

1. November 2012

Interoperabilität und offene Standards im IT-Bereich: Definitionen, Voraussetzungen, Bedeutung und Herausforderungen

Vorbemerkung

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN versteht sich als die Stimme der deutschen Technikwissenschaften und berät Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Fragestellungen. Bei dem vorliegenden Papier handelt es sich um keine abgestimmte Position der Akademie gemäß ihren strengen Syndizierungs- und Qualitätssicherungsanforderungen, sondern um eine Zusammenfassung von Stellungnahmen, die die Akademie bei wissenschaftlichen Mitgliedern, Senatsunternehmen und Projektpartnern eingeholt hat. Die Synopse beansprucht keinen Anspruch auf Vollständigkeit und verzichtet auf eine Bewertung oder Priorisierung der eingegangenen Stellungnahmen.

Zur Beantwortung der Fragen der Projektgruppe „Interoperabilität, Standards, Freie Software“ der Enquete-Kommission „Internet und digitale Gesellschaft“ des Deutschen Bundestages haben folgende Institutionen und Personen beigetragen:

- *Prof. Dr. Manfred Broy, Technische Universität München, Institut für Informatik*
- *Prof. Dr. Gerhard P. Fettweis, TU Dresden, Vodafone Stiftungslehrstuhl Mobile Nachrichtensysteme*
- *Prof. Dr. Otthein Herzog, Universität Bremen, Technologie-Zentrum Informatik und Informationstechnik*
- *Dr. Knut Manske, Leiter SAP Research, Darmstadt*
- *Morris Riedel, Federated Systems and Data (FSD), Forschungszentrum Jülich*
- *Prof. Dr. Ina Schieferdecker, Lena-Sophie Müller, Dr. Klaus-Peter Eckert (alle Fraunhofer FOKUS, Berlin)*
- *Dr. Mathias Uslar, OFFIS, FuE Bereich Energie | R&D Division Energy, Oldenburg*

Davon unabhängig wird hier ergänzend auf folgende acatech Studien bzw. Projekte verwiesen, die das Thema, wenn zum Teil auch nur am Rande, aufgreifen:

- *acatech Position „Cyber-Physical Systems: Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion“ ([Download](#))*
- *acatech Position „Future Energy Grid - Informations- und Kommunikationstechnologien für den Weg in ein nachhaltiges und wirtschaftliches Energiesystem“ ([Download](#))*
- *acatech Position „Menschen und Güter bewegen. Integrative Entwicklung von Mobilität und Logistik für mehr Lebensqualität und Wohlstand“ ([Download](#))*

1) Wie lässt sich Interoperabilität definieren?

Interoperabilität ist kein Schwarz-Weiß-Begriff, man spricht bei Systemen oder Applikationen vielmehr von einem Grad der Interoperabilität. Dementsprechend unterscheiden sich Definitionen von Interoperabilität je nach dem, inwieweit sie sich auf die Beschreibung technischer Operabilität von Soft- oder Hardware beschränken oder die Operabilität von Prozessen und Systemen beschreiben.

Grundlegend kann Interoperabilität so beschrieben werden, dass Hardware- bzw. Software-Komponenten bzw. IT-Services verschiedener Herkunft identische syntaktische und semantische Schnittstellen haben, so dass sie miteinander zusammengeschaltet werden können und ohne weitere Anpassungs-Maßnahmen miteinander als System funktionieren. Interoperabilität kann also verstanden werden als die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme, möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten, etwa um wechselseitig Funktionen und Dienste zu nutzen und Informationen auf effiziente und verwertbare Art und Weise auszutauschen bzw. dem Benutzer zur Verfügung zu stellen, ohne dass dazu gesonderte Änderungen an den Systemen notwendig sind.

Das Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) definiert Interoperabilität als „die Fähigkeit zweier oder mehrerer Systeme oder Komponenten, Informationen auszutauschen und die ausgetauschten Informationen auch sinnvoll nutzen zu können“ [INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries. 1990].

In Anlehnung an das European Interoperability Framework der Europäischen Kommission [http://ec.europa.eu/isa/documents/isa_annex_ii_eif_en.pdf] kann Interoperabilität als Fähigkeit von IKT-Systemen und deren unterstützender Geschäftsprozesse und Regularien verstanden werden, Daten auszutauschen, zu bearbeiten und das Teilen von Informationen und Wissen zu ermöglichen.

Das Zentrum für Interoperabilität bei Fraunhofer FOKUS erweitert die Betrachtung von Interoperabilität als organisatorische, semantische und technische Herausforderung um die Dimensionen politischer und rechtlicher Interoperabilität von Regeln und Prozessen und bezieht damit zum Beispiel Rechtsgrundlagen der Datenverarbeitung und die politische Gestaltung von Rahmenbedingungen für Interoperabilität in die Betrachtung ein. [<https://www.interoperability-center.com/de/interoperabilitaet>]

2) Welche Arten von Interoperabilität lassen sich unterscheiden?

Üblicherweise wird zwischen technischer/syntaktischer Interoperabilität sowie semantischer Interoperabilität unterschieden. Erweiterte Interoperabilitätsansätze beschreiben darüber hinaus organisatorische Interoperabilität, rechtliche Interoperabilität und die Interoperabilität politischer Ziele und Zielerreichungsstrategien in IT-relevanten Zusammenhängen (z.B. Fraunhofer FOKUS). Ebenfalls kann nach Hardware-Interoperabilität, Software-Interoperabilität und System-Interoperabilität unterschieden werden. Steht das Nutzerverhalten des Anwenders im Mittelpunkt von Fragestellungen zur Interoperabilität, kann von nutzungorientierter bzw. nutzersichtbarer Interoperabilität gesprochen werden.

Technische Interoperabilität umfasst die technischen Aspekte der Vernetzung von Software-basierten Systemen und Diensten und damit Themen wie (mobile) Kommunikationsdienste, Middleware, Datenformate, -präsentation und -austausch sowie Systemmanagement und IT-Sicherheit. In der Praxis kann technische Interoperabilität beispielsweise über offene Anwendungsschnittstellen und Kommunikationsprotokolle sowie durch Überprüfung auf Standardkonformität durch Konformitäts- und Interoperabilitätstests realisiert werden. Sind zwei oder mehrere Systeme in der Lage, miteinander zu kommunizieren und Informationen auszutauschen, so weisen sie die so genannte syntaktische oder auch technische Interoperabilität auf. Das Spezifizieren von Datenformaten, -serialisierungen und Kommunikationsprotokollen ist hierfür essentiell. Standards wie XML oder SQL (Structured Query Language) in ihren Dialekten ermöglichen eine syntakti-

sche Interoperabilität. Die syntaktische Interoperabilität ist die Voraussetzung für weitere Formen der Interoperabilität wie etwa semantische Interoperabilität.

Semantische Interoperabilität stellt sicher, dass ausgetauschte Daten für die beteiligten Akteure, Anwendungen und Einrichtungen die gleiche Bedeutung haben und diese nicht bei der Übermittlung und Übergabe verloren gehen. Sie gewährleistet damit die sinnvolle Weiterverarbeitung der Daten aus externen Quellen. In der Praxis kann semantische Interoperabilität über gemeinsame branchenspezifische Informationsmodelle (bspw. XÖV für den Public Sector oder Ontologies) bzw. über Abbildungen zwischen unterschiedlichen Informationsmodellen (bspw. Linked Data) erreicht werden.

Organisatorische Interoperabilität bedeutet, dass die Geschäftsprozesse der beteiligten Akteure abgestimmt sind und mit dem zugehörigen Datenaustausch integriert sind. Dazu ist ein Konsens über die organisatorischen Abläufe und Regularien notwendig, um die Zusammenarbeit der beteiligten Akteure zu regeln. Dies geschieht in der Praxis beispielsweise über Prozessmodelle (inkl. Dienstmodellen) oder Leistungsvereinbarungen.

Rechtliche Interoperabilität stellt sicher, dass elektronische Daten und/oder Dienste einer Organisation die gleiche Anerkennung bei der Verwendung in kooperierenden Organisationen erhalten. So ist es beispielsweise im globalen Kontext relevant, dass bei der Datenübergabe die jeweils geltenden nationalen Datenschutzregelungen geachtet werden. In der Praxis umfasst die rechtliche Interoperabilität u.a. die Abstimmung der Regularien der Prozesse, die in den einzelnen kooperierenden Organisationen gelten, so dass eine geeignete, aufeinander abgestimmte und kompatible Rechtsgrundlage, gewährleistet wird.

Unter politischer Interoperabilität ist zu verstehen, dass für eine effektive Zusammenarbeit im Hinblick auf die Erreichung der angestrebten Ziele es notwendig ist, dass kooperierende Organisationseinheiten vereinbare Visionen haben und sich auf die gleichen Ziele konzentrieren. Damit in der Praxis z. B. die erforderlichen finanziellen und personellen Ressourcen für die Zusammenarbeit bereitgestellt werden, ist es beispielsweise erforderlich, dass die beteiligten Partner der Zusammenarbeit die gleiche Bedeutung beimessen. In der Praxis kann dies stark von bilateralen oder multilateralen Vereinbarungen, beispielsweise durch Europäische Richtlinien oder Firmenstrategien, beeinflusst sein.

Nutzungsorientierte Interoperabilität beschreibt die Fähigkeit interoperabler Systeme, ihre Interaktion und ihre Optionen des Kommunikations- und Kooperationsverhaltens für Nutzer sichtbar und verstehbar zu machen. Das Anwendungsmuster einer Technologie bzw. eines Programms bleibt im Sinne der Gewohnheiten bzw. Gewöhnung des Nutzers erhalten, selbst wenn Technologien oder Teile davon ersetzt werden.

3) Warum ist Interoperabilität wichtig?

Interoperabilität stellt aus technischer Sicht die Grundvoraussetzung dafür dar, dass zwei oder mehr Systeme - obwohl separat entwickelt und betrieben - miteinander integriert werden und kooperieren können, so dass verschiedene Akteure mit Hilfe IKT-basierter Systeme zusammenarbeiten können. Interoperabilität ermöglicht so insbesondere die Lösung komplexer Aufgaben. Ein hoher Grad an Interoperabilität steht dabei für eine minimal große Integrationsdistanz zwischen Systemen. Ist Interoperabilität vollkommen gegeben, kann von einer „Plug-and-Play-Architektur“ gesprochen werden.

Aus wirtschaftlicher Perspektive kann Interoperabilität maßgeblich zur Kosteneffizienz von Systemlösungen beitragen, da Integrationsaufwand und Entwicklungskosten reduziert werden, wenn z.B. standardisierte Schnittstellen und interoperable Technologiekomponenten wiederverwendet werden können.

Aus marktwirtschaftlicher Perspektive kann Interoperabilität dazu beitragen, dass Abschottungstendenzen eines bestehenden Marktes bis hin zur Monopolbildung vermieden werden und der Marktzugang für neue Teilnehmer nicht durch geschlossene Systeme erschwert wird. Interoperabilität kann den Wettbewerb zwischen Anbietern und einzelnen Systemen fördern. Unnötige Doppelentwicklungen ohne volkswirtschaftli-

chen Nutzen können im Idealfall verhindert werden. Durch die Vermeidung von Lock-In-Effekten kann die Abhängigkeit von Technologien, Produkten und Herstellern vermieden werden.

4) Für welche Bereiche bzw. Innovationen ist Interoperabilität besonders relevant? (z.B. Cloud Computing, Freie Software usw.)

Generell spielt Interoperabilität bei großen, heterogenen Infrastrukturen mit vielen Systembeteiligten eine herausgehobene Rolle. Beispiele dafür sind Cyber Physical Systems, Ultra-Large Scale Systems und Netzinfrastrukturen wie z.B. Smart Grids und Multi-Utility-Grids.

Moderne Geschäftsprozesse in verschachtelten und automatisierten Produktions- und Lieferketten mit wechselnden Teilnehmern beispielsweise erfordern einen hohen Grad an Interoperabilität der Geschäftssoftware. Auch dort, wo ein nahtloser Informationsfluss und verlustfreier Informationsaustausch von entscheidender Bedeutung sind, wie z.B. in der IT-gestützten medizinischen Versorgung, der Steuerung von Verkehrs- und Logistikströmen und beim Betrieb von Kommunikationsinfrastrukturen, ist Interoperabilität der Systeme und Komponenten eine wichtige Grundvoraussetzung. (Siehe dazu u.a. auch die acatech Positionen „Cyber-Physical Systems: Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion“, „Future Energy Grid - Informations- und Kommunikationstechnologien für den Weg in ein nachhaltiges und wirtschaftliches Energiesystem“ und „Menschen und Güter bewegen. Integrative Entwicklung von Mobilität und Logistik für mehr Lebensqualität und Wohlstand“.)

Im Bereich des Cloud Computing kommt Interoperabilität eine besondere Bedeutung zu, weil sie Voraussetzung dafür ist, dass ohne großen technischen und finanziellen Aufwand der Cloud-Provider gewechselt werden kann, also Daten aus einer Cloud in eine andere Cloud transferiert werden können.

Auch für Lösungen im Bereich eGovernment ist Interoperabilität von zentraler Bedeutung, um Daten zwischen Staaten, Ländern und Verwaltungsebenen austauschen und verknüpfen zu können.

Wissenschaftsinfrastrukturen profitieren von Interoperabilität, wenn z.B. Daten aus einzigartigen Großgeräten der Forschung anderen Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt werden sollen.

Im Bereich der Softwareentwicklung spielt Interoperabilität in besonderem Maße für Entwickler von freier sowie quelloffener Software eine zentrale Rolle bei der Kommunikation mit proprietären Softwareprodukten. Für eine langfristige Migration von proprietärer Software auf freie und/oder quelloffene Software ist Interoperabilität eine wichtige Voraussetzung.

5) Welche Probleme und Konsequenzen ergeben sich durch fehlende Interoperabilität?

Eingeschränkte oder fehlende Interoperabilität hemmt technologische Innovationen und kann zu Marktverzerrungen führen.

Wenn Komponenten, Systeme und Prozesse nicht interoperabel sind, entstehen in der Regel technologische Insellösungen, die meist ineffizient und wenig innovativ sind. Die innovative und schrittweise Weiterentwicklung komplexer Systeme wird durch fehlende Interoperabilität verhindert, stattdessen werden komplexe Gesamtsysteme unter hohem Mitteleinsatz neu entwickelt. (Re-inventing the wheel) Die kreative Kombination bestehender Einzelsysteme zu neuen Lösungen wird durch eingeschränkte oder fehlende Interoperabilität behindert. Gleichzeitig führt die zwangsläufige Abgeschlossenheit nicht interoperabler Systeme zu einer Silobildung von Know-how und Daten, die jeweils nur wenigen Nutzern zur Verfügung stehen.

Aus marktwirtschaftlicher Perspektive können Einschränkungen der Interoperabilität dazu führen, dass neue Ideen langsamer in den Markt eingeführt werden oder im schlimmsten Fall vollständig an der Markteintrittshürde fehlender Interoperabilität scheitern. Dominierende, nicht interoperable Systeme können zur Bildung von Monopolen führen, die die Monopolbildung in weiteren Märkten begünstigen. Für Anwender

besteht das Risiko eines Lock-in bei einem Hersteller. Fehlender Wettbewerb in Folge eingeschränkter oder nicht existierender Interoperabilität kann letztlich auch zu höheren Preisen führen und somit die Wettbewerbsfähigkeit eines Sektors negativ beeinflussen.

6) Welche Voraussetzungen für Interoperabilität gibt es?

Auf technischer Ebene sind u.a. Grundvoraussetzungen von Interoperabilität: gemeinsame, standardisierte physikalische Schnittstellen, offene Standards, offene Formate, ggfs. offene Daten.

Auf organisatorischer Ebene bedarf es definierter Standards regelsetzender Gremien, Regularien, detaillierte Anforderungen und Prüfmethode an Interoperabilität und transparente Prozessstrukturen für Änderungsvorschläge zu Standards.

Nutzer-/Anwenderseitig muss eine kritische Masse an Teilnehmern in einem Bereich bereit sein, einen tragfähigen Minimalkonsens zur Interoperabilität zu bilden und auch durchzusetzen. Dieser gemeinsame Wille zur Interoperabilität sollte sich dann auch in der Bildung entsprechender Geschäftsmodelle widerspiegeln, deren Strategie es nicht ist, sich proprietär von anderen Marktteilnehmern abzugrenzen.

Neben der Lösung technischer, organisatorischer und nutzerspezifischer Herausforderungen zur Erreichung von Interoperabilität kann es ferner notwendig sein, neben der technischen Interoperabilität auch operationale Interoperabilität herzustellen, in dem z.B. Nutzungspolicies für technische Infrastrukturen sowie Daten wie z.B. Forschungsergebnisse flexibel gestaltet werden.

7) Welche Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Interoperabilität gibt es?

Auf technischer Ebene können Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Interoperabilität darin begründet sein, dass ein hoher Abstimmungsaufwand der Akteure zur Erreichung interoperabler Standards notwendig ist. Auch sehr heterogene Strukturen bei bestehender Hardware und zu verarbeitenden Daten können die Entwicklung interoperabler Software erschweren. Ebenfalls eine Barriere für die Festlegung interoperabler Standards kann die parallele Existenz einer sehr großen Zahl konkurrierender, technologisch redundanter Standards für ähnliche Anwendungen sein.

Verstärkt werden diese Probleme, wenn Marktteilnehmer mit großer Marktmacht kein echtes Interesse an einer Standardisierung haben, weil sie sich einen Marktvorteil durch eine eigene Monopolstellung bewahren wollen oder Investments in nicht-interoperable Technologien und Produkte noch nicht abgeschlossen sind.

Bei der Entwicklung neuer Technologien können Geschäftsgeheimnisse, also die zunächst unter Ausschluss der Öffentlichkeit erfolgende Entwicklung neuer Produkte, dazu führen, dass Interoperabilität erst im Nachgang mit erhöhtem Integrationsaufwand hergestellt werden kann. Auch der Fertigstellungsdruck, den Nutzer/Käufer ausüben, weil sie schnellstmöglich modernste Funktionen zur Verfügung haben möchten, kann dazu führen, dass neue Technologien bereits vermarktet werden, bevor sie durch einen Standardisierungsprozess gehen konnten. Interoperabilität muss dann im Nachgang aufwändig hergestellt werden.

8) Welche Verfahren und Methoden zur Interoperabilität gibt es?

Im Bereich der Standardisierung kann zwischen De-Jure- und De-Facto-Standardisierungsverfahren unterschieden werden. Erstere, z.B. über ISO-Standards, sind primär für weniger dynamische Technologiefelder mit einer hohen Zahl oftmals unbekannter Marktteilnehmer und langen Investitionszyklen geeignet, letztere eignen sich besonders für moderat-dynamische Technologiefelder, in denen die Marktteilnehmer überwiegend bekannt sind und ein gemeinsamer Wille zur Zusammenarbeit besteht. Eine De-facto-Standardisierung kann z.B. von Branchenverbänden und internationalen Standardisierungsgremien koordiniert werden.

Darüber hinaus kann Interoperabilität durch frühzeitige Testverfahren bei der Entwicklung von Technologien erzielt werden. Dies kann in Interoperabilitätslaboren geschehen, in denen Produkte und Dienste in Zusammenarbeit mit Herstellern und Anwendern auf weitreichende Interoperabilität getestet und ggfs. optimiert werden. Darüber hinaus existieren Testtechnologien und -werkzeuge, mit denen Entwickler selbst automatisierte oder semiautomatisierte Konformitäts- und Interoperabilitätstests durchführen können.

Auch fest definierte Methoden zur Berücksichtigung von Interoperabilität bei der Systemauswahl, der Beschaffung und der Implementierung erhöhen die Verbindlichkeit von Prozessen zur Gewährleistung von Interoperabilität bei Entwicklern und Herstellern.

9) Vorschläge zur Gestaltung von Interoperabilität

Eine große Herausforderung für Markt und Gesellschaft in Deutschland ist es, in allen Fragen der Standardisierung die Aktivitäten der europäischen Nachbarn und weltweit zu beobachten und sich an der Gestaltung von Interoperabilität aktiv zu beteiligen. Nationale Insellösungen haben mittel- und langfristig keine Aussicht auf nachhaltigen technologischen und wirtschaftlichen Erfolg.

Grundsätzlich gilt es ferner, Interoperabilität nicht nur in ihrer technischen Dimension zu betrachten, sondern auch die methodischen und benutzertechnischen Aspekte von Interoperabilität zu berücksichtigen.

Ein kritischer Aspekt von Interoperabilität kann darin gesehen werden, dass die nutzerorientierten Vorteile von Interoperabilität wie z.B. die evolutionäre Weiterentwicklung bestehender Technologien dazu führen können, dass ein aus innovationstechnischer Sicht wünschenswerter revolutionärer Technologieaustausch unterbleibt, weil die Nutzer eine optimierte Fassung der vertrauten Umgebung einer neuen Technologie, die nicht mit der bisherigen Umgebung kompatibel ist, vorziehen.