

Forschungsprojekt Antrieb 4.0 definiert die elektrische Antriebstechnik neu

# Datenräume als Konstruktionsaufgabe

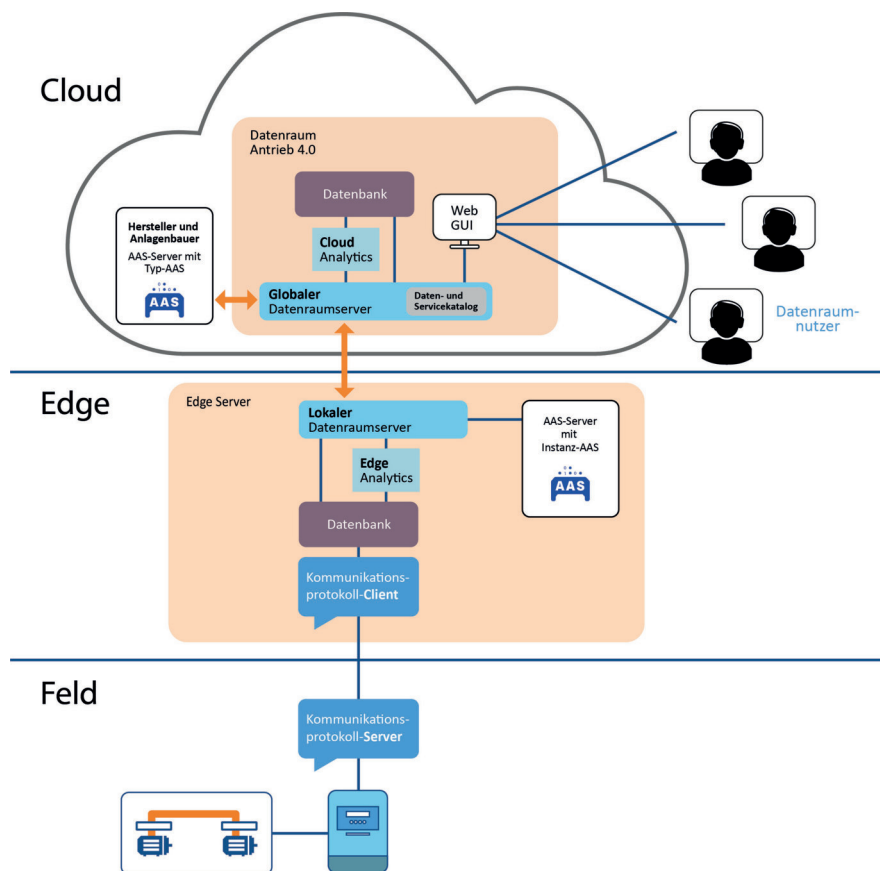
Die elektrische Antriebstechnik steht vor einem tiefgreifenden Wandel. Über Jahrzehnte hinweg waren es vor allem mechanische Optimierung, höhere Leistungsdichte, bessere Wirkungsgrade und robuste Regelungskonzepte, die über die Wettbewerbsfähigkeit entschieden. Heute kommt eine weitere Dimension hinzu, die zunehmend strategische Bedeutung gewinnt: die Fähigkeit, Daten strukturiert, interoperabel und souverän nutzbar zu machen. Mit dem Forschungsprojekt Antrieb 4.0 wurde dafür eine praxisnahe Grundlage geschaffen.

TEXT: M. Metzner

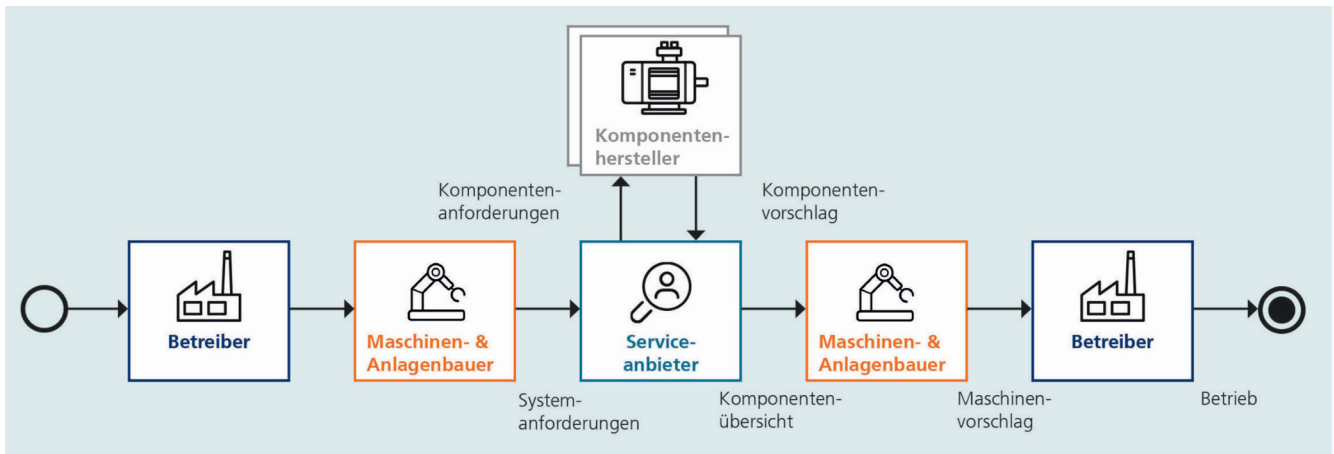
In vielen Werken existieren hochautomatisierte Anlagen mit leistungsfähigen Antriebssystemen und umfangreicher Sensorik. Doch die dabei generierten Daten verbleiben häufig in proprietären Umgebungen. Unterschiedliche Datenmodelle, herstellereigenspezifische Schnittstellen und fehlende semantische Standards verhindern einen durchgängigen Informationsfluss. Das führt zu Medienbrüchen zwischen Engineering, Inbetriebnahme, Betrieb und Service. Effizienzpotenziale bleiben ungenutzt, weil reale Betriebsdaten nicht systematisch in Auslegung und Weiterentwicklung zurückgespielt werden können.

## Interoperable Gestaltung von Antrieben

„Dateninteroperabilität ist das A und O für eine zukunftsfähige Digitalisierung, sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch im Austausch mit Partnern“, betont Dr. Jan Hofmann, Gruppenleiter Data Spaces im Bereich Supply Chain Services des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS und verantwortlich für die Realisierung des Datenraums Antrieb 4.0 sowie der Serviceplattform. „Um nicht in isolierten Silos zu verharren, müssen offene Standards genutzt werden. Nur so lassen sich Daten sinnvoll teilen und wirt-



**Bild 1** Die Antrieb 4.0 Systemarchitektur verbindet die Feld-, Edge- und Cloudebene, so miteinander, dass Daten in ihren Ursprungssystemen verbleiben können und gleichzeitig von anderen Organisationen für die Planung, Inbetriebnahme, Betrieb oder den Service genutzt werden können. Grafik: Fraunhofer IIS



**Bild 2** Ein durch die Industriepartner getriebener Prozess identifizierte zu Projektbeginn Anwendungsfälle mit hohem Praxisnutzen, darunter der vorgestellte Use Case „Ganzheitliche energieeffiziente Antriebsauslegung“. Grafik: Fraunhofer IIS

schaftlich verwerten.“ Genau dort setzt Antrieb 4.0 an.

Unter der Konsortialleitung der Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e. V. wurde im Rahmen des Projekts eine herstellerübergreifende Architektur für elektrische Antriebe entwickelt. Ziel war es, Auswahl, Inbetriebnahme, Betrieb und Service über Unternehmens- und Systemgrenzen hinweg interoperabel zu gestalten. Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE), arbeiten Forschungseinrichtungen und Industriepartner gemeinsam an einem föderierten Datenraum, der Datensouveränität und technische Interoperabilität miteinander verbindet.

## Etablierte Standards bilden die technische Basis

Technische Basis sind etablierte Standards wie OPC UA sowie die Asset Administration Shell (AAS). Die Verwaltungsschale dient als strukturierender Rahmen für den

digitalen Zwilling eines Antriebs. Sie beschreibt sowohl Typ- als auch Instanzdaten in semantisch eindeutiger Form. OPC UA ermöglicht die standardisierte Kommunikation von der Feld- in die Edge-Ebene.

Die im Projekt realisierte Architektur (Bild 1) folgt einem klaren Prinzip: Daten werden dort verarbeitet, wo es technisch und ökonomisch sinnvoll ist, bleiben aber stets unter der Kontrolle des jeweiligen Betreibers. Auf der Feldebene erfassen Antriebe Zustands- und Prozessdaten wie Drehmoment, Drehzahl, Temperatur oder Energieverbrauch. Diese Informationen werden über Kommunikationsserver an eine Edge-Instanz übertragen. Dort erfolgt die Vorverarbeitung, Strukturierung und Einbettung in Verwaltungsschalenmodelle. Ein lokaler Datenraumserver stellt die Daten in interoperabler Form bereit. Nur explizit freigegebene Informationen werden anschließend in einen föderierten Datenraum eingebracht, auf den autorisierte Partner zugreifen können.

„Antrieb 4.0 schafft die Grundlagen für eine herstellerübergreifende, interoperable und datensouveräne Industrie 4.0“, erklärt Dr. Falk Eckert, Senior Researcher bei der Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e. V. und Konsortialleiter des Projekts. „Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen eröffnet das neue Möglichkeiten, Effizienzpotenziale zu heben und innovative Services anzubieten, ohne sich in proprietäre Abhängigkeiten zu begeben.“ Entscheidend sei, dass der Datenraum kein zentrales Sammelbecken darstelle, sondern eine föderierte Struktur, in der klare Regeln für Zugriff und Nutzung gelten.

## Funktionsfähigkeit in zeitkritischen Anwendungen

Ein technischer Meilenstein war die Implementierung von OPC UA direkt im Antrieb mit Zykluszeiten von rund 100 ms auf Feldebene. Damit konnte gezeigt werden, dass standardisierte, semantisch beschriebene Kommunikation nicht nur auf Leitsystem- oder IT-Ebene funktioniert, sondern auch in zeitkritischen industriellen Anwendungen. Für Entwickler bedeutet das, dass Kommunikationsfähigkeit und Datenmodellierung nicht mehr als optionale Zusatzfunktionen betrachtet werden können. Sie werden Teil der Kernfunktionalität eines Antriebs – genauso, wie geteilte Daten zum Effizienztreiber der nächsten Antriebsgeneration werden.

Der föderierte Ansatz im Projekt adressiert auch die Zielsetzung des Förderprogramms Manufacturing-X. Die darin enthaltenen Projekte zielen darauf ab,

## ÜBER ANTRIEB 4.0

Antrieb 4.0 wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert. Die Konsortialleitung liegt bei der Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim ZVEI e. V. Weitere Konsortialpartner sind: Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB, die Fachgebiete Leistungselektronik und Antriebsregelung, Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen bzw. Kommunikationsnetze der TU Darmstadt sowie 18 namhafte assoziierte Partnerunternehmen.

Vom 20. bis 24. April 2026 präsentiert das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) geförderte Forschungsprojekt in Halle 13, Stand C24 die horizontale Vernetzung zwischen Antrieben unterschiedlicher Hersteller sowie die vertikale Vernetzung des Antriebs in den föderierten Datenraum.



### Maschinen- & Anlagenbauer

- Kein Domänen-Know-how erforderlich
- Reduzierte Time-to-Market
- Effiziente Selektion der passenden Komponenten
- Aufwandsärmere Inbetriebnahme



### Komponentenhersteller

- Erleichterte Analyse der Wettbewerbsfähigkeit und Ableitung der geeigneten Produktportfolioentwicklung
- Vereinfachter Betrieb
- Zugang zu neuen Kunden



### Betreiber

- Energieeinsparung, dadurch Kosteneinsparung im Betrieb



### Serviceanbieter

- Kein Domänen-Know-how erforderlich
- Reduzierte Time-to-Market
- Effiziente Selektion der passenden Komponenten
- Aufwandsärmere Inbetriebnahme

**Bild 3** Im Zusammenspiel von interoperabler Datensemantik und dezentralen Datenräumen in der Anwendung entstehen Mehrwerte, von denen alle Stakeholder profitieren. Grafik: Fraunhofer IIS

resiliente Lieferketten zu schaffen und den Austausch, unter anderem auch von Emissionsdaten zu ermöglichen. Im Forschungsprojekt Antrieb 4.0 ermöglicht der föderierte Ansatz Daten dezentral bei ihren jeweiligen Data Ownern zu halten und Zugriffe über eine fein aufgelöste

Rechteverwaltung zu steuern. Die Datenhoheit verbleibt bei den jeweiligen Datenlieferanten. Gleichzeitig profitieren sie von herstellerübergreifenden Standards, die innovative datenbasierte Anwendungen und Geschäftsmodelle ermöglichen. Die Praxistauglichkeit dieses Ansatzes

wurde anhand zweier Use Cases demonstriert.

## Zwei praxisnahe Use Cases validieren Ansatz

Im ersten Szenario geht es um die ganzheitliche energieeffiziente Auslegung von Antriebssystemen (**Bild 2**). Ausgangspunkt ist ein vom Betreiber definiertes Last- und Bewegungsprofil. Auf dieser Basis können Antriebskomponenten unterschiedlicher Hersteller interoperabel kombiniert werden. Energieverbräuche lassen sich prognostizieren und mit realen Betriebsdaten verifizieren. Für Konstrukteure entsteht ein geschlossener Regelkreis zwischen Entwurf, Simulation und Realität. Abweichungen zwischen prognostizierten und gemessenen Werten liefern konkrete Hinweise für Optimierungen in der Auslegung oder im Fahrprofil der Anlage. „Die energieeffiziente Auslegung von Antriebssystemen ist in der Industrie längst kein Zukunftsthema mehr, sondern gelebte Praxis. Während Antriebe früher häufig mit großzügigen Leistungsreserven dimensioniert wurden, steht heute die ganzheitliche Optimierung des gesamten Systems im Vordergrund – von der Mechanik über die Regelungstechnik bis hin zur Prozessintegration. Energieeffizienz ist dabei nicht mehr nur ein Nebenaspekt, sondern ein zentrales Kriterium in der Antriebsauslegung“, erklärt Jürgen Dlugosch, Produktmanager Automatisierung der Baumüller Nürnberg GmbH.

## Sicht auf alle relevanten Anlageninformationen

Der zweite Use Case adressiert das digitalisierte Asset Management (**Bild 3**). Dabei wird eine standardisierte, zentrale Sicht auf alle relevanten Antriebsinformationen einer Anlage geschaffen. Betreiber können Energieverbräuche, Leistungsprofile und Zustandsdaten transparent überwachen. Maschinen- und Anlagenbauer profitieren davon, dass reale Betriebsdaten systematisch ausgewertet werden können. Statt ausschließlich auf Simulationen oder Prototypentests zu setzen, lassen sich fundierte Entscheidungen auf Basis von Felddaten treffen. Das reduziert Entwicklungsrisiken und verbessert die Qualität zukünftiger Konstruktionen.

Michael Klippahn, Head of R&D Industrie 4.0 bei ABB Motion Deutschland, sieht in einem Digitalisierten Asset Ma-

## PERFORMANCE - VERBESSERUNG ÜBER DEN GESAMTEN LEBENSZYKLUS

„Für uns ist entscheidend, dass Entwickler und Konstrukteure den Mehrwert von Daten nicht erst im Service sehen, sondern bereits in der Auslegung und Systemintegration. Wenn Antriebe strukturiert beschriebene Informationen liefern und sich über Standards wie der Verwaltungsschale von der IDTA und OPC UA in vernetzte Architekturen einbinden lassen, entsteht echte Durchgängigkeit vom Engineering bis in den Betrieb. Das eröffnet neue Spielräume, beispielsweise bei der energieoptimierten Systemauslegung, bei der Inbetriebnahme oder bei der kontinuierlichen Performance-Verbesserung über den gesamten Lebenszyklus.“



**Martin Hankel**, Director Digital Standards, Bosch Rexroth AG.  
Foto: Bosch Rexroth

nagement den großen Mehrwert in der Bündelung von Informationen: „Alle wichtigen Informationen, wie beispielsweise Katalogdaten, Handbücher, Zertifikate oder Auslegungsdaten sind im Digitalisierten Asset Management mit den Geräten und Komponenten (Assets) verknüpft und können zum Beispiel mit Hilfe des ID-Link direkt und eindeutig gefunden werden. Auch Aktualisierungen und Überarbeitungen können einfach und strukturiert veröffentlicht und automatisch verteilt werden, beispielsweise wenn es um Software-Updates oder Sicherheitshinweise geht.“

## Ziel: vernetzte Wertschöpfungssysteme

Für die Antriebstechnik ergibt sich daraus eine klare Perspektive. Künftig werden Auslegungswerkzeuge auf reale Betriebsdaten aus Datenräumen zugreifen können. Digitale Zwillinge begleiten den Antrieb über seinen gesamten Lebenszyklus – von der Konstruktion über die Inbetriebnahme bis zum Service. Predictive Maintenance, Energie-Benchmarking oder adaptive Prozessregelungen lassen sich als datenbasierte Services realisieren. Gleichzeitig bleibt die Datensouveränität durch den föderierten Datenraum erhalten, der unter anderem im Sinne der europäische GAIA-X-Initiative konzipiert wurde.

„Wir bewegen uns vom isolierten Produkt hin zu vernetzten Wertschöpfungsökosystemen“, fasst Eckert zusammen. „Der elektrische Antrieb wird damit zum aktiven Bestandteil digitaler Geschäftsmodelle.“ Für Entwickler und Konstrukteure erweitert sich das Kompetenzprofil. Neben mechanischer und elektrischer Auslegung rücken Themen wie semantische Modellierung, Schnittstellenarchitektur und IT-Sicherheit in den Fokus. Die Verwaltungsschale könnte perspektivisch ebenso selbstverständlich werden wie das Typenschild am Motor.

Die im Projekt erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass Interoperabilität in der Antriebstechnik technisch realisierbar und wirtschaftlich relevant ist. Die entscheidende Aufgabe der kommenden Jahre wird darin bestehen, die entwickelten Standards in die industrielle Breite zu überführen und konsequent in Produkte, Engineering-Prozesse und Servicekonzepte zu integrieren. Für die Konstruktion bedeutet das einen Kulturwandel: Der Antrieb wird nicht mehr nur als physisches Aggregat verstanden, sondern als datenfähiges Systemelement in einem souveränen, föderierten Informationsraum. Wer diese Perspektive frühzeitig in seine Entwicklungsstrategie integriert, schafft die Voraussetzung für nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit in einer zunehmend vernetzten Industrie. Dahingehend nimmt

das Forschungsprojekt aktuell auch den Digitalen Produktpass in den Blick.

## Digitaler Produktpass wird konkret nutzbar

Damit der Digitale Produktpass (DPP) in der Praxis mehr ist als ein Compliance-Dokument, braucht es eine gemeinsame, semantisch eindeutige „Sprache“ für Antriebe – genau diese Grundlage schafft Antrieb 4.0. Auf dieser Basis wird der DPP konkret nutzbar: Informationen lassen sich über Organisations- und Systemgrenzen hinweg konsistent bereitstellen und weiterverwenden.

Die TU Darmstadt untersucht im Rahmen des Forschungsprojekts, welche Kosten und Aufwände Unternehmen bei der Einführung eines DPP erwarten. Dazu wurden vier Archetypen definiert – vom Kleinstunternehmen über den typischen Mittelstand und B2C-orientierte Unternehmen mit großen Stückzahlen bis hin zum Großkonzern –, um unterschiedliche Ausgangslagen systematisch abzubilden. Grundlage sind Literaturrecherche sowie Interviews mit Unternehmen, Verbänden und Dienstleistern. Die Ergebnisse fließen in eine textliche Ausarbeitung und archetypspezifische Kostentabellen ein.

**Ergebnis:** Entscheidend für den Aufwand ist weniger die Unternehmensgröße als der Digitalisierungsgrad – hoch digitalisierte Unternehmen verfügen häufig bereits über viele benötigte Datenpunkte und Standards, während andere zunächst Datenhaltung und -organisation aufbauen müssen. Zudem zeigt sich, dass ein manuelles Erstellen von Digitalen Produktpässen in der Regel nicht praktikabel ist, weil es je nach Komplexität mehrere Stunden pro Pass beanspruchen kann. Ergänzend beleuchtet ein Rechtsgutachten der Hochschule Hof kostenrelevante rechtliche Anforderungen, insbesondere für KMU. Dabei zeigt sich, dass unklare Formulierungen und teils noch ausstehende delegierte Rechtsakte belastbare Kostenschätzungen derzeit erschweren.

### Maximilian Metzner

Leiter Kommunikation,  
Forschungsvereinigung Elektrotechnik beim  
ZVEI e. V. (FE)  
maximilian.metzner@fe-zvei.org  
www.fe-zvei.org

## IT: ZENTRALER BESTANDTEIL DER PRODUKTARCHITEKTUR

„Antrieb 4.0 zeigt, wie sich Interoperabilität technisch sauber und praxistauglich von der semantischen Datenmodellierung bis zur standardisierten Kommunikation über OPC UA und die Asset Administration Shell umsetzen lässt. Entscheidend ist, Datenfähigkeit nicht als nachgelagerte IT-Funktion zu verstehen, sondern als integralen Bestandteil der Produktarchitektur eines Antriebs. Wer bereits in der Konstruktion auf offene Standards und klar strukturierte Verwaltungsschalen setzt, schafft die Grundlage für skalierbare Services, effiziente Engineering-Prozesse und eine nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit.“



Dr. Jan Hofmann, Gruppenleiter Data Spaces im Bereich Supply Chain Services des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS. Foto: Fraunhofer IIS