

Datentransparenz im Anlagen-Engineering

DIAMOND – Durchgängiger Datenaustausch im Engineering für eine optimierte Wertschöpfungskette

#Digitale Anlagenmodellierung #Common Data Model #Interoperabilität

In den vorangegangenen Beiträgen wurden die grundlegenden Konzepte des DIAMOND-Projekts vorgestellt [1]-[3], eine umfassende Prozess- und Verschwendungsanalyse durchgeführt [4], Synergien durch AutomationML (AML) und Verwaltungsschale (AAS) aufgezeigt [5] sowie die Anforderungen und Konzeption des Common Data Model (CDM) detailliert ausgearbeitet [6]. Dieser Artikel beschreibt die Entwicklung einer skalierbaren Integrationsarchitektur für die Einbettung in bestehende Toolchains, die die Persistierung, Versionierung und Synchronisation domänenübergreifender Daten sowohl dateibasiert als auch über eine REST-API ermöglicht.

Previous contributions introduced the fundamental concepts of the DIAMOND project [1]-[3], conducted a comprehensive process and waste analysis [4], demonstrated synergies through AutomationML (AML) and the Asset Administration Shell (AAS) [5], and elaborated the requirements and design of the Common Data Model (CDM) in detail [6]. This article describes the development of a scalable integration architecture to enable integration into existing toolchains, supporting the persistence, versioning, and synchronization of cross-domain data both via file-based exchange and through a REST API.

Tina Mersch,
Miriam Schleipen,
EKS InTec;
Michael Ach,
Carmen Listl, BMW;
Paula Hünecke,
Otto-von-Guericke-
Universität Magdeburg;
Tommy Luong,
Bernd Kühlenkötter,
Ruhr-Universität-
Bochum;
Holger Wünsche,
WINMOD;
Vanessa Kraus, LuArtX
IT GmbH;
Lorenz Hundt,
Murrelektronik;
Wolfgang Schlögl,
Siemens AG;
Ulrich Burges,
SimPlan AG;
Ender Yemenicioglu,
inpro

► PEER-REVIEW:
28.08.2025

1. Motivation

Der Aufbau moderner Produktionsanlagen in der Automobilindustrie erfordert die enge Zusammenarbeit zahlreicher Engineering-Domänen wie Mechanik, Elektrotechnik, Automatisierung und Simulation. Trotz interdisziplinärer Kooperation setzen die Beteiligten spezialisierte Werkzeuge mit proprietären Datenformaten ein, was eine durchgängige und konsistente Datenbasis erschwert. Aktuelle Entwicklungen im Bereich Künstliche Intelligenz (KI) wecken zwar Hoffnungen auf generierbare Lösungen, stoßen jedoch ohne tiefes Domänenwissen an Grenzen. Für die Entwicklung verständlicher, anwendungsnaher Datenmodelle bleibt daher Expertenwissen unerlässlich. Das Forschungsprojekt DIAMOND (Digitale Anlagenmodellierung mit neutralen Datenformaten) [7] untersuchte, wie ein domänenübergreifender digitaler Datenaustausch im Engineering trotz der Komplexität und Heterogenität realer Prozesse erfolgreich umgesetzt werden kann.

Im Forschungsprojekt DIAMOND wurde ein übergreifendes Datenmodell auf Basis von AutomationML (AML) [8] entwickelt, das den standardisierten, domänenübergreifenden Datenaustausch im Engineering ermöglicht. Im Vergleich zu anderen Ansätzen wie der Verwaltungsschale (AAS) bietet AML reifere Domänenmodelle. Dies ist insbesondere beim Austausch von größeren Engineering-Modellen mit vielen Ressourcen und Verlinkungen vorteilhaft. Diese Ansätze sind jedoch nicht als Konkurrenten zu betrachten, da eine ausgereifte Interoperabilität zwischen AML und AAS besteht und deren Kombination erhebliche Synergieeffekte ermöglicht [9]. DIAMOND adressiert die strukturelle Heterogenität in Engineering-Prozessen und schafft

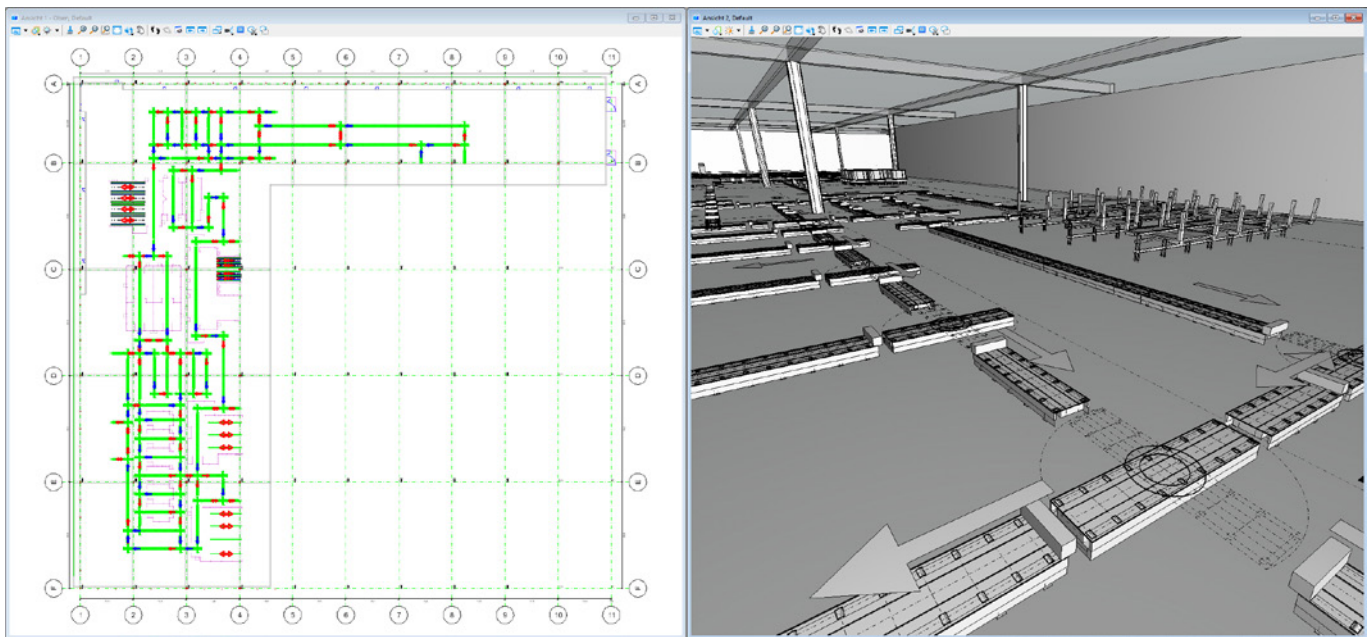


Abbildung 1: Verprobung des DIAMOND-Konzeptes an realen Anlagen.

eine Grundlage für Resilienz, Effizienz und wirtschaftliche Vorteile durch einheitliche Datenstrukturen. Ähnlich wie Catena-X [10] oder Factory-X [11] setzt das Projekt auf branchenübergreifende Standardisierung, mit Fokus auf den Anlagenentstehungsprozess.

In den bisherigen Beiträgen dieser Serie wurden die grundlegenden Konzepte von DIAMOND vorgestellt [2] und aufgezeigt, wie mithilfe von Prozess- und Verschwendungsanalysen der Engineering-Prozess detailliert untersucht und strukturiert aufgearbeitet wurde [4]. Das daraus hervorgegangene Common Data Model (CDM) wurde in [6] beschrieben, während in [5] dargelegt wurde, wie sich Daten aus Pre-Anlagenengineering-Phasen in das CDM integrieren und Informationen für das Post-Engineering ableiten lassen. Der vorliegende, abschließende Beitrag führt diese Einzelaspekte nun zu einem übergeordneten Big Picture zusammen, illustriert die praktische Umsetzung des Konzepts und evaluiert dessen Leistungsfähigkeit anhand mehrerer Referenzimplementierungen aus unterschiedlichen Domänen.

2. Big Picture

Die Integration domänenübergreifender Engineering-Daten in ein Gesamtmodell ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden, darunter:

- unterschiedliches Wording zwischen Domänen (z. B. „LOP-Liste“ vs. „Feedback“),
- unterschiedliche Detaillierungsbebenen (z. B. Stauförderer im Layout vs. verbauter Motor im ECAD),
- heterogene Teilausschnitte der Objektbeschreibung, die im CDM zu einem konsistenten Modell zusammengeführt werden müssen (z. B. ECAD-, MCAD- und Simulationsdaten).

Um diese Komplexität zu bewältigen, wurden zunächst domänenspezifische Modelle definiert, die optimal auf die Bedürfnisse und die Begriffswelt der jeweiligen Domänen zugeschnitten sind. In Abschnitt 3 dieses Beitrags wird detailliert auf die entstandenen domänenspezifischen Modelle und ihren aktuellen Reifegrad eingegangen. Diese Modelle erlauben bereits einen direkten Tool-zu-Tool-Datenaustausch, entfalten ihr volles Potenzial jedoch erst, wenn

sie in das übergeordnete Common Data Model (CDM) integriert werden.

Das CDM stellt eine semantisch konsistente Datenstruktur für das Anlagenengineering bereit und ermöglicht einen fachübergreifenden, redundanzfreien Informationsaustausch. Im Unterschied zu klassischen Gesamtmodellen zeichnet sich das DIAMOND-CDM durch eine modulare und erweiterbare Struktur aus: Neue Domänen können flexibel integriert und Daten gezielt abgefragt werden. Formal basiert das CDM auf einem UML-Modell und/oder einer Ontologie, die semantische Überschneidungen identifiziert und ein einheitliches Vokabular definiert [12]. Eine ausführliche Beschreibung des CDM findet sich in Beitrag 3 [6] dieser Serie.

Der Datenaustausch im DIAMOND-System erfolgt entweder als direkter Tool-zu-Tool-Transfer oder über eine zentrale Verwaltungskomponente, den sogenannten DIAMOND-Backbone. Dieser fungiert als domänenunabhängige Infrastrukturkomponente und stellt eine zentrale Schnittstelle für sämtliche am Engineering-Prozess beteiligten

ten Werkzeuge dar. Die Aufgaben des Backbones sowie Erkenntnisse aus ersten Referenzimplementierungen werden in Abschnitt 4 dieses Beitrags vorgestellt, bevor in Abschnitt 5 Hinweise zur praktischen Nutzung des DIAMOND-Konzepts und zum Einstieg gegeben werden.

3. Domänenspezifische Modelle

Im Rahmen des DIAMOND-Projekts wurden die folgenden domänenspezifischen Modelle entwickelt und standardisiert: Komponentenmodell [13], Technische Gebäudeautomatisierung (TGA) [14], Layout [15], Elektroplanung (ECAD) [16], Materialfluss [17] sowie Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN, vgl. Abschnitt 3.4). In diesem Abschnitt wird der aktuelle Stand dieser Domänenmodelle dargestellt, wobei der Fokus auf den spezifischen Herausforderungen jeder einzelnen Domäne liegt.

Die entwickelten Konzepte wurden direkt durch die beteiligten Tool-Hersteller verprobt und für den Datenaustausch mit ihren Werkzeugen umgesetzt. Um die Wirksamkeit dieser Konzepte zu evaluieren, erfolgten Tests auf Basis von Engineering-Daten aus verschiedenen Anlagen, sowohl im Forschungskontext als auch im industriellen Maßstab (vgl. Abbildung 1). Die durch die Verprobung der Referenzimplementierungen gewonnenen Erfahrungen werden im Folgenden ebenso präsentiert, wie die in diesem Zusammenhang durchgeführten Standardisierungsmaßnahmen.

3.1 Komponenten-Modell

Für einen effizienten Engineering-Prozess werden umfassende Komponenteninformationen benötigt, die die Hersteller über Verwaltungsschalen bereitstellen. Im DIAMOND-Projekt wurden dafür relevante Daten identifiziert, bestehende Submodelle genutzt und

bei Bedarf neue entwickelt. Zur Verhaltensmodellierung kommt der FMI-Standard zum Einsatz, um simulationsfähige Modelle in den Engineering-Prozess zu integrieren. Künftig sind standardisierte, qualitativ hochwertige digitale Produktinformationen Voraussetzung für Mehrwerte in Folgeprozessen – was Hersteller wie Anwender gleichermaßen zu enger Zusammenarbeit verpflichtet.

Whitepaper AMLComponent: Im DIAMOND-Projekt wurde das AML-Whitepaper AutomationML Component [13] überarbeitet, um die Kompatibilität zur AAS zu verbessern, wobei die AML-Bibliotheken modularisiert und weitere Modellaspekte in die Komponentenbeschreibung integriert wurden. Ein besonderer Fokus lag auf der Einbindung des 3D-Formats JT mit Kinematik in STEP AP242 XML, während parallel die Standardisierung bei der IEC eingereicht wurde.

IDTA: In Zusammenarbeit mit der IDTA wurde analysiert, welche Daten durch die Verwaltungsschale für das Engineering bereitgestellt werden müssen, welche Submodelle sich dafür eignen und wo noch offener Bedarf besteht. Das Komponentenmodell legt fest, welche Submodelle von Komponentenherstellern bereitzustellen sind, wobei ein Basisdatenmodell mit den Submodellen *Nameplate*, *Documentation* und *Technical Data* vorgeschrieben wird. Zudem wurde das Submodel *Interface Connector* (IDTA Nummer 02062) entwickelt, das sich kurz vor dem Reviewprozess befindet.

FMI: Der FMI-Standard wird genutzt, um Simulationsmodelle von Automatisierungs-Komponenten für die virtuelle Inbetriebnahme von Produktionsanlagen auszutauschen. Es wurde ein Leitfaden erstellt, um die Generierung, Integration und Nutzung von FMUs in der Industrie zu erleichtern. Er bietet rollenbezogene Empfehlungen und

„Best Practices“ [18] und befasst sich auch mit identifizierten Sicherheitsaspekten [19] rund um FMI.

ECLASS: Im Sinne der Offenheit und Interoperabilität verfolgte DIAMOND das Ziel, alle relevanten Standards referenzierbar zu halten, ohne deren Nutzung vorauszusetzen. Insbesondere bei der Modellierung von Komponenten kann ein Nutzer mit ECLASS-Zugang eine Verlinkung im DIAMOND Backbone hinterlegen. Für die Tool-Nutzerseite wird jedoch nicht vorausgesetzt, dass eine ECLASS-Mitgliedschaft besteht; das Erstellen und Bearbeiten von ECLASS-Instanzen ist daher optional und bleibt Nutzern mit entsprechender Lizenz vorbehalten.

Abbildung 2 (gelbe Pfeile) zeigt die Referenzimplementierungen des Komponentenmodells. Realisiert wurden dabei die Komponenten-Verwaltungsschale, die Anbindung an das CDM über den Backbone, die Bibliotheksgenerierung, die Nutzung der Simulationsmodelle sowie die Parametrierung auf Basis von Herstellerangaben.

3.2 ECAD und SPS

Die Engineering-Aspekte Funktion, Ort, ECAD und Automatisierung wurden in einem konsistenten AML-Modell zusammengeführt. Diese Sichten sind als separate Instanz-Hierarchien aufgebaut und werden über eine eindeutige Objekt-ID, die DiamondID domänenübergreifend eindeutig verknüpft. Zentrale Herausforderungen waren die Harmonisierung der Attributdefinitionen und die Abbildung der logischen Beziehungen zwischen den Repräsentationen.

AR ECAD [16]: Die in Entwicklung befindliche AR ECAD erfasst Objekte wie Sensoren, Aktoren und elektrische Schutzeinrichtungen sowie deren Ver-

kabelung und logische Verknüpfungen. Die Arbeiten an der AR ECAD werden im Rahmen einer Arbeitsgruppe im AutomationML e.V. nach Projektende fortgeführt.

Erste prototypische Referenzimplementierungen (vgl. Abbildung 2, lila Pfeile) zeigen, dass gerade die weiterführenden Informationen zu verbauten Sensoren und Aktoren einen enormen Mehrwert in den folgenden Engineering-Schritten versprechen.

3.3 Layout und Materialfluss

In der Layoutplanung variieren die Detaillierungsgrade je nach Engineering-Phase: Anfangs werden abstrahierte Geometrien aus Bibliotheken genutzt, später exakte Komponentenmodelle. Der DIAMOND-Standard ermöglicht dafür eine Layoutbeschreibung, die beide Phasen unterstützt und einen verlustfreien Austausch zwischen Systemen erlaubt, wobei Freigaben und Nutzungsrechte zu beachten sind.

Die Entwicklung einer AML-Schnittstelle war aufgrund zahlreicher Tools, heterogener Attribute und Rollenklassen herausfordernd, zielte jedoch auf ein harmonisiertes Datenmodell. Für

Materialflusssimulationen dienen AML-Exporte der Layoutplanung als Basis, ergänzt durch verfügbare Prozessparameter der Fördertechnikobjekte.

AML AR TGA [14]: Die entwickelte AR TGA definiert erstmals einen Standard für den Austausch von Planungsdaten der TGA in AML. Dabei werden spezifische Inhalte für die Bereiche der Heizungs-, Klima-, Lüftungs- und Sanitäranlagen (HKLS), Elektro- und Sprinkleranlagen abgebildet. Die relevanten Informationen werden in die Kategorien Flächen, Daten, Ressourcen und Struktur gegliedert.

AML AR Layout [15]: Über die AR Layout wird der Layout- und Strukturplanungsprozess für Produktionssysteme in Hallen mittels AML beschrieben. Sämtliche abzubildende Informationen werden in die drei Kategorien Flächen, technische und bauliche Objekte sowie Gebäudemanagementbereiche mit Produktions-, Lager- und Versorgungszonen gruppiert. Dabei wurde auf die nahtlose Passfähigkeit zur TGA geachtet.

AML AR Materialflow [17]: Die AR-Materialflow-Technologie wurde überarbeitet, indem jede Komponente in Track-

modell, Transportsystem und Transporttyp unterteilt wird. Das Trackmodell beschreibt die räumliche Struktur und Beziehungen, während der Transporttyp die Richtung und das Transportsystem die Technologie definiert. Diese Struktur ermöglicht die saubere Modellierung komplexer Systeme, wie z. B. eines Hubtisches mit Rollenförderer und Kettenförderer, was die Darstellung zusammengesetzter Materialflusskomponenten vereinfacht.

Abbildung 3 zeigt die für die Domänen „Layout“ (rote Pfeile) und „Materialfluss“ (grün) entstandenen Referenzimplementierungen. Durch die standardisierte, maschinenlesbare Bereitstellung der Daten wurde die Interoperabilität zwischen Tools deutlich verbessert, die Wiederverwendung von Layout- und Materialflussdaten erleichtert und die Grundlage für effizientere, digital unterstützte Planungsprozesse geschaffen. Dadurch werden bisher manuelle, fehleranfällige Arbeitsschritte deutlich reduziert.

3.4 Virtuelle Inbetriebnahme (VIBN)

Die virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) ist der zentrale Konvergenzpunkt am

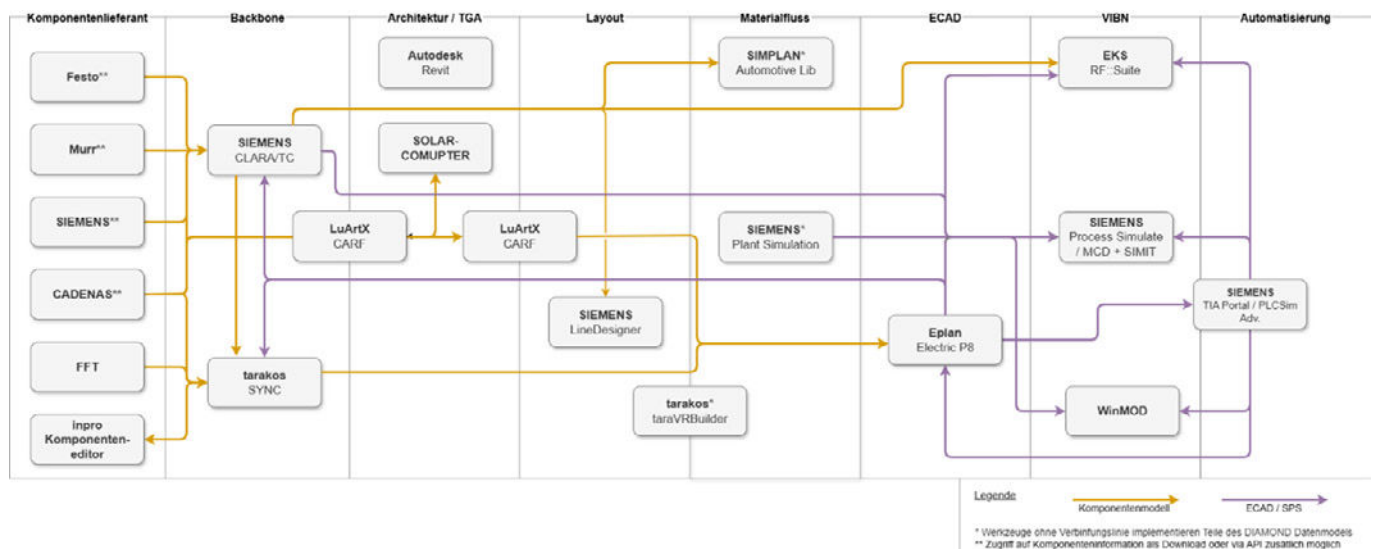


Abbildung 2: Referenzimplementierung - Komponente, SPS, ECAD.

Ende der Engineering-Kette, an dem Informationen und Daten aus sämtlichen vorgelagerten Engineering-Prozessen präzise und konsistent zusammengeführt werden müssen. Für die VIBN wurde daher in der Prozess- und Verschwendungsanalyse auch das größte Potenzial bei der Umsetzung des DIAMOND Ansatzes identifiziert [4]. Die Integration domänenübergreifender Engineering-Daten in der VIBN erfordert sowohl eine konsistente Verknüpfung über Domänengrenzen hinweg als auch eine Begrenzung der zu verarbeitenden Datenmengen. Da VIBN-Workflows üblicherweise domänenzentriert organisiert sind – etwa bei der Ableitung einer 3D-Geometrie aus Layoutdaten oder der Kopplung von Verhaltenssimulationen mit 3D-Modellen auf Basis von ECAD-Informationen – erwies sich eine vollständige 1:1-Ausleitung des Common Data Model (CDM) als ungeeignet. Statt eines separaten VIBN-Modells wurde daher ein Verfahren entwickelt, das domänenspezifische Sichten in einer CDM-Ausleitung konsistent verknüpft. Anstelle der in AutomationML vorgesehenen InternalLinks kommt dabei ein ID-basiertes Referenzkonzept zum Einsatz, das die Extraktion beliebiger Teilauszüge bei gleichzeitigem Erhalt der Referenzintegrität ermöglicht.

Wie im ECAD-Modell werden bei der VIBN mehrere Sichten auf ein und dasselbe Objekt in einem Baum gehandhabt. Alle ausgeleiteten Objekte erhalten dabei eine eindeutige DiamondID, die ein konsistentes Referenzieren zwischen verschiedenen Sichten und Systemen ermöglicht. Die DiamondID kann sowohl durch die zentrale Komponente des DIAMOND-Backbones vergeben werden als auch direkt von den beteiligten Tools. Bei der Integration von Daten aus unterschiedlichen Tools wird eine Liste der jeweils

zugeordneten DiamondIDs mitgeführt, um die Nachverfolgbarkeit und Eindeutigkeit über Systemgrenzen hinweg sicherzustellen. Ist eine DiamondID aufgrund eines vorhergehenden Datenimports bereits bekannt, so wird diese beim Export wiederverwendet, um die Referenzkonsistenz zu wahren.

Abbildung 4 veranschaulicht die Verwendung und den strukturellen Aufbau der DiamondID sowohl mit als auch ohne Anbindung der Werkzeuge an den Backbone. Neben der primären Identifikation über die DiamondID ist optional die Referenzierung über ein Betriebsmittelkennzeichen (BMK) möglich. Aufgrund der potenziellen Veränderung des BMK über die Lebensdauer einer Anlage wird diese Form der Referenzierung jedoch nur eingesetzt, wenn keine eindeutige Zuordnung über die DiamondID möglich ist. Bei Inkonsistenzen zwischen DiamondID und BMK sind diese durch die jeweiligen Werkzeuge anzuzeigen und durch den Nutzer aufzulösen. Die DiamondID wird in jedem Fall als primärer Identifikator eines Objekts betrachtet.

Die Referenzimplementierungen (vgl. Abbildung 2 und Abbildung 3) offenbarten unterschiedliche Reifegrade der CDM-Integration in den verschiedenen Engineering-Tools, was bei den VIBN-Demonstratoren zusätzlichen Abstimmungsbedarf erforderte. Das CDM entfaltet seine maximale Effizienz dort, wo alle beteiligten Systeme durchgängig auf Basis des standardisierten Datenmodells kommunizieren. Für Bereiche mit unvollständiger CDM-Implementierung bleiben teilautomatisierte Mapping-Prozesse oder manuelle Datenpflege erforderlich.

Die automatisierte Modellerstellung reduziert den Engineering-Aufwand

für die VIBN signifikant. Das standardisierte Format gewährleistet nicht nur eine höhere Datenvollständigkeit, sondern minimiert auch den Konfigurationsaufwand für die VIBN-Modellgenerierung. Die einheitliche Integration und Beschreibung von Engineering-Daten aus den Bereichen Elektrotechnik, Mechanik und Automatisierung optimiert zudem die Entwicklungseffizienz für die Software-Werkzeuge durch reduzierte Schnittstellenkomplexität.

3.5 Domänenübergreifende Standardisierung

Im Rahmen der Entwicklung eines durchgängigen Datenformats zur Unterstützung des Anlagenentstehungsprozesses wurden bislang nicht adressierte Standardisierungsbedarfe evident. Insbesondere das Fehlen einer Möglichkeit zur formalen Spezifikation von AML-Bibliotheken zur Validierung generierter Instanzen erwies sich als signifikanter Hemmfaktor für die Bereitstellung von stabilen Import- und Export-Schnittstellen. Strukturelle Beziehungen wie feste Eltern-Kind-Beziehungen sind in AML größtenteils nur informell über Fließtext in PDF-Dokumenten abbildbar. Um dieses Problem zu lösen, wurde die Arbeitsgruppe FD4AML im AutomationML e.V. gegründet.

FD4AML [20]: Ziel der in dieser Arbeitsgruppe angestrebten AR ist die Entwicklung einer formalen Beschreibungssprache, um Anforderungen an AML-Bibliotheken eindeutig und automatisiert überprüfbar zu spezifizieren. Die formale Grundlage bildet dabei SHACL (Shapes Constraint Language), und es ist eine NoCode-/Low-Code-Toolunterstützung zur Erstellung solcher Spezifikationen geplant, um die Erstellung und Überprüfung von AML-Bibliotheken zu vereinfachen und zu standardisieren.

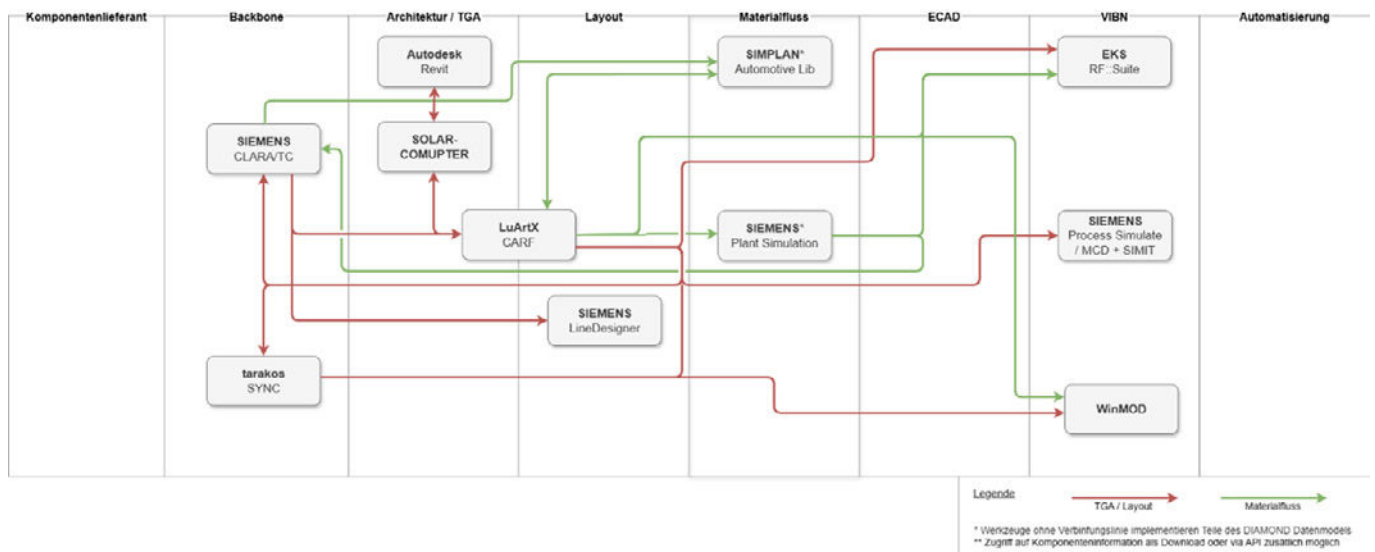


Abbildung 3 Referenzimplementierung – TGA/Layout, Materialfluss

4. Infrastrukturkomponente – Backbone

Der DIAMOND-Backbone bildet eine optionale, zentrale Infrastruktur zur Nutzung des Common Data Models (CDM) und vereint klassische PLM-Funktionalitäten wie Zugriffskontrolle, Versionierung, Workflow-Management und zentrale Datenhaltung mit CDM-spezifischen Features. Dazu zählen das systematische Management von Komponenten- und Projektdaten, die Bereitstellung verschiedener Sichten [6] auf das gemeinsame Engineering-Modell sowie die Transformation in genutzte Formate. Insbesondere die standardisierte Integration von Werkzeugen und die Anbindung externer Tools ermöglichen einen durchgängigen Datenaustausch über Domänen hinweg.

Im verteilten Entwicklungsumfeld des Automobilanlagenbaus ersetzt der Backbone den bisherigen dateibasierten Austausch durch ein verwaltetes, standardisiertes Datenmanagement und unterstützt damit die digitale Transformation.

Der Datenaustausch kann direkt zwischen Werkzeugen oder über den Backbone erfolgen, der als domänen-

unabhängige Schnittstelle Daten persistiert, synchronisiert und verteilt. Der Zugriff erfolgt sowohl dateibasiert als auch über die bereitgestellte DIAMOND-API, wobei unterschiedliche Sichten auf die Daten, Versionierung und Zugriffsrechte berücksichtigt werden.

Die Praxistauglichkeit des Konzepts wurde durch einen Demonstrator für kleine und mittlere Unternehmen überprüft. Dieser integriert unterschiedliche Domänenmodelle über das CDM und übersetzt Tool-Exporte mittels generischer Transformatoren in AutomationML. Die Tests zeigten, dass der Aufbau eines CDM-Informationsmodells und die Implementierung des Backbones effizient realisierbar sind – der initiale Aufwand betrug weniger als fünf Personentage.

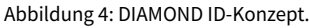
Als exemplarische Tool-Anbindung dient der Komponenteneditor, der über die DIAMOND-API auf den Backbone zugreift (s. Abbildung 5). Der Backbone übernimmt dabei die Transformation bestehender Komponentenmodelle aus AAS-Repräsentationen in AutomationML. Funktional ermöglicht der Komponenteneditor die Bearbeitung, Ergän-

zung und Visualisierung dieser Modelle. Ein neu implementierter „Connect“-Dialog veranschaulicht die Nutzerinteraktion mit der Backbone-Integration: Über die Eingabe der Server-URL wird eine Verbindung hergestellt, woraufhin alle verfügbaren Komponenten des Backbones aufgelistet werden. Nach einem Import können Komponenteneinformationen kundenspezifisch ergänzt bzw. bearbeitet werden. Der Komponenteneditor demonstriert damit, wie externe Werkzeuge nahtlos in die skalierbare Integrationsarchitektur des DIAMOND-Systems eingebunden werden können, und stellt eine Referenzimplementierung für weitere Tools dar.

Über die konsistente GlobalAssetID jeder Komponente wird ein standardisierter, durchgängiger Datenaustausch vom Komponentenhersteller, dem Backbone und Engineering-Tools in unterschiedlichsten definierten Engineering-Prozessen möglich.

5. Gemeinsames Vokabular als Fundament

Die größte organisatorische Herausforderung war die Harmonisierung von Begriffen und Semantik über Unternehmens- und Domängengrenzen



6. Empfehlungen für künftige Standardisierungen

Domänenspezifische AML-Teilmodelle: Für den erfolgreichen Einsatz von AutomationML ist eine domänenspezifische Modellierung entscheidend. Jedes Fachgebiet verfügt über ein eigenes Vokabular, das sich in Struktur und

Interoperabilität: Es gibt eine Reihe von Daten- und Informationsmodellen für die Planung, das Engineering und den Betrieb von Anlagen, die jeweils ihre Stärken und Schwächen haben. Im DIAMOND-Projekt konnten wir zeigen, dass Interoperabilität ein zukunftsfähiges Fundament für standardisierten Datenaustausch über den gesamten Anlagenlebenszyklus bietet. Doppelmodellierung konnte vermieden werden und gleichzeitig das Potenzial der angewendeten Standards sichtbar

Frühzeitige Prototypen: Die Erprobung der Modelle ist ein zentraler Schritt zur Validierung und Harmonisierung. Früh umgesetzte Prototyp-Schnittstellen decken Schwachstellen und Mehrdeutigkeiten sofort auf, sodass Anpassungen direkt ins Modell einfließen können. Dieses agile Vorgehen sichert konsistente Strukturen und Semantik, steigert die Datenqualität und verkürzt den Reifeprozess der Datenaustauschformate.

7. Nutzen für Anlagenbauer und Betreiber

Die konsequente Nutzung und Anreicherung von Daten aus den vorangegangenen Engineering-Schritten ermöglichen eine präzise domänenübergreifende Verknüpfung, die erstmals ein konsistentes Gesamtbild der Anlage liefert. Dadurch ergeben sich für Anlagenbauer und Betreiber insbesondere folgende Vorteile:

Durchgängige Datenverfügbarkeit: Alle Domänen und Werkzeuge greifen auf einen einheitlichen Datenbestand zu, wodurch die Konsistenz über alle Phasen hinweg vereinfacht wird. Darüber hinaus sinkt die Fehlerquote, da Doppelerfassungen und widersprüchliche Datenstände vermieden werden. Freigabe- und Prüfprozesse beschleunigen sich, weil automatisierte Abgleiche und einheitliche Schnittstellen den administrativen Aufwand verringern.

Ökonomische Effekte: Wirtschaftlich zeigen die Ergebnisse des Wirtschaft-

lichkeitsrechners [21] signifikante Potenziale für Einsparungen. Die ökonomische Analyse belegt neben Einsparungen bei Arbeits- und Finanzierungskosten auch verkürzte Projektlaufzeiten und damit einen positiven Return on Investment (ROI). Die entwickelte Methodik ermöglicht eine fundierte Bewertung der Investitionsrentabilität und dient als belastbare Entscheidungsgrundlage.

Digitale Zwillinge & Standardformate: Ein zentrales Datenmodell, standardisierte Austauschformate wie AAS, AML sowie FMI für virtuelle Inbetriebnahmeprozesse führen zu einer nachhaltigen und durchgängigen Digitalisierung. Eine konsequente Anwendung verbessert die Qualität der Daten, beschleunigt Innovationszyklen im Engineering-Prozess und ergibt eine Zeit- und Kostenersparnis.

Basis für effizienten Einsatz von KI: Einheitlich strukturierte und semantisch klar definierte Datenmodelle schaffen

die Voraussetzung, dass Large Language Models und andere KI-Verfahren Informationen zuverlässig interpretieren und verarbeiten können. Durch konsistente Terminologie, eindeutige Beziehungen und maschinenlesbare Formate lassen sich Trainingsdaten leichter aufbereiten, Abfragen präziser formulieren und Ergebnisse automatisiert weiterverarbeiten. So erhöhen standardisierte Modelle die Datenqualität, reduzieren den Bedarf an nachträglicher Bereinigung und bilden eine robuste Grundlage für skalierbare, KI-gestützte Analysen und Entscheidungsprozesse.

8. Anforderungen für Tool-Hersteller und Anwender

Eine erfolgreiche Umsetzung des Common Data Model (CDM) erfordert veränderte Arbeitsweisen und klare Unterstützungsangebote, damit Datenqualität über den gesamten Anlagenlebenszyklus gesichert und domänenübergreifender Datenaustausch möglich wird. Praktische Materialien und Feldtests

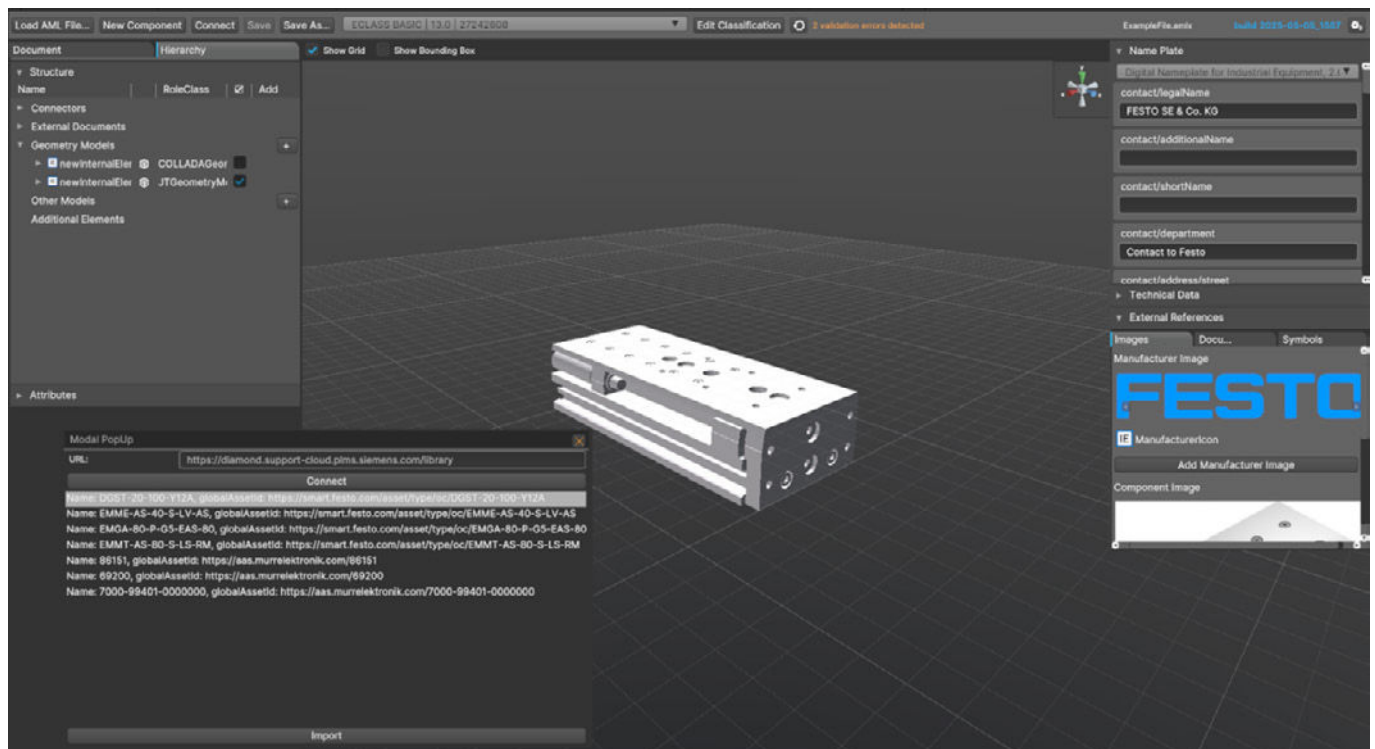


Abbildung 5: „Connect“-Dialog im inpro-Komponenteneditor zur Kommunikation mit dem Backbone (Beispiel mit Festo- und Murr-Komponenten, Siemens Backbone).

stellen sicher, dass Konzepte nicht nur theoretisch, sondern auch in realen Engineering-Szenarien funktionieren.

Zielgruppenspezifische Unterstützungsangebote: Für Toolhersteller, Betreiber und Komponentenhersteller wurden begleitende Dokumente entwickelt, um die Einführung des einheitlichen CDMs zu unterstützen: Schulungsunterlagen ergänzt durch Erklärvideos [22] und modulare Selbstlernmaterialien [23] lassen sich flexibel an vorhandenes Vorwissen anpassen und decken Themen von der CDM-Nutzung bis zur virtuellen Inbetriebnahme ab. Ein praxisorientierter Einführungsleitfaden [7] ergänzt diese Ressourcen um konkrete Handlungsempfehlungen für die unternehmensinterne Einführung.

Standardisierung mit AML: AutomationML bietet eine leichtgewichtige Modellierungsform, die bewusst geringe Hürden für die Umsetzung setzt und so hohe Flexibilität ermöglicht. Durch den geringen Daten-Overhead eignet es sich optimal für den Datenaustausch von Engineering-Daten, selbst bei umfangreichen Projekten und großen Anlagen. Die flexible Modellierung in AML erlaubt domänenspezifisch gut angepasste Modelle und erleichtert dadurch die Integration unterschiedlicher Systeme, die Wiederverwendbarkeit von Komponenten sowie die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Abteilungen und Partnern. Somit trägt AML entscheidend dazu bei, Engineering-Prozesse effizienter, transparenter und kostensparender zu gestalten.

Pilotierung und Praxisnachweis: Pilotierungen mit realen Anlagendaten und umfangreichen Brownfield-Szenarien sind notwendig, um Tragfähigkeit und Skalierbarkeit der Konzepte

nachzuweisen. Die im Projekt realisierten Referenzimplementierungen in den Engineering-Phasen mit aktiver Beteiligung von Tool-Herstellern (vgl. Abbildungen 2 und 3) zeigen, dass erste Integrationen bereits in wenigen Personentagen möglich sind, und Tests mit echten Anlagendaten (vgl. Abbildung 1) bestätigen die Praxistauglichkeit. Zur weiteren Stärkung des offenen, toolübergreifenden Datenaustauschs sollten zusätzliche Toolhersteller ermutigt werden, eigene AML-Schnittstellen zum CDM zu entwickeln.

9. Wissenschaftliche Weiternutzung und Wissenstransfer

Der Wissenstransfer wurde durch kontinuierliche Projektkommunikation über den LinkedIn-Kanal [24] und den DIAMOND-Blog [25] unterstützt. Über das Projektende hinaus ist die nachhaltige Sicherung und Weiterentwicklung der Ergebnisse durch den AutomationML e.V. vorgesehen.

Die Ergebnisse der Prozess- und Verschwendungsanalyse bilden auch in Zukunft eine solide Grundlage für weitere Forschung. Auf der Projektseite [7] stehen dazu die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse zum freien Download zur Verfügung. Dazu gehören BPMN-Modelle, sowie detaillierte LIPOK-Beschreibungen für jede Domäne und deren zugehöriger Ist- und Sollprozesse. Weiterhin wurden für alle beteiligten Domänen relevante Personas entworfen und eine Liste von konsolidierten Business Objects definiert, die über alle Domänen hinweg eine einheitliche Benennung der betrachteten ausgetauschten Datenpakete beinhaltet. Auch die ersten Common-Data-Teilmodelle (Zwischenstand 06/2024 zum Halbzeitmeilenstein) sind auf der Homepage verfügbar. Zudem stehen verschiedene Informations- und Schulungsunterlagen bereit.

10. Fazit und Ausblick

DIAMOND belegt, dass ein gemeinsames Datenmodell über Unternehmens- und Domänengrenzen hinweg nicht nur technisch machbar, sondern auch wirtschaftlich lohnend ist. Entscheidend für den Erfolg künftiger Standardisierungsprojekte sind ein früh abgestimmtes Vokabular, domänenspezifische Erweiterbarkeit, konsequente Einbindung aller relevanten Akteure und die Bereitschaft, etablierte Prozesse zu hinterfragen und anzupassen.

Der Beitrag fasst die zuvor vorgestellten Einzelaspekte des DIAMOND-Projekts zusammen und ordnet sie in ein übergeordnetes Gesamtbild ein. Damit wird gezeigt, wie Prozessanalysen, die Definition konsolidierter Business Objects, die Entwicklung des Common Data Models (CDM) sowie dessen Integration in bestehende Standards wie AutomationML und Verwaltungsschale zu einer kohärenten Methodik verbunden werden können. Besonderes Gewicht liegt dabei auf der Interoperabilität zwischen den Standards und der Bereitstellung von Modellen, Beschreibungen und Referenzimplementierungen, die als Orientierung für Forschung und Praxis dienen.

Über die spezifischen Projektergebnisse hinaus trägt der Beitrag zur Diskussion um eine standardisierte, domänenübergreifende Datenbasis im Anlagenentstehungsprozess bei. Er bietet sowohl methodische Grundlagen als auch praktische Referenzen für die Community und leistet damit einen Impuls für die Weiterentwicklung von interoperablen Datenmodellen und branchenübergreifenden Standards.

Ausblickend eröffnet DIAMOND vielfältige Möglichkeiten: Die Einbindung weiterer Partner und Domänen, wird das CDM schrittweise vervollständigt.

gen. Flankiert durch gezielte Verbreitungs- und Markteintrittsstrategien kann der Nutzen des Ansatzes künftig noch stärker in der Industrie verankert werden. Damit trägt das Projekt nicht nur zur Effizienzsteigerung im Engineering bei, sondern schafft zugleich die Grundlage für eine langfristig resiliente, standardisierte und kollaborative Anlagenentwicklung.

Danksagung

Die Ergebnisse dieses Beitrags sind im Forschungsprojekt DIAMOND entstanden. Das Forschungsprojekt DIAMOND wird von der Europäischen Union finanziert und vom Bundes-Ministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert.

Die Standardisierung und Veröffentlichung der entwickelten Modelle ist ein essenzieller Beitrag dazu, dass das Konzept eines durchgängigen Datenmodells für das Anlagenengineering in die breite Anwendung kommen kann. Wir bedanken uns daher für die umfangreiche Unterstützung bei den beiden assoziierten Partner, AutomationML e.V. und IDTA, die uns bei der Formalisierung und Validierung der Modelle unterstützt haben und uns eine Plattform für die langfristige Bereitstellung der Modelle als AR/BPR bzw. als AAS-Submodels bieten.

Referenzen

- [1] Schleipen, M., Mersch, T., Karch, S. (2023). Engineering und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen: Eine Analyse der beteiligten Prozessschritte und des entstehenden Datenflusses. atp magazin, 65(8), 88-93. <https://doi.org/10.17560/atp.v65i8.2683>
- [2] Mersch, T., Schleipen, M., Kühlenkötter, B., Hypki, A., Burlein, J., Schlögl, W., ... Hünecke, P. (2025). Datendurchgängigkeit im Anlagenentstehungsprozess: DIAMOND-Modell und Realisierung. atp magazin, 67(4), 56-66. <https://doi.org/10.17560/atp.v67i4.2775>
- [3] Mersch, T., Schleipen, M., Burlein, J., Freund, M., Hünecke, P., Lüder, A. (2025). Durchgängiges Datenformat zur Unterstützung des Anlagenentstehungsprozesses – Grundlage für effizientes Anlagenengineering. AUTOMATION 2025
- [4] Schleipen, M., Mersch, T., Hünecke, P., Lüder, A., Karch, S. (2025). Prozess- und Verschwendungsanalyse in Engineering und Inbetriebnahme: DIAMOND-Grundlage einer effizienten Digitalisierung des Gesamtprozesses. atp magazin, 67(6-7), 74-85. <https://doi.org/10.17560/atp.v67i6-7.2777>
- [5] Freund, M., Paul, M., Dörner, L., Hundt, L., Lüder, A., Mersch, T., ... Kose, K. (2025). Synergien durch Standards im Anlagenentstehungsprozess: DIAMOND-AML und AAS im Engineering. atp magazin, 67(8). <https://doi.org/10.17560/atp.v67i8.2787>
- [6] Hünecke, P., Lüder, A., Eisenmann, S., Rassl, M., Mersch, T., Schleipen, M., Große-Kreul, A., Kühlenkötter, B., Hundt, L., Burges, U., Kraus, V. (2025). Common Data Model für den Anlagenentstehungsprozess - DIAMOND - Anforderungen und Umsetzung. <https://doi.org/10.17560/atp.v67i10.2794>
- [7] DIAMOND-Projekt. (n.d.). Digitale Anlagenmodellierung mit neutralen Datenformaten. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://diamond-project.de/>
- [8] AutomationML e.V. (n.d.). AutomationML – Das Datenformat für die digitale Fabrik. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://www.automationml.org/about-automationml/automationml/>
- [9] Drath, R., Mosch, C., Hoppe, S., Faath, A., Barnstedt, E., Fiebiger, B., & Schlögl, W. (2023). Diskussionspapier-Interoperabilität mit der Verwaltungsschale, OPC UA und AutomationML. Plattform Industrie, 4.
- [10] Catena-X Automotive Network. (n.d.). Das offene Datenökosystem für die Automobilindustrie. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://catena-x.net/>
- [11] Factory-X. (n.d.). Das Datenökosystem für die Produktion der Zukunft. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://factory-x.org/de/>
- [12] Hünecke, P., Binder, C., Hoffmann, D., Hoang, T., Lüder, A., „Common Concept Method for Citizen Modelers in Cross-Domain Engineering“ in 2025 30th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), accepted.
- [13] AutomationML e.V. (2022). Whitepaper AutomationML, Part 6: AutomationML Component, Version 1.1.0, https://www.automationml.org/wp-content/uploads/2022/04/WP6_AutomationML_Compo_V1.1.0.zip, 2020
- [14] AutomationML e.V. (2025). AutomationML Application Recommendation Building Services Engineering. AutomationML e.V. Manuscript in preparation, not yet published. url: <https://www.automationml.org>
- [15] AutomationML e.V. (2025). AutomationML Application Recommendation Layout Planning. AutomationML e.V. Manuscript in preparation, not yet published. url: <https://www.automationml.org>
- [16] AutomationML e.V. (2026). AutomationML Application Recommendation ECAD“. AutomationML e.V. Manuscript in preparation, not yet published. url: <https://www.automationml.org>
- [17] AutomationML e.V. (2025). AutomationML Application Recommendation Materialflow. AutomationML e.V. Manuscript in preparation, not yet published. 2025. url: <https://www.automationml.org>
- [18] Wolf, C., Schleipen, M., Paul, M., Krsticevic, T., Neveu, F., Wincheringer, C., Wünsche, H., Ziegenhagel, V., Zellmeier, T., Ach, M., Moghaddam Nejad, A., Hammerl, F., Frey, G. (2025). FMI in der VIBN: Ein Leitfaden zur Umsetzung, AUTOMATION 2025.
- [19] Wolf, C., Schleipen, M., Frey, G. (2025). Creating a chain of trust for industrial simulation models based on FMI, 19th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering.
- [20] AutomationML e.V. (2025). AutomationML Application Recommendation Formal Definition for AutomationML (FD4AML). Abgerufen von: <https://www.automationml.org/wp-content/uploads/2025/09/AR-Formal-Description-for-AutomationML.pdf>
- [21] Richard, C. (2025). Development of a method to evaluate the economic potential of digital twins in automotive production. Master thesis. 03.2025. Hochschule Albstadt- Sigmaringen, Faculty of Engineering
- [22] DIAMOND Förderprojekt. (n.d.). YouTube-Kanal: DIAMOND – Digitale Anlagenmodellierung mit neutralen Datenformaten. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://www.youtube.com/@diamondprojekt>
- [23] Schmid, F., Lienhöft, N. (2025). Einsatz von Gamification und Serious Gaming für Trainingsmethoden zur Virtuellen Inbetriebnahme – Innovative Lernmethoden im Unternehmenskontext. AUTOMATION 2025.
- [24] DIAMOND-Projekt. (n.d.). LinkedIn-Kanal: DIAMOND – Digital Twins. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://www.linkedin.com/showcase/diamond-digital-twins/>
- [25] DIAMOND-Projekt. (n.d.). Blog des DIAMOND-Projekts. Abgerufen am 8. Juli 2025, von <https://diamond-project.de/#blog>

Dr.-Ing. Tina Mersch studierte Informatik und promovierte in Ingenieurwissenschaften an der RWTH Aachen University. Ab 2012 arbeitete sie bei Beckhoff Automation im Bereich Datenaustausch und durchgängiges Engineering. Seit 2023 ist sie Research Officer bei EKS Intec und Fokus auf Daten- und Informationsmodellen. Ihre Expertise liegt in den Bereichen AutomationML und Modelltransformation. Sie ist aktiv im GMA Fachausschuss Durchgängiges Engineering von automatisierten Anlagen und verschiedenen Arbeitsgruppen des AutomationML e.V. tätig. Zudem engagiert sie sich in nationalen und internationalen Standardisierungsprojekten zu Industrie 4.0 und Interoperabilität.

Dr.-Ing. Tina Mersch

EKS InTec GmbH
Danziger Straße 3
88250 Weingarten
+49 (0) 160 966 659 70
tina.mersch@eks-intec.de

Dr.-Ing. Miriam Schleipen hat Informatik studiert und promovierte in Ingenieurwissenschaften am KIT. Zwischen 2005 und 2017 war sie im angewandten Forschungsbereich für MES und Interoperabilität am Fraunhofer IOSB tätig und hatte acht Jahre lang führende Positionen inne. Von 2017 bis 2021 arbeitete sie als Leitende Softwarearchitektin bei Siemens Digital Industry im Bereich gemeinsam genutzter Softwarekomponenten wie z. B. Softwarelizenzen, Benutzerverwaltung oder Systemdiagnose und war Mitglied des SW-Architekturteams der HMI-Plattform. Seit 2021 ist sie Chief Research Officer bei der EKS InTec GmbH und beschäftigt sich mit semantischer Interoperabilität und Nachhaltigkeit in Automatisierungsumgebungen, die auf digitalen Zwillingen basieren. Sie leitet die gemeinsame Arbeitsgruppe der OPC Foundation und des AutomationML e.V., ist verantwortlich für das deutsche Glossar Industrie 4.0 und nimmt an nationalen und internationalen Standardisierungsgruppen teil, die sich mit semantischer Interoperabilität und Industrie 4.0 befassen.

Michael Ach hat Wirtschaftsinformatik studiert. Seit 1998 arbeitet er bei der BMW Group in unterschiedlichen Funktionen in Bereichen der Produktion-, Auslandsversorgung

und Digitalisierung von Produktion und Logistik. Sein Schwerpunkt lag bei diesen Funktionen in den Themen Prozessoptimierung, Resilienz und Transparenz. Seit 2023 ist er verantwortlich als Konsortialleiter des Förderprojektes DIAMOND. Zudem koordiniert er die strategische Umsetzung der Projektergebnisse in die BMW interne Applikationslandschaft.

Dr.-Ing. Carmen Listl ist Expertin für Produktionssystemtechnik mit besonderem Fokus auf die durchgängige Datennutzung im Anlagenentstehungsprozess. Im Rahmen ihrer Promotion an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg entwickelte sie in enger Zusammenarbeit mit der BMW Group eine Transformationsstrategie zur Realisierung von Datendurchgängigkeit. Ihre fachlichen Schwerpunkte liegen in der Anwendung Digitaler Zwillinge, standardisierter Datenformate (wie AAS und AutomationML) sowie der virtuellen Inbetriebnahme. Ziel ihrer Arbeit ist es, wirtschaftliche Potenziale durch Effizienzsteigerung, Kostensenkung und verbesserte Planungsqualität systematisch nutzbar zu machen.

Vanessa Kraus ist Konstrukteurin im Bereich TGA Versorgungstechnik mit umfassender Erfahrung in Energietechnik, Stahlbau und Infrastrukturprojekten. Derzeit leitet sie im Projekt DIAMOND die Domäne Layoutplanung und unterstützt dabei die technische Umsetzung der TGA. Zudem verantwortet sie zwei Arbeitskreise im Rahmen der IDTA „Building Automation Data for Plant Planning and Layout Planning“. Ihr aktueller Schwerpunkt liegt in der Entwicklung und dem Einsatz von AML-Schnittstellen in der Automobilindustrie – insbesondere für TGA und Fabrikplanung.

Tommy Luong schloss sein Masterstudium der Elektro- und Informationstechnik 2020 an der TU Dortmund ab und arbeitete zwischen 2021 und 2023 bei comnovo GmbH im Bereich Forschung und Entwicklung. Seit August 2023 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssysteme tätig. Seine thematischen Schwerpunkte sind die Datenverarbeitung im Anlagenplanungsprozess sowie die roboterbasierte Automatisierung.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Kühlenkötter ist seit April 2015 Leiter des Lehrstuhls für Produktionssysteme an der Ruhr-Uni-

versität Bochum. Er promovierte im Jahr 2001 an der Universität Dortmund. Nach seiner Tätigkeit bei der ABB Automation GmbH als Technologie- und Produktmanagementleiter übernahm er im April 2009 die Professur für Industrierobotik und Produktionsautomatisierung an der TU Dortmund, wo er 2012 das Institut für Produktionssysteme gründete und bis März 2015 leitete.

M.Sc. Paula Hünecke studierte an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Wirtschaftsingenieur Maschinenbau und schloss ihr Studium dort 2022 mit dem Master ab. Seit Dezember 2022 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Produktionssysteme und Automatisierung der OVGU tätig. Ihre Schwerpunkte liegen dabei in der Daten- und Informationsmodellierung. Aktuell leitet sie die SM Arbeitsgruppe „Building automation data for plant planning“ der IDTA.

Dr.-Ing. Lorenz Hundt promovierte nach dem Studium der Elektrotechnik 2012 an der Fakultät für Maschinenbau der Otto-von-Guericke-Universität zum Thema „Durchgängiger Austausch von Daten zur Verhaltensbeschreibung von Automatisierungssystemen“. Seit 2025 arbeitet er als Experte für Datenmodellierung bei der Murr Shared Services GmbH. Zuvor arbeitet er in unterschiedlichen Funktionen zum Thema AutomationML. Im AutomationML e.V. leitet er die Arbeitsgruppe AutomationML-Komponentenbeschreibung. Die Erweiterung der AutomationML-Komponentenbeschreibung bildet auch den Fokus der Arbeiten im DIAMOND Projekt.

Dr. rer. nat. Ulrich Burges hat Physik an der RWTH Aachen studiert und promovierte in experimenteller Physik am FZ Jülich / RWTH Aachen. Im Jahr 1998 wechselte er vom FZ Jülich zur SimPlan AG in Hanau und arbeitete dort als Consultant Materialflusssimulation. Schwerpunkte seiner Tätigkeit in der Automobilindustrie waren simulationsbasierte konzeptionelle Untersuchungen geeigneter Werksstrukturen und Steuerungssysteme. Nach einigen Jahren als Standortleiter Hanau wechselte er vor über 11 Jahren in den Vorstand der SimPlan AG. Er verantwortet die Bereiche interne IT sowie das Dienstleistungsgeschäft. Nebenbei führt er immer noch Projekte durch und hält an Universitäten Vorlesungen zum Thema Simulation in Produktion und Logistik.

Dr. Wolfgang Schlögl studierte Fertigungstechnik an der Universität Erlangen-Nürnberg und promovierte dort anschließend auf dem Gebiet der Simulation in der Produktionstechnik. Danach arbeitete er für die Daimler AG in Sindelfingen im Wissensmanagement für die Produktionsplanung und übernahm daraufhin Projektleitungen in der Montageplanung. Seit 2003 arbeitet Dr. Schlögl für die Siemens AG. Nach verschiedenen leitenden Positionen in der Automatisierungstechnik und der Softwareentwicklung verantwortet er aktuell strategische Projekte und Programme im Digital Manufacturing für Effizienz und Nachhaltigkeit in der Produktion.

Holger Wünsche absolvierte 1988 den Diplomstudiengang Technische Kybernetik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und arbeitete bis 1990 als Dozent an der Ingenieurschule für Automatisierung und Werkstofftechnik Hennigsdorf. Als Mitbegründer der Firma „Ingenieurbüro Mewes & Partner GmbH“ im Jahr 1991 (heute: „WINMOD GmbH“) befasste er sich u.a. frühzeitig mit der Einführung von Methoden zur Simulation von Maschinen und Anlagen und deren Einsatz für den Softwaretest von Automatisierungsanlagen. Das führte zur Entwicklung der Systemplattform WinMOD® mit der Markteinführung 1995 und dem nachfolgenden weltweiten Vertrieb und Einsatz in den verschiedensten technologischen Industriebereichen. Seit 2020 ist er Geschäftsführer der WINMOD GmbH.

Dr.-Ing. Ender Yemenicioglu studierte Mechatronik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und promovierte 2017 zum Thema „Daten austausch für physikbasierte Simulation von Materialflusssystemen in der Digitalen Fabrik“. Seit 2011 ist er in Softwareentwicklungsprojekten im Bereich der Digitalen Fabrik tätig. Derzeit arbeitet er als Lead Developer bei der inpro Innovationsgesellschaft für fortgeschrittene Produktionssysteme in der Fahrzeugindustrie mbH. Er verfügt über umfassende Expertise im Datenmanagement und im Datenaustausch zwischen Planungswerkzeugen im Engineering, insbesondere mit dem Format AutomationML. Zu seinen aktuellen Aufgaben gehören die Weiterentwicklung des AML-Editors und der AML-Engine sowie die Entwicklung innovativer Lösungen für Simulationswerkzeuge wie Process Simulate und cloud-basierte Engineering-Anwendungen.