Verlässlichkeit bei Wiederverwendung von IT-Komponenten – zum Stand der Normungsaktivitäten

Fevzi Belli

Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik
Universität Paderborn
Warburger Str. 100
33098Paderborn
belli@upb.de

Abstract: Die wirtschaftliche Bedeutung der Wiederverwendung von Komponenten ist evident: Je öfter eine bereits fertig gestellte Komponente in verschiedenen Systemen (wieder) verwendet wird, desto mehr wird an Herstellungskosten gespart. Bei aller Wirtschaftlichkeit darf jedoch nicht vergessen werden, dass die Verlässlichkeit einer Komponente vielfach von dem Verwendungszweck und dem Kontext abhängt, in dem diese Komponente (wieder) eingesetzt wird. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Normungsvorhaben bzgl. Anforderungen und Tests zur Sicherung der Verlässlichkeit bei Wiederverwendung bereits benutzter Hardware- und Software-Komponenten. Das Ziel ist, eine breite Diskussion zu initiieren und damit eine höhere Sensibilität für diesen Bereich zu schaffen.

1 Einleitung und Motivation

Bei physikalisch verschleißbaren Komponenten, z.B. in der Elektro-Industrie, ist die Wiederverwendung gebrauchter Komponenten in neuen Produkten noch immer ein heikles Thema, was leicht verständlich ist: Wenn Ihnen jemand ein neues Gerät „unter Verwendung von neuwertigen Teilen“ als neu verkaufen möchte, würden Sie es kaufen? Sie zögern? Tatsächlich gelangen jedoch immer mehr Geräte samt ihren neuwertigen Komponenten in den Abfallstrom, die noch weitere „Leben“ haben könnten. Zum Glück wurde das immens große Nutzungspotential der Wiederverwendung zur Schonung unserer Umwelt bereits erkannt und wird auch, allerdings im Augenblick noch von nur einigen wenigen Anbietern, genutzt, beispielsweise von Herstellern der Kopier- und Medizingeräten. Jüngere Industrie- und Rechtsnormen auf nationaler und europäischer Ebene haben zum Ziel, dieses Potential im großen Stil besser auszunutzen, unter Beachtung legaler, ökologischer und Verlässlichkeit-Aspekte.

Software kann dagegen nicht verschleißen, daher ist ihre Wiederverwendung unproblematischer und wird auch in der Software-Industrie gern und oft praktiziert. Die Aspekte der Verlässlichkeit und Ökologie wurden jedoch bisher nicht explizit manifestiert.

Sowohl bei Komponenten der Hardware als auch der Software ist zu berücksichtigen, dass die Qualität einer Komponente vielfach von dem Verwendungszweck und dem Kontext (Neu-Deutsch auch „Domain“ genannt) abhängt, in dem sie (wieder) verwendet wird. Mit anderen Worten, eine für einen bestimmten Einsatz bereits „qualitätsgesicherte“ Komponente kann bei einem erneuten, anders gearteten Einsatz eine Minder-Qualität haben, was u.U. zum Versagen des Systems führt. Daher ist eine adäquate Qualitätssicherung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Verwendungszwecke und Einsatz-Konfigurationen eine unabdingbare Voraussetzung für die Wiederverwendung vorbenutzter Komponenten.

Diese Tatsache wurde von der Industrie zuerst für den Bereich elektrischer und elektronischer Bauteile (was hier als „elektr(on)isch“ abgekürzt wird) erkannt; ein Normungsvorhaben zur Sicherung der Verlässlichkeit durch geeignete Maßnahmen initiiert und mit Erfolg abgeschlossen; dies ist die internationale Norm IEC 62309 (*Dependability of products containing reused parts – Requirements for functionality and tests*), bekannt auch unter der Bezeichnung DIN EN 62309 (VDE 0050) (*Zuverlässigkeit von Produkten mit wieder verwendeten Teilen – Anforderungen an Funktionalität und Prüfungen*).

Augenblicklich beschäftigt sich die Arbeitsgruppe K 134 (*Gebrauchsfähigkeit und Qualität bei erneut verwendeten Teilen und Geräten der Elektrotechnik*) der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik - Elektronik - Informationstechnik im DIN und VDE, als Deutsches Mitglied in IEC und CE) mit einem Parallelwerk zu IEC 62309 unter der Bezeichnung *Dependability of Software Products containing reusable components – Requirements for functionality and tests* (IEC NP56-1332).

Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Norm IEC 62309 sowie den Entwurf IEC NP56-1332 und erläutert ihre Struktur und Verwendung.

IEC 62309 umfasst nicht nur technische und wirtschaftliche Aspekte, sondern wirft auch gesellschaftliche und rechtliche Fragestellungen auf. Diese Aspekte und Fragestellungen werden im nächsten Abschnitt erörtert. Der Entwurf IEC NP56-1332 konzentriert sich eher auf technische Inhalte.

Abschnitt 3 umfasst die deutschen Normungsaktivitäten im Bereich Software-Wiederverwendung, während Abschnitt 4 Aspekte der Verlässlichkeit diskutiert. Abschnitt 5 fasst diesen Beitrag zusammen und schließt ihn mit einigen perspektivischen Bemerkungen ab.

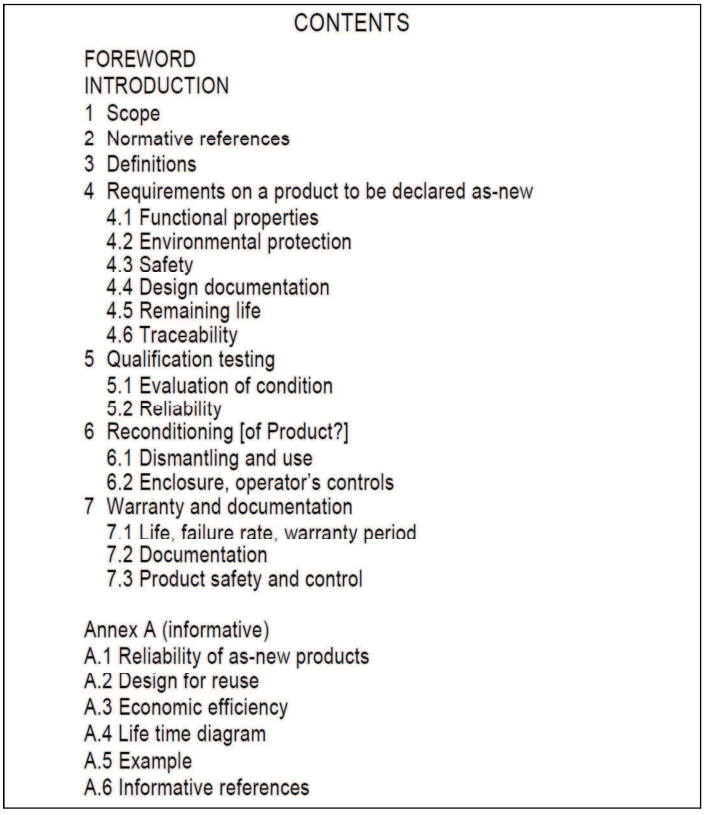
2 Wiederverwendung von elektr(on)ischen Komponenten

Schonung unserer Ressourcen kommt an der Wiederverwendung von Bauteilen in neuen Produkten nicht vorbei. Nach bisherigen Erfahrungen eignen sich etwa 25 % der elektr(on)ischen Bauteile für die Wiederverwendung, was eine Kostensenkung in Milliardenhöhe bedeuten kann.

Die Wiederverwendung wurde inzwischen auch gesetzlich als die wünschenswerteste Form der Abfallbehandlung eingestuft. Die Förderung der Wiederverwendung erfolgt auf verschiedenen Ebenen und es ist damit zu rechnen, dass sie ihre Bedeutung weiter

zunehmen wird, wie auch aus der neuen Abfallrahmenrichtlinie zu ersehen ist. Daher wird jeder Entscheidungsträger für technische Produkte zukünftig mit der Frage des Einsatzes gebrauchter Teile in neuen Produkten und allen Nebenaspekten konfrontiert werden.

Die Akzeptanz der Wiederverwendung hängt zum einen vom Vertrauen des Kunden in die Qualität der wieder verwendeten Komponenten ab. Zum anderen muss für den Hersteller der Aufwand überschaubar bleiben, um dieses Vertrauen zu gewährleisten. Schließlich ist es notwendig, jegliches Risiko der Wiederverwendung für die Umwelt auszuschließen. Das verursacht Kosten.



CONTENTS

FOREWORD
INTRODUCTION
1 Scope
2 Normative references
3 Definitions
4 Requirements on a product to be declared as-new
4.1 Functional properties
4.2 Environmental protection
4.3 Safety
4.4 Design documentation
4.5 Remaining life
4.6 Traceability
5 Qualification testing
5.1 Evaluation of condition
5.2 Reliability
6 Reconditioning [of Product?]
6.1 Dismantling and use
6.2 Enclosure, operator's controls
7 Warranty and documentation
7.1 Life, failure rate, warranty period
7.2 Documentation
7.3 Product safety and control

Annex A (informative)
A.1 Reliability of as-new products
A.2 Design for reuse
A.3 Economic efficiency
A.4 Life time diagram
A.5 Example
A.6 Informative references

Abbildung 1: Struktur der Norm IEC 62309

Zum Aufzeigen gangbarer Lösungswege für die Probleme der Wiederverwendung elektr(on)ischer Produkte und deren Komponenten wurde die internationale Norm *IEC 62309* von einem Team weltweit anerkannter Experten ausgearbeitet. In dieser Norm werden die Begriffe „neues Produkt“„ neuwertig“, „Gesamt-Lebensdauer“ u.v.a. aus dem Blickwinkel der Wiederverwendung überdacht und neu definiert. Auch die Schritte vom Ausbau der Komponente aus einem gebrauchten Produkt bis hin zum Vertrieb des neuen Produktes werden erläutert. Weitere Hilfestellung für die Praxis geben die Werke

[BBQ10] und [BQ12], welche den technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Fragestellungen eigene Kapitel widmen.

Abbildung 1 stellt die Struktur der Norm IEC 62309 dar; Abschnitt 4.1 geht auf die Verlässlichkeitsaspekte näher ein.

3 Wiederverwendung von Software-Komponenten

Die bisherigen Ausführungen legen bereits dar, dass der Qualitätsaspekt, insbes. Testen bei Wiederverwendung, einen Kostenfaktor darstellt. Dieser Aspekt wird augenblicklich kontrovers diskutiert.

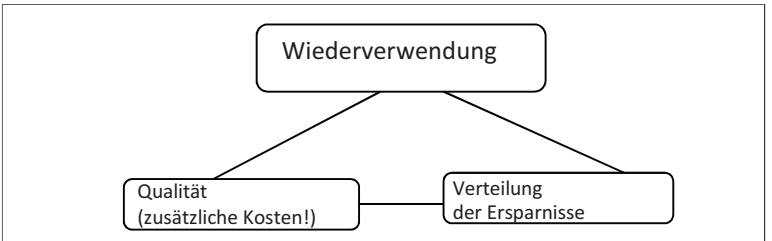


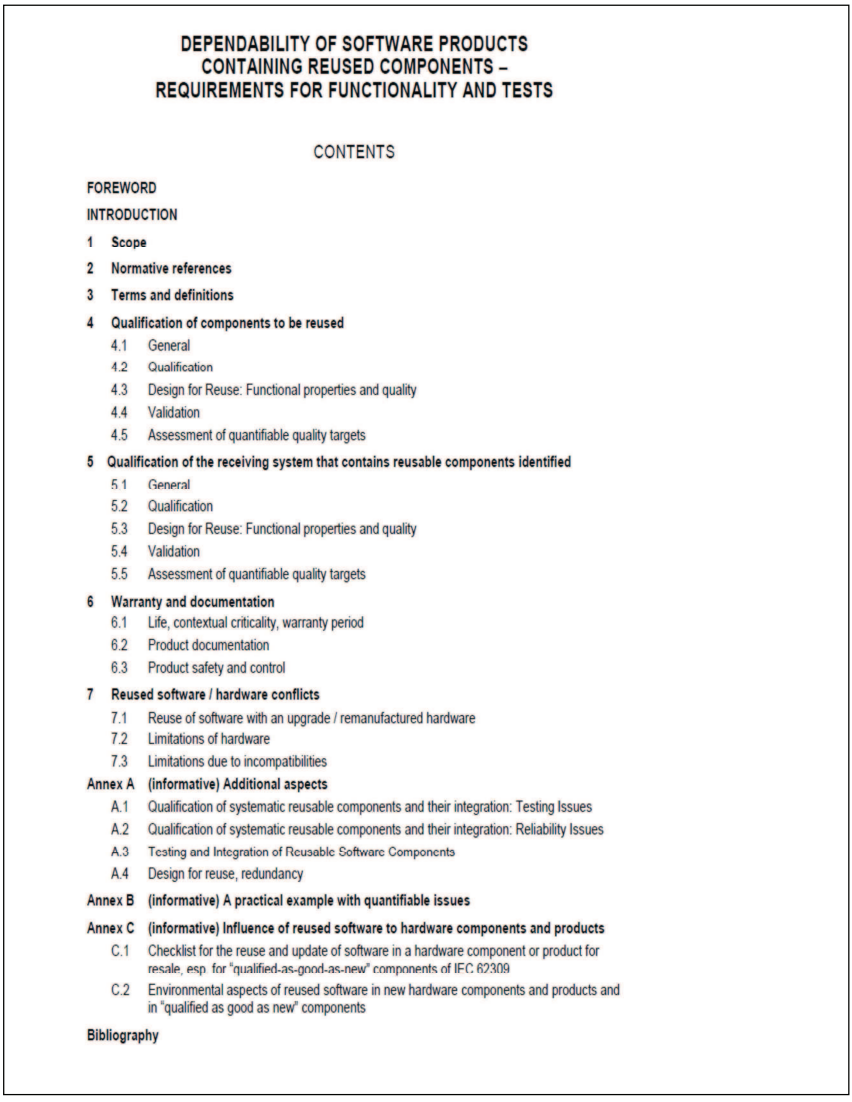
Abbildung 2:Spannungsfelder im Bereich Software-Wiederverwendung

Kontrovers diskutiert wird vor allem die Weitergabe der Ersparnisse durch den Hersteller: Der aufgeklärte Kunde, nicht zuletzt institutioneller Kostenträger eines Software-Systems, z.B. ein Autohersteller, ist heutzutage durchaus in der Lage zu erkennen, dass das erstellte System Komponenten erhält, die Bestandteile eines bereits existierenden Systems sind, wenn auch in leicht veränderter, angepasster Form, z.B. Software zur Realisierung von Wegfahrsperren bei Autos. Daher wird es ihm (als Hersteller von PKWs) nicht gefallen, die Kosten solcher Komponenten für jedes Modell seiner Produktpalette mehrfach und in gleicher Höhe in Rechnung gestellt zu bekommen.

Bei herkömmlichen technischen Systemen ist der Vorteil der Wiederverwendung für Endverbraucher eine Selbstverständlichkeit: Keinem Kunden werden beispielsweise die Konstruktionskosten einer M6-Schraube in Rechnung gestellt, wenn er ein Gerät kauft, in dem eine solche Schraube verwendet wird. Er bezahlt lediglich den Preis dieser Schraube als Ergebnis einer Massenfertigung, die entsprechend einer Norm genau spezifizierte Bauteile produziert. Bei Software-Erstellung handelt es sich um Erstellung eines Unikates, das in beliebiger Anzahl zu vernachlässigbaren Kosten kopiert werden kann.

Bereits die obige, kurze Diskussion erklärt die Brisanz der Wiederverwendung und das *Konfliktpotential* in dem Dreieck *Kostensenkung durch Wiederverwendung – Qualität - Verteilung der Ersparnisse* (Abbildung 2). Während der *Software-Ersteller* durch Wiederverwendung Ersparnisse erwirtschaftet, möchte der Kunde als *Kostenträger* an diesen Ersparnissen teilhaben. Sein „verlängerter Arm“, die *Qualitätssicherung*, wird dagegen durch spezifische, zusätzliche Prüfungen (als „Kostenverursacher“) diese Ersparnisse schmälern.

Lösungswege für diese Probleme möchte der Entwurf IEC NP56-1332 als Richtlinie geben, welche augenblicklich den Gegenstand der Arbeiten der bereits im ersten Abschnitt erwähnten Arbeitsgruppe DKE/K 134 bildet. Die vorläufige Struktur dieser Richtlinie wird im Abbildung 3 wiedergegeben. Dieser Entwurf, auf deren Verlässlichkeitsaspekte Abschnitt 4.2 eingeht, möge den Weg einer baldigen Norm ebnen.



DEPENDABILITY OF SOFTWARE PRODUCTS CONTAINING REUSED COMPONENTS – REQUIREMENTS FOR FUNCTIONALITY AND TESTS

CONTENTS

FOREWORD

INTRODUCTION

1 Scope

2 Normative references

3 Terms and definitions

4 Qualification of components to be reused

4.1 General
4.2 Qualification
4.3 Design for Reuse: Functional properties and quality
4.4 Validation
4.5 Assessment of quantifiable quality targets

5 Qualification of the receiving system that contains reusable components identified

5.1 General
5.2 Qualification
5.3 Design for Reuse: Functional properties and quality
5.4 Validation
5.5 Assessment of quantifiable quality targets

6 Warranty and documentation

6.1 Life, contextual criticality, warranty period
6.2 Product documentation
6.3 Product safety and control

7 Reused software / hardware conflicts

7.1 Reuse of software with an upgrade / remanufactured hardware
7.2 Limitations of hardware
7.3 Limitations due to incompatibilities

Annex A (informative) Additional aspects

A.1 Qualification of systematic reusable components and their integration: Testing Issues
A.2 Qualification of systematic reusable components and their integration: Reliability Issues
A.3 Testing and Integration of Reusable Software Components
A.4 Design for reuse, redundancy

Annex B (informative) A practical example with quantifiable issues

Annex C (informative) Influence of reused software to hardware components and products

C.1 Checklist for the reuse and update of software in a hardware component or product for resale, esp. for "qualified-as-good-as-new" components of IEC 62309
C.2 Environmental aspects of reused software in new hardware components and products and in "qualified as good as new" components

Bibliography

Abbildung 3: Struktur des Entwurfs IEC NP56-1332 bzgl. Verlässlichkeitsaspekte bei Wiederverwendung von Software-Komponenten

4 Wiederverwendung und Verlässlichkeit

4.1 Wiederverwendung von elektr(on)ischen Komponenten

Die Norm IEC 62309 regelt den qualitativen Rahmen bezüglich des Umgangs neuer Produkte mit gebrauchten Teilen. Sie stellt ein Konzept zur Überprüfung der Zuverlässigkeit und Funktionalität von wieder verwendeten Teilen und ihren Einsatz in neuen Produkten vor. Gleichzeitig werden Kriterien benannt, welchen Prüfungen die Produkte unterzogen werden müssen, die wieder verwendete Teile enthalten. Bezogen auf eine vorgesehene Nutzungsdauer des Produktes können sie nach Erfüllung der Kriterien als „qualifiziert als neuwertig" bezeichnet werden, was als begriffliches Herzstück dieser Norm angesehen werden kann: „Quagan": „Qualified as good as new". Zweck der Norm IEC 62309 ist es deshalb durch Prüfungen sicherzustellen, dass die Zuverlässigkeit und Funktionalität eines neuen Produktes mit wieder verwendeten Teilen vergleichbar sind mit einem Produkt, das nur neue Teile enthält. Dem Hersteller wird durch die Anwendung der Norm ermöglicht, dem Kunden für das Produkt mit „qualifiziert als neuwertigen" Teilen die volle Garantie wie für Neuware zu gewähren.

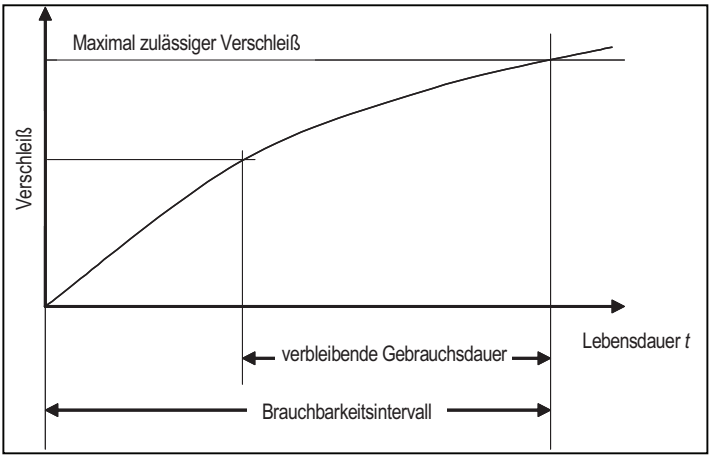


Abbildung 4: Zuverlässigkeit elektronischer Bauteile mit oder ohne Burn-in

Einen wesentlichen Punkt in der Norm stellt die folgende Aufforderung dar: „Wieder verwendete, „qualifiziert als neuwertige" Teile im Herstellprozess sollten die gleiche Funktionalität wie neue Teile haben und ihre erwartete Gebrauchsdauer muss mindestens der Auslegungslebensdauer eines neuen Produktes entsprechen". Damit wird klar, dass Teile mit einer Rest-Gebrauchsdauer, die sich nicht mehr für ein ganzes Produktleben eignen, nicht mehr im Blickfeld dieser Norm sind.

In Abbildung 4 stellt die Kurve die Ausfallrate gegen die Zeit dar, wie sie für elektronische Komponenten mit oder ohne Burn-in wiedergegeben wird. Sofern diese Kurve nachweislich gilt (dies wird immer wieder für manche Komponenten bestritten), sind auch elektronische Komponenten in dem Konzept zu berücksichtigen.

Abbildung 5 stellt die wiederholten Lebenszyklen von gebrauchten Quagan-Teilen nach IEC 62309 dar. Dabei darf die Restgebrauchsdauer wieder verwendeter Teile as-new Auslegungsdauer (ALLL) des Produktes nicht verkürzen (siehe Abbildung 5). Dies sollte verifiziert werden, entweder durch Analysen unter Nutzung von Informationen über die Ausfallverteilung neuer Teile und der verbleibenden Gebrauchsdauer der wieder verwendeten Teile, oder mit Stichproben aus dem Los der Teile, die als „qualifiziert als neuwertig" ausgewiesen sind. Solche Prüfungen führen zur Schätzung der Lebensdauerverteilung. Um Prüfungen/Analysen bei Einzelherstellung (keine Massenproduktion oder Herstellung mehrerer Teile) zu ermöglichen, sollten historische Daten von ähnlichen Teilen verwendet werden.

Kennlinien ermöglichen Angaben über die Restgebrauchsdauer der Teile, die dem Verschleiß unterliegen (siehe Abbildung 5). Dieses Modell kann für verschiedene Zuverlässigkeitskenngrößen angewendet werden. Entsprechende Kenngrößen sollten abhängig von den Anforderungen an das Produkt oder an die Teile ausgewählt werden.

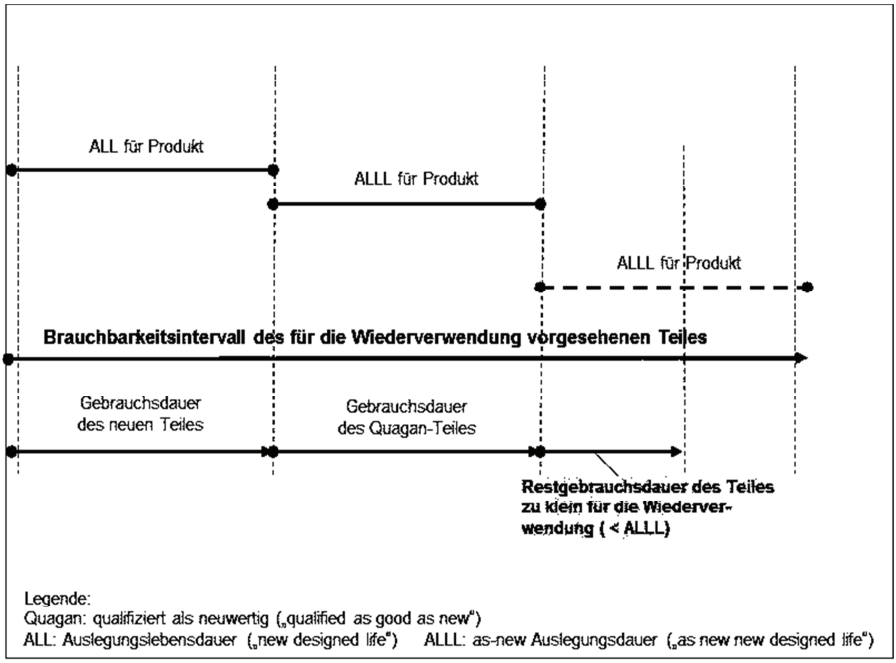


Abbildung 5: Wiederholte Lebenszyklen von gebrauchten, aber Quagan-Teilen nach IEC 62309

4.2 Wiederverwendung von Software-Komponenten

Software-Wiederverwendung bezeichnet den Prozess der Entwicklung von Software-Systemen unter Einsatz vorhandener Software, statt Neu-Entwicklung. Dieser Gedanke ist so alt wie der Begriff "Software" und wurde bereits 1968 im legendären NATO-

Workshop in Garmisch manifestiert, genau in dem Jahr also, als “Software Engineering“ als eine technisch-wissenschaftliche Disziplin konstituiert wurde.

Zahlreiche Berichte aus der IT-Branche bestätigen den stolzen wirtschaftlichen Erfolg der Software-Wiederverwendung: Fast alle größere Firmen loben diesen Gedanken, wie z.B. Nippon Electronic Company, GTE Corporation, Raytheon, DEC, HP, NASA, u.v.a.

Konträr zu den wirtschaftlichen Erfolgen warnen allerdings die Katastrophenberichte vor der Unterschätzung der Gefahren des sorglosen Umgangs mit Software-Wiederverwendung. Das Unglück des Röntgensystems Therac-25 wurde eindeutig durch die ungeprüfte Wiederverwendung der alten Software-Version im neuen System verursacht, wobei mehrere Menschen buchstäblich durch Verbrennung getötet wurden. Seit diesem Unglück ist bei den Herstellern von Medizingeräten die Software-Wiederverwendung ein Tabu-Thema, wie auch DKE K 134 bei den Verhandlungen mit den Vertretern eines deutschen Konzerns erfahren musste.

Ein weiteres Beispiel ist durch den Satelliten Ariane gegeben, dessen Absturz mehrere hundert Millionen Dollars kostete. Auch dieses Unglück wurde durch unsachgemäße Software-Wiederverwendung verursacht.

Für Software-Wiederverwendung ist aus den o.g. Gründen der Nachweis von fundamentaler Bedeutung, dass die Funktionsfähigkeit und die Verlässlichkeit eines Software-Systems mit vorbenutzten Komponenten voll und ganz denjenigen des Software-Systems entsprechen, das vom Grund aus neu entwickelt werden würde. Daher ist bei geplanter Wiederverwendung die Komponente durch deren Hersteller zu testen; dieser ist auch verpflichtet, die vorgesehenen Einsatzgebiete, so weit wie möglich, zu spezifizieren, und/oder komplementär die Gebiete zu kennzeichnen, in denen ein Einsatz ausgeschlossen wird.

Diese „Nachprüfung“ des Komponentenherstellers befreit keineswegs den Hersteller des Gesamtproduktes von der Pflicht der „Vorprüfung“ vor der Benutzung einer Komponente und der Prüfung des zusammengesetzten Systems. Die Prüfung entspricht einem Regressionstest, der sorgfältig ausgeführt werden muss.

Ein weiterer, wichtiger Aspekt der Wiederverwendung bildet die Sicherung der Energie-Effizienz und Öko-Freundlichkeit der wieder verwendeten Software, welche die Hardware steuert, in die sie eingebettet wird. Auch hier gilt, was für die Verlässlichkeit wahr ist: Eine Komponente minderer Qualität, die wieder verwendet wird, wird bei jedem Einsatz ihre „Un-Qualität“ wiederholen.

Insgesamt zielt der Entwurf IEC NP56-1332, die Norm IEC 62309 bzgl. Funktionalität, Test und Verlässlichkeit zu komplettieren, in der Software-Wiederverwendung ausdrücklich ausgeschlossen wurde.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag fasste die Probleme und Chancen der Normung für die Sicherung der Verlässlichkeit bei Wiederverwendung vorbenutzter elektr(on)ischer und Software-Komponenten zusammen.

Obwohl im Bereich Software die Wiederverwendung schon sehr lange und gewinnbringend praktiziert wird, ist hier ein relativ großer Widerstand gegen eine Norm zu fühlen. Dagegen konnte im Bereich Hardware bereits 2004 eine internationale Norm erstellt werden, währen die Bemühungen im Bereich Software offensichtlich noch lange andauern werden.

Es bleibt zu hoffen, dass die Ausarbeitung des Entwurfs IEC NP56-1332 unter Einbeziehung weiterer Beteiligter und der Berücksichtigung ihrer Argumente die Normungsarbeiten im Bereich Software weiterbringen und somit IEC 62309 erfolgreich ergänzen wird.

Literaturverzeichnis

[BBQ10] Belli, F.; Bohnstedt, J.; Quella, F.: Einsatz gebrauchter Komponenten in neuen Produkte der Elektrotechnik, VDE-Schriftenreihe „Normen verständlich“, Band 136, CDE-Verlag, 2010.

[QB12] Quella, F.; Belli, F.: Reuse of components and products - 'qualified as good as new', in Handbook of Sustainable Engineering, Springer, to appear in 2012.

Tutorial on Reconfigurable Systems

organized by

Dirk Koch, Universitetet i Oslo, Norway
Jim Torresen, Universitetet i Oslo, Norway
Christian Beckhoff, ReCoBus
Daniel Ziener, Universität Nürnberg-Erlangen, Germany
Christopher Dennl, Universität Nürnberg-Erlangen, Germany
Volker Breuer, Universität Nürnberg-Erlangen, Germany
Jürgen Teich, Universität Nürnberg-Erlangen, Germany
Michael Feilen, Technische Universität München, Germany
Walter Stechele, Technische Universität München, Germany