# "Virtueller Greifreflex" – ein Konfliktpotenzial und die Möglichkeiten der Kompensation in Personenkraftwagen mithilfe moderner Assistenzsysteme

Von Florian Kramer, Marc Israel\*

Der virtuelle Greifreflex (VGR) ist eine Reaktion, die einem vorgetäuschten Reflex folgt, wobei der Reflex eine Reaktion des menschlichen Körpers auf eine Reizung seines Nervensystems ist. In diesem Aufsatz wird auf die Wahrnehmung einer Konfliktsituation zwischen Kollisionsobjekt und -kontrahent und deren Bewältigung eingegangen. Gegenstand der Betrachtung ist eine reflexartige Reaktionsweise, um der vermeintlichen Gefahrenstelle auszuweichen, die aber letztendlich zu einer Kollision führen kann. Die Kompensation dieses Reflexes erfolgt mithilfe geeignet erscheinender Assistenzsysteme mit der Zielsetzung, potenzielle Kollisionen zu vermeiden.

### 1 Einleitung

Unter dem "virtuellen" Greifreflex soll ein Vorgang verstanden werden, der virtuell, also nicht echt, nicht in Wirklichkeit, aber echt erscheinend, dem Auge, den Sinnen vortäuschend, vorhanden ist. Als Folge dieses vorgetäuschten Eindrucks im Straßenverkehr wird ein Ausweichmanöver weg von der Konfliktsituation eingeleitet [5]. Mitunter wird diese Erscheinungsform auch als Fluchtreflex bezeichnet. Der virtuelle Greifreflex (VGR) ist also eine Reaktion, die einem vorgetäuschten Reflex folgt, wobei der Reflex eine Reaktion des menschlichen Körpers auf eine Reizung seines Nervensystems ist.

Der virtuelle Greifreflex ist jedem Fahrer, beispielsweise eines Fahrrads oder eines Motorrads, bekannt: Man sieht vor sich ein Schlagloch und fährt prompt hinein. Deshalb lernt man beim Motorradfahrtraining eine Stelle neben dem Schlagloch visuell zu fixieren und man folgt (beinahe automatisch) der fixierten Stelle und umfährt so die Gefahrenstelle. Beim virtuellen Greifreflex, von dem hier die Rede sein soll, handelt es sich um ein durchaus ähnliches Phänomen: Das Ausweichen eines Fahrzeugs zur Vermeidung einer vermeintlichen

Kollision erfolgt durch die Blickfixierung des Fahrers auf den scheinbar kollisionsfreien Verkehrsraum weg von der Gefährdungsstelle. Oftmals kann jedoch davon ausgegangen werden und Unfallanalysen belegen dies, dass die dann tatsächlich stattgefundene Kollision hätte vermieden werden können, wenn das Fahrzeug seine Fahrtrichtung beibehalten hätte. Dieses Phänomen tritt bei allen Kollisionsarten (Pkw-/Pkw-, Pkw-/motorisierte Zweiräder-, Pkw-/Fußgängerund anderen Kollisionen) auf.

BILD 1 zeigt eine typische Konfliktsituation, bei der das Phänomen des virtuellen Greifreflexes auftritt: Ein Pkw A nähert sich auf einer Straße einer Einmündung auf der rechten Seite, ein zweiter Pkw B will aus dieser Einmündung nach links in die Straße einbiegen (Situation 1). Nach der Reaktionsaufforderung leitet der Fahrer des Pkw A intuitiv ein Ausweichmanöver nach links, weg von der vermeintlichen Gefährdungsstelle ein, während Pkw B in die Straße einfährt (Situation 2). Es kommt zu einer Kollision (Situation 3) zwischen Pkw A und Pkw B (obere Darstellung in Bild 1). Wird die Konfliktsituation erkannt (Situation 1) und gelingt es, den virtuellen Greif- oder auch Fluchtreflex des Pkw A zu vermeiden, kann durch die erfolgte Kompensation des Reflexes die Kollision vermieden werden (untere Darstellung von Rild 1)

Selbstverständlich kann die Kollision auch dadurch vermieden werden, dass Pkw B an der Einfahrt in den Kreuzungsbereich gehindert wird. Dies setzt allerdings voraus, dass zwischen Pkw A und Pkw B eine schnelle, widerspruchsfreie Kommunikation möglich ist und aufgebaut wird.

Die gezeigte Konfliktsituation ist also äußerst komplex, da gegenseitige Fehlinterpretationen durch die Fahrer im Pkw A und im Pkw B nicht ausgeschlossen werden können. Der virtuelle Greifreflex bezieht sich demnach auf beide Fahrzeuge: Der Fahrer im Pkw A wird nach links ausweichen. während der Fahrer im Pkw B stehen bleibt und nicht in den Kreuzungsbereich einfährt oder "die Flucht nach vorne" antritt und die Kollisionsstelle schnellstmöglich zu überqueren versucht. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass er zur Vermeidung einer Kollision nach rechts abbiegt, also weg von der Gefahrenstelle. Das Nichtbefahren des Kollisionsbereichs beziehungsweise dessen schnelle Querung entspricht eher einer bewussten Entscheidung. Dem gegenüber kann das Abbiegen nach rechts dem virtuellen Greifreflex zugeordnet werden.

### 2 Von der Wahrnehmung zum Ausweichreflex

Das Ausweichen einer potenziellen Kollision setzt eine erkennbare Konfliktsituation voraus, die sich für den Fahrzeuglenker als Gefährdung darstellt. Diese Situationen werden in der Unfallstatistik als Unfalltypen be-

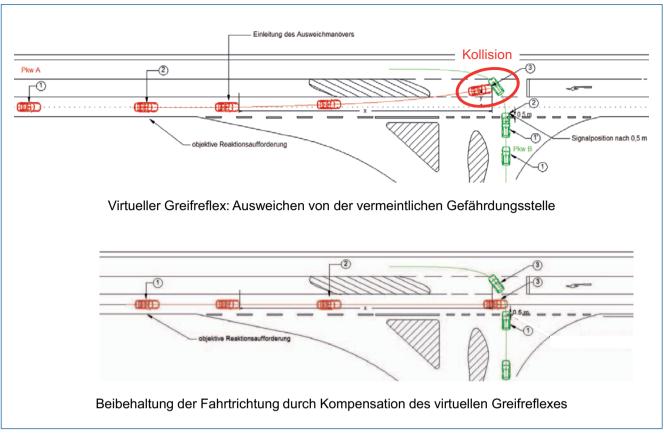


BILD 1: Virtueller Greifreflex und Kollisionsvermeidung durch Kompensation (nach [3])
FIGURE 1: Virtual grasp reflex and collision avoidance through compensation (according to [3])

zeichnet [6] und lassen sich unterteilen in:

- Fahrunfall: Missverhältnis zwischen Bedarf und Angebot an Verkehrsraum,
- Abbiegeunfall: Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer,
- Einbiegen-/Kreuzen-Unfall: Kritische Situation zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem Vorfahrtberechtigtem,
- Überschreitens-Unfall: Konflikt zwischen einem die Fahrbahn überquerenden Fußgänger und einem Fahrzeug,
- Unfall durch ruhenden Verkehr: Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem auf der Fahrbahn stehenden Fahrzeug,

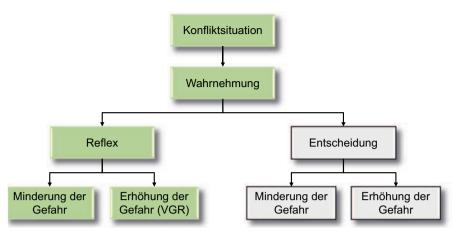
- Unfall im Längsverkehr: Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten, und schließlich
- sonstiger Unfall, der den voranstehenden Unfalltypen nicht zugeordnet werden kann.

Die Gefährdung durch die Konfliktsituation setzt voraus, dass das Kollisionsobjekt (betrachtetes Fahrzeug) und mindestens ein weiterer Verkehrsteilnehmer, der Kollisionskontrahent, beteiligt sind. Das Gefährdungssignal ergibt sich für das Kollisionsobjekt durch den Kollisionskontrahenten.

Es muss jedoch vom Kollisionsobjekt wahrgenommen werden (können). Die Beobachtung und die tatsächliche Wahrnehmung durch den Fahrzeuglenker sind für die sichere Teilnahme am Straßenverkehr von entscheidender Bedeutung. Die Wahrnehmung von Konfliktsituationen durch den Verkehrsteilnehmer

bezieht sich auf dessen Seh- und Hörvermögen (objektiv und subjektiv), auf die Fähigkeit, seine Umgebung zur Entfernungsabschätzung räumlich zu erfassen, auf das Erkennen von Bewegungsabläufen und schließlich auf die Einschätzung des Abstands und der Relativgeschwindigkeit zwischen Kollisionsobjekt und Kollisionskontrahenten sowie gegebenenfalls das Beschleunigungsvermögen.

Die Wahrnehmung hat Reflexe oder bewusste Entscheidungen zur Folge, wobei die Reflexe, die hier behandelt werden sollen, unterschiedlich komplex sowie angeboren oder erworben sein können, BILD 2. Im letzteren Fall wird auch von gelernten, erworbenen, bedingten oder konditionierten Reflexen geredet. Angeborene beziehungsweise unbedingte Reflexe stellen biologisch vorgeformte Reaktionsweisen dar; sie werden als evolutionäre Anpassung



**BILD 2**: Von der Wahrnehmung zum Reflex oder zur bewussten Entscheidung **FIGURE 2**: From perception to reflex or conscious decision

an Lebensbedingungen gedeutet. Bedingte oder konditionierte Reflexe dagegen werden reflexartige Reaktionsweisen genannt, die nicht angeboren sind, sondern erlernt wurden. Sie werden auch als erworbene Reflexe bezeichnet.

Physiologische Untersuchungen zeigen, dass eine gefährliche Bedrohung archaische Notfallreaktionen aktiviert, in Form von Flucht, Kampf oder Starre. Der Körper wird auf ein überlebenssicherndes Handeln vorbereitet, bei der die Herztätigkeit und die Atmung beschleunigt werden. Es werden Kraftressourcen freigesetzt und das überlegte, klare Denken wird eingeschränkt. Nimmt die Angst ein extremes Ausmaß an, bricht das geordnete Denken und Handeln zusammen und es tritt Panik ein, die die Selbstkontrolle stark vermindert. Die Flucht vor einer vermeintlichen Gefährdung ist der "virtuelle Greifreflex", bei dem eine gezielte, wohlüberlegte Entscheidung ausgeschlossen werden kann (Bild 2).

Dem Fahrzeuglenker stehen aufgrund der zweidimensionalen Bewegungsmöglichkeit im Verkehrsraum nur zwei Manöver zur Verfügung, BILD 3: Ausweichen nach links oder nach rechts und/oder eine positive oder negative (Bremsung) Beschleunigung. Aber auch der Fußgänger – hier als Kollisionskontrahent – verfügt über individuelle Reaktionsmög-

lichkeiten: Er überquert möglichst schnell die Gefährdungsstelle, kehrt zum Straßenrand zurück, oder er verharrt im Kollisionsbereich, wendet sich dem Fahrzeug zu und versucht mit vorgestreckten Händen, die Gefahr abzuwenden. Das ist eine Erscheinungsform, die bei Fußgängerunfällen anhand der Verletzungen der oberen Extremitäten häufig beobachtet werden kann.

Beim virtuellen Greifreflex wird der Pkw-Fahrer in der dargestellten Situation in Bild 3 als reflexartige Reaktion nach links auszuweichen suchen, um die erwartete Kollision mit dem von rechts kommenden Fußgänger (oder einem anderen Kollisionskontrahenten) zu vermeiden.

### 3 Relevanz aus dem Unfallgeschehen

Aus dem Verkehrsunfall-Datenmaterial des Statistischen Bundesamtes ließen sich die hier zu behandelnden Fälle nicht ermitteln und auswerten. sodass die Unfalldatenanalyse anhand des Gutachtenmaterials vom Büro für Unfallanalytik (Prof. Dr.-Ing. Hans Bäumler) in Gebenbach erfolgte. Die Repräsentativität des verwendeten Datenmaterials aus der Region Oberpfalz mit den Landkreisen Tirschenreuth, Neustadt an der Waldnaab, Amberg-Sulzbach und Schwandorf ist gegenüber den Verkehrsunfällen in Deutschland nicht gegeben, doch zeigen die Zahlenwerte der Kenngrößen in BILD 4 trotz einer deutlich geringeren Bevölkerungsdichte annähernd gleiche Werte.

Zur Analyse der Unfälle wurden 2103 Akten aus den Jahren 2006 bis 2010 des Gutachtenmaterials, die in schriftlicher Form vorlagen, gesichtet, strukturiert und ausgewertet; der dazu erforderliche Datenerhebungsbogen wurde in [3] entwickelt und auf das Unfallmaterial angewandt. Aus den 2103 Gutachten wurden 92 Fälle ermittelt, bei denen mindestens eine Person tödlich verletzt wurde.

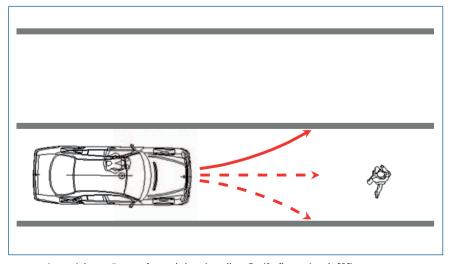


BILD 3: Ausweichmanöver aufgrund des virtuellen Greifreflexes (nach [3]) FIGURE 3: Avoidance manoeuvre due to the virtual grasp reflex (according to [3])

BILD 4: Datenerhebungsgebiet und Vergleich der Kennzahlen FIGURE 4: Data collection area and comparison of the figures



		Bezugsgebiet			
	Kenngrößen	Datenerhebungs- gebiet	Deutschland		
	Bevölkerung je km²	86	231		
	männlich	49%	49%		
	weiblich	51%	51%		
	Altersdurchschnitt	44 Jahre	43 Jahre		
	Verkehrsfläche	4,4%	4,9%		
	Fahrzeuge je 1000 Einwohner	643	673		

Bei mehr als der Hälfte der Unfälle, nämlich 55,4%, werden Reaktionen (Bremsen und Ausweichen) durch den Fahrer eingeleitet, während bei einem Viertel der Fälle ein Ausweichmanöver eingeleitet wird, BILD 5.

Bei den 23 Fällen (=25 %), bei denen eine Ausweichbewegung festgestellt wurde, konnte lediglich bei 11 Unfällen das Phänomen des virtuellen Greifreflexes festgestellt werden. Auf diese relativ geringe Fallzahl beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen.

Aufgrund der Zulassungshäufigkeit von Personenkraftwagen (Pkw) weist die Unfallart Pkw die größte Bedeutung, nämlich etwa 64%, auf. Aber auch äußere Verkehrsteilnehmer, wie motorisierte Zweiräder (MZ) sowie Fahrräder (FR) und Fußgänger (FG) sind mit insgesamt circa 36% beteiligt, BILD 6.

Bei den Unfällen mit virtuellem Greifreflex, bei denen mindestens ein Getöteter zu beklagen war, tritt der Unfalltyp "Einbiegen/Kreuzen" mit 55% am häufigsten auf und wird mit etwa 27% gefolgt vom Unfalltyp "Längsverkehr", BILD 7. Hierbei sei allerdings darauf aufmerksam gemacht, dass immer der schwächste Verkehrsteilnehmer betrachtet wurde. Aufgrund der Unfalltypenhäufigkeit sind Seitenkollisionen mit 64% gegenüber den Frontalkollisionen stark überrepräsentiert und aufgrund der geringeren Schutzwirkung erheblich benachteiligt.

Bei der Betrachtung der Verletzungshäufigkeit erscheint auffallend, dass bei den Insassen im Kollisionsobjekt die Schwere der Verletzungen in

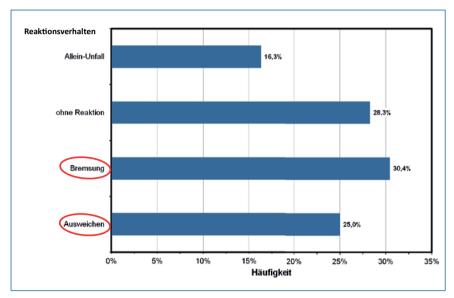
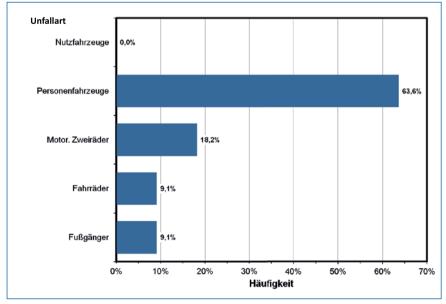


BILD 5: Reaktionsverhalten bei Unfällen mit Getöteten (n=92)
FIGURE 5: Reaction behaviour in accidents with fatalities (n=92)



**BILD 6:** Unfallarten bei VGR-Unfällen mit Getöteten (n=11) **FIGURE 6:** Kinds of accidents for VGR accidents with fatalities (n=11)

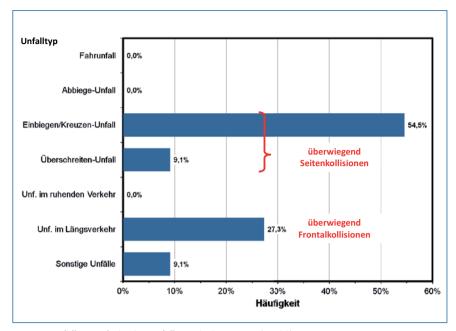


BILD 7: Unfalltypen bei VGR-Unfällen mit Getöteten (n=11)

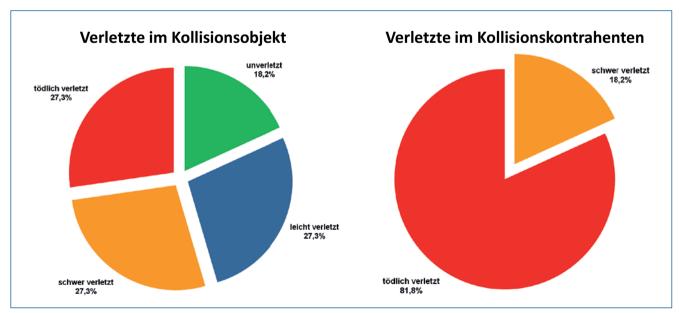
FIGURE 7: Types of accidents for VGR accidents with fatalities (n=11)

unverletzt, leicht, schwer und tödlich verletzt annähernd gleich verteilt auftreten. Demgegenüber konnten bei den Insassen im Kollisionskontrahent nur schwere und tödliche Verletzungen ermittelt werden, während dort leicht verletzte und unverletzte Insassen nicht aufgetreten sind, BILD 8. Al-

lerdings muss hier berücksichtigt werden, dass nur die Unfälle ausgewählt wurden, bei denen mindestens ein Getöteter vorgefunden wurde, und somit eher Unfälle mit höherer Unfallschwere analysiert worden sind.

Aufgrund des vorherrschenden Rechtsverkehrs erfolgen die Reaktionsaufforderungen vorwiegend von rechts, und zwar zu 64%, während die Aufforderungen von links mit etwa 27% zu beobachten sind. Dementsprechend häufig erfolgt als reflexartige Reaktion ein Ausweichen nach links zu circa 55% beziehungsweise ein Ausweichen nach links mit Bremsung mit etwa 36%. Demgegenüber konnte der virtuelle Greifreflex in Form von Bremsen und Ausweichen nach rechts nur bei ungefähr 9% der Unfälle beobachtet werden, BILD 9.

Die Analyse des Unfallmaterials, das aus bereitgestellten Gutachten von Straßenverkehrsunfällen besteht und aufgrund der geringen Fallzahl keinen Anspruch auf Repräsentativität aufweisen kann, zeigt, dass es sich bei dem Phänomen des virtuellen Greifreflexes um eine durchaus relevante Erscheinungsform im Unfallgeschehen handelt. Wenn es daher gelingt, diese Unfälle mithilfe von Assistenzsystemen zu vermeiden, könnte sich ein zusätzlicher Nutzen aufgrund vermiedener Unfälle und der damit einhergehenden Reduzierung der Unfallfolgenschwere (in Form tödlich, schwer und leicht verletzter Personen) einstellen.



**BILD 8:** Häufigkeit der Insassenverletzungen im Kollisionsobjekt und im -kontrahenten (n=11) **FIGURE 8:** Frequency of injuries to occupants in the collision object and collision opponent (n=11)

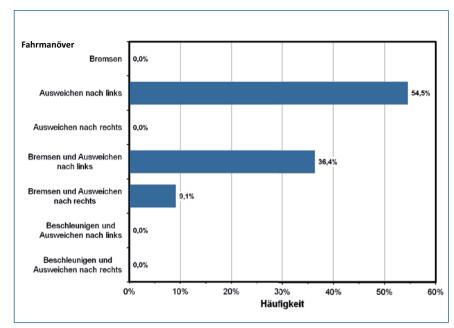


BILD 9: Maßnahmen und Richtungen der reflexartigen Reaktion zur Gefahrenabwehr (n=11)

FIGURE 9: Measures and directions of the reflex reaction to avert a danger (n=11)

### 4 Strategien zur Vermeidbarkeit

Zur Vermeidbarkeit des virtuellen Greifreflexes lässt sich eine Strategie ableiten, die die Formulierung verschiedener Anforderungen erlaubt und nachfolgend dargestellt wird:

- die Gefahrensituation muss für den Fahrzeuglenker wahrnehmbar sein,
- der Kollisionskontrahent ist geometrisch zu erfassen.
- die theoretische Kollisionsstelle ist aus der Eigenbewegung und der Bewegung des Kollisionskontrahenten zu bestimmen,
- als Ausweichraum für das Kollisionsobjekt ist ein freier Verkehrsraum räumlich zu erfassen,
- Handlungsalternativen sind zu ermitteln,
- Maßnahmen zur Kollisionsvermeidung sind auszuwählen durch den gezielten Eingriff in die Fahrzeugführung (Längs- und/oder Querdynamik) des Kollisionsobjekts und/oder den gezielten Eingriff in die Fahrzeugführung (Längs- und/oder Querdynamik) des Kollisionskontrahenten; erforderlichenfalls mit-

hilfe der Fahrzeug/Fahrzeug-Kommunikation und schließlich

 wird eine geeignet erscheinende Maßnahme eingeleitet, um eine Kollision zwischen Kollisionsobjekt und -kontrahent zu vermeiden.

### 5 Einsatz von Assistenzsystemen

### 5.1 Assistenz-Systeme im Serieneinsatz und im Entwicklungsstadium

Assistenzsysteme sind heute bei den meisten Neufahrzeugen zumindest als Optionen im Serieneinsatz. Die dafür verwendete Sensorik ist übersichtsartig in BILD 10 dargestellt. Die Umfeld-Sensorik basiert im Wesentlichen auf dem Radar- und dem Lidar-Prinzip. Dabei steht die Abkürzung Radar für Radio Detection and Ranging (Funkortung und -abstandsmessung) und Lidar für Light Detection and Ranging. Lidar ist eine dem Radar verwandte Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung. Anstatt Funkwellen wie beim Radar werden hier iedoch Laserstrahlen verwendet. Radar- und Lidar-Sensoren sowie Laserscanner dienen der optischen Fernerfassung des Verkehrsumfelds. Im Gegensatz dazu können die Ultraschallsensoren lediglich den Nahbereich erfassen. Zudem sind Kameras für die Bilderzeugung und -auswertung unabdingbar. Mit der Sensorik ist ein Erfassungsbereich von 0,3 bis 200 m möglich. Die Fahrzeug/Fahrzeug- (oder auch C2Cgenannte) Kommunikation deckt so-

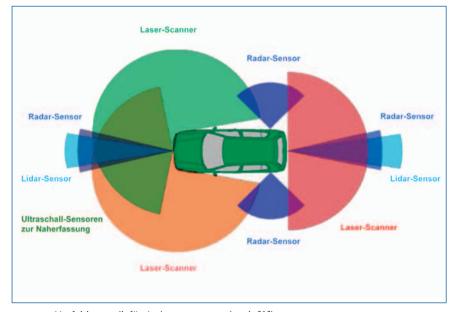
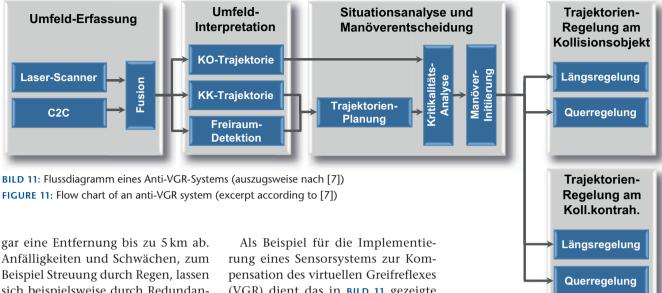


BILD 10: Umfeldsensorik für Assistenzsysteme (nach [1])
FIGURE 10: Environmental sensors for assistance systems (according to [1])



Anfälligkeiten und Schwächen, zum Beispiel Streuung durch Regen, lassen sich beispielsweise durch Redundanzen der Sensorik und gegebenenfalls durch Radar als Alternative kompensieren. Zudem kommen für besondere Einsatzfelder elektromagnetische oder optische Erfassungen zur Anwendung.

Im Einsatz befindliche Assistenzsysteme sind ohne Anspruch auf Vollständigkeit derzeit [4]:

- Anti-Blockier-System (ABS),
- Anti-Schlupf-Regelung (ASR),
- elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)
- Spurhaltung,
- Abbiege-/Spurwechsel,
- Kreuzungsassistent,
- Geschwindigkeitsregelung (Adaptive Cruise Control),
- Kollisionswarnung,
- Kollisionsvermeidung und
- Brems- (BAS) und Notbremsassistenz.

Die Vielzahl der gezeigten und eingesetzten Assistenzsysteme dient hier nicht der Bewertung ihrer Wirksamkeit hinsichtlich der Unfallprävention, diese ist ausführlich in [2 und 8] dargestellt.

Vielmehr soll die Möglichkeit aufgezeigt werden, durch den singulären und/oder kombinierten Einsatz unterschiedlicher Assistenzsysteme eine Situationsanalyse und Manöverentscheidung bei auftretenden VGR-Konfliktsituationen zu erreichen und sicherzustellen.

Als Beispiel für die Implementierung eines Sensorsystems zur Kompensation des virtuellen Greifreflexes (VGR) dient das in BILD 11 gezeigte Ablaufdiagramm: Die Kollisionsvermeidung setzt sich zusammen aus der Umfelderfassung und der Interpretation der Konfliktsituation, der Situationsanalyse und Manöverentscheidung sowie dem Eingriff in die Längs- und Querdynamik am Kollisionsobjekt und/oder gegebenenfalls am Kollisionskontrahenten.

Damit lassen sich Anforderungen an Assistenzsysteme formulieren, die zu einer sicheren Unfallvermeidung folgende Bedingungen erfüllen müssen [1]:

- Zur Vermeidung von Unfällen ist eine fehlerfreie Regelung unabdingbar,
- die Bus-Einrichtung muss zur Kompensierung des virtuellen Greifreflexes hinsichtlich einer hohen Datenrate und -geschwindigkeit ausgelegt sein.
- bei der Erfassung des Umfelds sind Reichweiten von mindestens 200 m erforderlich, um rechtzeitig reagieren zu können,
- für einen möglichen Lenkeingriff ist die Implementierung einer elektromechanischen Lenkunterstützung unabdingbar (ansonsten Risiko für Fraktur der Daumen),
- bei vorhandenem Spurhalte-Assistent sollte der Einsatz einer Kamera als Rückfallebene genutzt werden,
- der verbaute Notbremsassistent sichert eine bestmögliche Fahrzeugverzögerung und schließlich

 kooperatives Verkehrsverhalten durch Strategieänderungen aller Beteiligten zur Konfliktbeseitigung durch ständigen Austausch der Fahrzustände einschließlich ihrer Position; eine drahtlose Kommunikation gilt dabei als Grundvoraussetzung.

Damit dürfte die Grundlage gelegt sein, das aufgrund des virtuellen Greifreflexes potenziell vorhandene Kollisionsrisiko zu reduzieren und in gewissem Umfang die darauf zurückführenden Unfälle zu vermeiden.

## 5.2 Gesetzliche Aspekte und Randbedingungen

Bei der Einführung von Maßnahmen zur Überwindung des virtuellen Greifreflexes sind derzeit zwei Hindernisse zu überwinden [1]:

- Erteilung einer Typengenehmigung für das Maßnahmenpaket und
- Klärung der Produkthaftung der Automobilhersteller.

Die EU-Richtlinie 2007/46/EG regelt die Verordnung zur Fahrzeuggenehmigung und hierbei die vorläufige Genehmigung für Sonderzulassungen, die möglich und zulässig erscheint. Danach ermöglicht der Verweis auf ECE-Regelungen Ausnahmen für neue Techniken und Konzepte. Des

Weiteren ist nachzuweisen, dass die Gefahren vor der Einführung des Systems nicht geringer sind als nach dessen Einführung. Nach ECE-R 79 dürfen Lenkanlagen in Verbindung mit Assistenzsystemen nur dann genehmigt werden, wenn das Verhalten der Hauptlenkanlage nicht beeinträchtigt wird. Der Fahrzeuglenker muss die Funktion jederzeit durch einen bewussten Eingriff übersteuern können. Zudem muss das System automatisch abgeschaltet werden, sobald die Fahrzeuggeschwindigkeit den eingestellten Grenzwert von 10 km/h um mehr als 20% überschreitet oder die auszuwertenden Signale nicht mehr empfangen werden.

Nach der Wiener Konvention von 1968 [9], auf die sich die Unterzeichnerstaaten geeinigt haben, ergeben sich einige Unstimmigkeiten in Bezug auf Assistenzsysteme. Dort wird unter anderem der Fahrzeuglenker definiert ("Führer ist jede Person, die ein Kraftfahrzeug oder ein anderes Fahrzeug ...lenkt"), der "sein Fahrzeug dauernd beherrschen können muss". Dies wird sodann mit der Anforderung verknüpft, dass "jeder Fahrzeugführer... unter allen Umständen sein Fahrzeug beherrschen (muss), um den Sorgfaltspflichten genügen zu können und um ständig in der Lage zu sein, alle ihm obliegenden Fahrbewegungen auszuführen". Hierzu lässt sich jedoch argumentieren, dass, sobald ein Fahrer sein Fahrzeug nicht mehr unter Kontrolle hat, zum Beispiel bei einer Gefahrensituation, bei der das Assistenzsystem die Fahrstabilität mittels ESP regelt, das Assistenzsystem die Kontrolle übernehmen darf, wenn dadurch die Gefahr abgewendet oder gemindert wird.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass der Fahrer hierbei sein Fahrzeug nicht mehr beherrscht. In Bezug auf Maßnahmen zur Vermeidung des virtuellen Greifreflexes stellt dies keine Hürde dar, da das System erst aktiv eingreift, wenn eine Kollision unausweichlich erscheint und verhindert werden soll. Zu diesem Zeitpunkt beherrscht der Fahrer bereits

die Situation nicht mehr. Er handelt aus einer reflexartigen Reaktion heraus. Hierbei ist die Systemreaktion ähnlich wie beim Spurhalte- oder beim Notbremsassistent. Erst erfolgt eine Warnung, der Fahrer kann noch reagieren und handeln. Dann erfolgt bei Nicht- oder Falschreaktion ein Eingriff durch das System. Die sehr allgemeine und mitunter zweideutige Formulierung der Wiener Konvention stellt somit keine wirkliche Grenze für Assistenzsysteme dar, da die Vertragsparteien alle Inhalte nach Belieben ändern können, sofern diese die innere oder äußere Sicherheit des Landes betreffen oder eine Vertragspartei Einspruch einlegt.

Für die Produkthaftung ist die Haftungsfrage bei der Verwendung von Assistenzsystemen von herausragender Bedeutung, da bei Schäden, die während des automatischen Agierens des Systems entstehen können, der Hersteller haftet. Die Komplexität sei anhand des Notbremsassistenten erläutert: Wird eine Notbremsung ohne plausiblen Grund ausgelöst und es tritt ein Schaden ein, so wird der Hersteller in die Haftung einbezogen. Bei Systemfehlern, die der Fahrer nicht mit korrigierendem Eingriff beeinflussen kann, trifft den Hersteller der volle Haftungsanspruch.

Schlimmere Folgen hätte eine fehlerhafte Regelung bei Aktivierung von Maßnahmen zur Vermeidung des virtuellen Greifreflexes, da hierbei die Lenkung beeinflusst wird. Bei der Systementwicklung muss daher der Fall ausgeschlossen werden, dass bei einer Kreuzung eine Kollision mit dem kreuzenden Verkehr zwar vereitelt wird, aber durch den Lenkeingriff das Fahrzeug mit Verkehrsteilnehmern im Gegenverkehr kollidiert.

Dies gilt ebenfalls bei Überschreitens-Situationen: demzufolge muss ausgeschlossen werden, dass der Fahrer mit seinem Fahrzeug einem Fußgänger ausweicht und infolge dessen in den Gegenverkehr gerät. Da der Fahrer bei selbstständigem Eingriff in das Lenksystem die Lenkung nicht mehr überstimmen kann, entfällt in

dieser Situation dessen Haftung für einen entstandenen Schaden. Wenn eine Bremsung und ein Lenkmanöver durchgeführt werden, trifft auch hierbei den Fahrer keinerlei Haftungsanspruch, da er die Situation ebenfalls nicht beeinflussen kann. Wird allerdings nur eines dieser beiden Manöver eingeleitet, so kann den Fahrer noch eine Teilhaftung für den entstandenen Schaden treffen, da der Fahrer, je nach Situation, noch hätte ausweichen oder bremsen können. um die Unfallfolgen zu minimieren. Die Ursachenforschung und der Nachweis können sehr komplex und aufwendig sein. Damit eröffnet sich ein bedeutsames Betätigungsfeld für Sachverständige.

### 6 Nutzenabschätzung mithilfe des Ansatzes der Verletzungsvermeidung

Nachfolgend wird ein Ansatz gewählt, den erwarteten Nutzen bei der Implementierung eines Anti-VGR-Systems mithilfe der Verletzungsvermeidung [4] abzuschätzen. Dazu werden die Unfalldaten der Bundesstatistik 2012 [6] mit dem hier verwendeten Gutachtenmaterial vom Büro für Unfallanalytik verknüpft:

- Gutachtenmaterial: 2103 Gutachten mit 92 getöteten Verkehrsteilnehmern
- Bundesstatistik: 299.637 Unfälle mit Personenschaden und 3375
   Getöteten
- Beim Gutachtenmaterial sind zur Konfliktbeschreibung die Unfalltypen (n=11), bei denen ein virtueller Greifreflex festgestellt wurde, ausgewiesen:
- Einbiegen / Kreuzen-Unfälle mit 55% (22,2%),
- Überschreiten-Unfälle mit 9 % (17,4%) und
- Unfälle im Längsverkehr mit 27% (42,7%).

Die Angaben in Klammern zeigen die Häufigkeit der tödlich Verletzten nach der Bundesstatistik [6] im Vergleich zum Gutachtenmaterial bei gleichem Anteil reflexartiger Reaktio-

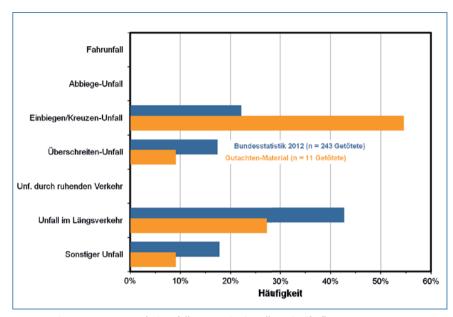


BILD 12: Getötete Personen bei Unfalltypen mit virtuellem Greifreflex FIGURE 12: Fatalities in accident types with a virtual grasp reflex

nen (n=243). Sie sind im Diagramm gegenübergestellt, BILD 12.

Die teilweise erheblichen Abweichungen sind auf die geringe Fallzahl des Gutachtenmaterials zurückzuführen. Werden die "Sonstigen Unfälle" hierbei vernachlässigt, so ergibt sich bei einer Gleichverteilung der tödlich, schwer und leicht verletzten Personen die in der TABELLE 1 dargestellte Häufigkeit.

Wird nun bei einer vorsichtigen Schätzung unterstellt, dass bei Einbiegen/Kreuzen-Unfällen durch die Vermeidung von reflexartigen Reaktionen Wirksamkeiten von  $\lambda_E = 75 \,\%$ , bei Überschreiten-Unfällen von  $\lambda_U = 25 \,\%$  und bei Unfällen im Längsverkehr von  $\lambda_L = 50 \,\%$  erzielt werden können, so ergibt sich eine Vermeidung von 104 tödlich, 1897 schwer und 9099 leicht

Verletzten. Das bedeutet ein Reduzierungspotenzial an Verletzungsfolgekosten von etwa 688 Mio. Euro bei einem volkswirtschaftlichen Schaden von insgesamt etwa 24.001 Mio. Euro für alle im Straßenverkehr verletzten Personen des Jahres 2012, vergleiche TABELLE 2.

### 7 Zusammenfassung

Der virtuelle Greifreflex kennzeichnet eine reflexartige Reaktion mit dem Ziel, einer vermeintlichen Kollisionsgefahr auszuweichen. Aus gutachterlicher Tätigkeit ist bekannt, dass das Ausweichen zu einer Kollision führen kann, während durch die Beibehaltung der ursprünglichen Fahrtrichtung der Unfall hätte vermieden werden können.

Das ausgewertete Gutachtenmaterial vom Büro für Unfallanalytik in Gebenbach zeigt eine hohe Wahrscheinlichkeit für den virtuellen Greifreflex bei Einbiegen/Kreuzen-Unfällen, bei Überschreiten-Unfällen und bei Unfällen im Längsverkehr. Dabei handelt es sich - gemessen an den Verletzungsfolgekosten - um einen Anteil von 5,6% des gesamten Unfallgeschehens. Aufgrund der Zulassungshäufigkeit treten etwa zwei Drittel der Unfälle mit Pkw-Beteiligung auf, wobei ein besonders hohes Verletzungsrisiko in seitlich getroffenen Fahrzeugen festgestellt werden kann. Da die Reaktionsaufforderungen überwiegend von rechts erfolgen, lösen diese reflexartige Reaktionen durch ausschließliches Ausweichen, gelegentlich in Verbindung mit einer Bremsung, nach links aus.

TABLE 1: Häufigkeit der verletzten Personen bei verschiedenen Unfalltypen
TABLE 1: Frequency of injured persons in different accident types

Unfalltyp	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte	
Einbiegen / Kreuzen-Unfall	54	993	4765	
Überschreiten-Unfall	42	779	3740	
Unfall im Längsverkehr	104	1913	9181	
Summe	200	3685	17.686	

**TABLLE 2:** Bei Unfalltypen beteiligte verletzte Personen **TABLE 2:** Injured persons involved in accident types

Unfalltyp	λ [%]	Getötete	VLFK [Mio. Euro]	Schwerver- letzte	VLFK [Mio. Euro]	Leichtver- letzte	VLFK [Mio. Euro]	Σ VLFK [Mio. Euro]
Einbiegen / Kreuzen-Unfall	75	41	45.510	745	141.550	3574	83.274	270.334
Überschreiten-Unfall	25	11	12.210	195	37.050	935	21.786	71.046
Unfall im Längsverkehr	50	52	57.720	957	181.830	4590	106.947	346.497
Summe	_	104	115.440	1897	360.215	9099	212.007	687.877

Zur Kollisionsvermeidung sind eine Umfelderfassung und -interpretation, eine Situationsanalyse und Manöverentscheidung erforderlich. Der Eingriff erfolgt in die Längs- und die Querdynamik der Unfallbeteiligten. Der virtuelle Greifreflex ist bei Anpassung und Anwendung von derzeit verbauter Sensorik (in Serie oder in Erprobung) vermeidbar. In nur geringem Umfang ist hierfür die vorherrschende Gesetzeslage (EU-Richtlinien, ECE-Reglement und Wiener Vereinbarung) anzupassen.

Die Vermeidung der Produkthaftung durch die Automobilhersteller bedarf besonderer Anstrengungen bei der Systementwicklung von selbstständig eingreifenden Systemen. Bei einer vorsichtigen Abschätzung der Wirksamkeiten zwischen 25 und 75% von Systemen zur Vermeidung von reflexartigen Reaktionen ergibt sich eine Vermeidung von 104 tödlich, 1897 schwer und 9099 leicht Verletzten und ein Reduzierungspotenzial an Verletzungsfolgekosten von etwa 688 Mio. Euro bei einem volkswirtschaftlichen Gesamtschaden im Jahr 2012 von etwa 24 Mrd. Euro.

#### Literaturhinweise

- [1] Frisch, R.: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes moderner Assistenz-Systeme in Personenkraftwagen zur Kompensation des Konfliktpotenzials "virtueller Greifreflexe" bei Ausweichmanövern im Straßenverkehr. Diplomarbeit an der HTW Dresden, 2013.
- [2] Gründl, M.: Fehler und Fehlverhalten als Ursache von Verkehrsunfällen und Konsequenzen für das Unfallvermeidungspotenzial und die Gestaltung von Fahrerassistenzsystemen. Dissertation, Regensburg, 2005.
- [3] Israel, M.: Untersuchung des Ausweich-Phänomens von Pkw-Fahrern bei Erkennen von Konfliktsituationen im Straßenverkehr und erforderliche Konsequenzen an Assistenzsystemen. Bachelor-Arbeit an der Hochschule Osnabrück, 2011.
- [4] Kramer, F. (Hrsg.): Integrale Sicherheit von Kraftfahrzeugen – Biomechanik – Simulation – Sicherheit im Entwicklungsprozess. Vierte überarbeitete Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden, 2013.
- [5] Kramer, F.: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes moderner Assistenzsysteme in Personenkraftwagen zur Kompensation des Konfliktpotenzials "virtueller Greifreflex". Vortrag bei der 68. MAS-Fachtagung für Kfz-Sachverständige. München, 2014.
- [6] Statistisches Bundesamt Wiesbaden (Hrsg.): Verkehrsunfälle 2012. Fachserie 8, Reihe 7. Internet-Abruf am 04.02.2014 unter www.destatis.de/DE/ Publikationen/Thematisch/Transport

- Verkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleI.html
- [7] Stoff, A.; Liers, H.: Ausweichfunktionalität für Kreuzungsszenarien zur Unfallfolgenminderung durch Optimierung der Crash-Kompatibilität. 9. VDI-Tagung Fahrzeugsicherheit in Berlin, 2013.
- [8] Vollrath, M.; Briest, S.; Schiessl, C.; Drewes, J.; Becker, U.: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit. Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen F 60, N.W.-Verlag, Bremerhaven. 2006.
- [9] Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen. Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr, 1968.

# "Virtual Grasp Reflex" – a potential for conflict and the possibilities of compensation in passenger cars with the aid of modern assistance systems

The virtual grasp reflex (VGR) is a reaction that follows a pseudo reflex, where the reflex is a reaction by the human body to a stimulus to its nervous system. This report examines the perception of a conflict situation between the collision object and collision opponent and how this is resolved. The object of the study is a reflex reaction to avoid an assumed danger but which can itself ultimately result in a collision. The compensation of this reflex is achieved with the aid of suitable assistance systems with the objective of avoiding potential collisions.

#### \*Autoren

Prof. em. Dr.-Ing. Florian Kramer ist Inhaber des SAFE-Institutes in Dresden.

M. Sc. Marc Israel arbeitet im Ingenieurbüro für Unfallanalytik und Schadensforschung in Lichtenwald.

