



# Seitenfenster – Sicher auf und zu

Delphi Electronics & Safety entwickelt Fensterhebersteuerungen mit TargetLink

In seinem mexikanischen Technologie-Zentrum entwickelt Delphi Electronics & Safety neue Algorithmen für Seitenfenster-Funktionen. Ziel ist es, höchste Sicherheit beim Einklemmschutz zu erreichen. Dabei nutzt Delphi dSPACE Prototyping-Systeme und den Seriercode-Generator TargetLink, um die neuen Funktionen zu simulieren, zu implementieren und zu testen.

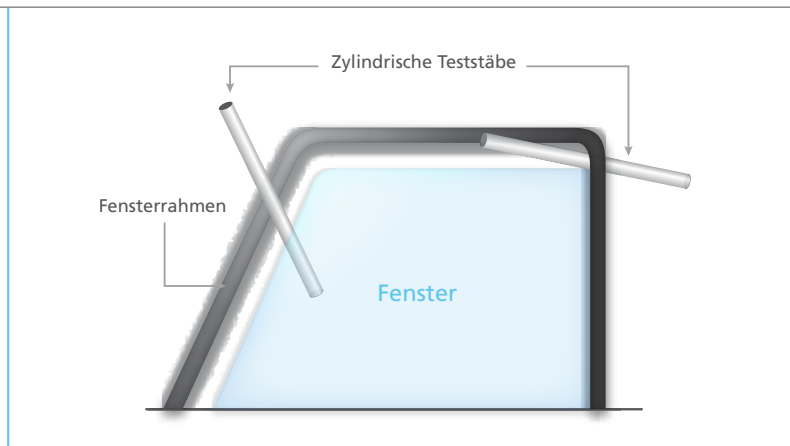


Abbildung 1: Testverfahren für den Einklemmschutz. Die tatsächlich auftretenden Schließkräfte werden durch Einbringen von Teststäben gemessen.

### Sicherheitsaspekte beim Fensterheber

Ähnlich wie in anderen Fahrzeugdomänen nimmt die Anzahl elektronischer Funktionen im Innenraumbereich stetig zu. Und auch für Komfortfunktionen dürfen Sicherheitsaspekte nicht außer Acht gelassen werden. Beim automatischen Schließen eines Seitenfensters muss einer potenziellen Verletzungsgefahr, zum Beispiel dem Einklemmen von Fingern, durch entsprechende Gegenmaßnahmen vorgebeugt werden.

### Anforderungen an den Einklemmschutz

Der Einklemmschutz eines Seitenfensters muss beispielsweise Vorschriften der EU und der Vereinigten Staaten erfüllen, für die Testverfahren zur Verfügung stehen (Abbildung 1). So erfordern die Vorschriftskriterien,

dass das Seitenfenster maximal eine Kraft von 100 N auf ein Objekt ausüben darf. Die Nichtüberschreitung dieser maximal zulässigen Kraft muss im Bereich von 4 mm bis 100 mm ab dem oberen Fensterrahmen überwacht, bzw. zuverlässig erkannt werden. Ferner ist es wichtig, den Einklemmschutzalgorithmus unmittelbar vor Erreichen der Fensterdichtung zu deaktivieren, damit das Fenster dicht schließt. Zusätzlich muss eine Beschädigung des Hebemotors durch zu langes Blockieren vermieden werden.

Der im Projekt eingesetzte Einklemmschutzalgorithmus basiert auf dem Delphi-Patent „Method for Monitoring Movable Elements“. Die angewandte Methode überwacht das Hall-Effekt-Rückkopplungssignal des Fensterhebemotors, um Rückschlüsse auf die ausgeübte Kraft vorzunehmen.



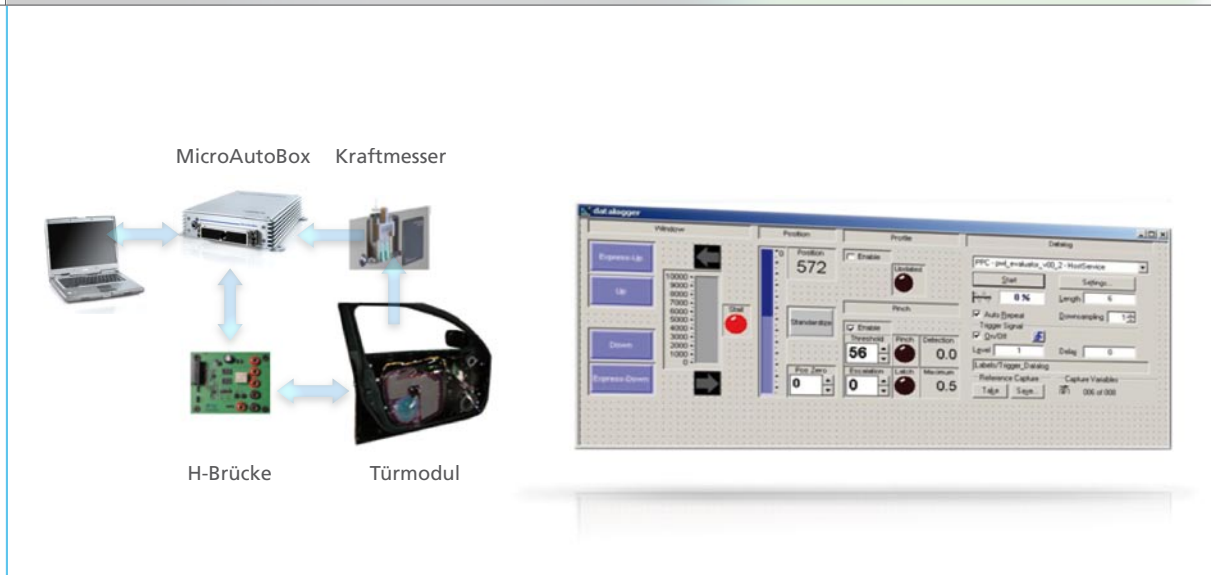


Abbildung 2: Links: Prüfstand zur Algorithmen-Validierung mit MicroAutoBox. Rechts: ControlDesk Experimentier-Layout.

### Aufbau der Entwicklungs-umgebung

Der Algorithmus wurde von Delphi in Simulink®/TargetLink entwickelt und das Konzept mit einer dSPACE MicroAutoBox und ControlDesk validiert (Abbildung 2). ControlDesk wurde nicht nur zur Anpassung der Parameter des Algorithmus eingesetzt, sondern auch zur Signalaufzeichnung, um Testvektoren für spätere Simulationsläufe in Simulink/

TargetLink zu gewinnen. Neben der Validierung am Prüfplatz wurde eine Umgebung für „Closed-Loop“-Simulationen in Simulink/TargetLink geschaffen, um die Algorithmenentwicklung unter Nutzung von Model-in-the-Loop (MIL)- und Software-in-the-Loop (SIL)-Simulationen für das Gesamtsystem durchzuführen. Das relevante Verhalten des Fensterhebers wurde durch ein Zustandsraummodell eines Gleichstrom-

gefahren, bevor die Positionssteuerung in den normalen Betriebsmodus übergehen kann. In diesem Modus summiert die Positionssteuerung dann sämtliche Änderungen der Fensterposition über die gesamte Lebensdauer hinweg, um die jeweils aktuelle Fensterposition bestimmen zu können. Anhand der Zahl der vollständigen Schließvorgänge des Fensters wird darüber hinaus auch auf die Abnutzung der Fensterdich-

Links: Ernesto Wiebe-Quintana  
Advanced Analysis Engineer

Ernesto Wiebe-Quintana ist Ingenieur im Bereich Hochentwickelte Analyse und zuständig für Entwicklungsprojekte für Regel- und Sicherheitsanwendungen bei Delphi.

Rechts: Salvador Canales  
Electrical Analysis Engineer

Salvador Canales ist Ingenieur im Bereich Elektrische Analyse und zuständig für Entwicklungsprojekte für Regel- und Sicherheitsanwendungen bei Delphi.



## „Der von TargetLink generierte Code ist effizient, wohl strukturiert und gut lesbar.“

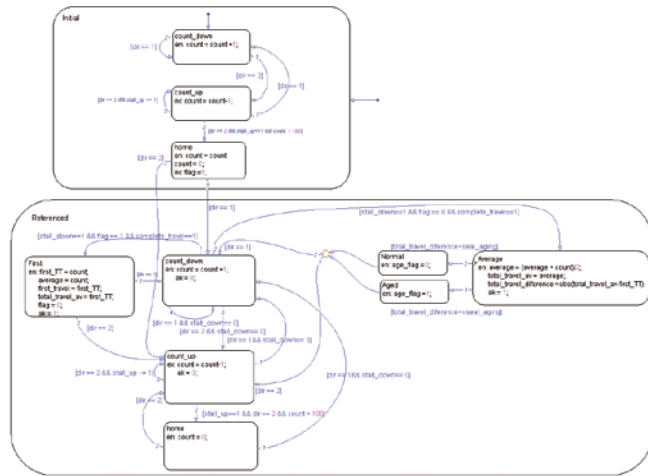
Salvador Canales, Delphi Electronics & Safety

motors sowie mit Hilfe von Look-up-Tables nachgebildet. Zudem wurde dem Positionssignal des Motormodells noch die Wellenform des Hall-Effekts aufgeprägt.

### Algorithmik des Einklemmschutzes

Die Algorithmik ist in die Funktionsblöcke Positionssteuerung und Blockiererkennung gegliedert. Die Positionssteuerung dient dazu, Informationen über die jeweils aktuelle Fensterposition und die letzte Bewegungsrichtung vor einem Einklemmvorgang zu ermitteln. Zur Bestimmung der unteren und oberen Positionsgrenzen des Fensters (Home Indexing) wird dieses in einem initialen Betriebszustand von der unteren bis zur oberen Einklemmposition

tung geschlossen. Die Positionssteuerung wird durch die Flanken des Hall-Signals des Hebemotors getriggert und ist überwiegend in Stateflow® modelliert (Abbildung 3). Die Blockiererkennung dient nicht nur dazu, Verletzungen durch eingeklemmte Gliedmaßen zu verhindern, sondern auch, einer Überhitzung des Motors an den unteren und oberen Positionsgrenzen des Fensters vorzubeugen. Die Algorithmik zur Erkennung einer Blockierung besteht im Wesentlichen aus dem Vergleich des aktuellen Wertes eines Timers mit einem Schwellwert. Der Timer wird bei jeder detektierten Flanke des Hall-Signals neu gestartet und eine Blockierung diagnostiziert, sofern der Wert des Timers den



## Ausblick

Nach der mittlerweile erfolgten Umsetzung der einzelnen Funktionen stehen die Integration der Gesamtfunktionalität in einem Türsteuergerät sowie die Validierung unter den gesamten spezifizierten Betriebsbedingungen noch aus. Zuletzt ist eine Lebensdauerverifikation notwendig, um einige Parameter des Algorithmus zusammen mit der Seitentür zu kalibrieren und zu validieren.

Abbildung 3: Ausschnitt der Algorithmik der Positionssteuerung im normalen Betriebsmodus.

Schwellwert überschreitet. Dieser ist nicht konstant, sondern wird abhängig von der Batteriespannung und der Temperatur gebildet.

### TargetLink im Einsatz

Das Design der Funktionalität der Fensterhebersteuerung wurde vollständig in Simulink/TargetLink vorgenommen und anschließend mit TargetLink autocodiert. Neben der hohen Effizienz und der klaren Struktur des generierten Codes erwies sich vor allem die Simulation im MIL- und SIL-Modus als sehr hilf-

reich, um Reglerentwurf einerseits und Festkomma-Software-Entwicklung andererseits voranzutreiben. Zur Offline-Simulation (Abbildung 4) wurden sowohl im Rapid Control Prototyping aufgezeichnete Signale wiederverwendet als auch zusätzliche Testvektoren entwickelt. Für die Spezifikation der Software-Schnittstellen der Positionssteuerung wurde reger Gebrauch vom TargetLink Property Manager gemacht, um die Stateflow-Anteile des Einklemmschutzes in serienreifen C-Code umzusetzen. Zur Autocodierung der

Blockiererkennung wurde insbesondere auf die flexible Generierung des Codes für Look-up Tables in TargetLink zurückgegriffen. So konnten unterschiedliche Arten von Such- und Interpolationsroutinen genutzt und die Partitionierung auf unterschiedliche Dateien realisiert werden. ■

*Ernesto Wiebe-Quintana, Salvador Canales, Delphi Electronics & Safety Mexico Technical Center*

Abbildung 4: Simulationsumgebung in Simulink/TargetLink.

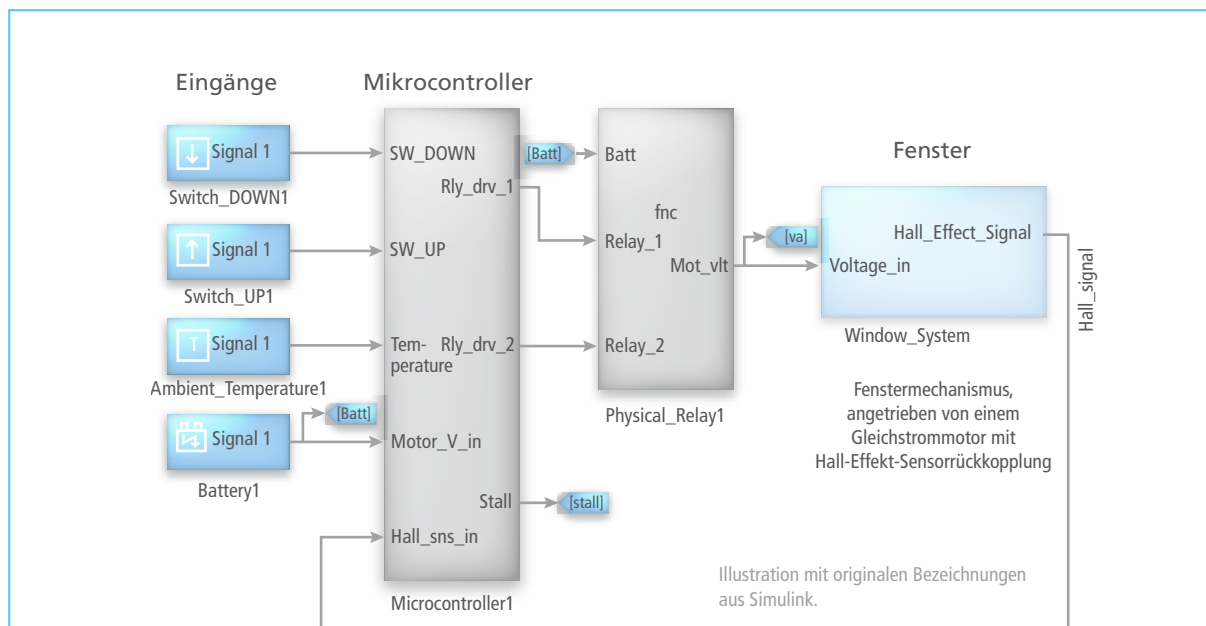


Illustration mit originalen Bezeichnungen aus Simulink.