

Ein Qualitätsmodell für die ganzheitliche Betrachtung der Benutzererfahrung von IoT-Systemen

Eduard C. Groen, Fraunhofer IESE, eduard.groen@iese.fraunhofer.de
Nedo Bartels, Fraunhofer IESE, nedo.bartels@iese.fraunhofer.de

Der rasante Anstieg der Systemkomplexität von Digitalen Ökosystemen, Systems of Systems oder auch das Internet der Dinge (*Internet of Things*; IoT) stellt das Requirements Engineering (RE) vor Herausforderungen und verlangt neue, geeignete Qualitätsansätze. In diesem Beitrag stellen wir ein Qualitätsmodell vor, das die Software-Qualitätstaxonomie der ISO/IEC 25010-Norm [1] für die Messung der Qualität von IoT-Systemen interpretiert und erweitert. Indem nicht nur die technischen Qualitäten des Systems berücksichtigt werden, sondern auch dessen Geschäfts- und Umgebungskontext, unterstützt das Modell das RE dabei, IoT-Systeme ganzheitlicher zu betrachten.

Kontext und Motivation

Die Benutzererfahrung (*User Experience*; UX [2]) ist eine wichtige Eigenschaft von Softwaresystemen und essenziell für das Wertversprechen gegenüber den Nutzern. Leistungsindikatoren (*Key Performance Indicators*; KPIs) helfen Unternehmen dabei, ihren Geschäftserfolg zu messen (z.B. anhand der Anzahl der Produktverkäufe pro Quartal). Sie können aber auch zur quantitativen Auswertung relevanter UX-Merkmale von Softwaresystemen verwendet werden (*UX-KPIs*). Der Gesamterfolg eines IoT-Systems kann gesteigert werden, indem der IoT-Kontext und die starke Vernetzung zwischen Systemen, Geräten und weiteren Komponenten berücksichtigt wird. Eine systematische Betrachtung relevanter Qualitätsmerkmale und deren Verknüpfung mit UX-KPIs kann wesentlich dazu beitragen, erfolgversprechende Systemfunktionalitäten gezielt zu fördern. Zum Beispiel wird durch ein vertrauensvolles Benutzererlebnis die Abbruchrate reduziert und die Anzahl der Registrierungen pro Quartal gesteigert. Bisherige Entscheidungsrahmenwerke berücksichtigen die relevanten Qualitätsmerkmale und UX-KPIs für IoT-Systeme jedoch unzureichend. Daher wird in diesem Artikel ein multiperspektivisches Qualitätsmodell vorgeschlagen, um diese Forschungslücken zu überwinden.

Methodik und Entwicklung des Qualitätsmodells

Mittels einer erweiterten systematischen Literaturrecherche [3] haben wir untersucht, welche Ansätze bisher verwendet wurden, um die UX von IoT-Systemen zu messen [4]. Dabei wurden drei Arten von Informationen extrahiert: (1) vorgeschlagene UX-KPIs für IoT-Systeme, (2) Kontextfaktoren, die die UX beeinflussen, und (3) Herausforderungen bei der Quantifizierung der UX.

Aus 64 Veröffentlichungen wurden 605 KPIs, 78 Kontextfaktoren und 119 Herausforderungen

extrahiert.¹ Ausgehend von einer ersten offenen Klassifizierung der KPIs wurde festgestellt, dass sie in den meisten Fällen einen Qualitätsaspekt eines IoT-Systems ansprechen. Daher wurde als Grundlage der Klassifizierung die Taxonomie der ISO-Norm 25010 gewählt, die Zusammenhänge zu Qualitätsaspekten in den Dimensionen *Produktqualität* (Software Product Quality) und *Nutzungsqualität* (Quality in Use) sowie deren Merkmale und Teilmerkmale berücksichtigt.

Einige KPIs konnten nicht in dem Schema abgebildet werden, da sie sich nicht auf die Qualität des IoT-Systems, sondern auf dessen Kontext bezogen. Daher wurde *Kontextqualität* (Usage Context Quality) als eine dritte Dimension definiert, mit drei Merkmalen und acht Teilmerkmalen.²

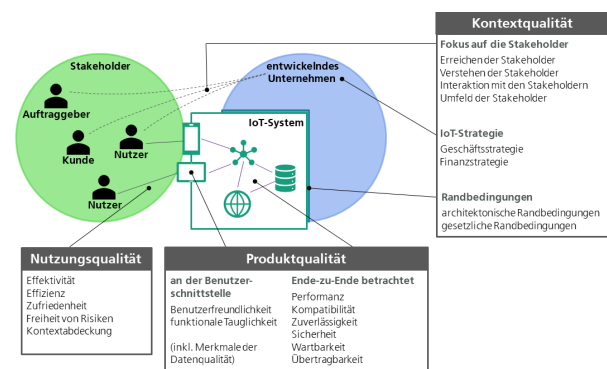


Abbildung 1: Qualitätsmodell für IoT-Systeme

Eigenschaften des Qualitätsmodells

Unser Qualitätsmodell, dargestellt in Abbildung 1, charakterisiert IoT-Systeme nach den drei zuvor genannten Qualitätsdimensionen, die jeweils in Merkmale und Teilmerkmale unterteilt sind. Letztere werden nur für die *Kontextqualität* angezeigt. Der Kerngedanke des Modells besteht darin, dass die Qualität eines IoT-Systems nicht nur über die *interne Qualität* des eigentlichen Systems erreicht wird, sondern auch die *externe Qualität* bspw. den organisatorischen und sozialen Kontext miteinschließt. Der Erfolg eines IoT-Systems hängt davon ab, dass alle Beteiligten, einschließlich Mitarbeitende des entwickelnden Unternehmens und weitere Key-Stakeholder, von einem reibungslos funktionierenden IoT-System profitieren. Dies erfordert nicht nur technische Maßnahmen, sondern auch die Berücksichtigung struktureller bzw. betriebswirtschaftlicher Aspekte, eine effektive Kommunikation sowie Unterstützung der Stakeholder.

Bezüglich der *externen Qualitäten* befindet sich das IoT-System zwischen zwei Sphären: der des

¹ Ergebnisse in Anhang B in Trendowicz et al. [4].

² Definitionen in Anhang A.6 in Trendowicz et al. [4].

Unternehmens, welches das IoT-System entwickelt, und der der Stakeholder des IoT-Systems. Die *Kontextqualität* ist an unterschiedlichen Stellen rund um diese zwei Sphären verankert und hat folgende drei Merkmale: (1) die *IoT-Strategie* im entwickelnden Unternehmen, aus finanzieller und geschäftlicher Sicht; (2) die *Randbedingungen*, die an das IoT-System gestellt und berücksichtigt werden müssen, insbesondere gesetzliche und architektonische; (3) die Sicherstellung des *Fokus auf die Stakeholder* (analog zum Kundenfokus in ISO 9001).

Die *internen Qualitäten* betreffen die Dimensionen *Nutzungsqualität* und *Produktqualität* auf Basis der Taxonomie der ISO-Norm 25010. Hier waren keine strukturellen Änderungen nötig, da die Daten aus der erweiterten Literaturrecherche hiernach klassifizierbar waren und für die Teilmerkmale mindestens ein KPI identifiziert werden konnte. Anders als bei bestehenden Systemen beziehen sich die Aspekte der *Nutzungsqualität* nicht auf das IoT-System als Ganzes, sondern auf die Randgeräte („*Edge Devices*“) des IoT-Systems, mit denen die Nutzer interagieren. UX-Messungen sind hierbei auf diese Nutzerschnittstellen beschränkt.

Die *Produktqualität* sollte für IoT-Systeme in zwei Perspektiven unterschieden werden: (1) Die *Produktqualität an der Benutzerschnittstelle* umfasst die Benutzerfreundlichkeit und die funktionale Eignung des Systems. Fast alle gefundenen Metriken für die funktionale Eignung beschäftigen sich mit der Sicherstellung bestimmter Datenqualitätsmerkmale nach ISO 25012 [5], was darauf schließen lässt, dass die Steigerung der Datenqualität sich wechselseitig positiv auf die funktionale Eignung auswirkt. (2) Die *Produktqualität, die Ende-zu-Ende betrachtet* wird, sollte ganzheitlich und durchgängig für das IoT-System verstanden werden. Der Nutzer nimmt das Gesamtsystem als eine Art Black Box wahr, bei der alle Komponenten reibungslos als Funktionskette zusammenarbeiten müssen, um eine hohe Gesamtqualität zu gewährleisten. Denn wenn eine Komponente langsam ist, verlangsamt sich die gesamte Kette (Performanz). Wenn eine Komponente nicht funktioniert oder mit anderen Komponenten nicht interagiert, wird der gesamte Dienst unterbrochen (Zuverlässigkeit). Wenn eine Komponente eine Sicherheitslücke hat, ist die Sicherheit bzw. der Datenschutz des gesamten IoT-Systems gefährdet. Entsprechend handelt es sich hier um eher universelle UX-Merkmale von Softwaresystemen statt um IoT-spezifische.

Fazit

Das vorgeschlagene Qualitätsmodell bietet ein Entscheidungsrahmenwerk für Beteiligte an IoT-Systementwicklungen. Insbesondere unterstützt unser Ansatz eine multiperspektivische Betrachtung der für IoT-Systeme relevanten Qualitäten. Er ist mit etablierten Normen und Ansätzen kompatibel, aber diese decken nur teilweise alle drei der für die ganzheitliche Betrachtung von IoT-Systemen erforderlichen Dimensionen ab. Zu den relevanten bestehenden Ansätzen gehören die ISO-

Norm 9001 [6], der Business Model Canvas [7], der Product Canvas [8] oder der PEST-Analyseansatz [9]. Die top-down organisierten Perspektiven der *Balanced Scorecard* (BSC) [10] können nachweislich mit unserem Qualitätsmodell zusammengeführt werden: (1) Die Finanzperspektive der BSC spiegelt sich in der IoT-Strategie wider. (2) Die Kundenperspektive der BSC besitzt einen Stakeholder-Fokus. (3) Die Produktperspektive der BSC kann mit der Produktqualität, der Nutzungsqualität und den Randbedingungen verbunden werden.

Unser Qualitätsmodell zeigt im Wesentlichen auf, dass für den Erfolg eines IoT-Systems nicht nur die technischen und geschäftlichen Qualitätssichten, sondern auch UX-bezogene, soziale und kontextbezogene Aspekte berücksichtigt werden müssen. Wir haben festgestellt, dass die Bedeutung von UX in der Gestaltung und Verbesserung von IoT-Systemen in der Literatur bisher kaum Beachtung gefunden hat [4]. Das Modell leistet mit einem Katalog von wiederverwendbaren KPIs einen praxistauglichen Beitrag. Es bietet dem RE eine mögliche Struktur für die Anforderungsdokumentation und bezieht Qualitätsanforderungen (Produktqualität) sowie Randbedingungen (Kontextqualität) mit ein, wodurch es beide Formen nichtfunktionaler Anforderungen umfasst [11]. KPIs können ein geeignetes Mittel zur Messung nicht-funktionaler Anforderungen während des Lebenszyklus eines IoT-Systems bilden.

Literatur

- [1] ISO (2011): Syst. and softw. engg. – Syst. and softw. qual. reqs. and eval. (SQuARE) – Syst. and softw. qual. models. Standard ISO 25010:2011.
- [2] ISO. (2019): Ergonomics of hum.-syst. interaction – HCD for interactive syst. Standard ISO 9241-210:2019
- [3] V. Garousi, M. Felderer, & M.V. Mäntylä (2019): Guidelines for including gray literature and conducting multivocal literature reviews in software engineering. Inf. Softw. Tech, 106, S. 101-121.
- [4] A. Trendowicz, E. C. Groen, N. Bartels, J. Henningsen, J. Siebert, S. Storck, & T. Kuhn (2023): User experience key performance indicators for industrial IoT systems: A systematic multivocal literature review. Digital Business, 3, 100057.
- [5] ISO (2008): Softw. engg. – Soft. prod. qual. reqs. and eval. (SQuARE) – Data quality model. Standard ISO 25012:2008.
- [6] ISO. (2015). ISO 9001:2015, Quality management systems – Requirements.
- [7] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers. Hoboken, NJ: Wiley.
- [8] Pichler, R. (2012). The product canvas. Retrieved May 22, 2022, from <https://www.romanpichler.com/tools/>
- [9] Aguilar, F. J. (1967). Scanning the business environment. New York: Macmillan. London: Collier-Macmillan.
- [10] R. S. Kaplan, & D. P. Norton (1996): The balanced scorecard: Translating strategy into action. Harvard Business Review Press.
- [11] M. Glinz (2007). On non-functional requirements. In: Proc. of RE, S. 21–26.