

20. ASIM-Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik

Einsatz von Process-Mining zur Verifikation und Validierung von Simulationsmodellen in Produktion und Logistik

Felix Özkul, Robin Sutherland, Sigrid Wenzel und Sven Spieckermann

15.09.2023



Inhalte

- 1 Ausgangssituation und Motivation
- 2 Beschreibung des Process-Mining-Einsatzes
- 3 Fallstudienbasierte Szenarien & Anwendungsrahmen
- 4 Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick



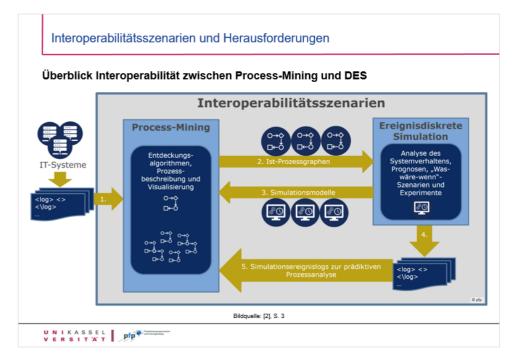


Ausgangssituation und Motivation

Motivation und Fokus

 V&V in der Praxis oftmals aufwändig, daher oftmals zu pragmatisch durchgeführt [1]

 Prüfung von Process-Mining als (unterstützende) V&V-Technik



Idee: Nutze Process-Mining, um System- und Modellverhalten auf Basis operativer und simulationsgenerierter Daten gegenüberzustellen, um Abweichungen aufzudecken



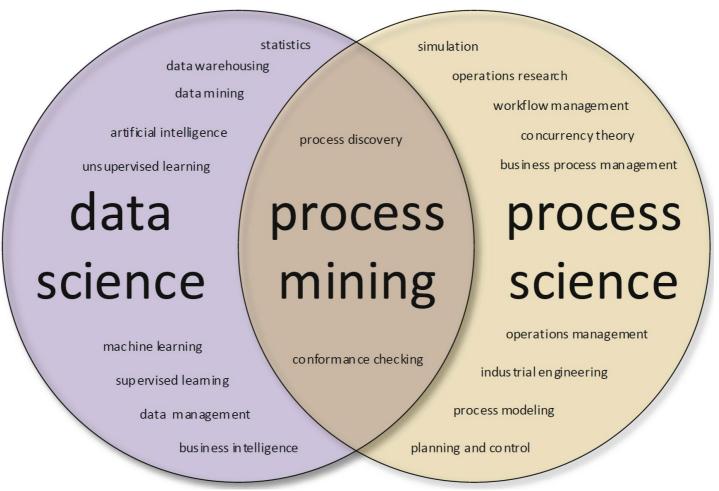
Inhalte

- 1 Ausgangssituation und Motivation
- 2 Beschreibung des Process-Mining-Einsatzes
- 3 Fallstudienbasierte Szenarien & Anwendungsrahmen
- 4 Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick





Methodische Einordnung des Process-Minings

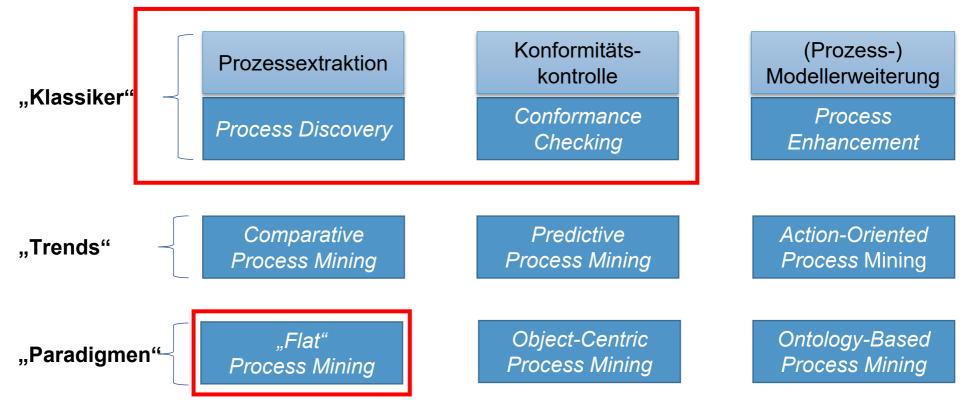








Übersicht über Process-Mining-Arten ([3-6])





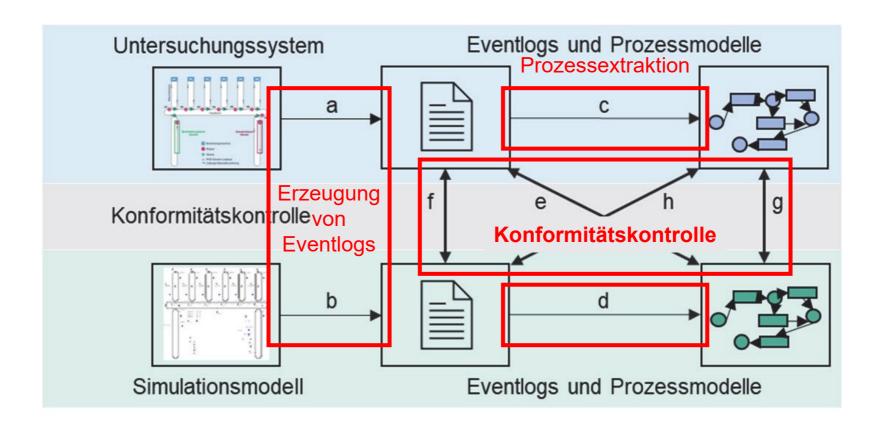
Ziel und Charakteristiken der relevanten Process-Mining-Arten [3,4,7]

- Verbesserung operativer Prozesse durch die systematische Nutzung von Ereignisdaten
- Anwendung von Algorithmen zur Extraktion (*Discovery*) (semi)-formaler Prozessmodelle wie bspw. Workflow-Netzen (Petri-Netzen) oder BPMN-Modellen
- Gegenüberstellung von Prozessmodellen und protokolliertem Systemverhalten mithilfe von Kontrolltechniken (Conformance Checking)
- Voraussetzung: Vorhandensein operativer strukturierter Daten in Form von Ereignislogs

#	Zeitstempel Auftrag		Aktivität	Ressource	ObjTyp
0	22-12-15 11:52:31	1	"log_an_Quelle"	Bereitstellungsband	A
1	22-12-15 11:52:41	2	"log_an_Quelle"	Bereitstellungsband	C
2	22-12-15 11:52:43	1	"log_an_H1"	H1	A
	•••		•••		
n	22-12-15 12:56:23	m	"log_an_Senke"	Entnahmeband	В



Gegenüberstellung von Simulationsmodell- und Untersuchungssystemverhalten





Gütemaße zur Konformitätsquantifizierung nach [7]

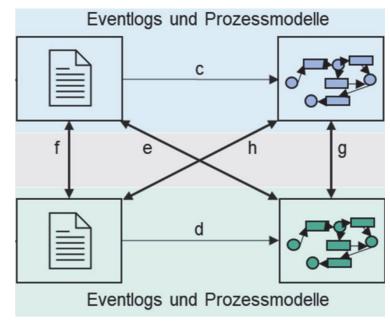
• Fitness =
$$\frac{|L \cap M|}{|L|}$$

L: Observiertes Verhalten im Eventlog L

M: Zulässiges Modellverhalten im Modell M

- Footprint Matrix (e, f, g und h)
- ➤ Token Replay (e und h für Petri-Netze)
- Alignments (e und h)

• Precision =
$$\frac{|L \cap M|}{|M|}$$



- Generalization: Negative Events; Anti-Alignments i. V. m. Recovery Distances
- Simplicity: (durchschnittlicher oder maximaler) Knotengrad des Prozessgraphen; Kontrollflusskomplexität



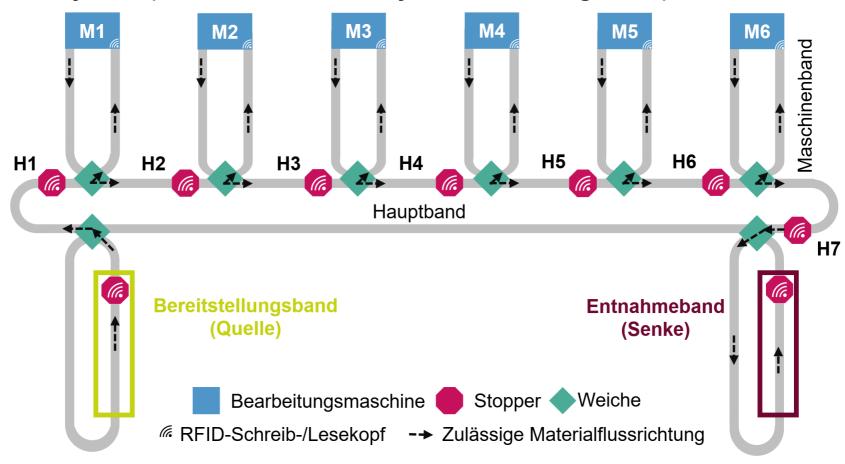
Inhalte

- 1 Ausgangssituation und Motivation
- 2 Beschreibung des Process-Mining-Einsatzes
- 3 Fallstudienbasierte Szenarien & Anwendungsrahmen
- 4 Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick





Referenzsystem (vereinfachtes Laborsystem des Fachgebiets)

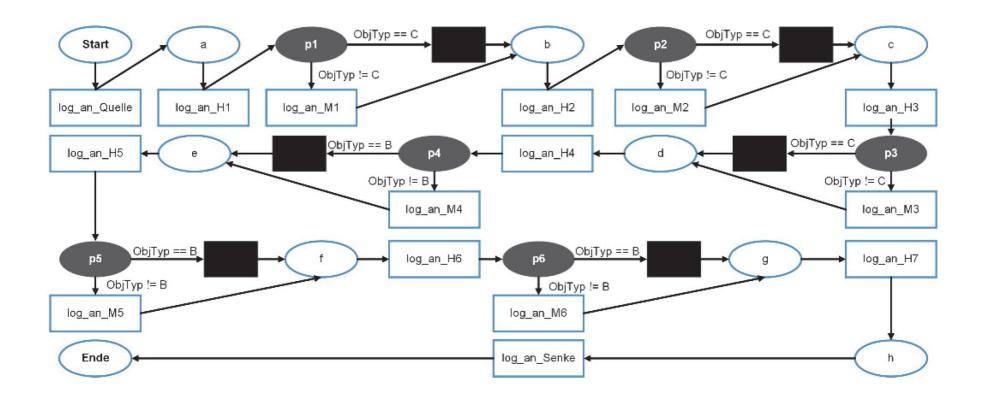


A: {Q, M1, M2, M3, M4, M5, M6, S}; B: {Q, M1, M2, M3, S}; C: {Q, M4, M5, M6, S}





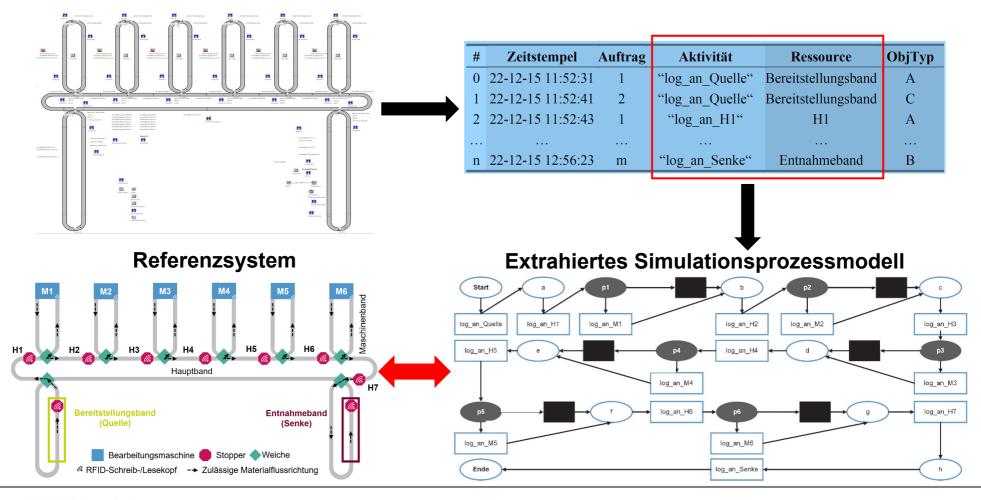
Normatives Petri-Netz des Laborsystems





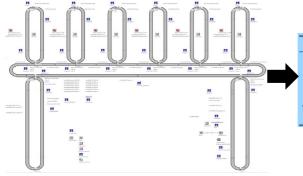


I. Wirkstrukturbeurteilung anhand der Aktivitäts-Ressourcen-Relation Simulationsmodell Simulationseventlog



I. Wirkstrukturbeurteilung anhand der Fitness

Simulationsmodell Simulationse



Referenzsystem

Bearbeitungsmaschine Stopper ♦ Weiche

RFID-Schreib-/Lesekopf → Zulässige Materialflussrichtung

Simulationseventlog

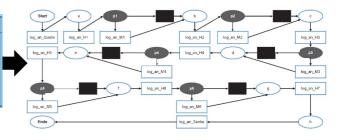
#	# Zeitstempel Auftrag		Aktivität	Ressource	ObjTyp
0	22-12-15 11:52:31	1	"log_an_Quelle"	Bereitstellungsband	A
. 1	22-12-15 11:52:41	2	"log_an_Quelle"	Bereitstellungsband	C
2	22-12-15 11:52:43 1		"log_an_H1"	H1	A
n	22-12-15 12:56:23	m	"log_an_Senke"	Entnahmeband	В



Systemeventlog



Extrahiertes Simulationsprozessmodell

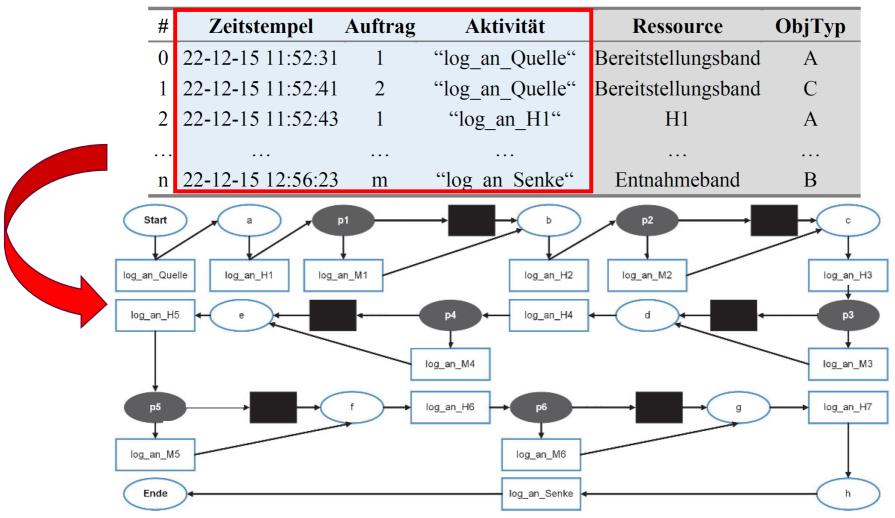




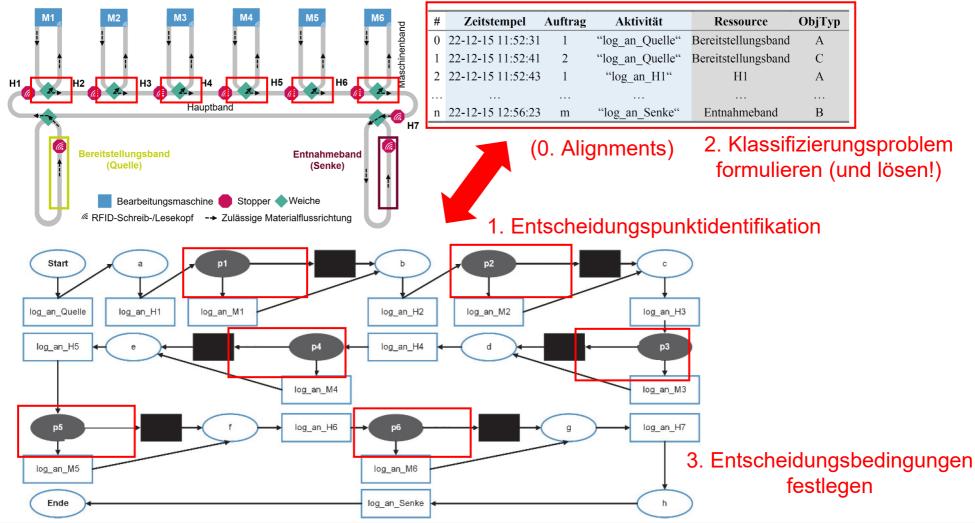




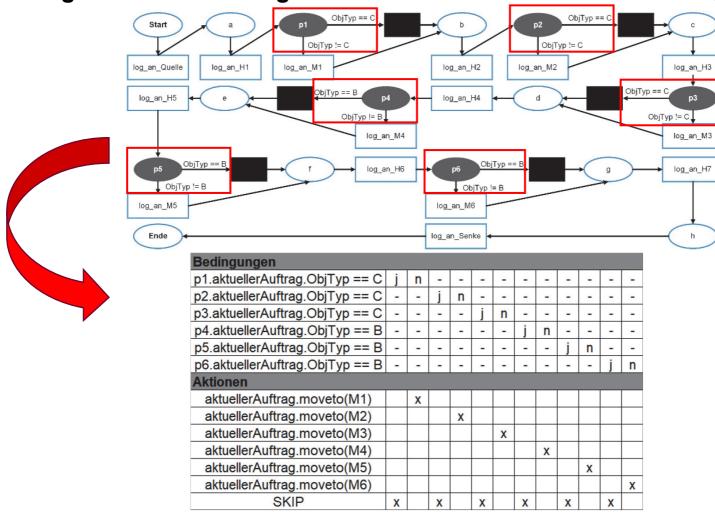
Referenzsystemeventlog und extrahiertes Prozessmodell des Laborsystems



II. Validierung lokaler Steuerungen: Entscheidungspunktanalyse & Decision-Mining



Ermittlung von Entscheidungstabellen mithilfe von Decision-Mining



Anwendungsrahmen und Szenarioeinordnung

V&V- Gegenstände	te Strukturgültigkeit			Prozesse Verhaltensgültigkeit				Strategien		
V&V-Aspekte der Gültigkeit							Empirische Gültigkeit			
V&V-Kriterien	Vollständigkeit	Konsistenz	Ge	nauigkeit	Aktualität	Eignung	3	Plausibilität	Verständlichkeit	

Ι.

- Prüfung der Wirkstruktur auf Basis des Prozessverhaltens
- Fitnessbestimmung zur Konformitätskontrolle zwischen Eventlogs und Prozessmodellen
- Validierung der Wirkstruktur anhand der Aktivitätsstruktur;
 Mapping mit Ressourcen im erweiterten Eventlog

11.

- Prüfung von Steuerungsstrategien auf Basis des Prozessverhaltens
- Entscheidungspunktanalysen auf Basis erweiterter Eventlogs und lernender Verfahren
- Anknüpfung an Trace-Analysen, Ursache-Wirkungs-Graphen und Tests für Teilmodelle möglich
- Generierung von Entscheidungstabellen auf Grundlage von Decision-Mining



Inhalte

- 1 Ausgangssituation und Motivation
- 2 Beschreibung des Process-Mining-Einsatzes
- 3 Fallstudienbasierte Szenarien & Anwendungsrahmen
- 4 Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick





Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick

Forschungsausblick und -bedarfe

- Fokus auf Alignments für weiterführende Diagnosen als Grundlage zur Ermittlung von Ursachen für Abweichungen
- Angepasste Modellimplementierungsmethodik vor dem Hintergrund des Einsatzes von Decision-Mining zur V&V des ausführbaren Modells
- Systematisierung von Entscheidungspunktanalysesituationen; Anforderungen an die Eingangsdatenqualität; genauere Bestimmung der methodischen Grenzen
- Erweiterung des Anwendungsrahmens unter Formulierung weiterer Szenarien

Würdigung





Der präsentierte Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojektes "SimProve – Verknüpfung von DES und Process-Mining zur effizienteren Analyse und Gestaltung von Produktions- und Logistiksystemen", das durch Mittel des Landes Hessen im Rahmen des Distr@l-Programms gefördert und zwischen September 2021 und September 2023 unter Konsortialführerschaft der SimPlan AG durchgeführt wird.



Vielen Dank!



Referenzierte Literatur (1/2)

- [1] Sargent, R.G.; Balci, O.: History of verification and validation of simulation models. In: Chan, V.; D'Ambrogio, A.; Zacharewicz, G.; Mustafee, N.; Wainer, G.; Page, E.H. (Hrsg.): Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference, Las Vegas (USA), 3.-6. Dezember 2017, S. 292-307.
- [2] Özkul, F.; Sutherland, R.; Wenzel, S.; Jessen, U.; Spieckermann, S.: Verknüpfung von ereignisdiskreter Simulation und Process-Mining in Produktion und Logistik. In: Breitenecker, F.; Deatcu, C.; Durak, U.; Körner, A.; Pawletta, T. (Hrsg.): ASIM SST 2022 Proceedings Langbeiträge, Wien (Austria), 25.-27. Juli 2022, S. 39-48.
- [3] van der Aalst, W.M.P.: Process Mining: A 360 Degree Overview. In: van der Aalst, W.M.P.; Carmona, J. (Hrsg.): Process mining handbook. Cham: Springer 2022, S. 3-34.
- [4] van der Aalst, W.M.P.: Process mining: Data science in action. Berlin, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer 2016.
- [5] van der Aalst, W.M.P.: Process mining: Data science in action. Berlin, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer 2016. van der Aalst WMP. Fokus Prozesse: Von den Anfängen bis zur Verbesserung von Arbeitsabläufen in der Gesundheitsversorgung. Wissensmanager: Das KMS Magazin für die Gesundheitswirtschaft. 2019. S. 4-10.



Referenzierte Literatur (2/2)

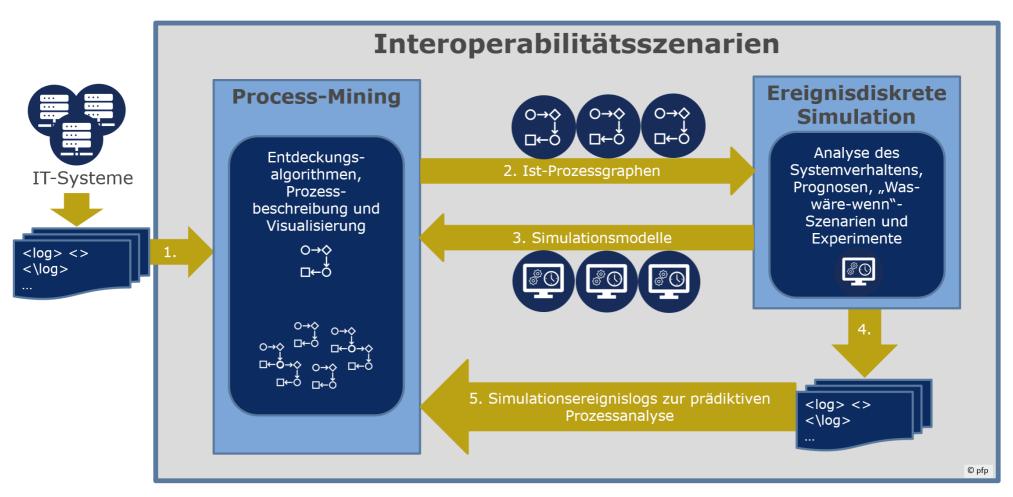
[6] Bistarelli, S.; Di Noia, T.; Mongiello, M.; Nocera, F.: Pronto: an ontology driven business process mining tool. Procedia Comput. Sci. 112, 306–315 (2017). Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 21st International Conference, KES-20176-8, Marseille, France, September 2017

[7] Carmona, J.; van Dongen, B.; Solti, A.; Weidlich, M.: Conformance Checking: Relating Processes and Models. Cham: Springer International Publishing 2018.



Interoperabilitätsszenarien und Herausforderungen

Überblick Interoperabilität zwischen Process-Mining und DES



Bildquelle: [2], S. 3