Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 72 (1981)

Heft: 15

Artikel: Entscheidungsgrundlagen zur Auswahl von Bauteilen für professionelle elektronische Geräte

Autor: Hämmerli, S.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-905133

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Entscheidungsgrundlagen zur Auswahl von Bauteilen für professionelle elektronische Geräte

Von S. Hämmerli

621.38;

Bei der Auswahl von Bauteilen für elektronische Geräte sind technische, beschaffungsmässige und wirtschaftliche Kriterien zu analysieren und zu bewerten. Eine umfassende Koordination aller bauteileorientierten Aktivitäten, verbunden mit einer engen Zusammenarbeit mit dem Bauteilehersteller, sind Voraussetzungen eines optimalen Auswahlentscheides.

Lors du choix de composants pour appareils électroniques, des critères d'ordre technique, d'acquisition et économique doivent être analysés et interprétés. Une coordination de toutes les activités concernant les composants, conjointement avec une étroite coopération avec leurs fabricants, sont indispensables pour un choix optimal.

1. Einführung

Leistung und Zuverlässigkeit elektronischer Geräte sind weitgehend von der Qualität der verwendeten Bauteile abhängig. Nur wenige Gerätebaufirmen stellen die benötigten Komponenten selbst her. Somit bestimmen zugekaufte Bauteile in hohem Masse die vom Kunden verlangten und ihm garantierten Eigenschaften der erstellten Produkte. Die Auswahl der verwendeten Bauteile und die Massnahmen zur Sicherung ihrer Qualität und Verfügbarkeit sind deshalb von entscheidender Bedeutung für das Arbeitsergebnis eines Geräteherstellers. Fig. 1 zeigt diese Aktivitäten im zeitlichen Ablauf.

2. Zielsetzung

Eine optimale Komponentenauswahl legt ein Bauteilesortiment fest, das

- der Produktentwicklung einen ausreichenden Spielraum bietet,
- die funktionsbedingten Anforderungen in jedem vorgesehenen Einsatzfall während der gesamten Gebrauchsdauer mit minimalen Gesamtkosten erfüllt,
- grösstmögliche Sicherheit gegen Beschaffungsschwierigkeiten bietet,
- jeden unnötigen Aufwand bei der Beschaffung sowie für die Verarbeitung, Prüfung und Lagerhaltung vermeidet.

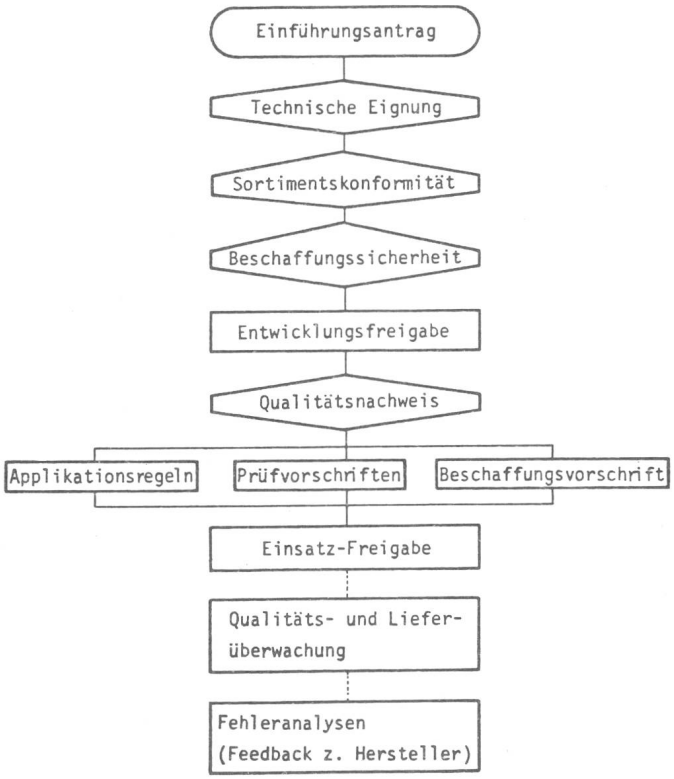

Fig. 1 Zeitlicher Ablauf der bauteileorientierten Massnahmen bei der Entwicklung und Herstellung elektronischer Geräte

Diese Zielsetzung erfordert eine enge Zusammenarbeit aller für die Aktivitäten im Bauteilebereich verantwortlichen Dienststellen. Besondere Bedeutung kommt dabei dem Informationsaustausch zwischen den Schaltungsentwicklern und der Qualitätssicherung zu.

3. Voraussetzungen, Entscheidungsschwerpunkte

Die Auswahl eines Bauteils wird sich in erster Linie nach den aus der technischen Aufgabe resultierenden *Funktionsanforderungen* richten. Zusätzlich sind aber folgende Aspekte in Erwägung zu ziehen: die Folgen eines Ausfalls, die Gebrauchsdauer des Gerätes oder Systems, das Instandhaltungs- und Reparaturkonzept und nicht zuletzt die Wirtschaftlichkeit.

Kann der Ausfall eines Bauteils zu einem umfassenden Verlust der Funktionsfähigkeit einer Einheit führen oder werden dabei gültige Sicherheitsvorschriften verletzt, so ist die *Zuverlässigkeit* in der Regel vorrangiges Auswahlkriterium für die Komponenten.

Geräte oder Systeme, die für eine extrem lange Gebrauchsdauer bestimmt sind, erfordern Bauteile, deren *Alterung* über lange Einsatzzeit gewährleistet und niedrig ist.

Basiert das Instandhaltungs- und Reparaturkonzept ausschliesslich auf der Verfügbarkeit der Originalbauteile, so werden für diese die Sicherstellung der *langfristigen Beschaffbarkeit* oder die Möglichkeit einer *vorsorglichen Lagerhaltung* zu entscheidenden Auswahlvoraussetzungen. Besonders im Falle sehr langer Systemgebrauchsdauer können diese Forderungen die Auswahl gravierend einschränken.

Wirtschaftliche Gründe erfordern den Nachweis, dass die technischen und ökonomischen Vorteile eines neuen Bauteils den mit seiner Einführung verbundenen Aufwand rechtfertigen. Dieser ist hauptsächlich durch die typenspezifischen Massnahmen zur Qualitätssicherung einschliesslich der Eingangsprüfung, allenfalls nötige Sondermassnahmen bei der Gerätefertigung und -prüfung sowie die Beschaffung und Lagerhaltung bedingt. Grundsätzlich gilt die Verpflichtung, bei der Auswahl von Bauteilen die *kostengünstigste Lösung* vorzubereiten, die zur Erfüllung einer vorliegenden Aufgabe geeignet ist.

4. Qualitätsaspekte

Jede Bauteileauswahl verlangt eine umfassende Prüfung und Bewertung der massgebenden Qualitätsvoraussetzungen. Diese muss mit positivem Ergebnis abgeschlossen und die rechtzeitige Durchführung aller notwendigen Qualitätssicherungsmassnahmen gewährleistet sein, bevor ein Bauteil zur Verwendung freigegeben werden darf.

4.1 Einsatzbedingungen

Ein verantwortungsbewusster Entwicklungsingenieur wird Bauteile nur einsetzen, wenn dafür alle funktionswichtigen Kennwerte im gesamten Bereich der vorgesehenen Einsatzbedingungen garantiert sind. Ferner wird er besonders auf die Zulässigkeit elektrischer, thermischer oder mechanischer Extrembelastungen achten.

Bezüglich der thermisch-klimatischen Beanspruchung definiert die Normung [1] *Anwendungsklassen* als Basis allgemeiner Einsatzrichtlinien. Verbindliche Auswahlregelungen sowie Garantievereinbarungen zwischen Bauteilehersteller und -anwender basieren jedoch in der Regel auf *Prüfklassen* [2]. Die dort zahlenmässig festgelegten Prüfbeanspruchungen erlauben den Nachweis der Erfüllung verlangter Spezifikationen durch genormte Prüfverfahren in relativ kurzer Zeit. Die Zuordnung von Prüfklassen zu Anwendungsklassen ist weitgehend Ermessens- oder Erfahrungssache. Deshalb ist anzustreben, dass bereits bei der Erstellung eines Pflichtenhefts für ein Gerät oder System bzw. in den dort zitierten Grundforderungen, Prüfklassen für die zu verwendenden Bauteile verbindlich festgelegt werden.

Die meisten Bauteile zeigen mit steigender Temperatur eine weit überproportionale Änderung ihrer Kennwerte sowie eine starke Zunahme der Alterung. Mit Rücksicht auf diese Empfindlichkeiten sollen Bauteile so ausgewählt werden, dass sie im Normalbetrieb mit angemessener Reserve gegenüber zulässigen Grenztemperaturen arbeiten.

Ähnliches gilt für viele Bauteile bezüglich der Betriebsspannung oder der Strombeanspruchung. Durch einen richtig bemessenen Sicherheitsabstand gegenüber den datenblattmässigen Leistungsgrenzen der Bauteile (Derating) kann die Zuverlässigkeit einer Funktionseinheit entscheidend verbessert werden. Diese Dimensionierungsreserve soll möglichst gut auf die technologischen Eigenschaften der Komponenten abgestimmt sein. Die Ausarbeitung entsprechender Richtlinien ist in der Regel Aufgabe eines erfahrenen Qualitätsingenieurs [3...7].

4.2 Qualitätssicherungskonzepte

Grundsätzlich ist der Bauteilehersteller für die Einhaltung der dem Abnehmer garantierten Qualitätsmerkmale verantwortlich. Aus technischen und ökonomischen Gründen werden aber seine Herstell- und Prüfverfahren Fehler nie ganz ausschliessen können. Eine wirtschaftliche Fertigung moderner professioneller Elektronikgeräte wird fraglich, wenn der durchschnittliche Anteil an defekten Bauteilen ca. 0,2 % übersteigt (Fig. 2), wobei diese Limite von der Bauteilekategorie und den Fertigungs- und Prüfbedingungen abhängt. Zur Gewährleistung dieser Qualitätsvoraussetzung sind unterschiedliche Regelungen gebräuchlich:

– Beschaffungsvorschriften und damit Garantie des Bauteileherstellers mit Rücksicht auf Preis oder Lieferbarkeit auf relativ niedrigem Niveau. Garantievereinbarungen auf Basis AQL-Werte (acceptable quality level). Aufwendige Eingangsprüfung, evtl. Auslese beim Gerätehersteller erforderlich.

– Beschaffungsvorschriften sehr streng. Bauteilehersteller zu Sonderverfahren gezwungen. Entsprechend kritische Beschaffungs- und Preislage. Nur vertretbar, wenn damit entsprechende Einsparungen an Prüfaufwand beim Gerätehersteller möglich.

– Anwendungsspezifische Optimierung der Bauteilequalität in enger Zusammenarbeit Hersteller/Anwender. Intensiver

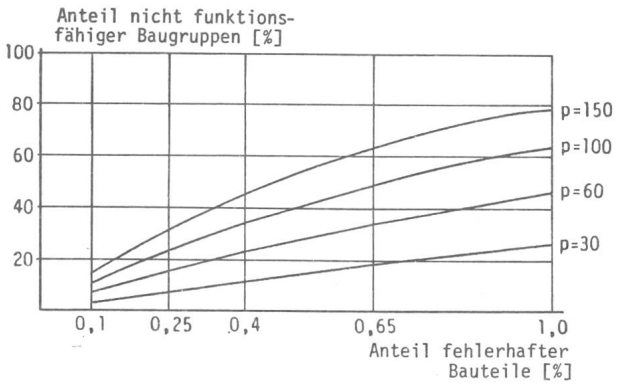

Fig. 2 Häufigkeit fehlerhafter Baugruppen in Abhängigkeit vom Anteil defekter Bauteile

p Anzahl Bauteile pro Baugruppe (gleichartige Bauteile)

Erfahrungsaustausch, insbesondere bezüglich Schwachstellen, mit direktem Rückgriff auf die Bauteilefertigung beim Hersteller. Dieses Konzept verspricht optimales Qualitäts/Kostenverhältnis, ist aber nur anwendbar, wenn der Bauteilehersteller zu einer umfassenden Kooperation bereit ist und der Anwender die entsprechende Abhängigkeit von einer Bezugsquelle akzeptieren kann.

Für die Rangfolge, die ein Gerätehersteller diesen Regelungen zuordnet, werden firmenpolitische und wirtschaftliche Voraussetzungen massgebend sein. Entsprechende Richtlinien sind eine fundamentale Entscheidungsgrundlage der Bauteileauswahl.

4.2.1 Herstellerangaben

Die Angabe garantierter Kennwerte und Funktionseigenschaften erfordert vom Bauteilehersteller einen entsprechenden Fertigungs- und Prüfaufwand. Er wird deshalb von sich aus solche Gewährleistungen nur soweit anbieten, wie es die Marktsituation verlangt. Der Anwender ist aber auf verbindliche Grundlagen zur Dimensionierung seiner Schaltungen angewiesen; typische Kennwerte haben für ihn lediglich orientierende Bedeutung. Für eine optimale Auswahl der für ein Entwicklungsvorhaben benötigten Bauteile können deshalb spezifische Garantieabsprachen erforderlich sein. Voraussetzung für den erfolgreichen Verlauf solcher Festlegungen sind Verständnis und Erfahrungen für Applikationsprobleme beim Hersteller und gute Technologiekenntnisse des Anwenders. Der damit erreichte technische oder wirtschaftliche Gewinn muss den Verzicht auf eine handelsübliche Spezifikation des Bauteils rechtfertigen.

4.2.2 Qualitätssicherungsmassnahmen des Anwenders

Der Aufwand zur Qualitätsgewährleistung, der bei jeder Einführung eines neuen Bauteiltyps dem erwarteten technischen Vorteil gegenübersteht, ist weitgehend vom befolgten Qualitätssicherungskonzept abhängig. Soll der Bedarf durch möglichst einfache und billige, das heisst mit wenig Vorleistungen des Herstellers versehene Komponenten gedeckt werden, sind in der Regel eigene Aufwendungen bei der Auswahl (Typenprüfung), der Beschaffung (Eingangsprüfung) sowie zur langfristigen Qualitätsüberwachung nötig, die einem erheblichen Teil des Bauteilespreises entsprechen. Günstiger ist diese Relation, wenn die Beschaffung auf einer engen technischen Zusammenarbeit mit dem Hersteller beruht, da dann der

eigene Qualitätssicherungsaufwand auf die Anstrengungen des Herstellers abgestimmt und damit vermindert werden kann. Grundsätzlich sind jedoch folgende Massnahmen erforderlich:

Typenprüfung: Diese soll den Nachweis erbringen, dass das vorgeschlagene Bauteil die anwendungsspezifischen Anforderungen und/oder die für die entsprechende Bauteilekategorie gültigen allgemeinen Qualitätsnormen erfüllt. Qualitätsberichte unabhängiger Prüfstellen, bei entsprechendem Vertrauensverhältnis auch des Bauteileherstellers, können eigene Prüfaufwendungen ergänzen oder ersetzen. Wichtiger Teil einer Typenprüfung ist die Beschreibung und Beurteilung der vorliegenden Herstelltechnologie.

Standardisierung: Zweck dieser Aktivität ist die Gestaltung eines Bauteilesortiments, das genügend Spielraum und hohe Sicherheit für Entwicklung, Beschaffenheit und Gerätefertigung bietet, aber jeden unnötigen Aufwand für Beschaffung, Prüfung und Lagerhaltung vermeidet. Diese Zielsetzung kann u.a. den Verzicht auf die gleichzeitige Verwendung von Komponenten mit nur geringfügigen technischen Unterschieden oder kleinen Preisvorteilen zugunsten höherwertiger Vergleichstypen rechtfertigen. Der Entwicklungsingenieur muss allenfalls bereit sein, auf ein technisch attraktives Bauteil zu verzichten, wenn dessen Einführung schwerwiegende Beschaffungsprobleme, einen hohen spezifischen Prüfaufwand oder aufwendige Sondermassnahmen für die Verarbeitung erwarten lässt.

Eingangsprüfung: Methodik und Beurteilungskriterien haben im wesentlichen folgende Informationsbasen:

- (gesicherte) Angaben über Technologie und Qualitätssicherungsmassnahmen beim Hersteller.
- Ergebnis der Typenprüfung (Schwachstellenhinweise),
- verarbeitungsbedingte Anforderungen (z.B. Lötbarkeit),
- einsatzbedingte Anforderungen.

Zur Kontrolle von technologiespezifischen oder durch systematische Massnahmen beim Hersteller gewährleisteten Eigenschaften genügen meist Stichproben. Kritische, zufällig verteilte Kennwerte werden Vollprüfungen, ausnahmsweise sogar Auslese erfordern. Grössere Prüfmittelinvestitionen legen die Auswahl der praktikablen Prüfverfahren bis zu einem gewissen Grade fest. Diese Voraussetzungen bestimmen den bauteilespezifischen Prüfaufwand und beeinflussen damit indirekt den Auswahlentscheid.

Fehleranalysen: Für regelmässige oder häufige Fehler eines bestimmten Bauteiltyps oder -fabrikats muss eine Ursachenbestimmung durchgeführt werden. Je nach Art des Fehlers sowie der Verfügbarkeit der nötigen Untersuchungsmittel und Kenntnisse wird diese Abklärung beim Bauteileanwender, einem unabhängigen Prüfinstitut oder beim Bauteilehersteller erfolgen. Zur Festlegung und Durchführung wirksamer Abhilfemassnahmen ist die umfassende Information des Fehlerverursachers im Rahmen einer effizienten, objektiven Zusammenarbeit unerlässlich. Das Ergebnis von Fehleranalysen, einschliesslich der Erfahrungen aus der Zusammenarbeit zur Behebung der festgestellten Mängel, kann die Auswahl neuer Bauteile in erheblichem Masse beeinflussen. Fehleruntersuchungen ergeben häufig wertvolle Grundlagen zur Aufstellung von Applikationsrichtlinien und damit zur Anwenderberatung.

5. Beschaffungsaspekte

Die Abklärung der Beschaffungssituation ist eine unerlässliche, oft recht mühsame und schwierige Voraussetzung jedes Bauteil-Auswahlentscheides. Die Bedarfsabklärung muss neben der Sicherstellung der Gerätefertigung auch die spätere Instandhaltung und Ausfallbehebung der gelieferten Produkte berücksichtigen. Aus teilweise verständlichen Gründen ist die Bereitschaft vieler Bauteilehersteller zur Abgabe verbindlicher, langfristiger Lieferzusagen gering. Die Kunden des Geräteherstellers erwarten jedoch häufig Gewährleistungen für Nachlieferungen und Ersatzbedarf über sehr lange Zeiträume. Dieser Gegensatz führt zu Auswahlbeschränkungen: einerseits zur Zurückhaltung bei der Einführung technologisch oder funktionsmässig grundsätzlich neuartiger Komponenten bis zu deren Etablierung am Markt, anderseits zum Verzicht auf die Beschaffung von Herstellern, die erfahrungsgemäss die Lieferung eingeführter Bauteile ohne Vorinformation der Abnehmer einstellen.

Die Beschaffungssituation wird oft günstiger beurteilt, wenn ein Bauteiletyp von mehr als einem Hersteller geliefert wird. Diese Ausweitung des Angebots ist im allgemeinen ein Zeichen für die Marktetablierung. Sie kann auch eine gewisse Hilfe bei Kapazitätsengpässen eines Herstellers sein, sofern diese Schwierigkeiten nicht auf eine gemeinsame Ursache, z.B. Verknappung eines bestimmten Ausgangsmaterials, zurückgehen. Die Existenz eines Zweitherstellers hat aber nur dann eine wesentliche Bedeutung für die Verbesserung der Beschaffungssituation, wenn dieser technisch leistungsfähig ist und einen erheblichen Marktanteil innehat. Günstig ist die Situation, wenn geschäftspolitisch voneinander unabhängige Hersteller den Markt im Rahmen einer technischen Zusammenarbeit beliefern.

Ähnlich wie bei den Qualitätsaspekten zeigt sich auch bei der Vorsorge gegen Beschaffungsschwierigkeiten der Wert einer intensiven Zusammenarbeit mit kompetenten, kooperationsbereiten Herstellern. Im Rahmen einer solchen Geschäftsbeziehung wird ein Bauteilehersteller bestrebt sein, in den Grenzen seiner eigenen Möglichkeiten den Kunden rechtzeitig und umfassend über die Marktentwicklung zu informieren.

Der Gerätehersteller wird seinerseits vorsorgliche Massnahmen gegen Beschaffungsengpässe treffen müssen. Notwendig ist dazu eine ausreichende Bewirtschaftung aller in grösseren Stückzahlen verarbeiteten Bauteile, verbunden mit einer Lagerhaltung, die mindestens den Fertigungsbedarf während der marktüblichen Beschaffungsfrist deckt. Zur Sicherstellung des Instandhaltebedarfs nach Aufhören der Beschaffbarkeit kann für bestimmte Bauteile auch eine langfristige Lagerhaltung mit dem dafür nötigen Aufwand zur Gewährleistung zulässiger Klimabedingungen erforderlich werden.

6. Wirtschaftliche Aspekte

Die Bauteilekosten sind meistens der dominierende Teil der Herstellkosten elektronischer Geräte. Bei der Bauteileauswahl muss deshalb der Forderung nach einer Kostenoptimierung ein grosses Gewicht beigemessen werden. Dabei sind neben den in der Regel stark stückzahlabhängigen Einkaufspreisen alle für die Beschaffungsabwicklung, die Qualitätssicherung, Lagerhaltung und Verarbeitung anfallenden Kosten zu betrachten. Die Qualitätssicherungskosten umfassen einerseits den Aufwand für Typenprüfung, Standardisierung, Vereinbarungen mit den Herstellern und Eingangsprüfung, anderseits die Aufwendungen zur Fehlerlokalisierung und -behebung einschliesslich der Garantiekosten. Die Optimierung dieser Kosten erfordert eine koordinierte Anstrengung aller an der

Qualitätssicherung beteiligten Stellen, basierend auf einem intensiven Informationsrückfluss über das Verhalten der Bauteile. Aufgrund dieses Erfahrungsaustausches können Maßstäbe für künftige Auswahlaktivitäten gesetzt werden.

7. Schlussfolgerungen

Entwicklung und Herstellung elektronischer Geräte sind oft in hohem Masse abhängig von der Qualität und der Verfügbarkeit zugekaufter Bauteile. Die möglichst weitgehende Kontrolle dieser Abhängigkeit und die Ausschaltung der damit verbundenen Risiken sind neben der Erfüllung der technischen und wirtschaftlichen Erfordernisse die wichtigsten Auswahlkriterien. Eine optimale Bauteileauswahl ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit aller für die Aktivitäten im Bauteilebereich einer Firma verantwortlichen Dienststellen. Dem Informations- und Erfahrungsaustausch mit kompetenten Bauteileherstellern kommt entscheidende Bedeutung zu.

Literatur

[1] Anwendungsklassen und Zuverlässigkeitsangaben für Bauelemente der Nachrichtentechnik und Elektronik. DIN 40040.

[2] Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique. Publications de la CEI 68–1...68–3–2.

[3] *E. Schäfer:* Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit in der Elektronik. Würzburg, Verlag Vogel, 1981.

[4a] *A. Birolini:* Zusammenhang zwischen Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit. In: Informationstagung des SEV: Qualitätskontrolle und Zuverlässigkeit, 21. September 1978, Fribourg. Zürich, SEV, 1978; S. 1...22.

[4b] *A. Birolini:* Qualitäts- und Zuverlässigkeitssicherung komplexer Systeme. Teil 1: Aufgaben und organisatorische Voraussetzungen. Bull. SEV/VSE 70-(1979)3, S. 142...148. Teil 2: Methoden. Bull. SEV/VSE 70(1979)5, S. 237...243.

[5] *T.I. Bajenesco:* Elektronik und Zuverlässigkeit. Blaue TR-Reihe Heft Nr. 132. Bern, Hallwag, 1981.

[6] *M. Bretscher, U. Ender* und *S. Hämmerli:* Qualitäts- und Zuverlässigkeitssicherung elektronischer Bauelemente. Siemens-Albis Berichte 31(1979)3, S. 81...88.

[7] *J. Mayer:* Ausfallprozesse. Mathematische Modelle und Zusammenhänge. Siemens-Albis Berichte 31(1979)3, S. 89...98, 32(1980)1, S. 48...58, 32(1980)2, S. 113...121+33(1981)1.

Adresse des Autors

Samuel Hämmerli, Siemens-Albis AG, Albisriederstrasse 245, 8047 Zürich.