

# Leiterplatten als Schlüssel zur automobilen Kommunikation

## Kommunikative Elektronik

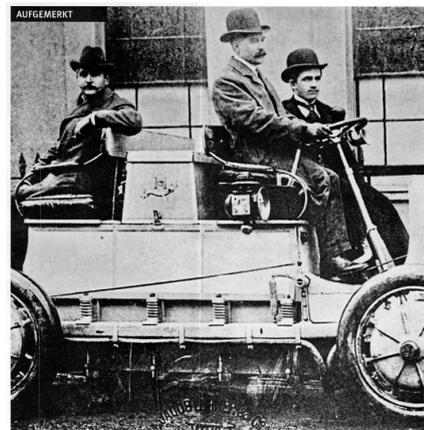
*Die Vision „autonomes Fahren für PKWs“ brachte nicht nur die Erkenntnis, daß die elektronischen Komponenten miteinander kommunizieren müssen. Auch von PKW zu PKW muß eine Abstimmung, eine Kommunikation, ein Gespräch, möglich sein. Die Elektronik soll die Fahrumgebung erkennen - und Entscheidungen treffen. Eine herausfordernde Aufgabe. Doch wir haben eine zukunftsfähige Leiterplattentechnologie als Partner.*

## Wie alles anfang

Die Begeisterung für elektrische Fahrzeuge ist jetzt bald 150 Jahre alt. Die erste elektrische Lokomotive gab es 1879. Das erste Hybridfahrzeug gab es 1900 auf der Weltausstellung in Paris zu sehen.

Der Fortschritt in der Evolution elektronischer Baugruppen führte bereits 1965 zur Entwicklung einer Getriebesteuerung, die das Kuppeln und die manuelle Gangwahl übernahm.

Der Blick auf diese - seinerzeit sicherlich innovative - Baugruppe zeigt uns, welche Entwicklung die Elektronik genommen hat, genauer : die Entwicklung der Bauteil-/der Baugruppen- und der Leiterplattentechnologie.



Hybridfahrzeug um 1900  
Quelle : ElektronikPraxis 22-2019



Getriebesteuerung um 1965  
Quelle : ElektronikPraxis 18-2015

In der Zeit von 1975 bis 1998 wurde die Automobiltechnik durch elektronische Komponenten und Fahrerassistenzsysteme erstmals revolutioniert :

Elektrische Fensterheber, Sitze und Seitenspiegel, Klimaanlage, Tempomat, Bordcontroller, Kommunikation, Entertainment, Automatikgetriebe, Multifunktionslenkrad, Gurtstraffer, Airbags, Zentralverriegelung, Servolenkung, Wegfahrsperrung, Antiblockiersystem (ABS), Antriebsschlupfregelung (ASR) und ein

Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP) sind längst Standard und gehören heute zur elementaren Ausrüstung eines Kraftfahrzeuges.

In den Jahren ab 2000 wurde die Elektronik von Teilkomponenten weiterentwickelt. Eine Hauptaufgabe war (...und ist) die Vernetzung der Teilkomponenten innerhalb des Fahrzeuges über kabelgebundene Transferstrategien (~ CAN-Bus).

Der Austausch von Informationen zwischen elektronischen Baugruppen und die Interpretation durch MCU- oder CPU-gesteuerte Controller-Boards erlauben es dem Fahrzeug, unterstützend zu handeln.

Diese Leistungen können in die Rubrik „Komfortzone“ eingeordnet werden. Das Auto unterstützt. Aber der Mensch fährt das Auto.

## Autonom in eine neue Welt

„Autonom“ provoziert einen Wandel : In absehbarer Zukunft soll das Auto den Menschen fahren.

Der kommunikative Aufwand eines Fahrzeuges mit seiner dreidimensionalen Umwelt ist komplex. Audio- und Videodaten sowie hochfrequente Radarinformationen müssen erkannt und bewertet werden, damit das Fahrzeug aktiv eine angemessene Reaktion auslösen kann. Um die Sicherheit im Straßenverkehr effektiv zu erhöhen, sollen die Fähigkeiten einer geschulten Fahrerin/eines Fahrers um Sensorik erweitert werden, die uns Menschen nicht zur Verfügung steht. Doch eine Aufgabe bleibt, die uns Menschen auszeichnet : die Kommunikation mit unserer Umwelt, mit den Menschen und Fahrzeugen um uns herum.

Diese Kommunikation elektronisch umzusetzen ist eine überwältigende Aufgabe. Die Hoffnung auf Leistungen der KI ist groß. Doch was ist KI ? Dazu muß das Verständnis der „Künstlichen Intelligenz“ aus der Grauzone des Marketings gebracht werden. Ein korrekter Begriff ist eher „Software 4.0“. KI interpretiert Unmengen an Daten. Das Vertrauen in KI hängt vom Vertrauen in die Datenbestände ab. Was KI fehlt ist eigenständige Kreativität, die Intuition des Menschen, auf der Basis individueller Sensorik zu individuellen Schlußfolgerungen zu kommen, die (noch) nicht über eine Datenanalyse verfügbar sind. Dazu ist die Analyse gewaltiger Datenvolumina durch angepaßte Software in Höchstgeschwindigkeit erforderlich. Software wird von geeigneten elektronischen Komponenten betrieben, die sich auf einer Baugruppe in Kommunikation befinden. Diese Komponenten sind auf einer Leiterplatte plaziert. Fehlerfreie Software-Kommunikation funktioniert, wenn der Datentransfer und die Energieversorgung auf der Leiterplatte funktionieren und wenn eine Fremdstörung durch unerwünschte elektromagnetische Energie praktisch ausgeschlossen wird. Und wenn die Software fehlerfrei ist.

## Aufgabe der Leiterplattentechnologie

Elektronische Kommunikation verlangt nach Integrität (~ Unversehrtheit). Signalintegrität, Powerintegrität und EMV-Integrität einer elektronischen Baugruppe sind bestimmende Faktoren. Neben dem Blick auf fehlerfreie elektronische Komponenten verschiebt sich der Fokus auf den Träger der Bauteile, die Leiterplatte.

Material	Stack-Up	Vias	Parameter	Layer
Plated	25µm			LY-Top SIG
Copper	15µm			
Meteor-8000	105µm	100-100-100µm d 100 Q	200µm ± 50 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-2 GND
Meteor-8000	76µm	100-90-100µm d 80 Q	110µm ± 42 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-3 SIG
Meteor-8000	76µm	100-90-100µm d 80 Q	110µm ± 42 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-4 SIG
Meteor-8000	76µm	100-90-100µm d 80 Q	110µm ± 42 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-5 GND
Meteor-8000	76µm	100-90-100µm d 80 Q	110µm ± 42 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-6 VCC
Meteor-8000	76µm	106 RC:78		
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-7 VCC
Meteor-8000	76µm	106 RC:78		
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-8 VCC
Meteor-8000	76µm	106 RC:78		
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-9 SIG
Meteor-8000	105µm	2013 RC:61	110-90-110µm d 80 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-10 GND
Meteor-8000	105µm	2013 RC:61	110-90-110µm d 80 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-11 SIG
Meteor-8000	130µm	2116 RC:80	90-95-90µm d 100 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-12 SIG
Meteor-8000	175µm			
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-13 GND
Meteor-8000	130µm	2116 RC:80	90-95-90µm d 100 Q	
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-14 VCC
Meteor-8000	85µm	106 RC:78		
Plated	15µm			
Copper	12µm			LY-15 GND
Meteor-8000	105µm	2013 RC:61	100-100-100µm d 100 Q	
Plated	12µm			
Copper	25µm			LY-Bot SIG

Thickness 1.61mm - 1.82mm Bare Board LA drawing #1233  
 1.63mm - 1.84mm ENIG Date 11.01.2020  
 not acceptable HAL Name Wi  
 General tolerance +/- 6% Comment --

© LeiterplattenAkademie 2020 all rights reserved Subject to change Without guarantee

16-Lagen Multilayer, Dual Core  
 Impedanz, Kapazitive Stromversorgung,  
 Basismaterial Park Meteorwave 8000

Material	Stack-Up	Vias	Parameter	Layer
Plated	25µm		280-135-280µm d 80 Q	LY-Top SIG
Copper	17µm			
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	190-135-190µm d 100 Q	300µm ± 50 Q
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	145-250-145µm d 120 Q	430µm ± 40 Q
Copper	17µm			LY-2 GND
R-5775(K)	146µm	Megtron 6		
Copper	17µm			LY-3 SIG
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	190-150-190µm d 80 Q	180µm ± 50 Q
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	130-200-130µm d 100 Q	225µm ± 40 Q
Copper	17µm			LY-4 GND
R-5775(K)	146µm	Megtron 6	DRth 1-14	
Copper	17µm			LY-5 SIG
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	190-150-190µm d 80 Q	225µm ± 40 Q
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64		
Copper	17µm			LY-6 GND
R-5775(K)	75µm	Megtron 6		
Copper	17µm			LY-7 VCC
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64		
Copper	17µm			LY-8 VCC
R-5775(K)	75µm	Megtron 6		
Copper	17µm			LY-9 GND
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64		
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	190-150-190µm d 80 Q	225µm ± 40 Q
Copper	17µm			LY-10 SIG
R-5775(K)	146µm	Megtron 6		
Copper	17µm			LY-11 GND
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	130-200-130µm d 100 Q	225µm ± 40 Q
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	190-150-190µm d 80 Q	180µm ± 50 Q
Copper	17µm			LY-12 SIG
R-5775(K)	146µm	Megtron 6		
Copper	17µm			LY-13 GND
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	145-250-145µm d 120 Q	430µm ± 40 Q
R-5670(K)	77µm	1078 RC:64	160-135-160µm d 100 Q	300µm ± 50 Q
Copper	17µm			
Plated	25µm		280-135-280µm d 80 Q	LY-Bot SIG

Thickness 1.90mm - 2.14mm Bare Board LA drawing #1140  
 1.98mm - 2.23mm ENIG Date 24.04.2016  
 2.01mm - 2.27mm HAL Name Wi  
 General tolerance +/- 6% Comment --

© LeiterplattenAkademie 2016 all rights reserved Subject to change Without guarantee

14-Lagen Multilayer, Standard  
 Impedanz, Kapazitive Stromversorgung,  
 Basismaterial Panasonic R5670K

Die Signalintegrität wird unterstützt durch impedanzberechnete Leiterbildstrukturen, damit hohe Datenvolumina schnell und störungsfrei übertragen werden. Die differentielle Signalübertragung hat sich durchgesetzt für CAN, USB und die Kommunikation zwischen CPU, Speicher und Sensorik. Die Rückstromeigenschaften steigen deutlich bei einem geringeren Raumbedarf für elektromagnetische Felder, wenn in einem Multilayer Signal- und Powerplanes direkt benachbart sind. Die Powerintegrität ist gegeben durch einen gleichmäßigen Stromfluß auf der Basis kapazitiver Powerplanes. Das setzt Lagenabstände von höchstens 50µm in Multilayern voraus und Multipowersysteme (~ MPS) durch gestapelte GND-/VCC-Planes. Die EMV-Integrität ist umsetzbar durch die Kantenmetallisierung der Kontur eines Multilayers. Diese Strategie erlaubt die Konstruktion faradayscher Räume innerhalb des Lagenaufbaus eines Multilayers.

Das Verständnis für die 3-Dimensionalität eines Multilayer eröffnet das Erkennen der physikalischen Potenz eines Multilayers. Die Leiterplatte hat/bekommt den Charakter einer passiven Komponente. Ihr Dielektrikum entscheidet über die maximale Übertragungsgeschwindigkeit einer elektronischen Information, über die Strombelastbarkeit sowie über die isolierenden Eigenschaften einerseits aber andererseits auch über die Fähigkeit, elektrische Energie zu speichern.

### **Wir müssen lernen - und kommunikativ werden**

Die Vision des autonomen Fahrens wird die Leiterplattenindustrie fordern und in Partnerschaft zur Baugruppentechologie wird diese ihre Leistungsfähigkeit beweisen. Die Anforderungen allein an die Sensorik in PKWs werden von BGAs mit einem 300µm-Pitch bereits geleistet. Das verlangt (vorerst) geometrische Präzision, geringe Toleranzen für Lochdurchmesser < 75µm sowie Leiterbahnbreiten und -abstände unter 50µm. Die Leiterplattentechnologie kann das / wird das können / muß das können.

Nicht nur die Mitarbeiter/innen der Leiterplatten- und Baugruppenhersteller müssen wesentlich mehr über die Material- und Prozeßtechnologie, erst recht über Physik und Chemie lernen. Das gilt ebenfalls für die Projektkonstrukteure/-konstrukteurinnen und die CAD-Layouter/innen.

Die Hoffnung, daß das nächste Software-Update die Aufgaben automatisch selber löst ist trügerisch. Eigene fachliche Kompetenz, durchaus mit einer Software als Partner, ist die Garantie für unsere Zukunft.

Das wird Kosten erzeugen und damit den zweitwichtigsten Aspekt jeder wirtschaftlichen Kalkulation treffen. Auf Platz 1 steht jedoch die zuverlässige physikalische Funktion. Auf diesem Platz wird sie bleiben. Auf ein Verhandeln wird sich die Physik nicht einlassen. Sie wird auch in unseren erstrebenswertesten Utopien als Physik 1.0 stehenbleiben.

Wir müssen uns bewußt werden, daß wir erst am Anfang stehen. Nicht nur autonome PKWs sind im Gespräch. Autonome LKWs, Rollstühle, E-Bikes, Sozialroboter, Flugtaxi, Brief- und Paketdrohnen sind bereits im Test, Traktoren pflügen das Land seit Jahren eigenständig um.



Autonomer Traktor  
Quelle John Deere / Internet 1'2018

### **Die Zukunft hat bereits begonnen**

Satelliten werden in wenigen Jahren Millionen Fahrzeuge steuern und kontrollieren müssen. iCloud und (Very-)BigData werden Alltag, Highspeed auf Leiterplatten wird Standard.

Ohne hochwertige Leiterplatten, ohne das perfekte Zusammenspiel elektronischer Baugruppen und ohne Software ist diese Leistung nicht zu erreichen.

Sie ist auch nur dann zu erreichen, wenn wir als Konstrukteurinnen und Konstrukteure partnerschaftliche Kommunikation aufbauen.

Ohne Positionserkennung ist zuverlässiges autonomes Fahren undenkbar. Die Übermittlung der Position muß sehr genau und sehr schnell erfolgen. Navigationssysteme auf der Basis eines Zweifrequenzempfängers erkennen einen Standort bis auf wenige Zentimeter.

Der Informationstransfer per Funk muß jedoch stabil und unterbrechungsfrei sein.

Der Transfer sensorischer Informationen über Kommunikationsnetze per Funk, die Steuerung, die Auswertung der Informationen und die Kontrolle über die durchzuführenden Reaktionen müssen in absoluter Höchstgeschwindigkeit erfolgen.

Die Stabilität von Funkverbindungen wird lebensentscheidend. Fehler in der Konstruktion des CAD-Layouts, der Fertigung von Leiterplatten und der Produktion von Baugruppen gefährden die funktionale Integrität elektronischer Systeme.

Das setzt voraus, daß Millionen elektronischer Baugruppen, die auf Millionen Leiterplatten aufbauen, kommunikativ und physikalisch fehlerfrei arbeiten.

Nur Millionen ? Laut einer älteren Ausgabe der Elektronikpraxis (Nr.5'2017) gab es 2017 auf der Welt 8.4 Milliarden vernetzte Geräte. Für 2020 wurden 40 Milliarden Geräte vorausgesagt. Wenn diese Voraussage zutreffend ist/war, dann dürften wir jetzt, 2024, 60 bis 70 Milliarden erreicht haben.

Doch seien wir zuversichtlich. Mit gemeinsamem Engagement schaffen wir das.



Ein Blick in die Zukunft :  
Autonomes Fahrzeug, Innenraum  
Quelle Daimler Benz Internet 1-2018