



Bild 1: Nicht nur bei schlechtem Wetter zeigt sich, ob durch die richtige FMEA ein Batterie-Ausfall vermieden werden kann.

**FMEA: Geringer Aufwand, hoher Nutzen**

# Robuste Bordnetze vermeiden Batterie-Entladungen

**Wer bei der Entwicklung von elektronischen Steuergeräten als qualitätssichernde Maßnahme die FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) einsetzt, der kann mit geringem Aufwand einen hohen Nutzen erzielen. *elektronik industrie* zeigt Ihnen, wie Sie die Robustheit des Bordnetzes soweit stärken, dass ein Fehlverhalten einzelner Elektrik-/Elektronik-Komponenten kompensiert wird und so die Fahrzeugbatterie nicht geschädigt wird.**

DETLEF VON REUSNER, RMCTECH GMBH

Mit dem Umfang und der Komplexität der installierten Systeme steigen die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Einzelkomponenten sowie des gesamten Bordnetzes. Mängel in der Fahrzeugelektronik spielen nur so lange eine untergeordnete Rolle, wie sie vom Fahrer nicht wahrgenommen werden. Sobald aber (meist aufpreispflichtige) Ausstattungsmerkmale unzuverlässig arbeiten und der Kunde unplanmäßig die Werkstatt aufsuchen muss sind sehr sensitive Bereiche angesprochen, in denen die Kundenzufriedenheit schnell umschlagen kann.

Dies ist besonders der Fall, wenn ein Fahrzeug sich auf Grund einer entladenen Batterie nicht mehr starten lässt. Dabei liegt die Ursache nicht im Versagen der Batterie, sondern in einem Fehler irgendwo im Bordnetz. Hier kann eine speziell ausgerichtete FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) als Qualitätsmanagement-Maßnahme Abhilfe schaffen. Die meisten im Fahrzeug installierten Kommunikationsbusse räumen den elektronischen Steuergeräten die Möglichkeit ein, den Bus wach zu halten (Bild 3). Dies gilt unter anderem für CAN- und MOST-Architekturen (Bild 2). Solange nicht zukünftige Lösungen wie z. B. Flexray das selektive

Ausschalten von Steuergeräten über den Bus erlauben, kann ein Fehler in einem Steuergerät oder seiner angeschlossenen Subsysteme dazu führen, dass das gesamte Bordnetz wach gehalten wird. Batterie-ströme bis 10 A und höher sind die Folge. Bei permanent aktivem Bordnetz wird auch eine 90-Ah-Batterie innerhalb weniger Stunden entladen.

### Problemfall: Wecken

Vielfach bleibt die Elektronik im Fahrzeug nicht permanent wach, sondern geht je nach Fehlerart in unterschiedlichem Maß verzögert in den Ruhezustand. Weitere Möglichkeiten für ein Fehlverhalten sind unerwünschte Weckvorgänge, bei denen das Bordnetz ohne das Vorliegen einer gültigen

Einschaltbedingung geweckt wird. Dabei wird die Batterie eines wenig bewegten oder hauptsächlich auf Kurzstrecken eingesetzten Fahrzeugs schneller entladen als die eines Langstreckenfahrzeugs. Aber auch letztere muss auf Grund der häufigen Entlade- und Ladevorgänge vorzeitig (und innerhalb der Gewährleistung) ausgetauscht werden. Eine Bleisäure-Batterie ist im normalen Entlade-/Lade-Betrieb nach etwa dem einhundertfachen ihrer Ladekapazität am Ende ihrer Lebensdauer.

### Lösungen

Natürlich werden bereits Maßnahmen ergriffen, um diese Problematik zu entschärfen: Durch umfangreichere Tests am Bordnetz und durch Maßnahmen im Fahrzeug, die eine Tiefentladung der Batterie verhindern sollen (Stichwort: Intelligentes Energiemanagement). Den größten Vorteil bringen Maßnahmen, die Fehler bereits während der Entwicklung verhindern. Hier bietet eine speziell zugeschnittene FMEA zum Ruhestromverhalten einen hohen Nutzen bei vergleichsweise geringem Aufwand.

**AUTOR**



Detlef von Reusner ist Reliability Expert bei der RMCTech GmbH in München.

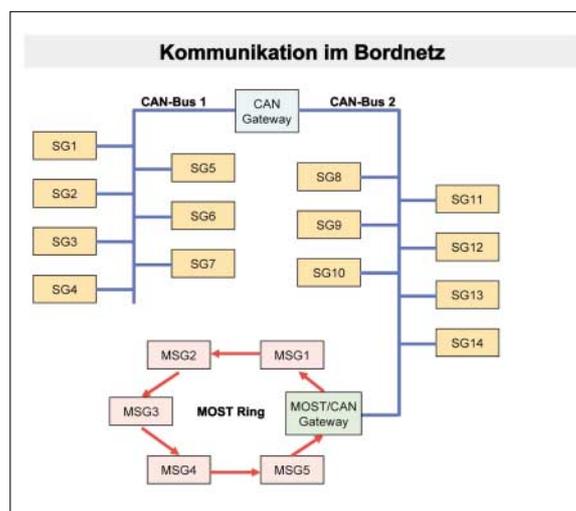


Bild 2: Ein typisches Fahrzeugbordnetz: Teilnetze unterhalten sich über Gateways.

zunächst Einzug in die Bereiche Kernkraftwerk, Luftfahrt. Spätestens seit der Herausgabe des VDA Bands 4 (Verband der Automobilindustrie, 1996) kommt sie auch zur Qualitätssicherung im Automobil zum Einsatz.

Allerdings werden FMEAs in den Unternehmen hauptsächlich zur Risikoanalyse von sicherheitsrelevanten Funktionen und

Geräten durchgeführt. Dies rührt zum großen Teil daher, dass der in der FMEA behandelte Bereich sehr umfassend definiert ist und damit der Aufwand entsprechend hoch ist, alle Funktionen mit dem erforderlichen Detailgrad zu erfassen. Wenn der Fokus der FMEA scharf genug gesetzt wird, lässt sich jedoch mit geringem Aufwand viel erreichen.

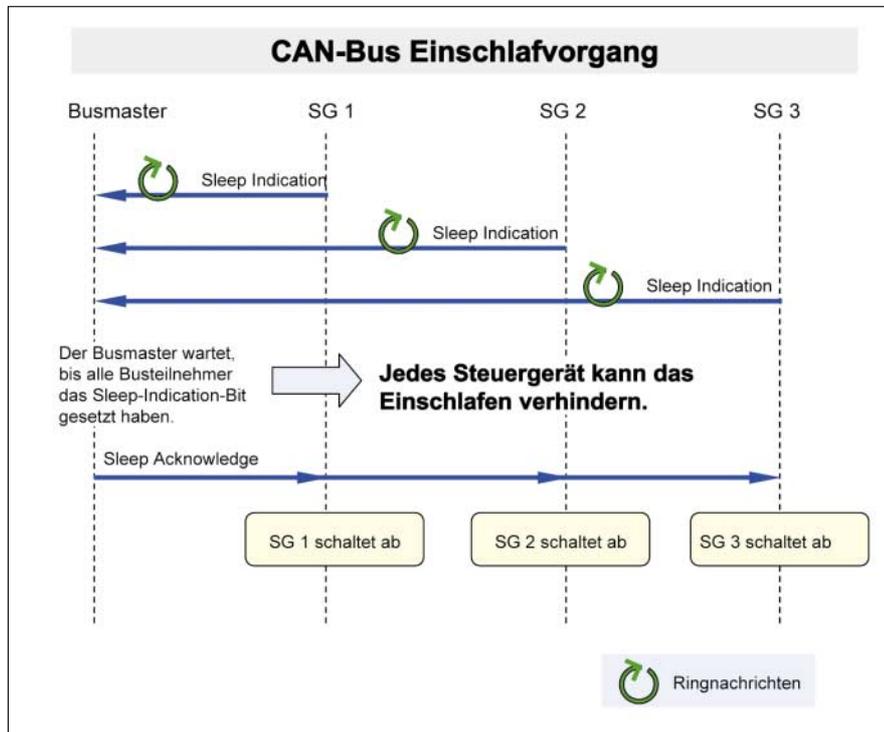


Bild 3: Jedes Steuergerät im Bordnetz kann das Fahrzeug wach halten.

#### KOMPAKT

- FMEA: Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse
- FMEA zum Ruhestromverhalten bietet einen hohen Nutzen bei vergleichsweise geringem Aufwand
- Der Fokus der FMEA liegt nur auf Funktionen, die Einfluss haben auf Weck- bzw. Einschlaf-Verhalten oder den Ruhestrom des Steuergeräts
- Wichtig: Plausibilitätskontrollen in der Software
- FMEA bringt Einsparungen sowohl in der Entwicklungsphase als auch nach Produktionsstart

Für die elektronischen Steuergeräte im Fahrzeug bedeutet dies, dass eine FMEA gezielt zur Behandlung von Risiken im Bereich des Batterie-Ruhestromverhaltens eingesetzt werden kann. Der Fokus der FMEA liegt hier nicht auf dem gesamten Funktionsumfang des Steuergeräts. Es geht hier nur um solche Funktionen, die Einfluss haben auf Weckverhalten, Einschlaf-Verhalten oder den Ruhestrom des Steuergeräts. Beispielsweise interessiert beim Navigationssystem nicht seine eigentliche Funktion zur Routenführung, sondern insbesondere sein Einschlafverhalten. Dabei werden Steckersignale (Hardware), Busnachrichten (Software) und auch die Umwelt (unter anderem das Fahrerverhalten) berücksichtigt. Abhängigkeiten von anderen Steuergeräten sind dadurch mitberücksichtigt (**Bild 4**). ▶

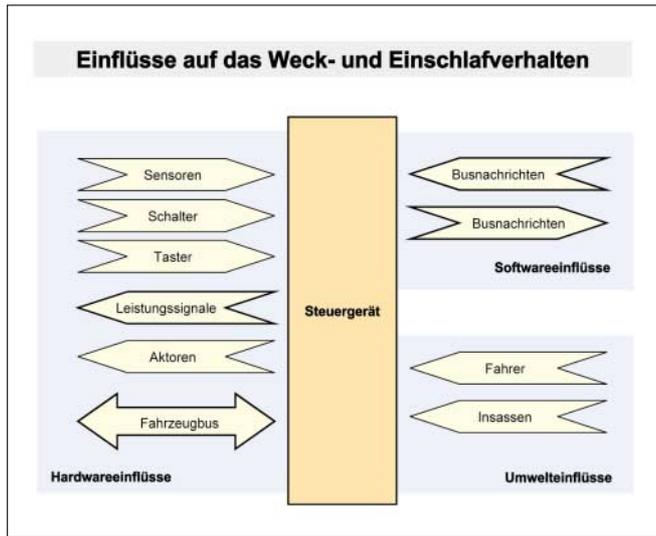
## Fragen für die FMEA:

Es ist wichtig, zu erfahren, welchen Einfluss einzelne Faktoren auf das Einschlafverhalten haben. Zu diesen Faktoren gehören fehlerhaft wechselnde Kontakte oder Sensorsignale, ausbleibende Busnachrichten, mehrfach empfangene Busnachrichten oder zum Beispiel ein

Als sehr hilfreich hat es sich erwiesen, eine Checkliste für die zu untersuchenden Fehlerarten aufzustellen. Wichtig ist bei der Risikobewertung eine eindeutige praxisgerechte Definition der Bewertungskataloge für Fehlerbedeutung sowie Auftretens- und Entdeckungs-Wahrscheinlichkeiten. Die Kataloge sind auf die spe-

Die Vorteile auf einen Blick:

- 1) Die Vollständigkeit der Anforderungen wird überprüft.
- 2) Die Wirksamkeit bereits implementierter Maßnahmen im Entwicklungsprozess wird beurteilt (Bewertung der Entdeckungs- und Vermeidungs-Maßnahmen).
- 3) Korrekturmaßnahmen werden unmittelbar deutlich bzw. als Ergebnis festgelegt.
- 4) Das Steuergerät ist in seinem Weck- und Einschlafverhalten dokumentiert.
- 5) Alle Beteiligten sind auf einem aktuellen Stand und haben das selbe Verständnis zu den Funktionen.



**Bild 4:** Die FMEA untersucht die Einflüsse auf das Steuergerät an seinen Schnittstellen.

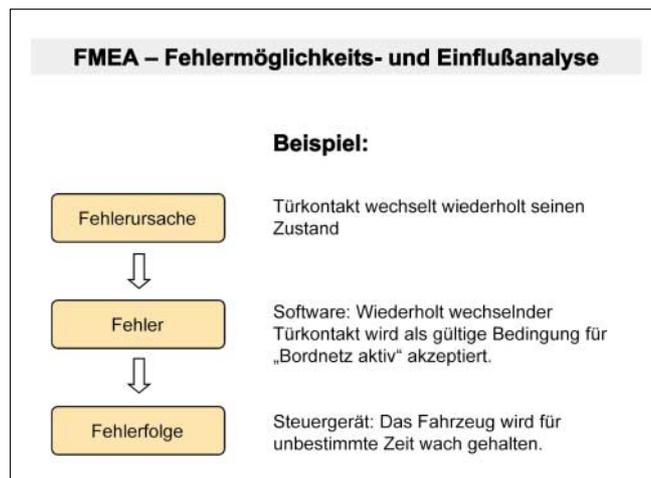
## Fazit

Zusammengefasst senkt die beschriebene Qualitätsmaßnahme durch die Vermeidung von Fehlern die Kosten bei Fehlersuche und Beseitigung. Sie bringt somit Einsparungen sowohl in der Entwicklungsphase als auch nach Produktionsstart. Nebenbei wird auch der

bestimmtes Fahrerverhalten – etwa wenn das Fahrzeug unverriegelt abgestellt wird (Bild 5).

Teil der FMEA ist es nun Maßnahmen fest zu legen, die das Auftreten der jeweiligen Fehlerursache verhindern, bzw. die Fehlerfolge vermeiden oder zumindest abmildern. Zu den Vermeidungs-Maßnahmen zählen auch Beschaltungen an Hardware-Signalen und Plausibilitätskontrollen in der Software. Wechselt etwa ein Türkontakt in zu kurzen Abständen ohne dass in einem bestimmten Zeitfenster weitere Zustandswechsel durch Fahrer oder Passagier vorgenommen werden, so sollte der Türkontakt ignoriert werden, damit das verantwortliche Steuergerät nicht zum Einschlaf-Verhinderer wird.

Der Aufwand der FMEA unter diesem speziellen Fokus ist vergleichsweise gering – und zwar aus folgendem Grund: Die Anzahl der Steckersignale und die Anzahl der Busnachrichten, die im Zusammenhang mit Weck- und Einschlafverhalten eine Rolle spielen, ist jeweils sehr begrenzt.



**Bild 5:** Analysiert werden denkbare Fehlbedingungen an den Schnittstellen des Steuergeräts.

ziellen Belange für die Beurteilung des Weck- und Einschlafverhaltens zuzuschneiden.

## Vorteile und Nutzen

Entsprechend vorbereitet ergibt sich der Nutzen aus der FMEA nicht erst bei Vorliegen der Endergebnisse. Vielmehr können bereits Sofortmaßnahmen umgesetzt werden, während Funktionen und ihre möglichen Fehler noch erarbeitet und dargestellt werden.

Kunde zufriedener sein, denn eine Vielzahl der Fehler-Szenarien wird dank der eingeführten Maßnahmen gar nicht erst auftreten.

Die beschriebene Qualitätsmaßnahme senkt die Kosten bei Fehlersuche und Beseitigung indem Sie Fehler bereits im Vorfeld vermeidet. Sie bringt somit Einsparungen sowohl in der Entwicklungsphase als auch nach dem Produktionsstart. Ein sehr erwünschter Nebeneffekt: Die Autofahrer werden zufriedener sein, denn eine Vielzahl der Fehler-Szenarien wird dank der eingeführten Maßnahmen gar nicht erst auftreten. (av)