

## Innovationsmanagement: Zukunft hybrider Steckverbinder Trends und Marktgesetze

# Metaphysik der hybriden Verbindungstechnik

## 1.1 Einführung

Für Produktentwickler und Innovationsmanager der Verbindungstechnik ist es über das Konkrete hinaus, wesentlich wichtiger, Verständnis zu erlangen über generelle Marktgesetze, die ähnlich einem Naturgesetz große Trends vorgeben, um dann daraus innovative Produkte und Unternehmensstrategien herleiten zu können. Anstelle einer Glaskugel verwendet man hierzu empirische und heuristische Methoden und Tools, wie z.B. die Szenariotechnik.

Die Tatsache, dass hybride Stecker auf rein physikalischer und konstruktiver Ebene immer besser werden muss nicht ausgebreitet werden, da Eigenschaftsverbesserung in diesem Marktsegment ein naheliegendes Differenzierungsmerkmal und Symptom von Wettbewerb ist. Vorteilhafte Merkmalsausprägungen und einige Trends wurden bereits ausführlich in der Fachliteratur (siehe z.B. Steckverbinder II, von G. Knoblauch) aufgeführt, so dass nachfolgend über neue Erkenntnisse berichtet werden soll.

Wenn wir die pneumatischen und hydraulischen Verbindungen einmal beiseite lassen, so wollen Geräte und Systeme in erster Line Daten austauschen, wobei manche Geräte über die gleiche Verbindung auch Energie benötigen.

An dieser Aussage erkennt man bereits, dass selbst innerhalb einer einzigen Anwenderbranche (z.B. Fabrikautomatisierung) es niemals „einen idealen“, sondern stets verschiedene Hybrid-Steckverbinder geben wird, die typischerweise modularartig zusammen gesetzt sind, so dass z.B. LWL und Energiekontakte - oder LWL und Datenleitungen, etc. eingesetzt werden können.

Eine Attributierung „eines idealen Hybridsteckers“ kann auch deshalb nicht erfolgen, weil neue Technologien zu ständigen Veränderungen der Verbindungsart führen. Solche Stecker bleiben daher in Übergangsphasen zwischen Basis- und Schrittmacher-Technologie (zwischen zwei S-Kurven) stets atopisch. Zumindest aber sollte man versuchen, Substanz und Akzidenz zu trennen, um mehr Klarheit über Trends, Chancen und Bedürfnisse sowie deren Ursachen zu erhalten.

Angenommen die besagten Modul-Einsätze seien gleich groß, so kann man kombinatorische Überlegungen zu einem erstrebenswerten Hybrid-Stecker anstellen, wie weiter unten noch aufgezeigt wird. Doch dazu muss man zunächst wissen, welche Module (LWL, Cu-Daten oder Power) langfristig benötigt werden:

## 1.2 Stetig steigende Datenraten

Nach wie vor wird zu Recht behauptet, dass auf unterster Echtzeit-Feldbus-Ebene nur geringe Datenraten (< 20 Mbit/s) benötigt werden.

Andererseits drängt das Ethernet immer tiefer in den Industriebereich ein, zum Teil verstärkt durch den Wunsch nicht nur Steuern und Regeln zu können, sondern auch um immer mehr Kontrolle im Rahmen der „allgemeinen Feldautomatisierung“ zu erhalten, oder um autonome Kommunikation zwischen Geräten zu ermöglichen, was bei der ITU als „Internet of Things“ bezeichnet wird. Letzteres wird derzeit mittels Funk gesehen, aber nicht notwendigerweise, wenn Geräte oder Stecker ohnehin verkabelt sind.

Schließt man in diese Überlegungen die Gesetze von Metcalfe und Gilder ein, so verstärkt sich das Zukunftsbild von stark zunehmenden Datenraten:

### **Metcalfe's Law:**

Der Wert eines Netzwerkes hängt unter anderem von der Anzahl der vernetzten Geräte ab. Er steigt mit der Anzahl der Nutzer (N) quadratisch an: **Wert = [N (N-1)] / 2**

Diese Gleichung korreliert mit dem Systemtyp eines kritischen Masse Systems (KM-Systems), worunter auch Steckverbinder bzw. alle Arten von Verbindungen fallen. Nun ist der Wertzuwachs bei einer ubiquitären Vernetzung über N etwas anderes, als die Summe aller solitären Punkt-zu-Punkt Verbindungen, so dass für „Nicht-Ethernet-Lösungen“ der Exponent für große N bei derzeitigen Hybridstecken nicht ganz bei 2 liegen wird. Aber dennoch handelt es sich um ein KM-System, zumal Entscheidungsträger allgemeinen Lösungen Vorrang gegenüber einer Einzellösung geben.

Die Diffusionsgeschwindigkeit von bestimmten Steckern in einen Markt hinein, hängt also von dieser Gleichung und dem Vorliegen eines KM-Systems ab – wengleich dahinter wiederum als auslösende Ursachen verschiedene (wirtschaftliche, technische, normative, politische, rechtliche und soziale) Faktoren stehen.

### **Gilder's Law:**

Der Bandbreitenbedarf eines (Kommunikations)netzes **verdreifacht sich jedes Jahr**, und damit schneller, als die gemäß Moore's Law zur Verfügung stehenden CPUs. (Moore's Law: Verdopplung der CPU-Transistoren aller 18 Monate bzw. in der Praxis aller 24 Monate.)

Aus der **Differenz zwischen Gilder's Law und Moore's Law** ergibt sich ein großer Bedarf an CPUs bzw. an „data preprocessing“ und „precomputing“.

Letzteres könnte auch in der Verbindungsebene, z.B. im Stecker selbst, stattfinden, worauf im letzten Abschnitt eingegangen wird.

Diese Gesetze sind nicht dauerhaft stabil, da radikale, sich selbst beschleunigende Synergieeffekte beim Zusammenfließen neuer Technologien entstehen können, insbesondere aus der Nano- und Gen-Technik. Solche Diskontinuitäten sind nicht ungewöhnlich und wurden schon früher beobachtet. Fundamentale Technologiesprünge könnten in absehbarer Zeit zu völlig neuen datenintensiven Produkten führen.

Aufgrund obiger Trends sollte mit einer extremen Zunahme von Datenraten (>10G) gerechnet werden. Somit werden Lichtwellenleiter (LWL) langfristig absolut erforderlich. Dieses gilt schon vorher, wenn unausweichliche EMV-Probleme vorliegen oder große Bandbreiten-Längenprodukte erreicht werden müssen.

Letzteres kann langfristig wahrscheinlich nicht mit der 1mm Standard-POF erzielt werden, so dass hochwertige Glasfasern oder spezielle, dünnere POF verwendet werden müssen.

Ob sich letztlich Glas oder Kunststoff durchsetzen wird soll offen bleiben, jedoch sollte damit gerechnet werden, dass langfristig –insbesondere unter starken Umwelteinflüssen– hochwertige Glasfasern eingesetzt werden müssen.

Bezüglich Handhabung und Verschmutzungsgefahr sind diese Fasertypen für die Feldautomatisierung jedoch ungeeignet, woraus sich praktische Konsequenzen ergeben, die weiter unten aufgezeigt werden (optische Verbindungen mit elektrischen Kontakten).

Außerdem müssen kleinere, räumlich abgesetzte Clients auch mit Energie versorgt werden, so dass über die gleiche Verbindung auch dickere Kupferleitungen geführt werden müssen.

### **1.3 One-Cable-Concept**

Das Schlagwort „One-Cable-Concept“ ist mit USB, HDMI und Power over Ethernet (PoE) bereits realisiert, wobei die Feldautomatisierung zunehmend einbezogen wird: Im Rahmen der PoE-Plus Norm (IEEE802.3at) wird an einer stufenweisen Leistungserhöhung von 13Watt bis hin zu maximal 100Watt gearbeitet. Der RJ-45 erwies sich bei 100 Watt jedoch als substitutionsbedürftig, was wiederum die These der laufenden Veränderung stützt.

### **1.4 Kombination: Hohe Datenraten / Power / One-Cable-Concept**

Heutzutage wird neben einem LWL-Modul (2 x POF) meist noch ein Cu-Daten-Modul (z.B. RJ-45) eingesetzt sowie ein optionales Power-Modul, je nachdem ob die Datensenke mit Leistung / Hilfsspannung versorgt werden muss.

Somit ergibt sich ein Hybridstecker, der mindestens 3 Module gleichzeitig aufnehmen müsste.

Kombiniert man nun den Trend der stetig steigenden Datenraten mit dem One-Cable-Concept und optionaler Leistungsübertragung, so ergäbe sich künftig, d.h. nach Wegfall des Cu-Daten-Moduls, ein Hybridstecker mit typischerweise nur noch 2 Modulen, nämlich LWL und Power.

### **1.5 Wegfall großer und hybrider Stecker?**

#### **Multiplexing / Mini-E-O-Wandler / Busse / Ethernet**

Es gibt auch sehr große Hybrid-Stecker mit hoher Polzahl, so dass dieses Phänomen kurz betrachtet werden soll: Ständen kein normierter (serieller oder verdichtender) Bus und keine hoch integrierten Multiplexer, Spannungswandler, etc. zur Verfügung, so verlegten sich Systementwickler der Einfachheit halber auf das SDM, also auf die Verwendung von vielen parallelen Adern.

Nun darf man den Entwicklern daraus keinen Vorwurf machen, denn kostengünstige und hoch integrierte Elektronikbausteine stehen erst seit jüngerer Zeit zur Verfügung.

Außerdem ist es oftmals so, dass Steckverbinder-Hersteller lediglich Zulieferer sind und nur wenig Einfluss auf das (veraltete) Hardware-Design der Systemhersteller hatten.

Heutzutage können solche Schaltungen aber so klein gebaut werden, dass diese im Steckverbinder spielend Platz finden.

Damit würden Steckverbinder-Hersteller die „Multiplexing-Hausaufgaben“ der Systemhersteller übernehmen, um Steckergröße und Kabelquerschnitt zu verjüngen.

Geht der Hersteller diesen Weg ungefragt (technology-push), erhält er bezüglich etablierter Schnittstellen höhere Marktchancen als bei proprietären Schnittstellen, die der Systemhersteller ändern könnte. Letzterer sollte daher stets die Schnittstelle zu einem Bus zusammenfassen.

Die Forderung nach einer noch engeren Zusammenarbeit zwischen Stecker- und Systemhersteller entstammt zum Teil diesen Überlegungen, wodurch „sehr große Hybrid-Verbinder“ langfristig verschwinden dürften.

Somit kommen wir zurück auf den kleinen Hybridstecker mit seinen mindestens 2 Modulen, nämlich Power und LWL.

Da offene LWL-Kontakte in rauer Umgebung leicht verschmutzen und beschädigt werden können, und nachdem mittlerweile (Stand 1998-2006) komplette E-O-Transceiver in einen Steckerkontakt (< 8mm Durchmesser, ca. 10 mm Länge) hinein passen, könnten Steckverbinder-Hersteller die komplette elektro-optische Konvertierung übernehmen.

Solche Stecker sind inzwischen (2006) marktreif erhältlich und sehen äußerlich wie rein elektrische Stecker aus, wenngleich im inneren High-Tech regiert. Das wäre langfristig der Tod des optischen Hybridsteckers, denn das einzig hybride wäre dann nur noch das Kabel.

Hybridstecker könnten sich schon bald stark verändern, jedoch weniger stark in den Nischen, die es ebenfalls geschickt zu besetzen gilt.

**Autor:** Ralf Knoll  
Ingenieurbüro Knoll, Engineering & Consulting  
[www.knoll-engineering.de](http://www.knoll-engineering.de)

Rechtlicher Hinweis: Diese Version wurde von der „Österreichischer Wirtschaftsverlag GmbH in 86899 Landsberg“ eigenverantwortlich überarbeitet, mit deren Bildern versehen und veröffentlicht unter dem Titel „Quo vadis“ in der Zeitschrift „elektronik JOURNAL“, Ausgabe 02/2007.