert und ausgewählt. Aufgrund der unvorhersehbaren Natur des Systems – induziert durch eine hohe Anzahl an stochastischen Variablen und der schwierigen Definierbarkeit mancher Variablen – waren andere Methoden wie etwa ein Integer Linear Programming-Ansatz oder ähnliches Ansätze nicht geeignet, um der Komplexität in der Re-Use-Planung gerecht zu werden. Zwar führt DES per se nicht zu optimierten Ergebnissen, allerdings ermöglicht eine Evaluierung von verschiedenen Szenarien eine Verbesserung durch die Kombination von Simulation mit Heuristiken/Optimierungsverfahren erreicht.

Somit können durch die Simulation verschiedener Szenarien gut funktionierende, flexible und an die Organisation angepasste Dispositionsstrategien ermittelt werden. Insbesondere über die Zeit hinweg wechselnde Voraussetzungen in Bezug auf (Timing, Qualität, Quantität der) Gebrauchtprodukte und die Organisationsstruktur (wie etwa zusätzliches Personal oder Equipment) können berücksichtigt werden. Eine adaptierte Dispositionsplanung kann im Vorhinein unter Verwendung einer adaptierten Simulationsumgebung getestet und somit ein "Trial-and-Error"-Ansatz in der Praxis vermieden werden. Neben klassischen logistischen Indikatoren für die Performance-Messung eines Simulationslaufs wie Kapazitätsauslastung, Lagerstand oder Durchlaufzeit können zukünftig auch Abschätzungen über ökologische oder soziale Auswirkungen durch die Integration von einem oder mehreren KPI(s) vorgenommen werden.

Der gewählte Lösungsansatz zeichnet sich auch durch eine möglichst einfache Konfiguration bei gleichzeitiger Beibehaltung der maximalen Flexibilität in Bezug auf die Anpassung an organisationsspezifische Re-Use-Prozesse aus. Dies wird durch den Einsatz von fertig programmierten, parametrisierbaren Modulen für einzelne Prozessschritte (Akquisition von Gebrauchtprodukten, Grading, Disposition, ...), die typischerweise im Re-Use-Bereich auftreten, sichergestellt. Die Module wurden dabei sowohl aus der aktuellen Re-Use-Literatur als auch aus den detaillierten Prozessbeschreibungen von Compuritas und R.U.S.Z abgeleitet und als technische, aber lesbare Prozess-Stories erarbeitet und dokumentiert. Diese Module können unter Verwendung eines Tabellenkalkulationsprogramms aktiviert und mit Werten versehen werden. Auch wenn Spezialfälle weiterhin extra programmiert werden, können somit Standard-Re-Use-Prozesse sehr schnell entworfen und erstellt werden.

Die erstellte Simulation wurde auf Basis realer, in den Pilotumgebungen erhobener Daten beider Unternehmen kontinuierlich parametrisiert und systematisch verifiziert und validiert. Die Verifikation bezieht sich auf den Prozess, bei dem überprüft wird, ob das Modell korrekt implementiert wurde. Die Validierung ist der Prozess, bei dem überprüft wird, ob das Modell tatsächlich das System angemessen abbildet. Hierfür kamen typische Verifikations- und Validierungsmethoden für DES zum Einsatz: (1) Modellverifikation durch strukturelle und logische Prüfungen, Code-Reviews und Plausibilitätschecks der Ereignislogik; (2) Datenvalidierung via Konsistenz-, Vollständigkeits- und Ausreißeranalysen sowie gezielte Nachschulungen der Datenerhebungsteams; (3) Output-Validierung durch Abgleich simulierter Kennzahlen mit beobachteten Prozesswerten (z. B. Durchlaufzeiten, Kapazitätsauslastung) und Sensitivitätsanalysen zentraler Parameter; (4) Face-Validation in Workshops und Interviews mit Fachexpert:innen beider Unternehmen. Zusätzlich wurden Entscheidungen mit und ohne Tool-

Einsatz verglichen, um die Entscheidungsgüte, Robustheit und operative Anschlussfähigkeit der Simulationsergebnisse zu bewerten. Die Expert:innen der Unternehmen schätzten die modellierten Prozesse als valide ein.

Als Programmierumgebung wurde SimPy ("Simulation in Python"), ein prozessbasiertes, ereignisdiskretes Simulationsframework, das auf der Programmiersprache Python basiert, zur Entwicklung der Simulation ausgewählt. SimPy wird als Open-Source-Software unter der MIT-Lizenz veröffentlicht und ermöglicht somit eine Verbreitung des Planungswerkzeugs als kostenfreies, den Re-Use-Betrieben einfach zugängliches Tool - was auch dem Projektgrundgedanken entspricht. Zwei weitere Gründe sprechen für den Einsatz von SimPy: Einerseits erleichtert die weite Verbreitung von Python den Einsatz, da die zur Erstellung von Simulationen notwendigen Python-Programmierkenntnisse recht einfach selbst erworben bzw. zugekauft werden können, andererseits können andere Python-Bibliotheken - und hier insbesondere Machine Learning- und Datenanalyse-Pakete oder solche zur Integration von Deep Learning-Ansätzen - einfach in die Simulationsumgebung eingebunden werden.

Evaluierung der Pilotumgebungen

Das vorrangige Ziel der Evaluierung der Pilotumgebungen war die Sicherstellung von deren Funktionsfähigkeit: Dies umfasst sowohl die physische und soziale Arbeitsumgebung als auch eine potenzielle Digitalisierung, d.h. (1) ob die vorhergesehenen Dispositionsoptionen (Refurbishment, Ersatzteilgewinnung, etc.) aus technischer und ökonomischer Sicht in den Pilotumgebungen sinnvoll umsetzbar sind, (2) ob die Informationssysteme verwertbare Daten in erforderlicher Quantität / Qualität liefern, die im Lösungsansatz zur verbesserten Dispositionsentscheidung verwendet werden können, und (3) ob die Pilotumgebungen einsatzfähig und effektiv sind – insbesondere bei der Verarbeitung von Planungsergebnissen.

Im Zuge der Evaluierung zeigte sich, dass die in den Unternehmen vorhandenen Daten nicht ausreichen, um den Lösungsansatz fundiert zu unterstützen. Deshalb wurden neue Prozesse und Datenerhebungswerkzeuge eingeführt, um zusätzliche und qualitativ bessere Daten zu erfassen – etwa präzise Zeitangaben zu einzelnen Prozessschritten (aufbauend auf Prozessanalysen in AP2). Beide Unternehmen entwickelten hierfür Datenerhebungsinstrumente mit Google Forms, die mehrfach im Hinblick auf Benutzerfreundlichkeit und Zielgenauigkeit überprüft und optimiert wurden. Zudem wurden Testdatensätze erstellt und hinsichtlich ihrer Qualität (technische Verwendbarkeit, Vollständigkeit, Aussagekraft) bewertet, um die mit der Datenerhebung betrauten Mitarbeiter:innen gezielt nachschulen zu können. Die Rückmeldungen aus diesen Bewertungen flossen kontinuierlich in die Weiterentwicklung der Datensammlung ein.

Bei RUSZ entstand eine Pilotumgebung, die auf digitaler Ebene die Prozesse für Re-Use von Kaffeemaschinen dokumentiert, wodurch sowohl die Verbesserung des Dispositionswerkzeugs durchgeführt als auch die Validierung der Simulation in Bezug mit den tatsächlichen Re-Use-Abläufen gesetzt werden kann. Nach mehreren Feedbackschleifen wurde im Dezember 2024 das finale Datenerhebungssystem in Betrieb genommen, wobei aber auch vor diesem Zeitpunkt gesammelte Daten für die Simulationen herangezogen werden können. Besonderes Augenmerk verdient die Referenzierung der (Kosten-)Parameter zwischen Reparatur (Reparaturkosten und Ersatzteile) und Re-Use (interner Kostensatz für Arbeitsstunden, Ersatzteile): indem diese zusammengeführt und verglichen wurden, dienten diese zur Validierung der Reparaturdaten - aus den bestehenden und zukünftig potenziell gesammelten Re-Use-Daten können auch nach dem Projekt Daten für das Tool und die interne Analyse von Re-Use-Prozessen gewonnen werden. Bei COMP startete im Mai 2024 die aktive Datenerfassung mit kontinuierlicher Auswertung und Prozessoptimierung. Die Pilotumgebung ermöglicht erstmals eine systematische Erfassung und Auswertung der Prozessdaten, was zu einer verbesserten Dispositionsplanung und Prozesssteuerung führte. Die gesammelten Daten wurden aufbereitet und für die weitere Entwicklung von Dispositionslösungen zur Verfügung gestellt. Aus der Analyse der Daten haben sich

laufend Optimierungspotenziale ergeben, die in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess zusammen mit den Mitarbeiter:innen umgesetzt wurden.

1	Zeitstempel	Start des Protokolls / der Geräteanalyse	Interne ID	Marke	Modell	Type	Foto Typenschild	Baujahr (geschätzt)	Neupreis (geschätzt)	Modell noch lieferbar?	Äußerlicher Zustand	Teil
2	16.10.2024 15:52:47	14:45:00	32354385	Philips		EP2230	https://drive.google.com		420	Ja	leichte Mängel	Kalt
3	18.10.2024 13:56:24	13:30:00	32354393	Saeco	Intella	HD8751	https://drive.google.com		500	Ja	verwendet, keine Mängel	Brüh
4	21.10.2024 13:31:37	13:20:00	32354415	Jura	Impressa J5	652 A1	https://drive.google.com		1000	Nein	verwendet, keine Mängel	Brüh
5	21.10.2024 14:16:33	14:00:00	32354458	DeLonghi	PrimaDonna XS	ETAM 36.365 MB	https://drive.google.com		700	Nein	verwendet, keine Mängel	Aufs
6	25.10.2024 09:00:20	09:25:00	32354471	Saeco	Incanto	SUP 021Y	https://drive.google.com	01.01.2009	400	Nein	schwere Mängel	Kalt
7	25.10.2024 11:21:58	08:30:00	32354431	Jura	A1		https://drive.google.com	01.01.2019	700	Nein	leichte Mängel	Was
8	25.10.2024 14:08:44	13:00:00	32354412	Melitta	Caffeo Barista TS	FB5/G-101	https://drive.google.com	01.01.2021	850	Ja	neu - mit Fehlern	Brüh
9	04.11.2024 15:44:30	15:00:00	32354479	Saeco	Vienna deluxe	SUP18C	https://drive.google.com	01.01.2003	460	Nein	leichte Mängel	Kalt
10	05.11.2024 14:09:39	14:00:00	32354600	Siemens	EinbauKaffeemaschine	EF688/03	https://drive.google.com	01.01.2011	1500	Nein	leichte Mängel	Kalt
11	07.11.2024 11:38:43	14:00:00	32354600	Siemens	EinbauKaffeemaschine	EF688/03	https://drive.google.com	01.01.2011	1500	Nein	verwendet, keine Mängel	Kalt
12	07.11.2024 11:46:30	11:40:00	32354494	Philips		EP3500	https://drive.google.com	01.01.2017	450	Nein	verwendet, keine Mängel	Brüh
13	11.11.2024 14:13:28	13:20:00	32354415	Jura	Jura Impressa J5	652 A1	https://drive.google.com	01.01.2007	1200	Nein	leichte Mängel	Brüh
14	11.11.2024 15:02:48	14:15:00	32354565	Siemens	EQ.6	CTES32X	https://drive.google.com	01.01.2017	700	Nein	verwendet, keine Mängel	Brüh
15	12.11.2024 11:05:04	20:40:00	32354606	DeLonghi	Magnifica	ESAM3300.B	https://drive.google.com	01.01.2015	300	Nein	verwendet, keine Mängel	Steu
16	12.11.2024 11:50:31	11:10:00	32354620	DeLonghi	Magnifica S	ECAM 22.110.5B	https://drive.google.com	01.01.2017	300	Nein	verwendet, keine Mängel	Fehl
17	12.11.2024 12:46:22	11:50:00	32354577	Jura	Impressa E55f	625 D1	https://drive.google.com	01.01.2006	770	Nein	verwendet, keine Mängel	Fehl

Abbildung 1: Ausschnitt aus Datensatzsammlung (RUSZ)

Evaluierung des in der Pilotumgebung implementierten Lösungsansatzes

Analog zum Projektantrag hat sich das Konsortium auf ein formatives, vierstufiges Implementierungs- und Evaluierungsverfahren geeinigt:

1. Offline-Testung ohne Mitarbeiter:innen
2. Offline-Testung mit Mitarbeiter:innen (aber entkoppelt vom operativen Tagesgeschäft)
3. Offline-Testung mit Feedback zur Verbesserung
4. Paralleles Einsetzen des Planungstools im operativen Tagesgeschäft

Für die Implementierung des in den Pilotumgebungen eingesetzten Lösungsansatzes wurden insgesamt 17 Interviews mit Mitarbeiter:innen der Partnerunternehmen sowie am Projekt beteiligten Personen durchgeführt (Stufe 1, 2 und 3). Dabei wurden Beschäftigte aller hierarchischen Ebenen einbezogen, um die Akzeptanz des Tools möglichst umfassend zu erfassen. Zusätzlich wurden Entscheidungen mit und ohne Einsatz des Tools miteinander verglichen.

Um eine unabhängige Perspektive in die Evaluierung einzubringen, wurde ein externer Forscher hinzugezogen. Dieser wirkte bei einem Großteil der Interviews mit Mitarbeiter:innen als Co-Interviewer mit, um eine objektive Einschätzung sicherzustellen. In mehreren iterativen Feedback-Schleifen wurde der in der Pilotumgebung implementierte Lösungsansatz (Excel-Tool als Prototyp) kontinuierlich weiterentwickelt.

Aufgrund des Ausscheidens von R.U.S.Z aus dem Projektkonsortium verlagerte sich der Fokus ab Juli 2025 stärker auf den Prototypen für Compuritas bzw. auf eine allgemein einsetzbare, nicht branchenspezifische Variante. Für Compuritas entstanden im Verlauf des Projekts insgesamt 23 Versionen des Prototyps, die jeweils Verbesserungen gegenüber der Vorgängerversion darstellten. Der Prototyp wurde von Compuritas parallel bereits als Planungstool im operativen Tagesgeschäft genutzt.