

(/)

**Elektronik**
automotive

(/elektronik-automotive)



Von AVB zu TSN

Echtzeitanwendungen mit Automotive Ethernet

22.09.2014

Von Dr. Wilfried Steiner



(https://cdn.weka-fachmedien.de/thumbs/media_uploads/images/1411390225-105-aufmacher.jpg.950x534.jpg)

© Toh Kheng Guan – Fotolia

🐦 Twitter (<https://twitter.com/home?status=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

✂ Xing (https://www.xing.com/social_plugins/share?url=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html)

in LinkedIn (<https://www.linkedin.com/cws/share?url=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

f facebook (<http://www.facebook.com/share.php?u=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

G+ Google + (<https://plus.google.com/share?url=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

📧 whatsapp ([whatsapp://send?text=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html](https://api.whatsapp.com/send?text=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html))

✉ Mail (<mailto:?subject=Artikelempfehlung: http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

Mit AVB wurde Ethernet bereits um Echtzeitelemente für die Übertragung zeitkritischer Audio- und Videosignale erweitert. Doch erst TSN wird eine signifikante Reduktion der Übertragungsdauer ermöglichen und Ethernet auch für Fahrerassistenzfunktionen und sicherheitsrelevante Anwendungen fit machen.

Der Flaschenhals bei Echtzeit-Netzwerkarchitekturen im Fahrzeug ist die verfügbare Bandbreite. Mit dem Einzug von Ethernet als Netzwerksystem im Automobil könnte sich dies bald ändern. Außerhalb der Automotive-Welt ist längst schon Gigabit-Ethernet Standard. Und die Übertragungsraten steigen weiter – in Datenzentren sind bereits 40-Gbit/s- und 100-Gbit/s-Ethernet-Verbindungen im Einsatz. Selbst in der Einstiegsvariante von Automotive Ethernet beträgt die Bandbreite mit 100 Mbit/s schon das Zehnfache von FlexRay. Geschaltete Netzwerke bieten de facto noch deutlich höheren Datendurchsatz, und eine Automotive-Variante von Gigabit-Ethernet steht schon in den Startlöchern für die Normierung. Es scheint nur eine Frage der Zeit (und der automobilen Nachfrage), wie schnell die wachsenden Übertragungsraten von Ethernet auch für Automotive-Anwendungen verfügbar werden.

Aber auch abseits der reinen Bandbreitenerhöhung entwickelt sich Ethernet zunehmend als ernstzunehmender Kandidat für das Auto: Echtzeit-spezifische Protokollentwicklungen und Netzwerkarchitekturen mit Robustheits- und Fehlertoleranzeigenschaften auf dem Niveau von FlexRay (und besser) sind bereits in Produkte integriert oder im Standardisierungsprozess.

Neue Normierungsprozesse

Ethernet ist bereits für den automobilen Einsatz verfügbar, nicht zuletzt aufgrund zweier automobil-spezifischer Technologien: das Ethernet-Übertragungsmedium (physical layer, PHY) BroadR-Reach der Firma Broadcom und die speziell für Echtzeitmedien-Streaming entwickelte IEEE-802.1-Norm AVB

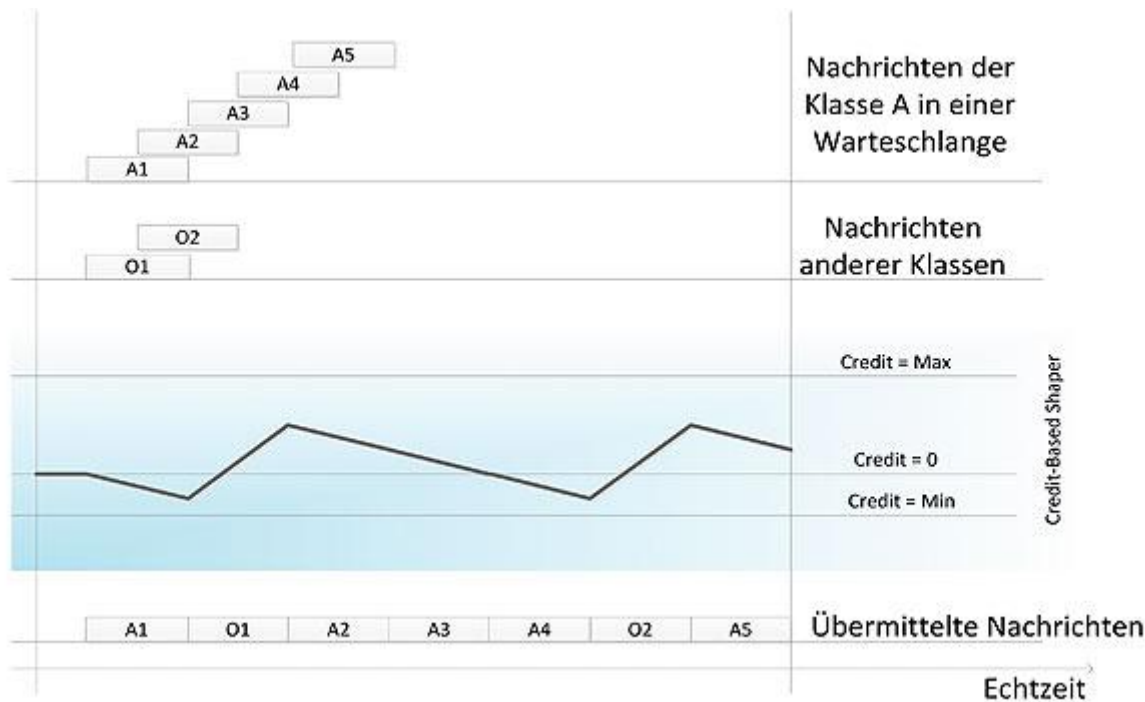
(Audio-Video Bridging). BroadR-Reach ist eine Vollduplex-Ethernet-Lösung, die gleichzeitiges Senden und Empfangen von Daten mit einer Übertragungsrate von 100 Mbit/s erlaubt. Ein charakteristisches Merkmal von BroadR-Reach ist die Übertragung mittels nur eines einzigen, ungeschirmten Kabelpaars – ein klarer Kostenvorteil gegenüber älteren Ethernet-Normen. Die für den automobilen Gebrauch notwendige Robustheit wurde bereits von mehreren Stellen (Zulieferern und OEMs) demonstriert. Die BroadR-Reach-Technologie ist durch die OPEN Alliance Special Interest Group (SIG) standardisiert und vorbehaltlich Lizenzvereinbarungen mit Broadcom auch Mitbewerbern zugänglich.

Zusätzlich zur OPEN Alliance SIG wurde im ersten Quartal 2014 ein Normierungsprozess in der IEEE gestartet. Unter der Führung von Bosch ist es das Ziel der „1 Twisted Pair 100 Mbit/s Ethernet Study Group“, einen 100-Mbit/s- automobiltauglichen Ethernet-PHY auch innerhalb der IEEE zu standardisieren, nach Möglichkeit komplett rückwärtskompatibel zu BroadR-Reach. Auch eine 1-Gbit/s-Lösung wird zur Zeit normiert: Die „IEEE P802.3bp 1000BASE-T1 PHY Task Force“ (früher bekannt unter dem Namen „Reduced Twisted Pair Gigabit Ethernet PHY Study Group“) erarbeitet einen Standard für 1-Gbit/s-Ethernet mit weniger als drei Kabelpaaren (twisted-pair copper cables).

Funktionalität und Status von AVB

Ethernet ist aber – wie aus der Office-Kommunikation bekannt – auch trotz hoher Übertragungsraten nicht unmittelbar für Echtzeitanwendungen geeignet. Aus diesem Grund wurde bereits vor über einem Jahrzehnt die „IEEE 802.3 Residential Ethernet Study Group“ installiert, um Ethernet für zeitkritische Audio- und Videogeräte fit zu machen. Schlussendlich mündete die Arbeit dieser Study Group in die Gründung der „IEEE 802.1 Audio/Video Bridging Task Group“, die es schaffte, Echtzeitprotokollelemente in den relevanten Ethernet-Standards zu verankern. Im Jahr 2011 wurden diese IEEE-Standards dann final beschlossen. AVB definiert Nachrichtenströme, sogenannte Streams, die von jeweils einem Sender (dem Talker) generiert, über ein Netzwerk von Ethernet Switches versendet und schlussendlich von sogenannten Listeners empfangen werden. AVB unterscheidet Streams der Klassen A und B, wobei sich die Klassen durch das Echtzeitverhalten der Nachrichtenübertragung unterscheiden. Im Konkreten besteht AVB aus folgenden Teilnormen:

IEEE 802.1BA beschreibt, wie ein AVB-Netzwerk konfiguriert wird. IEEE 802.1AS „Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications“ beschreibt ein Protokoll zur Synchronisation von lokalen Uhren in einem Netzwerk. IEEE 802.1AS ist der generischeren IEEE-1588-Norm für Uhrensynchronisation ähnlich. Zur Zeit gibt es daher sowohl in der IEEE-802.1AS-Gruppe als auch in der IEEE-1588-Standardisierungsgruppe Bestrebungen, die beiden Normen zu harmonisieren. IEEE 802.1Qat „Stream Reservation Protocol“ beschreibt ein Protokoll, um Bandbreite für kritische Datenströme im Netzwerk zu reservieren. IEEE 802.1Qav „Forwarding and Queueing Enhancements“ standardisiert einen Mechanismus zur Behandlung von Echtzeitdaten in einem Ethernet Switch. Der Mechanismus ist vereinfacht in **Bild 1** dargestellt.



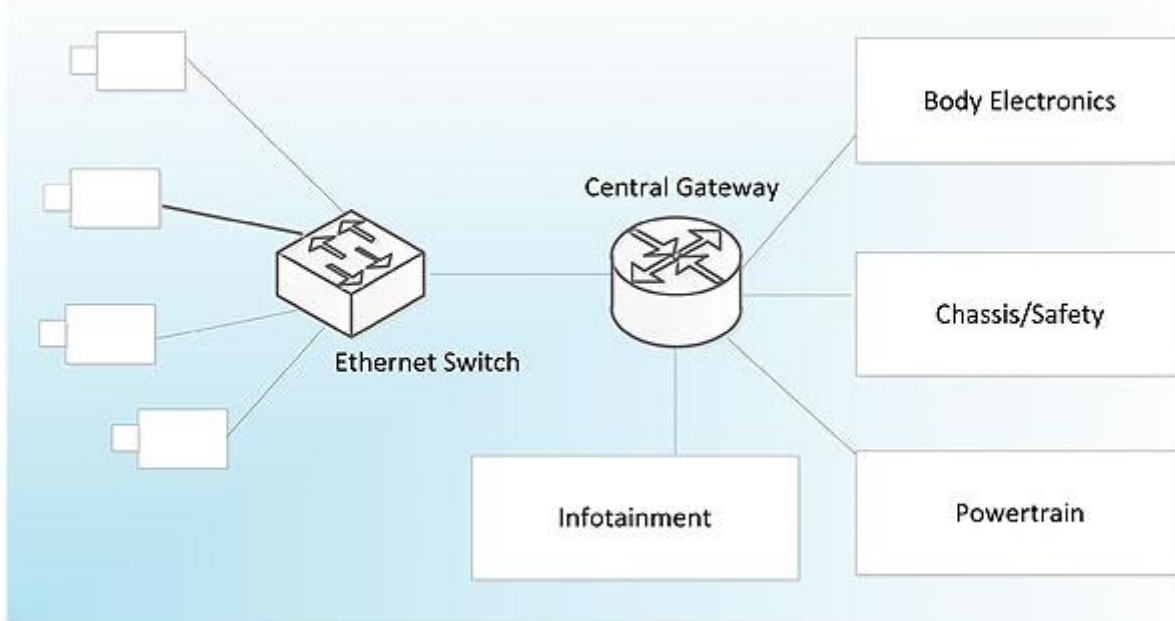
(https://cdn.weka-fachmedien.de/thumbs/media_uploads/images/1411391110-105-bild-1.jpg.950x534.jpg)

© TTTech

Bild 1. Der „Credit-Based Shaper“-Mechanismus der Norm IEEE 802.1Q.

Bild 1 beschreibt den sogenannten „Credit-Based Shaper“-Mechanismus. Dabei handelt es sich um einen Mechanismus, der lokal an den Outgoing Ports eines Ethernet Switch ausgeführt wird. In diesem Beispiel ist ein Outgoing Port dargestellt, der Nachrichten von zwei Warteschlangen versenden muss (Klasse A und andere). Typischerweise verwaltet ein Switch bis zu acht Warteschlangen pro Outgoing Port. Des Weiteren ist der Verlauf eines sogenannten „Credit“ (eine lokale Variable) gezeigt. Entsprechend dem Credit-Based-Shaper-Mechanismus wird der Ethernet Switch immer Nachrichten der Klasse A verschicken, wenn der Credit größer oder gleich 0 ist, ansonsten verschickt der Switch Nachrichten einer anderen Klasse. Der Credit-Wert verändert sich nun in Abhängigkeit davon, ob Nachrichten der Klasse A verschickt werden (in diesem Fall wird der Credit-Wert verringert) oder ob andere Nachrichten verschickt werden, obwohl Nachrichten der Klasse A in der Warteschlange verfügbar wären (in diesem Fall wird der Credit-Wert erhöht).

Sowohl die Rate des Verringerns als auch des Erhöhens kann per Konfiguration eingestellt werden. Durch diesen Mechanismus ist sichergestellt, dass nicht ausschließlich Nachrichten der Klasse A versendet werden, sondern auch andere Nachrichten einen angemessenen Anteil der Bandbreite zur Verfügung bekommen.



(https://cdn.weka-fachmedien.de/thumbs/media_uploads/images/1411391183-105-bild-2.jpg.950x534.jpg)

© TTTech

Bild 2. Beispielanwendung der IEEE-802.1-AVB-Norm in einem Kamerasystem.

Der Credit-Based-Shaper-Mechanismus erzwingt Fairness bei der Behandlung von kritischen (z.B. Klasse-A-) Nachrichten und von weniger wichtigen Nachrichten, bietet aber kein besseres Echtzeitverhalten des Klasse-A-Verkehrs, als es rein prioritätsbasierte Mechanismen ermöglichen. Das Echtzeitverhalten wird zum einen durch das Sendeverhalten im Talker sichergestellt: Nachrichten der AVB-Klasse A werden mit einer Periode von 125 Mikrosekunden verschickt. Zum anderen sind sowohl die Anzahl der Streams als auch die Anzahl der Ethernet Switches zwischen Talker und Listener beschränkt, um eine maximale Latenz von 2 Millisekunden für Nachrichten der AVB-Klasse A zu erreichen.

In **Bild 2** ist eine Anwendung von IEEE 802.1 AVB am Beispiel eines Kamerasystems dargestellt. Wie gezeigt, werden in diesem System vier Kameras über einen Ethernet Switch an das zentrale Gateway angeschlossen. Die Ausführung der Verbindungen zwischen den Kameras und dem Ethernet Switch sowie der Verbindung zwischen Ethernet Switch und Central Gateway als Ethernet AVB garantiert die Übertragung der Kameradaten in Echtzeit und ermöglicht darüber hinausgehend die Nutzung der Verkabelung auch für zum Beispiel Diagnose-, Konfigurations- und Managementdaten.

🐦 **Twitter** (<https://twitter.com/home?status=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

✂ **Xing** (https://www.xing.com/social_plugins/share?url=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html)

in **LinkedIn** (<https://www.linkedin.com/cws/share?url=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

[vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html](#))

f **facebook** (<http://www.facebook.com/share.php?u=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

G+ **Google +** (<https://plus.google.com/share?url=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

whatsapp (<whatsapp://send?text=http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

Mail (<mailto:?subject=Artikelempfehlung: http%3A%2F%2Fwww.elektroniknet.de%2Felektronik-automotive%2Fbordnetz-vernetzung%2Fechtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002.html>)

Seite 1 von 2

2 ➔ (</elektronik-automotive/bordnetz-vernetzung/echtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002-Seite-2.html>)

Echtzeitanwendungen mit Automotive Ethernet

Ethernet als Backbone-Lösung (</elektronik-automotive/bordnetz-vernetzung/echtzeitanwendungen-mit-automotive-ethernet-113002-Seite-2.html>)

Zum Thema

Autonomes Fahren

Wind River und TTEch entwickeln gemeinsam ECUs

(</elektronik-automotive/wirtschaft/wind-river-und-tttech-entwickeln-gemeinsam-ecus-109965.html>)

Wind River und TTEch haben die gemeinsame Entwicklung von Steuergeräten beschlossen. Diese basieren auf vernetzten Multi-Core-SoCs...

Dräxlmaier Group

Bordnetz der Zukunft und dessen Absicherung

(/elektronik-automotive/sonstiges/bordnetz-der-zukunft-und-dessen-absicherung-106231.html)

Das zukünftige Bordnetz ist geprägt von Trends wie automatisiertes Fahren oder Car2X-Kommunikation, aber auch von dem Ziel, die CO2-Emissionen...

Aus unserem Netzwerk

© Wisawa222 | Shutterstock

Hohe Gleichtaktunterdrückung

Audio-Verstärker mit symmetrischem Eingang

(/elektronik/halbleiter/audio-verstaerker-mit-symmetrischem-eingang-156369.html)

Die symmetrische Übertragung von Audiosignalen wird nur dann ihre Vorteile ausspielen, wenn die Eingangsstufe mit hoher Gleichtaktunterdrückung...



Elektronik

© elektroniknet.de

Kommentar

Siemens baut um statt umgebaut zu werden

(/markt-technik/automation/siemens-baut-um-statt-umgebaut-zu-werden-156371.html)

Wer nicht von anderen zerschlagen und filetiert werden will, der muss das selber tun.

Markt&Technik

DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

© Rene Ruprecht/dpa

Beleuchtung

Neue Sparrunde bei Osram

(/markt-technik/optoelektronik/neue-sparrunde-bei-osram-156375.html)

Der Beleuchtungshersteller Osram hat nach dem großen Konzernumbau der vergangenen Jahre ein neuerliches Sparprogramm angekündigt.

Markt&Technik
DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

© ARM

Chips alleine reichen nicht mehr

ARM kauft Treasure Data

(/markt-technik/industrie-40-iot/arm-kauft-treasure-data-156408.html)

ARM will mit einer neuen Connectivity und Data-Management-Plattform einen Wendepunkt in der IoT-Evolution setzen. Deshalb hat ARM Treasure...

Markt&Technik
DIE UNABHÄNGIGE WOCHENZEITUNG FÜR ELEKTRONIK

© Sushaaa | Shutterstock

Internet of Things

Smart Beehive Scale with Raspberry Pi

(/international/smart-beehive-scale-with-raspberry-pi-156406.html)

Within the scope of a project of the Duale Hochschule Baden-Württemberg Karlsruhe four students developed HoneyPi, a smart beehive...

Elektronik

© Elektronik | Shutterstock.com

Elektronik-Zeitreise

Elektronische Post im Kommen

(/elektronik/halbleiter/elektronische-post-im-kommen-156373.html)

Heute gibt es unzählige Mail Clients und viele davon sind Open Source Clients. Im Jahr 1991 war E-Mail-Software hingegen ein stark...

Elektronik



© WEKA FACHMEDIEN

Sommernachtsfest der WEKA FACHMEDIEN

Elektronik-Branche gibt Gas

Der Sommer hielt sich zwar bedeckt, aber je dunkler die Wolken am Himmel wurden, desto mehr stieg die Feierlaune der Elektronik- und ITK-Branche.

(<https://www.elektroniknet.de/elektronik-automotive/sonstiges/elektronik-branche-gibt-gas-155492.html?pth=ibx>)

(<https://www.automotive-software-kongress.de/home.html>)



Automotive Software KONGRESS

© WEKA FACHMEDIEN GmbH

19. September 2018, Landshut

Automotive Software Kongress 2018

Das Themenspektrum des Automotive Software Kongress 2018 bildet den gesamten Entwicklungszyklus der Steuergeräte-Software im Automobil ab. Melden Sie sich jetzt an!



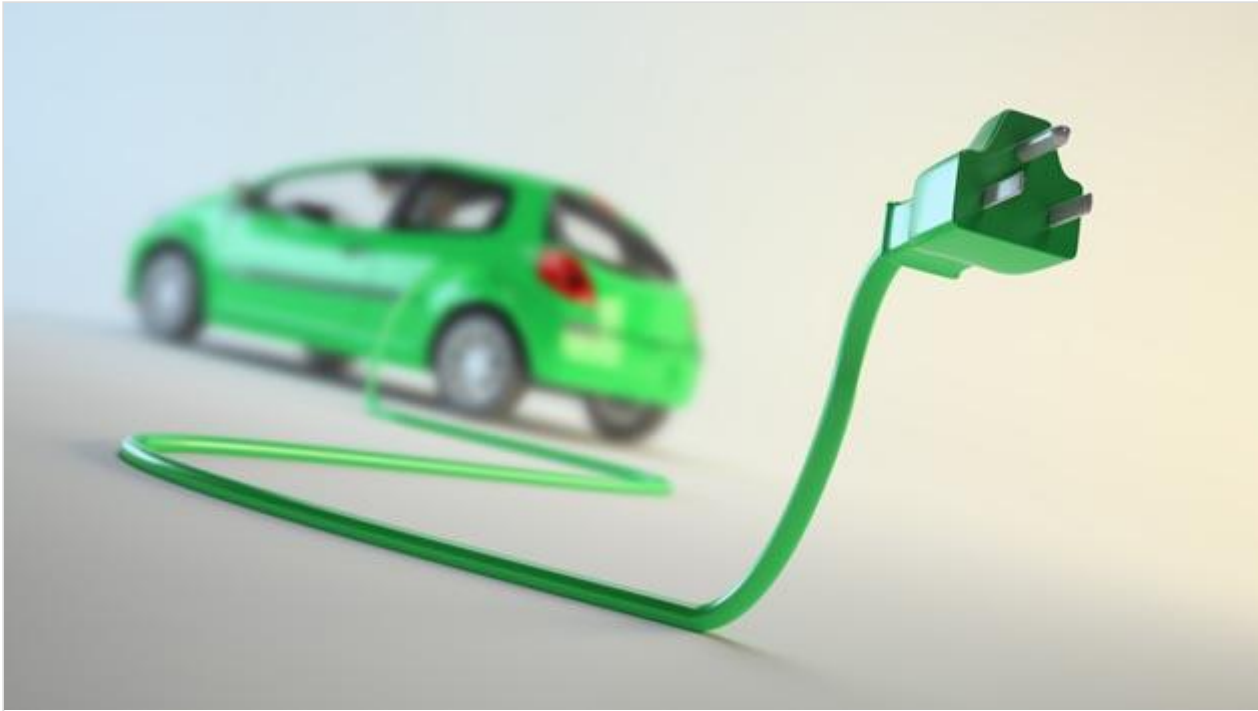
© WEKA FACHMEDIEN GmbH

11.-13. September, Stadthalle Sindelfingen

Forum Safety & Security 2018

Erleben Sie auf dem Forum Safety & Security einen interessanten Austausch über die neuesten Aspekte aus Sicht der Anwendungsbranchen Industrie, Automotive und Medizinelektronik.

(<https://www.safety-security-forum.de/home.html>)



© Mopic | Shutterstock

Augenblicke

Deutschlands beliebtestes Elektroauto ist...?

AutoScout24 hat seine Daten ausgewertet (Februar bis April 2017) und daraus die zehn beliebtesten Elektrofahrzeuge Deutschlands ermittelt.

(<https://www.elektroniknet.de/elektronik-automotive/elektromobilitaet/bilder/top-ten-der-beliebtesten-elektroautos-in-deutschland-7119.html?aid=144188&pth=ibx>)

© 2018 WEKA FACHMEDIEN GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

[Impressum \(/impressum\)](#) | [AGB \(/agb\)](#) | [Datenschutz \(/datenschutz\)](#)