

# **Mechatronische Systemintegration in der Fahrzeugsicherheit zur Optimierung bestehender Rückhaltesysteme am Beispiel von Sicherheitsgurtschlössern**

Müller, N.; Schulze, H.



*Fahrzeuginsassen glauben sich nach Anlegen des Sicherheitsgurtes mit Einführen der Steckzunge in das Gurtschloss sicher verriegelt. Doch weit gefehlt: der heutige Verschluss birgt aufgrund seines entwicklungshistorisch begründeten Aufbaus für Fahrzeuginsassen sicherheitskritische Gefahrenquellen wie bspw. nicht erkannte Scheinverriegelungen oder Bauteilverschleiß, der dazu führt, dass Gurtschlossschalter (GSS) ausfallen. Hier kann die Integration der Mechatronik Abhilfe schaffen. Vor allem unter dem vorherrschenden hohen Kostendruck in der Automobilindustrie und den stetig steigenden Anforderungen an die Fahrzeugentwickler wäre das „mechatronische Verschlussystem“ ein Argument um derzeit unumgänglichen Problemen Herr zu werden.*

*Occupants feel safe while buckling up. Inserting the buckle tongue into the buckle body doesn't mean that the occupant is confidently secured: because of the historic buckle development nowadays safety belt buckles have a lot of disadvantages in safety like partial engagement or component abrasion which can lead to defective switching behaviour of seat-belt buckle switches. Integration of mechatronics is a possibility to avoid these kind of inevitable problems under the scope of typical predominating cost pressure in the automotive industry as well as concurrently growing requirements.*

## **1 Einleitung und Problemstellung**

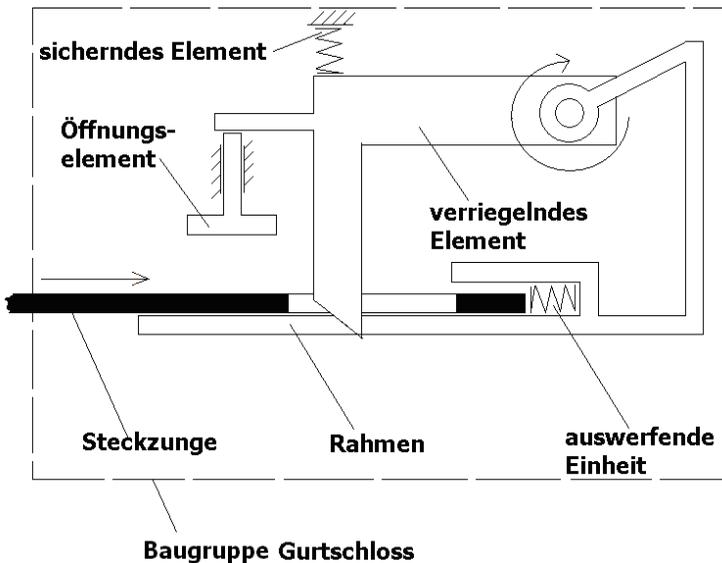
Gurtschlösser oder auch Verschlüsse zählen zu Komponenten der Passiven Sicherheit. Diese Komponenten der Sicherheitsgurte haben die Aufgabe zwei Verschlusssteile sicher miteinander zu verschließen, wobei i.d.R. mindestens ein Verschlusssteil das Gurtband eines Sicherheits-Gurtzusammenbaus darstellt. Das Wort „sicher“ stellt in diesem Zusammenhang einen mehrdeutigen Begriff dar, denn der Verschluss

muss nicht nur *sicher* verschließen bzw. verriegeln können, sondern auch *sicher* entriegeln, *sicher* Belastungen standhalten, *sicher* aufgebaut und *sicher* interagierend mit anderen Systemen wie Gurtragerkennungssapplikationen zusammenarbeiten können.

Neben solchen sicherheitskritischen Funktionen treten künftig auch die Komfortfunktionen immer mehr in den Vordergrund, d.h. die Einbindung von Zugkraft- /2/ oder Feuchtesensoren könnte ebenso gefragt sein wie eine MP3-Player Anwendung oder das beleuchtete Gurtschloss /3/.

Verschlüsse bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten (vgl. **Bild 1**):

- Steckzunge (ist zugleich Schnittstelle zum Gurtband)
- Anbindung (als Stahlseil, Beschlag oder Gurtband stellen sie die Schnittstelle zur Karosserie oder dem Fahrzeugsitz dar)
- verriegelndes Element
- sicherndes Element
- Öffnungselement (auch als Drucktaste bezeichnet)
- auswerfende Einheit



**Bild 1:** Gurtschloss mit funktionalen Einheiten

Die Steckzunge als genormter Metallbeschlag /4/ leitet die Riegelvorgänge ein. Der Rahmen nimmt nicht nur hohe Kräfte auf sondern auch Komponenten wie das Öffnungselement (Drucktaste zum Entriegeln des Schlosses), das verriegelnde und sichernde Element oder Sensoren und Schalter. Während das verriegelnde Element in verriegelter Stellung die Steckzunge am Herausziehen hindert, hält das sichernde Element das verriegelnde Element in seiner Verriegelungsstellung. Beim Entriegeln, d.h. dem Einleiten der Öffnungsbewegung über die Drucktaste, wird die Steckzunge nach unmittelbarer Freigabe durch die auswerfende Einheit aus dem Schlosskörper gestoßen.

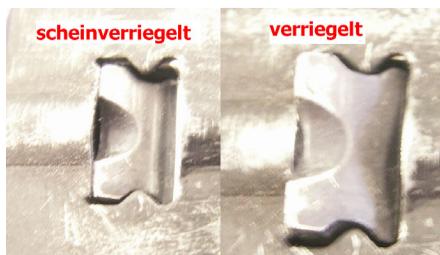
In Zusammenarbeit mit der Takata-Petri AG durchgeführte Untersuchungen an Konkurrenz-Schlössern brachten systemimmanente Fehler zutage, die auf deren Entwicklungshistorie sowie mechanischen Aufbauten gründen: Schlosslieferanten beauftragen nach der Entwicklung ihrer Sicherheitsgurt-Verschlüsse, je nach Anfrage der Automobilhersteller, die Hersteller der GSS mit der Entwicklung geeigneter Produkte. Diese beginnen sodann mit der Entwicklung der Schalter bzw. Sensoren. Dabei haben sie mit erheblichen Schwierigkeiten bei der Produktentwicklung zu kämpfen, da sie nicht seit Anbeginn der Verschlussentwicklung von ihrem Kunden „mit ins Boot“ genommen wurden. Eine ausgereifte Schalterentwicklung wird dadurch nicht nur erschwert und verteuert, sondern oft auch unmöglich gemacht: Die bestehenden Schlösser lassen es oft nicht zu GSS richtig zu adaptieren, sicherheitsrelevante Bauelemente können nicht abgefragt werden. Bauteil bedingte Toleranzen reduzieren die meist gerade noch abfragbaren Nominalmaß-Schaltfenster der Schlösser zu einem nicht abfragbaren System. Der Verschleiß mechanischer Bauteile an der Ansteuer-Schnittstelle des Verschlusses zum Schalter verfälscht mit der Zeit den Schaltpunkt des GSS bzw. bringt diesen zum Ausfall.



**Bild 2:** Gurtschloss (TRW) in scheinverriegeltem Zustand

Ein weiterer Nachteil ist der mechanische Aufbau der Schlösser: Infolge Verschmutzung, Nachlassen der Federrückstellkräfte und Bauteilverschleiß, auch Abrieb der Beschichtung, tritt sog. Scheinverriegelung auf (**Bild 2**).

Das verriegelnde Element verriegelt nicht richtig, hält aber trotzdem die Steckzunge kraftschlüssig in sich. Bei einem Crash ist es so, als sei der Insasse nie angegurtet gewesen: das Schloss öffnet bei stärker werdendem Gurtbandzug und überlässt den Insassen seinem Schicksal. Es gibt vereinzelt Aufrufe, die fordern, dass scheinverriegelte Schlösser unter einem Gurtbandzug von weniger als 5 Pfund die Steckzunge freigeben müssen /5/.



**Bild 3:** Vergleich der unterschiedlichen Positionen des verriegelnden Elements beim RNS Schloss von TRW.

Zum Nachteil der Sicherheitsschlösser ist auch, dass sie versehentlich entriegelt werden können /6/. Besonders kritisch ist dies in Unfallgeschehen wie bspw. Fahrzeug-Überschlägen, wenn Gliedmassen auf das Öffnungselement eindreschen oder in der Fahrgastzelle ungesicherte Ladung das Öffnungselement auslösen. Bremsmanöver können dazu führen, dass ungesicherte Ladung auf die Schlösser aufrutscht und so ungewollte Entriegelungen herbeiführt.

Die Anschnallpflicht wird heute noch von Fahrzeuginsassen als lästig empfunden und dadurch umgangen, dass Verschlussysteme manipuliert werden. Manipulationen werden in drei Klassen eingeteilt /7/, und zwar ist dies zum einen das Verriegeln des betroffenen Schlosses mittels der Steckzunge des benachbarten Sicherheitsgurtes. Als zweites das Verriegeln mittels vereinzelter Steckzungen, die allzu oft von schrottreifen Fahrzeugen stammen. Als letztes sind noch spitze Gegenstände zu nennen, wobei hier ein handelsüblicher Stielkamm als Maßstab herangezogen wird.



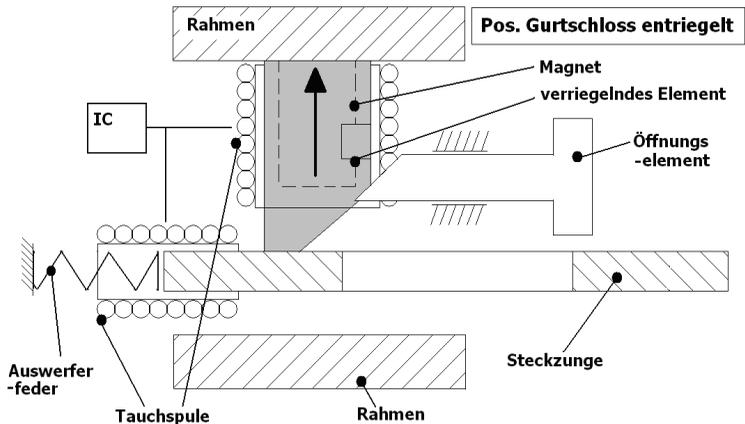
**Bild 4:** AB-Schloss (Takata) verriegelt mithilfe Stielkamm

## 2 Mechatronische Integration als Lösungsansatz

Die im Folgenden vorgestellte mechatronische Systemintegration bietet gegenüber den heutigen Lösungen den Vorteil, dass zum einen die Einbindung der Detektierung des Gurtschloss-Riegelzustands, also die Schaltkomponente, von Anbeginn der Entwicklung des Gurtschlosses mit eingebunden wird und nicht erst nach dessen Vervollendung. Die Randbedingungen in einem solchen Entwicklungsprozess gestalten sich freier und können sowohl im Interesse der Schalter- als auch der Schlossentwicklung optimal berücksichtigt werden.

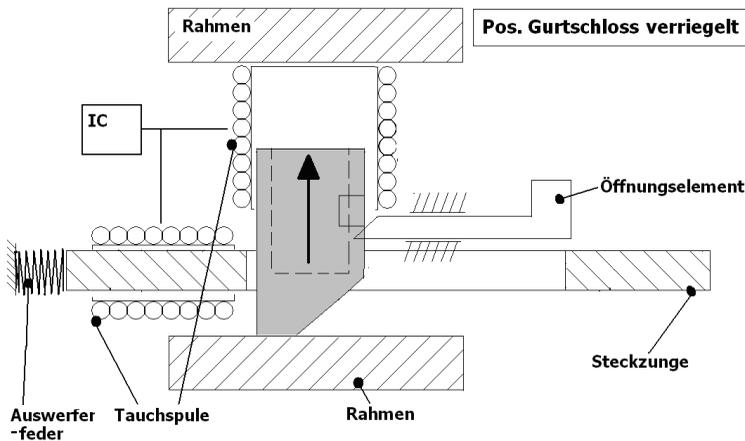
Das in den folgenden Bildern dargestellte Prinzip verdeutlicht den Verriegelungsvorgang mittels Steckzunge (**Bild 5**) und den Entriegelungsvorgang (**Bild 6**): die Steckzunge wird beim Verriegeln in den

Schlosskörper eingeschoben. Hierbei komprimiert sie die auswerfende Einheit und verändert die Induktivität der Spule. Bei Erreichen der vorgesehenen Verriegelungsposition wird über einen IC das verriegelnde Element durch eine Spule angesteuert. Das verriegelnde Element, das einen Magneten in sich hält und dadurch an einem ferromagnetischen Rahmensegment in Stellung verweilt, wird bei Aktivierung der elektromagnetischen Spulenkraft, die größer als die magnetische Haftkraft sein muss und dieser entgegengerichtet ist, von dem Rahmensegment wegbewegt. Das Element fällt in die Verriegelungsposition gem. **Bild 5**. Hier verweilt das verriegelnde Element wieder durch magnetische Haftkraft an einem ferromagnetischen Rahmensegment. Entriegelt wird das verriegelnde Element durch Betätigen des Öffnungselements.



**Bild 5:** Verriegelungsvorgang am Mechatronischschloss

Das Mechatronischschloss benötigt keinen Schalter mehr, es ist selbst Schalter, indem der Verriegelungsvorgang elektromagnetisch über eine Strom durchflossene Spule angesteuert wird. Das verriegelnde Element, welches ferromagnetischer Natur ist und elektromagnetisch angetrieben bzw. bewegt wird, gibt zugleich über die Änderung der Induktivität der Spule Auskunft darüber, wo es sich zum Zeitpunkt der Abfrage befindet. Scheinverriegelung kann dadurch ebenfalls detektiert werden bzw. die über den Elektromagneten gesteuerten Elemente derart bewegt werden, dass erst keine Scheinverriegelung auftritt (vgl. **Bild 5** und **Bild 6**).

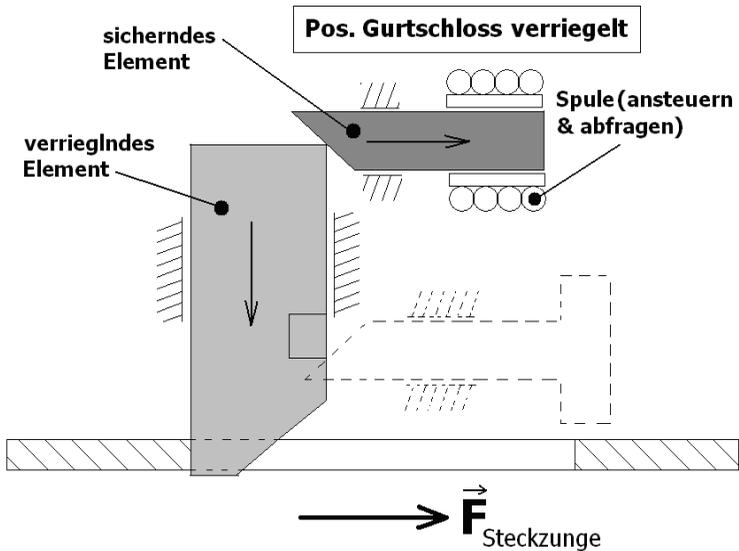


**Bild 6:** Entriegelungsvorgang am Mechatronischschloss

Weiterhin kann zusätzlich über das elektromagnetische Prinzip Auskunft über das Vorhandensein der Steckzunge gegeben werden: Wird die Steckzunge in den Schlosskörper oder Luftspule eingeschoben, ändert sich deren Induktivität oder ein Schwingkreis wird verstimmt. Darüber hinaus gibt der Zustand „Steckzunge detektiert“ und „verriegelndes/ sicherndes Element detektiert“ genauer Auskunft über den Riegelzustand des Schlosses als die Detektierung nur einer Zustandsvariante. Diese Art der berührungslosen Abfrage vermeidet zudem jeglichen Verschleiß an der Schalter-Schloss-Schnittstelle.

## 2.1 Ansteuerung des sichernden Elements

Das Riegelprinzip in den oben gezeigten Bildern geht davon aus, dass das verriegelnde Element elektromotorisch die Freigabe der Steckzunge bewirkt. Da es nun sein kann, dass das verriegelnde Element mit großem Gurtband-Zug an der Steckzunge im verriegelten Zustand beaufschlagt wird<sup>1</sup>, ist der Elektromagnet, der das verriegelnde Element steuert, möglicherweise nicht in der Lage genügend Kraft aufbringen um bei beaufschlagter Steckzungenkraft zu entriegeln. In diesem Fall wird beansprucht, dass das sichernde Element (Stift, o.ä.) das verriegelnde Element sichert. Das sichernde Element wird über einen Elektromagneten bewegt. Die Bereitstellung elektrischer Energie und damit die baulichen Abmaße elektronischer Bauteile wie z.B. Kondensatoren fallen dadurch deutlich geringer aus als im Falle des verriegelnden Elements (vgl. **Bild 7**).

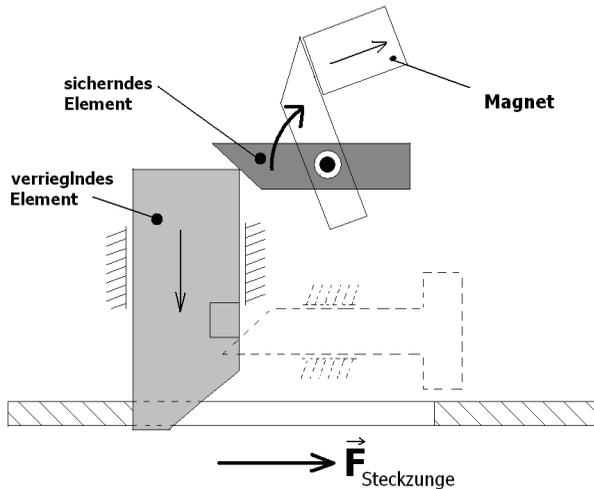


**Bild 7:** Ansteuerung und Abfrage des sichernden Elements

<sup>1</sup> Dies kann auftreten, wenn bspw. eine schwere Person nach einem Fahrzeugüberschlag (Rollover) in Überkopfposition in Ihrem Gurtgeschirr hängt.

## 2.2 Not-Entriegelung

Die Realisierung der NOT-Entriegelung kann durch das Prinzip Selbsthaltung erfüllt werden. Bei Abschaltung der Energieversorgung des Gurtschlosses wird das sichernde Element durch einen Magneten in eine Entsicherungs-Position gezogen, sodass sich der Insasse noch abgurten kann (Prinzipdarstellung in **Bild 8**). Eine weitere Möglichkeit die NOT-Entriegelung zu gewährleisten ist die im nächsten Abschnitt beschriebene zweiteilige Drucktaste.

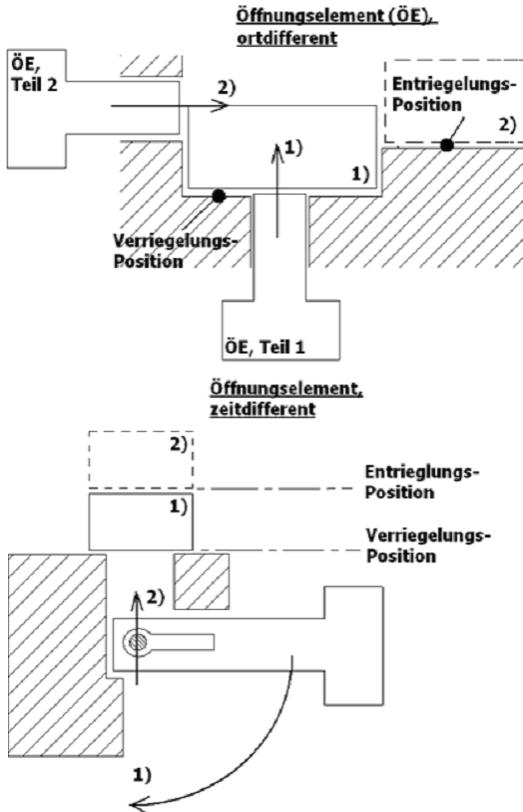


**Bild 8:** Prinzip „Selbsthaltung“ im NOT-Betrieb

## 2.3 Unangemessene Betätigung des Öffnungselements

Damit die Drucktaste nicht unangemessen geöffnet werden kann, wird die Anwendung eines zweiteiligen Öffnungselements (ortdifferent arbeitende Drucktaste) vorgeschlagen (**Bild 9**). Die Anwendung kann auch einteilig aussehen, nur wird die Drucktaste dann zeitdifferent betätigt. Während bei zweiteiligen Tasten zum Entriegeln zuerst die eine Taste betätigt wird und danach die andere, muss bei der einteiligen Lösung die Drucktaste mehrstufig betätigt werden. Versehentliches Entriegeln wird hierdurch vermieden und zudem kann dadurch das Ausgleichsgewicht entfallen (Ausgleichsgewichte werden in die Schlösser integriert, um im Straffungsfall der durch die Massenträgheit der Drucktaste erzwungenen Öffnungsbewegung

entgegenzuwirken: die Schlösser öffnen dadurch nicht im Aufschlagpunkt der Straffung).



**Bild 9:** Öffnungselement, zeit- und ortdifferenz arbeitend

Mithilfe dieses Konstruktionsansatzes kann auch die NOT-Entriegelung mechatronischer Gurtschlösser verwirklicht werden. Mit dem 2. Teil, der ortdifferenz arbeitenden Drucktaste könnte das sichernde Element (Stahlstift in **Bild 8**) aus der Sicherungsposition geschoben werden.

### **3 Zusammenfassung**

Gurtschlosshersteller, i.d.R. sind dies die Systemlieferanten für Rückhaltesysteme der Automobilhersteller, müssen infolge ungleicher Startzeitpunkte der Entwicklungen ihrer Systemkomponenten immanente Nachteile in der Produktqualität in Kauf nehmen: nachträglich zur Montage der Schlösser werden diese mit Sensoren bzw. Gurtschlossschaltern bestückt („Add-Ons“), was sich im Hinblick auf die Qualität oft in unausgereiften Produkten der Zulieferer niederschlägt. Der heute rein mechanische Aufbau der Systeme (Schloss und Schalter) birgt zudem Defizite in sich wie Bauteilverschleiß an der Abfragschnittstelle zum Schalter.

Schein-Verriegelungen oder Trägheitsentriegelungen, um nur einige weitere Details zu nennen, sind Folgen eines defizitären Anforderungsmanagements dieser Sicherheitsgurtkomponente. Der im Rahmen einer umfassenden Anforderungserhebung /1/ gefundene Ansatz für eine mechatronische Systemintegration trägt dazu bei systemimmanente Mängel auszuklammern. Dieser Lösungsansatz bietet weiterhin die Möglichkeit den derzeit aufkommenden verschärften Anforderungen wie Kapselung der Schalteinheiten bzw. Sensoren gegenüber Eindringen von Staub und Wasser (bspw. Schutzart IP67), dem Induzieren von definiertem Schmutz oder der Resistenz gegenüber externen magnetischer Störfeldern Rechnung zu tragen, da Luftspulen ohne Eisenkern magnetisch nicht störbar sind.

Die Stückkosten der Schlösser, die meist zig-millionenfach gefertigt werden, liegen je nach Bauart im Bereich von 1-2 Euro und erhöhen sich bei der Bestückung mit Schaltern bzw. Sensoren um 0.3-1.5 Euro. Das mechatronische Schloss liegt kalkulatorisch betrachtet ebenfalls in diesem Preisbereich, da die meisten Funktionalitäten nicht mechanisch sondern elektronisch, d.h. über eine Mikrokontroller-Integration stattfindet. Die Materialkosten sind somit deutlich geringer.

#### 4      **Literatur**

- /1/ Schulze, H.: Anforderungsmanagement gesteuerte Produkt-Entwicklung am Beispiel eines Sicherheitsgurtschlosses, laufende Dissertation, TU Clausthal
- /2/ Schutzrecht CH 695826 A5 (15.09.06), Polycontact AG. - Gurtschloss mit integrierter Zugkraftmessung
- /3/ o. V.: Beleuchtetes Gurtschloss TRW. Internet, 3.9.2009 ([www.trw.com/sites/default/files/pdfs/techInfo/OSS\\_ISB%20ger09.pdf](http://www.trw.com/sites/default/files/pdfs/techInfo/OSS_ISB%20ger09.pdf))
- /4/ Norm AK-LV 108 März 1996. Rückhaltesystem Gurtschloß und Steckzunge; Anforderungen und Prüfungen
- /5/ Branigan, T. ; Bowman and Brooke LLP: Defending Seat Belt Buckle Inertial Unlatch Claims. Michigan (USA), 1994. - Firmenschrift
- /6/ Davee D., Raasch, C., Moralde M., Van Arsdell, W. W. ; : SAE International Congress and Exhibition: Seat Belt Buckle Release by Inadvertent Contact. Detroit (USA), 2008 (SAE 2008-01-1236) - Fachbeitrag
- /7/ Schulze, H., Betz, H.-P., Haas, P.: Technische Entwicklung, Eigenschaften und Zukunft der Gurtschlösser der Firma TRW: Interview. TRW Automotive GmbH Alfdorf, 11. März 2008