BORDNETZE DIGITAL 2026

Inkrementeller Austausch von Änderungsinhalten

in der modellbasierten Entwicklung

Johannes Becker
4Soft GmbH

01

Der Datenaustausch von heute

und welche Herausforderungen daraus entstehen.

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

System Design

Der Datenaustausch heute

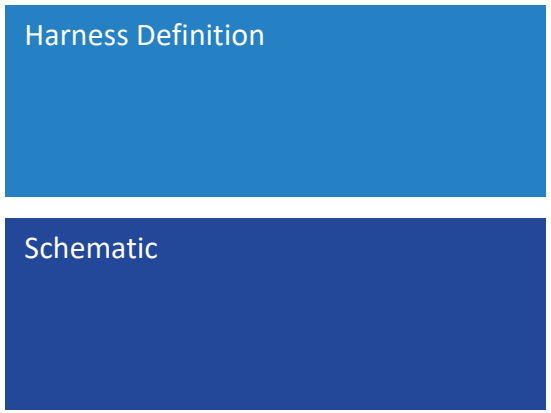
…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten

Der Datenaustausch heute

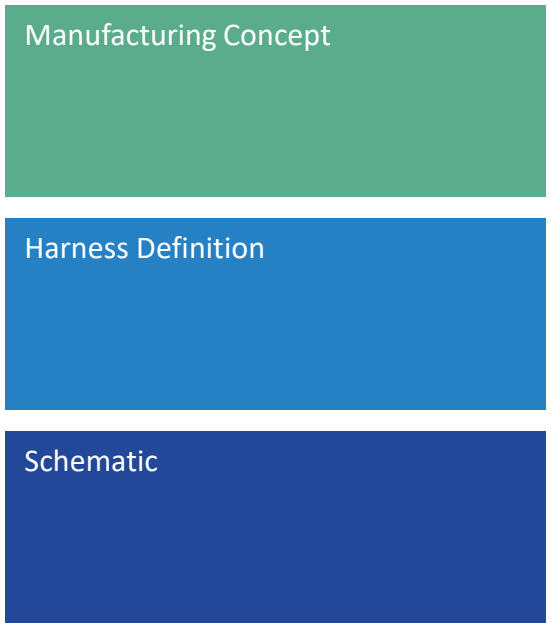
…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten



Der Datenaustausch heute

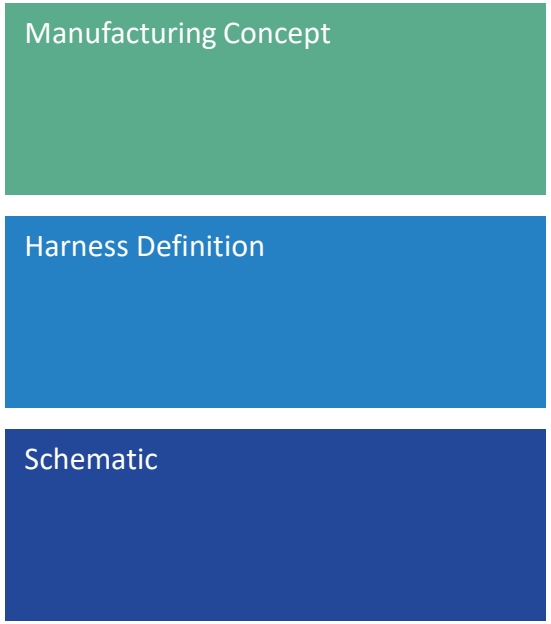
…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen



- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

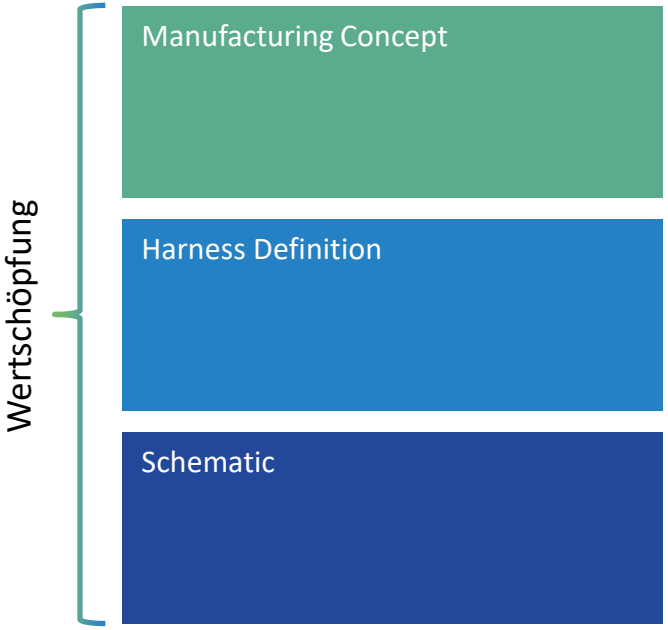


- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten

Auf diesem Denkansatz basieren unsere heutigen Systemlandschaften, Datenformate und Kollaborationsmodelle!

Der Datenaustausch heute

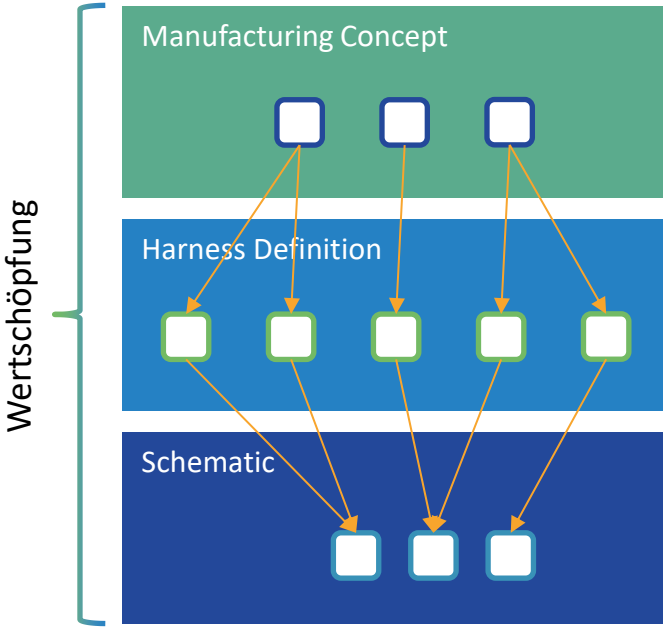
…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen



- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten
- Jedes Ergebnis ist geleistete Wertschöpfung

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

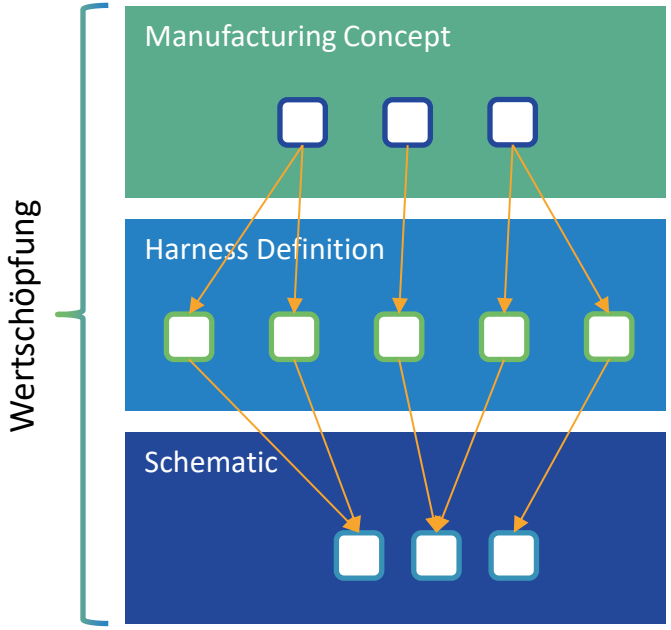


- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten.
- Jedes Ergebnis ist geleistete Wertschöpfung.
- Informationen basieren aufeinander, es entstehen Abhängigkeiten.

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

System Design → Harness Design → Manufacturing Engineering → Production

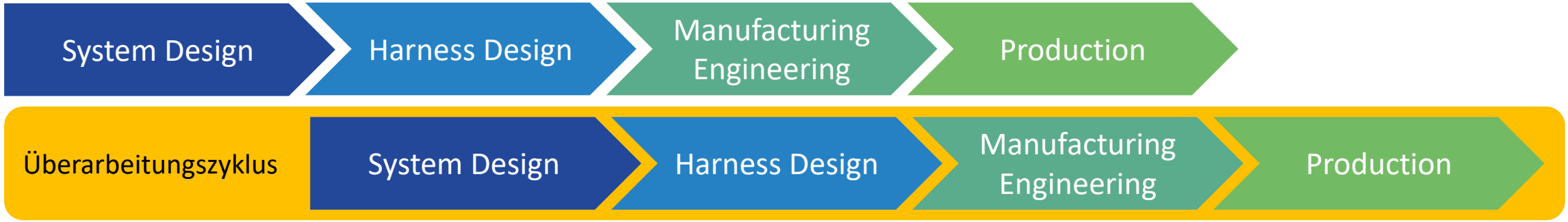


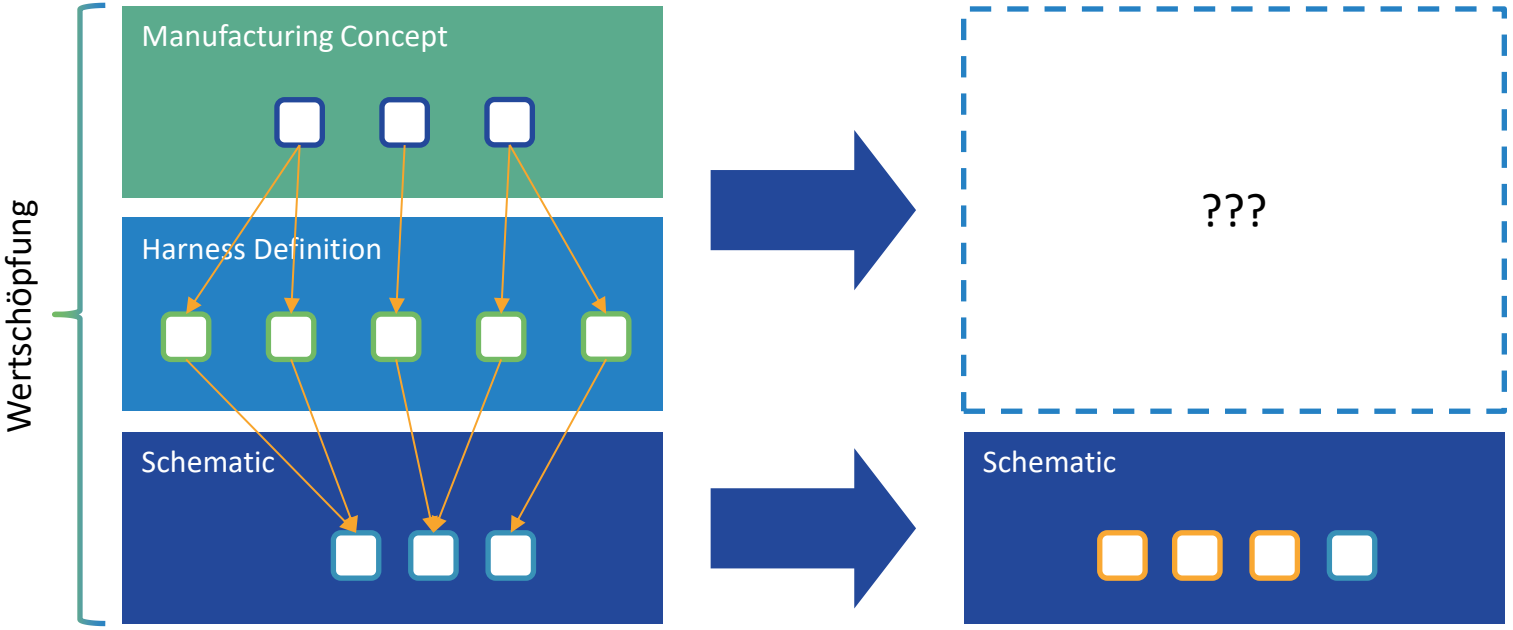
- Ergebnisse sind Grundlage für weitere Tätigkeiten.
- Jedes Ergebnis ist geleistete Wertschöpfung.
- Informationen basieren aufeinander, es entstehen Abhängigkeiten.

Entwicklungsprozesse sind allerdings nicht mehr streng sequenziell!

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

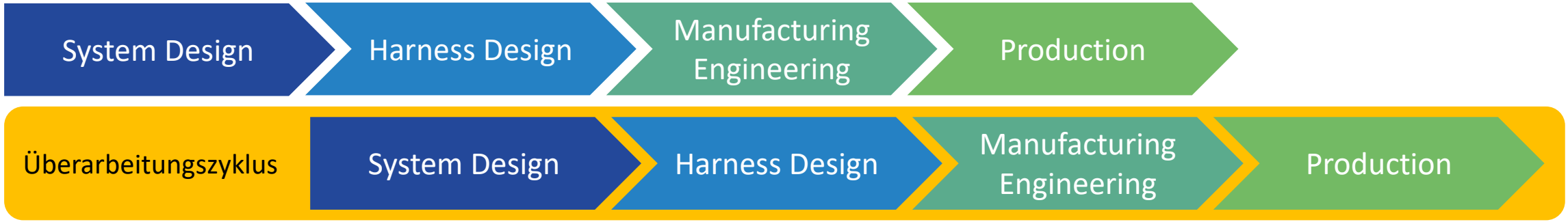


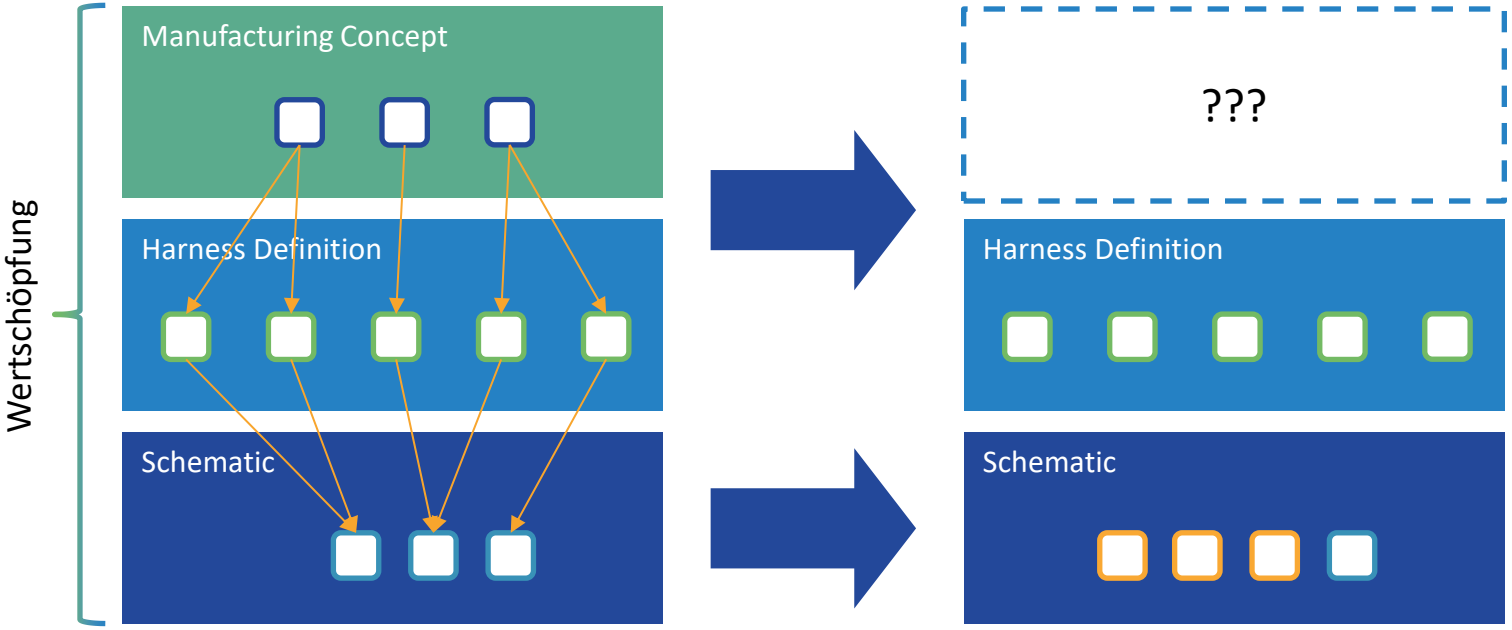


- Produkte werden ständig überarbeitet
- Die Prozesskette muss erneut durchlaufen werden.
- Jede Überarbeitung ändert die Grundlage für nachfolgende Prozessschritte.

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen

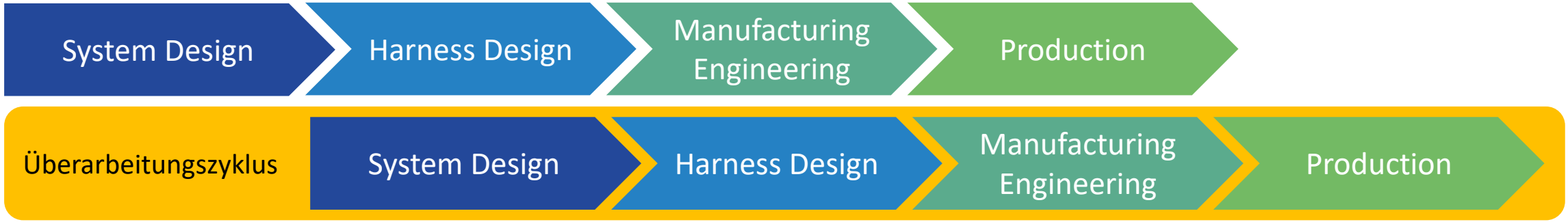


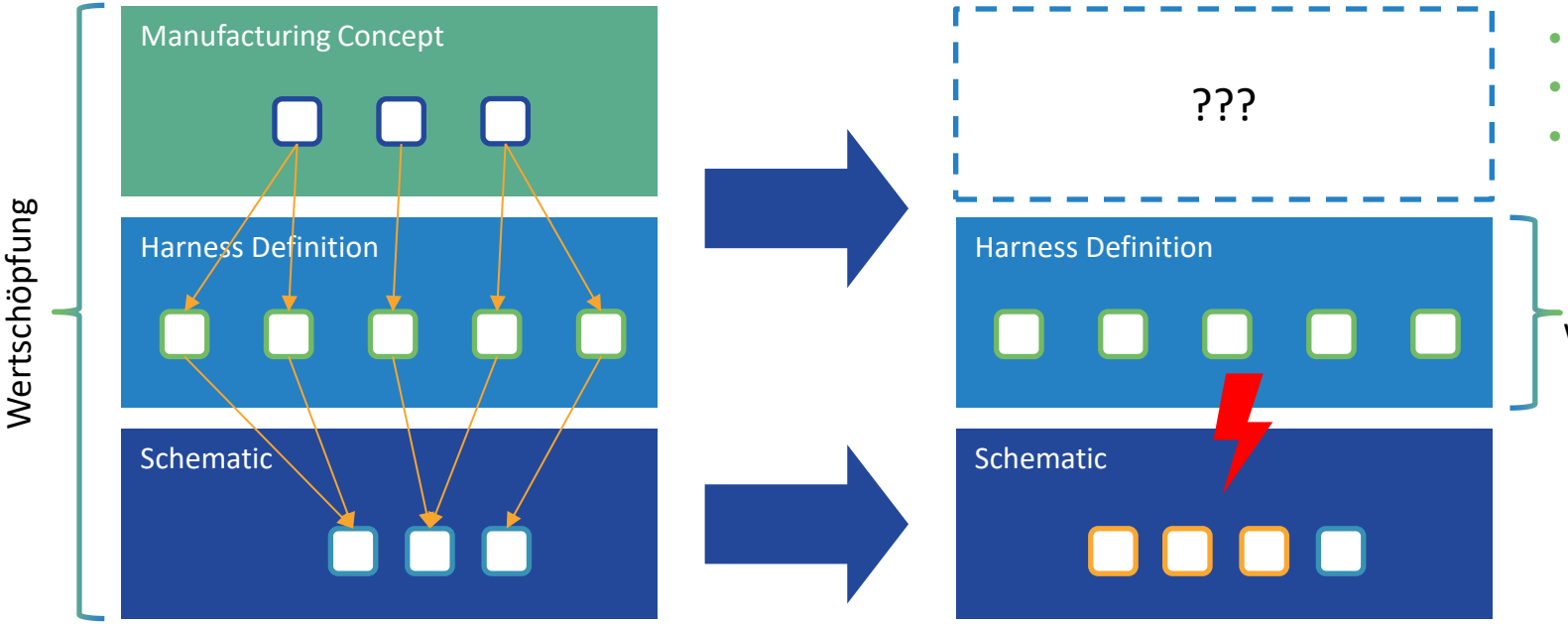


- Produkte werden ständig überarbeitet
- Die Prozesskette muss erneut durchlaufen werden.
- Jede Überarbeitung ändert die Grundlage für nachfolgende Prozessschritte.

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen



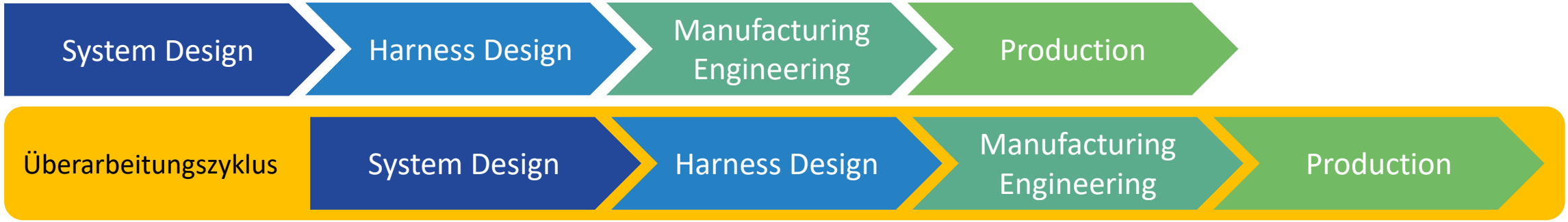


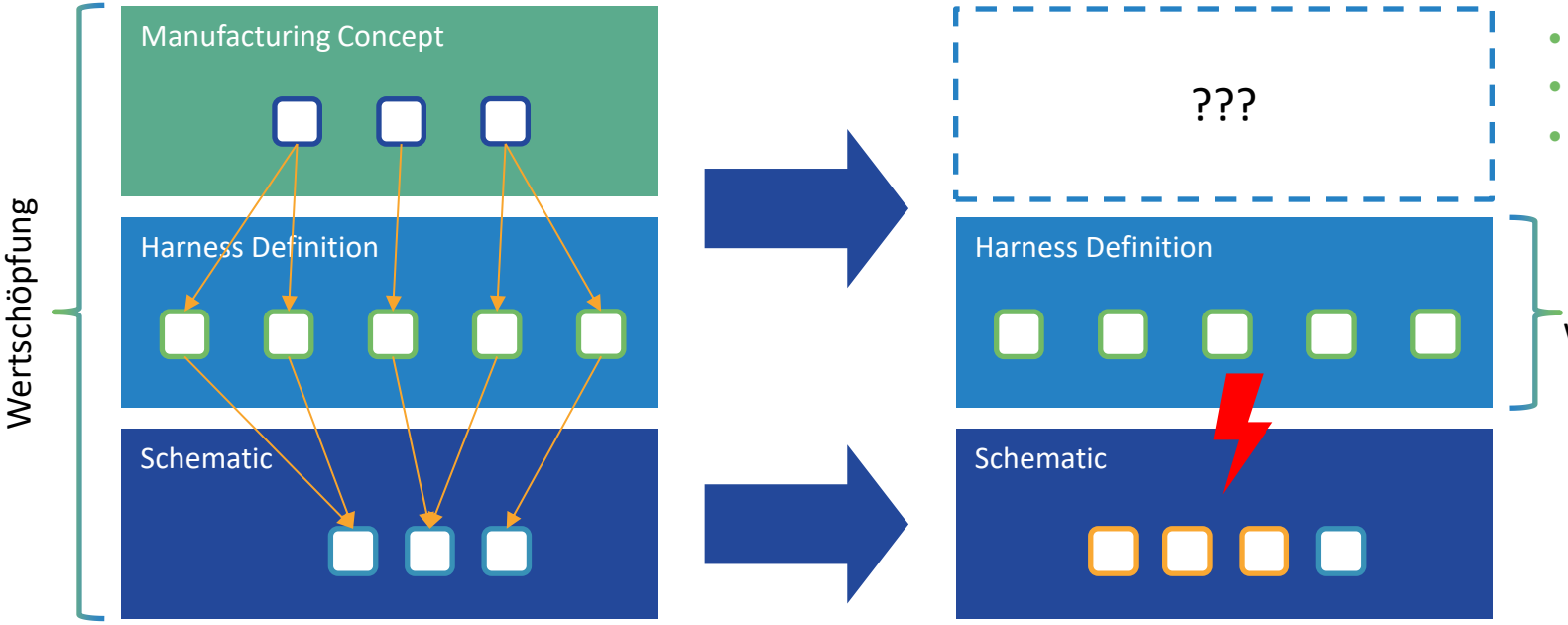
- Produkte werden ständig überarbeitet
- Die Prozesskette muss erneut durchlaufen werden.
- Jede Überarbeitung ändert die Grundlage für nachfolgende Prozessschritte.

gefährdete Wertschöpfung

Der Datenaustausch heute

…und Konsequenzen in modellbasierten Ansätzen





- Produkte werden ständig überarbeitet
- Die Prozesskette muss erneut durchlaufen werden.
- Jede Überarbeitung ändert die Grundlage für nachfolgende Prozessschritte.

gefährdete Wertschöpfung

Wie effizient kann diese Anpassungen gestaltet werden?

02

Optionen im Prozess

Optionen im Prozess

1 Vollständiger Prozessdurchlauf

Der Vollstand wird wie ein Neustand behandelt — die bisherige Bearbeitung wird verworfen.

VORTEIL

- Immer gleicher, erprobter Ablauf
- Ergebnis konsistent zur Quelle
- Datendurchgängigkeit bleibt erhalten

NACHTEIL

- Maximaler Aufwand, unabhängig vom tatsächlichen Impact
- Späte Rückmeldung an Sender
- Downstream geleistete Wertschöpfung wird in der Regel vollständig vernichtet

---

OVERHEAD

Gesamte Wertschöpfung am Vorstand wird vernichtet und identisch neu erzeugt.

Analogie: neu übersetzen.

Optionen im Prozess

1 Vollständiger Prozessdurchlauf

Der Vollstand wird wie ein Neustand behandelt — die bisherige Bearbeitung wird verworfen.

VORTEIL

- Immer gleicher, erprobter Ablauf
- Ergebnis konsistent zur Quelle
- Datendurchgängigkeit bleibt erhalten

NACHTEIL

- Maximaler Aufwand, unabhängig vom tatsächlichen Impact
- Späte Rückmeldung an Sender
- Downstream geleistete Wertschöpfung wird in der Regel vollständig vernichtet

OVERHEAD

Gesamte Wertschöpfung am Vorstand wird vernichtet und identisch neu erzeugt.

Analogie: neu übersetzen.

2 Vergleich Alt gegen Neu

Der Empfänger stellt alten und neuen Vollstand gegenüber und rekonstruiert das Delta selbst.

VORTEIL

- Erbrachte Wertschöpfung bleibt (teilweise) erhalten
- Nur lokale Änderungen
- Datendurchgängigkeit kann erhalten bleiben

NACHTEIL

- In der Praxis häufig manuell (z.B. Zeichnung) bzw. auf Sichten (z.B. BOM)
- Nur für digitale Modellinhalte automatisierbar
- Braucht stabile Identifier und Methodenwissen

OVERHEAD

Hoher Aufwand und gleichzeitig fehleranfällig

Analogie: Satz für Satz vergleichen.

Optionen im Prozess

1 Vollständiger Prozessdurchlauf

Der Vollstand wird wie ein Neustand behandelt — die bisherige Bearbeitung wird verworfen.

VORTEIL

- Immer gleicher, erprobter Ablauf
- Ergebnis konsistent zur Quelle
- Datendurchgängigkeit bleibt erhalten

NACHTEIL

- Maximaler Aufwand, unabhängig vom tatsächlichen Impact
- Späte Rückmeldung an Sender
- Downstream geleistete Wertschöpfung wird in der Regel vollständig vernichtet

OVERHEAD

Gesamte Wertschöpfung am Vorstand wird vernichtet und identisch neu erzeugt.

Analogie: neu übersetzen.

2 Vergleich Alt gegen Neu

Der Empfänger stellt alten und neuen Vollstand gegenüber und rekonstruiert das Delta selbst.

VORTEIL

- Erbrachte Wertschöpfung bleibt (teilweise) erhalten
- Nur lokale Änderungen
- Datendurchgängigkeit kann erhalten bleiben

NACHTEIL

- In der Praxis häufig manuell (z.B. Zeichnung) bzw. auf Sichten (z.B. BOM)
- Nur für digitale Modellinhalte automatisierbar
- Braucht stabile Identifier und Methodenwissen

OVERHEAD

Hoher Aufwand und gleichzeitig fehleranfällig

Analogie: Satz für Satz vergleichen.

3 Änderungsmitteilung

Der Sender beschreibt Änderungen explizit - als Liste, Mail oder Zusatzdokument.

VORTEIL

- Erbrachte Wertschöpfung bleibt erhalten
- Tatsächliche Änderungsabsicht wird kommuniziert
- Flexible Steuerung einzelner Änderungen

NACHTEIL

- analoger Prozess-Bypass!
- Wer haftet für einen Änderungsinhalt, den niemand verbindlich beschrieben hat?
- Keine digitale Datendurchgängigkeit
- Geleistete Wertschöpfung steht Downstream nicht zur Verfügung

OVERHEAD

Doppelte Pflege plus manuelle Übertragung

Analogie: Analoge Änderungsmitteilung

Optionen im Prozess

1 Vollständiger Prozessdurchlauf

Der Vollstand wird wie ein Neustand behandelt — die bisherige Bearbeitung wird verworfen.

VORTEIL

- Immer gleicher, erprobter Ablauf
- Ergebnis konsistent zur Quelle
- Datendurchgängigkeit bleibt erhalten

NACHTEIL

- Maximaler Aufwand, unabhängig vom tatsächlichen Impact
- Späte Rückmeldung an Sender
- Downstream geleistete Wertschöpfung wird in der Regel vollständig vernichtet

OVERHEAD

Gesamte Wertschöpfung am Vorstand wird vernichtet und identisch neu erzeugt.

Analogie: neu übersetzen.

2 Vergleich Alt gegen Neu

Der Empfänger stellt alten und neuen Vollstand gegenüber und rekonstruiert das Delta selbst.

VORTEIL

- Erbrachte Wertschöpfung bleibt (teilweise) erhalten
- Nur lokale Änderungen
- Datendurchgängigkeit kann erhalten bleiben

NACHTEIL

- In der Praxis häufig manuell (z.B. Zeichnung) bzw. auf Sichten (z.B. BOM)
- Nur für digitale Modellinhalte automatisierbar
- Braucht stabile Identifier und Methodenwissen

OVERHEAD

Hoher Aufwand und gleichzeitig fehleranfällig

Analogie: Satz für Satz vergleichen.

3 Änderungsmitteilung

Der Sender beschreibt Änderungen explizit - als Liste, Mail oder Zusatzdokument.

VORTEIL

- Erbrachte Wertschöpfung bleibt erhalten
- Tatsächliche Änderungsabsicht wird kommuniziert
- Flexible Steuerung einzelner Änderungen

NACHTEIL

- analoger Prozess-Bypass!
- Wer haftet für einen Änderungsinhalt, den niemand verbindlich beschrieben hat?
- Keine digitale Datendurchgängigkeit
- Geleistete Wertschöpfung steht Downstream nicht zur Verfügung

OVERHEAD

Doppelte Pflege plus manuelle Übertragung

Analogie: Analoge Änderungsmitteilung

03

Das Ziel: nur noch die Unterschiede

Der Sender beschreibt, was sich geändert hat – verbindlich und maschinenlesbar.

Die Leitidee

HEUTE

Der Empfänger rekonstruiert

- Der Sender liefert alles oder nur Bruchstücke
- Der Empfänger muss daraus ableiten, was gemeint war.

→

ZIEL

Der Sender beschreibt

- Er liefert aktiv, was sich geändert hat (und nur das).
- Der Empfänger wendet es gezielt auf seinen Stand an.

Nicht die Datenmenge ist der eigentliche Gewinn,
sondern die klare Eingrenzung, Vollständigkeit und Urheberschaft der Änderung.

Drei Kernanforderungen

01 Nur das übertragen, was sich wirklich geändert hat.

02 Änderungen eindeutig, maschinenlesbar und nachverfolgbar beschreiben.

03 Konflikte bei parallelen Änderungen erkennbar machen.

04

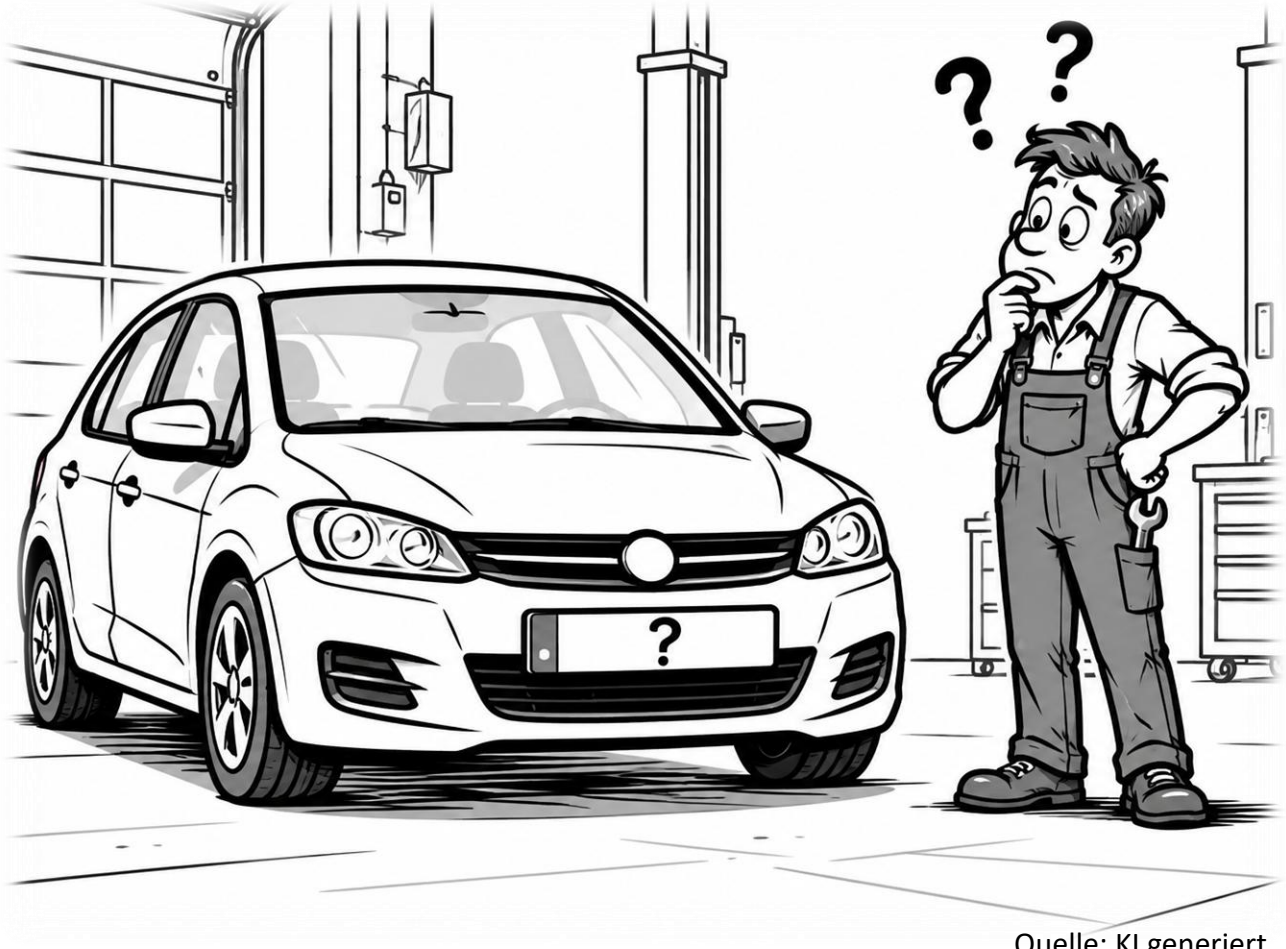
Die zwei Knackpunkte

Wiedererkennung von Objekten – und Konflikterkennung bei parallelen Änderungen.

Wiedererkennung von Objekten

- Jedes Objekt ist ein Anker für Information
- Jedes nicht erkannte Objekt ist Informationsverlust
- Erkennung per Schlüssel, oder „Heuristik“

Stabile Identifier für alle Objekte ist die wichtigste Voraussetzung für inkrementelle Änderungsbehandlung



Quelle: KI generiert

Lösungsansatz Internationalized Resource Identifier

Eine dauerhafte, weltweit eindeutige Adresse für jedes Element — IRIs.

Global eindeutig

Über Firmen- und Werkzeuggrenzen hinweg.

Stabil über Zeit

Unveränderlich über den gesamten Lebenszyklus.

Semantik-neutral

Trägt keine Bedeutung, die sich ändern könnte.

Standardisiert

IETF RFC 3987, bereits in RDF und der Asset Administration Shell genutzt.

Die Verantwortung für die Logik der Bildung und die Bereitstellung solcher Identifier liegt beim Erzeuger

Konflikterkennung

im Kontext inkrementeller Änderungsinhalte

- Es muss davon ausgegangen werden, dass Prozesse und Änderungen beim Sender und Empfänger parallel laufen
- Hierbei kann es immer zu Abweichungen zwischen Sender und Empfänger kommen.

Konflikterkennung ist in verteilten parallelen Szenarien essenziell notwendig

Konflikterkennung

Was ein Format leisten kann und was nicht

DAS FORMAT KANN

Den Widerspruch zuverlässig erkennen und melden.

DAS FORMAT KANN NICHT

Entscheiden, welcher Stand der richtige ist.

Vorher und Nachher-Werte sind zur effizienten Konflikterkennung notwendig

05

Technologie-Entscheidung

RDF oder XML

XML

- Bekannt und etabliert in der Domäne
- Stößt an Grenzen bei:
  - Modellausschnitten
  - Vorher- / Nachher-Werten
  - IRIs & Verweise über Datei & Systemgrenzen hinweg

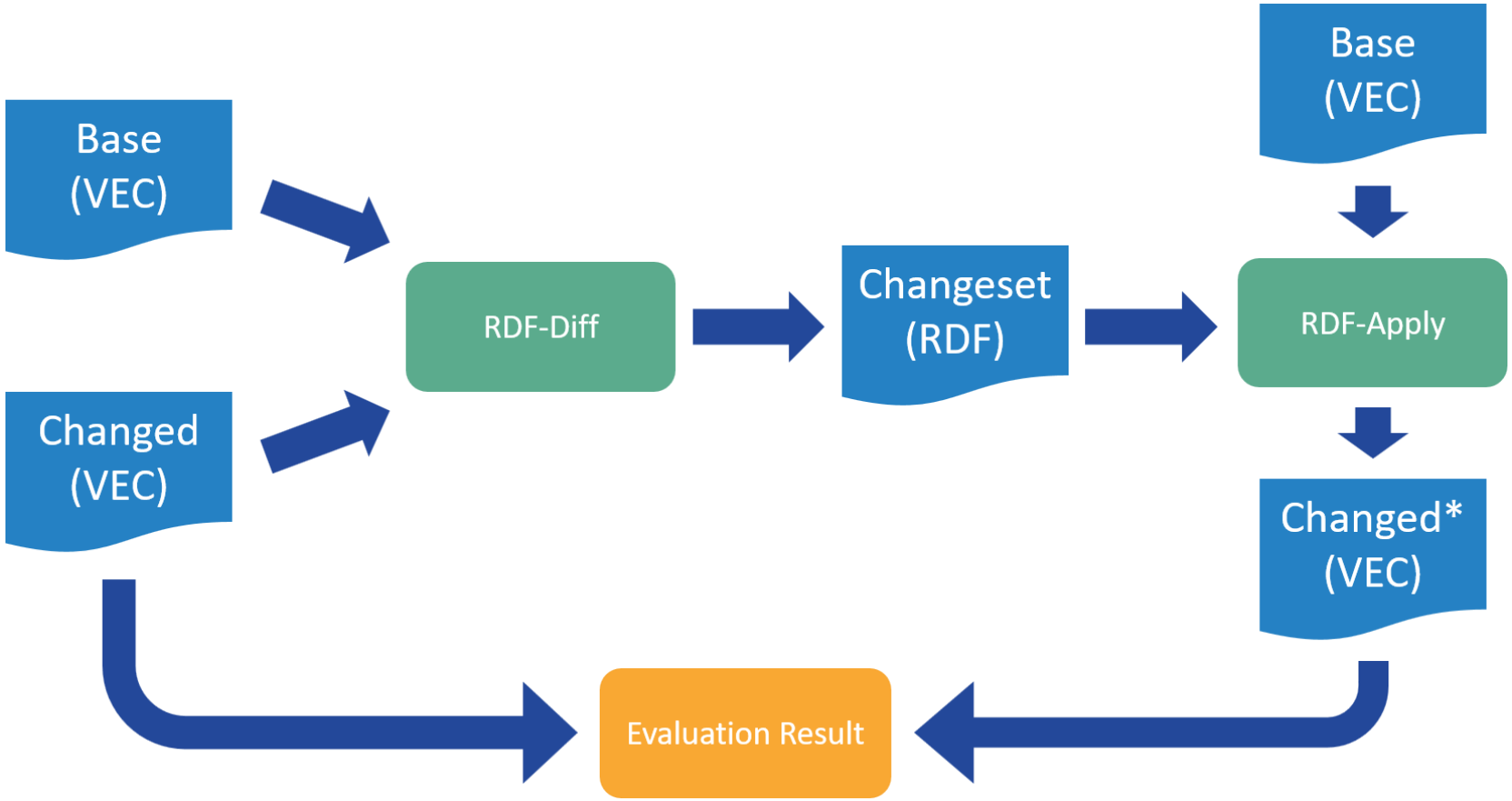
RDF

- Gebaut für verteilte & vernetzte Daten
- Native Unterstützung für
  - IRIs
  - Modellausschnitte
  - Vorher- / Nachher-Werten
  - Verweise über Datei & Systemgrenzen hinweg

06

Proof of Concept

Ablauf des Proof of Concept



Es funktioniert

Das Delta wird automatisch ermittelt, gespeichert, wieder angewendet — das Ergebnis stimmt. Konflikte werden erkannt.

Öffentlich nachvollziehbar

Der Quellcode des Proof of Concept ist auf GitHub veröffentlicht.

https://github.com/4Soft-de/harness-model/tree/develop/vec-rdf/vec-rdf-changes

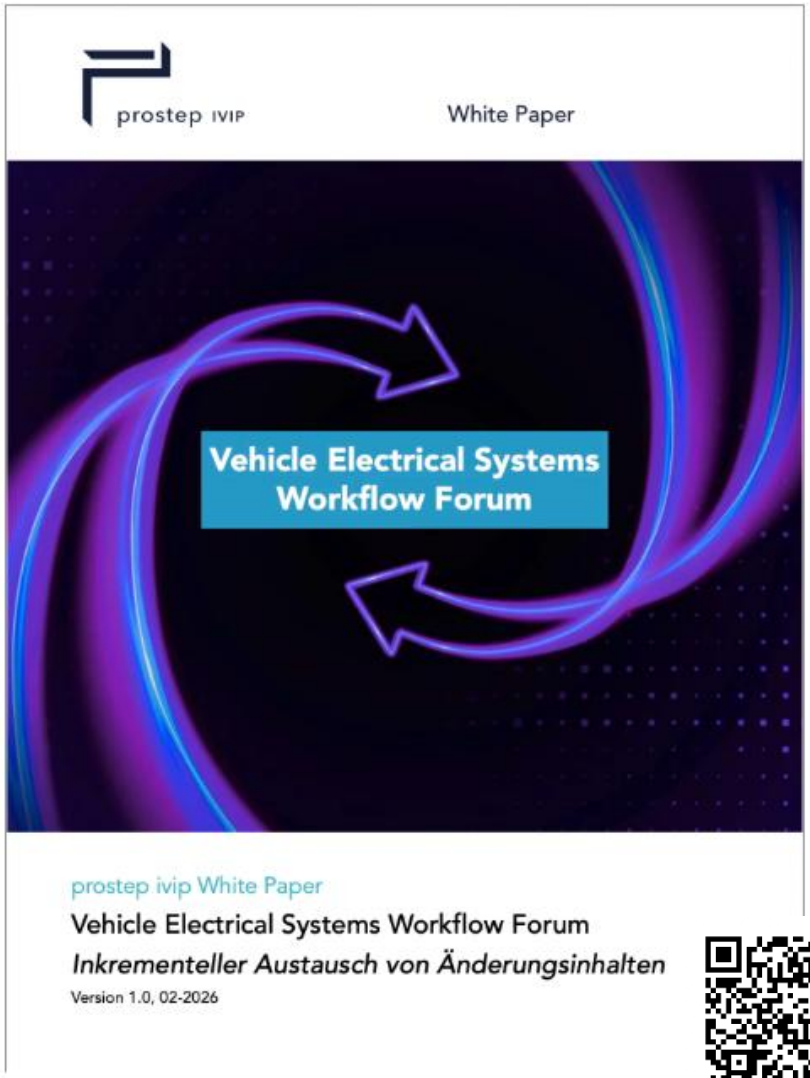
07

Fazit und Ausblick

Fazit

- Inkrementeller Austausch ist technologisch möglich.
- Für die Prozesse von morgen ist er zwingend nötig.
- Das Problem betrifft jeder modellbasierte, unternehmensübergreifende Entwicklung – nicht nur das Bordnetz.
- Auf Basis von RDF ist eine neutrale Änderungsbeschreibung möglich.

Deshalb bewusst keine bordnetzspezifische Insellösung



Download Whitepaper

Vehicle Electric System Interoperability Forum (VES-IF)

By combining the VES Workflow Forum and the ECAD Implementer Forum, VES-IF creates a single platform where OEMs, suppliers, service providers and tool vendors collaborate to shape the future of VEC.

Simplified Participation

Faster Standard Evolution

Stronger Collaboration

More Efficient Testing

VES-IF transforms individual stakeholder perspectives into industry-wide interoperability

© 2025, prostep ivip e.V. 01 July 2025

Vehicle Electric System Interoperability Forum (VES-IF)

By combining the VES Workflow Forum and the ECAD Implementer Forum, VES-IF creates a single platform where OEMs, suppliers, service providers and tool vendors collaborate to shape the future of VEC.

Simplified Participation

One forum addressing both users and implementers
Easier involvement of SMEs and service providers
Internal implementers only need one community

Faster Standard Evolution

Stronger Collaboration

More Efficient Testing

VES-IF transforms individual stakeholder perspectives into industry-wide interoperability

© 2025, prostep ivip e.V. 01 July 2025

Vehicle Electric System Interoperability Forum (VES-IF)

By combining the VES Workflow Forum and the ECAD Implementer Forum, VES-IF creates a single platform where OEMs, suppliers, service providers and tool vendors collaborate to shape the future of VEC.

Simplified Participation

One forum addressing both users and implementers
Easier involvement of SMEs and service providers
Internal implementers only need one community

Faster Standard Evolution

Direct link between requirements, implementation and testing results in shorter feedback loops
Proven industry demand through active user involvement

Stronger Collaboration

More Efficient Testing

VES-IF transforms individual stakeholder perspectives into industry-wide interoperability

© 2025, prostep ivip e.V. 01 July 2025

Vehicle Electric System Interoperability Forum (VES-IF)

By combining the VES Workflow Forum and the ECAD Implementer Forum, VES-IF creates a single platform where OEMs, suppliers, service providers and tool vendors collaborate to shape the future of VEC.

Simplified Participation

One forum addressing both users and implementers
Easier involvement of SMEs and service providers
Internal implementers only need one community

Faster Standard Evolution

Direct link between requirements, implementation and testing results in shorter feedback loops
Proven industry demand through active user involvement

Stronger Collaboration

User requirements directly drive implementation priorities
Vendors gain direct insight into workflows and use cases
Shared expertise across the entire ecosystem

More Efficient Testing

VES-IF transforms individual stakeholder perspectives into industry-wide interoperability

© 2025, prostep ivip e.V. 01 July 2025

Vehicle Electric System Interoperability Forum (VES-IF)

By combining the VES Workflow Forum and the ECAD Implementer Forum, VES-IF creates a single platform where OEMs, suppliers, service providers and tool vendors collaborate to shape the future of VEC.

Simplified Participation

One forum addressing both users and implementers
Easier involvement of SMEs and service providers
Internal implementers only need one community

Faster Standard Evolution

Direct link between requirements, implementation and testing results in shorter feedback loops
Proven industry demand through active user involvement

Stronger Collaboration

User requirements directly drive implementation priorities
Vendors gain direct insight into workflows and use cases
Shared expertise across the entire ecosystem

More Efficient Testing

User-driven test scenarios
Simplified coordination of compatibility tests
Earlier validation of new functionalities

VES-IF transforms individual stakeholder perspectives into industry-wide interoperability

© 2025, prostep ivip e.V. 01 July 2025

Get in Touch

Johannes Becker

E-Mail: johannes.becker@4soft.de
Mobil: +49 176 14004445

Paul Grasedieck

E-Mail: paul.grasedieck@prostep.com
Mobil: +49 151 1063 7803

© 2025, prostep ivip e.V. 01 July 2025

Diplom-Informatiker (Univ.)
Johannes Becker
Managing Consultant
4Soft GmbH · Mittererstraße 3 · 80336 München · www
johannes.becker@4soft.de
Telefon: +49 89 530744-523
Mobil: +49 176 1400 4445
4SOFT
SOLID INNOVATION