

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	72 (1981)
<b>Heft:</b>	23
<b>Artikel:</b>	Datenbusse für lokale leittechnische Funktionen
<b>Autor:</b>	Funk, G.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-905174">https://doi.org/10.5169/seals-905174</a>

### **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:** 28.01.2026

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

## Elektrotechnik und Elektronik Electrotechnique et électronique



### Normung im Bereich der Mikroinformatiksysteme Normalisation dans le domaine des systèmes microinformatiques

Die folgenden Aufsätze entsprechen den Referaten der SEV-Informationstagung vom 8. Oktober 1981 in Bern. Der Einführungsvortrag von Prof. Dr. C. A. Vissers wird in einem späteren Heft veröffentlicht.

Les articles qui suivent correspondent aux conférences données lors de la journée d'information ASE du 8 octobre 1981 à Berne. La première conférence, celle du professeur C. A. Vissers, sera publiée dans un numéro ultérieur.

### Datenbusse für lokale leittechnische Funktionen

Von G. Funk

681.324;

Verteilte Automationsaufgaben, bei denen die leittechnischen Einrichtungen zur Datenerfassung und zur Datenverarbeitung und Anzeige in örtlich getrennten Stationen untergebracht sind, erfordern eine schnelle und zuverlässige Datenübertragung zwischen allen beteiligten Stationen. Weltweit unternommene Vorstöße, für diese Anwendungen ein genormtes Bussystem zu spezifizieren, werden dadurch behindert, dass unterschiedliche Anwendungsbereiche, wie etwa die Prozessleittechnik und die Büroautomation, verschiedene Anforderungen an die Übertragungsmethoden stellen. Die Einführung des Schichtenmodells der Kommunikation und die Festlegung von Standarddienstleistungen in jeder Schicht soll den Aufbau von Datenübertragungssystemen mittels genormter Modulen künftig ermöglichen. Wesentliche Merkmale, nach denen die geforderten Eigenschaften in jeder Schicht quantitativ bewertet werden können, werden beschrieben.

Lorsque des tâches d'automatisation sont réparties, c'est-à-dire que les équipements de conduite pour la saisie des données, leur traitement et leur affichage sont disposés dans des postes séparés, il importe que la transmission de ces données soit rapide et sûre, entre tous les postes concernés. Des tentatives mondiales de spécifier un système de bus normalisé sont entravées par le fait que les domaines d'applications différents (p.ex. la technique de conduite de processus et l'automatisation dans les bureaux) posent des exigences différentes aux méthodes de transmission. L'introduction du modèle de communication par couche et la détermination de prestations normales dans chaque couche doit permettre désormais l'aménagement de systèmes de transmission de données au moyen de modules normalisés. Les principales caractéristiques qui permettent d'évaluer quantitativement les propriétés requises dans chaque couche sont décrites.

#### 1. Einleitung

Überzeugend kann heute nachgewiesen werden, dass kein Zweig der Technik die Gesellschaft in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts so tiefgreifend beeinflusst wie das Kommunikationswesen und die damit verbundene Datentechnik. Sollten – wie man intuitiv vermuten kann – für die vielfältigen Anwendungsbereiche der Kommunikation gleiche prinzipielle Anforderungen vorliegen, so müsste es möglich sein, Normelemente zu definieren, mit denen sich Systeme aufbauen lassen, die den spezifischen Anforderungen genügen. Denn gleichgültig, ob man den kommerziellen Bereich mit Bankwesen, Platzbuchungs- oder Bestellwesen (d.h. Büroautomation im weitesten Sinn) betrachtet oder das Gebiet der Prozessleittechnik, bei dem die Bewegung von Materie, Energie oder Information überwacht und beeinflusst wird: Die Funktion dieser Aufgaben setzt stets eine *rasche* und *zuverlässige* Informationsübermittlung voraus.

Unglücklicherweise widersprechen sich diese beiden geforderten Eigenschaften unter Umweltbedingungen, die man nicht störungsfrei voraussetzen darf: Die Effizienz der Datenübertragungsrate kann bei vorgegebener Bandbreite des Übertragungsmediums nur auf Kosten der Datenintegrität gesteigert werden und umgekehrt. Wegen dieser Gegensätzlichkeit sind Kompromisslösungen anzustreben, die bei ausreichendem Schutz vor Nachrichtenverfälschungen möglichst hohe Informations-Durchsatzraten erzielen.

#### 2. Schichtenmodell der Kommunikation

Die verschiedenen Gremien, die sich mit der Normung von Kommunikationssystemen befassen, zergliedern die Kommunikation in mehrere Schichten (Tabelle I). Weitgehend übereinstimmende Auffassungen zum Aufbau dieses Schichtenmodells, auf dem die Normungsarbeiten im Bereich der Büro-

Normungsgremien Schicht	Büroautomation	Prozessleittechnik	
	ISO/CCITT	IEC SC 65 Lokale Netze (``PROWAY``)	IEC TC 57 Fernwirktechnik
8	Application	—	—
7	Presentation	Application	—
6	Session	Application Coupler	User
5	Transport	Coupler Network	Local Processing
4	Network	Network	Transport
3	Link	Highway (Transport)	Link
2	Physical	Path	Line Coupler
1	Physical Media	Line Coupler Transmission	Transmission Line

automation wie im Bereich der Leittechnik basieren, bestehen in den untersten drei Schichten, nämlich: 1. Übertragungsleitung, 2. Leitungskoppler und 3. Verbindung (``Link``). In diesen Schichten kann man auf ein breit aufgegliedertes Raster von teilweise langfristig bewährten Normen zurückgreifen, um spezifische Anwendungsprobleme zu realisieren.

Technologische Innovationswellen, wie etwa die Einführung optischer Übertragungsmedien, werden reibungslos aufgefangen, wenn darauf geachtet wird, dass die genannten Schnittstellen zwischen den Schichten bei Einführung der Innovation erhalten bleiben. Auch muss festgestellt werden, dass geeignete Normen in den unteren drei Schichten berechtigterweise vor dringlich behandelt werden, da erstens die Qualität der Protokollvorschriften in diesem Bereich relativ einfach objektiv bewertet werden kann und zweitens der notwendige Freiraum für die Vielfalt der Anwendungen durch diese Normen am wenigsten eingeschränkt wird.

### 3. Objektive Bewertungskriterien der Kommunikation

Für die quantitative Bewertung eines Datentransportsystems zählt neben der Ökonomie nur die Geschwindigkeit und die Zuverlässigkeit, mit der Daten von Quellen an eine oder mehrere Senken übertragen werden. Die Übertragungsgeschwindigkeit wird zweckmässigerweise durch die Effizienz der Informationsübermittlung ausgedrückt. Die Zuverlässigkeit wird durch das Mass an ``Datenintegrität``, d.h. die Unveränderlichkeit eines Informationsinhaltes von einer Datenquelle bis zu seiner Bestimmung, bestimmt. Dabei analysiert man zweckmässigerweise die Beiträge zur Nichtintegrität der Daten, welche durch die Rate für unerkennbare Datenverfälschungen (Restfehlerrate) sowie für unerkennbare Verluste (Datenverlustrate) bestimmt wird.

Das Schichtenmodell gestattet eine Bewertung der genannten beiden Qualitätsmerkmale pro Schicht: Am Leitungskoppler-Ausgang besteht eine Abhängigkeit zwischen abgegebenen Bitfehlern und dem Rauschabstand am Übertragungsweg. Falls der Leitungskoppler Signal-Qualitätsüberwachungen vorsieht, besteht zusätzlich eine Abhängigkeit zwischen Bitauslöschungen (``Bit erasure rate``) und dem Rauschabstand am Übertragungsweg.

Gestützt auf Messungen oder vereinfachende Störmodelle, wie z.B. die Voraussetzung eines Gaußschen gedächtnisfreien binär-symmetrischen Kanals, können kritische vergleichende

Aussagen gemacht werden über verschiedene Signalformen und Modulationsarten, die zur Darstellung der Ruhelage, der Übertragung von Telegrammbegrenzungen sowie zur Datenübermittlung verwendet werden.

Die erwähnte Gegensätzlichkeit der beiden Bewertungsmerkmale für die Übertragungsqualität äussert sich in dieser Schicht beim Spezifizieren der Toleranz für eine hinreichende Signalqualität: Je enger die Toleranz für ``gute`` Signale limitiert wird, desto höher der Schutz vor Bitfehlern, desto höher aber auch die Rate der nicht akzeptierbaren Nachrichten, d.h. desto kleiner die Übertragungseffizienz.

In der Verbindungsschicht (Link-Layer) schützt man Daten vor nicht erkennbaren Verfälschungen durch Zusetzen bzw. Überwachen von redundanten Codes. Dabei tritt der gleiche Gegensatz wieder auf: Je höher der Schutz vor nicht erkennbaren Datenverfälschungen, desto mehr Code-Redundanz wird benötigt, was wieder eine Einbusse der Übertragungseffizienz zur Folge hat.

Die Bewertungskriterien der Verbindungsschicht lassen sich folglich durch die Abhängigkeit der Restfehlerrate, der Rate der unerkennbaren Datenverluste und der Übertragungseffizienz von der Bitfehlerrate ausdrücken. IEC TC 57 definiert 3 Daten-Integritätsklassen für die Datenübertragung (Fig. 1). In der Leittechnik ist es im allgemeinen üblich, für zyklisch nachgeführte Informationen die unterste Integritätsklasse I1 zu fordern. Für ereignisangestossene Nachrichten wird meistens die Integritätsklasse I2 gefordert, während kritische Nachrichten, wie z.B. Steuerbefehle, bei denen unerkennbare Verfälschungen teure Objekte oder sogar Menschenleben gefährden, die Integritätsklasse I3 erfordern.

### 4. Dienstleistungen der Transportschicht

Die Datentransportschicht kann mit drei Dienstleistungsfunktionen vom Anwender beauftragt werden, nämlich mit dem Auftrag:

1. SEND (auch ``SEND and PRAY`` genannt)
2. SEND/CONFIRM
3. REQUEST/RESPOND

Im ersten Fall wird eine Nachricht gesendet, ohne dass die Transportschicht Vorkehrungen für die Absicherung der

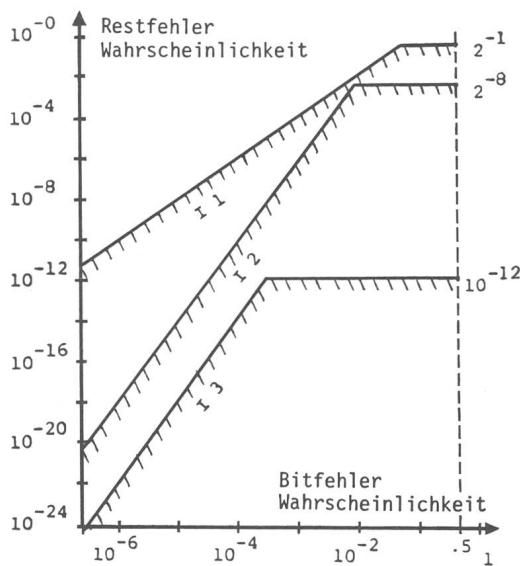


Fig. 1 Die drei Daten-Integritätsklassen I1, I2 und I3 nach IEC TC57

Nachricht gegen Verluste trifft. Falls die erfolgreiche Durchführung des Auftrages überprüft werden soll, muss dies der Anwender in einer höheren Schicht der Kommunikation vorsehen. Bei einseitig gerichteten Datensystemen (Simplexbetrieb) gibt es nur diese Dienstleistungsfunktion.

Beim Transportauftrag SEND/CONFIRM wird die Übertragung mit einer Quittung von der Transportschicht in der Empfangsstation zurück zum Absender abgeschlossen. Bei mehreren Zieladressen müssen alle Empfangsstationen quittieren.

Beim Auftrag REQUEST/RESPOND führt die Transportschicht Leseoperationen in Form von nicht unterbrechbaren Abfrage/Antwort-Übertragungsprozeduren durch.

## 5. Bussystemeinteilung nach Zutrittsverwaltung

Beim Datenaustausch zwischen mehreren Stationen über eine gemeinsame Datenschiene muss dafür gesorgt werden, dass zu jeder Zeit maximal einer Station der Zutritt zum Bus gewährt wird. Dies wird durch die folgenden Systemstrukturen gelöst.

### 5.1 Zentral verwaltete Bussysteme

Der geforderte sequentielle Zutritt wird von einer *zentralen Stelle* aus verwaltet (Kommandostation). Der Datenaustausch wird durch diese Kommandostation initialisiert (Fig. 2).

*Anwendungsbereich:* In der Leittechnik als «Zubringerbus», bei dem Ist-Zustände eines Prozesses in peripheren Stationen erfasst werden und in der Zentrale zyklisch nachgeführt werden sollen und Sollzustände oder Steuerbefehle an die Außenstationen abgegeben werden. Ökonomische Alternative zum Verlegen von vielen Signaladern zu einer Zentrale.

*Vorteile:* Einfaches Prinzip, einfache Fehlerstrategie, ökonomische Implementierung. *Nachteile:* Bus hängt von der Funktionstüchtigkeit der Zentrale ab. Wenig geeignet für Prozessorsysteme mit verteilter Intelligenz und ereignisorientiertem Querverkehr.

### 5.2 Dezentral verwaltete Bussysteme

Der sequentielle Zutritt wird *demokratisch* verwaltet (Fig. 3a). Es bestehen zwei Möglichkeiten.

5.2.1 Deterministische Zutrittsregelung durch «Stafettenumlauf (Partnerbus-Prinzip: «Baton Pass» oder «Token Passing» oder «Flying Master») gemäß Figur 3b.

*Anwendungsbereich:* Leittechnische Funktionen mit verteilter Intelligenz für das Erfassen und Verarbeiten von Prozessdaten.

*Vorteile:* Hohe Effizienz bei ereignisorientiertem Querverkehr zwischen beliebigen Stationen; Funktion hängt nicht vom Funktionieren einzelner Stationen ab. *Nachteile:* Anspruchsvolle Zutritts- und Fehlerstrategie.

5.2.2 Nicht deterministische Zutrittsregelung durch Wettbewerbsprinzip (ETHERNET-Prinzip: CSMA-CD = Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) gemäß Figur 3c.

*Anwendungsbereich:* Büroautomation.

*Vorteil:* Einfaches Bus-Zutrittsprinzip. *Nachteil:* Kommunikation versagt bei hoher Busbelastung. Dieser Nachteil bezieht sich auf nicht deterministische Zutrittsprinzipien, bei denen alle an einer Kollision beteiligten Stationen den Zutritt verlieren. Bei deterministischen Wettbewerbs-Zutrittsprinzipien, bei denen stets eine Station den Zutritt behält, entfällt dieser Nachteil.

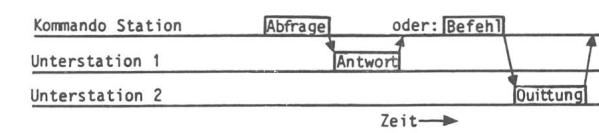
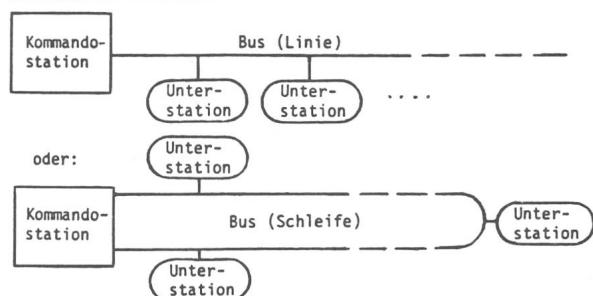


Fig. 2 Zentralverwaltetes Bussystem mit initialisierender Kommandostation

Der vielfach propagierte Einsatz dieses Prinzips für die Lösung leittechnischer Aufgaben beinhaltet ein vorprogrammiertes Versagen des Prozessleitsystems in kritischen Situationen. Das Überwachen und Steuern von bewegter Materie, Energie oder Information erfordert Übertragungssysteme, die bei steigenden Zustandsänderungsraten bzw. Ereignisdichten (was für das Erfassen von Gefahren typisch ist) kalkulierbare Informations-Durchsatzraten haben. Keinesfalls darf in Situationen dieser Art der Informationsdurchsatz gegen null streben, wie dies beim Wettbewerbsprinzip infolge zunehmender Massenkollision der Fall ist. Deshalb hat IEC SC 65 entschieden, das berechenbare Stafetten-Zutrittsprinzip zur Norm für Prozessleitsysteme zu wählen.

## 6. Bewertungskriterien für Busse

IEC SC 65 führte den Begriff «maximale Zutrittszeit» (worst case access time) ein, um die verschiedenen zur internationalen Norm vorgeschlagenen Bussysteme objektiv vergleichen zu können. Die maximale Zutrittszeit  $T$  ist jene Zeit, die vom

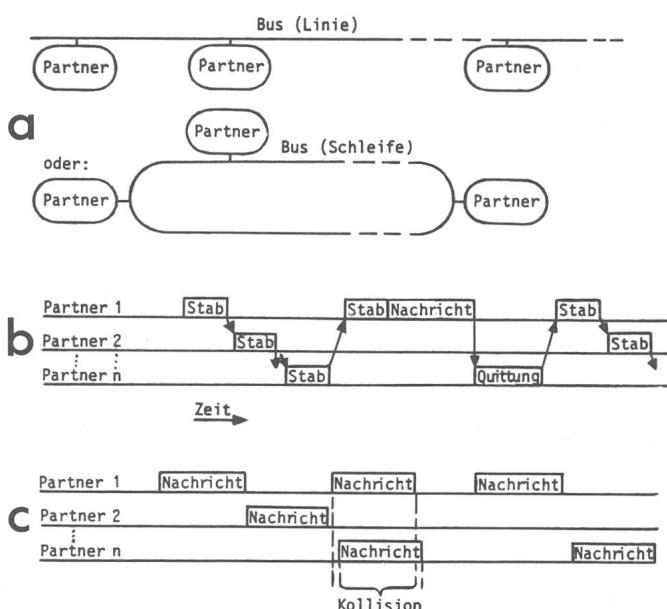


Fig. 3 Dezentral verwaltetes Bussystem

- a Organisation
- b Zutrittsregelung durch Stafettenumlauf
- c Zutrittsregelung durch Wettbewerbsprinzip

$T = f(v, s, i, t, r, d, f)$	Spezifikationen
$v$ bit/s	$v$ 1 Mbit/s
$s$ Anzahl Stationen	$s$ 10 50 100
$i$ Anzahl Initiatoren (Stationen mit Zutrittswunsch)	$i$ 1, 10 1, 25, 50 1, 10, 100
$t$ Anzahl von Bestimmungsstationen pro Nachricht	$t$ 1, 2, 5, 9 1, 2, 20, 49 1, 2, 20, 99
$r$ Reaktionszeit (Pause zwischen Telegrammen)	$r$ 25 $\mu$ s
$d$ Benutzerdaten	$d$ 1, 2...250 Bytes
$f$ Dienstleistungsfunktionen	$f$ SEND SEND CONFIRM REQUEST RESPOND

Beginn eines Zutrittswunsches in einer Station bis zum Zutritt verstreicht, wenn zuvor Zutrittswünsche von  $i$  Stationen erfüllt werden, wobei  $1 \leq i \leq s$  ( $s$  = Stationszahl) gilt (Tabelle II).

Mit diesen Festsetzungen erweist sich  $T$  als ein sehr aufschlussreiches Merkmal für den Vergleich der Leistungsfähigkeit verschiedener Bussysteme.  $1/T$  ist jene Ereignisdichte, die in einem System stationär maximal auftreten darf, ohne dass sich Warteschlangen in den Initiatorstationen bilden. Systeme, in denen Stationen mit permanentem Zutrittswunsch vorkommen, gehen automatisch in zyklische Systeme über, wobei  $T$  die Zykluszeit kennzeichnet.

Dieser kontinuierliche Übergang von ereignisorientierten Übertragungssystemen zu den in der Leittechnik oft favorisierten zyklischen Systemen, bei denen sich die Zykluszeit selbsttätig an die prozessgradientenabhängige Informationsmenge und an die installierte Übertragungsbandbreite anpasst, wird durch das demokratische Zutrittsprinzip mittels des Stafettenlaufs erreicht.

Beim Wettbewerbs-Zutrittsprinzip sinkt der Informationsdurchsatz mit steigender Ereignisdichte, und sobald Stationen mit stationärem Zutrittswunsch auftreten, wird keine Information mehr übertragen, unabhängig davon, welche Rückzugsstrategien nach Kollisionserkennungen gewählt werden (ETHERNET wählt hier die Prozedur des «exponential truncated back off»).

Die Zielvorstellungen für die Leistungsfähigkeit eines Busses der Leittechnik liegen bei der Übertragung von 1000 quittierbaren Ereignissen pro Sekunde, wenn ein Ereignis durch  $d \leq 8$  Bytes beschrieben werden kann.

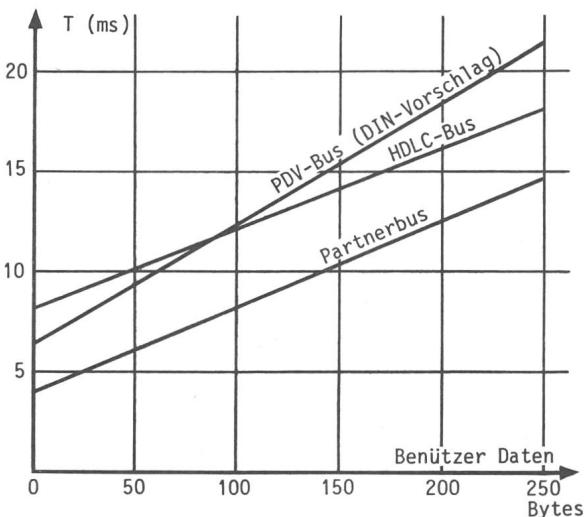


Fig. 4 Maximale Zutrittszeit  $T$  als Funktion der Benutzerdaten bei verschiedenen Normvorschlägen

$s = 50$  Stationen  $v = 1$  Mbit/s  
 $i = 5$  Initiatoren  $t = 1$  Zielstation pro Nachricht  
 $r = 25 \mu$ s Reaktionszeit  $f = \text{SEND/CONFIRM}$

Bei der Vergleichsanalyse verschiedener Normkandidaten mit der Benutzer-Datenfeldlänge als Parameter ergeben sich angenähert lineare Kurvenscharen für die maximale Zutrittszeit  $T$  (Fig. 4). Ein fairer Vergleich erfordert zusätzlich die Einbeziehung der Dienstleistungsfunktionen und der erzielten Daten-Integritätsklasse.

## 7. Schlussbemerkung

Durch Einführung von quantifizierbaren Bewertungskriterien für die Leistungsfähigkeit von Datenübertragungssystemen konnten Vorzugsmethoden für das Verwalten, das Synchronisieren und das Verschlüsseln von Nachrichten, die über eine gemeinsame Datenschiene geleitet werden, ermittelt werden. In der Folge hat IEC SC 65 zur Schaffung eines Normbusses für die Leittechnik bis jetzt beschlossen:

*F1:* Einsatz eines demokratisch verwalteten Buszutritts durch ein Stafetten-Umlaufprinzip, wobei das Stafetten-Telegramm 40 bit umfasst, nämlich je 8 für Präambel, Quellenadresse, Zieladresse, Steuerzeichen sowie CRC-8.

*F2:* Das Benutzer-Datenfeld ist variabel, typisch im Bereich 1 bis 250 8-bit-Bytes.

*F3:* Einhaltung der Daten-Integritätsklasse I2 (Hamming-Distanz  $d = 4$ ).

*F4:* Dienstleistungsfunktionen: Minimalforderung SEND/CONFIRM für Nachrichten mit Einzelstationsziel. Wünsche: Unterstützung von Nachrichten, die zugleich an mehrere Stationen gerichtet sind (ggf. nur durch SEND unterstützt), ferner Unterstützung der Funktion REQUEST/RESPOND.

Besonders umstritten war jahrelang, ob das weitverbreitete Normprotokoll HDLC («High Level Data Link Control») in der Leittechnik übernommen werden kann. Dieses Protokoll, in dem trotz der Verwendung von 16 Prüfbits (CRC-16) ein einzelner Bitfehler in einer Nachricht zu nicht erkennbaren Nachrichtenverfälschungen führen kann, erfüllt in seiner Originalversion nicht die tiefste Integritätsklasse I1. Modifizierte Versionen sind vorgeschlagen worden, die mit weiteren Einbussen an Effizienz die Integritätsklasse I1 erfüllen (Hamming-Distanz 2), nicht jedoch die geforderte Klasse I2.

Die Meinung, dass es unverantwortlich wäre, eine weitverbreitete Norm mit all ihren Vorteilen bei der Unterstützung durch LSI-Hersteller und Software-Potential zu wählen, wenn sie den erhöhten Forderungen nach Übertragungssicherheit und -effizienz der Prozessleittechnik nicht genügt, setzt sich allmählich durch: Ein einziger Unfall beim Leiten von Eisenbahnen, Drahtseilbahnen, chemischen Anlagen oder Kraftwerksanlagen, der auf einen Mangel im Datenübertragungskonzept zurückzuführen ist, würde die entsprechenden ökonomischen Betrachtungen umstossen.

## Adresse des Autors

G. Funk, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie, Abt. ESL 14, 5300 Turgi.