



Impulse zur Weiterentwicklung der Normungsroadmap Industrie 4.0

Impulspapier

www.bitkom.org

bitkom

Herausgeber

Bitkom e. V.
Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin

Ansprechpartnerin

Dr. Katharina Eylers | Bereichsleiterin Industrie 4.0 & Technische Regulierung
T 030 27576-220 | k.eylers@bitkom.org

Projektleitung

Johannes Reich | SAP
Jörg Wende | IBM
Dr. Nils Macke | ZF Friedrichshafen
Christian Maasem | Center Connected Industry, EICe Aachen GmbH

Titelbild

© Tabea Damm – unsplash.com

Copyright

Bitkom 2021

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und /oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

1 Einführung

Die zentrale Rolle von Interoperabilität und insbesondere des technologischen Knowhows, interoperable IT-Komponenten und -Applikationen effizient herstellen zu können, ist für die wirtschaftliche Entwicklung der deutschen Wirtschaft essenziell. Dies wird mittlerweile auch auf der industriepolitischen Ebene klar gesehen. So benennt die Bundesregierung in ihrem Leitbild Industrie 4.0¹ Interoperabilität neben Souveränität und Nachhaltigkeit als eine der drei Säulen der Gestaltung digitaler Ökosysteme.

In den Worten des DIN ist die Normungsroadmap Industrie 4.0² »eines der zentralen Kommunikationsmedien der Industrie 4.0 zum nationalen und internationalen Austausch zwischen Normung, Industrie, Verbänden, Forschung und Politik. Das Dokument dient als Wegweiser für alle Akteure aus den verschiedenen technologischen Sektoren und stellt die aktuellen Arbeits- und Diskussionsergebnisse sowie relevante Normen und Standards im Bereich Industrie 4.0 vor. Es skizziert die Anforderungen an die Normung und setzt Impulse für eine erfolgreiche Umsetzung«.³

Im Rahmen seiner Zielrichtung, die Interoperabilität in der sich digitalisierenden industriellen Produktion zu verbessern, hat der Bitkom Arbeitskreis Industrie 4.0 Interoperabilität 2020 das Whitepaper⁴ »Vorschlag zur systematischen Klassifikation von Interaktionen in Industrie 4.0 Systemen – Hinführung zu einem Referenzmodell für semantische Interoperabilität« erarbeitet.

Ein wesentlicher Gedanke dieser Arbeit war, dass sich die Interaktionen zwischen Systemen verschiedenen Klassen zuordnen lassen, die sich in unterschiedlichen Kompositionen manifestieren: horizontal über Protokolle vs. vertikal über Operation (und Events). Dies führt auf einen Interoperabilitätsbegriff der auf dem Konzept der Komposition gründet und der die Vielfalt der Komposition im Interfacebegriff widerspiegelt⁵.

Vor diesem Hintergrund hat sich der Arbeitskreis mit der von DIN und DKE im März 2020 herausgegebenen Normungsroadmap Industrie 4.0 bezogen auf das Thema der Interoperabilität auseinandergesetzt und die in diesem Papier beschriebenen Anforderungen an eine Weiterentwicklung der Normungsroadmap Industrie 4.0 erarbeitet.

1 [↗ Leitbild 2030 für Industrie 4.0, Digitale Ökosysteme global gestalten](#), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), 2020

2 [↗ Normungsroadmap Industrie 4.0](#), Version 4, DIN und DKE, 2020

3 [↗ https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/industrie4-0/roadmap-industrie40-62178](https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/themen/industrie4-0/roadmap-industrie40-62178), abgerufen am 2020-12-11

4 [↗ Vorschlag zur systematischen Klassifikation von Interaktionen in Industrie 4.0 Systemen – Hinführung zu einem Referenzmodell für semantische Interoperabilität](#), Bitkom 2020

5 S. Tripakis. Compositionality in the Science of System Design. Proceeding of the IEEE, 104:960–972, 2016., sowie J. Reich (2012), Komposition und Interoperabilität von IT-Systemen. Preprint DOI: 10.13140/RG.2.2.29383.73128/1

2 Anforderungen

Die folgenden Anmerkungen beziehen sich auf die Kapitelstruktur der Normungsroadmap Industrie 4.0 in ihrer Version 4², im Weiteren mit NRM abgekürzt und betreffen die Abschnitte:

- NRM 2.1 Use Cases
- NRM 2.2 Referenzarchitekturmodelle
- NRM 2.3 Systeme und ihre Eigenschaften
- NRM 2.4 Interoperabilität
- NRM 2.5 Integration
- NRM 2.6 Kommunikation
- NRM 2.7 Mensch und Arbeit

NRM 2.1 Use cases/Anwendungsfall

Anforderung UC1: Anwendungsfälle mit Bezug zu Interoperabilitätsszenarien sollten entlang des Bitkom-Modells der semantischen Interoperabilität klassifiziert werden. Insbesondere sollten Anwendungsfälle unterschieden werden in:

1. vertikaler/hierarchischer Anwendungsfall, in denen Komponenten beobachtet und gesteuert werden und
2. horizontaler/Peer-Anwendungsfall, in der Komponenten Expertisen-Domänen repräsentieren, Entscheidungsspielräume haben und ihre Ausnahmen selbst bearbeiten. Insbesondere sind die zu treffenden Entscheidungen dann anzugeben.

Begründung: Ohne valide Klassifikation von Interaktionen lässt sich nicht feststellen, ob ein angegebener Anwendungsfall überhaupt passend für die eigenen Zwecke ist. So sind nach dem Bitkom Modell der semantischen Interoperabilität etwa Anwendungsfälle, die auf reines Beobachten von Events zielen (unidirektionaler Informationstransport in Verbindung mit (aus Sicht des Senders) Nichtdeterminismus in der weiteren Verarbeitung) gänzlich ungeeignet, um horizontale Beziehungen (bidirektionaler Informationstransport mit nichtdeterministischer Verarbeitung) zu illustrieren.

Anforderung UC2: Die Eigenschaft der Abgeschlossenheit von Protokollen, in dem Sinne, dass keine Dokumente »nach außen« verschickt werden, wie auch keine weiteren Dokumente »von außen« kommen können, sollte gezielt verwendet werden, um die Arbeit verschiedener Arbeitsgruppen besser gegeneinander abzugrenzen. Protokolle sind grundsätzlich immer nur als Ganzes in einer Arbeitsgruppe zu bearbeiten.

Begründung: Teilweise scheint die Abgrenzung von Arbeitsgruppen im I4.0-Umfeld her willkürlich oder auch »historisch gewachsen« zu sein (Bsp.: Arbeitsgruppe »UAG Infrastruktur für die Kommunikation mit Verwaltungsschalen« zur Erstellung eines »Discovery«-Standards und Arbeitsgruppe »UAG Semantik und Interaktion von I4.0-Komponenten« zur Erstellung eines Teilmodell-Standards »Verhandlung«). Die Eigenschaft der Abgeschlossenheit eines Protokolls

gibt ein geeignetes Kriterium, um ggfs. die Arbeit von verschiedenen Arbeitsgruppen gegeneinander abzugrenzen oder diese zusammenzuführen.

NRM 2.2 Referenzarchitekturen und -modelle

Anforderung RA1: Referenzarchitekturen und -modelle, die ein Schichtenmodell propagieren, müssen ein klares Ordnungskriterium angeben.

Begründung: Ihre Funktion, einen logischen Begriffsrahmen zu bieten, können Referenzarchitekturen nur erfüllen, wenn sie in sich konsistent sind. Ist ein Schichtenmodell Teil einer Referenzarchitektur, dann ist ein klares Ordnungskriterium eine wesentliche Voraussetzung für eine solche Konsistenz. Die Unklarheiten bei der Festlegung des Ordnungskriteriums ist aus Sicht des Arbeitskreises einer der Gründe für die in der NRM angesprochene Heterogenität der Referenzarchitekturmodelle. Bekannte Beispiele mit entsprechenden Einschränkungen in der Aussagekraft der Referenzmodelle wo dieses Kriterium nicht hinreichend klar war, sind das OSI-Modell der Interoperabilität und das RAMI40 in seiner ursprünglichen Version.⁶

Anforderung RA2: Für die Einbeziehung des Menschen ist ein nichtdeterministisches Interaktionsmodell in Verbindung mit dem Entscheidungsbegriff unerlässlich.

Begründung: In deterministischen Interaktionen gibt es keine Entscheidungsspielräume: Die Reaktion des Informationsempfängers ist durch die Eingabe festgelegt. Das ausführende System wird »benutzt« und erhält keine Kontextinformationen. Das ist mit dem Modell des autonom agierenden Menschen unvereinbar. Entsprechend müssen Menschen-orientierte Interaktionen diesem seine Entscheidungsspielräume belassen und damit nichtdeterministisch sein.

Anforderung RA3: Bei der Erstellung von Informationsmodellen ist zu beachten, dass solche, die sich auf die Konstruktion von Applikationen beziehen, anderen Gesichtspunkten folgen als Informationsmodelle, die sich auf (horizontale) Interaktionen beziehen.

Begründung: Auf das Informationsmodell der Interaktion müssen sich die Konstrukteure aller beteiligten Applikationen einigen, womit der Optimierungsbedarf v. a. durch die Notwendigkeit der effizienten Einigung aller Beteiligten entsteht. Demgegenüber sollte das Informationsmodell einer Applikation von dessen Konstrukteur so gestaltet werden, dass es alle Interaktionen, an denen die Applikation beteiligt ist, insgesamt möglichst gut unterstützt, was den Optimierungsbedarf auf die effiziente Implementierung einer Applikation verschiebt.

Anforderung RA4: Referenzarchitekturen mit Bezug auf Interoperabilität von Systemen müssen mit dem Bitkom-Modell semantischer Interoperabilität vereinbar sein.

⁶ Johannes Reich, Luisa Zentarra, Jan Langer. [↗Industrie 4.0 und das Konzept der Verwaltungsschale – Eine kritische Auseinandersetzung](#). HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, [↗https://doi.org/10.1365/s40702-020-00645-4](https://doi.org/10.1365/s40702-020-00645-4), Springer, 2020

Begründung: Das Bitkom-Modell semantischer Interaktion klassifiziert die Interaktionen zwischen Systemen vollständig entlang der beiden Dimensionen Informationstransport und Verarbeitung. Das bedeutet, dass jede Referenzarchitektur mit Bezug auf Interoperabilität von Systemen mittels des Bitkom-Modells beurteilbar ist.

NRM 2.3 I4.0 Systeme und deren Eigenschaften

Anforderung SE1: Systeme sollten bezüglich ihres Transformations- und Kompositionsverhaltens unterschieden werden. Bei diskreten Systemen ist wenigstens zwischen einfachen Systemen, rekursiven Systemen und interaktiven Systemen zu unterscheiden.

Begründung: Da sich Transformations- und Kompositionsverhalten im Interface eines Systems niederschlägt, ist eine solche Unterscheidung für einen klaren Interfacebegriff unerlässlich.

Beispiele:

- Einfache Systeme berechnen Funktionen. Im Interface eines einfachen Systems reflektiert sich darüber hinaus der Umstand, ob das Ergebnis an den Aufrufer zurückgegeben oder an ein anderes System weitergereicht wird.
- Rekursion als Kompositionsform zur Berechnung von Funktionen sollte zwischen komplexen Komponenten vermieden werden.
- Interaktive Systeme besitzen immer mehrere Schnittstellen mit jeweiligen Entscheidungsspielräumen. Diese Schnittstellen komponieren zu Protokollen.

Anforderung SE2: Es ist bei der weiteren Verfolgung des Konzepts der »Verwaltungsschale« darauf zu achten, dass es in sich konsistent ist. Ggfs. ist es in mehrere Teilkonzepte aufzuteilen. Insbesondere sind die Standardisierung der Aspekte der administrativen Prozesse, der Komponentenmodelle und der Datenmodelle zu separieren.

Begründung: In seiner jetzigen Form stecken, »historisch bedingt« zu viele sich widersprechende Elemente in dem, was als »Verwaltungsschale« bezeichnet wird. U. a. finden sich Elemente der folgenden 3 Konzepte:

1. Datenblatt: Einfache, Daten-orientierte Charakterisierung von Dingen des Gebrauchs (etwa einer Heizung, eines Fernsehers, ...)
2. Komponente: Ein System, das – im Gegensatz etwa zu einem Datenblatt – ein aktives »I/O-Transformationsverhalten« zeigt, also selbst Daten verarbeitet
3. Klasse aller administrativen Prozesse

Diese Entitäten sind zu verschieden, um sie alle unter dem Oberbegriff »Verwaltungsschale« zu fassen.⁶

Anforderung SE3: Der Begriff des »Interface« und der »Komponente« müssen geklärt werden. Der Vorschlag des Arbeitskreises ist, Interface und Komponente über den Begriff der Systemkomposition zu definieren.⁷ Ein Interface ist die Menge aller Angaben eines Systems, die man benötigt, um eine gewünschte Komposition herzustellen. Beispielsweise ist die Operation $\text{double sin}(\text{double } x)$ das Interface eines Systems, das eine numerische Näherung des Sinus berechnet und das man entsprechend in der numerischen Berechnung der Gegenkathete in einem rechtwinkligen Dreieck hierarchisch als Subsystem einsetzen kann:

```
double calcOppositeLeg(double l, double angle){return l*sin(angle);}
```

Im Begriff des Interfaces steckt demnach Information über das Transformationsverhalten und Kompositionsverhalten. Im Falle einer Operation verbirgt das Interface die Struktur der Berechnung aber nicht die Abbildung. Eine Komponente ist ein System, das für eine bestimmte Komposition intendiert ist und daher mit den entsprechenden Interfaces ausgestattet ist.

Begründung: Beide Begriffe sind für den Diskurs über Interoperabilität zentral und werden sehr unterschiedlich verwendet. Insbesondere scheint teilweise ein Verständnis vorzuherrschen, ein Interface könne nur aus Operationen bestehen. Diese Sicht ist nach Auffassung des Arbeitskreises unzureichend und bezieht sich nur auf vertikale Interaktion, wo Systeme hierarchisch zu Supersystemen komponieren. Tatsächlich ist in horizontalen Interaktionen, die das Kernstück der skalierenden horizontalen Interaktionsnetze darstellen, das Interface eines Systems seine Rolle, die es in einem Protokoll spielt (siehe [↗ Bitkom Whitepaper](#)). Hier ist also das Protokoll die Komposition und die Rollen der Systeme sind deren Interfaces.

NRM 2.4 Interoperabilität

Anforderung IntOp1: Das Bitkom Model semantische Interoperabilität und sein Schichtenmodell ist auf seine Anwendbarkeit in der Standardisierung zu überprüfen. Insbesondere ist dabei zu beurteilen:

- Das Interfacemodell als Konzept, in dem sich Transformationsverhalten und Kompositionsverhalten seiner Komponente widerspiegeln und die damit verbundene Möglichkeit der Klassifikation.
- Die Funktion der verschiedenen Interfaceklassen (unilateral vs. bilateral, für Pipes, Events, Objekte, Protokolle) für die Herstellung von Interoperabilität.

Begründung: Ergibt sich aus den anderen Punkten

Anforderung IntOp2: Die Rolle von Datentypen bei der Herstellung von Interoperabilität im Sinne einer Übereinkunft, ist auszuarbeiten, mit welchen atomaren Basisoperationen welche Informationen grundsätzlich zu verarbeiten sind.

⁷ J. Reich (2012), Komposition und Interoperabilität von IT-Systemen. Preprint DOI: 10.13140/RG.2.2.29383.73128/1

Begründung: Die Typisierung von Informationen im Sinne von Datentypen ist grundsätzlich eine semantische Festlegung im Sinne eines »Wir wissen, wie wir diese Informationen ›grundsätzlich‹ verarbeiten können«. Damit ist konkret gemeint, dass es eine (vergleichsweise kleine) Anzahl von Basisoperationen gibt, die dieses Verständnis manifestieren, zusammen mit den Regeln, wie sich komplexere Operationen aus einfacheren Operationen zusammensetzen lassen (Bsp: IEEE Datentyp »8-Byte Float« mit den binären Elementaroperationen +, -, *, /). Diese Auffassung eines Datentyps gibt ihnen in den verschiedenen Interaktionsklassen eine unterschiedliche Relevanz. In vertikalen Interaktionen können Datentypen bestimmte Laufzeitfehler verhindern, indem die Typisierung sicherstellt, dass Informationen nur von jeweils grundsätzlich geeigneten Operationen verarbeitet werden. In horizontalen Interaktionen stellen Datentypen ein gemeinsames Vokabular bereit. Die darüberhinausgehenden interaktionellen Aspekte der Interaktionssemantik horizontaler Interaktionen sind durch ein solches Datentypkonzept nicht sinnvoll erfassbar. Im Gegensatz dazu wird bei den sogenannten »Abstrakten Datentypen (ADT)« in der Regel von einem festen und abschließenden Satz von Operationen ausgegangen, die eine bestimmte Dateninstanz im Sinne der Objektorientierung »kapseln« (Bsp.: Zähler, der den Zugriff auf ein Datum vom Typ Integer32 nur durch die Operation incr() und getVal() erlaubt). Insbesondere ist zu beachten, dass dabei der Begriff der »Information« im Sinne Claude Shannons verwendet wird und nicht etwa im Sinne der Wissenspyramide nach Aamodt und Nygard.⁸

Anforderung IntOp3: Es ist zu prüfen, ob Ansätze die die Semantik ausgetauschter Zeichen durch die Interaktion bestimmt sehen, solchen die sich auf das »Semiotische Dreieck« beziehen und die Welt in »reale Welt« und »Informationswelt« aufteilen, in der Praxis überlegen sind.

Begründung: Das Bitkom Modell semantischer Interoperabilität basiert letztlich auf einem Ansatz, die Semantik der in einer Interaktion ausgetauschten Zeichen auf ihre Verarbeitung zurückzuführen. Formal ist dieses Konzept bereits ausgearbeitet.⁹ In diesem Sinne wäre es dann falsch zu sagen, dass (S. 54/55) das notwendige Einverständnis beider Seiten einer Interaktion sich durch Anreicherung von Daten mit Metadaten erzielen lässt.

Anforderung IntOp4: Die Rolle von ontologischen Ansätzen ist im Rahmen des Modells einer Interaktionssemantik zu beurteilen, in dem sich die Semantik der ausgetauschten Zeichen aus der Verarbeitung ergibt. Zu 2.4-1 Analyse der Ergebnisse des ETSI TR 103 535 V0.2.2 (2019-03): Die Rolle von Ontologien für die Herstellung semantischer Interoperabilität ist zu klären.

Begründung: Insbesondere vor dem Hintergrund der folgenden Feststellungen:

8 Agnar Aamodt und Mads Nygård ↗ [Different roles and mutual dependencies of data, information, and knowledge – an AI perspective on their integration](#). Data and Knowledge Engineering (16) pp. 191-222, Elsevier, 1995.

9 Johannes Reich, ↗ [A theory of interaction semantics arXiv:2007.06258](#), 2020.

1. Ontologien erheben den Anspruch, die Beziehungen zwischen Konzepten formal zu repräsentieren. Ihre Aussagefähigkeit hängt damit wesentlich von der Klarheit der bezuggenommenen atomaren Basiskonzepte ab.
2. Es gibt bisher keine hinreichend klaren, international anerkannten Definition der Konzepte von »System«, »Interaktion«, »Interface«, »semantische Interoperabilität«, »Service«, »Applikationsschicht«, »Verwaltungsschale«, »Teilmodell«, »Fähigkeit«, etc. so dass die Erstellung einer einheitlichen, weltweit anerkannten sogenannten »Upper Ontology« für diese Basiskonzepte unrealistisch ist.
3. Es ist naturgemäß grundsätzlich sehr schwierig, verschiedene Ontologien über gleiche Domänen, die auf unterschiedlichen Begriffsnetzwerken beruhen, und denen unterschiedlich konnotierte Basiskonzepte zugrunde liegen, zusammenzuführen.

NRM 2.5 Integration

Anforderung ITG1: Es ist zwischen verschiedenen Schnittstellenklassen zu unterscheiden. U.a. gibt es rein Datentyp-bezogene Schnittstellen (etwa in Pipes), Objektorientierte Schnittstellen und Events in vertikalen Interaktionen und Protokolle in horizontalen Interaktionen.

Begründung: Ergibt sich unmittelbar aus dem Bitkom-Modell semantischer Interoperabilität

Anforderung ITG2: Die Schnittstellen der I40 Systeme gleicher Klasse sollten eine standardisierte Form haben.

Begründung: Das würde den Aufwand, der zur Verständigung bei der Definition von Schnittstellen erheblich reduzieren, wenn man sich auf Schemata einigen könnte, mit denen man Operationen, Protokolle, Events, etc. beschreibt.

Anforderung ITG3: Es sind Richtlinien zu erarbeiten, zu welchen Integrations-relevanten Standards Integrations-Veranstaltungen (»Plugfests«) wünschenswert sind und durch wen diese durchgeführt werden sollten.

Begründung: Der ultimative Test von Integration kann nur in der Praxis stattfinden. Das Format der Plugfeste hat sich dabei als erfolgreich erwiesen. Es sind natürlich auch andere Formate denkbar.

Anforderung ITG4: Spezifikation horizontaler Schnittstellen (Protokolle) sind grundsätzlich öffentlich zugänglich zu machen. Zu diesem Zweck wäre ein gesetzlicher Rahmen zu schaffen. Ferner ist ein einheitliches Spezifikationsformat anzustreben (s. ITG2). Entsprechende öffentliche Verzeichnisse sind zu erstellen.

Begründung: Horizontale Schnittstellen sind ihrer Natur nach »öffentlich«, in dem Sinne, als dass sie Systemgrenzen zwischen unabhängigen Systemen repräsentieren. Eine Vereinnahmung durch einzelne Unternehmen käme einer »Privatsprache« gleich.

Anforderung ITG5: Es ist zu bestimmen, welche architektonischen (Struktur-)Prinzipien IT-Applikationen änderungsfreundlich gegen geänderte Peer-Interaktionen machen.

Begründung: Horizontale Interaktionen (zustandsbehaftet, asynchron und nichtdeterministisch) stellen das Herzstück der immer stärkeren Vernetzung dar. Es ist charakteristisch für interaktive Systeme mehrere horizontale Interaktionen zu koordinieren. Eine Änderung ihrer Interaktionen hat immer auch Änderungen in ihren Implementierungen zur Folge. Insofern dürfte der maximal beherrschbare Vernetzungsgrad interaktiver Applikationen von dem Aufwand der internen Änderungen abhängen, den Änderungen in den Interaktionen nach sich ziehen. Das Ziel muss sein, Applikationen so zu strukturieren, dass geringe Änderungen in den Interaktionen nur geringe interne Änderungen einer Applikation zur Anpassung nach sich ziehen. Dazu ist zwingend erforderlich, dass interne Änderungen der Applikation auf Grund von Änderungen in einer Interaktion die notwendigen Garantien an Konsistenz, etc. in anderen Interaktionen nicht invalidieren.

NRM 2.6 Kommunikation

Anforderung Komm1: Es sollte klar zwischen Informationstransport und der Informationsverarbeitung differenziert werden. Technologien der Kommunikation beziehen sich damit allein auf den Transport der Informationen (dieses könnten demnach vollständig verschlüsselt vorliegen). Technologien der Informationsverarbeitung müssen hingegen Zugriff auf die Informationen haben – die Informationen können entsprechend nicht verschlüsselt vorliegen (zumindest in der gegenwärtigen Praxis).

Begründung: Das dient der konzeptuellen Klarheit des Konzeptpapiers.

Anforderung Komm2: Es sollte herausgearbeitet werden, welche Klassen des Informationstransportes von welchen Klassen der Informationsverarbeitung benötigt werden.

Begründung: Es ist bspw. zu erwarten, dass

1. Interaktionsformen, die auf bidirektionalem Informationstransport basieren, andere Anforderungen an den Transport ihrer Informationen haben als unidirektionale Interaktionsformen.
2. Hierarchische Interaktionsformen andere Anforderungen an den Transport ihrer Informationen haben als horizontale (beides sind bidirektionale Interaktionsformen).

NRM 2.7 Mensch und Arbeit

Anforderung MuA1: Für die Einbeziehung des Menschen in Interaktionen mit Maschinen ist ein Interaktionsmodell zu verwenden, das auf nichtdeterministischen Interaktionen in Richtung des Menschen beruht und den Entscheidungsbegriff in den Vordergrund stellt.

Begründung: Ansonsten wird dem Menschen zugemutet, nur zu »funktionieren« und er wird nicht mit dem erforderlichen Kontextwissen versehen, um seine Entscheidungen zu treffen. »Arbeit ist im hohen Maße identitätsstiftend. Sie garantiert die soziale Teilhabe. Die Bedürfnisse der Beschäftigten sowie deren Anforderungen an Erwerbsarbeit erfahren durch die Digitalisierung einen bedeutenden Wandel. Erfolgreiche Unternehmen passen sich diesen Entwicklungen an und organisieren Arbeit derart, dass sie für die Beschäftigten sowohl durch mehr Souveränität als auch durch eigenverantwortliches Lernen und Handeln geprägt ist.«¹⁰

10 Plattform Industrie 4.0, Charta für Lernen und Arbeiten in der Industrie 4.0: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/charta_fuer_lernen_und_arbeit.html

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 2.000 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10
10117 Berlin
T 030 27576-0
F 030 27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

bitkom