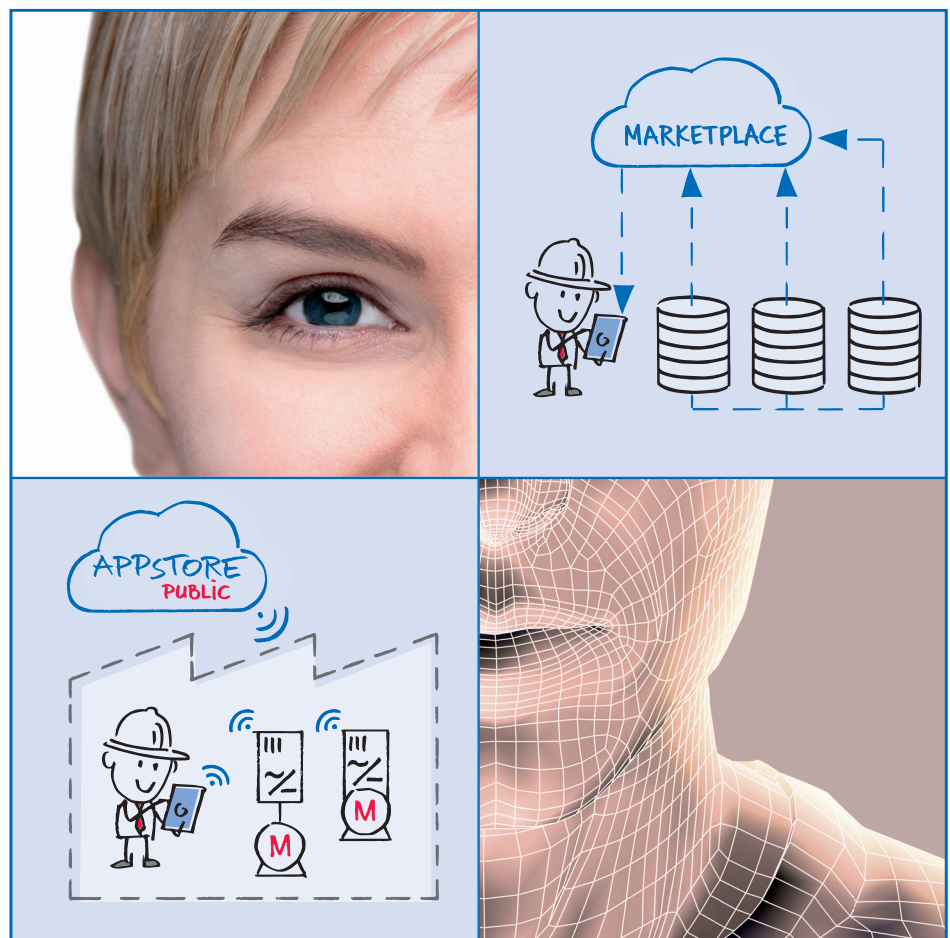


Antrieb 2030 – Zwölf Thesen



**Folgende Autoren haben in der Projektgruppe Antrieb 2030 des
ZVEI AK Industrie 4.0 Elektrische Antriebe Inhalte beigetragen:**

Siemens AG, Bernd Wacker

Bosch-Rexroth AG, Martin Hankel

Baumüller Nürnberg GmbH, Sebastian Geis

Wittenstein SE, Bernd Vojanec

TU Darmstadt, Prof. Dr.-Ing. Gerd Griepentrog

Fraunhofer IIS, Arbeitsgruppe für Supply Chain Services, Prof. Dr. Alexander Pflaum

ZVEI, Arndt Zimmermann

ZVEI, Bernhard Sattler

ZVEI, Stefanie Wiesner



Die Elektroindustrie

Antrieb 2030 – Zwölf Thesen

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e. V.

Fachverband Automation

Fachbereich Elektrische Antriebe

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6302-377

E-Mail: antriebe@zvei.org

www.zvei.org

September 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist
ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzung, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Inhalt

1	Management Summary	4
2	Motivation und Methodik	5
3	Ausgangsbasis Antrieb 4.0 – Vision wird Realität	6
4	Thesen und EPICs 2030	7
	These 1: Applikationssoftware liegt für Standard-Antriebsanwendungen als App in der Cloud	8
	These 2: Ein Edge Device übernimmt die Antriebssteuerung für ein oder mehrere Antriebe	9
	These 3: Rechenleistung zur Antriebssteuerung wird in der Cloud bereitgestellt	10
	These 4: Trennung von HW und SW – Softwareunternehmen für Antriebstechnik	11
	These 5: Horizontale Integration: Teilnehmer der Wertschöpfungskette interagieren nahtlos	12
	These 6: Micropayments: Datenpunkte oder Informationen in Geschäftsmodellen umgesetzt	13
	These 7: Geschäftsmodelle: Pay-per-Use, Verrechnung per Einheit XaaS	14
	These 8: Rolle der Virtuality – AR, VR, Mixed Reality	15
	These 9: 3-D-Druck von Antrieben	16
	These 10: Plug, Work & Optimization durch den Antrieb	17
	These 11: „EIN“ Feldbus für OT und IT Anforderungen und I4.0-Sprache	18
	These 12: Auslegung von Antrieben – Erfahrungsbasierte Auslegung, vom Engineering bis zum Pricing	19
5	Merkmale und Fähigkeiten Antrieb 2030	20
6	Geschäftsmodelle, Wertschöpfungskette	23
7	Zusammenfassung	26
8	Abkürzungen	28

1 Management Summary

Im Rahmen des Arbeitskreises Industrie 4.0 Elektrische Antriebe hat sich im Jahr 2019 eine temporäre Projektgruppe Antrieb 2030 gebildet. Die Zielsetzung der Projektgruppe war die Aufstellung von zukunftsweisenden Thesen im Umfeld des elektrischen Antriebes für einen Zeitrahmen von 10 Jahren. Diese 12 Thesen werden im Whitepaper Antrieb 2030 beschrieben. Wenngleich sich die elektrische Antriebstechnologie weiterentwickeln wird, wird es von der leistungselektronischen Seite oder auch im rotierenden Teil keine disruptiven, sondern eher inkrementelle Weiterentwicklungen geben, z. B. Miniaturisierung sowie Energie- und Ressourceneffizienz.

Vielmehr wird hier daher der Spannungsraum der Digitalisierung und einhergehender Geschäftsmodelle aufgebaut, wie z. B. Interaktion von Geschäftspartnern in der horizontalen aber auch in der vertikalen Wertschöpfungskette.

Der Antrieb 2030 wird sich vor allem in seiner Sensorik sowie Konnektivität im Industrial Internet of Things (IIoT) Umfeld weiterentwickeln und sich in die Wertschöpfungskette des Nutzers einbetten. Mithin werden zukünftige Geschäftsmodelle adressiert, die durch Fortschreiten der technologischen Möglichkeiten als wirtschaftlich machbar erscheinen. Darin wird auch die Standardisierung eine wichtige Rolle spielen.

Im Umkehrschluss stellen diese Thesen Anforderungen an den Antrieb 2030 hinsichtlich seiner zukünftigen Fähigkeiten.

2 Motivation und Methodik

In einer beschleunigten digitalen Welt üben neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit, der Kommunikation usw. Einfluss auf die Wertschöpfungsketten aus. Auch das Verhalten von Marktteilnehmern wird durch digitale Technologien und Plattformen beeinflusst. Geschäftsmodelle, Wertschöpfung und sogar Wertschöpfungsketten können sich ändern.

Die Plattform Industrie 4.0 als Referenz beschreibt ein Leitbild 2030 zur digitalen Transformation in der Produktion www.plattform-i40.de:

„Industrie 4.0 beschreibt einen grundlegenden Innovations- und Transformationsprozess industrieller Wertschöpfung. Leitmotiv dieses Wandels sind neue Formen des Wirtschaftens und Arbeitens in globalen, digitalen Ökosystemen: Heutige starre und fest definierte Wertschöpfungsketten werden abgelöst durch flexible, hochdynamische und weltweit vernetzte Wertschöpfungsnetzwerke mit neuen Arten der Kooperation. Datengetriebene Geschäftsmodelle stellen Kundennutzen und Lösungsorientierung in den Vordergrund und ersetzen die Produktzentrierung als vorherrschendes Paradigma industrieller Wertschöpfung. Verfügbarkeit, Transparenz und Zugang zu Daten sind in der vernetzten Ökonomie zentrale Erfolgsfaktoren und definieren maßgeblich die Wettbewerbsfähigkeit.“

Die Möglichkeiten neuer Technologien werden auch die Antriebstechnik entlang seiner Wertschöpfungskette beeinflussen.

Das Whitepaper stellt in diesem Kontext Thesen vor, welche anhand sogenannter EPICs¹ beschrieben werden.

Kernfragen und Problemstellungen

- Wie beeinflusst die Digitalisierung das Geschäft mit Antrieben?
- Wie beeinflussen neue Trends, zum Beispiel „Intelligente Produktion“, die Antriebstechnik und das Geschäft?
- Gibt es einen disruptiven Ansatz, um die traditionelle Wertschöpfungskette neu zu ordnen?
- Gibt es bereits Trends in verschiedenen Märkten/Branchen/Kundensegmenten?
- Was sind Wettbewerbsattribute im Jahr 2030 und wie wird der Wettbewerb beeinflusst aus Sicht der Hersteller von Motoren/Antrieben?

Nicht im Mittelpunkt dieses Whitepapers stehen Fragen zu makroskopischen Marktentwicklungen, z. B.:

- Welchen Einfluss spielen im Wesentlichen wachsende Elektrifizierungssektoren wie Energie (Klimawandel), Elektromobilität?
- Wie entwickeln sich aufstrebende Märkte/Anwendungen wie zum Beispiel Robotik, medizinische Anwendungen?
- Cyber-Security hat in einer digital vernetzten Welt höchsten Stellenwert

¹ EPIC: ein Begriff im Kontext des Anforderungsmanagements, der einen Anwendungsfall beschreibt. Die Beschreibungsmethode kommt aus der agilen Softwareentwicklung.

3 Ausgangsbasis Antrieb 4.0 – Vision wird Realität

Die Ausgangsbasis² für dieses Whitepaper bilden die Referenzen Antrieb 4.0 [1] und Plattform I4.0 [2]. In [1] wird im Rahmen des Industrie 4.0 Plattformkonzeptes [2] speziell die Antriebstechnik adressiert. Es geht dabei um automatisierten Datenaustausch zwischen den Marktteilnehmern (Hersteller, Maschinenbauer und Betreiber) durch die gesamte Wertschöpfungskette, basierend auf klassifizierten Merkmalen, Funktionen und weiteren Daten.

Jedes ausgelieferte Produkt bildet eine Instanz. Es hat als real existierendes Material oder physischer Gegenstand eine eindeutige Identität, welche in klassifizierten Merkmalen beschrieben wird. Im engeren Sinne können es Typenschilddaten sein, im weiteren Sinne alle denkbaren Merkmale, die ein Teilnehmer zur Ausübung in der Wertschöpfungskette benötigt. So wird aus dem physischen Gegenstand eine „Industrie 4.0-Komponente“.

Standardisierung ist für alle Beteiligten an der Wertschöpfungskette von entscheidender Bedeutung: Die Kommunikation der Instanzen erfolgt über digitale Austauschprotokolle, welche semantische Informationen enthalten. Diese Informationen müssen normativ klassifiziert sein, so dass Marktteilnehmer entsprechend der bekannt gemachten Definitionen am Markt teilnehmen können. Der Datenaustausch erfolgt über wiederum normierte Kommunikationsprotokolle. Hierbei wird sich des Referenzarchitekturmodells Industrie 4.0 (RAMI 4.0) bedient.

Die Use Cases decken von der Planung bis zum Recycling den gesamten Wertschöpfungsprozess ab. So ist ein beispielhafter Use Case die automatisierte Inbetriebnahme vernetzter Antriebssysteme. Hierbei kommt es zum Datenaustausch der Instanzen, die am aktuellen Asset-Geschehen beteiligt sind. Weitere beispielhafte Use Cases befinden sich im Asset-Management selbst, in dem der Lebenszyklus einer Instanz verfolgt wird. Mit den Daten der klassifizierten I4.0 Semantik kann so z. B. ein Digitaler Zwilling in einer Asset-Management Datenbank befüllt oder eine smarte Fabrik betrieben werden.

Besonderer Bedeutung hinsichtlich der Abbildung der klassifizierten Merkmale einer Industrie 4.0-Komponente kommt innerhalb des RAMI 4.0 der sogenannten Verwaltungsschale zu, innerhalb derer die klassifizierten Merkmale der jeweiligen Instanz an andere Instanzen mit wiederum ihrer eigenen Verwaltungsschale publiziert werden. Zur Schaffung einer einheitlichen Datenstruktur wurde das auf internationalen Standards aufbauende und harmonisierte Klassifizierungssystem eclass ausgewählt.

Umfeld-Technologien, digitale Plattformtechnologien, Nahtstellen und weitere Anknüpfungspunkte verstehen so die Informationen, da sie standardisiert sind. Die Kooperationsfähigkeit von Assets lässt sich durch den Grad der Kompatibilität nach IEC 61804-2 beschreiben: Das höchste Level ist die Austauschbarkeit einer Industrie 4.0-Komponente, welche mit zwei Ebenen strukturiert werden kann:

- Die Datenebene mit seinen instanziierten Daten, die Kommunikationsnahtstelle und das Kommunikationsprotokoll, in dem die Daten klassifiziert hinterlegt sind
- Die Performance Ebene, die Parameter, Anwendungsfunktionen und dynamische Funktionalitäten enthält

Kompatibilität durch Standardisierung ist absolute Voraussetzung für die nachfolgend beschriebenen Thesen und EPICs.

² Referenzen:

[1] Antrieb 4.0 – Vision wird Realität, ZVEI, April 2018 www.zvei.org/presse-medien/publikationen/antrieb-40-vision-wird-reality/

[2] Plattform I4.0 www.plattform-i40.de

4 Thesen und EPICs 2030

Es wurden 12 Thesen erarbeitet und in Form von EPICs vorgestellt. Thesen 1-4 befassen sich mit Software, Thesen 5-7 mit Geschäftsmodellen und Thesen 8-12 mit technologischen Aspekten.

Hinsichtlich der technischen Ausprägung wird die morphologische Analyse in Form einer Matrix angewendet. Die technische Ausprägung ist in den bestimmenden Merkmalen stark verallgemeinert z. B. Attribute, Faktoren, Parameter, Dimensionen (Ordinate) und die Stärke der technischen Ausprägung ist in Form von Leistungsklassen (Abszisse) dargestellt.

Jede These wird von einer morphologischen Matrix untermauert, welche Merkmale in Leistungsklassen unterscheidet. Bei den Merkmalen wird in Obermerkmale unterschieden:

- „Connectivity“ beschreibt die Verbindung nach „außen“
- „Data Processing“ trifft eine Aussage, wo die Datenverarbeitung erfolgt, ggf. mit Zusatzberechnungen wie Simulation oder z. B. nur zur Verfügungstellung von Datenmodellen
- „Process execution“ sagt aus, wo/woher Steuerung und Optimierung erfolgt
- „Traceability“ Identifikation des Assets anhand von Daten und Genauigkeit der Lokalisierung des Assets
- „Serviceability“ beschreibt die sensorische Ausprägung zur Mitteilung von Daten für Steuerung/Optimierung sowie in welchem Teilprozess der Wertschöpfungskette das Merkmal zum Tragen kommt

Die morphologische Matrix ist in jeder These inhaltlich gleich und die zum Tragen kommenden Merkmale sind farblich hellblau markiert (beispielhaft in folgendem Bild).

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	one2one		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event	Selbststeuernd	
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul	Bauteil	
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Serviceability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

Die Kombination farblich markierter Merkmale ergibt dann eine denkbare technische Anforderung an eine Lösung. Die farbliche Ausprägung wurde intuitiv und aus den Erfahrungen der Autoren in Gruppendiskussion gewählt.

These 1:

Applikationssoftware liegt für Standard-Antriebsanwendungen als App in der Cloud



Vision

Eine Bibliothek für Standard-Antriebsanwendungen ist als Appstore in der Cloud verfügbar. Jede App ist für jeden Antrieb herstellerübergreifend anwendbar. Die „Cloud“ übernimmt auch alle Verwaltungsaufgaben, die zu Autorisierung, Usermanagement und Abrechnung notwendig sind.

Kurzbeschreibung

Heute liegt sämtliche Software dezentral in einer Antriebssteuerung, ausgeliefert ab Werk, ggf. als CD beigelegt. Durch die Möglichkeit der zentralen Bereitstellung dagegen, können Antriebssteuerungen über dezentrale Ankopplung an Bibliotheken anwendungsfallunabhängig ausgeliefert werden, die ihre Funktionalität über Apps aus der Cloud beziehen. Das Geschäftsmodell kann nutzerabhängig (App-Gebühr, Lizenzgebühr, Pay-per-Use) ausgeprägt werden und die Bezahlung erfolgt über die Cloud-Umgebung. Drittanbieter können weitere Apps anbieten.

Herausforderungen an FuE

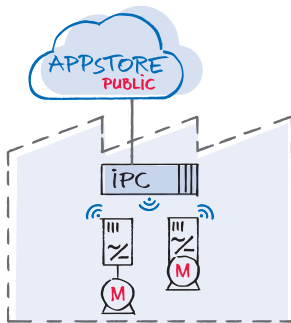
- Kompatibilität von SW herstellerunabhängig; Kompatibilität mit der HW
- Marktakzeptanz; Endkunde wird zum Systemintegrator oder ein Drittanbieter verantwortet die Funktion und Sicherheit
- Abrechnung/Controlling, Systemeinbindung in bestehende ERP, Schnittstellen
- Rechtliche Haftung
- Provider für Appstore

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch		Echtzeit
	Vernetzung	one2one		one2many		many2many
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s		Hoch GB/s
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 2:

Ein Edge Device übernimmt die Antriebssteuerung für ein oder mehrere Antriebe



Vision

Ein Edge Device übernimmt die Applikationssteuerung des/der Umrichter. Eine Bibliothek für Standard-Antriebsanwendungen ist als Appstore in der Cloud verfügbar. Jede App ist für jeden Antrieb herstellerübergreifend anwendbar, das Edge Device verwaltet jedoch und bietet Rechenleistung vorort.

Kurzbeschreibung

Heute liegt die Applikations-Software dezentral in einer PLC on-top auf der Antriebssteuerung, ausgeliefert ab Werk. Wegen der Leistungsfähigkeit heutiger PLCs ist es denkbar, Edge Devices zu bauen, welche das komplette Applikationsmanagement übernehmen und zu Cloud-Bibliotheken verbunden sind. Nach unten hin befinden sich im Umrichter lediglich noch die Firmware der Leistungshalbleitersteuerung. Das Edge Device übernimmt die Verwaltung, Autorisierung sowie das User Management und dient als Kommunikationsfrontend. Hohe Datenraten sind dann notwendig, wenn das Edge Device sich mit der Cloud verbindet.

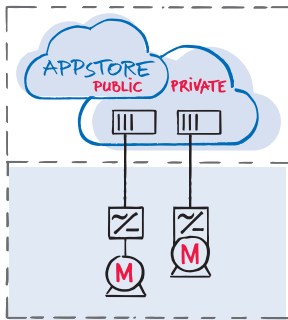
Herausforderungen an FuE

- „Herstellerunabhängig“, Kompatibilität, HW/SW
- Marktakzeptanz; Endkunde wird zum Systemintegrator oder ein Drittanbieter verantwortlich
- Abrechnung/Controlling
- Rechtliche Haftung
- Provider für Appstore
- Hohe Datenraten und Echtzeitfähigkeit

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	one2one		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event	Selbststeuernd	
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul	Bauteil	
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 3: Rechenleistung zur Antriebssteuerung wird in der Cloud bereitgestellt



Vision

Eine Bibliothek für Standard-Antriebsanwendungen ist als Appstore in der Cloud verfügbar. Jede App ist für jeden Antrieb herstellerübergreifend anwendbar. Die Cloud übernimmt die Rechenleistung der dezentralen PLC und ggf. der Umrichter-FW.

Kurzbeschreibung

Heute liegen Leistungshalbleitersteuerung und die Applikations-Software dezentral in einer Antriebssteuerung, ausgeliefert ab Werk. Durch die Möglichkeit der zentralen Bereitstellung von Rechenleistung können Leistungshalbleiter-Steuerungsbefehle direkt aus der Cloud vorgesehen werden. Das Geschäftsmodell kann nutzerabhängig (App-Gebühr, Lizenzgebühr, Pay-per-Use) ausgeprägt werden und die Bezahlung erfolgt über die Cloud-Umgebung. Drittanbieter können weitere Apps anbieten. Die Applikations-SW (Apps) sind antriebsherstellerunabhängig. Speicher- und Rechenleistung sind lokal minimiert, stattdessen übernimmt die Cloud skaliert Aufgaben. An die Kommunikation werden höchste Anforderungen hinsichtlich Zuverlässigkeit und Datenrate gestellt.

Herausforderungen an FuE

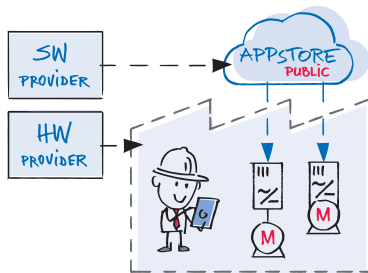
- „Herstellerunabhängig“, Kompatibilität, HW/SW
- Marktakzeptanz; Endkunde wird zum Systemintegrator oder Drittanbieter verantwortlich
- Abrechnung/Controlling
- Rechtliche Haftung
- Provider für Appstore
- Hohe Datenrate, geringe Latenzzeit, kurze Taktseiten der IKT Cloud-Device

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch		Echtzeit
	Vernetzung	one2one		one2many		many2many
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s		Hoch GB/s
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 4:

Trennung von HW und SW – Softwareunternehmen für Antriebstechnik



Vision

Einige Antriebshersteller werden ihr Geschäftsmodell hin zu einem Softwareanbieter entwickeln. Andere Hersteller werden sich auf Hardware Wertschöpfung konzentrieren. HW wird eher zum Standardprodukt und von einigen wenigen Herstellern und in höherer Stückzahl hergestellt.

Kurzbeschreibung

Durch die zunehmende Differenzierung durch SW (Analyse und Regelung, Applikationen) wird die HW weniger relevant, um USPs zu generieren. Somit wird die Zahlungsbereitschaft für die reine HW sinken. Durch den höheren Kostendruck im Bereich der HW werden einige Hersteller große Teile des Marktes bedienen, da Skalierungseffekte durch hohe Standard-Stückzahlen erreichbar sind. Nahezu reine Softwareunternehmen werden durch das Know-how nur durch SW unterscheidbare Produkte auf den Markt bringen. Als spezialisierte Softwareunternehmen erreichen sie Skalierungseffekte über breitere Marktsegmente durch die Nutzung digitaler Plattformen. Durch Spezialisierung und Konzentration in beiden Bereichen erhält der Kunde eine günstigere Kostenposition.

Herausforderungen an FuE

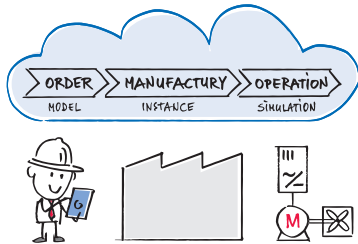
- „Herstellerunabhängig“, Kompatibilität der SW/HW
- Neue Unternehmen – Disruptive Geschäftsmodelle sind möglich
- Rechtliche Haftung

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	oneZone		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event	Selbststeuernd	
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul	Bauteil	
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 5:

Horizontale Integration: Teilnehmer der Wertschöpfungskette interagieren nahtlos



Vision

Die horizontale Vernetzung über Unternehmens- und Systemgrenzen hinweg ist wesentlicher Bestandteil von Industrie 4.0. Durch den ganzheitlichen Ansatz wird bei der horizontalen Integration nicht nur die Vernetzung zwischen einzelnen Maschinen, Anlagen oder Produktionseinheiten umgesetzt, sondern auch Lieferanten und Kunden mit einbezogen. Die Daten aus dem Antrieb werden so über die gesamte Wertschöpfungskette verfügbar. Neue, datengetriebene und zum Teil auch disruptive Geschäftsmodelle werden so möglich.

Kurzbeschreibung

Heute liegt ein hoher Engineering-Aufwand in der Auslegung einer Antriebsaufgabe vor. Während des Betriebes einer Antriebskomponente entstehen weitere Asset-Engineering-Aufgaben. Durch die horizontale Vernetzung kann dieser Aufwand massiv reduziert werden. Durch die verfügbaren Daten und zukünftige Künstliche Intelligenz (KI)-Anwendungen kann sich der Antrieb selbst simulieren und lernt im Laufe des Betriebes, sich selbst anzupassen. So können beispielsweise Energieverbrauch, Grenz- oder Maximalleistung, Drehmoment oder geplante/vorrausschauende Instandhaltung optimiert werden. Der Antrieb berechnet selbstständig seine Restlebensdauer und schlägt Maßnahmen und Optimierungsmaßnahmen vor bzw. führt diese fortlaufend selbst durch. Durch die Korrelation der Daten einzelner, dezentraler Antriebe können darüber hinaus mittels selbstlernenden Algorithmen automatisch entsprechende datengetriebene und dynamische, der Situation angepasste Services realisiert werden. Diese erfolgt über die gesamte Wertschöpfungskette ohne Systemgrenzen.

Herausforderungen an FuE

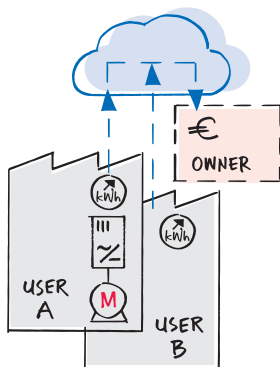
- Akzeptanz schaffen, Daten mit anderen Stakeholdern zu teilen
- Technische und rechtliche Rahmenbedingungen, um den Schutz von sensiblen Daten sowie geistigem Eigentum gewährleisten zu können
- Systemgrenzen überwinden – durchgängige Interoperabilität schaffen
- Daten und Merkmale müssen standardisiert und maschinell lesbar sein

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch		Echtzeit
	Vernetzung	one2one		one2many		many2many
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s		Hoch GB/s
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt			Am Standort (Edge)	
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 6:

Micropayments: Datenpunkte oder Informationen in Geschäftsmodellen umgesetzt



Vision

Smarte Antriebe sind Bestandteil immer komplexerer Anlagen und werden in einem bestimmten Kontext betrieben. Smarte Services rund um den smarten Antrieb müssen vor diesem Hintergrund auch Daten aus smarten Umgebungen einbeziehen. Durch Micropayments entstehen neue smarte, digitale Geschäftsmodelle, die den Rückgang des klassischen Antriebgeschäfts kompensieren.

Kurzbeschreibung

Heute dominieren in der Industrie klassische Geschäftsmodelle, welche mit klaren Eigentumsverhältnissen einhergehen. Unternehmen verkaufen Waren, Güter und Dienstleistungen, die in der Regel durch größtenteils einmalige Bezahlung an den Käufer übergehen.

Rückläufige Erträge aus klassischen Offlineangeboten und die neuen Möglichkeiten durch datengetriebene Geschäftsmodelle zwingen die klassischen Industrieunternehmen aber zunehmend zu teils disruptiven, neuen Geschäftsmodellen. Durch die Möglichkeiten der digitalen Services stehen Unternehmen vor der Herausforderung, neuen Umsatz mittels Micropayments zu erzielen, um den Rückgang des klassischen Geschäftsmodells kompensieren zu können.

In Zukunft werden das Eigentum und der Besitz eines Produktes differenzierter betrachtet werden müssen. So werden für den Besitzer durch die vorhandenen Daten neue Möglichkeiten entstehen, Geschäftsmodelle und Micropayment-Modelle umzusetzen. Das Produkt muss dabei nicht zwingend auch im Eigentum des Micropayment-Anbieters sein. Für den Eigentümer wird es daher zunehmend relevant, die Nutzung der Daten entsprechend zu beschreiben, einzugrenzen und mittels Micropayments neue Geschäftsmodelle zu generieren. Dadurch kann zukünftig die Reduzierung klassischer Umsätze kompensiert werden. Als Beispiel wäre hier Pay-per-X zu nennen, was bereits heute in ersten Pilotprojekten im industriellen Umfeld getestet wird.

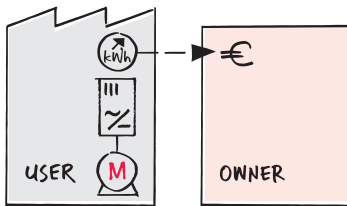
Herausforderungen an FuE

- Mitarbeiter- und Kunden-Mindset für Micropayments und Geschäftsmodelle
- Lösen der Verbindung von Eigentum und Besitz erfordern neue Denkansätze und Herangehensweisen, um neue, gewinnbringende und marktorientierte Geschäftsmodelle realisieren und etablieren zu können
- Notwendige Abrechnungs- und Controllingprozesse
- Technische Systemanpassungen, um Systembrüche zu vermeiden
- Wer haftet für welchen Teil des Produktes

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	one2one		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 7: Geschäftsmodelle: Pay-per-Use, Verrechnung per Einheit XaaS



Vision

Die Digitalisierung über Unternehmens- und Systemgrenzen hinweg ermöglicht durch den Austausch von Daten ein durchgängiges Geschäftsmodell von Serviceleistungen – vom Lieferanten bis zum Endkunden.

Klassische "sell and forget" Geschäftsmodelle geraten im Zuge der Digitalisierung verstärkt unter Druck. Flexible Nutzungs- und Preismodelle erhöhen die Flexibilität der Endkunden. Die Bezahlung der Produkte und Dienste erfolgt nur nach Bedarf. Die Geschäftsmodelle der Antriebshersteller werden sich dahingehend verändern, dass nicht mehr der Verkauf der Produkte und Komponenten im Vordergrund steht, sondern die Nutzung und damit letztendlich der Kundennutzen monetär bewertet wird.

Kurzbeschreibung

Heute werden produzierte Güter verkauft oder verleast. In Zukunft werden verstärkt Services und Nutzen anstatt der rein physischen Produkte verkauft werden. Die Endkunden der Anlagen- und Maschinenbauer kaufen Services und die Anlagen- und Maschinenbauer kaufen und verkaufen Services. Daher müssen sich auch die Antriebshersteller auf diese neuen Geschäftsmodelle einstellen und in Zukunft vermehrt den Fokus auf das Geschäft mit Services legen, bei dem der klare Nutzen für den Kunden nochmals verstärkt im Fokus steht.

Im Bereich der Antriebstechnik werden diese Serviceleistungen einen Schwerpunkt im Kontext Pay-per-Use haben. Der angebotene Service beinhaltet so beispielsweise die Bezahlung ausschließlich bei Nutzung des Motors oder wird in genutztem Drehmoment oder Drehzahl berechnet. Für die Produkte ist daher eine möglichst einfache und stabile Konnektivität Voraussetzung. Ebenso erforderlich ist die Verarbeitung der Daten bei den Antriebsherstellern, um ungeplante Ausfälle zu verhindern und das wirtschaftliche Risiko beherrschbar zu gestalten.

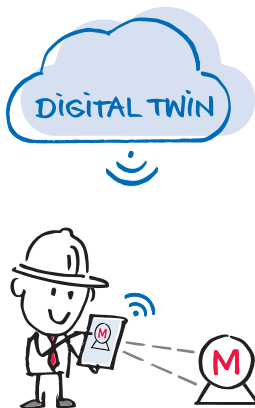
Herausforderungen an FuE

- Digitale Geschäfts- und Servicemodelle sowie die Usability der digitalen Systeme
- Neue, flexible Abrechnungssysteme ohne Systembrüche
- Haftungsfragen bei Ausfällen und rechtliche Fragen zur Abrechnung und Nachweisbarkeit der erbrachten Services und Leistungen (Eichrecht)
- Detaillierte Nutzungsinformationen der Anlage
- Vorbeugende Wartung da Stillstand gleich Einnahmeausfall
- Mindset bei Kunden und Betreibern – Vorteil für die Marktteilnehmer?

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	one2one		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event	Selbststeuernd	
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul	Bauteil	
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 8: Rolle der Virtuality – AR, VR, Mixed Reality



Vision

Die Interaktion mit dem Antriebssystem wird durch Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) im gesamten Wertschöpfungsprozess beschleunigt und interaktiver.

Kurzbeschreibung

VR und AR Geräte erobern den Massenmarkt und sind neben PCs und Mobilgeräten eine weitere große Computing Plattform. Durch VR können Antriebssysteme bereits bei Auslegung und Planung in interaktiven, virtuellen Umgebungen erfahren werden. AR ergänzt das reale Bild des Antriebssystems um zusätzliche Informationen und beschleunigt manuelle Logistik-, Inbetriebnahme- und Instandhaltungsprozesse. Antriebssysteme und deren Informationen über die gesamte Produktlebensdauer werden bis auf die innersten Bauteile durchleuchtbar.

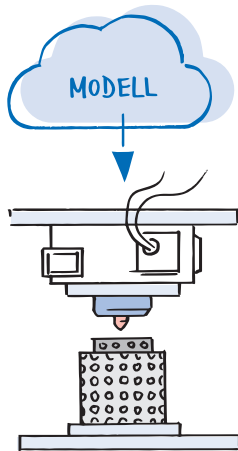
Herausforderungen an FuE

- Einfache Erkennung des Systems durch „Blickkontakt“ oder Geo-Informationen
- Rollenbasierte Authentifizierung und die damit verbundene Nutzung von Informationen
- Tragfähige Geschäftsmodelle anhand des Nutzens von VR/AR Technologien entwickeln
- Durchgängige 3-D-Modell-Informationen für alle Bauteile

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch		Echtzeit
	Vernetzung	one2one		one2many		many2many
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s		Hoch GB/s
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 9: 3-D-Druck von Antrieben



Vision

Schnelle und kostensparende Erstellung von individuellen Antriebssystemen durch 3-D-Druck

Kurzbeschreibung

Die Geschwindigkeit und Materialverfügbarkeit für den 3-D-Druck nimmt bei sinkenden Kosten zu. Es können nunmehr nicht nur Prototypen schnell und kostensparend produziert werden, sondern auch seri-entaugliche Antriebssysteme und Ersatzteile. Der 3-D-Druck ermöglicht Gewichtseinsparungen, höhere Leistungsdichten und einen hohen Individualisierungsgrad der Komponente. Logistik-, Fertigungs- und Montageschritte können eingespart und im Wertschöpfungsnetzwerk neu angesiedelt werden. Die Kompetenz des Antriebsherstellers liegt in der Auslegung und Erstellung eines 3-D-Druckmodells, welches nach der additiven Fertigung mit Firmware und weiteren Softwarekomponenten bestückt wird.

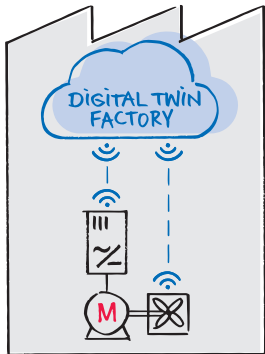
Herausforderungen an FuE

- Druck verschiedener Materialien wie E-Cu, Isolationsmaterial etc.
- Tragfähige Geschäftsmodelle entwickeln
- Qualität und Langlebigkeit des gedruckten Antriebs erhöhen

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch		Echtzeit
	Vernetzung	one2one		one2many		many2many
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s		Hoch GB/s
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 10: Plug, Work & Optimization durch den Antrieb



Vision

Die Inbetriebnahme und Optimierung des Antriebssystems findet automatisiert statt.

Kurzbeschreibung

Die Parametrierung einzelner Komponenten und die Prototypenphase eines Gesamtsystems werden virtuell durchgeführt. Notwendige Parametersätze sind bei Einbau der Komponenten bereits vorab eingestellt und passen sich an das tatsächliche Laufverhalten des Produktionssystems an. Das für die Inbetriebnahme und Optimierung erforderliche Applikations-Know-how (Expertenwissen) befindet sich auf den Einzelkomponenten, welche durch selbstlernende Algorithmen und den Daten aus dem Betrieb der Komponente stetig verbessert werden. Die Produktivität und Energieeffizienz eines Produktionssystems wird dadurch über die Nutzungsphase stetig steigen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse können in die Optimierung neuer Produktionssystemgenerationen fließen.

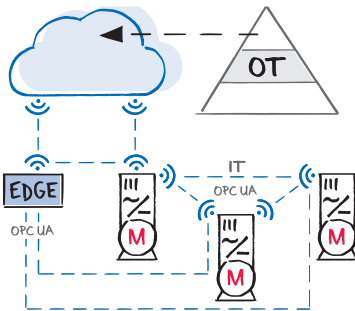
Herausforderungen an FuE

- Interoperabilität zwischen den Komponenten im Lebenszyklus
- Partizipation an den, durch den Optimierungsalgorithmus gehobenen Produktivitätsgewinn und Energieeinsparungen
- Experten-Know-how in Auslegungs- und Simulationsmodelle überführen
- Schutz der IP-Rechte und ausreichende Datensouveränität
- Rechtliche Haftung (ggf. fehlendes Experten-Know-how bei der Inbetriebnahme)

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	one2one		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 11: „EIN“ Feldbus für OT und IT Anforderungen und I4.0-Sprache



Vision

Das Antriebssystem ist durch eine herstellernerneutrale und interoperable Kommunikationsschnittstelle flexibel einsetzbar und transparent bis in Geschäftsprozesse auf höheren Ebenen erreichbar.

Kurzbeschreibung

Durch die Marktdurchdringung eines herstellernerneutralen und interoperablen Kommunikations-Ökosystems, welches sowohl die Anforderungen der Operation Technology (OT) als auch IT erfüllt, sind Antriebssysteme und deren Softwarelösungen flexibel und skalierbar einsetzbar. Anwendungsentwickler können neue Steuerungskonzepte in einer Vielzahl von Hochsprachen und für verschiedene Plattformen entwickeln. Ein ungehinderter Informationsfluss vom Feld bis in die Cloud ermöglichen These 1-4.

Das Antriebssystem selbst wird seine Kommunikation auf verschiedene Ebenen abstrahieren können, um sowohl steuerungsrelevante, fähigkeitsbasierte oder businessorientierte Kooperationen mit anderen Systemen eingehen zu können.

Herausforderungen an FuE

- Herstellerneutrale Schnittstellen und Informationsmodelle (z. B. Field Level Communication (FLC) Initiative der OPC Foundation)
- Migrationsstrategie für bestehende Systeme im Feld
- Neue Security-Mechanismen von der IT bis zur OT Ebene
- Gestaltungsfreiheit für herstelllerspezifische Funktionen

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch	Echtzeit	
	Vernetzung	one2one		one2many	many2many	
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s	Hoch GB/s	
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Service-ability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

These 12:

Auslegung von Antrieben – Erfahrungsbasierte Auslegung, vom Engineering bis zum Pricing



Vision

Für ein Last- und Bewegungsprofil wird automatisiert aus den, am Markt verfügbaren Einzelkomponenten ein Antriebssystem konfiguriert, welches sofort bestellt werden kann.

Kurzbeschreibung

Heute bieten Hersteller von Antriebskomponenten eigene Auslegungstools an, um anhand der geforderten Last- und Bewegungsparameter eine passende Konfiguration mit den Bestellinformationen zu generieren. Diese Bestellinformationen werden dann preislich beim jeweiligen Hersteller angefragt.

Die isolierten Auslegungstools werden zu einem Auslegungs-Ökosystem, in dem Komponenten verschiedener Hersteller neben den technischen Parametern auch anhand der Lieferzeiten und Preise ausgewählt werden können. Für Anwender bedeutet dies, sowohl die technisch als auch wirtschaftlich optimale Lösung sofort bestellen zu können und auf das weltweite Auslegungswissen der Hersteller zuzugreifen.

Anbieter können auf Basis der Kundenanfragen ihr Portfolio besser ausrichten und die Effizienz beim Configure-Price-Quote (CPQ)-Prozess erhöhen.

Herausforderungen an FuE

- Dynamische Preisinformationen müssen dem Kunden transparent vorliegen
- Auslegungsalgorithmen müssen herstellernerneutral die technisch beste Lösung für das Kundenproblem ermitteln
- Plattformeffekte sollen genutzt werden, jedoch ohne, dass die Plattform den direkten Kontakt zwischen Anwender und Hersteller einschränkt (Beratungskompetenz, Monopolbildung)
- Datensicherheit und -souveränität muss gewährleistet werden

Morphologische Matrix

	Merkmal	Leistungsklassen				
Connectivity	Auflösung	Bei Bedarf		Batch		Echtzeit
	Vernetzung	one2one		one2many		many2many
	Datenrate	Niedrig kB/s		Mittel MB/s		Hoch GB/s
Data Processing	Rechenleistung	Am Objekt		Am Standort (Edge)		In der Cloud
	Digitalisierung	Modellierung			Simulation	
Process execution	Control	Information		Event		Selbststeuernd
	Optimierung	Von extern			selbst	
Traceability	Identifikation	Produkt		Modul		Bauteil
	Lokalisierung	Global	Areal	Gebäude	Raum	Arbeitsplatz
Serviceability	Sensorik	Einzelsensor		Sensor-Cluster		Vernetzte Sensorik
	Teilprozess	Entwicklung	Produktion	Distribution	Nutzung	Recycling

5 Merkmale und Fähigkeiten Antrieb 2030

Bei der Ableitung der zukünftigen Anforderungen an Hersteller von Antriebstechnik ist zu unterscheiden: Einerseits beeinflusst der elektrische Antrieb andere Technologien und Branchen (Outbound), andererseits haben „externe“ Technologien Einfluss auf die elektrische Antriebstechnik (Inbound). Letzteres ist als Bottom-up-Ansatz technologisch zu betrachten z. B. von der Bauelementeentwicklung her oder top-down durch die Beeinflussung neuer Ansätze z. B. Plattformtechnologien.

Als Denkansatz zur Ableitung der Anforderungen an „Antrieb 2030“ können folgende Fragestellungen dienen, die in diesem Rahmen nicht alle beleuchtet werden können, z. B.

Wechselwirkungen des „Antrieb 2030“ zwischen den Branchen

- Technologie-Bottom-up: Wie beeinflusst Innovation in der Antriebstechnik selbst (Outbound)?
- Technologie-Top-down: Welche weiteren Technologieinnovationen von außen beeinflussen „Antrieb 2030“ (Inbound) und welche Fähigkeiten werden daher von der Antriebsseite benötigt?
- Wie wird die Antriebstechnik von Stakeholdern Dritter beeinflusst?
- Wie bauen Marktteilnehmer ein Netzwerk auf?
- Welche Möglichkeiten und Auswirkungen haben Betreiber/Eigentümer digitaler Plattformen?
- Welche Rolle spielt das IIoT?
- Welchen Nutzen bringt der Daten- und Informationsaustausch für Verschrottung, Recycling, Kreislaufwirtschaft, Umwelt- und Klimaschutz?
- ...

Beeinflussende Technologieinnovationen

- Welche Rolle spielen Technologien, die aus Daten Informationen generieren wie Blockchain, Deep Learning und KI?
- 3-D-Druck, Augmented/Mixed/Virtual Reality
- Wie kann Cyber-Security gewährleistet werden?
- ...

Wechselwirkungen des „Antrieb 2030“ mit den Branchen:

Die elektrische Antriebstechnik hat heute schon einen Großteil aller Antriebsaufgaben im industriellen Umfeld übernommen. Bis zum Jahr 2030 werden praktisch in allen Bereichen Antriebsaufgaben von elektrischen Antrieben übernommen, davon 80 bis 90 % durch regelbare elektrische Antriebe, die von einem Umrichter oder Servoverstärker angesteuert werden. Dies verringert zum einen die Emission von CO₂ (Dekarbonisierung der Produktion) und stellt damit andererseits einen weiteren Treiber dar, elektrische Energie mit geringem CO₂-Footprint (kg CO₂ pro kWh) bereitzustellen. Die Antriebsindustrie kann daher einen maßgeblichen Beitrag zur Erreichung der ambitionierten Klimaziele der Bundesregierung und der gesellschaftlichen Forderung nach einer klimaneutralen Produktion leisten.

Die energetisch optimale Auslegung des Antriebssystems – d. h. der Systemansatz – muss dabei noch stärker in den Fokus rücken, um bestmöglich vom Nutzen energieeffizienter Motoren und ihrer Regelung zu profitieren: Antriebssysteme müssen so konzipiert werden, dass die Systemleistung für die Antriebsaufgabe unter Lebensdauer Gesichtspunkten optimiert wird.

Die sorgfältige Untersuchung des Prozesses und die optimale Auslegung des Antriebssystems für die Maschine/Anlage sind maßgeblich für den Erfolg. Die Nutzung von entsprechenden Auslegungstools, inklusive der Simulation der Applikation, sind Voraussetzung; ferner die Anwendung von international anerkannten Normen für die Auslegung eines effizienten Antriebssystems (IEC 61800-9-1).

Ganz allgemein müssen Antriebshersteller stärker in die Auslegung der Maschine/Anlage einbezogen werden. Der Trend zur digitalen Produktion unter dem Titel Industrie 4.0 und die damit zur Verfügung stehenden standardisierten Daten werden diese Prozesse zum Erfolg führen.

Des Weiteren werden elektrische Antriebe zunehmend als Sensoren in der Prozess- und Fertigungstechnik eingesetzt werden, da diese von Natur aus über zeitlich und quantitativ hoch aufgelöste Informationen der jeweiligen Antriebsaufgabe verfügen. Dies wird weiteren Technologien erlauben, durch Datenfusion der Daten vieler Antriebe zusätzliche Informationen über den Fertigungsprozess zu erlangen.

Wie wird die Antriebstechnik von Stakeholdern Dritter beeinflusst? Welche Auswirkungen haben Betreiber/Eigentümer digitaler Plattformen?

Es wird in Zukunft vermehrt zum Verkauf von Antriebsleistung im Sinne eines Performance-Contractings kommen. Hier bietet sich die Möglichkeit für Dritte an, zwischen dem Hersteller der Antriebe und dem Systemintegrator tätig zu werden.

Auf der anderen Seite wird es Bestrebungen geben, „Data-Dealer“ für das Handling und die Auswertung der Daten zu etablieren. Dies einerseits aus technischen Gründen, weil der Data-Dealer über entsprechendes KI-Know-how verfügt, als auch aus Gründen des Vertrauensschutzes, weil der Data-Dealer im Sinne eines Notars fungiert und die Ausgangsdaten unter Verschluss hält.

Rolle des IIoT

Der Traum besteht in einer voll virtuellen Welt, die mit einem Multi-Domain-Ansatz (Energie, Konstruktion, Bewegungssteuerung, IT, Verschleiß und Alterung) den kompletten Antrieb als auch komplette Maschinen und den Fertigungsprozess digital abbildet. Hiervon sind wir realistisch betrachtet noch weit entfernt und dies wird in aller Vollständigkeit und Zuverlässigkeit nicht vor 2050 zu erwarten sein.

Für den Antrieb 2030 werden weitgehend zuverlässige Teil-Twins vorliegen, die z. B. die Bewegungssteuerung einer Maschine mit dem Energieverbrauch zuverlässig inkl. aller Fehlerzustände digital nachbilden können. Des Weiteren natürlich Werkzeuge für den Vertrieb, die Entwicklung etc.

Welche weiteren Technologieinnovationen von außen beeinflussen den Antrieb 2030 und welche Fähigkeiten werden daher von der Antriebsseite benötigt?

Zum einen wird die zunehmende Elektromobilität Rückwirkungen auf industrielle Antriebe haben. Dies betrifft die Konkurrenz um Ressourcen wie Komponenten z. B. Elektrobleche, Leistungshalbleiter etc., als auch Fähigkeiten und Fertigkeiten wie Ingenieure, Techniker und Fachkräfte.

Im Sinne eines Baukastensystems kann einerseits die Entwurfsmethodik von Antrieben weiter automatisiert, als auch die Antriebskomponenten darauf basierend flexibel getauscht werden. Dies erlaubt es dem Kunden, Komponenten bei verschiedenen Lieferanten zu beziehen und z. B. auf neue Produkte oder auch Abkündigungen flexibel reagieren zu können. Dies hilft dann auch beim späteren Recycling. Dieser Trend zur Flexibilisierung wird den bis heute anhaltenden Trend der Effizienz- und Leistungsdichte-Steigerung weitgehend ablösen – von Sonderanwendungen abgesehen.

Auf Seiten der Materialentwicklung sind 3-D-Drucktechniken zu nennen. So wird es zwar im Jahr 2030 noch nicht möglich sein, Serienprodukte komplett additiv zu fertigen, allerdings werden 3-D-Druckverfahren den Prototypenbau beschleunigen und ggf. auch das Ersatzteilgeschäft verändern.

Auf dem Gebiet der Wide Bandgap Halbleiter, insbesondere SiC, wird es weitere Kostensenkungen geben. Man kann davon ausgehen, dass die Preise für SiC-MOSFETs bis 2030 um ca. 30 bis 40 % fallen. Damit werden SiC-MOSFETs auch für, im wesentlichen kostengetriebene Industrieantriebe attraktiv, weil damit Vorteile bei der Baugröße durch kleinere Kühlkörper oder kleinere Zwischenkreiskondensatoren realisiert werden können. Allerdings wird dadurch der Druck größer, dass die Isolation und die Lager der elektrischen Maschinen die hohen Spannungsänderungsgeschwindigkeiten von bis zu 50 kV/ μ s beherrschen.

Zum anderen werden Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Dielektrika für Kondensatoren mit rel. Permittivität > 40 durchgeführt. Es besteht eine gute Chance, dass bis 2030 neuartige Kondensatoren mit doppelter Energiedichte zur Verfügung stehen werden, welche ein kompakteres Design der Leistungselektronik erlauben.

Die zunehmende Rechenleistung sowie die Konzeption von Prozessoren, die auf Machine Learning spezialisiert sind, werden einerseits den Antrieb selbst befähigen, „höherwertige“ Auswertungen der im Antrieb vorliegenden Daten vorzunehmen und damit z. B. eine selbsttätige Inbetriebsetzung zu ermöglichen. Andererseits bieten diese Verfahren auch die Möglichkeit, große, von einer Vielzahl von Antrieben gelieferte Datenmengen innerhalb z. B. einer Werkzeugmaschine in Echtzeit auszuwerten. Ermöglicht wird das durch die zunehmende Konnektivität der Antriebskomponenten sowohl auf Feld- als auch auf Automatisierungsebene.

Allerdings ist an dieser Stelle vor einer gewissen Übertreibung zu warnen: Wo traditionelle, auf Kenntnissen der Antriebstechnik beruhende Verfahren zufriedenstellend arbeiten, ist der Einsatz von KI schlichtweg überflüssig.

Hinsichtlich der Cybersecurity werden sich kostengünstige und schnellere Prozessoren, neue Verschlüsselungsverfahren und hohe Bandbreiten für die Kommunikation positiv auswirken.

6 Geschäftsmodelle, Wertschöpfungskette

Geschäftsmodelle für Antriebe werden sich in den kommenden Jahren möglicherweise grundlegend verändern. Aus den heute in aller Regel vorhandenen produktorientierten Modellen werden nutzungsorientierte. Aus nutzungsorientierten Modellen werden ergebnisorientierte. Ergebnisorientierte Geschäftsmodelle wiederum verwandeln sich früher oder später in plattformorientierte. Nachfolgend sind diese vier, in aller Regel chronologisch aufeinander folgenden Entwicklungsstufen knapp hinsichtlich Wertversprechen, Wertschöpfungsarchitektur, -netzwerk und -finanzen erläutert. Das Kapitel schließt mit einer Vision für das Jahr 2030.

Stufe 1: Bei produktorientierten Geschäftsmodellen liegt der Wert im Produkt selbst. Der Antrieb wird als Investitionsgut verkauft, die Kundenbeziehung endet mit dem Verkauf des Produkts. Die Wertschöpfung ist in traditionellen Wertschöpfungsketten organisiert. Zulieferer liefern an den Antriebshersteller, der Hersteller montiert und liefert an den Kunden. Für das Produkt wird ein einmalig zu entrichtender Festpreis festgesetzt. Unter Umständen werden einfache Zusatzdienstleistungen wie Reparatur und die Versorgung mit Ersatzteilen angeboten.

Stufe 2: Bei der nutzungsorientierten Variante gewinnt der Service an Bedeutung. Der Wert liegt nicht mehr nur im Produkt selbst sondern auch in begleitenden, komplexeren Dienstleistungen wie Wartung, Reparatur, Überholung etc. Versorgungsketten werden komplexer. Neben den produktorientiert ausgerichteten Versorgungsketten werden Servicenetzwerke aufgebaut. Das Produkt wird zum Beispiel im Rahmen von Miet- oder Leasingmodellen angeboten. Die Beziehungen zwischen dem Hersteller des Antriebs und den Kunden intensivieren sich über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg.

Stufe 3: Ergebnisorientierte Modelle zeichnen sich dadurch aus, dass das Produkt selbst in den Hintergrund tritt. Das Ergebnis der Anwendung des Produkts ist für den Kunden wertvoll. Der Kunde will nicht die Bohrmaschine oder den Antrieb, sondern das Loch in der Wand oder die Bewegung kaufen. Aus den ursprünglich produktorientierten Versorgungsketten sind Servicesysteme geworden. Die unterschiedlichsten Rollen in einem komplexen Geschäftsökosystem tragen zum Wertschöpfungsprozess bei. Der Kunde bezahlt am Ende des Tages nicht mehr für ein Produkt oder einen Service, sondern für das Ergebnis.

Stufe 4: In der vierten Stufe wird Antriebsleistung über Serviceplattformen gehandelt. Die Aufgabe der Plattform ist es nicht mehr, Produkte oder Services zu entwickeln und zu implementieren, sondern die Nachfrage mit dem Angebot von Antriebsleistung in Einklang zu bringen und entsprechende Transaktionen zu unterstützen. Der Wert liegt nicht mehr in Produkt und Service, sondern im Netzwerk. Hinter der Plattform liegt ein entsprechendes Ökosystem. Der Kunde bezahlt die Plattform für die Vermittlungsleistung und die Anbieter von Antriebsleistung für Bewegung.

Dass die Umsetzung dieses Entwicklungspfades Sinn machen kann, zeigen Beispiele aus anderen Branchen sehr gut. Beispielsweise setzt das Unternehmen ALD Vacuum Technologies mit seinem „Own and Operate“ Modell eine Mischung aus Stufe 1 und 2 um. Kaeser Kompressoren und Rolls-Royce setzen für die Vermarktung von Flugzeugturbinen bzw. Kompressoren auf „Product-as-a-Service“-Modelle. Besonders herausfordernd ist vor allem der Schritt vom ergebnisorientierten Geschäftsmodell zur Plattform. Plattformen können die Machtverhältnisse in Wertschöpfungssystemen in disruptiver Weise verändern. Im Bereich der Windkraftanlagen beispielsweise hat sich das amerikanische Unternehmen Sientient Science zwischen den Lieferanten und Betreiber von Turbinen in die Wertschöpfungskette eingeklinkt und damit etablierte Wertschöpfungssysteme und die Machtverhältnisse darin in signifikanter Weise verändert.

Die vorgenannten Beispiele werden in folgenden vier Case Studies auf Basis der Literatur³ diskutiert:

1. Case Study Sentient Science [1] [4] [7]

Das Start-up Sentient Science hat in Kooperation mit einem Mathematik- und Statistiksoftwarehersteller sowie einem Cloudanbieter die Plattform „DigitalClone“ zur Visualisierung und Zustandsüberwachung von Windkraftanlagen entwickelt. Die Datengrundlage für die Prognose zukünftiger Betriebszustände von Windkraftanlagen liefern materialwissenschaftliche Analysen wie beispielsweise über die tatsächliche Materialbeschaffenheit und -qualität einzelner Komponenten der Anlagen. Der Kunde kann über das „Software-as-a-Service“-Angebot von Sentient Science das Ausfallrisiko der Anlage ableiten, Maßnahmen zur Verlängerung des Lebenszyklus einzelner Teile frühzeitig starten und günstigere Konditionen für Wartungsverträge erzielen. Das Start-up profitiert hingegen von der Erlösgenerierung über eine monatliche Nutzungsgebühr, weitere kundenindividuell gestaltbare Abrechnungsmöglichkeiten und wertvollem Branchenwissen.

2. Case Study Rolls-Royce [3] [8]

Das traditionelle Geschäftsmodell des britischen Flugzeugturbinenherstellers Rolls-Royce sieht es vor, Flugzeugturbinen an Airlines zu verkaufen. Dieses klassische Produktgeschäft verändert sich durch die Einführung des Performance-based Contract-Ansatzes, d. h. einer ergebnisorientierten Vergütung. Rolls-Royce innoviert sein Geschäftsmodell mit der Einführung des „Power-by-the-Hour“-Konzepts. In diesem sogenannten Nonownership Business Model (NOBM) geht die Turbine nicht mehr in den Besitz der Fluggesellschaft über, sondern die Abrechnung erfolgt pro Betriebsstunde. Der Wert der Turbine liegt hiermit nicht mehr primär im Produktnutzen, sondern im Serviceangebot. Die Verantwortung für den Betriebszustand der Turbinen inklusive der Kostenfaktoren wie Wartung und Reparaturen sind im Preis pro Betriebsstunde enthalten. Dabei profitiert sowohl die Airline durch eine geringere Kapitalbindung, eine Variabilisierung der Fixkosten und einer gesicherten Verfügbarkeit der Turbinen. Rolls-Royce erzielt mit dem neuen Geschäftsmodell kontinuierliche Umsatzströme, die den Gewinn steigern und eine langfristige Kundenbindung ermöglichen.

3. Case Study Kaeser Kompressoren [2] [5]

Die Kaeser Kompressoren SE ist ein deutscher Hersteller von Druckluftkompressoren für den industriellen Einsatz. Das traditionelle Geschäftsmodell von Kaeser beruhte ausschließlich auf dem Verkauf der Anlagen. Im Rahmen der digitalen Transformation stellte sich das Unternehmen die Frage nach den eigentlichen Bedürfnissen der Kunden (der Besitz von Kompressoren oder die bedarfsgerechte Verfügbarkeit von Druckluft) was zu einer inkrementellen Veränderung ihres Geschäftsmodells führte. Beim „Air-as-a-Service“-Angebot von Kaeser wird nicht mehr die Anlage an den Kunden veräußert, sondern lediglich die bedarfsgerechte Verfügbarkeit der Druckluft sichergestellt. Kaeser generiert demnach keine Umsatzerlöse durch den Anlagenverkauf, sondern die Gebühr pro entnommenem Kubikmeter Druckluft. Kunden profitieren dabei von einer höheren Verfügbarkeit der Anlage, einer geringen Kapitalbindung und einer damit einhergehenden Risikoreduzierung sowie einer höheren Flexibilität. Die Wartung und Reparatur, die durch den Einsatz von IoT-Technologien besonders effizient durchgeführt werden kann, übernimmt Kaeser und ist in den Service-Gebühren mit inbegriffen. Ein weiterer Vorteil für Kaeser ist die dauerhafte Kundenbindung.

³ Referenzen:

[1] Alvarez, E., Ribaric, A. (2017). „An improved-accuracy method for fatigue load analysis of wind turbine gearbox based on SCADA“. Renewable Energy. Vol. 115, pp. 391-399.

[2] Bock, M., Wiener, M., Gronau, R., Martin, A. (2018). „Industry 4.0 Enabling Smart Air: Digital Transformation at KAESER COMPRESSORS“. In Urbach N., Röglinger M. (Eds.), „Digitalization Cases – How Organizations Rethink Their Business for the Digital Age“. (pp. 101-118). Cham, Switzerland: Springer.

[3] Emprechtinger, F. (2018). „3 berühmte Geschäftsmodellinnovationen und was man davon lernen kann“, zugänglich auf: www.lead-innovation.com/blog/berühmte-geschäftsmodellinnovationen.

[4] Froese, M. (2018). „Sentient Science digitalizes 35% of world's wind-turbine models“, zugänglich auf: www.windpowerengineering.com/sentient-science-digitalizes-35-of-worlds-wind-turbine-models/

[5] Hewlett Packard Enterprise Development LP (2020). „Ein Schwermaschinenhersteller nutzt das industrielle IoT, um Systemausfallzeiten bei Kunden um 60 Prozent zu verringern“ zugänglich auf: h20195.www2.hp.com/V2/GetDocument.aspx?docname=A00001469DEE.

[6] Robers et al. (2010). „Geschäftsmodellinnovationen – Neue Wege am Markt beschreiten“ zugänglich auf: www.pwc.de/de/prozessoptimierung/assets/studie_ebs_juni2010.pdf

[7] Sentient Science (2020). zugänglich auf: <http://sentientscience.com/company/>

[8] Smith, J. D. (2013). „Power-by-the-hour: the role of technology in reshaping business strategy at Rolls-Royce“. Technology Analysis & Strategic Management, Vol. 25, No. 8, pp. 987-1007.

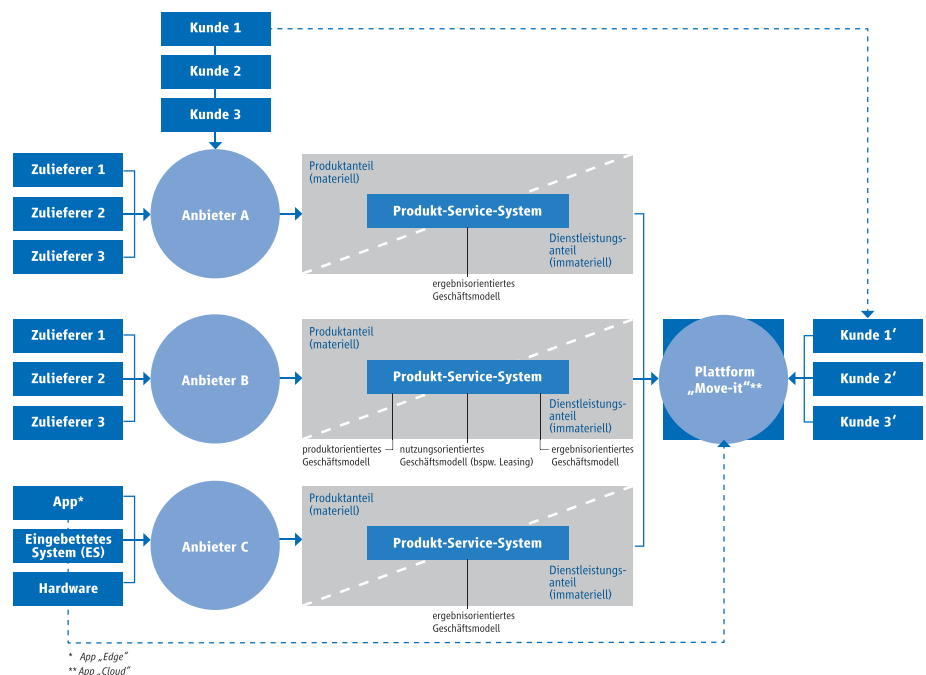
4. Case Study ALD Vacuum Technologies [6]

Der Maschinen- und Anlagenbauer ALD Vacuum Technologies GmbH ist einer der weltweit führenden Anbieter von Anlagen und Dienstleistungen auf dem Gebiet der Vakuumprozesstechnik. Das Unternehmen innovierte ihr traditionelles Produktgeschäft durch den Verkauf von Anlagen hin zu einem „Own & Operate“-Angebot. Dabei wird anders als bei Nonownership Business Models (siehe Beispiel Rolle-Royce und Kaeser) das Produkt nach wie vor an den Kunden verkauft. Die Besonderheit dieser Geschäftsmodellinnovation ist, dass zusätzlich der kontinuierliche Service des optimalen Betriebes (Operate) der Maschine verkauft wird. Dem Kunden kommt dabei das umfangreiche Know-how des Herstellers zugute. ALD Vacuum erzielt durch das neue Geschäftsmodell wertvolles Branchenwissen, kontinuierlich Zugriff auf reale Anwendungsdaten, höhere Anlagennutzungsgrade sowie höhere Umsätze durch die „Operate“-Verträge.

Die nachfolgende Abbildung 1 beschreibt eine Vision für die Zukunft. Kernelement ist eine Plattform für den Handel von Antriebsleistung. Anbieter können Antriebe als Produkt oder als Service einbringen und über die Plattform vermarkten. Gleiches gilt für Mehrwertdienstleistungen und Zulieferteile. Für den Antrieb der Zukunft sind nicht nur die Maschine selbst, sondern auch eingebettete Mikroelektronik, Software und Daten erforderlich. Auch die Zulieferteile selbst können über die Plattform gehandelt werden. Plattformbetreiber, Antriebshersteller und Zulieferer sind die Basis für die Entwicklung eines komplexen Ökosystems. Welche Rolle ein traditioneller Antriebshersteller im Rahmen dieses Ökosystems einnimmt bzw. einnehmen will, muss für jedes Unternehmen in einem umfassenden Strategiefindungsprozess herausgearbeitet werden.

Abb. 1: Produkt-Service System

(nach Weißfloch, 2013 in Anlehnung an Tukker, 2004)⁴



Quelle: ZVEI

Neben den Herstellern von Antrieben sind weitere Stakeholder der Wertschöpfungskette beteiligt, auch neue Elemente der Wertschöpfungskette werden entstehen und damit neue Stakeholder. Beispiele sind spezifische Anbieter für IKT, wie z. B. Cybersecurity oder Blockchain-Technologie als weitere Plattform, die mit Software-Lizenzmodellen die Wertschöpfung rund um den Antrieb komplementieren.

Insbesondere die horizontale Vernetzung der bestehenden Enterprise-Ressource-Planning Systeme von Unternehmen in der Wertschöpfungskette bedarf vorgenannter spezifischer Anbieter für IT. Nicht zuletzt erfolgt darüber die digitale Einbindung der Logistik in einen Komplettwertschöpfungsprozess bis hin zum Endkunden, beispielsweise Anlagenbetreiber.

7 Zusammenfassung

Dieses Whitepaper Antrieb 2030 versteht sich als Diskussionsbeitrag für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 und adressiert die Gestaltungsräume Technologieentwicklung, digitale Infrastruktur sowie die Interoperabilität in digital getriebenen ökonomischen Systemen. Der Denkansatz adressiert noch aufzustellende Anforderungen an Normung und Standardisierung. Zusätzlich bestehen erhebliche rechtliche Hürden, um viele der beschriebenen Thesen umsetzen zu können. Dies betrifft insbesondere den Unterschied zwischen Besitz und Eigentum und daraus ableitbare Gewährleistungsansprüche zwischen Teilnehmern der Wertschöpfungskette.

Nicht zuletzt ist es auch eine Frage des Changemanagements sowie des Verhaltens der Marktteilnehmer, ob sich die eine oder andere These umsetzen lässt. Auf jeden Fall enthalten die Thesen für Marktteilnehmer sowohl Chancen als auch Bedrohungen; umso mehr, weil Daten, Plattformen, innovative Technologien und neue Kundenerwartungen die Wertschöpfung für produzierende Unternehmen verändern werden.

4 Referenzen:

Tukker, A. (2004): „Eight types of product-service system – Eight ways to sustainability, Experiences from SusProNet“. In: Business Strategy and the Environment, Vol. 13, No. 4. S. 246–260.

Weißfloch, U., Schlummer, M., Jäger, A., Merk, S. (2013): „Chancen für die nachhaltige Entwicklung durch neue hybride Wertschöpfungskonzepte“, Abschlussbericht des Projekts „HyWert“, Stuttgart.

Abkürzungen

CPQ	Configure-Price-Quote
E-Cu	Elektrokupfer
ERP	Enterprise Resource Planning Software
FLC	Field Level Communication
FuE	Forschung und Entwicklung
FW	Firmware
HW	Hardware
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
IT	Information Technologie
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
KI	Künstliche Intelligenz
NOBM	NonOwnership Business Model
OPC	Open Platform Communications
OT	Operation Technology
PLC	Programmable Logic Controller
RAMI 4.0	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
SaaS	Software-as-a-Service
SiC	Silizium-Carbid
SW	Software
USP	Unique Selling Point (Alleinstellungsmerkmal)
XaaS	„Anything-as-a-Service“ oder „Everything-as-a-Service“



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.

Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6302-0

Fax: +49 69 6302-317

E-Mail: zvei@zvei.org

www.zvei.org