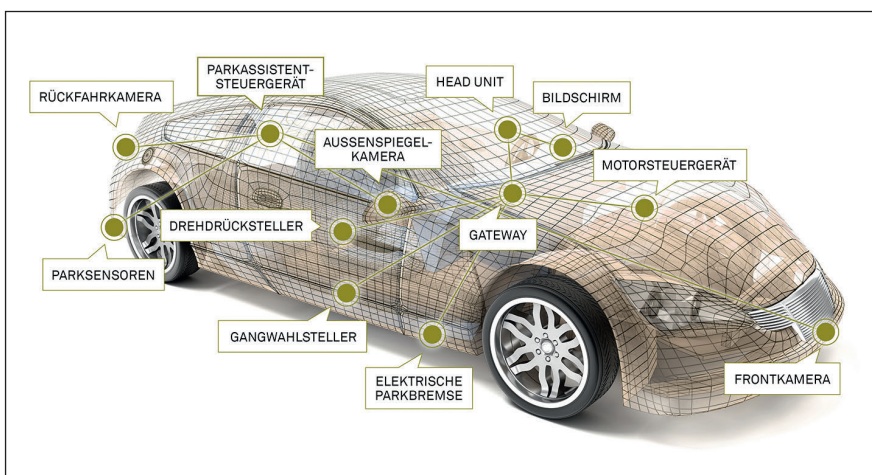


## ALEATORISCHE FUNKTIONSABSICHERUNG

# Neue Methode zur Absicherung von Fahrerassistenzsystemen

Die ASAP Gruppe hat eine Absicherungsmethode für komplexe Systemfunktionen, wie beispielsweise Fahrerassistenzsysteme, auf Basis des Reinforcement Learnings entwickelt: die aleatorische Funktionsabsicherung. Damit begegnet der Entwicklungspartner der Automobilindustrie der überproportionalen Zunahme der Vielfältigkeit und Komplexität von Fahrzeugfunktionen und den daraus resultierenden Herausforderungen bei ihrer Validierung.



*Eine Vielzahl von Steuergeräten sind Teil der Wirkkette des Rückfahrsystems – zahlreiche Querwirkungen ergeben sich daraus. © ASAP*

Das US-Gesetz FMVSS111 beschäftigt aktuell Automobilhersteller und deren Entwicklungspartner. Es schreibt eine Rückfahrkamera bei allen ab Mai 2018 in den USA verkauften Pkws vor. Wesentlich dabei: das Bild der Rückfahrkamera muss spätestens zwei Sekunden nach Einlegen des Rückwärtsgangs angezeigt werden und darf zu keinem Zeitpunkt durch andere Anzeigen überlagert werden.

Die Absicherung von Rückfahrssystemen im Hinblick auf die neuen Vorgaben birgt viele Herausforderungen, da es sich bei dem Assistenzsystem um eine komplexe Wirkkette mit zahlreichen Querwirkungen handelt. Um sicherzustellen, dass das Bild der Rückfahrkame-

ra immer gesetzeskonform angezeigt wird, müssen unzählige Signale und deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem überprüft werden. Beispiele für unerwünschte Querwirkungen sind die Anzeige einer Unwetterwarnung während der Rückwärtsfahrt oder eines Hinweises, dass der Akkustand des verbundenen Handys gering ist. Mit der Entwicklung einer neuen Absicherungsmethode auf Basis des Reinforcement Learnings – der aleatorischen Funktionsabsicherung – sorgt der Entwicklungsdienstleister ASAP für die passende Lösung: mit ihr lassen sich Funktionen in weitaus höherer Vielfalt und gleichzeitig gezielter absichern als mit herkömmlichen Methoden.

### Effizienz- und Qualitätssteigerung in der Funktionsabsicherung

Der kontinuierlich steigenden Vielfalt und Komplexität von Funktionen wird in der Absicherung bisher mit manuellen Tests sowie dem Einsatz von Testautomatisierungen begegnet: bei Testfahrten etwa werden in zufälliger Reihenfolge Kundenfunktionen ausgeführt und Fehler aufgezeichnet. Gerade bei komplexen Wirkketten mit mehreren Steuergeräten im Verbund sind manuelle Erprobungen oder die Validierung mit Testautomatisierungen alleine nicht ausreichend, da sie zu zeitaufwendig und entsprechend kostspielig sind und die nötige Testtiefe fehlt. ASAP hat deshalb die Methode der aleatorischen Funktionsabsicherung entwickelt, die bereits vor der Erprobung im Fahrzeug ansetzt und eine Lösung für die Herausforderungen der Absicherung bietet: durch den Einsatz künstlicher Intelligenz und das Testen an Closed-Loop-Prüfständen lassen sich komplexe Wirkketten mit Querwirkungen diverser Steuergeräte umfassend und zeitsparend validieren. Nicht nur ermöglicht die aleatorische Funktionsabsicherung demnach die Integration von Funktionen im Fahrzeug, die von vornherein besser abgesichert sind – sondern auch der Bedarf an Testfahrten und -szenarien mit Prototypen wird auf diese Weise erheblich minimiert.



Bild 1: Prüfplatz bei ASAP zum Einsatz der aleatorischen Funktionsabsicherung. © ASAP

Die Vorteile der selbstlernenden Methode sind vielfältig. Im Gegensatz zum anforderungsbasierten Testen müssen bei der aleatorischen Funktionsabsicherung vor Validierungsbeginn keine Testspezifikationen festgelegt werden – der Entwicklungsprozess wird somit beschleunigt. Außerdem ist die aleatorische

Funktionsabsicherung nicht auf manuelle Eingaben angewiesen und kann folglich rund um die Uhr kostengünstig eingesetzt werden [1]. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass die gelernten Zusammenhänge und Fehlerquellen für alle zukünftigen Absicherungen zur Verfügung stehen. Dieser Punkt unterscheidet sich

grundsätzlich vom manuellen Testen, bei dem jeder Tester nur auf seinen persönlichen Erfahrungsschatz zugreifen kann. Ein weiterer Vorteil der aleatorischen Funktionsabsicherung ist die automatische Generierung einer Datenbank, in der alle Ergebnisse dokumentiert werden. Besonders hervorzuheben ist zu- »

THE **BATTERY** SHOW  
EUROPE 2020



europa  
2020

28-30 April, 2020

Messe Stuttgart | Stuttgart, Germany

The leading meeting place for the advanced battery and H/EV technology community

3 days / 490+ exhibitors / 10,000+ attendees

5 reasons to attend:

1. Source the latest technologies.
2. Learn about the latest market innovations.
3. Gain new ideas on increasing efficiencies and lowering costs.
4. Watch live product demos of cutting-edge technology solutions.
5. Network with peers at exclusive networking receptions.

“ The Battery Show Europe provides a fantastic forum to understand all the latest trends and points of view within this fast-changing and exciting industry. ”

— Jonas Malmqvist  
Purchasing Manager Battery Sales  
Ford Motor Company

For more information visit: [www.thebatteryshow.eu](http://www.thebatteryshow.eu) | [www.evtechexpo.eu](http://www.evtechexpo.eu)

5704\_BAT20





**Bild 2: Unerwünschte Querwirkungen wie ein Hinweis zu niedrigem Akkustand während der Rückwärtsfahrt.** © ASAP

dem, dass Entscheidungen auf Basis von objektiven Kriterien getroffen werden – dadurch erhöht sich die Testtiefe und somit der Validierungsgrad der getesteten Software.

### Selbstlernende Methode zur Absicherung komplexer Wirkketten

Die genannten Vorteile machen die aleatorische Funktionsabsicherung von ASAP zur optimalen Absicherungsmethode für komplexe Systeme mit vielen Querwirkungen. Beispielhaft seien hier Assistenzfunktionen beim Parken beziehungsweise bei der Rückwärtsfahrt genannt. Angefangen vom Gangwahlschalter über Motorsteuergeräte und Head Unit bis hin zum Kamerasystem sind eine Vielzahl von Steuergeräten Teil einer Wirkkette. Aus diesem Steuergeräteverbund ergeben sich zahlreiche Querwirkungen. So können beispielsweise Pop-ups zu Einstellungen oder Sicherheitsmeldungen das Bild der Rückfahrkamera überlagern. Im schlimmsten Fall könnte das Kamerabild durch Steuergerätefehler sogar ganz ausfallen.

Die Ursachen für Fehler können verschiedenste Eingabekombinationen oder kritische Zustände von Steuergeräten sein. Da es unmöglich ist, alle Eingabekombinationen mit unterschiedlichen Wartezeiten zu testen, setzt die aleatorische Funktionsabsicherung auf das Testen intelligenter ausgewählter Stichpro-

ben. Dabei geht sie folgendermaßen vor: zunächst werden Randbedingungen, Erwartungswerte und Stimulationsräume definiert. Unter Randbedingungen versteht man beispielsweise die gesetzlichen Vorgaben, dass der Fahrer das Bild auf eigenen Wunsch deaktivieren kann oder dass bei geöffnetem Kofferraum kein Bild der Rückfahrkamera angezeigt wird, da sich die Kamera typischerweise in der Kofferraumabdeckung befindet. Der Erwartungswert beschreibt, welcher Zustand nach der Stimulation mit Eingabekombinationen eintreten soll, und die Stimulationsräume legen fest, welche Eingaben zulässig sind.

Anschließend werden mithilfe von Mustererkennungsverfahren gezielt Stichproben aus den verschiedenen Eingabekombinationen bestimmt. Dabei wird ein selbstlernender Algorithmus – das Reinforcement Learning – verwendet [2]. Der Algorithmus funktioniert wie folgt: kontinuierlich werden Aktionen ausgeführt, die den Zustand der Umwelt, also des Steuergeräteverbunds, verändern. Falls nach einer Aktion nicht der Erwartungswert eintritt, erhält der Algorithmus eine Belohnung für seine durchgeführten Aktionen. Dadurch wird der Algorithmus darauf konditioniert, nach Abweichungen vom Erwartungswert zu suchen. Der Algorithmus sucht demnach innerhalb des zur Verfügung stehenden Stimulationsraums nach Fehlern.

### Wirkungsweise des Reinforcement Learnings

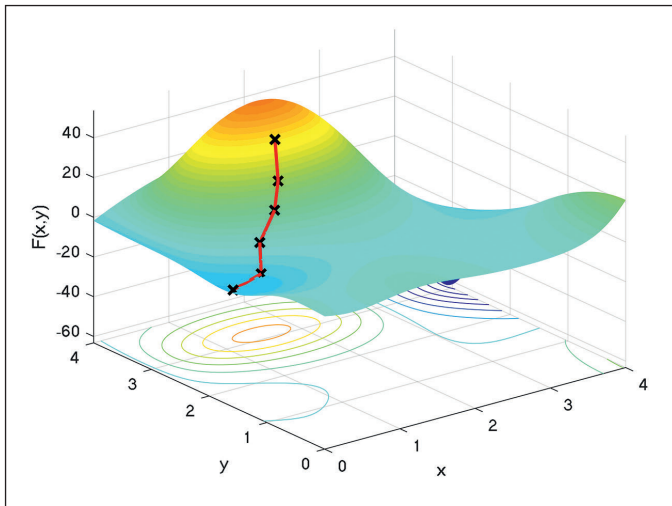
Das Reinforcement Learning basiert auf der Annahme, dass für den aktuellen Zeitpunkt  $t$  die Belohnung  $r_t$  vom aktuellen Zustand  $s_t$  sowie von der Aktion  $a_t$  abhängt. Dabei sind die Lernrate  $\alpha$  und der Diskontierungsfaktor  $\gamma$  frei wählbare Parameter, die je nach Problemstellung und Anforderungen bestimmt werden müssen. Prinzipiell gibt es einen Zusammenhang zwischen der Lernrate  $\alpha \in ]0,1]$  und der Umgebung. Für deterministische Umgebungen ist die optimale Lernrate  $\alpha=1$ , da jeder gelernte Zusammenhang auch in Zukunft Gültigkeit hat. Je unberechenbarer die Umgebung ist, desto kleiner sollte  $\alpha$  gewählt werden, um nur die wichtigsten Zusammenhänge zu lernen und seltenen Ereignissen nicht zu viel Gewicht zu verleihen. Gleichzeitig sollte der Diskontierungsfaktor  $\gamma \in [0,1]$  an die Dauer des Testlaufs angepasst werden. Grundsätzlich gilt: je kürzer der Testlauf, desto kleiner der Parameter  $\gamma$ . Der Grund dafür ist, dass für kleine Werte  $\gamma$  verstärkt an problematischen Stellen gesucht wird, während große Werte für  $\gamma$  dazu führen, dass der Suchraum umfassender durchsucht wird. Zusammenfassend ergibt sich folgende Q-Funktion, die die erwartete Belohnung  $Q$  einer Aktion  $a$  im Zustand  $s$  beschreibt:

$$Q(s_t, a_t) = (1-\alpha)Q(s_t, a_t) + \alpha(r_t + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a'))$$

Durch die formale Beschreibung des Lernproblems kann gezielt nach Fehlern gesucht werden, selbst wenn der Suchraum sehr groß ist. Dabei ist es möglich, die Parameter  $\alpha$  und  $\gamma$  während der Laufzeit zu verändern, um die Fehlersuche weiter zu optimieren.

### Testumgebung der aleatorischen Funktionsabsicherung

Die aleatorische Funktionsabsicherung benötigt einen Closed-Loop-Prüfstand, an dem alle relevanten Stimuli automatisiert ausgeführt werden können. Unter Closed-Loop-Prüfstand versteht man die Eigenschaft, dass der real verbaute Steuergeräteverbund und die simulierte Umgebung sich gegenseitig beeinflussen. Beschleunigen die beteiligten Steu-



**Bild 3: Darstellung der Annäherung an erhöhtes Fehleraufkommen.**

© ASAP

**Quellenverzeichnis**

[1] Fromm, T.: Abschied von den geheimen Fahrten. Unter: [www.sueddeutsche.de/wirtschaft/das-ender-erlkoenige-abschied-von-den-geheimen-fahrten-1.1008700](http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/das-ender-erlkoenige-abschied-von-den-geheimen-fahrten-1.1008700) (abgerufen am 21.08.2019).  
 [2] Barto, A. G.; Sutton, R. S. (1998). Introduction to Reinforcement Learning. MIT Press, Cambridge.  
 [3] Brenner, W.; Herrmann, A. (2018). An Overview of Technology, Benefits and Impact of Automated and Autonomous Driving on the Automotive Industry. In: Digital Marketplaces Unleashed, pp. 427–442. Springer Berlin Heidelberg.  
 [4] Becker, J.: Der Entwicklungsaufwand bei selbstfahrenden Autos ist riesig. Unter: [www.sueddeutsche.de/auto/autonomes-fahren-der-entwicklungsaufwand-bei-selbstfahrenden-autos-ist-riesig-1.3838094](http://www.sueddeutsche.de/auto/autonomes-fahren-der-entwicklungsaufwand-bei-selbstfahrenden-autos-ist-riesig-1.3838094)

ergeräte den Prüfstand virtuell auf eine bestimmte Geschwindigkeit, muss die simulierte Umgebung sich dementsprechend verändern und Rückmeldung über Steigungswinkel der Straße, Gegenwind und weitere Details an die entsprechenden Steuergeräte und Sensoren geben. Zudem muss die zu validierende Funktion ein eindeutiges Ergebnis haben. Insbesondere bei der Auswertung von Kundenfunktionen werden typischerweise Algorithmen aus der Bildverarbeitung und des maschinellen Lernens eingesetzt.

nung der Person führen müssen, sind: Größe, Bekleidung, Gehgeschwindigkeit der Person, Winkel zwischen Person und Auto, Lichtverhältnisse, Wetter, Straßenbelag sowie Objekte wie Bäume und Schilder. Alle diese Parameter in sämtlichen Kombinationen zu evaluieren ist schlicht unmöglich. An dieser Stelle hilft die von ASAP entwickelte Methodik, kritische Konfigurationen – wie beispielsweise schlechte Lichtverhältnisse – zu identifizieren und kann so einen großen Beitrag bei der Realisierung von Mobilitätslösungen der Zukunft leisten. ■ (oe)

[www.asap.de](http://www.asap.de)

**ASAP Tech Talk**

Experteninterview zur aleatorischen Funktionsabsicherung. Link zum Video: [www.youtube.be/S3YHOU\\_R3T8](http://www.youtube.be/S3YHOU_R3T8)



**René Honcak** ist Projektmanager Modellbildung/Simulation bei ASAP.



**Dr. Josef Baumgartner** ist Entwicklungsingenieur Testautomatisierung bei ASAP.

**Aleatorische Funktionsabsicherung als Wegbereiter für Autonomes Fahren**

Die Absicherung von Fahrfunktionen für Autonomes Fahren stellt die Automobilindustrie vor neue Herausforderungen [3, 4]. Als Faustregel gilt: mindestens eine Million Testkilometer sollten mit autonomen Fahrfunktionen zurückgelegt werden, bevor eine Freigabe erteilt werden kann. Die von ASAP entwickelte Methode der aleatorischen Funktionsabsicherung unterstützt dabei aktiv den Entwicklungsprozess. Mit ihr lassen sich in jeder Entwicklungsstufe automatisierte, realitätsnahe Tests ausführen und mögliche Fehler finden. Durch das gezielte Suchen nach Fehlern bekommt der Funktionsentwickler innerhalb kürzester Zeit ein Feedback zum aktuellen Entwicklungsstand.

Ein Beispiel für eine Funktion des Autonomen Fahrens ist etwa die Personen-erkennung. Eine vollständige Spezifizierung zur Absicherung ist dabei nicht möglich, da es unendlich viele Situationen gibt, in denen Personen erkannt werden müssen. Eine Auswahl an Parametern, die sich ändern können und trotzdem zu einer fehlerfreien Erkennung

**Universal Debug Engine®**  
 Multicore ▪ Debugging ▪ Trace ▪ Test Automation

eclipse IDE  
 C/C++ Compiler  
 Test Automation  
 Workflow Tools

universal debug engine®  
 COM based Control API

Universal Access Device

CAN Recorder  
 RTOS Support  
 Debug Interface  
 Trace Analysis

Custom Specific Hardware / Evaluation Boards

AURIX / TriCore  
 Arm Cortex-M/R/A  
 SPC5 / MPC5xxx  
 RH850 / R-Car  
 XE166 / XC2000

**pls** Development Tools

[www.pls-mc.com](http://www.pls-mc.com)

Wir stellen aus: Embedded World 2020 \* Halle 4 \* Stand 4-310