Douglas Cunningham, Petra Hofstedt, Klaus Meer, Ingo Schmitt (Hrsg.): INFORMATIK 2015
Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik, Bonn 2015

Ist ein Perspektivenwechsel der Umweltinformatik durch ein mögliches Verschwinden der Grenze zwischen physischem Objekt und Software notwendig?

Hans-Knud Arndt[1]

Abstract: In der (Umwelt-)Informatik ist die Bestimmung der Grenze zwischen physischem Objekt und Software eine zentrale Problemstellung. Der Trend zur Auflösung dieser starren Grenzen wie z.B. bei dem Produkt der Apple Watch führt zu Fragestellungen an die Umweltinformatik. Eine Konsequenz aus dem Verschwinden der Grenze zwischen physischem Objekt und Software liegt in der Konvergenz der jeweiligen Gestaltungsprinzipien und damit in einem Perspektivwechsel der Gestaltungsprozesse in der (Umwelt-)Informatik.

1 Innovationen für Benutzerschnittstellen der Informations- und Kommunikationstechnik am Beispiel des Unternehmens Apple Inc.

Das US-amerikanische Unternehmen Apple Inc. zeichnet sich dadurch aus, dass es ihm gelingt neue Gebiete der Informations- und Kommunikationstechnik mit einer hohen Marktdurchdringung zu erschließen, nachdem Konkurrenzunternehmen dies vergeblich versucht hatten und scheiterten [Mos14]. Dies gilt insbesondere für das Gebiet der Benutzerschnittstellen:

- **1983/1984:** Einführung der grafischen Benutzeroberfläche und der Maus in den mit den Computern Lisa (1983) und Macintosh (1984) [OTW13].
- **2004:** Einführung des tragbaren digitalen Medienabspielgeräts iPod mini mit einem berührungsempfindlichen Scrollrad („Touch Wheel“) in Verbindung mit Tasten in einer Oberfläche, dem „Click Wheel“ [App04].
- **2007:** Einführung von Smartphones durch das „iPhone“ mit intelligentem „Multi-Touch-Bildschirm“, wobei die Bedienung in Verbindung mit einem Schalter („Home Button“) praktisch vollständig durch Gesten auf dem berührungsempfindlichen Bildschirm erfolgt [App09].

Das neue Produkt „Apple Watch“, welches erstmals offiziell auf dem Apple Event am 9. September 2014 in Cupertino vorgestellt wurde, soll wiederum eine "völlig neue Benutzeroberfläche, die speziell für ein Gerät, das entworfen ist, um getragen werden“

[1] Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik – Managementinformationssysteme, hans-knud.arndt@iti.cs.uni-magdeburg.de

[App14], auf dem Markt etablieren.

2 Die Apple Watch und das neue Bedienkonzept

Das neue Produkt „Apple Watch“ (siehe Abbildung 1) ist entsprechend der Definition von Apple ein „unglaublich präziser Zeitmesser, ein persönliches und direktes Kommunikationsgerät und ein bahnbrechender Begleiter für Gesundheit und Fitness“ [App15a]. Mit der Apple Watch werden folgende neue Bedienkonzepte eingeführt [App15a]:

- **Digitale Krone (Digital Crown):** Bei herkömmlichen Uhren stellt die Krone ein „geriffeltes Rädchen, geriffelter Knopf an Armband- oder Taschenuhren zum Aufziehen des Uhrwerks oder zum Stellen der Zeiger“ [Dud13b] dar. Apple setzt im Rahmen des Bedienkonzepts der Apple Watch die „Digitale Krone“ ein, um einen innovativen Weg „zum flüssigen Scrollen, Zoomen und Navigieren ohne das Display zu versperren“ [App15a], bereitzustellen.
- **Retina Display mit Force Touch:** Das Retina Display mit Force Touch ermöglicht es, „nicht nur Berührungen [zu erkennen], sondern auch Druck, was der Benutzeroberfläche eine völlig neue Dimension verleiht. Force Touch nutzt winzige Elektroden rund um das flexible Retina Display, die zwischen leichtem Tippen und stärkerem Drücken unterscheiden können und sofortigen Zugriff auf kontextspezifische Steuerungen erlauben“ [App15b].
- **Taptic Engine:** Die Taptic Engine stellt einen linearen Akuator dar, also ein „Bauelement am Ausgangsteil einer Steuer- oder Regelstrecke, das in Energie- oder Massenströme eingreift und darin als veränderlicher Widerstand wirkt“ [Dud13a]. In der Apple Watch wird die Taptic Engine eingesetzt, um eine haptisches Rückmeldung zu geben. Damit tippt die Apple Watch dem jeweiligen Träger immer auf das Handgelenk, wenn er eine Benachrichtigung oder Mitteilung erhält oder er auf das Display drückt [App15b].

Abbildung 1: Apple Watch
(Quelle: [App15c])

Der Apple Watch dient als Betriebssystem das „Watch OS“, welches auf Apples mobilem Betriebssystem iOS in der Version 8 basiert. iOS stellt die Basis für die portablen

Endgeräte iPhone, iPad und iPod touch von Apple dar. Grundsätzlich vermittelt das Watch OS in Verbindung mit der Digitalen Krone, dem Retina Display mit Force Touch sowie mit der Taptic Engine ein völlig neues Bedienkonzept. Um die Lesbarkeit zu erhöhen, wurde speziell eine neue Schrift für das Watch OS entwickelt. Gleichzeitig erinnert das Bedienkonzept der Apple Watch aber auch optisch an bekannte Gestaltungsmerkmale von iOS 8 [App15b]:

- Einfache, natürliche Gesten wie Zoomen und Streichen.
- Flüssige, benutzerzentrierte Navigation.
- Klar und einfach strukturierte Anordnung der Apps (Anwendungsprogramme).

Das Unternehmen Apple bzw. der Senior Vice President of Design von Apple, Sir Jonathan Ivy, hebt als Besonderheit bei der Vorstellung des Produkts „Apple Watch“ und seinem neuen und innovativen Bedienkonzept hervor, dass die Apple Watch als ein einzigartiges Produkt konzipiert, gestaltet und entwickelt wurde, bei dem sich die **Grenze von physischem Objekt (Hardware) und Software nicht mehr bestimmbar** ist („We conceived, designed, and developed Apple Watch as a completely singular watch. You know you can’t determine a boundary between the physical object and the software.“ [App14]).

In der Informatik ist die Bestimmung der Grenze zwischen Hardware und Software eine zentrale Problemstellung. Die Definition einer solchen Grenze beeinflusste in den letzten Jahrzehnten nicht nur ganz wesentlich die Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) bzw. Informations- und Kommunikationssystemen (IKS), sondern auch die Strukturierung von Forschung und Lehre in der Informatik [PlP13]. Dabei war die Grenze zwischen Hard- und Software zu keiner Zeit als vollkommen fest fixiert anzusehen, d.h., es hat und wird immer Verschiebungen dieser Grenze geben. Apple geht mit der Markteinführung des Produkts „Apple Watch“ aber noch einen Schritt weiter und spricht von einer bis dahin noch nicht gekannten Verschmelzung von Hard- und Software („verschmilzt Apple Watch Hardware und Software wie niemals zuvor“ [App15b]) bzw. von der Auflösung der Grenze von Hard- und Software (siehe oben, „You know you can’t determine a boundary between the physical object and the software.“ [App14]).

3 Verschiebungen der Grenze von physischem Objekt und Software

Unter dem Begriff Hardware werden üblicherweise die physischen IKT-Objekte verstanden, also Objekte die wenigstens vom Grundsatz her als berührbar vorstellbar sind. Ursprünglich wurde der aus dem Englischen stammende Begriff „Hardware“ im Deutschen übersetzt mit Eisenwaren, wie es sie in einem Eisenwarengeschäft zu kaufen gibt. Als Hardware im IKT-Kontext werden z.B. Prozessoren, interne und externe Datenträger, Gehäuse, Tastaturen und Computermäuse angesehen. Dagegen werden als Software

Computerprogramme, gelegentlich auch Daten bezeichnet, also Betrachtungsgegenständer der IKT, die sich nicht berühren lassen. Der Begriff Software ist nicht trennscharf fassbar, vereinzelt wird auch darüber philosophiert, ob Software ohne Hardware überhaupt existieren kann [PlP13].

„Die Suche nach der optimalen Grenze zwischen Hard- und Software ist nach wie vor eine relevante Entscheidung beim Entwurf von Computersystemen, welche – getrieben durch neue Anforderungen und Anwendungen – einer ständigen Veränderung unterliegt“ [PlP13]. Der Trend zur Auflösung einer starren Grenzen zwischen Hardware und Software führt zu einer Reihe neuer Fragestellungen. In technischer Sicht sind das Fragestellungen der Programmierbarkeit, der Modellierung und der Validierung solcher IKT [PlP13].

Aber auch Fragen von der und an die Umweltinformatik sind im Kontext der Verschiebung bzw. Auflösung der Grenze zwischen physischem Objekt und Software von entscheidender Bedeutung. Dies betrifft insbesondere die Gestaltungsprozesse im Rahmen der Umweltinformatik. Die Qualität eines Entwurfs ist der Schlüssel zu mehr Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit von Produkten. Dies gilt auch für umweltfreundliche bzw. nachhaltige IKT-Produkte bzw. IT-Ökosysteme [Arn13].

4 Entwurfsprinzipien für die Gestaltung von physischen Objekten und Software

Die Gestaltung von physischen Objekten wird üblicherweise dem Produktdesign bzw. Industriedesign zugeordnet, während die Gestaltung von Software als Frage der Software Ergonomie (Gebrauchstauglichkeit, englisch „Usability“) bzw. als Frage der Ergonomie der Mensch-System-Interaktion angesehen wird. Das gemeinsame Ziel bei der Gestaltung von physischen Objekten als auch von Software ist allgemein formuliert das *gute Design*. Der langjährige und international sehr geschätzte, ehemalige Chefdesigner der Firma Braun AG, Dieter Rams machte sich „zunehmend Sorgen um den Zustand einer Welt, die er als ‚eine undurchschaubare Verwirrung von Formen, Farben und Geräuschen’ empfand (...) [, und stellt sich im] (...) Bewusstsein, dass auch er zu dieser Welt beitrug, (...) eine wichtige Frage: Ist mein Design gutes Design?“[Vit13].

4.1 Prinzipien zur Gestaltung von physischen Objekten

Auf der Suche nach Antworten auf die Frage nach einem guten Design formulierte Dieter Rams auf der Grundlage seiner Erfahrungen auf dem Gebiet des Gestaltens von physischen Objekten zehn Anforderungen an ein gutes Design, die auch als die „Zehn Thesen des Gutes Designs“ bezeichnet werden: „

- **Gutes Design ist innovativ**
  Die Möglichkeiten für Innovation sind noch längst nicht ausgeschöpft. Die technologische Entwicklung bietet immer wieder neue Ausgangspunkte für innovative

Gestaltungskonzepte, die den Gebrauchswert eines Produktes optimieren. Innovatives Design entsteht aber stets im Zusammenhang mit innovativer Technik und ist niemals Selbstzweck. (...)

- **Gutes Design macht ein Produkt brauchbar**
  Man kauft ein Produkt, um es zu benutzen. Es soll bestimmte Funktionen erfüllen – Primärfunktionen ebenso wie ergänzende psychologische und ästhetische Funktionen. Gutes Design optimiert die Brauchbarkeit und lässt alles unberücksichtigt, was nicht diesem Ziel dient oder ihm gar entgegensteht. (...)

- **Gutes Design ist ästhetisch**
  Die ästhetische Qualität eines Produktes ist integraler Aspekt seiner Brauchbarkeit. Denn Geräte, die man täglich benutzt, prägen das persönliche Umfeld und beeinflussen das Wohlbefinden. Schön sein kann aber nur, was gut gemacht ist. (...)

- **Gutes Design macht ein Produkt verständlich**
  Es verdeutlicht auf einleuchtende Weise die Struktur des Produkts. Mehr noch: Es kann das Produkt zum Sprechen bringen. Im besten Fall erklärt es sich dann selbst. (...)

- **Gutes Design ist unaufdringlich**
  Produkte, die einen Zweck erfüllen, haben Werkzeugcharakter. Sie sind weder dekorative Objekte noch Kunstwerke. Ihr Design sollte deshalb neutral sein, die Geräte zurücktreten lassen und dem Menschen Raum zur Selbstverwirklichung geben. (...)

- **Gutes Design ist ehrlich**
  Es lässt ein Produkt nicht innovativer, leistungsfähiger, wertvoller erscheinen, als es in Wirklichkeit ist. Es versucht nicht, den Verbraucher durch Versprechen zu manipulieren, die es dann nicht halten kann. (...)

- **Gutes Design ist langlebig**
  Es vermeidet, modisch zu sein, und wirkt deshalb nie antiquiert. Im deutlichen Gegensatz zu kurzlebigem Mode-Design überdauert es auch in der heutigen Wegwerfgesellschaft lange Jahre. (...)

- **Gutes Design ist konsequent bis ins letzte Detail**
  Nichts darf der Willkür oder dem Zufall überlassen werden. Gründlichkeit und Genauigkeit der Gestaltung sind letztlich Ausdruck des Respekts dem Verbraucher gegenüber. (...)

- **Gutes Design ist umweltfreundlich**
  Design leistet einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Umwelt. Es bezieht die Schonung der Ressourcen ebenso wie die Minimierung von physischer und visueller Verschmutzung in die Produktgestaltung ein.

- **Gutes Design ist so wenig Design wie möglich**
  Weniger Design ist mehr, konzentriert es sich doch auf das Wesentliche, statt die

Produkte mit Überflüssigem zu befrachten.
Zurück zum Puren, zum Einfachen!“ [Vi13]

4.2 Prinzipien zur Gestaltung von Software

Die Internationale Normungsorganisation ISO (International Organization for Standardization) hat durch die Arbeitsgruppe 5 „Software-Ergonomie und Mensch-Computer-Dialoge“ des Technischen Komitees ISO/TC 159 „Ergonomie“, Unterkomitee SC 4 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“, die Normenreihe DIN EN ISO 9241 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“ (alter Titel: „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten“) erarbeitet, um Hilfestellung für ein gutes Design von Software zu geben.

In der DIN EN ISO Norm 9241-11 „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit — Leitsätze (ISO 9241-11:1998)“ werden folgende drei Leitkriterien für die Gebrauchstauglichkeit von Software genannt [DIN99]: „

- **Effektivität**
  Die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen. (...)
- **Effizienz**
  Der im Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit eingesetzte Aufwand, mit dem Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen. (...)
- **Zufriedenstellung**
  Freiheit von Beeinträchtigungen und positive Einstellungen gegenüber der Nutzung des Produkts.“

Demnach wird auch in der DIN EN ISO Norm 9241-210 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010)“ die Gebrauchstauglichkeit/Usability von Software verstanden als „Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um festgelegte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen“ [DIN11]. Aufbauend auf diesen drei Leitkriterien werden in der DIN EN ISO Norm 9241-110 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006)“ (welche DIN EN ISO Norm 9241-10 ersetzt) folgende Grundsätze für die Gestaltung und Bewertung von Benutzerschnittstellen zu einer Software aufgestellt [DIN06]: „

- **Aufgabenangemessenheit**
  Ein interaktives System ist aufgabenangemessen, wenn es den Benutzer unterstützt, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen, d. h., wenn Funktionalität und Dialog auf den charakteristischen Eigenschaften der Arbeitsaufgabe basieren, anstatt auf der zur Aufgabenerledigung eingesetzten Technologie. (...)

- **Selbstbeschreibungsfähigkeit**
  Ein Dialog ist in dem Maße selbstbeschreibungsfähig, in dem für den Benutzer zu jeder Zeit offensichtlich ist, in welchem Dialog, an welcher Stelle im Dialog er sich befindet, welche Handlungen unternommen werden können und wie diese ausgeführt werden können. (...)

- **Erwartungskonformität**
  Ein Dialog ist erwartungskonform, wenn er den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen entspricht. (...)

- **Lernförderlichkeit**
  Ein Dialog ist lernförderlich, wenn er den Benutzer beim Erlernen der Nutzung des interaktiven Systems unterstützt und anleitet. (...)

- **Steuerbarkeit**
  Ein Dialog ist steuerbar, wenn der Benutzer in der Lage ist, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist. (...)

- **Fehlertoleranz**
  Ein Dialog ist fehlertolerant, wenn das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben entweder mit keinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers erreicht werden kann. (...)

- **Individualisierbarkeit**
  Ein Dialog ist individualisierbar, wenn Benutzer die Mensch-System-Interaktion und die Darstellung von Informationen ändern können, um diese an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anzupassen.“

5 Mehr Nachhaltigkeit durch eine Verschiebung bzw. Auflösung der Grenze zwischen physischem Objekt und Software?

Grundsätzlich stellt sich die Frage, welches Entwurfsparadigma – das von physischen Objekten oder das von Software – bei Produkten wie der Apple Watch, wo sich die Grenze von physischem Objekt (Hardware) und Software nicht mehr bestimmen lässt, anzuwenden ist. Die ursprüngliche Leitidee bzw. Ausrichtung der Gestaltung von Software spiegelt die DIN EN ISO 9241-11 mit ihren drei Gebrauchstauglichkeit-Leitkriterien Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung wider. Diese Leitkriterien lassen sich auf die Erkenntnisse der Arbeitswissenschaften zurückführen und wurden vor dem Hintergrund von Software im Büro- und Produktionsbereich formuliert, d.h. die Frage einer Gebrauchstauglichkeit von Software war vor allem auf die Berufswelt von Nutzern hin orientiert [ReG13].

Analog zum Software Engineering wurde deshalb ein Usability Engineering (siehe beispielhaft Abbildung 2) etabliert, in dessen Mittelpunkt sogenannte Usability Tests ste-

hen. Usability Tests sollen Erkenntnisse darüber liefern, ob vorab festgelegte, quantitativ messbare Ziele in der Umsetzung bzw. im Betrieb einer Software auch erreicht wurden. Dies geschieht durch eine Beobachtung des Verhaltens der definierten Nutzergruppe(n) [Eic15]. Im Sinne einer (ansatzweisen) ständigen Verbesserung wird dieser Kreislauf solange durchlaufen, bis die messbaren Ziele erreicht werden.

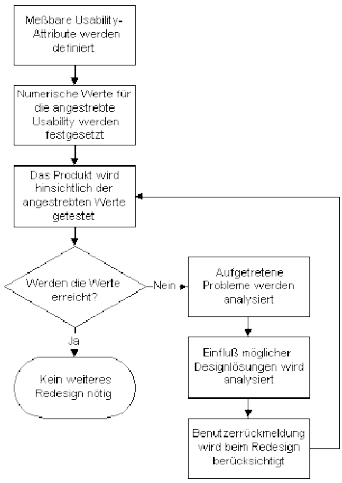

Abbildung 2: Usability Engineering (Quelle: [Eic15])

Nicht erst Produkte wie die Apple Watch zeigen aber, dass ein solch ausgestalteter Prozess eines Usability Engineering nicht adäquat die Gestaltung von Software (und auch Hardware) abbilden kann und deshalb der „als Produkteigenschaft definierten Qualitätsbegriff der *Usability* zu einem Qualitätsbegriff, welcher erst durch den Benutzungsprozess erfahrbar wird“ [Reg13], erweitert werden muss.

Diesem Umstand trägt die ISO bereits Rechnung, indem sie in diesem Zusammenhang von einem „Benutzererlebnis“ (englisch „User Experience“) spricht, also der „Wahrnehmungen und Reaktionen einer Person, die aus der tatsächlichen und/oder der erwarteten Benutzung eines Produkts, eines Systems oder einer Dienstleistung resultieren (...) User Experience umfasst sämtliche Emotionen, Vorstellungen, Vorlieben, Wahrnehmungen, physiologischen und psychologischen Reaktionen, Verhaltensweisen und Leistungen, die sich vor, während und nach der Nutzung ergeben“ [DIN11].

Damit macht die Verschiebungen der Grenze von physischem Objekt und Software deutlich, dass bei dem Entwurf von Produkten wie der Apple Watch in jedem Fall auf die Erfahrungen bzw. die Prinzipien des Gestaltens von physischen Objekten zurückgegriffen werden muss. Somit sollte auch ein ausgewogenes Verhältnis von kreativen und ingenieurwissenschaftlich abgeleiteten Erkenntnissen in den Entwurfsprozess Eingang finden. Ein rein ingenieurwissenschaftliches Vorgehen, wie es das Usability Engineering entsprechend dem Vorgehensmodell in Abbildung 2 vorschlägt, wird nicht zu den gewünschten Ergebnissen eines geforderten Benutzererlebnisses führen. Und das erfordert

wiederum einen *Perspektivwechsel* für Entwurfsprozesse in der Informatik bzw. gerade auch in der Umweltinformatik.

Es ist also eine *Konvergenz* der Prinzipien des Gestaltens von physischen Objekten (z.B. die 10 Thesen des Guten Designs nach Rams) und der Prinzipien des Gestaltens von Software (z.B. nach DIN EN ISO Normenreihe 9241) einzufordern, um so den gestalterischen Anforderungen im Sinne eines Benutzererlebnisses zu genügen. Und diese Konvergenz wiederum führt signifikant zu *mehr Nachhaltigkeit* von IKT und bzw. IKS oder auch ganzen IT-Ökosystemen, da das Stichwort „Nachhaltigkeit" einen festen Platz in dem Katalog der Anforderungen beim Entwurf von physischen Objekten hat, wie es z.B. auch die Thesen „Gutes Design ist langlebig" und „Gutes Design ist umweltfreundlich" insbesondere verdeutlichen [vgl. auch Arn14].

6 Ausblick

Die Frage, ob ein Perspektivwechsel in der Umweltinformatik durch ein mögliches Verschwinden der Grenze zwischen physischem Objekt und Software notwendig ist, kann eindeutig mit einem Ja beantwortet werden. Ein solcher Perspektivwechsel in der Umweltinformatik bietet zudem auch die Chance, die Nachhaltigkeit von IKT und IKS positiv beeinflussen zu können. Richtungsweisend dabei ist, dass die historische Trennung der Gestaltung von physischem Objekt und Software aufgehoben wird und eine Konvergenz der jeweiligen Gestaltungsprinzipien angestrebt wird. Dies ist auch ganz im Sinne der DIN EN ISO Normenreihe 9241 zur Ergonomie der Mensch-System-Interaktion zu sehen, da so das von der ISO geforderte Benutzererlebnis in einem nachhaltigen Sinne umgesetzt werden kann.

Literaturverzeichnis

[App04] Apple Inc.: iPod mini: Benutzerhandbuch, 2004 https://manuals.info.apple.com/MANUALS/0/MA734/de_DE/iPodminiUG.pdf, [2015-04-20].

[App09] Apple Inc.: iPhone Benutzerhandbuch: Für iPhone OS 3.1 Software, 2009 https://manuals.info.apple.com/MANUALS/0/MA616/de_DE/iPhone_iOS3.1_Benutzerhandbuch.pdf , [2015-04-20].

[App14] Apple Inc.: Apple Watch - Introducing Apple Watch, 30.09.2014, https://www.youtube.com/watch?v=y-waTi8BPdk [2015-04-20].

[App15a] Apple Inc.: Apple Watch ab 24. April in neun Ländern verfügbar, Apple Presseinformation 09. März 2015, http://www.apple.com/de/pr/library/2015/03/09Apple-Watch-Available-in-Nine-Countries-on-April-24.html [2015-04-20].

[App15b] Apple Inc.: Apple Watch Technologie, 2015 https://www.apple.com/de/watch/technology/ [2015-04-20].

[App15c] Apple Inc.: Designing for Apple Watch, 2015-03-09, https://developer.apple.com/library/prerelease/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/WatchHumanInterface

Guidelines/index.html#//apple_ref/doc/uid/TP40014992-CH3-SW1 [2015-04-20].

[Arn13] Arndt, H.-K.: Umweltinformatik und Design - Eine relevante Fragestellung? In: Horbach, M. (Hrsg.): INFORMATIK 2013: Informatik angepasst an Mensch, Organisation und Umwelt (16.–20. September 2013, Koblenz, Germany), GI-Edition-Lecture Notes in Informatics (LNI), P-220, Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, 2013, S. 931-939.

[Arn14] Arndt, H.-K.: Big Data oder Grand Management Information Design? In: Plödereder, E./ Grunske, L./Schneider, E./Ull, D. (Hrsg.): INFORMATIK 2014: Big Data - Komplexität meistern (44. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, 22.–26. September 2014, Stuttgart Germany), GI-Edition-Lecture Notes in Informatics (LNI), P-232, Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, 2014, S. 1947-1956.

[DIN99] Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN EN ISO Norm 9241-11 „Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit — Leitsätze (ISO 9241-11:1998), Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 1999.

[DIN06] DIN EN ISO Norm 9241-110 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006), Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 2006.

[DIN11] DIN EN ISO Norm 9241-210 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2010), Beuth Verlag, Berlin/Wien/Zürich, 2011.

[Dud13a] Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.): Akuator, 2013, http://www.duden.de/rechtschreibung/Aktuator [2015-04-20].

[Dud13b] Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.): Krone, 2013, http://www.duden.de/rechtschreibung/Krone [2015-04-20].

[Eic15] Eichinger, A.: Usability Engineering, Universität Regensburg, http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/phil_Fak_II/Psychologie/Doktoranden/absolventen/eichinger_armin/u-engineering.html [2015-06-15].

[Mos14] Mossberg, W.: It's Tim Cook's Apple Now, 09.09.2014, http://recode.net/2014/09/09/its-tim-cooks-apple-now/ [2015-04-20].

[OTW13] Obsolete Technology Website (Ed.): Old Macintosh - 1984 By Apple Computer, 2013 http://oldcomputers.net/macintosh.html [2015-04-20].

[PlP13] Platzner, M.; Plessl, C.: Verschiebungen an der Grenze zwischen Software und Hardware, Engineering Proprioception in Computing Systems Project (EPICS) 2013, http://www.epics-project.eu/publications/2014_plessl_automatismen.pdf [2015-04-20].

[ReG13] Reiterer, H.; Geyer, F.: C 6 Mensch-Computer-Interaktion. In: Kuhlen, R.; Semar, W.; Strauch, D. (Hrsg.): Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation, 6. Aufl., Walter de Gruyter Verlag, Berlin, 2013, S. 413-440.

[Vit15] Vitsoe Ltd (Hrsg.): Dieter Rams: Zehn Thesen für gutes Design, 2015 https://www.vitsoe.com/de/ueber-vitsoe/gutes-design [2014-06-15]