

# Interaktionen im Straßenverkehr: Kooperation und Konflikt

Prof. Dr. **S. Fekete**, Abt. Algorithmik, TU Braunschweig; Prof. Dr. **M. Vollrath**, Dr. **A.K. Huemer**, BA **C. Salchow**, Lehrstuhl für Ingenieur- und Verkehrspsychologie, TU Braunschweig

## **Kurzfassung**

Eine der besonderen Herausforderungen für die Modellierung und technische Weiterentwicklung des Straßenverkehrs besteht in dem Verständnis und der Steuerung der Interaktionen der beteiligten Fahrer. Wie gelingt es menschlichen Fahrern, sich konstruktiv abzustimmen um Verkehrssituationen zu lösen, die nur gemeinsam bewältigt werden können? Wo liegen die Grenzen, sodass es statt zu Kooperation zu Konflikten kommt?

Als psychologische Basis für diese Fragestellungen wurde eine explorative Online-Studie bei  $N = 244$  Probanden durchgeführt, die ausführlich über  $n = 165$  Konfliktsituationen als Fahrer im Verkehr in den letzten beiden Wochen berichteten. Dabei wurden verschiedene mögliche Ursachen (unfair, konträr zur Norm, konträr zu erwartetem Verhalten und absichtlich aggressiv) erfragt und in Zusammenhang zu den eigenen emotionalen, kognitiven und verhaltensmäßigen Reaktionen gesetzt. Eine besondere Rolle spielt das Konzept der Fairness, also das Einhalten von Konventionen, die mit kooperativem Verhalten verbunden werden. Es zeigt sich, dass als unfair interpretiertes Verhalten Bestrafungsreaktionen provoziert, die in einem sozialen Kontext sinnvoll sein können, weil die Kosten für das Bestrafungsverhalten in sinnvollem Verhältnis zum sozialen Nutzen stehen, im Kontext des Straßenverkehrs aber kontraproduktiv sind, weil die möglichen Konsequenzen und Risiken unverhältnismäßig sind und die soziale Botschaft nicht ausreichend kommuniziert werden kann.

Diese Ergebnisse eröffnen einen Zugang zur Verbesserung spieltheoretischer Mechanismen der Interaktion, sodass sie zugleich Ansätze zur zielführenden technischen Unterstützung von kooperativem Verhalten erlauben (wie kann man Aggressionen kanalisieren und Risiken mindern?), aber auch die Bewertung von unsozialem und damit kollektiv schädlichem Verhalten (wann werden Aggressionen geweckt?). Dies stellt zugleich auch einen wichtigen Schritt in Richtung kooperativen Verhaltens autonomer Fahrzeuge dar, bei denen durch das Fehlen evolutionär erworbener Emotionsmechanismen die Gefahr besteht, dass ausschließlich auf den eigenen Nutzen gerichtetes Verhalten zu global gesehen ungünstigen Nashgleichgewichten führen.

## 1. Hintergrund

Verständnis und Verbesserung von individuellem Fahrzeugverkehr stellen Forschung und Technik vor ein weites Spektrum an Herausforderungen. In den vergangenen Jahren konnten dabei enorme technische und wissenschaftliche Fortschritte erzielt werden: Immer feinere Sensorik hat zur Entwicklung immer differenzierterer Assistenz geführt, die den Fahrer in immer weiteren Aufgaben entlasten und unterstützen kann. Die letzte Konsequenz dieser Entwicklung ist das autonome Fahren: Hier werden sämtliche Aufgaben von der Technik übernommen werden.

All diese beeindruckenden Leistungen in Bezug auf individuelle Fahrzeugführung dürfen aber nicht den Blick auf Probleme verstellen, die über die Beherrschung eines einzelnen Fahrzeugs hinausgehen und für optimierte Verkehrsabläufe erst noch bewältigt werden müssen: Wie koordiniert man die einzelnen Verkehrsteilnehmer mit ihren persönlichen Interessen und Verhaltensweisen, sodass ein gut funktionierendes Gesamtsystem entsteht?

Wichtig dabei ist die Einsicht, dass Verkehr mehr ist als nur eine Summe von Einzelfahrzeugen. Verkehrsflüsse bestehen aus dem Zusammenspiel vieler Teilnehmer, die in oft komplexer Weise interagieren. Dazu gehören nicht nur makroskopische Phänomene wie die Entstehung und der Verlauf von Staus, die aus zahllosen Autos bestehen und vom einzelnen Fahrer kaum beherrschbar sind, sondern auch subtilere interaktive Abläufe zwischen mehreren bis vielen Fahrzeugen, die sich schon bei relativ einfachen Abläufen zwischen einigen Fahrern zeigen, etwa beim Einfädeln, Spurwechsel, bei Beschleunigungs-, Abbrems- oder Abbiegevorgängen, und die sich durch vielfaches Auftreten und nichtlineare Effekte auf viele andere Verkehrsteilnehmer auswirken können. Entsprechend besteht Rücksicht-Nahme nicht nur aus dem wörtlich verstandenen sensorischen Blick nach hinten, sondern vor allem auch aus der kognitiven Wahrnehmung und Berücksichtigung der Interessen anderer Verkehrsteilnehmer und deren Abstimmung im interaktiven Zusammenspiel. Entscheidend dabei ist die Rückkopplung zwischen den Beteiligten, so dass man es nicht nur mit einer Aufgabe der Regelungstechnik zu tun hat, sondern mit einem kognitiven Prozess, bei dem die Intentionen und Aktionen der anderen Beteiligten interaktiv abgeglichen werden.

Die Analyse des Entscheidungsverhalten in sozialen Konfliktsituationen ist Gegenstand der mathematischen Spieltheorie. Dabei betrachtet man zwei oder mehrere Individuen, die die Wahl zwischen verschiedenen Handlungsweisen haben. Die Konsequenzen für den Einzelnen in Form eines messbaren Ergebnisses („Spielwertes“) ergeben sich dann aus der Kombination aller Einzelentscheidungen. Wichtig dabei ist, dass man es nicht nur mit der Verteilung eines

fixen Gesamtwertes zu tun hat, sondern die Summe aller Resultate unter Umständen sehr unterschiedlich sein kann.

Beispiele spieltheoretischer Standardszenarien lassen sich bereits in einfachen Verkehrssituationen identifizieren. Im sogenannten „Feiglingsspiel“ betrachtet man zwei Fahrzeuge, die sich auf einer engen Straße mit morastigem Seitenstreifen entgegentreffen. Jeder Fahrer hat die Wahl, ob er die Spur hält oder in den Matsch ausweicht, was dem anderen freie Fahrt gibt, aber für den Ausweichenden selber Zeitverlust und Dreck verursacht. Behalten aber beide Beteiligte die Spur bei, kommt es zur Kollision und damit offensichtlich zu erheblich größeren Nachteilen. Entsprechend ist klar, dass einer der beiden Fahrer ausweichen sollte; weniger klar ist, welcher. Noch komplexer wird die Fragestellung durch wiederholtes Auftreten, mehrere Beteiligte und die Anonymität der einzelnen Fahrer: Wie kann man verhindern, dass einzelne Fahrer durch Rücksichtslosigkeit andere zum Ausweichen nötigen, gefährliche Situationen riskieren – oder auch durch als unfair empfundenenes Verhalten aggressive „Bestrafungsaktionen“ provozieren?

Ein weiteres spieltheoretisches Szenario ergibt sich, wenn man den Verkehrsfluss auf einer zweispurigen Autobahn mit dichtem Verkehr betrachtet. Da rechts nicht überholt werden darf, hat man einen Vorteil davon, auf der linken Spur zu fahren, selbst wenn rechts weniger Fahrzeuge unterwegs sind; umgekehrt hat man als Einzelner nur Nachteile davon, auf die rechte Spur zu wechseln, da man nicht überholen kann und höchstens noch überholt wird. Entsprechend führt dies zu einer Verkehrskonstellation, in der der überwiegende Teil der Beteiligten links fährt, um nicht zurückzufallen – was aufgrund der hohen Verkehrsdichte auf dieser Spur zum Stau und damit zu einer Lösung führt, bei der alle schlechter fahren als wenn sich der Verkehr gleichmäßig auf beide Spuren verteilen würde.

In abstrakter Form mit nur zwei Teilnehmern entspricht diese Situation einem in der Spieltheorie als „Gefangendilemma“ bekannten Szenario, bei dem zwei Beteiligte (1 und 2) die Wahl haben, zu kooperieren (K) oder zu betrügen (B). Dabei lassen sich die Spielergebnisse in Form einer Auszahlungsmatrix darstellen. In Tabelle 1 ist diese aus Sicht von Spieler 1 dargestellt. Kooperieren beide Spieler (wählen also die erste Zeile bzw. Spalte, entsprechend der Kombination K/K), ergibt sich kein Nachteil. Beträgt Spieler 1, während Spieler 2 kooperiert (B/K), so hat Spieler 1 einen Vorteil von 1. Allerdings erhält Spieler 2 (entsprechend der umgekehrten Kombination K/B) dabei ein Ergebnis von -6, also einen Nachteil, der größer ist als der Vorteil von Spieler 1. Betrügen beide Spieler (B/B), ergibt sich mit -4 ein besseres Ergebnis, als wenn sie kooperierend betrogen werden, aber die Summe der Ergebnisse ist noch schlechter. Da aber (unabhängig von der Entscheidung des anderen) immer ein besseres Ergebnis erzielt wird, wenn man B statt K wählt, kann sich kein Spieler

aus dieser Situation verbessern, auch wenn die Lösung schlecht ist. Eine solche Wahl von Entscheidungen (in der sich keiner der Beteiligten alleine durch eine andere Auswahl verbessern kann) nennt man ein *Nash-Gleichgewicht*. Ein klassisches Ergebnis des Wirtschafts-Nobelpreisträgers John Nash besagt, dass es in derartigen spieltheoretischen Szenarien immer mindestens ein Nash-Gleichgewicht gibt. Man überzeugt sich beim Gefangenendilemma sehr leicht davon, dass das einzige Nash-Gleichgewicht in der Kombination B/B besteht – man also als einzelner Beteiligter schon in einem ganz einfachen Szenario dazu verurteilt scheint, Entscheidungen zu treffen, die insgesamt ein schlechtes Ergebnis bewirken.

**Tabelle 1: Auszahlungsmatrix im Gefangenendilemma aus Sicht von Spieler 1.**

		Spieler 2	
		K	B
Spieler 1	K	0	-6
	B	1	-4

Im Laufe der Evolution hat nicht nur der Mensch eine Vielzahl von Fertigkeiten entwickelt, die ihn in die Lage versetzen, problematische kinematische Situationen zu erkennen und komplizierte Bewegungsabläufe zu kontrollieren: Auch Tiere sind dazu hervorragend in der Lage. Einzigartig für den Menschen ist aber die Fähigkeit, auch mit komplexen sozialen Interaktionen so umzugehen, dass durch Kooperation insgesamt für alle Beteiligten gute Ergebnisse erzielt werden. Schon die oben beschriebenen einfachen Beispielszenarien zeigen, dass dies eine große Herausforderung ist, die sich auch durch klare logische Betrachtung nicht ohne Weiteres bewältigen lässt. Entsprechend liegt es nicht an der fehlenden Intelligenz der Beteiligten, wenn der Ausweg aus einem spieltheoretischen Dilemma nicht immer oder nur unvollkommen gelingt, sondern an der Verwickeltheit der Konstellation. Eine Besonderheit des Menschen in der Bewältigung komplexer Konstellationen sind aus sozialer und individueller Interaktion resultierende Emotionen: Auch wenn die Logik einer nur aus Eigeninteresse beruhenden Entscheidung scheinbar auf der Hand liegt, führen schlechtes Gewissen, das mit einem „freundlichen“ Verhalten verbundene gute Gefühl oder auch die aggressive Reaktion auf als unfair empfundenen Verhalten zu Verhaltensweisen, die in einer

Gruppe von Menschen Kooperation fördert und egoistisches Verhalten (bei dem der für andere bewirkte Schaden den eigenen Vorteil übersteigt) bestraft und damit minimiert. In der Konsequenz können damit schlechte Nash-Gleichgewichte vermieden werden, was nicht nur für die Gesamtheit der Beteiligten eine bessere Konstellation erreicht, sondern auch für jeden Einzelnen, der von den Vorteilen einer kooperierenden Gruppe profitiert, ohne dass einzelne Egoisten die Zusammenarbeit zerstören können. Damit ist das Verhalten der Beteiligten nur scheinbar irrational: Die auf Emotionen beruhenden Aktionen und Reaktionen führen zu global gesehen besseren Lösungen als reiner Eigennutz.

Während also Emotion und Aggression im sozialen Zusammenspiel bewährte Elemente sind, zeigen sich im Individualverkehr größere Hindernisse beim Einsatz kooperationsstabilisierender Mechanismen: Die Beteiligten einer Interaktion haben nur begrenzte Möglichkeiten zur Kommunikation. Subtile soziale Abläufe zur Herbeiführung von Kooperation (wie etwa der Hinweis auf die Verletzung einer Sozialnorm und die darauf erfolgende Beschwichtigung) funktionieren nicht, sondern führen leicht zur Eskalation. Und schließlich fehlt die soziale Rückkopplung durch wiederholtes Begegnen zweier sich bekannter Individuen. Dies motivierte die vorliegende Studie: Welche Abläufe lassen sich bei Interaktionen im Straßenverkehr beobachten, die zur Aggression führen? Welche Rolle spielt dabei die subjektive Wahrnehmung von Unfairness, die Bestrafungsverhalten provoziert? Dies sind wichtige erste Schritte auf dem Weg zu kooperativen Mechanismen, die auch noch funktionieren, wenn ein Teil der Verkehrsteilnehmer durch kühl kalkulierende autonome Algorithmen gesteuert werden.

## **2. Methode**

Ziel der Studie war es, einen Überblick über die Grundformen von Konflikten im Straßenverkehr, ihre Ursachen und die Bewertung durch die beteiligten Fahrer zu erhalten. Dabei beschränkt sich diese Studie auf Konflikte zwischen Autofahrern. Um möglichst die ganze Breite von Konflikten ohne Beeinflussung durch die Untersucher zu erfassen, wurde eine freie Beschreibung der Konflikte durch die befragten Fahrer vorgenommen. Diese Befragung wurde als post-hoc online-Befragung gestaltet, so dass die Fahrer frei und anonym auch über möglicherweise unangenehmes eigenes Verhalten berichten konnten. Für die Bewertung der Reaktionen wurden überwiegend Fragen mit vorgegebenen Antwortalternativen verwendet, um so eine standardisierte und vergleichbare Erhebung zu ermöglichen. Die Befragung wurde mit der Software Unipark durchgeführt. Die Struktur der Befragung wird im Folgenden ausführlicher dargestellt.

Ausgangspunkt der Befragung war die Bitte an den Fahrer, sich die letzten zwei Wochen vorzustellen und sich an die in diesem Zeitraum durchgeführten Fahrten zu erinnern. Nur Probanden, die in den letzten beiden Wochen Auto gefahren waren, konnten die weitere Befragung durchführen. Es wurde dann gefragt, ob man sich in diesem Zeitraum erinnern könne, mit einem anderen Autofahrer in einen Konflikt geraten zu sein und wie häufig dies der Fall war. Für jeden der Konflikte (soweit der Fahrer bereit war, Auskunft zu geben) erfolgte dann die weitere, genauere Befragung.

Der erste Fragenteil beschäftigte sich mit der genauen Beschreibung des Konflikts. Hier sollte zunächst der Ablauf der Situation beschrieben werden. Außerdem wurde Position und Geschwindigkeit der beteiligten Fahrzeuge, Art der Straße und der Umgebung erfasst. Im nächsten Schritt wurde erfragt, wie der Fahrer das Verhalten des anderen Fahrers bewertete, der den Konflikt ausgelöst hatte. Bei dieser Bewertung wurde unterschieden nach a) fair, b) wie es allgemein üblich ist, c) wie erwartet, d) absichtlich aggressiv. Jeder dieser Unterpunkte konnte auf einer vierstufigen Skala mit den Polen „ja“ und „nein“ beantwortet werden.

Der nächste Teil erfragte die Reaktionen des Fahrers auf dieses Verhalten, wobei nach emotionalen, kognitiven und verhaltensmäßigen Reaktionen gefragt wurde. Bei der emotionalen Reaktion wurde nach 5 Aspekten (Frustration, Ärger, Anspannung/Aufwühlung und Besorgnis/Ängstlichkeit) unterschieden, wobei jeweils eine 5-stufige Skala verwendet wurde (1 = „überhaupt nicht“, 5 = „sehr stark“). Als kognitive Reaktion wurde erfragt, ob der Proband negative Gedanken bezüglich des anderen Fahrers hatte („ja“, „nein“, „weiß nicht“). Bei den verhaltensmäßigen Reaktionen wurde aus der vorhandenen Literatur eine Liste von 19 typischen Reaktionen erstellt (z.B. „Ich bin normal weiter gefahren“, „Ich habe laut geflucht“, „Ich habe den anderen ausgebremst“). Diese wurden sowohl für den Fahrer selbst als auch für den Fahrer des Konfliktautos vorgegeben, wobei dafür die Formulierungen entsprechend angepasst wurden.

Wenn der Fahrer hier eine aggressive Verhaltensweise gezeigt hatte, wurde nach dem Grund dafür gefragt (Missbilligung zeigen, auf Fehlverhalten aufmerksam machen, Vergeltung - auf aggressives Verhalten selbst aggressiv reagieren, seinem Ärger Luft machen). Zusätzlich konnten auch eigene Gründe frei formuliert werden. Hatte man nicht aggressiv reagiert, konnte man frei angeben, warum man das nicht getan hatte.

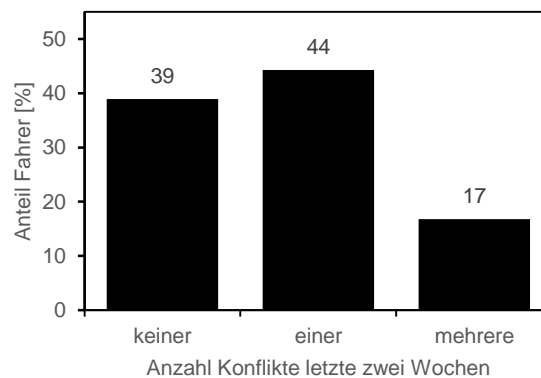
Zusätzlich wurden wesentliche demografische Variablen erfragt, außerdem die Anzahl der Unfälle in den letzten beiden Jahren.

Die Probanden wurden über verschiedene E-Mail-Verteiler akquiriert. Die Umfrage wurde für zwei Wochen im Januar 2015 durchgeführt. Es nahmen insgesamt 391 Probanden teil, von denen 115 an unterschiedlichen Stellen abbrachen. Aufgrund fehlenden Führerscheins,

Situationen mit Lkw oder nicht auswertbarer Angaben mussten weitere 32 Probanden ausgeschlossen werden, sodass Daten von 244 Fahrern in die Analyse eingingen. Davon waren 65% Männer und 35% Frauen. Das durchschnittliche Alter lag bei 32 Jahren (Sd = 12 Jahre) und reichte von 18 zu 74 Jahren. 47% fuhren täglich Auto, weitere 29% drei- bis fünfmal in der Woche. Insgesamt handelt es sich damit um einen recht breiten Ausschnitt aus der Fahrbevölkerung.

### 3. Ergebnisse

Bild 1 zeigt, wie viele Konflikte von den Fahrern erinnert wurden. Etwa 40% der Befragten konnten sich an keinen Konflikt in den letzten beiden Wochen erinnern. 44% nannten einen Konflikt, 17% mehrere, wobei 2 Fahrer sich an bis zu 50 Situationen erinnerten. Von den Fahrern, die sich an mehrere Konflikte erinnerten, berichteten 13 zwei Situationen im Detail und 5 drei Situationen. Insgesamt lagen so Beschreibungen von 172 Konfliktsituationen vor, von denen allerdings 7 aufgrund teilweise fehlender Beschreibungen ausgeschlossen werden mussten. Die Datenbasis für die folgenden Auswertungen sind somit 165 Konfliktsituationen. Festzuhalten bleibt zunächst, dass mehr als die Hälfte der Fahrer innerhalb von zwei Wochen zumindest eine Konfliktsituation erlebt hatte. Konflikte zwischen Autofahrern sind also durchaus häufige Ereignisse.



*Bild 1: Anzahl Konflikte in den letzten beiden Wochen. Dargestellt ist der Prozentsatz der Fahrer.*

Die 165 Konflikte wurden dann im Hinblick auf den Ablauf der Situationen kategorisiert. In einem ersten Durchgang wurden zunächst vom Ablauf identische Situationen zusammengefasst. In einem zweiten Schritt wurden dann ähnliche Situationen gebildet. Diese wurden dann in einem dritten Schritt in vier Gruppen zusammengefasst:

1) Behinderungen beim flüssigen Fahren durch ein anderes Fahrzeug: Diese Kategorie umfasst Situationen, in denen das Vorderfahrzeug kontinuierlich zu langsam fuhr oder sogar

zum Bremsen zwang, da der Vorderfahrer z.B. selbst unerwartet (grundlos) bremste oder so nahe einscherte, dass man bremsen musste. Auch zögerliches Verhalten, das den Verkehrsfluss behinderte, wurde hier vereinzelt genannt. Schließlich wurden hier auch haltende Fahrzeuge, die den Verkehr behinderten, genannt. Ein Beispiel: „Autofahrer fährt grundlos 20 km/h zu langsam und behindert 5 weitere Autofahrer“.

2) Behinderungen bei eigenen Fahrmanövern: In diese Kategorie fallen vor allem Behinderungen beim Überholen oder Passieren, außerdem beim Einfädeln. Ein Beispiel: „Da das vor mir fahrende Auto weit links und einen SUV fuhr, konnte ich nicht vorbeischaun. Ein Überholen war durch die egoistische Fahrweise meines Vordermanns kaum möglich.“

3) Unangepasstes oder fehlerhaftes Verhalten anderer: Hier wurde von anderen die Vorfahrt genommen oder das andere Fahrzeug kam bedrängend nahe, sehr häufig von hinten (Drängeln). Auch kritische Überholmanöver, die den Fahrer in Gefahr brachten, oder ein Vordrängeln wurden hier genannt. Schließlich enthält diese Kategorie auch Fälle, in denen sich das Vorderfahrzeug sehr kurzfristig um entschied. Ein Beispiel: „Der andere Autofahrer fährt knapp vor mir auf die Landstraße ein. Ich musste scharf bremsen und auf die Gegenfahrbahn ausweichen.“

4) Eigenes Verhalten, auch Fehlverhalten: Hier wurden eigene Fehler als Ursache des Konflikts gesehen. Weiter sind hier Fälle zu finden, wo die Fahrer meinen, sich richtig verhalten zu haben, sich aber andere Fahrer trotzdem über das Verhalten aufregen. Ein Beispiel: „Der Fahrer kam angrauscht, hupte, machte Handzeichen und überholte.“

Teilweise traten mehrere Konflikte auf. Insgesamt konnten 11 Beschreibungen nicht klar zugeordnet werden. Die Häufigkeit der vier Konfliktarten ist in Bild 2 dargestellt.

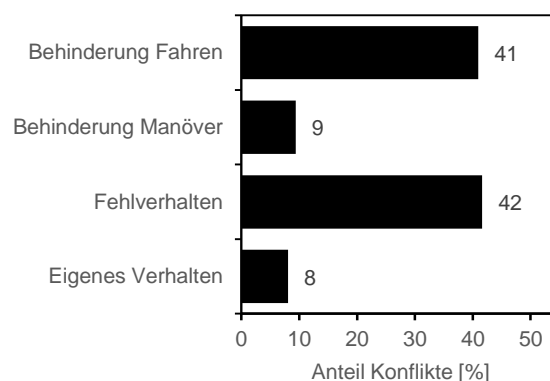


Bild 2: Anteil der verschiedenen Konfliktarten (n = 149). 11 Konflikte konnten nicht klar zugeordnet werden.

Bei jeweils etwa 40% der Konflikte wurde das eigene flüssige Fahren behindert oder andere Fahrer zeigten ein Fehlverhalten, auf das der Fahrer reagieren musste. Die Behinderung bei



eigenen Fahrmanövern und eigenes Verhalten als Auslöser von Konflikten trat jeweils in etwa 10% der Fälle auf.

Wie wird der Konflikt von den Fahrern bewertet? Bei der Bewertung des Verhaltens des anderen Fahrers als aggressiv zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den vier Arten von Situation (einfaktorielle Varianzanalyse,  $F_{3,145} = 6.2$ ,  $p = 0.001$ ). Bild 3 stellt die Ergebnisse dar. Hier wird deutlich, dass der andere Fahrer in den beiden Situationen, in denen der Fahrer behindert wird, nicht so aggressiv beurteilt wird wie in den anderen beiden Situationen. Aggression wird also eher dann wahrgenommen, wenn der andere Fahrer aktiv handelt und einen Fehler begeht oder auf eigenes (als richtig erlebtes) Verhalten unangemessen reagiert.

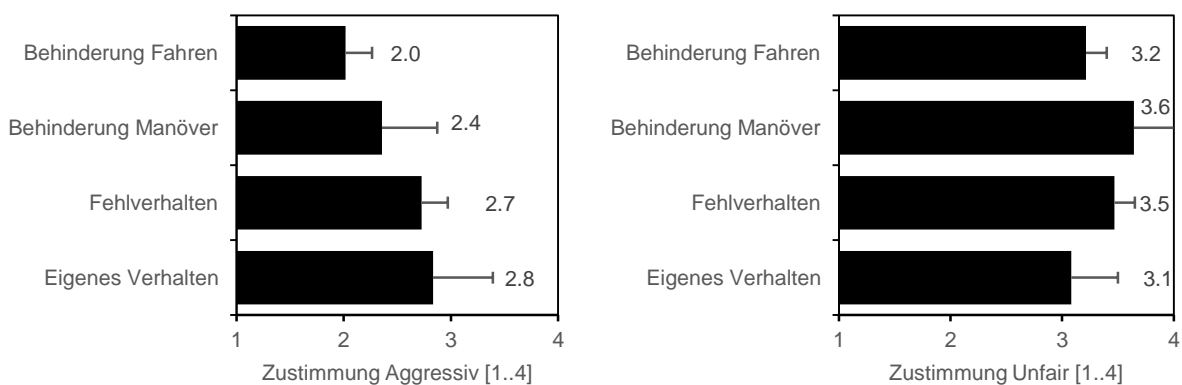


Bild 3: Bewertung des Verhaltens des anderen Fahrers in den vier verschiedenen Arten von Situationen. Dargestellt sind Mittelwert und das 95%-Vertrauensintervall für Aggression (links) und Unfairness (rechts).

Das Muster ist etwas anders für die Bewertung als unfair. Hier zeigt sich als Trend ( $F_{3,145} = 2.5$ ,  $p = 0.060$ ), dass zwar in allen vier Situationen das Verhalten als eher unfair wahrgenommen wird, dies aber bei der Behinderung eigener Fahrmanöver und beim Fehlverhalten der anderen noch stärker ausgeprägt ist. In vergleichbarer Weise für alle vier Situationen wird das Verhalten der anderen Fahrer als eher gegen die Norm und gegen die Erwartungen (jeweils  $m = 3.1$ ) beurteilt.

Interessant ist nun, welche emotionalen Reaktionen in diesem Konflikt entstehen. Um zu untersuchen, inwieweit diese von der Bewertung des Verhaltens der anderen Fahrer abhängt, wurde eine multiple Regression für die verschiedenen emotionalen Reaktionen berechnet. Hier zeigt sich, dass der eigene Ärger dann groß ist, wenn das Verhalten des anderen Fahrers als unfair und aggressiv beurteilt wird ( $R_2 = .17$ ,  $p = 0.000$ ; unfair:  $p = 0.000$ , aggressiv:  $p = 0.052$ ). Ein ähnliches Muster zeigt sich auch für die eigene Frustration, wobei hier die Vorhersage deutlich schlechter ist ( $R_2 = 0.07$ ,  $p = 0.015$ ). Insgesamt zeigen sich damit deutliche Hinweise, dass die Bewertung des Verhaltens der anderen Fahrer für die eigene

emotionale Reaktion wichtig ist. Daraus ergibt sich ein erster Ansatzpunkt, um das Auftreten von Aggressionen zu reduzieren.

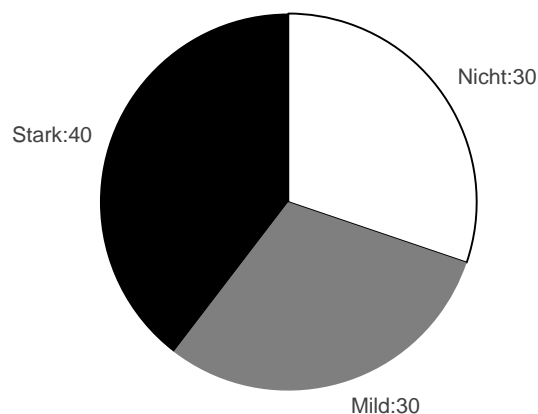
Im nächsten Schritt wurde untersucht, inwieweit die Fahrer selbst aggressiv reagierten. Dazu wurde nach drei Kategorien unterschieden, die hier beispielhaft beschrieben sind:

1) Nicht aggressiv: Normal weiterfahren, den Vorfall ignorieren, sich möglichst schnell entfernen, Blickkontakt vermeiden.

2) Mild aggressiv: Den anderen verärgert ansehen, laut fluchen, wütend gestikulieren, Stinkefinger, Vogel usw. zeigen.

3) Stark aggressiv: Hupen, Anblinker, aus dem Fenster schimpfen, Aussteigen und den anderen ermahnen, beschimpfen oder körperlich auf ihn losgehen, Ausbremsen, dicht Auffahren.

Da bei sehr vielen Konfliktsituationen mehrere Reaktionen auftraten, wurde jeder Konfliktsituation die stärkste Reaktion zugeordnet. Bild 4 zeigt die Ergebnisse. In etwa 30% der Situationen zeigten die Fahrer keine aggressive Reaktion, in wiederum etwa 30% eine mild aggressive Reaktion und in 40% eine stark aggressive Reaktion. Bei dieser waren Hupen und Lichthupe die beiden häufigsten Reaktionen, gefolgt von dicht auffahren. In 7 Fällen wurde der andere Fahrer ermahnt oder beschimpft, dreimal ausgebremsst und einmal körperlich angegriffen.



*Bild 4: Prozentsatz von nicht aggressiven, mild aggressiven und stark aggressiven Reaktionen (n = 149 Situationen).*

Wie entstehen diese unterschiedlichen Reaktionen? Mit Hilfe von linearen Regressionen wurde geprüft, inwieweit die Stärke der aggressiven Reaktionen von den Verhaltensbewertungen und den emotionalen Reaktionen der Fahrer abhängt. Für die Verhaltensbewertungen zeigt sich nur ein tendenzieller Zusammenhang mit der Beurteilung als unfair ( $R_2 = 0.042$ ,  $p = 0.007$ ). Wichtiger sind die emotionalen Reaktionen, wobei hier Ärger und aufgewühlt sein signifikante Prädiktoren sind ( $R_2 = 0.156$ ,  $p = 0.000$ ; Ärger:  $p = 0.001$ ,

Aufgewühlt:  $p = 0.035$ ). Bild 5 veranschaulicht die Effekte, indem die Mittelwerte dieser Beurteilungen für die drei Gruppen von Reaktionen dargestellt werden. Man erkennt hier sehr gut die Bedeutung von Ärger und Aufgewühlt-Sein für mild und stark aggressives Verhalten, wobei die Stärke des Ärgers bei stark aggressivem Verhalten noch höher ist. Hohe Beurteilungen als unfair scheinen ebenfalls vor allem für stark aggressives Verhalten als wichtig zu sein. Diese Unterschiede sind signifikant (multivariate Varianzanalyse  $F_{6,290} = 5.8$ ,  $p = 0.000$ ).

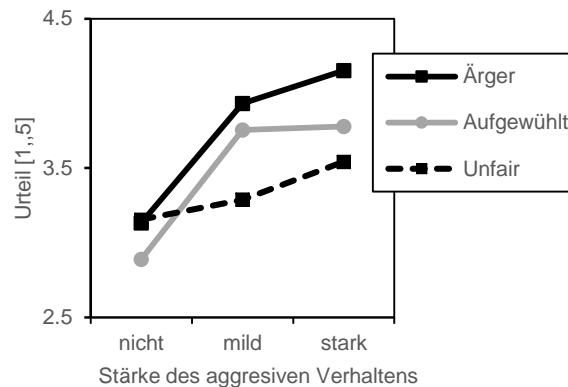


Bild 5: Mittelwerte des erlebten Ärgers, Aufgewühlt-Sein und der Beurteilung als unfair in Abhängigkeit von der gezeigten Stärke des aggressiven Verhaltens ( $n = 149$  Situationen).

Weiter zeigen sich deutliche Zusammenhänge zur Art der Situation. Wird man beim flüssigen Fahren behindert oder machen andere Fehler, so zeigen über 70% der Fahrer zumindest mild aggressive Reaktionen. Wird man bei einem Fahrmanöver behindert oder ist das eigene Verhalten der Auslöser, reagieren etwas mehr als 50% der Fahrer nicht aggressiv.

Untersucht man schließlich die Reaktion des anderen Fahrers, so ist diese nicht von der Reaktion des eigenen Fahrers abhängig. Wichtig ist hier wieder die Art der Situation: Behindert der andere Fahrer beim flüssigen Fahren, so reagiert er in 73% der Situationen nicht aggressiv. Behindert er bei einem Fahrmanöver, reagiert er nach Meinung der Fahrer auch in etwa 46% der Situationen aggressiv. Dies steigt auf 60%, wenn der andere Fahrer einen Fehler begangen hatte. In der letzten Kategorie ist das Verhalten des eigenen Fahrers der Auslöser für den Konflikt. So wundert es nicht, dass hier die anderen Fahrer aggressives Verhalten zeigten.

Zusammenfassend sind nach dieser Befragung Konflikte durchaus häufige Ereignisse im Verkehr. Mehr als die Hälfte der Fahrer hatte in den letzten beiden Wochen zumindest einen Konflikt mit einem anderen Auto erlebt. Die beiden häufigsten Ursachen von Konflikten sind ein Verhalten des Vorderfahrzeugs, dass die eigene freie Fahrt behindert und Fehlverhalten anderer Fahrer, die zusammen etwa 80% der der Konflikte ausmachen. Reaktionen auf

eigenes Verhalten und Behinderungen von Fahrmanövern sind die weiteren Ursachen. Beim Fehlverhalten des anderen Fahrers wird dieser als aggressiver und unfairer bewertet. Auch die Reaktionen auf das eigene Verhalten sind aggressiv. Unfair ist es außerdem, eigene Fahrmanöver zu behindern.

Dass diese Bewertung des Verhaltens des anderen Fahrers wichtig ist, zeigte die Analyse der eigenen emotionalen Reaktionen. Stärkerer Ärger entsteht, wenn der andere als unfair und aggressiv wahrgenommen wird. Hoher Ärger und zusätzlich Aufgewühlt-Sein führen dann eher zu mild oder stark aggressivem Verhalten der Fahrer. Allerdings beschränkte sich das stark aggressive Verhalten in der befragten Stichproben weitgehend auf den Gebrauch von Hupe und Lichthupe. Verbale oder körperliche Aggressionen traten deutlich seltener, aber immerhin noch mit etwa 7% auf (beschimpfen, körperlich angehen, ausbremsen). Insgesamt zeigten die befragten Fahrer bei etwa 70% der berichteten Konflikte zumindest mild aggressive Reaktionen. Diese treten häufiger auf, wenn das eigene Vorankommen behindert wird oder der andere Fahrer Fehler begeht. Nicht gefunden werden konnte, dass Aggression des Fahrers zu aggressivem Verhalten der anderen Fahrer führt. Hier scheint die Konfliktsituation wichtiger zu sein. Wenn die anderen Fahrer den eigenen Fahrer behindern, zeigen sie seltener aggressive Reaktionen als wenn sie Fehler begangen haben oder am Fahrverhalten des eigenen Fahrers Anstoß nehmen.

#### **4. Diskussion und Ausblick**

Die Studie bestätigt insgesamt die Überlegung, dass Konflikte dann entstehen, wenn die Abstimmung zwischen Fahrern nicht gelingt. Die häufigsten Konfliktsituationen waren dadurch gekennzeichnet, dass andere Fahrzeuge das eigene Vorankommen behindern oder sich fehlerhaft verhalten, sodass der Fahrer sein Verhalten anpassen muss. Und schließlich kann auch das eigene Verhalten, wenn es vom anderen entsprechend als hindernd angesehen wird, Konflikte auslösen. Die Frage ist, wie diese Konflikte oder zumindest die dabei häufig entstehenden aggressiven Verhaltensweisen verhindert werden könnten. Dies soll einerseits im Hinblick auf automatisiertes Fahren, andererseits auf Fahrerassistenzsysteme diskutiert werden.

Damit automatisierte Fahrzeuge keine Konflikte erzeugen, sollten sie sich regelkonform verhalten. Dies erscheint zunächst weitgehend unproblematisch, da dies eine grundlegende Forderung für die entsprechenden Funktionen sein sollte. Anders als menschliche Fahrer wird man einem automatisierten Fahrzeug nicht gestatten, bewusst gegen die Regeln der Straßenverkehrsordnung zu verstoßen, um z.B. weite Umwege zu vermeiden, die Fahrtzeit zu verkürzen usw. Gerade im komplexen städtischen Bereich könnte es allerdings durchaus sein,

dass ein automatisiertes Fahrzeug eine Verkehrssituation nicht korrekt beurteilt, was dann zu entsprechendem Fehlverhalten führen könnte. Dies wird aber sehr selten geschehen. Da diese Art von Konflikten etwa 40% der von den Fahrern berichteten Situationen ausmachte, besteht hier erhebliches Potenzial für automatisierte Fahrzeuge, Konflikte zu vermeiden.

Schwieriger erscheint die erste Art von Konfliktsituationen, in denen das Fahrverhalten das eigene Vorankommen behindert. Automatisierte Fahrzeuge werden sich vermutlich streng an die StVO halten und Geschwindigkeitsbegrenzungen exakt einhalten. Möglicherweise werden sie insgesamt defensiver und langsamer zu fahren, um so die entsprechenden Sicherheitsanforderungen besser zu erfüllen. Dies könnte von menschlichen Fahrern als hindernd und zu langsam erlebt werden, da diese anscheinend diese Art von Situationen besonders häufig als Konflikt erleben und entsprechende aggressive Verhaltensweisen zeigen.

Ein möglicher Ausweg wäre hier die Vermittlung entsprechender Informationen. Die Studie zeigte, dass die Bewertung des Verhaltens der anderen Fahrer für die eigenen Emotionen wichtig ist, die wiederum das Zeigen aggressiven Verhaltens beeinflusst. Durch eine entsprechende Kennzeichnung automatisierter Fahrzeuge und die Vermittlung von Wissen über die Ursachen von deren vorsichtigen oder langsamen Fahrstil könnten dazu beitragen, Konflikte und aggressives Verhalten zu vermeiden. Die prinzipielle Wirksamkeit von solchen Informationen hat z.B. Frehse (2014) demonstriert. Insgesamt könnten so automatisierte Fahrzeuge ein besseres Verkehrsklima unterstützen.

Im „zwischenmenschlichen“ Verkehr ergibt die Befragung, dass Konflikte und aggressives Verhalten tatsächlich relativ häufig zu finden sind. Die Analyse der Situationen zeigt aber auch, dass dieses Problemfeld durch typische Verkehrssicherheitsmaßnahmen vermutlich nur wenig zu verändern ist. Man wird langsame, vorsichtige, defensive Fahrer nicht zu einem risikofreudigeren Verhalten ermutigen wollen. Auch Fehler der Fahrzeugführer, die bewusst oder unbewusst zu regelwidrigem Verhalten führen, scheinen kaum vermeidbar zu sein. Auch Fahrerassistenzsysteme unterstützen eher vorsichtiges Fahren (z.B. größere Abstände mit ACC und ein besseres Einhalten von Geschwindigkeitsbegrenzungen; s. Vollrath, Schleicher und Gelau, 2011). Eingreifende Systeme sind zur Unfallvermeidung konzipiert, aber nicht zur Vermeidung von Fehlern. Insofern stellen sich hier neue Herausforderungen.

Aus dem eingangs beschriebenen Gesamtzusammenhang von Kooperation, Konflikt und Aggression zeigt sich, dass deren Analyse und Bewältigung nicht nur eine wichtige Aufgabe im Umgang mit im Verkehr emotional agierender Menschen ist: Aufgrund der Bedeutung zum Vermeiden spieltheoretischer Dilemmata beim Abgleich von Eigeninteressen und der Herbeiführung von Kooperation sind entsprechende Mechanismen zum Erzielen von

„Fairness“ auch dann essentiell, wenn die Beteiligten nicht nur Menschen sind, sondern auch kühl kalkulierende autonome Fahrzeuge. Das Verständnis für und die Entwicklung von kooperationsfördernden Mechanismen bei der Steuerung von Fahrzeugen ist entsprechend eine gewaltige Herausforderung, die auch die Kooperation von Wissenschaftlern unterschiedlichen Hintergrundes erfordern wird.

Unsere Ergebnisse eröffnen einen Zugang zur Verbesserung spieltheoretischer Mechanismen der Interaktion, sodass sie zugleich Ansätze zur zielführenden technischen Unterstützung von kooperativem Verhalten erlauben (wie kann man Aggressionen kanalisieren und Risiken mindern?), aber auch die Bewertung von unsozialem und damit kollektiv schädlichem Verhalten (wann werden Aggressionen geweckt?). Dies stellt zugleich auch einen wichtigen Schritt in Richtung kooperativen Verhaltens autonomer Fahrzeuge dar, bei denen durch das Fehlen evolutionär erworbener Emotionsmechanismen die Gefahr besteht, dass ausschließlich auf den eigenen Nutzen gerichtetes Verhalten zu global gesehen ungünstigen Nashgleichgewichten führen.

## **5. Literatur**

- [1] Frehse, B. (2014). Kognitive Bewertungsdimensionen von Ärger im Straßenverkehr. Dissertation. Im Internet: <http://d-nb.info/1071991574/34>.
- [2] Vollrath, M., Schleicher, S. & Gelau, C. (2011). The influence of cruise control and adaptive cruise control on driving behavior – a driving simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 43, 1134-1139.