

26. ASIM Symposium Simulationstechnik

Verknüpfung von ereignisdiskreter Simulation und Process-Mining in Produktion und Logistik

Fachgebiet Produktionsorganisation und Fabrikplanung
Felix Özkul, Robin Sutherland, Sigrid Wenzel, Ulrich Jessen und Sven Spieckermann

25.07.2022

CC-BY

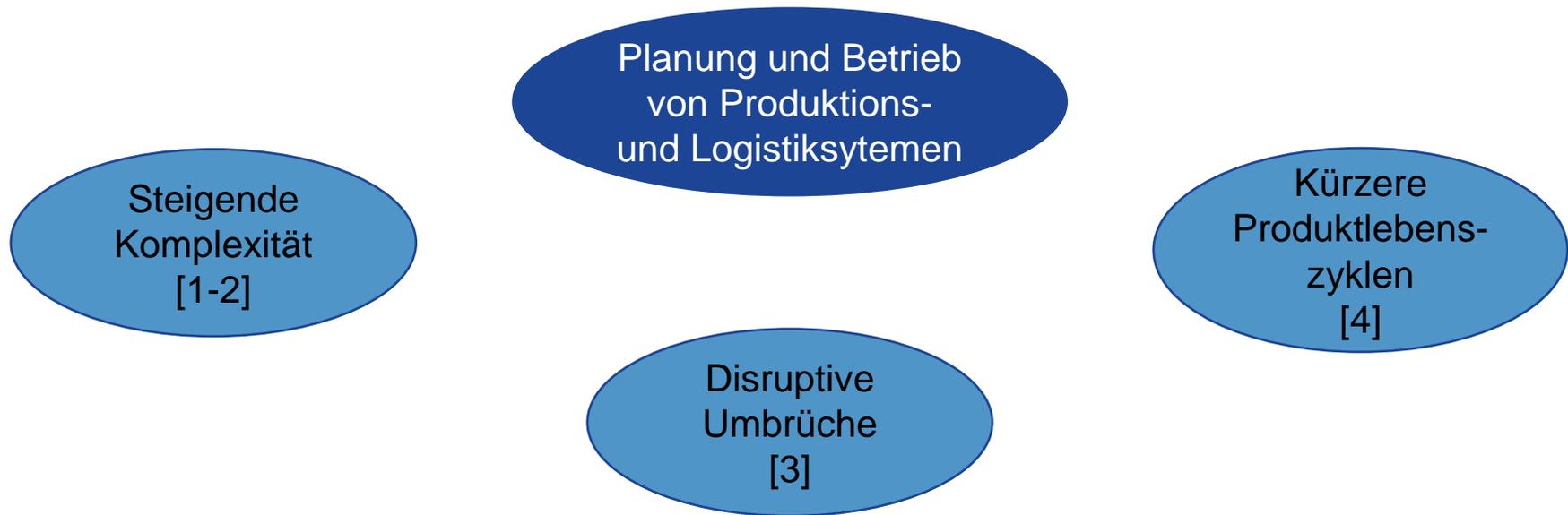
Inhalte

- 1 – Ausgangssituation und Motivation
- 2 – Interoperabilitätsszenarien und Herausforderungen
- 3 – Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick

Inhalte

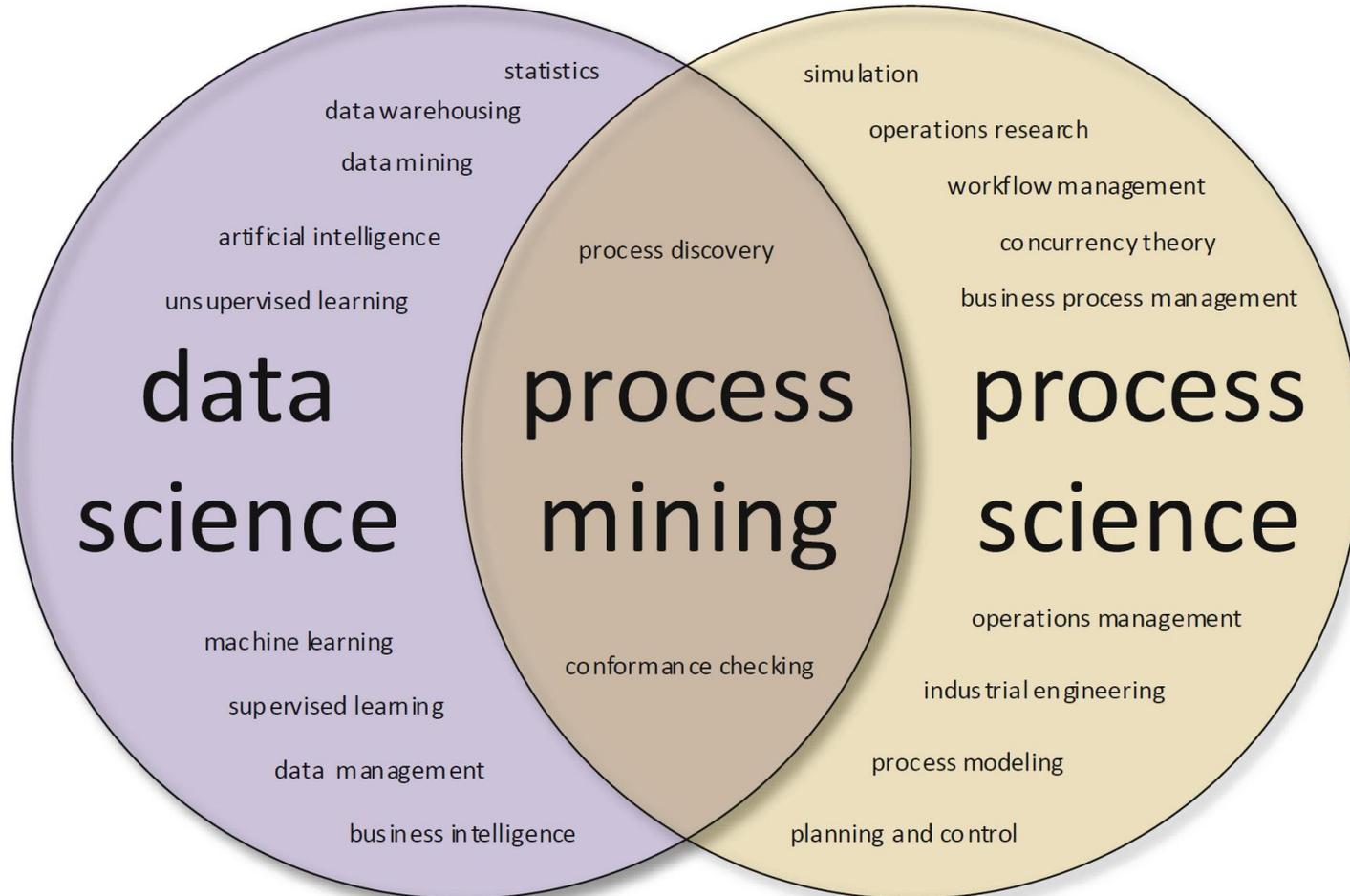
- 1 – Ausgangssituation und Motivation
- 2 – Interoperabilitätsszenarien und Herausforderungen
- 3 – Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick

Treiber in Planung und Betrieb von Produktions- und Logistiksystemen



Konsequenz: Einsatz effizienter Analyse- und Modellierungswerkzeuge, wie der ereignisdiskreten Simulation (DES) oder des Process-Minings

Methodische Einordnung des Process-Minings

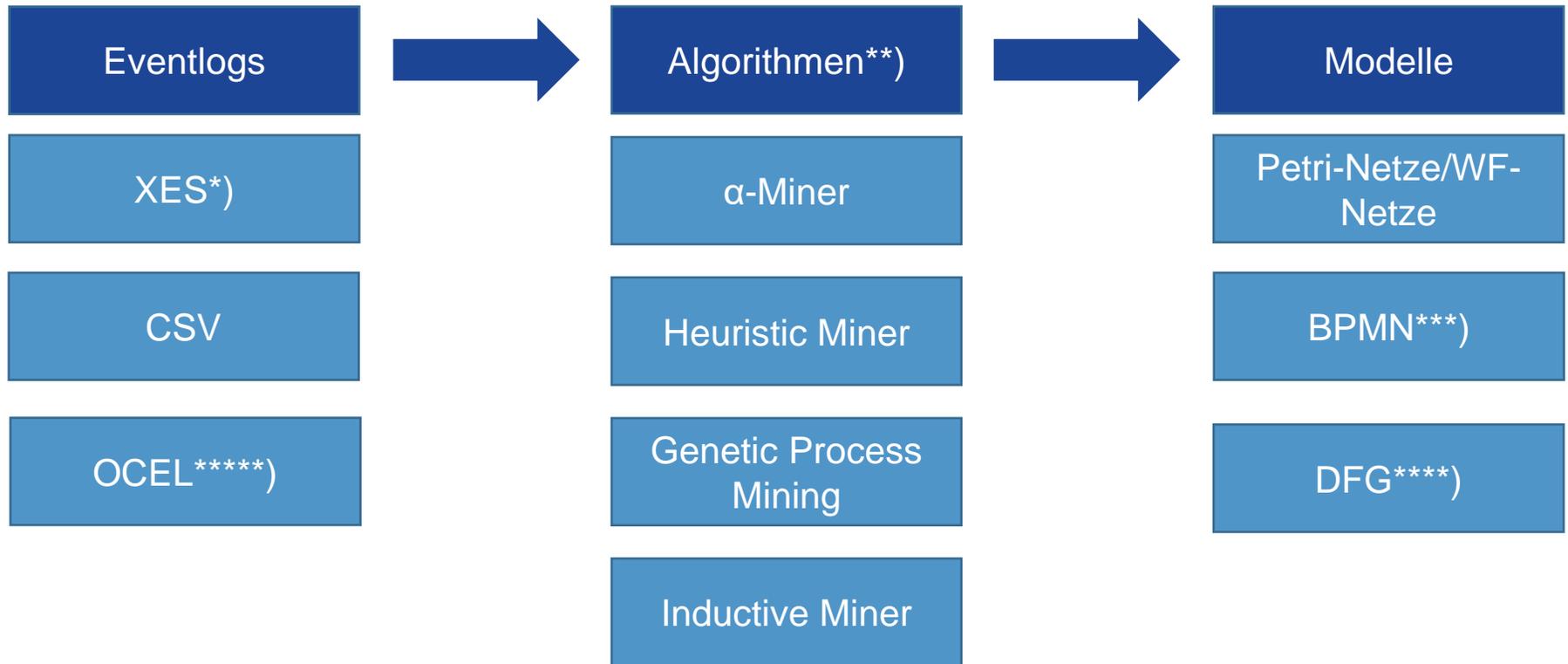


Bildquelle: [5], S. 4; © W.M.P. van der Aalst, [CC-BY](#)

Ziel und Charakteristiken des Process-Minings

- Ziel: Verbesserung **operativer Prozesse** durch die systematische Nutzung von Ereignisdaten [6-7]
- Anwendung von **Process-Mining-Algorithmen** zur Extraktion (*Process Discovery*) **formaler Prozessmodelle** und damit zur Analyse realer Prozesse (Näheres auf Folie 7)
- Überprüfung existenter Prozessmodelle mittels operativer Daten (*Conformance Checking*)
- Voraussetzung: Vorhandensein operativer Daten in Form von **Ereignislogs** (*Eventlogs*, Näheres auf den Folien 7-8)

Beispielhafte Elemente des Process-Minings



*) eXtensible Event Stream; standardisiert in [8]; ermöglicht eine umfassende Semantisierung strukturierter Daten

***) Dargestellt sind beispielhafte Gruppen von Extraktions-Algorithmen (Näheres in [7])

***) **Business Process Model and Notation** (/ Business Process Modeling Notation)

****) Directly-Follows-Graph

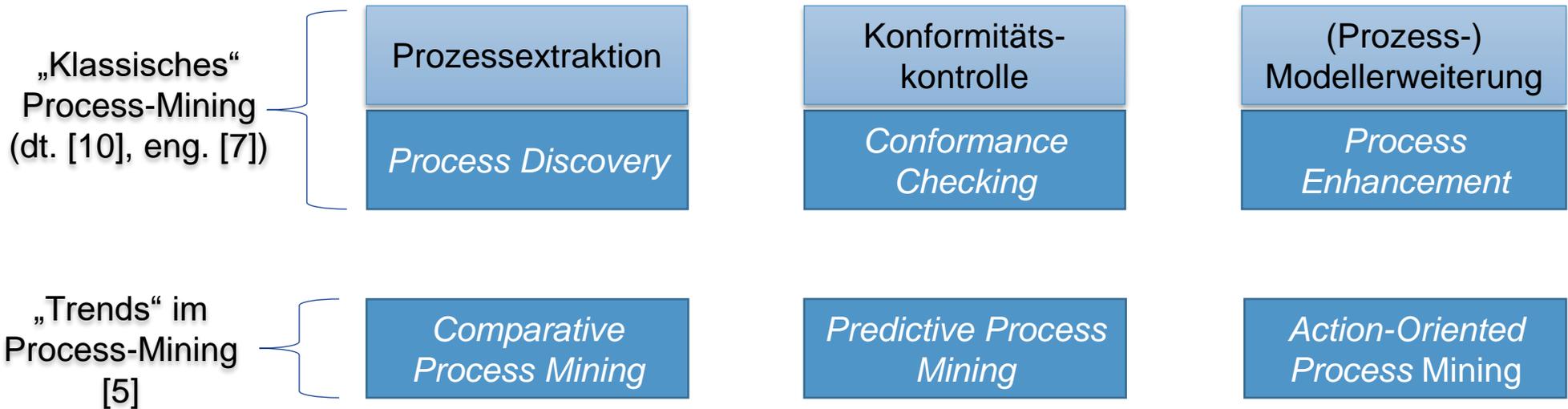
*****) Object-Centric Event Log [9]

Beispielhafter XES-Dateiausschnitt

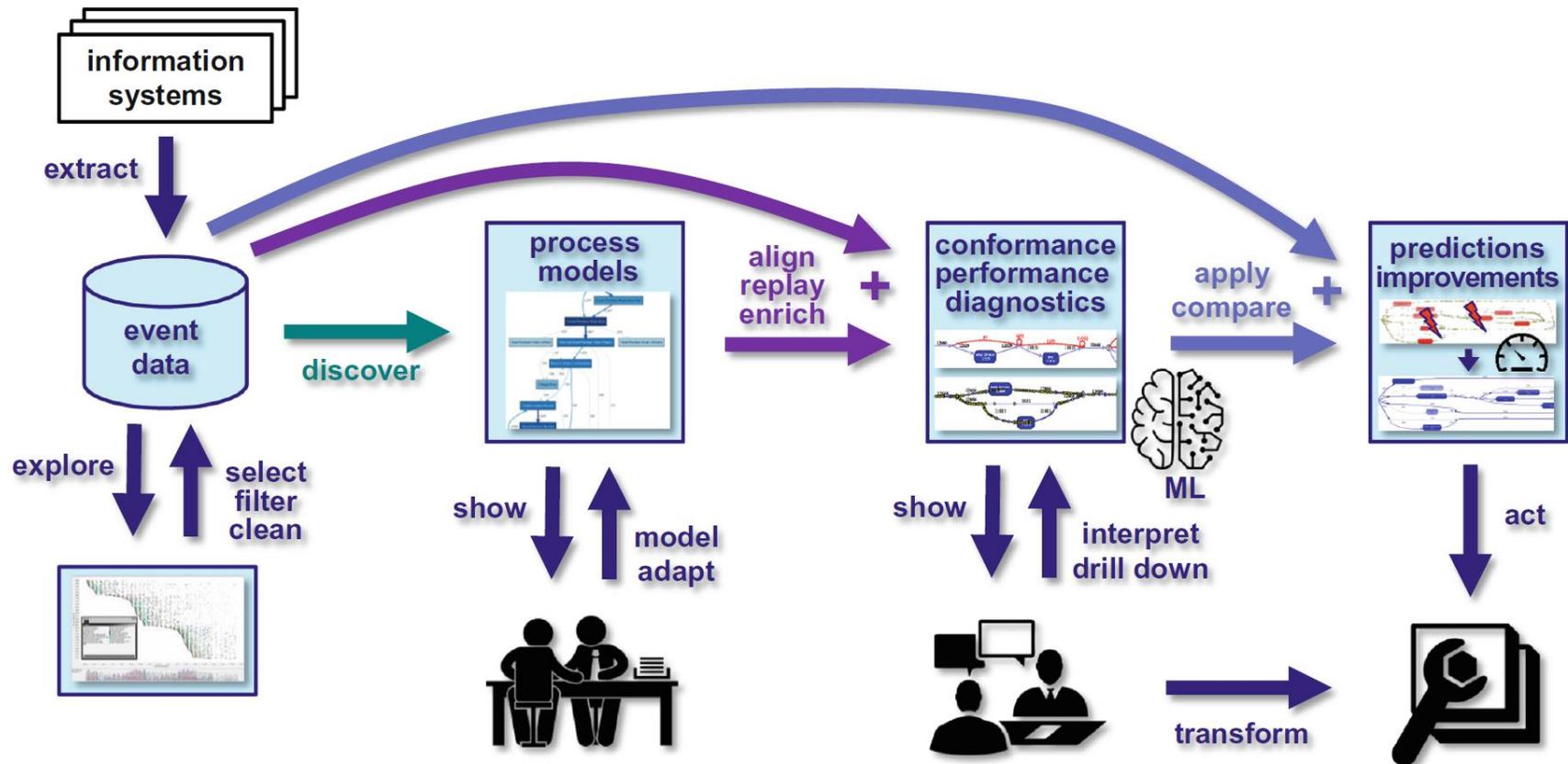
```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<log xes.version="1849-2016">
  <string key="origin" value="csv"/>
  <extension name="Concept" prefix="concept" uri="http://www.xes-standard.org/concept.xesext"/>
  <extension name="Organizational" prefix="org" uri="http://www.xes-standard.org/org.xesext"/>
  <extension name="Cost" prefix="cost" uri="http://www.xes-standard.org/cost.xesext"/>
  <extension name="Time" prefix="time" uri="http://www.xes-standard.org/time.xesext"/>
  <trace>
    <string key="concept:name" value="1"/>
    <event>
      <string key="concept:name" value="register request"/>
      <date key="time:timestamp" value="2010-12-30T11:02:00.000+01:00"/>
      <int key="cost:total" value="50"/>
      <string key="org:resource" value="Pete"/>
      <int key="@@index" value="14"/>
    </event>
    <event>
      <string key="concept:name" value="examine thoroughly"/>
      <date key="time:timestamp" value="2010-12-31T10:06:00.000+01:00"/>
      <int key="cost:total" value="400"/>
      <string key="org:resource" value="Sue"/>
      <int key="@@index" value="15"/>
    </event>
  ... </trace>
</log>
```

Bildquelle: eigene Darstellung unter Nutzung des Eventlogs „[running-example.xes](#)“ des [Fraunhofer FIT](#)

Process-Mining-Arten



Process-Mining: „360°-Überblick“ [5]



Bildquelle: [5], S. 5; © W.M.P. van der Aalst, [CC-BY](#)

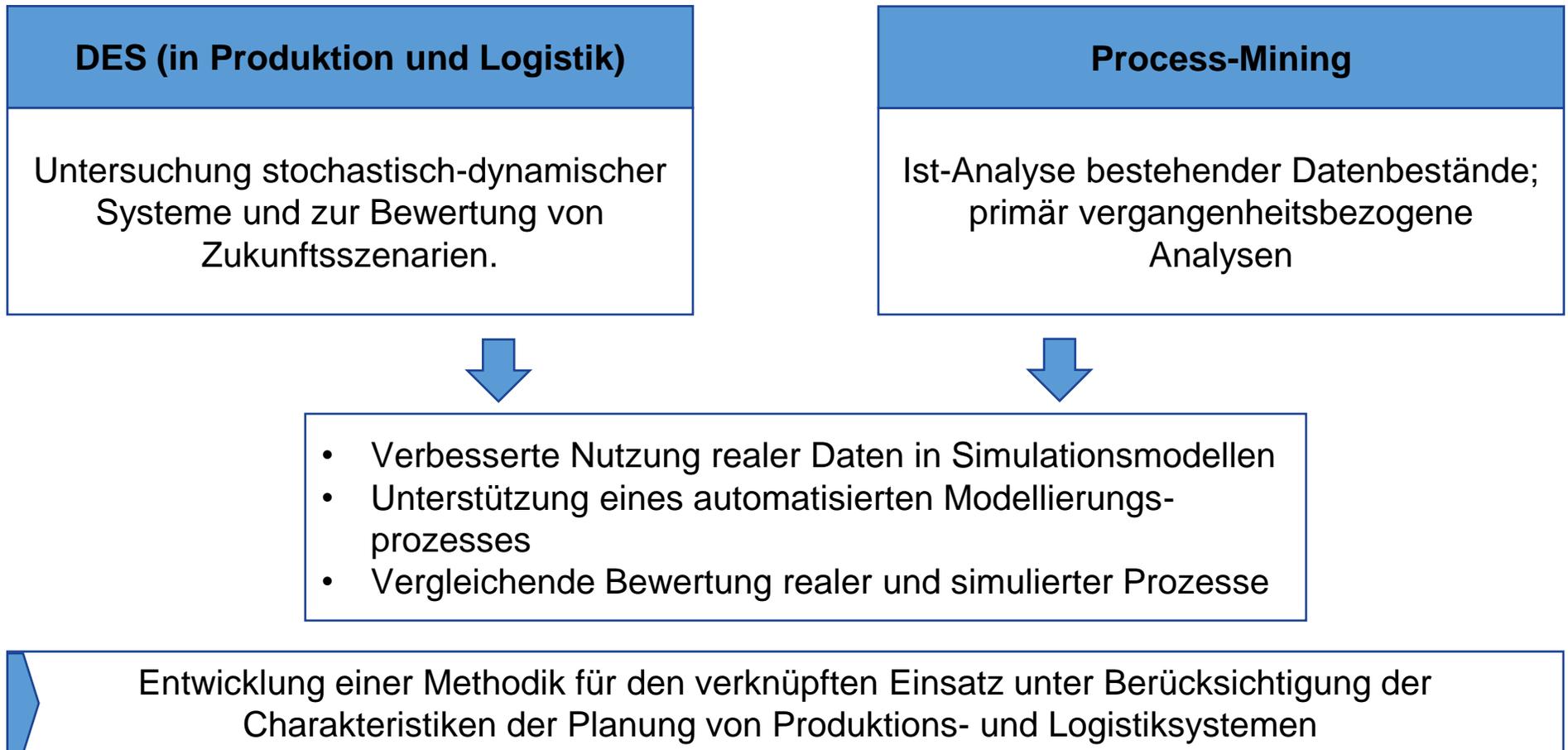
Methodischer Vergleich zwischen Process-Mining und DES

	Process-Mining	DES (in Produktion und Logistik)
Modellparadigma	prozessbezogen	struktur- und prozessbezogen
Untersuchungsgegenstand/-gegenstände	operative Prozesse	stochastisch-dynamische Systeme und Prozesse
Modellarten	formale Prozessmodelle ^{*)}	Simulationsmodelle (Konzeptmodelle, formale Modelle, ausführbare Modelle)
Modellerstellung	primär datengetrieben	primär regelbasiert
Modellinput	primär operative Daten, weiterhin Information und Wissen	Daten, Information & Wissen
Zeitbezug	primär vergangenheitsbezogen ^{**)}	zukunftsbezogen

^{*)} Bspw. Petri-Netze, BPMN, *Directly-Follows-Graphs* (DFGs)

^{**)} Wesentliche Ausnahme: *Predictive Process Mining*

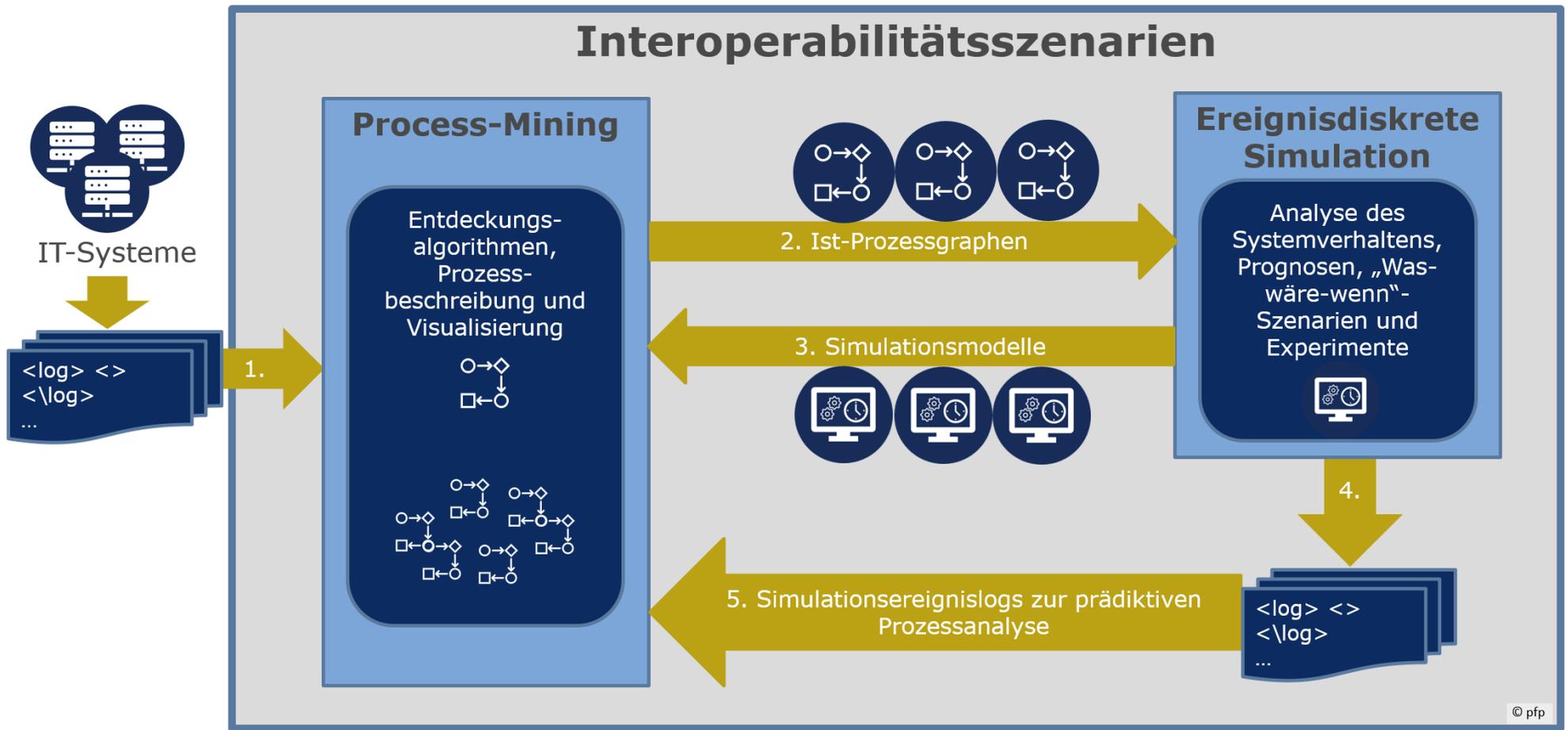
Idee der methodischen Zusammenwirkung



Inhalte

- 1 – Ausgangssituation und Motivation
- 2 – Interoperabilitätsszenarien und Herausforderungen
- 3 – Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick

Überblick Interoperabilität zwischen Process-Mining und DES



Bildquelle: [11], S. 3

1. & 2.: Unterstützung der DES durch Process-Mining

- Erzeugung von Eventlogs (i. e. strukturierter operativer Daten) mithilfe von IT-Systemen (wie bspw. Warehouse Management Systemen) & Generierung von Ist-Prozessgraphen durch die Anwendung von Prozessextraktionsalgorithmen des Process-Mining aus den Eventlogs
- Simulationsmodellinstanziierung auf Grundlage von Ist-Prozessmodellen (vgl. Demonstrator)
- Syntaktische Ebene: Gewährleistung des Datenaustauschs zwischen den DES-Werkzeugen und Process-Mining
- Semantische Ebene: Mapping-Mechanismus (vgl. semantische Interoperabilität) zur Abbildung semantischer Zusammenhänge im strukturorientierten DES-Modellierungsansatz

Ziel: Verringerung des Modellierungsaufwands im Rahmen der Simulationsstudie

3.: Verifikation und Validierung (V&V) von Simulationsmodellen durch das Process-Mining

- Stand der Technik: Durchführung phasenübergreifender V&V-Aktivitäten im Rahmen einer systematischen Simulationsstudie [12]
- Idee: Nutzung des Process-Minings, um (formale oder implementierte) Simulationsmodelle im Rahmen der V&V zu überprüfen.

Ziel: Gewinnung eines qualitativen*) Simulationsmodells zur weiteren Nutzung

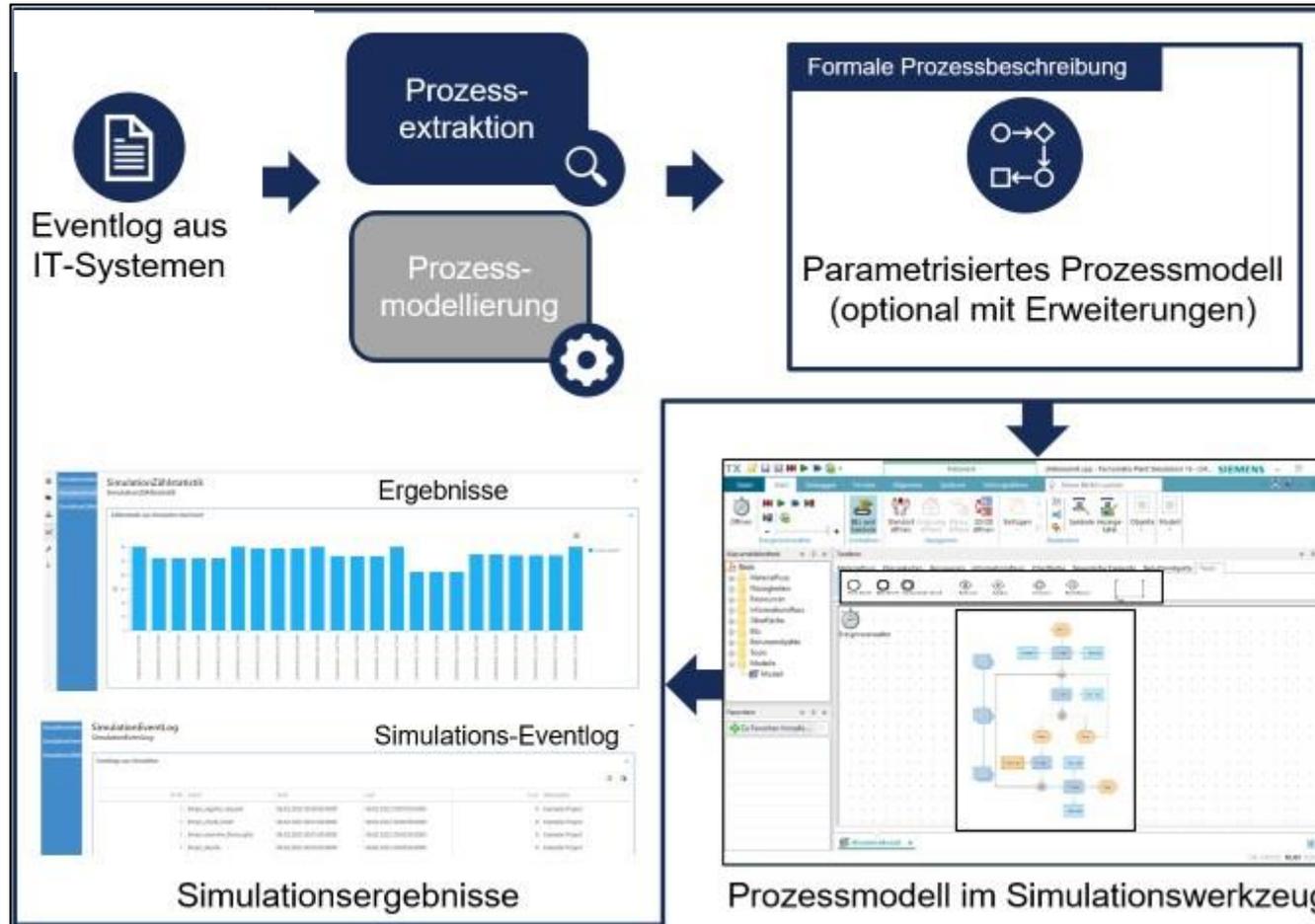
*) Siehe [13-14] für umfassende Ausführungen zur Qualität in der DES

4. & 5.: DES als „Datengenerator“ für das Process-Mining

- Erzeugung synthetischer Eventlogs auf Basis von Ergebnisdaten aus der DES
- Generierung und Analyse von Soll-Prozessmodellen aus Eventlogs durch die Anwendung des Process-Minings
- Formalisierung verschiedener Szenarien oder Verwendung im Rahmen weiterführender Konformitätskontrollen/Prozessmodellerweiterungen

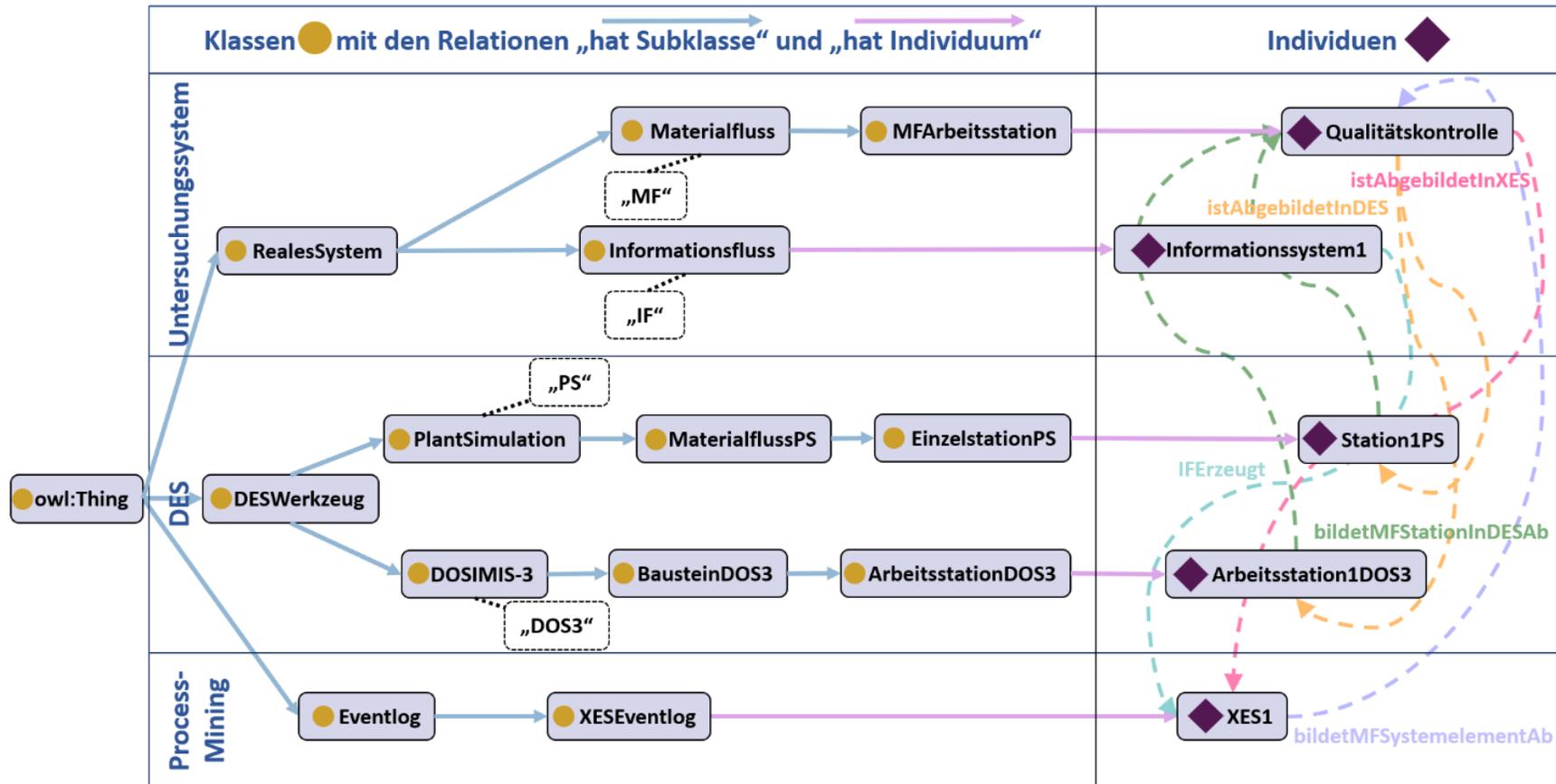
Ziel: DES-abgesicherte zukunftsorientierte Prozessanalysen zur Ermittlung konkreter Prozessgestaltungsbedarfe im Untersuchungssystem

Demonstrator der Interoperabilität (Auszug)



Bildquelle: [11], S. 4

Semantisches Modell für die Interoperabilität (Ausschnitt)



Bildquelle: [11], S. 6

Inhalte

- 1 – Ausgangssituation und Motivation
- 2 – Interoperabilitätsszenarien und Herausforderungen
- 3 – Weitere Forschungsbedarfe und Ausblick

Forschungsausblick und -bedarfe

- Methodische und technische Ontologie-Einbindung
- Erweiterte Evaluation und Akzeptanzforschung
- Weiterführende Untersuchung des Process-Minings als Grundlage für V&V-Aktivitäten in einer Simulationsstudie
- Vorgehensmodellformalisierung für das Process-Mining in Produktion und Logistik
- Berücksichtigung des „Objektzentrierten Process-Minings“ (*Object-Centric Process Mining* [15]) zur:
 - Abbildung eines Ereignis, das zu mehreren Prozessinstanzen gehört (*convergence*)
 - Abbildung einer Aktivität, die **planmäßig mehrfach** während einer Prozessinstanz auftritt (*divergence*).
- Prüfung der Integrierbarkeit in „den“ Digitalen Fabrikzwilling

HESSEN



Hessische Staatskanzlei
Hessische Ministerin für
Digitale Strategie und Entwicklung



digitales.hessen
DISTR@L

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@I-Programms gefördert und zwischen September 2021 und August 2023 unter Konsortialführerschaft der SimPlan AG durchgeführt wird.

Vielen Dank!

Referenzierte Literatur (1/3)

- [1] Schmid A, Sobottka T, Lielacher M. Simulationsbasierte Optimierung von Bestelllosgrößen in der verbrauchsgesteuerten Materialdisposition der Investitionsgüterindustrie. In: Franke J, Schuderer P. Tagungsband Simulation in Produktion und Logistik. Göttingen: Cuvillier Verlag; 2021. S. 475-485.
- [2] Meyer T, Pöge C. Die Materialflusssimulation im Kontext eines Produktlebenszyklusmanagements. In: Franke J, Schuderer P. Tagungsband Simulation in Produktion und Logistik. Göttingen: Cuvillier Verlag; 2021. S. 247-257.
- [3] Matysczok C, Seewaldt M. VDI Fachausschuss Digitale Fabrik – Darstellung der aktuellen Aktivitäten und Richtlinien. In: Putz M, Schlegel A. Tagungsband Simulation in Produktion und Logistik. Auerbach: Verlag Wissenschaftliche Scripten; 2019. S. 39-49.
- [4] Massow BB, Hausberger T, Geiger DM, Klotz M, Schlegel A, Putz M. Remote-Lernfabrik – Simulationsmodelle im Anlagenentstehungsprozess und deren Integration in die Virtuelle Inbetriebnahme. In: Franke J, Schuderer P. Tagungsband Simulation in Produktion und Logistik.
- [5] van der Aalst WMP. Process Mining: A 360 Degree Overview. In: van der Aalst W, Carmona J. Process Mining Handbook, Bd 448. Springer, 2022, Cham, S. 3–34

Referenzierte Literatur (2/3)

[6] van der Aalst WMP. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011.

[7] van der Aalst WMP. Process Mining: Data Science in Action. Berlin, Heidelberg: Springer; 2016.

[8] IEEE XES Working Group. IEEE Standard for eXtensible Event Stream (XES) for Achieving Interoperability in Event Logs and Event Streams. New York: IEEE Standard; 2016 doi: 10.1109/IEEESTD.2016.7740858

[9] Ghahfarokhi AF, Park G, Berti A, van der Aalst WMP. OCEL: A Standard for Object-Centric Event Logs. In: Bellatreche L, Dumas M, Karras P, Matulevičius R, Awad A, Weidlich M, Ivanovic M, Hartig O. New Trends in Database and Information Systems, Bd. 1450. Basel, Schweiz: Springer International Publishing; 2021. S. 169–175.

[10] 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 (3/3)

- [11] Özkul F, Sutherland R, Wenzel S, Jessen U, Spieckermann S. Verknüpfung von ereignisdiskreter Simulation und Process-Mining in Produktion und Logistik. In: Breiteneker F, Deatcu C, Durak U, Körner A, Pawletta T. ASIM SST 2022 Proceedings Langbeiträge. 26. ASIM Symposium Simulationstechnik, Jul. 2022, TU Wien. Wien: Tu Verlag/ARGESIM Verlag, 2022, S. 39–48
- [12] Rabe M, Spieckermann S, Wenzel S. Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik. Vorgehensmodelle und Techniken. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2008.
- [13] Wenzel S, Weiß M, Collisi-Böhmer S, Pitsch H, Rose O. Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik. Planung und Durchführung von Simulationsstudien. 1. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer; 2008.
- [14] Abel D. Bewertungsmethodik zur Einflussanalyse der Informationsqualität auf die Simulationsergebnisse in Produktion und Logistik. Aachen: Shaker Verlag; 2013
- [15] van der Aalst WMP. Object-Centric Process Mining: Dealing with Divergence and Convergence in Event Data. In: Ölveczky PC, Salaün G. Software Engineering and Formal Methods. 17th International Conference, SEFM 2019; Sep 2019; Oslo, Norwegen. Basel, Schweiz: Springer International Publishing; 2019. S. 3–25.