



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences

„Machbarkeitsanalyse des Insassenschutzes durch Scheibenschutzsysteme bei
Feuerwehrfahrzeugen: Wirksamkeit, Rettungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen“

Bachelorarbeit
im Studiengang **Rettungsingenieurwesen**

vorgelegt von
Florian Bahr
Matrikelnummer: [REDACTED]

Hamburg
am 10. Februar 2025

1. Gutachter: Herr Prof. Dr.
2. Gutachter: Herr M.Sc., B.Eng.

Kai Freudenthal
Jörg Baumann

(HAW Hamburg)
(Feuerwehr Hamburg)

Die Abschlussarbeit wurde betreut und erstellt in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr
Hamburg

Zusammenfassung

Gewalt gegen Einsatzkräfte ist in den letzten Jahren vermehrt öffentlich thematisiert worden. Deshalb wird nicht nur über Möglichkeiten zur Gewaltvermeidung diskutiert, sondern auch über verschiedene Maßnahmen zum Schutz der Einsatzkräfte. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung von Scheibenschutzsystemen bei Einsatzfahrzeugen der Feuerwehr für einen verbesserten Insassenschutz hinsichtlich der Wirksamkeit und Rettungsmöglichkeiten.

Um die genannten Aspekte zu überprüfen, wurden Vertreter der Bundespolizei und der Feuerwehr Hamburg zu Erfahrungen, Wirksamkeit und unterschiedlichen Fallzahlen zu Einsatzfahrzeugen mit Polycarbonatscheiben oder Splitterschutzfolien befragt. Außerdem wurden gängige Rettungsgeräte der Feuerwehr und ein simulierter Steinwurf an Polycarbonatscheiben in einem Praxistest durchgeführt.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass Polycarbonatscheiben einen hohen Schutz gegen Schlag- und Wurfmittel aufweisen, während Splitterschutzfolien bereits beim zweiten oder dritten Angriff keinen Schutz mehr bieten. Dennoch sind auch Polycarbonatscheiben nicht ohne Nachteile. Die UV-Beständigkeit und Kratzfestigkeit sind deutlich geringer als bei normalen Fahrzeugscheiben. Auch die Zulassung ist schwieriger, wenngleich Fahrzeuge von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsfunktion in begründeten Fällen eine Ausnahmegenehmigung erhalten. Rettungen an Fahrzeugen mit Polycarbonatscheiben können einfach mit Säbelsägen oder Rettungsscheren durchgeführt werden. Schlagwerkzeuge zeigten keine Wirkung.

Für einen bestmöglichen Schutz durch die hier untersuchten Schutzsysteme sollte Polycarbonat verwendet werden. Es bietet großen Schutz und gewährt auch nach einem Angriff oder einer Beschädigung Durchblick für die Fahrer, sodass eine Weiterfahrt jederzeit möglich ist.

Inhalt

Zusammenfassung	I
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
2. Aufgabenstellung	2
3. Theoretische Grundlagen	3
3.1 Befragung des Deutschen Feuerwehrverbandes e. V.	3
3.2 Scheibenschutzsysteme	5
3.2.1 Nationale Lösungen	5
3.2.2 Internationale Lösungen	7
3.3 Rechtliche und normative Grundlagen	7
3.3.1 ECE-R 43	7
3.3.2 DIN EN 356	8
3.3.3 DIN EN 12600	9
3.4 Unfallrettung durch die Feuerwehr	10
3.4.1 Rettung	10
3.4.2 Hydraulische Rettungsgeräte	11
3.4.3 Glas- und Säbelsäge	12
3.4.4 Federkörner	12
3.4.5 Halligan-Tool	13
3.5 Physikalische Grundlagen	14
3.5.1 Impuls	14
3.5.2 Freier Fall	14
3.5.3 Schräger Wurf	15
4. Methode	16
4.1 Experteninterviews	16
4.1.1 Auswahl der Interviewform	16
4.1.2 Anforderungen und Auswahl der Interviewpartner	18
4.1.3 Erarbeiten der Interviewfragen	19
4.1.4 Durchführung der Interviews	21
4.1.5 Transkription und Auswertung der Interviews	21
4.2 Praxistest	22

4.2.1	Rettungsmöglichkeiten	22
4.2.1.1	Vorbereitung	22
4.2.1.2	Durchführung	23
4.2.2	Simulation eines Steinwurfs	24
4.2.2.1	Vorbereitung	24
4.2.2.2	Durchführung	26
5.	Ergebnisse	27
5.1	Ergebnisse der Interviews	27
5.1.1	Polycarbonatscheiben bei der Bundespolizei	27
5.1.2	Splitterschutzfolien bei der Bundespolizei	28
5.1.3	Fallzahlen der Feuerwehr Hamburg	28
5.2	Ergebnisse der Praxisversuche	29
5.2.1	Simulation eines Steinwurfs auf eine Polycarbonatscheibe	29
5.2.2	Rettungsmöglichkeiten bei Fahrzeugen mit Polycarbonatscheiben	30
6.	Diskussion	33
6.1	Vergleich der Ergebnisse	33
6.1.1	Polycarbonatscheiben	33
6.1.2	Splitterschutzfolie	34
6.1.3	Statistiken zur Bedarfsbegründung	35
6.2	Kritische Betrachtung der angewandten Methoden	35
6.2.1	Experteninterview	35
6.2.2	Praxisversuch	36
7.	Schlussfolgerung	39
8.	Ausblick	41
	Literaturverzeichnis	VI
	Eidesstattliche Erklärung	XII
	Anhangsverzeichnis	XIII

Abkürzungsverzeichnis

RTW	Rettungswagen
HLF	Hamburger Löschfahrzeug
PC	Polycarbonat
IAG	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
PET	Polyethylenterephthalat
PET-C	Teilkristallines Polyethylenterephthalat
PET-A	Amorphes Polyethylenterephthalat
ESG	Einscheiben-Sicherheitsglas
VSG	Verbund-Sicherheitsglas
UNECE	Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen
StVZO	Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Umfrageergebnisse „Wurde Gewalt gegen Einsatzkräfte erlebt?“	4
Abbildung 2: Umfrageergebnisse „Art der erlebten Gewalt“	4
Abbildung 3: Umfrageergebnisse „Art der erlebten Gewalt“ der Gruppe "Berufsfeuerwehr" ...	4
Abbildung 4: Hydraulische Rettungsschere (NLBK 2022, 45)	11
Abbildung 5: Säbelsäge (NLBK 2022: 64)	12
Abbildung 6: Federkörner (WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. b).....	13
Abbildung 7: Halligan-Tool mit Hebelklaue (WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. c)	13
Abbildung 8: Resultate nach drei Steinwürfen (Eigene Darstellung)	30
Abbildung 9: Druckstellen durch den Federkörner (Eigene Darstellung).....	30
Abbildung 10: Einschlaglöcher durch den Dorn des Halligan-Tools (Eigene Darstellung)	31
Abbildung 13: Zweiter Schnitt der Rettungsschere durch das PC (Eigene Darstellung).....	32
Abbildung 12: Erster Schnitt der Rettungsschere durch das PC (Eigene Darstellung).....	32
Abbildung 11: Ca. 25 Zentimeter langer Schnitt durch die Säbelsäge (Eigene Darstellung)..	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: EG-Fahrzeugklassen nach Richtlinie 2007/46/EG	7
Tabelle 2: Widerstandsklassen nach DIN EN 356	9
Tabelle 3: Klassen für Stoßbeanspruchung nach DIN EN 12600	10
Tabelle 4: Typ nach Bruchverhalten nach DIN EN 12600	10
Tabelle 5: Die fünf Interviewformen nach Pfeiffer (2021)	16
Tabelle 6: Arten der Rückfragen nach Genau (2023a)	17
Tabelle 7: Interviewpartner der Bundespolizei (Anhang 1)	18
Tabelle 8: Interviewpartner der Feuerwehr Hamburg (Anhang 2)	19
Tabelle 9: Interviewfragen von Interview 1 mit zwei Vertretern der Bundespolizei	19
Tabelle 10: Interviewfragen von Interview 2 mit einem Vertreter der Feuerwehr Hamburg	20
Tabelle 11: Höhen, Geschwindigkeiten, Impulsänderungen und Kräfte beim Steinwurf	26
Tabelle 12: Faktoren mit Einfluss auf einen Steinwurf und beispielhafte Variationen	37

1. Einleitung

„Es darf nicht sein, dass Menschen, die anderen zu Hilfe eilen, um ihre eigene Sicherheit und Gesundheit fürchten müssen“ (Hussy 2023, zitiert nach Unfallkasse Nordrhein-Westfalen).

Spätestens seit den Angriffen auf Einsatzkräfte der Polizei, der Feuerwehr und des Rettungsdienstes in der Silvesternacht vom 31. Dezember 2022 auf den 1. Januar 2023 (vgl. Polizei Berlin 2023) ist das Thema „Gewalt gegen Einsatzkräfte“ in der Öffentlichkeit sehr präsent und wird intensiv diskutiert. Obwohl bereits vorher verbale und körperliche Angriffe auf Mitglieder der Polizei, des Rettungsdienstes, der Feuerwehr oder anderer Hilfsorganisationen vorgekommen sind, stiegen die Fallzahlen der vergangenen Jahre dennoch kontinuierlich an (vgl. Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport 2024).

Das größte Problem ist, dass Einsatzkräfte der unterschiedlichen Hilfsorganisationen wichtige Bestandteile der öffentlichen Sicherheit und des Katastrophenschutzes sind. Deshalb bedeutet die Behinderung der Einsatzkräfte auch eine Beschränkung der Hilfeleistungen für die Bevölkerung, was im schlimmsten Fall den Tod von Hilfsbedürftigen oder eine große Gefährdung für die Zivilbevölkerung bedeuten kann. Darüber hinaus sinkt die Bereitschaft, sich freiwillig oder beruflich in diesen Organisationen zu betätigen. Durch Angriffe auf die Einsatzfahrzeuge, bspw. mit Böllern, Steinen oder Schlagwerkzeugen, wird nicht nur die Unversehrtheit der Einsatzkräfte gefährdet, sondern es werden auch wirtschaftliche Schäden an Fahrzeugen und Einsatzmaterialien verursacht, welche nicht selten durch Geldmittel der Kommunen oder des Staats ausgeglichen werden müssen.

Betrachtet man die Lagen in anderen Ländern, fällt auf, dass die Angriffe nicht nur in Deutschland ein Problem sind. In Frankreich (vgl. Brändle 2022) oder Großbritannien (vgl. Home Office zitiert nach Deutschlandradio 2024) haben die Angriffe in den letzten Jahren ebenfalls zugenommen. Aus eben diesen Gründen werden auch im Ausland verschiedenste Schutzmethoden genutzt, um Fahrzeuge der Rettungskräfte und der Polizei sicher zu gestalten. Beispielsweise werden in Israel die Fahrzeuge mit Panzerglas ausgestattet und in Südafrika Schutzgitter an den Scheiben verwendet.

Auch in Deutschland befassen sich immer mehr Hilfsorganisationen mit verschiedensten Möglichkeiten zum Schutz der eigenen Einsatzkräfte. Durch die Aufmerksamkeit und die Forderungen der Bevölkerung, der Politik und der Einsatzkräfte steigt der Druck, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, welche sich überwiegend auf die Anpassung von Einsatzkleidung, Gesetzen oder Einsatzfahrzeugen konzentrieren.

Eine dieser Organisationen ist die Feuerwehr Hamburg, welche zu den größten Berufsfeuerwehren in Deutschland zählt und ebenfalls mögliche Maßnahmen für eine verbesserte Sicherheit der Einsatzkräfte prüft. Ein wesentlicher Teil ihres Aufgabenspektrums ist der Rettungsdienst, der von anderen Hilfsorganisationen noch unterstützt wird. Deshalb wurden bereits die Seitenscheiben einiger Rettungswagen (RTW) mit Splitterschutzfolien beklebt, um den Mitarbeitern im Rettungsdienst einen größeren Schutz während der Einsatzfahrt zu gewährleisten. Auch für die Einsatzfahrzeuge des Brandschutzes und der technischen Hilfeleistung, wie das Hamburger Löschfahrzeug (HLF), soll eine Anpassung zur Erhöhung der Sicherheit geprüft werden.

Eine technische Möglichkeit, die im Gespräch ist, ist der Einsatz von Scheiben aus Polycarbonat (PC) für die Einsatzfahrzeuge, wie sie beispielsweise bereits bei der Bundespolizei genutzt werden (vgl. Anhang 1: 80ff).

Diese Bachelorarbeit wird sich mit PC-Scheiben und Sicherheitsfolien auseinandersetzen, indem die Wirksamkeit anhand von Literatur, Erfahrungswerten und einem Praxistest bewertet wird. Zudem sollen die Rettungsmöglichkeiten bei einem möglichen Unfall des Einsatzfahrzeuges mit üblichen Rettungsgeräten der Feuerwehr praktisch überprüft werden. Die Ergebnisse sollen als Grundlage einer Entscheidung zur Ausstattung der Einsatzfahrzeuge dienen.

2. Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollen die Möglichkeiten zum Insassenschutz durch verschiedene Scheibenschutzsysteme an Feuerwehrfahrzeugen untersucht werden. Dabei sollen die Wirksamkeit und die Möglichkeit zur Rettung bei einem Unfall der Feuerwehrfahrzeuge mithilfe von Experteninterviews und einem Praxisversuch betrachtet werden. Abschließend soll im Fazit eine Empfehlung zur oder gegen die Verwendung gegeben werden.

3. Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel sollen die für diese Arbeit bedeutungsvollsten Zahlen einer aktuellen Statistik aus 2024 hinsichtlich „Gewalt gegen Einsatzkräfte der Feuerwehr“ zusammengefasst werden. Anschließend wird eine Auswahl von national und international genutzten Scheibenschutzsystemen vorgestellt und es werden die in Deutschland und der EU geltenden rechtlichen und normativen Grundlagen für Sicherheitsverglasung erläutert. Im weiteren Verlauf benötigte physikalische Formeln und Grundsätze werden ebenso erläutert wie gängige Vorgehensweisen und Rettungsmittel der Feuerwehr im Falle einer Unfallrettung.

3.1 Befragung des Deutschen Feuerwehrverbandes e. V.

Bei einer Online-Umfrage des Deutschen Feuerwehrverbandes e. V. und des Instituts für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG), welche vom 11.09.2024 bis 25.10.2024 (vgl. IAG 2024a: 2) durchgeführt wurde, gaben von 7.555 Befragten (vgl. IAG 2024a: 2) aus Freiwilligen, Berufs- und Werkfeuerwehren mehr als 50 % an (vgl. IAG 2024a: 12) (siehe Abbildung 1), in den vergangenen zwei Jahren Beleidigungen, Beschimpfungen, Bedrohungen oder tätliche Angriffe erlebt zu haben. Dieses Ergebnis ist nahezu deckungsgleich mit einer ersten Umfrage aus dem Jahr 2023 des Deutschen Feuerwehrverbandes e. V. und des IAG, bei der von 6.568 Befragten 49,5 % angaben, bereits verbale oder tätliche Gewalt erlebt zu haben (vgl. IAG 2023: 6). Dabei ist wichtig zu erwähnen, dass von den 7.555 Befragten rund 23 % bereits an der Umfrage aus dem Jahr 2023 teilgenommen haben (vgl. Deutscher Feuerwehrverband e. V. 2024). In der Umfrage aus dem Jahr 2024 gaben ca. 600 Personen an, bereits mit Feuerwerkskörpern oder Gegenständen beworfen worden zu sein (vgl. IAG 2024a: 15). Fast 240 Personen gaben an, bereits Erfahrungen mit Sachbeschädigung (vgl. IAG 2024a: 15) (bspw. an Feuerwehrfahrzeugen oder -mitteln) gemacht zu haben, wie in Abbildung 2 dargestellt ist. Für die unterschiedlichen Arten der Feuerwehren wurden getrennte Statistiken angelegt. Hier ist hervorzuheben, dass bei 1.525 befragten Beschäftigten bei Berufsfeuerwehren (vgl. IAG 2024b: 1) bereits 1.146 Mitarbeiter in den vergangenen zwei Jahren Gewalt an Einsatzkräften erlebt haben. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, gaben bei möglicher Mehrfachnennung ca. 135 Angestellte an, Erfahrungen mit Sachbeschädigung (vgl. IAG 2024b: 3) gemacht zu haben, während mehr als jeder Vierte angibt, Erfahrungen durch Bewerfen mit Feuerwerkskörpern oder Gegenständen gemacht zu haben (vgl. IAG 2024b: 3). Zu den Abbildungen 2 und 3 ist anzumerken, dass weitere, für die Arbeit nicht relevante Kategorien weggelassen wurden.

Auch zu den Täterprofilen wurden Fragen gestellt. Hier geht aus der Umfrage hervor, dass es sich in fast 90 % der Fälle um Einzeltäter handelt (vgl. IAG 2024a: 21), wobei diese in vier von fünf Fällen nicht erkennbar unter Alkohol oder Drogeneinfluss standen (vgl. IAG 2024a: 21).

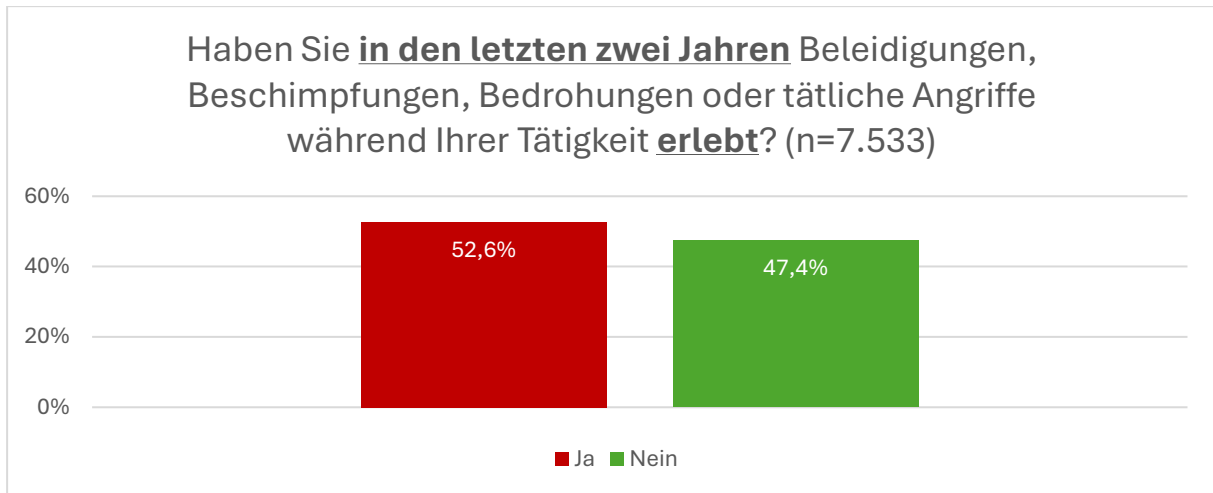


Abbildung 1: Umfrageergebnisse „Wurde Gewalt gegen Einsatzkräfte erlebt?“

Quelle: In Anlehnung an IAG 2024a: 12

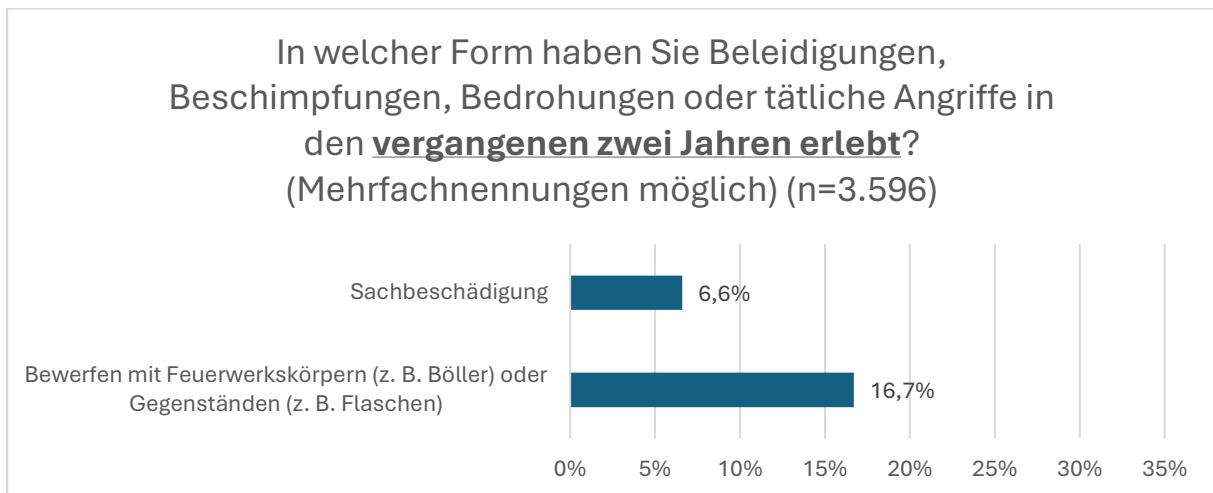


Abbildung 2: Umfrageergebnisse „Art der erlebten Gewalt“

Quelle: In Anlehnung an IAG 2024a: 15

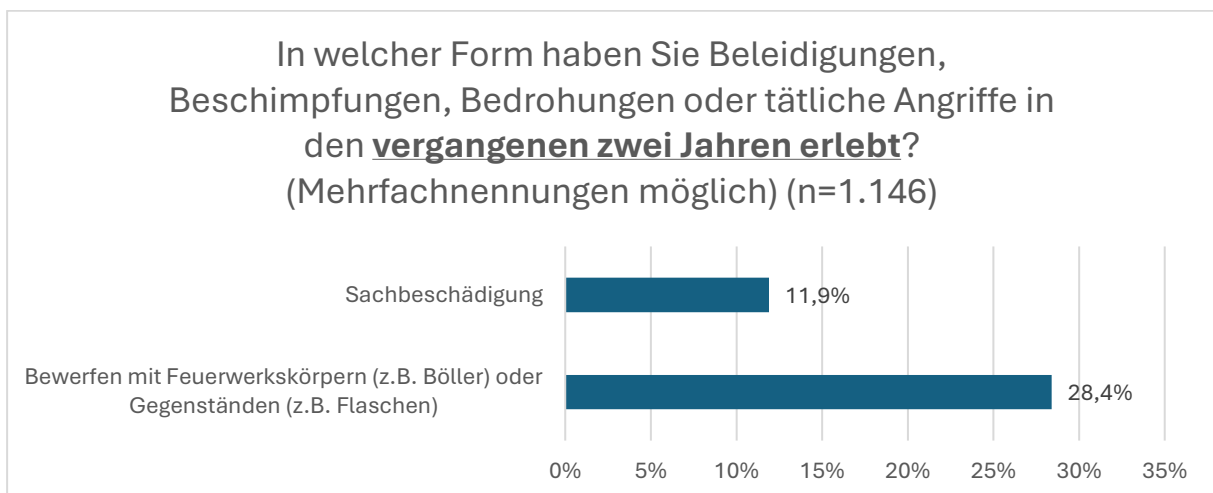


Abbildung 3: Umfrageergebnisse „Art der erlebten Gewalt“ der Gruppe "Berufsfeuerwehr"

Quelle: In Anlehnung an IAG 2024b: 3

3.2 Scheibenschutzsysteme

3.2.1 Nationale Lösungen

Grundsätzlich kann, wenn von Polizei, Feuerwehr, Rettungsdienst und anderen Hilfsorganisationen gesprochen wird, der Sammelbegriff Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) in Deutschland genutzt werden.

BOS lassen sich in die polizeiliche und die nicht-polizeiliche Gefahrenabwehr (vgl. Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe o. D.) unterteilen. Zur ersteren zählen u. a. die Bundespolizei, die Polizeien der Länder, der Zoll oder der Verfassungsschutz, man spricht auch von der Inneren Sicherheit (vgl. Müller et al. 2024). Angehörige der nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr sind u. a. die Feuerwehr, die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW) oder die Hilfsorganisationen (vgl. Müller et al. 2024).

Werden verwendete Schutzsysteme für Fahrzeugscheiben der BOS in Deutschland betrachtet, gibt es nahezu nur drei Varianten: Sicherheitsfolien (vgl. RK o. D.), Polycarbonat (vgl. Anhang 1: 80ff) und Sicherheitsglas (vgl. WELP Holding GmbH o. D.).

3.2.1.1 Polycarbonat

Polycarbonat ist ein Thermoplast, welches durch Kondensationspolymerisation hergestellt wird (vgl. Kaiser 2024: 356) und chemisch zu den Polyestern zählt (vgl. Abts 2010: 101). Es ist ein Kunststoff mit vielen Ver- und Bearbeitungsmöglichkeiten (vgl. Kaiser 2024: 356), welche auf der hohen Festigkeit, Schlagzähigkeit und Steifigkeit beruhen (vgl. Kaiser 2024: 356).

Die Festigkeit beschreibt den Widerstand gegen eine Ausbreitung von Rissen und plastische Verformungen (vgl. Hornbogen et al. 2019: 175). Eine hohe Festigkeit bedeutet somit einen hohen Widerstand gegen plastische, also bleibende Verformungen. Der Widerstand gegen Stoß- und Schlagbelastungen wird durch die Schlagzähigkeit ausgedrückt (vgl. Bargel 2022: 517). Der Wert der Schlagzähigkeit gibt somit an, ab wann ein Prüfkörper durch schlagartige Biegung gebrochen ist (vgl. Bargel 2022: 518). Der hohe Wert der Schlagzähigkeit ergibt sich aus der amorphen Struktur (vgl. Domininghaus et al. 2022: 717), das bedeutet, dass sich die Atome und Moleküle in einem ungeordneten Zustand befinden (vgl. Bargel 2022: 1). Die Steifigkeit beschreibt den Widerstand gegen elastische, also reversible Verformungen (vgl. Weißbach et al. 2015: 500). Je höher die Steifigkeit, desto höher ist der Widerstand.

PC ist selbstlöschend, sobald die Zündquelle entfernt wird (vgl. Domininghaus et al. 2012: 716), und hat eine hohe Witterungsbeständigkeit. Es vergilbt durch Photooxidation (vgl. Domininghaus et al. 2012: 717), also der Oxidation der Polymere durch Sauerstoff und UV-Strahlung (vgl. Kaiser 2024: 617). Dafür reichen Wellenlängen von 360 nm, wobei die Photooxidation bis < 300 nm stark zunimmt (vgl. Domininghaus et al. 2012: 717). Zur Einordnung: Die Bevölkerung in Deutschland ist ganzjährig einer Wellenlänge von 315–400 nm (UV-A-Strahlung) und, vor allem im Sommer, von 280–315 nm (UV-B-Strahlung) (vgl. Bundesamt für Strahlenschutz 2024) ausgesetzt. Die UV-C-Strahlung (100–280 nm) erreicht

die Erdoberfläche nicht, da sie in der Ozonschicht absorbiert wird (vgl. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz o. D.).

Der Kunststoff lässt sich chemisch und physikalisch modifizieren (vgl. Kaiser 2024: 359), um ihn gezielt für bestimmte Anwendungen anzupassen. Durch die Kombination mit einem UV-Absorber lässt sich so eine höhere Beständigkeit gegen energiereiche Strahlung (bspw. UV-Strahlung) (vgl. Domininghaus et al. 2012: 718) erzielen.

Im Vergleich zu herkömmlichem Verbundglas (Kapitel 3.2.1.3) sind Scheiben aus Polycarbonat deutlich leichter (vgl. KIRSCH Kunststofftechnik GmbH o. D.). Außerdem lassen sie sich passgenau verarbeiten (vgl. Herbert Geißler GmbH & Co. KG o. D.), um in verschiedensten Fahrzeugmodellen eingesetzt zu werden.

3.2.1.2 Splitterschutzfolien

Splitterschutzfolien, je nach Hersteller auch Sicherheitsfolien, bestehen meist aus Polyethylenterephthalat (PET) (vgl. PFSA HINZE o. D.). Polyethylenterephthalat ist ein Thermoplast (vgl. Abts 2010: 99) und einer der am meisten produzierten Kunststoffe (vgl. Kaiser 2024: 348). Im Allgemeinen unterscheidet man zwischen teilkristallinem PET (PET-C), welches eine hohe Festigkeit, Steifigkeit, (vgl. Domininghaus et al. 2024: 788), Abriebfestigkeit und eine niedrige Schlagzähigkeit (vgl. Kaiser 2024: 350) hat, und amorphem PET (PET-A). PET-A hat eine geringere Steifigkeit, dafür aber eine höhere Schlagzähigkeit (vgl. Kaiser 2024: 351) im Vergleich zu PET-C.

Nach Herstellerangaben bieten die Folien einen hohen Schutz vor unterschiedlichen Gefahren in Einsätzen, wie bspw. Steinwürfen oder Brandsätzen (vgl. RK o. D.). Für Fahrzeugscheiben handelt es sich dabei um ein transparentes, mehrschichtiges Folienlaminat (vgl. RK o. D.), welches auf die Innenseite der Scheiben geklebt wird (vgl. RK o. D.). Die Splitterschutzfolien können sowohl nachgerüstet oder auch direkt ab Werk angebracht werden (vgl. HAVERKAMP GmbH o. D.) und dienen nicht nur der Durchwurfhemmung (vgl. HAVERKAMP GmbH o. D.), sondern halten auch die Splitter der gebrochenen Scheibe zusammen, um so das Verletzungsrisiko für Insassen zu verringern (vgl. HAVERKAMP GmbH o. D.).

3.2.1.3 Sicherheitsglas

Bei Sicherheitsglas wird zwischen den zwei Varianten Einscheiben-Sicherheitsglas (ESG) und Verbund-Sicherheitsglas (VSG) unterschieden (vgl. Hoffmann & Co. KG o. D.). Bei ESG handelt es sich um ein vorgespanntes Glas (vgl. INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG 2019: 301), das bedeutet, dass durch Erhitzen und anschließend schnelles Abkühlen Druckspannungen in der Glasoberfläche erzeugt werden (vgl. Bargel 2022: 408). ESG ist besonders widerstandsfähig gegenüber Druck (wie bspw. Stößen oder Schlägen) (vgl. Hoffmann & Co. KG o. D.) und bildet bei Zerbrechen keine scharfkantigen Scherben, sondern zerfällt in kleine stumpfkantige Glaskrümel, um die Verletzungsgefahr zu verringern (vgl. INTERPANE GLAS AG 2019: 301). Eine nachträgliche Bearbeitung (bspw. Schneiden oder Bohren) ist aufgrund der erzeugten Spannung nicht mehr möglich

(vgl. INTERPANE GLAS AG 2019: 301). VSG dagegen besteht aus zwei identisch geformten Scheiben, welche durch eine dazwischen liegende Kunststoffschicht zusammengehalten werden (vgl. Wirtschaftsgesellschaft des Kfz-Gewerbes mbH o. D.). Im Falle eines Bruchs bleiben die Scherben an der Kunststoffschicht haften (vgl. Neuffer Fenster & Türen GmbH o. D.), wodurch sich nur wenige scharfkantige Glassplitter lösen (vgl. INTERPANE GLAS AG 2019: 312). Der wesentliche Unterschied bei einem Bruch ist also, dass ESG in stumpfe Glaskrümel zerfällt, während VSG als ganze Scheibe größtenteils erhalten bleibt, da die Glassplitter an der Kunststoffschicht haften (vgl. INTERPANE GLAS AG 2019: 312).

3.2.2 Internationale Lösungen

Auch international werden verschiedene Scheibenschutzsysteme verwendet. Ein Beispiel dafür ist Israel, wo nicht nur die Polizeifahrzeuge, sondern auch die ersten Rettungswagen mit schusssicherem Glas ausgestattet wurden (vgl. Unbekannt 2024). Ein anderes Beispiel ist Australien. Hier werden einige Rettungsfahrzeuge vollständig mit Polycarbonatscheiben ausgestattet (vgl. Dezinufy o. D.).

3.3 Rechtliche und normative Grundlagen

3.3.1 ECE-R 43

Die Regelung Nr. 43 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) benennt in der ab dem 24. Oktober 2009 gültigen ECE-R 43 „Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Sicherheitsverglasungswerkstoffe und ihres Einbaus in Fahrzeuge“ (UNECE 2010). Sie gilt für alle Sicherheitsverglasungswerkstoffe, die als Windschutzscheibe oder andere Scheiben in die Fahrzeugklassen L, M, N, O, und T eingebaut werden sollen (vgl. UNECE 2010, Abschnitt 1). Die genannten Fahrzeugklassen werden in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: EG-Fahrzeugklassen nach Richtlinie 2007/46/EG

<u>Fahrzeugklasse</u>	<u>Beschreibung</u>	<u>Beispiel</u>
L	Leichte Krafträder mit zwei, drei oder vier Rädern	Motorrad, Quad
M	Kfz mit mindestens vier Rädern zum Zweck der Personenbeförderung	Pkw, Bus
N	Kfz zum Zweck der Güterbeförderung	Lkw
O	(Sattel-)Anhänger	Tieflader
T	Zugmaschinen für die Land- und Forstwirtschaft	Traktor

Quelle: Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, 2007

Ausgenommen von den Sicherheitsverglasungen sind spezielle schusssichere Verglasungen und Doppelscheiben (vgl. UNECE 2010, Abschnitt 1), wobei eine Doppelscheibe hier den Zusammenbau von zwei Verglasungsscheiben, welche getrennt in die gleiche Öffnung eines Fahrzeuges eingesetzt werden (vgl. UNECE 43 2010, Abschnitt 2.6), beschreibt und somit keine Verbundscheiben miteinschließt.

In Kapitel 6 der ECE-R 43 werden allgemeine Vorschriften definiert. Die hier relevantesten sind: „Alle Verglasungswerkstoffe [...] müssen so beschaffen sein, dass sie das Verletzungsrisiko im Falle eines Bruches so weit wie möglich reduzieren“ (UNECE 2010, Abschnitt 6.1) und „Beim Bruch der Windschutzscheibe muss der Fahrzeugführer in der Lage sein, die Straße noch so deutlich zu sehen, so dass er sein Fahrzeug sicher bis zum Stillstand abbremsen kann“ (UNECE 43 2010, Abschnitt 6.2).

Weiterhin legt die ECE-R 43 für die verschiedenen Verglasungswerkstoffe unterschiedliche Prüfungen fest (vgl. UNECE 2010, Abschnitt 8), um die Einhaltung der Vorschriften und der Verkehrstauglichkeit festzustellen.

3.3.2 DIN EN 356

Die DIN EN 356 „Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstandes gegen manuellen Angriff“, welche seit November 1999 gültig ist, definiert zwei getrennte Prüfverfahren für angriffhemmende Verglasungen (vgl. DIN EN 356 2000, Abschnitt 1), also für Sicherheitsverglasung. Je nach Prüfergebnis wird die getestete Verglasung dann klassifiziert.

Eine der beiden Prüfungen ist die Fallprüfung mit hartem Körper (vgl. DIN EN 356 2000, Abschnitt 6.1). Hierbei wird eine Stahlkugel mit einem Durchmesser von $(100 \pm 0,2)$ mm und einer Masse von $(4,11 \pm 0,06)$ kg (vgl. DIN EN 356 2000, Abschnitt 6.1.1) aus einer, je nach Widerstandsklasse, definierten Fallhöhe auf einen in einer Halteeinrichtung eingespannten Probekörper fallen gelassen (vgl. DIN EN 356 2000, Abschnitt 6.1.2).

Bei der zweiten Prüfung wird eine Axt mit einer Masse von $(2 \pm 0,1)$ kg durch einen Mechanismus auf den erneut eingespannten Probekörper geschwungen (vgl. DIN EN 356 2000, Abschnitt 6.2). Dabei werden besondere Anforderungen an Maße und Zusammensetzung der Axt definiert (vgl. DIN EN 356 2000, Abschnitt 6.2.2.1). Um die stumpfe Seite einer Axt zu simulieren, wird ein Hammer aus Stahl genutzt (vgl. DIN EN 356 2000, 6.2.2.2). Je nach Auftreffgeschwindigkeit, Auftreffenergie und der Gesamtzahl der Schläge ergibt sich hieraus eine Widerstandsklasse (vgl. DIN EN 356 2000, Tabelle 3).

Die Widerstandsklassen werden in Tabelle 2 dargestellt. Dabei ist anzumerken, dass für die Widerstandsklassen P6B, P7B und P8B noch weitere Bedingungen, wie Auftreffgeschwindigkeit oder Auftreffenergie, hier nicht erwähnt werden.

Tabelle 2: Widerstandsklassen nach DIN EN 356

<u>Widerstandsklasse</u>	<u>Fallhöhe in mm</u>	<u>Gesamtanzahl an Schlägen</u>
P1A	1.500	3 in einem Dreieck
P2A	3.000	3 in einem Dreieck
P3A	6.000	3 in einem Dreieck
P4A	9.000	3 in einem Dreieck
P5A	9.000	3 x 3 in einem Dreieck
P6B	-	30 bis 50
P7B	-	51 bis 70
P8B	-	Über 70

Quelle: DIN EN 356 2000, Tabelle 4

3.3.3 DIN EN 12600

Diese Prüfnorm zielt darauf ab, Flachglas durch das Verhalten bei Stoßbeanspruchung und durch das Bruchverhalten zu klassifizieren (vgl. DIN EN 12600 2003). Die Klassifizierung erfolgt dabei in jeweils drei Hauptgruppen (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 1). Bei der Prüfung wird ein Pendel an einer Aufhängevorrichtung durch einen Auslösemechanismus (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 5.1.1.1) auf den Prüfkörper geschwungen, welcher in einen Rahmen geklemmt ist (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 5.1.1.3). Die Proben dürfen dabei nicht brechen oder dürfen bestimmte Schadensschweren, definiert nach Abschnitt 4 der Norm, nicht überschreiten (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 4).

Je nach Fallhöhe des Pendels und der anschließenden Rissbildung ergeben sich die Klassen und Typen nach den folgenden Tabellen 3 und 4. Die endgültige Klassifizierung eines Produktes ist wie folgt aufgebaut:

a (B) c

Dabei steht...

...a für die höchste Fallhöhe, bei der die Probe nicht oder nach DIN EN 12600 Abschnitt 4 a) oder 4 b) bricht (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 6.3);

...B für das Bruchverhalten (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 6.3);

...c für die höchste Fallhöhe, bei der die Probe nicht oder nach DIN EN 12600 Abschnitt 4 a) bricht (vgl. DIN EN 12600 2003, Abschnitt 6.3).

Tabelle 3: Klassen für Stoßbeanspruchung nach DIN EN 12600

<u>Klasse</u>	<u>Fallhöhe in mm</u>
3	190
2	190 und 450
1	190, 450 und 1.200

Quelle: DIN EN 12600 2003, Abschnitt 6.2

Tabelle 4: Typ nach Bruchverhalten nach DIN EN 12600

<u>Typ</u>	<u>Bruchverhalten</u>	<u>Beispiel</u>
A	- zahlreiche Risse - viele einzelne Bruchstücke mit scharfen Kanten - einige Bruchstücke sind groß	normal gekühltes Glas
B	- zahlreiche Risse - Bruchstücke werden zusammengehalten	Verbundglas
C	- Zerfall mit vielen kleinen Bruchstücken - Bruchstücke sind relativ harmlos	vorgespanntes Glas

Quelle: DIN EN 12600 2003, Abschnitt 6.3

3.4 Unfallrettung durch die Feuerwehr

Im folgenden Kapitel werden die nötigsten Grundlagen der Unfallrettung bei Technischer Hilfe durch die Feuerwehr nähergebracht. Dabei wird die Erläuterung auf die Rettung durch die Scheibenöffnung und die Beschreibung der dafür nutzbaren und am häufigsten bei Feuerwehren anzutreffenden Rettungsgeräte beschränkt.

3.4.1 Rettung

Bei der Unfallrettung werden Fenster bzw. Glasscheiben immer entfernt, wenn in diesem Bereich Schneid- oder Trennarbeiten stattfinden (vgl. NLBK 2022: 51). Dies soll ein unkontrolliertes Zerspringen und damit Verletzungen von Patienten (vgl. NLBK 2022: 51) und Einsatzkräfte vorbeugen. VSG wird am einfachsten mit einer Glassäge herausgeschnitten oder mithilfe eines Blechaufreißers oder Multifunktionswerkzeugs entfernt (vgl. NLBK 2022: 51). Polycarbonatscheiben sollen herausgebrochen oder alternativ durch Trenngeräte wie z. B. Pendelhubsägen (vgl. NLBK 2022: 51) entfernt werden. Grundsätzlich sind Patienten immer vor Glassplitter und -staub durch geeignetes Abdecken zu sichern (vgl. NLBK 2022: 51). Dies kann beispielsweise durch Schutzbrillen, Staubschutzmasken und Sauerstoffmasken (vgl. HLFS 2020: 22) sichergestellt werden. Gibt es keine andere Möglichkeit, kann der Patient so über die Öffnungen der entfernten Fahrzeugscheiben gerettet werden.

3.4.2 Hydraulische Rettungsgeräte

Hydraulische Rettungsgeräte werden überwiegend zur Rettung von eingeschlossenen oder eingeklemmten Personen genutzt (vgl. NLBK 2022: 45). Vorteile dieser Geräte sind die schnelle, gut regelbare, geräuscharme und erschütterungsfreie Anwendbarkeit (vgl. NLBK 2022: 45) sowie die einfache Handhabung, da lediglich eine Person zur Bedienung benötigt wird.

Die wesentlichen Aufgaben der Geräte liegen im Durchtrennen, Spreizen oder Auseinanderziehen (vgl. NLBK 2022: 45). Je nach Geräteart wird ein externes Antriebsaggregat benötigt, wobei es bereits Rettungsgeräte gibt, welche durch einen Akku und eine integrierte Pumpe (vgl. NLBK 2022: 45) unabhängig von einem externen Aggregat arbeiten können und somit eine flexiblere Arbeit um bspw. einen LKW herum ermöglichen. Der Betriebsdruck liegt, je nach Hersteller, zwischen 320 bar und 700 bar (vgl. NLBK 2022: 45).

Um Fahrzeugteile auf- oder wegzudrücken (vgl. NLBK 2022: 45), wird der hydraulische Spreizer genutzt. Dieser kann Lasten mit einer Spreizweite von 600 bis ca. 800 mm (vgl. NLBK 2022: 45) in horizontaler und in vertikaler Richtung bewegen (vgl. NLBK 2022: 45).

Eine hydraulische Rettungsschere (siehe Abbildung 4) dient, wie der Name bereits sagt, zum Schneiden und Durchtrennen (vgl. NLBK 2022: 45). Je nach Hersteller hat die hydraulische Rettungsschere einen Öffnungsweg des Schneidmessers zwischen 90 und 270 mm (vgl. NLBK 2022: 45)



Abbildung 4: Hydraulische Rettungsschere (NLBK 2022, 45)

3.4.3 Glas- und Säbelsäge

Für ein manuelles Sägen der Scheiben eignen sich sogenannte Glassägen. Diese sind mit einem speziellen Sägeblatt ausgestattet (vgl. WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. a) und lassen sich für den Transport ein- bzw. zum Sägen ausklappen (vgl. WEBER RESCUE SHOP



Abbildung 5: Säbelsäge (NLBK 2022: 64)

GmbH o. D. a). Im arbeitsbereiten Zustand kann sie wie eine Handstichsäge zum Trennen des Glases genutzt werden. „Die Säbelsäge ist eine elektrisch angetriebene Pendelhubsäge.“ (NLBK 2022: 64). Ähnlich wie eine Stichsäge führt die Säbelsäge (siehe Abbildung 5) eine Hubbewegung aus (vgl. Passiontec GmbH o. D.), ist aber meist deutlich größer und leistungstärker (vgl. Passiontec GmbH o. D.). Mit der Säge lassen sich verschiedene Werkstoffe ohne große Funkenbildung trennen (vgl. NLBK 2022: 64).

3.4.4 Federkörner

Ein Gerät, welches zum Zertrümmern von ESG genutzt wird, ist der Federkörner. Es gibt zwei unterschiedliche Aufbauarten des Federkörners. Bei dem Automatik-Federkörner wird die Vorderseite gegen das Glas gedrückt (vgl. Rüffer 2010). Dadurch wird die Feder zusammengedrückt und die Rückseite des Körners rutscht in den hinten anliegenden Schlagbolzen, wodurch durch die Feder schlagartig ein Druckstoß erzeugt wird (vgl. Fabricium 2023), welcher das ESG zerstört. Der Bolzen des Federkörners wird nach Benutzung automatisch wieder gespannt (vgl. Rüffer 2010).

Bei der anderen Variante (Abbildung 6) wird ebenfalls die Spitze des Federkörners an der Scheibe aufgesetzt und anschließend die außen anliegende Feder (vgl. WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. b) gespannt. Wird diese losgelassen, wird der in der Feder befestigte Schlagbolzen durch die Zugkraft der Feder gegen die Spitze geschlagen und der dabei entstehende Druck zertrümmert die Fahrzeugscheiben. Beide Varianten sind nur zur kontrollierten Zerstörung von Einscheiben-Sicherheitsglas (vgl. WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. b) und nicht von Verbund-Sicherheitsglas geeignet.



Abbildung 6: Federkörner (WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. b)

3.4.5 Halligan-Tool

Das Halligan-Tool (Abbildung 7) oder auch Hooligen-Tool ist ein Brechwerkzeug für die technische Hilfeleistung. Es besteht i. d. R. aus einem Dorn als Schlagfläche, einer Schneide, um bspw. Türen aufzubrechen, und, je nach Ausführung, einer Hebelklaue (vgl. rescue-tec GmbH & Co. KG o. D.) oder einer Schneidklaue als Blechaufreißer. Es gehört nach den Normen DIN 14530 und DIN 14555 zur Beladung der Löschfahrzeuge und Rüstwagen (vgl. WEBER RESCUE GmbH o. D. c)



Abbildung 7: Halligan-Tool mit Hebelklaue (WEBER RESCUE SHOP GmbH o. D. c)

3.5 Physikalische Grundlagen

Für die im weiteren Verlauf folgende Simulation eines Steinwurfs auf eine Fahrzeugscheibe werden bestimmte physikalische Grundlagen und Formeln benötigt, welche in den folgenden Kapiteln behandelt werden.

3.5.1 Impuls

Die Bewegungsgröße p , auch als Impuls bezeichnet, beschreibt das Produkt der Masse eines Körpers mit seiner Geschwindigkeit (vgl. Kuchling 2014: 117). Da die Richtung des Impulses in den Simulationen vor und nach dem Aufprall konstant ist, wird der Impuls p als skalare Größe verwendet. Nach Kuchling (2014: 177) ergibt sich daraus die folgende Gleichung 1,

$$p = m \cdot v \quad (\text{Gl. 1})$$

p : Impuls des Körpers

m : Masse des Körpers

v : Geschwindigkeit des Körpers

3.5.2 Freier Fall

Der freie Fall ist ein Sonderfall der gleichmäßig beschleunigten Translation (geradlinige Bewegung (vgl. Kuchling 2014: 68)), welcher ohne Anfangsgeschwindigkeit auftritt (vgl. Kuchling 2014: 77). Die Beschleunigung ist in diesem Fall gleich der Erdbeschleunigung g (vgl. Kuchling 2014: 77). Die Gleichung 2 beschreibt die Fallgeschwindigkeit nach Kuchling (2014: 77)

$$v = \sqrt{2gh} \quad (\text{Gl. 2})$$

Umgestellt für die Fallhöhe h ergibt sich die Gleichung 3:

$$\leftrightarrow h = \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Gl. 3})$$

h : Fallhöhe; Weg, der in der Zeit t durchfallen wird

v : Fallgeschwindigkeit nach Ablauf der Zeit t

g : Erdbeschleunigung von $9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

3.5.3 Schräger Wurf

Um den Wurf mit einem Stein oder einer Kugel aus dem Stand zu beschreiben, wird die Gleichung des Schrägen Wurfs benötigt, da der Körper sich sowohl waagrecht als auch senkrecht bewegt (vgl. Joachim Herz Stiftung o. D.). In diesem Fall spielt die Anfangshöhe ebenfalls eine Rolle, weil der Wurfkörper nicht vom Boden aus beschleunigt wird. Die nach Kuchling (2014: 83) beschriebene Formel für die Bahngeschwindigkeit wird in Gleichung 4 gezeigt.

$$v_B = \sqrt{v_0^2 - 2gh} \quad (\text{Gl. 4})$$

v_B : Bahngeschwindigkeit

h : Wurfhöhe

v_0 : Anfangsgeschwindigkeit

g : Erdbeschleunigung

4. Methode

Auf Grundlage der vorherigen Theorie sollen die Wirksamkeit und die Rettungsmöglichkeiten von Scheibenschutzsystemen durch die nachfolgend erläuterte und begründete Methodik dieser Bachelorarbeit betrachtet und bewertet werden. Zur Analyse der Schutzsysteme wurden zwei Experteninterviews und ein Praxistest erarbeitet und durchgeführt.

4.1 Experteninterviews

Methodisch bieten sich Experteninterviews an, da es sich um einen spezifischen Bereich mit begrenzter Literatur handelt. Dadurch können Erfahrungen und Daten von Personen bezogen werden, welche sich bereits ausgiebig mit dem Ganzen oder Teilen des Themas beschäftigt haben.

4.1.1 Auswahl der Interviewform

Experteninterviews müssen gut vorbereitet werden und können in vielen unterschiedlichen Variationen durchgeführt werden. Nach Pfeiffer (2021) gibt es fünf unterschiedliche Interviewformen, welche in Tabelle 5 benannt und mit den prägnantesten Merkmalen beschrieben werden.

Tabelle 5: Die fünf Interviewformen nach Pfeiffer (2021)

<u>Name</u>	<u>Merkmale</u>
Strukturiertes Interview (vgl. Pfeiffer 2020)	• Fragen, Reihenfolge und Anzahl der Fragen vorgegeben • Antwortmöglichkeiten vorgegeben
Unstrukturiertes Interview (vgl. Pfeiffer 2023)	• Stichworte und Themen sind vorgegeben • mit mehreren Experten möglich, um Diskussion zu ermöglichen
Semistrukturiertes Interview (vgl. Genau 2024)	• einige Fragen vorher festgelegt • Reihenfolge kann flexibel während des Interviews angepasst werden • Antwortmöglichkeiten sind nicht vorgegeben
Narratives Interview (vgl. Genau 2023b)	• Beschaffung von biografischen Daten oder Lebensgeschichten
Problemzentriertes Interview (vgl. Genau 2023a)	• Erfassen von Erfahrungen und subjektiven Wahrnehmungen zu einem bestimmten Thema • offene Fragen

Quelle: vgl. Genau 2023a, Genau 2023b, Genau 2024, Pfeiffer 2020, Pfeiffer 2021, Pfeiffer 2023

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit werden zwei problemzentrierte Interviews geführt. Dies bietet sich an, da explizit Erfahrungen und eigene Meinungen mit Scheibenschutzsystemen erfragt werden sollen. Aus diesem Grund wird das Interview im Aufbau strukturiert, die Fragen und die Reihenfolge sind also vorgegeben. Im Gegensatz zum strukturierten Interview sind die Antwortmöglichkeiten aber nicht vorgegeben, weshalb die Interviewpartner offen mit ihrer eigenen Meinung antworten können.

Genau (2023a) strukturiert das Interview dabei in

1. Gesprächseröffnung
2. Verständnissicherung und Rückfragen
3. Ad-hoc-Fragen

Bei der Gesprächseröffnung wird in die Problemstellung eingeführt und dem Interviewpartner ein offener Einstieg ermöglicht (vgl. Genau 2023a). Die Experteninterviews dieser Arbeit starten mit einer kurzen Vorstellung des Tätigkeitsbereichs der Interviewpartner, um die fachliche Qualifikation aufzuzeigen.

Um Unklarheiten zu beseitigen und die Darstellungen der Befragten nachzuvollziehen (vgl. Genau 2023a), können Rückfragen zur Verständnissicherung gestellt werden. Dabei gibt es drei verschiedene Arten von Rückfragen, welche in Tabelle 6 kurz beschrieben werden.

Tabelle 6: Arten der Rückfragen nach Genau (2023a)

<u>Art</u>	<u>Beschreibung</u>
Zurückspiegelung	Interviewer gibt Aussagen der Befragten in eigenen Worten wieder, um Möglichkeiten der Korrektur zu bieten.
Verständnisfragen	Sollte etwas unklar sein oder soll das Problemfeld stärker eingegrenzt werden, kann der Interviewer Verständnisfragen stellen.
Konfrontation	Der Interviewer kann den Befragten direkt auf (vermeintliche) Widersprüche ansprechen, damit dieser seine Sichtweise noch einmal erklärt und den Widerspruch behebt.

Quelle: vgl. Genau 2023a

Ad-hoc-Fragen sind vorab vorbereitete Fragen, die für das Forschungsthema als relevant betrachtet werden (vgl. Genau 2023a). Sie beziehen sich auf ein bestimmtes Thema der Forschungsarbeit, in welchem der Interviewpartner wichtige Erfahrungen für die Arbeit teilen kann.

In den Experteninterviews wird auf die Verständnissicherung und Rückfragen verzichtet, da die Befragten verständlich und ausreichend geantwortet haben. Deshalb werden Ad-hoc-Fragen gestellt, welche die Interviewpartner im Voraus zur Vorbereitung von Zahlen, Daten und Fakten erhalten haben.

Da zur Beantwortung der Fragen auch statistische Zahlen benötigt werden, haben die Befragten die Interviewfragen vorab erhalten, um diese vorzubereiten. Es sind keine negativen Konsequenzen dadurch zu erwarten, da es sich um Erfahrungen und subjektive Wahrnehmungen handelt.

Für eine möglichst hohe Flexibilität wurden die Interviews am Telefon durchgeführt. Anders als bei Face-to-Face bedeutet dies einen geringeren Zeitaufwand, da keine Anreise nötig ist. Rückfragen können im Gegensatz zu Interviews per E-Mail schnell gestellt und beantwortet werden (vgl. Pfeiffer 2021).

4.1.2 Anforderungen und Auswahl der Interviewpartner

Experten für ein Interview sind meist Personen, welche sich privat oder in ihrer Organisation mit einem bestimmten Thema seit langer Zeit auseinandergesetzt haben oder noch auseinandersetzen. Auch Personen, die Zugang zu Statistiken oder anderen Daten haben und diese bereitstellen können, sind zur Befragung in einem Experteninterview geeignet.

Im Fall dieser Arbeit haben die Befragten jeweils einen unternehmensbezogenen Bezug zu dem Thema. In den Tabellen 7 und 8 werden die Interviewpartner und ihre Qualifikation zu den erfragten Themen in kurzer Form dargestellt.

Tabelle 7: Interviewpartner der Bundespolizei (Anhang 1)

<u>Interview 1: Bundespolizei</u>	
<u>Name</u>	<u>Qualifikation</u>
■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	• Mitarbeiter des Bundespolizeipräsidiums Referat 65 (Forschung und Erprobung von Führungs- und Einsatzmitteln) • besonderer Fokus auf Führungs- und Einsatzmittel, darunter auch Einsatzfahrzeuge der Bundespolizei • Pflegen und Weiterentwickeln von Richtlinien • Prüfen von Scheiben nach geltenden Richtlinien zur Sicherstellung von ausreichendem Schutz für Einsatzkräfte • über 25 Jahre Erfahrungen im Einsatz und Test mit Polycarbonatscheiben bei der Bundespolizei

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 8: Interviewpartner der Feuerwehr Hamburg (Anhang 2)

<u>Interview 2: Feuerwehr Hamburg</u>	
<u>Name</u>	<u>Qualifikation</u>
■■■■■■■■■■	• Sachgebietsleiter der Schaden- und Unfallsachbearbeitung der Feuerwehr Hamburg (Abteilung Technik und Logistik (F03120)) • Erfassung und Dokumentation von Fahrzeug- und Sachschäden der gesamten Feuerwehr Hamburg • Unfallanalyse und rechtliche Bearbeitung • Auswertung der Unfallzahlen und -berichte für Unfallprävention

Quelle: Eigene Darstellung

4.1.3 Erarbeiten der Interviewfragen

Die Interviewfragen richten sich zum einen nach dem Forschungsthema und zum anderen nach dem Qualifikations- und Wissensgebiet der Interviewpartner. Außerdem ist zu berücksichtigen, welche Daten ausgegeben werden dürfen. Die Fragen dieser Interviews wurden meist offen gestellt, um den Befragten die Möglichkeit zu geben, flexibel ihre Erfahrungen darzustellen. Im zweiten Interview wurden die Fragen angepasst, um das Interview mehr auf Statistik und Unfallzahlen zu konzentrieren. Im ersten Interview konzentrieren sich nach der Vorstellung der Interviewpartner sechs Fragen auf die Erfahrungen mit Polycarbonatscheiben zur Wirksamkeit und zu den Rettungsmöglichkeiten. Auch zu Splitterschutzfolien und den zu diesem Thema gesammelten Erfahrungen wurde eine Frage gestellt. Die letzte Frage eröffnete noch die Möglichkeit, zuvor nicht erwähnte, aber dennoch für die Arbeit relevante Erfahrungen, Hinweise oder Informationen zu teilen. Die einzelnen Fragen werden gekürzt, aber sinngemäß in der folgenden Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Interviewfragen von Interview 1 mit zwei Vertretern der Bundespolizei

Frage 1:	Was ist Ihr Tätigkeitsgebiet bei der Bundespolizei?
Frage 2:	Wie lange setzten Sie sich mit Polycarbonatscheiben auseinander?
Frage 3:	Wie viele Fahrzeuge wurden mit Polycarbonatscheiben ausgerüstet?
Frage 4:	Wie beurteilen Sie die Wirksamkeit von Polycarbonatscheiben gegenüber Angriffen von außen?
Frage 5:	Können Sie etwas über Angriffe auf Polycarbonatscheiben berichten? Wie wirksam waren die Scheiben bei diesen Angriffen?
Frage 6:	Gab es Unfälle von Einsatzfahrzeugen mit PC-Scheiben, bei denen die Feuerwehr die Scheibe zerstören musste? Gibt es Möglichkeiten, dass sich die Einsatzkräfte selbst retten?
Frage 7:	Gibt es Nachteile bei der Verwendung von Polycarbonatscheiben?

Frage 8:	Haben Sie Erfahrungen mit Splitterschutzfolien sammeln können? Werden diese bei Ihnen auch verwendet?
Frage 9:	Gibt es von Ihnen noch Anmerkungen oder Hinweise zu PC-Scheiben oder Splitterschutzfolien, die Sie für relevant halten, aber noch nicht genannt wurden?

Quelle: Eigene Darstellung

Wie zu Beginn des ersten Interviews, sollten auch die ersten beiden Fragen des zweiten Interviews die fachliche Kompetenz der Interviewpartner darlegen. Im Anschluss folgten Fragen zur Unfallstatistik der Feuerwehr Hamburg, zunächst zu allgemeinen Zahlen der vergangenen zwei Jahre, anschließend mit besonderem Bezug auf Silvester und die Wirksamkeit von Splitterschutzfolien. Die Fragen des Interviews werden in Tabelle 10 sinngemäß in gekürzter Form dargestellt.

Tabelle 10: Interviewfragen von Interview 2 mit einem Vertreter der Feuerwehr Hamburg

Frage 1:	Was ist Ihr Tätigkeitsgebiet bei der Feuerwehr Hamburg?
Frage 2:	Haben Sie sich in Ihrem Sachgebiet bereits mit Scheibenschutzsystemen beschäftigt?
Frage 3:	Gab es in den vergangenen zwei Jahren Angriffe auf Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr? Gibt es da genaue Zahlen?
Frage 4:	Lässt sich sagen, mit welchen Gegenständen oder Mitteln die Angriffe gegen Einsatzfahrzeuge begangen wurden?
Frage 5:	Ist dokumentiert, welche Bereiche der Fahrzeuge das Ziel waren?
Frage 6:	Wurden bei den Beschädigungen auch Scheiben zerstört oder haben diese standgehalten?
Frage 7:	Wurden Einsatzkräfte durch diese Angriffe verletzt?
Frage 8:	Wie konnten sich die Einsatzfahrzeuge entfernen, nachdem die Fahrzeugscheibe zerstört wurde?
Frage 9:	Sind speziell an Silvester mehr Angriffe auf Einsatzfahrzeuge zu verzeichnen?
Frage 10:	Wissen Sie, wie viele Einsatzfahrzeuge mit Splitterschutzfolien ausgestattet sind?
Frage 11:	Lässt sich sagen, ob es bereits Angriffe auf Einsatzfahrzeuge mit Splitterschutzfolie gab? Wenn ja, wie viele?
Frage 12:	Kann dadurch etwas zur Wirksamkeit von Splitterschutzfolien gesagt werden?
Frage 13:	Lässt sich generell ein Trend bei Angriffen bzw. Beschädigungen gegen Einsatzfahrzeuge erkennen?
Frage 14:	Gibt es von Ihrer Seite noch etwas, das nicht genannt wurde, Sie aber für das Thema dieser Bachelorarbeit für wichtig halten?

Quelle: Eigene Darstellung

4.1.4 Durchführung der Interviews

Wie in Kapitel 4.1.1 erläutert, sind die Interviews als Telefonat durchgeführt worden. Da es aufgrund von Richtlinien von Mobiltelefon- und Betriebssystemherstellern nicht möglich ist, Telefonate durch das zum Telefonieren verwendete Mobiltelefon direkt aufzuzeichnen, wurde in diesem Fall ein zweites Telefon genutzt, um den Anruf aufzunehmen. Dafür wurde das Telefonat im Lautsprecher-Modus des Mobiltelefons durchgeführt. Im Anschluss wurde die gespeicherte Audiodatei von dem Aufnahmegerät auf einen Computer zur Transkription (siehe Kapitel 4.2.5) übertragen.

Die Aufzeichnung des Telefonats wurde erst nach dem Einverständnis der Interviewpartner gestartet, welches nach Beginn der Aufnahme erneut abgefragt wurde, um es als Audiodatei festzuhalten. Nach der Datenschutzgrundverordnung muss außerdem eine schriftliche Einwilligungserklärung eingeholt werden, sobald persönliche Daten erhoben werden. Diese Einwilligungserklärung wurde per E-Mail an die Befragten versandt und von diesen unterschrieben zurückgeschickt.

Während des Interviews wurden nacheinander die Fragen gestellt, auf die die Befragten frei antworten konnten. Die genauen Wortlaute der Interviews finden sich in Anhang 1 (Interview mit Vertretern der Bundespolizei) und Anhang 2 (Interview mit einem Vertreter der Feuerwehr Hamburg).

Das Datum für das zweite Interview wurde bewusst am 13. Januar 2025 gewählt, da so mögliche Ereignisse der Silvesternacht 2024/2025 mit in die Statistik einfließen konnten.

4.1.5 Transkription und Auswertung der Interviews

Für die Transkription gibt es nach Pfeiffer (2022) drei verschiedene Möglichkeiten. Eine Möglichkeit ist die lautsprachliche Transkription, in welcher das Interview möglichst genau transkribiert wird, d. h. es werden auch Dialekte oder andere sprachliche Besonderheiten übernommen. Die zweite Möglichkeit ist die vereinfachte Transkription. Dabei „[...] wird wörtlich transkribiert, nicht lautsprachlich“ (Pfeiffer 2022), also werden Dialekte ins Hochdeutsche übersetzt, Satzabbrüche, Stottern oder Ähnliches werden korrigiert und die Interpunktion wird durch den Forschenden nachträglich gesetzt. Bei der dritten Möglichkeit, der zusammenfassenden Transkription, wird eine Zusammenfassung des Gesagten erstellt.

Die Transkription erfolgte im Rahmen dieser Arbeit als vereinfachte Transkription, da sich das Interview nicht auf sprachliche Besonderheiten konzentriert und die Erfahrungen und Wahrnehmung der Interviewpartner möglichst genau und unverändert wiedergegeben werden sollen.

Zur Transkription wurden die Interviews erneut abgespielt und das Gesprochene parallel in einer Textdatei niedergeschrieben. Im Anschluss wurde der geordnete Text in eine Tabelle eingefügt und durch den Anfangsbuchstaben des Nachnamens dem entsprechenden Gesprächspartner zugeordnet. Um das Gesprochene in den Audiodateien besser wiederzufinden, wurde jeweils bei der gestellten Frage ein Zeitstempel eingefügt, welcher das Zeitfenster eingrenzt und so dabei unterstützt, das gesuchte Wort oder den gesuchten Satz zu finden.

4.2 Praxistest

Um die Wirksamkeit und die Rettungsmöglichkeiten zu prüfen, wurde ein Praxistest mit zwei Polycarbonatscheiben des Unternehmens KRD Sicherheitstechnik GmbH an der Feuerwehrakademie Hamburg durchgeführt. Die PC-Scheiben der Marke KASIGLAS® (vgl. KRD Sicherheitstechnik GmbH o. D.) sind als Frontscheiben für den Fahrzeugtyp Sprinter der Firma Mercedes-Benz (vgl. Mercedes-Benz AG o. D.) gedacht und wurden der Feuerwehr Hamburg von dem Unternehmen bereitgestellt, um diese für eigene Tests zu verwenden. Es handelt sich dabei um 2 x 4 mm Verbundscheiben, was bedeutet, dass beide Polycarbonatscheiben eine Materialdicke von 4 mm haben und mit mindestens einer Zwischenschicht verbunden sind.

Der Test fand in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern der Sachgebiete F0321 (Fahrzeuge und medizinische Geräte), F0322 (Lösch-, Sonder- und Hubrettungsfahrzeuge) und F0323 (Gerätetechnik und Boote) der Abteilung F03 (Technik & Logistik), Referat F032 (Technische Beschaffung) der Feuerwehr Hamburg statt. Begleitet wurde der Test durch einen Ansprechpartner der Feuerwehrakademie Hamburg, Fachbereich Technische Gefahrenabwehr (F0524).

4.2.1 Rettungsmöglichkeiten

Zur Prüfung der Rettungsmöglichkeiten im Fall eines Unfalls des Einsatzfahrzeuges wurden mehrere gängige Rettungsmittel der Feuerwehr Hamburg zum Zerstören einer Polycarbonatscheibe getestet. Diese wurden von der Feuerwehr Hamburg durch die Beladung eines 2024 beschafften HLF bereitgestellt.

4.2.1.1 Vorbereitung

Vor Beginn der Durchführung wurde die Polycarbonatscheibe auf einer Holzpalette nach DIN EN 13698-1 (nachfolgend als Europalette bezeichnet) mit zwei Schraubzwingen befestigt, welche jeweils in einer Ecke schräg gegenüber platziert wurden. Um die Elastizität einer im Fahrzeug eingebauten Polycarbonatscheibe möglichst genau zu simulieren, wurden die

Zwingen gerade so festgeschraubt, dass ein Bewegen der PC-Scheibe auf der Europalette nicht möglich war, die gewölbte PC-Scheibe sich aber nicht verbogen hat.

Im Verlauf des Versuchs wurde die PC-Scheibe angehoben und auf der aufrechtstehenden Europalette und einer Metallplanke aufgesetzt, sodass sie einen Freiraum über dem Boden in Höhe von 800 mm hatte. Die Scheibe wurde wieder mittels Schraubzwingen befestigt.

Mittels eines Permanentmarkers wurde die Scheibe in vier gleichgroße Bereiche geteilt, welche in der Ecke, die zur Mitte der Scheibe zeigt, mit einer Nummer von Eins bis Vier versehen wurden. In diesen Bereichen wurden die vier unterschiedlichen Rettungsgeräte (Federkörner, Halligan-Tool, Säbelsäge und Rettungsschere) getestet. Die Tiefe bei entstandenen Druckstellen konnte nur geschätzt werden, da keine genaue messtechnische Untersuchung möglich war.

Zum Zerschneiden der Scheibe wurde eine LUKAS S 378 e3 (vgl. LUKAS Hydraulik GmbH o. D.) genutzt, welche eine Schneidkraft von bis zu 760 kN und eine Messeröffnung von bis zu 202 mm aufweist. Die Säbelsäge war eine MAKITA DJR186ZK (vgl. Makita Werkzeug GmbH o. D.) mit einer Hubhöhe von 32 mm und einer maximalen Hubzahl von 2800 min⁻¹.

Die Ausführungen wurden immer von einer schlank-sportlichen Person, Anfang zwanzig, ca. 1,70 m groß durchgeführt.

4.2.1.2 Durchführung

In den folgenden vier Kapiteln wird die Durchführung des Praxisversuchs mit den jeweiligen Rettungsgerätes detailliert wiedergegeben.

4.2.1.2.1 Federkörner

In Bereich Eins wurde der Federkörner der Feuerwehr Hamburg getestet, ein Modell mit einer an einem Ring verbundenen, außen anliegenden Feder. Der Federkörner wurde an zwei unterschiedlichen Stellen in Bereich Eins mit der gehärteten Spitze angesetzt und anschließend wie in Kapitel 3.5.4 beschrieben angewendet. Bei der zweiten Auslösung wurde die Feder intensiver nach hinten gezogen, um die größtmögliche Auswirkung des Federkörners an der Polycarbonatscheibe zu testen.

4.2.1.2.2 Halligan-Tool

Das Halligan-Tool wurde in Bereich Zwei getestet. Hier wurde der Dorn des Brechwerkzeugs genutzt, um auf die Scheibe zu schlagen. Vier Schläge wurden mit leichter bis mittlerer Kraft durchgeführt, um das Verhalten der Polycarbonatscheibe zu beobachten. Abschließend wurden noch zwei Schläge mit größtmöglicher Kraft ausgeführt, da im Einsatzfall auch mit wenigen, dafür kräftigen Schlägen gearbeitet wird.

4.2.1.2.3 Säbelsäge

Hier wurde getestet, wie sich Polycarbonat sägen lässt und ob das Sägeblatt in die Polycarbonatscheibe eintaucht. In der Mitte von Bereich Drei wurde mit einem Permanentmarker eine ca. 25 cm lange Linie aufgezeichnet, die als Markierung zum Sägen diente. Aufgrund der im Einsatz meist nicht vorhandenen Möglichkeit, von einer der Kanten der Scheibe aus anzufangen, da diese im Fensterrahmen des Autos verbaut ist, wurde in diesem Versuch ebenfalls getestet, mit welcher Geschwindigkeit und mit welchem Schwierigkeitsgrad das Sägeblatt in der Mitte der Scheibe durch das PC sägt.

4.2.1.2.4 Rettungsschere

In Bereich Vier wurde die Akku-Rettungsschere verwendet. Die Wirksamkeit der Rettungsschere gegenüber Polycarbonat ist deshalb wichtig, da bei der Unfallrettung manchmal die A-Säule eines Fahrzeuges durchtrennt werden muss. Hierbei kann es passieren, dass die Schere beim Durchtrennen der Säule auch in die Scheibe schneidet. Bei gängigen Fahrzeugscheiben ist dies kein Problem, deshalb muss überprüft werden, ob eine Rettungsschere auch PC durchtrennen kann. Da die Rettungsschere an einer freien Stelle angesetzt werden muss, damit sich ein Scherenblatt über und das andere unter der PC-Scheibe befindet, wurde am Rand vom Bereich angesetzt. Es wurden zwei Schnitte mit der Rettungsschere durchgeführt, und zwar in einer geräteschonenden, aber dennoch praxisnahen Ausführung, d. h. die Schere wurde nicht komplett zusammengefahren.

4.2.2 Simulation eines Steinwurfs

4.2.2.1 Vorbereitung

Für die Simulation eines Steinwurfes wird eine identische Polycarbonatscheibe wie im vorherigen Test der Rettungsmöglichkeiten genutzt. Um einen Steinwurf zu simulieren, wird durch Gleichung 4 die für den freien Fall benötigte Höhe ermittelt, indem die auf die Scheibe wirkende Impulsänderung bei einem schrägen Wurf mit einem Stein mithilfe der Gleichungen 1 und 2 berechnet wird. Dafür wird vorab noch die Bahngeschwindigkeit bzw. die Geschwindigkeit beim Auftreffen des Steins durch Gleichung 5 berechnet.

Als Berechnungsgrundlage wurde ein rechteckiger Pflasterstein aus Beton mit den Maßen 20 x 10 x 6 cm (Länge x Breite x Höhe) und einem Gewicht von 3 kg genutzt. Als Werfer wird ein durchschnittlich gebauter, 1,80 m großer, männlicher, untrainierter Werfer mittleren Alters angenommen. Der Pflasterstein wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von $7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ bzw. $27 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ geworfen. Dieser Wert orientiert sich an den Abschussgeschwindigkeiten von Athleten im Kugelstoßen, welche eine 7,26 kg schwere Kugel mit rund $14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ($50,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) stoßen (vgl. Kugler 2023). Das fehlende Training und die fehlende Fitness des Testwerfers reduzieren die Abschussgeschwindigkeit, wobei das geringere Gewicht des Steins die Geschwindigkeit

wieder etwas erhöht. Um verschiedene Szenarien zu testen, werden durch verschiedene Höhen im freien Fall Anfangsgeschwindigkeiten von $8,633 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (ca. $31,1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$), $11,55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (ca. $41,6 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) und $13,688 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ (ca. $49,28 \frac{\text{km}}{\text{h}}$) simuliert. Die Fahrzeugscheibe befindet sich bei diesem Versuch in einer Höhe von 2,2 bis 3 Metern. Der Werfer steht senkrecht zur Fahrzeugscheibe und wirft ungefähr in die Mitte der Scheibe, welche sich in einer Höhe von 2,6 Metern befindet.

Die Kontaktzeit ist von vielen Faktoren, wie u. a. der Aufprallgeschwindigkeit, der Masse des Wurfobjekts und der Beschaffenheit des Glases abhängig. Der im Folgenden genutzte Wert wird durch eine Studie begründet, die Stoßzeiten zwischen Autoscootern beobachtete und eine mittlere Stoßzeit von 103 ms ermittelte (vgl. Meyer et al. 1994: 16). Da Autoscooter deutlich mehr Masse und eine größere Rauheit aufweisen als der Pflasterstein und die Polycarbonatscheibe, muss der Wert der Kontaktzeit deutlich verringert werden. Die Kontaktzeit Δt wird daher mit 5 ms angenommen. Zur Vereinfachung wird der Luftwiderstand bei den Berechnungen vernachlässigt.

Somit ergeben sich folgende benötigte Werte:

$$h = 2,6 \text{ m} - 1,8 \text{ m} = 0,8 \text{ m}$$

$$g = 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$v_0 = 7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$m = 3 \text{ kg}$$

$$\Delta t = 0,005 \text{ s}$$

Aus den gegebenen Werten lässt sich mithilfe von Gleichung 4 die Bahngeschwindigkeit v_B berechnen:

$$v_B = \sqrt{v_0^2 - 2gh} = \sqrt{(7,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 - 2 \cdot 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,8 \text{ m}} = 6,369 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Anschließend lässt sich die Impulsänderung Δp durch die Gleichung 1 berechnen:

$$\Delta p = m \cdot v_B = 3 \text{ kg} \cdot 6,369 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 19,107 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$$

Um die gleiche Impulsänderung bei gleicher Masse im freien Fall zu erreichen, muss die gleiche Geschwindigkeit von $v_B = 6,369 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ beim Aufprall erreicht werden. Die Dauer der Krafteinwirkung wird weiterhin als sehr gering mit 5 ms angenommen. Anhand der Gleichung 3 lässt sich somit die Anfangshöhe berechnen:

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(6,369 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 9,807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 2,07 \text{ m}$$

Im Praxistest wird der Stein aus drei, sechs und neun Metern fallen gelassen, um die Auswirkungen der stärker wirkenden Kräfte zu beurteilen. Durch die vorherigen Formeln ergeben sich die in Tabelle 11 dargestellten Geschwindigkeiten, Impulsänderungen und Kräfte.

Tabelle 11: Höhen, Geschwindigkeiten, Impulsänderungen und Kräfte beim Steinwurf

Höhe in m	Geschwindigkeit in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$	Impulsänderung in $\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}}$	Kraft in N (Annahme $\Delta t = 5 \text{ ms}$)
2,07	6,369	19,107	3.821,4
3	7,67	23,01	4.602
6	10,85	32,55	6.510
9	13,29	39,87	7.974

Quelle: Eigene Darstellung

4.2.2.2 Durchführung

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten war eine Anpassung der Anfangshöhe von 2,07 m auf 3 m sinnvoll, da der Versuch so auch aus 6 m und 9 m unter gleichen Bedingungen möglich war.

Für den Versuch wurde der oben beschriebene Pflasterstein von einer außen an einem Gebäude anliegenden Treppe mit geraden Ebenen in drei, sechs und neun Metern Höhe auf die zweite, noch ungenutzte Polycarbonatscheibe fallen gelassen. Die Scheibe wurde dabei erneut auf der Europalette so eingespannt, dass sie sich nicht bewegt, aber auch nicht die Elastizität verliert. Der Stein wurde jeweils vom Treppenboden fallen gelassen.

Bei den drei Steinwürfen wurde jeweils versucht, den Stein möglichst mittig in die Scheibe fallen zu lassen. Der erste Versuch wurde aus drei Metern, der zweite aus sechs Metern und der dritte aus neun Metern durchgeführt. Zwischen den Würfen wurde die Scheibe nicht bewegt, um gleiche Bedingungen für alle Würfe zu schaffen. Mögliche Kratzer oder Risse wurden markiert, um neu aufgetretene Resultate nach jedem Wurf besser zu erkennen.

5. Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der vorher beschriebenen Methoden präsentiert und zusammengefasst. Die vollständigen Aussagen der Interviews sind dem Anhang 1 (Interview mit Vertretern der Bundespolizei) und dem Anhang 2 (Interview mit einem Vertreter der Feuerwehr Hamburg) zu entnehmen.

5.1 Ergebnisse der Interviews

5.1.1 Polycarbonatscheiben bei der Bundespolizei

Aus dem Experteninterview mit Vertretern der Bundespolizei, welches in Anhang 1 zu finden ist, geht hervor, dass Polycarbonat seit mehr als 25 Jahren (vgl. Anhang 1: 81f) für einen Teil der Einsatzfahrzeuge genutzt wird. Aktuell sind rund 2.000 von 8.000 Einsatzfahrzeugen der Bundespolizei (vgl. Anhang 1: 91f) und noch einmal rund 2.000 bis 2.500 Einsatzfahrzeuge der Polizeien der Länder (vgl. Anhang 1: 93f) mit Polycarbonatscheiben ausgestattet.

Geprüft werden die PC-Scheiben anhand geltender Richtlinien (vgl. Anhang 1: 49f), welche durch das Referat 65 des Bundespolizeipräsidiums gepflegt und weiterentwickelt werden (vgl. Anhang 1: 58).

Die Vertreter der Bundespolizei beschreiben die Wirksamkeit von Polycarbonat als konkurrenzlos (vgl. Anhang 1: 109), um den Einsatzkräften den nötigen Schutz gegen Angriffe bspw. mit Steinen oder Eisenstangen zu bieten (vgl. Anhang 1: 111ff). Für die Bundespolizei ist Polycarbonat für ihr Aufgabenspektrum alternativlos (vgl. Anhang 1: 118f), da es nicht nur vor dem Angriff schützt, sondern das Einsatzfahrzeug nach einem Angriff noch weiter genutzt werden kann (vgl. Anhang 1: 121f). Bei einem Angriff mit Schlagwaffen erleidet das Polycarbonat Beschädigungen wie Kratzer oder Dellen, aber es zerbricht nicht und bildet kaum Risse, sodass die Sicht bei einer Einsatzfahrt (vgl. Anhang 1: 120ff) weiterhin gegeben ist. Weiterhin wird betont, dass Polycarbonat für einen normalen Angreifer (hier: Angreifer ohne Spezialwerkzeuge oder besonderes Know-how) kaum zu zerstören ist (vgl. Anhang 1: 132).

Zusammenfassend sind die Aufgaben von Polycarbonat bei der Bundespolizei der Schutz der Insassen und das Verhindern von Vandalismus (vgl. Anhang 1: 197f), welche beide vollumfänglich erfüllt werden.

Durch das Referat 65 wurden testweise einzelne Polycarbonatscheiben durch handelsübliche Werkzeuge wie Stichsäge oder Bohrmaschinen erfolgreich auf Materialermüdung überprüft (vgl. Anhang 1: 232f). Andere Schlagwerkzeuge, bspw. Äxte, blieben erfolglos und konnten die Scheibe nicht durchbrechen (vgl. Anhang 1: 266ff).

Genannte Nachteile von Polycarbonat gegenüber von ESG oder VSG sind die höhere Kratzempfindlichkeit (vgl. Anhang 1: 283), die höheren Kosten (vgl. Anhang 1: 277), die geringere Beständigkeit gegen UV-Strahlung, die begrenzte Herstellerauswahl (vgl. Anhang 1: 316f) und die geringere Weiterentwicklung des Produkts (vgl. Anhang 1: 319ff). Ebenfalls zu erwähnen ist die erschwerte Zulassung, da Polycarbonatscheiben als Windschutzscheibe keine Bauartgenehmigung haben (vgl. Anhang 1: 421ff).

Zu möglichen Rettungsversuchen bei der Bundespolizei ist den Vertretern kein Fall bekannt, in dem es Probleme gab, Einsatzkräfte aus Fahrzeugen mit Polycarbonatscheiben zu retten (vgl. Anhang 1: 219ff). Dem ist hinzuzufügen, dass bei der Bundespolizei Notausstiege in den Fahrzeugen verbaut werden (vgl. Anhang 1: 226). Bei normalen Einsatzfahrzeugen sind diese Notausstiege über das Sonnendach, bei Spezialfahrzeugen werden Sonderlösungen verbaut (vgl. Anhang 1: 226ff).

5.1.2 Splitterschutzfolien bei der Bundespolizei

Wie mit Polycarbonat, wenn auch weniger umfangreich, hat sich das Referat 65 bereits mit Splitterschutzfolien auseinandergesetzt. Diese werden momentan nicht genutzt, da die aktuellen Richtlinien für PC-Scheiben ausgelegt sind und bspw. definieren, dass nach einem Angriff die Durchsicht der Fahrzeugscheibe gegeben sein muss (vgl. Anhang 1: 347ff). Durch Splitterschutzfolien ist dies nicht umsetzbar, da diese die gebrochenen Scheiben nur zusammenhalten und durch die Rissbildung somit keine Durchsicht besteht (vgl. Anhang 1: 353f). Dennoch wird im Bundespolizeipräsidium an einer neuen Richtlinie zur Prüfung und für den Einsatz von Splitterschutzfolien gearbeitet (vgl. Anhang 1: 355ff), um eine Ausrüstung der Fahrzeuge für Einsätze mit geringerem Risiko zu ermöglichen (vgl. Anhang 1: 363ff) und gleichzeitig die Kosten für Polycarbonatscheiben zu sparen.

Es wird ebenfalls erwähnt, dass Splitterschutzfolien i. d. R. dem ersten Angriff standhalten und die Scheibe zusammenhalten, der zweite oder dritte Schlag die Scheibe aber ins Auto fallen lässt (vgl. Anhang 1: 377f). Auch Folien mit der Sicherheitsklasse P5A bieten nach Aussagen der Bundespolizei nicht den gleichen Schutz wie PC-Scheiben (vgl. Anhang 1: 396f).

5.1.3 Fallzahlen der Feuerwehr Hamburg

Das Interview mit dem Vertreter der Unfall- und Sachschadenbearbeitung der Feuerwehr Hamburg zeigt, dass es in den letzten zwei Jahren sieben Angriffe oder Beschädigungen (vgl. Anhang 2: 25) gezielt gegen die Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr gegeben hat. Werkzeuge und Mittel zur Beschädigung waren dabei Alltagsgegenstände, die willkürlich in der Umgebung zu finden sind oder die Personen bei sich hatten (bspw. einen Schlüssel oder eine Gießkanne) (vgl. Anhang 2: 28). Hauptsächlich wird jedoch der eigene Körper zur Sachbeschädigung genutzt (vgl. Anhang 2: 29). Ziele der Angriffe waren die Motorhaube, der Kofferaufbau oder die Scheiben der Fahrzeuge (vgl. Anhang 2: 31f). Die Scheiben sind bei den Angriffen nicht zersplittert, sondern zerkratzt worden (vgl. Anhang 2: 35f).

Auch an Silvester sind in Hamburg nicht mehr gezielte Beschädigungen an Einsatzfahrzeugen zu verzeichnen als im Rest des Jahres (vgl. Anhang 2: 42), wobei angemerkt wird, dass solche Angriffe eher auf die Einsatzkräfte direkt abzielen (vgl. Anhang 2: 42ff). Zu den Tätern lässt sich sagen, dass diese bei den Beschädigungen unter Drogen standen oder andere psychische Probleme aufwiesen (vgl. Anhang 2: 56f). Der befragte Vertreter der Feuerwehr Hamburg schätzt aufgrund der Erfahrungswerte die mutwillige Beschädigung von Fahrzeugen durch Personen im vollen Besitz der geistigen Kräfte auf maximal einen Fall pro Jahr (vgl. Anhang 2: 58ff).

Ein Trend von Angriffen gegen Einsatzfahrzeuge der letzten Jahre wird als konstant oder sogar leicht abnehmend beschrieben (vgl. Anhang 2: 67). Die am wichtigsten zu schützenden Scheiben der Einsatzfahrzeuge sind die Seitenscheiben und die Scheiben des Mannschaftsraumes (falls vorhanden) (vgl. Anhang 2: 72ff).

5.2 Ergebnisse der Praxisversuche

5.2.1 Simulation eines Steinwurfs auf eine Polycarbonatscheibe

Bei der Simulation eines Steinwurfs aus drei, sechs und neun Metern Höhe sind sehr ähnliche Ergebnisse zu verzeichnen.

Nach dem ersten Wurf aus drei Metern Höhe entstand ein Kratzer der ungefähren Maße 2 x 1 cm an der Oberfläche (siehe Abbildung 8, Nr. 3). Der Stein federte wenige Zentimeter zurück und blieb anschließend auf der Scheibe liegen.

Nach dem zweiten Fall, aus sechs Metern Höhe, blieb der Stein fast direkt auf der Scheibe liegen. Es entstanden zwei oberflächliche Kratzer, welche beide ca. 2 x 2 cm groß waren (siehe Abbildung 8, Nr. 6.1 und 6.2).

Der Fall aus neun Metern Höhe federte den Stein ca. 30 Zentimeter über die PC-Scheibe schräg nach oben. Beim Aufprall entstanden drei größere, aber oberflächliche Kratzer, wobei zwei die ungefähren Maße 3 x 3 cm hatten (siehe Abbildung 8, Nr. 9.1 und 9.2) und einer ungefähr 1 x 15 cm lang war (siehe Abbildung 8, Nr. 9.3).

Bei keinem Kratzer war eine Rissbildung oder ein tiefes Eindringen in die Polycarbonatscheibe zu verzeichnen. Die Durchsicht war weiterhin gegeben.

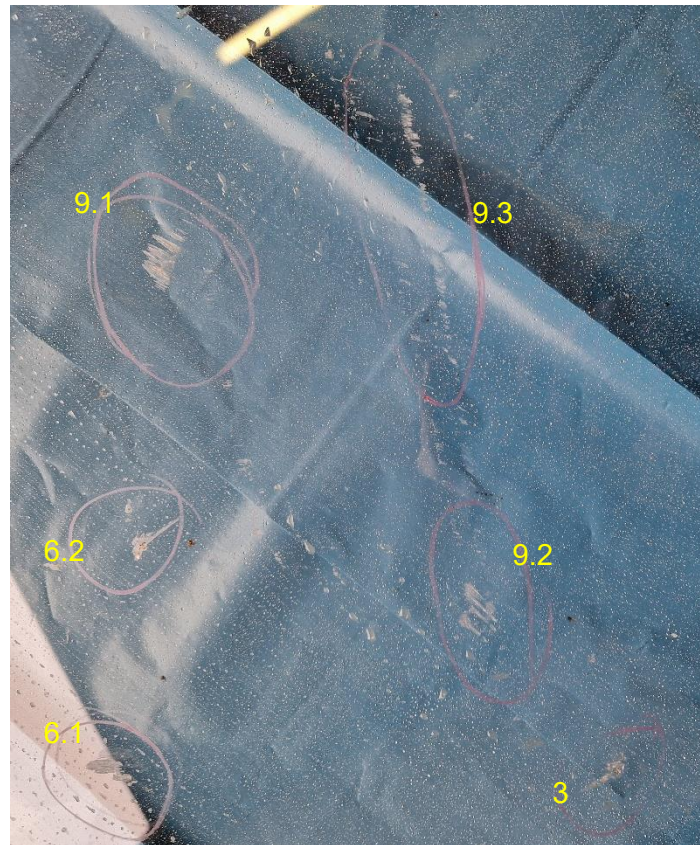


Abbildung 8: Resultate nach drei Steinwürfen (Eigene Darstellung)

5.2.2 Rettungsmöglichkeiten bei Fahrzeugen mit Polycarbonatscheiben

Beim praktischen Test der Rettungsmöglichkeiten durch einen Federkürner sind zwei Druckstellen in der PC-Scheibe zu erkennen (siehe Abbildung 9). Die Eindringtiefe wird dabei mit nicht mehr als zwei Millimetern angenommen. Es war keine Ausbeulung bzw. Materialverschiebung auf der gegenüberliegenden Seite der Scheibe mit bloßem Auge zu erkennen. Die Druckstelle des zweiten, kräftigeren Einsatzes zeigt eine breitere Senke (siehe Abbildung 9, linker roter Kreis).



Abbildung 9: Druckstellen durch den Federkürner (Eigene Darstellung)

Die Durchschlagsversuche mit dem Dorn des Halligan-Tools (siehe Abbildung 10) ergaben bei den vier wenig kräftigen Schlägen ähnliche Ergebnisse wie der Federkürer. Die Druckstellen waren breiter und werden durch Beobachtung auf bis zu vier Millimeter tief geschätzt; sie bildeten kleine, fühlbare Ausbeulungen auf der gegenüberliegenden Seite. Die kräftigeren Schläge haben Einbeulungen hinterlassen, welche bis zu einen Zentimeter tief waren und das Material um die Eindringtiefe auf die andere Seite der Scheibe verschoben haben. Um die Einschlagstellen der kräftigeren Schläge bildeten sich leichte Risse im Inneren des Materials in einem Radius von ca. 1 mm.



Abbildung 10: Einschlaglöcher durch den Dorn des Halligan-Tools (Eigene Darstellung)

Anfangs gestaltete sich das Sägen mit der Säbelsäge als Herausforderung, da das Sägeblatt aufgrund von fehlendem Halt in der Mitte von Bereich Drei auf der Scheibe verrutschte (siehe roter Kreis in Abbildung 11). Nachdem sich eine oberflächliche Einkerbung durch das Sägeblatt ergeben hat, war es möglich, die Säge stabil auf der Markierung zu halten. In weniger als vier Sekunden hat das Sägeblatt durch die PC-Scheibe geschnitten und es konnte in ca. 17 Sekunden an der rund 25 Zentimeter langen Linie entlang ein Schnitt in die Mitte der Scheibe gesägt werden. Der dabei ausgesägte Schnitt (siehe Abbildung 11) war weder scharfkantig noch bildeten sich Risse um den Schnitt. Während des Sägens entstanden kleine, stumpfkantige Spanteile, ähnlich wie bei einer durch Holz sägenden Stichsäge. Der Kraftaufwand wurde als gering wahrgenommen.



Abbildung 13: Ca. 25 Zentimeter langer Schnitt durch die Säbelsäge (Eigene Darstellung)

Die Akku-Rettungsschere schnitt zweimal (siehe Abbildungen 12 und 13) ca. 130 mm weit problemlos durch das Polycarbonat. Die angezeigte Leistungsstufe war dabei durchgehend in der unteren Hälfte, was bedeutet, dass das Gerät maximal zur Hälfte ausgelastet war. Anders als bei der Säbelsäge bildeten sich um die beiden Schnittstellen deutliche Risse im Polycarbonat, welche bis an die Oberfläche durchdrangen. Beim ersten Schnitt löste sich ein kleiner, ca. 10 cm langer und 5 cm breiter Splitter von der Scheibe.



Abbildung 12: Erster Schnitt der Rettungsschere durch das PC (Eigene Darstellung)



Abbildung 11: Zweiter Schnitt der Rettungsschere durch das PC (Eigene Darstellung)

6. Diskussion

Aufbauend auf den Ergebnissen werden diese im Folgenden mit der erarbeiteten Literatur und untereinander verglichen und interpretiert. Außerdem wird die angewandte Methode kritisch aufgearbeitet, um mögliche Grenzen aufzuzeigen.

6.1 Vergleich der Ergebnisse

6.1.1 Polycarbonatscheiben

Wie durch die Vertreter der Bundespolizei beschrieben, erzielen Polycarbonatscheiben einen hohen Schutz gegen Angriffe von außen. Auch die Einsatzmöglichkeiten in unterschiedlichen Fahrzeugtypen, mit verschiedenen Scheibenmaßen wurden erwähnt. Diese Eigenschaften von Polycarbonat sind sowohl auf die mechanischen Eigenschaften der hohen Festigkeit und Steifigkeit als auch auf die daraus resultierenden guten, passgenauen Ver- und Bearbeitungsmöglichkeiten zurückzuführen.

Nachteile von Polycarbonat gegenüber Glasscheiben, wie die geringere UV-Licht-Beständigkeit, können chemisch durch den Einsatz eines UV-Absorbers verringert werden. Die höhere Kratzempfindlichkeit kann ebenfalls mithilfe einer Beschichtung der Oberfläche verringert werden, wobei hier auf die maximale Stärke einer Windschutzscheibe geachtet werden muss. Weitere Nachteile, wie höhere Kosten, die begrenzte Herstelleranzahl und die geringere Weiterentwicklung des Produkts, lassen sich nicht schnell beheben. Hier wird vermutlich erst eine größere Nachfrage von PC die Innovation und Herstelleranzahl größer und damit die Kosten geringer werden lassen. Zulassungstechnisch bieten bereits viele Hersteller Polycarbonatscheiben mit ECE-R43-Kennzeichnung an, wobei diese Scheiben nur als Heck- oder Seitenscheibe eines Fahrzeuges zugelassen sind. Für BOS gibt es den § 70 „Ausnahmen“, Absatz 4 in der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO), welcher in diesem speziellen Fall den Einbau von Polycarbonatscheiben als Windschutzscheibe zulässt, sofern dies für die Erfüllung hoheitlicher Aufgaben nötig ist. Nach DIN EN 356 und 12600 wird Polycarbonat nicht gekennzeichnet, allerdings wird auch Sicherheitsglas für Fahrzeuge standardmäßig nicht nach diesen Normen gekennzeichnet wird. Dennoch lässt sich VSG ungefähr in der Klassifizierung P5A, ESG in der Klassifizierung P3A und Polycarbonat in der Klasse P6B einordnen, wobei für eine Einordnung natürlich genaue Prüfverfahren durchgeführt werden müssen.

Polycarbonat ist gegenüber ESG widerstandsfähiger gegen Stöße und Schläge. ESG ist deutlich leichter zu zerstören als Polycarbonat, bspw. durch einen Federkörnchen. Dadurch sind die Insassen eines Fahrzeuges vor weiteren Angriffen nicht mehr geschützt. Auch VSG kann schneller beschädigt und zerstört werden als PC, bspw. durch gezielte Steinwürfe oder alltägliche Steinschläge während der Fahrt. Bei Beschädigungen von VSG bilden sich außerdem große Risse, welche die Durchsicht beeinträchtigen können und somit eine Weiterfahrt deutlich risikoreicher machen.

Beim Vergleich des Einsatzes von Rettungsschere und Säbelsäge fällt auf, dass beide das Polycarbonat durchtrennen konnten, die Wirkung jedoch sehr unterschiedlich war. Während bei der Säbelsäge ein feiner Schnitt ohne Risse oder scharfkantige Ränder und nur mit feinen Spanteilchen entstand, waren bei den Schnitten der Rettungsschere Risse und Deformationen im Polycarbonat zu erkennen. Die Spanbildung war geringer, dafür löste sich ein größerer Splitter von der Scheibe. Diese Unterschiede sind auf die unterschiedliche Wirkweise zurückzuführen. Während die Säbelsäge mit vielen Hubbewegungen zahlreiche, sehr dünne Schichten des Polycarbonats abträgt, zerdrückt die Rettungsschere mit den scharfen Scherenblättern das PC mit großer Kraft, bis es nachgibt. Dadurch zerspringt das Polycarbonat und bildet plastische Verformungen um die Schnittstelle. Für eine mögliche Rettung über die Scheiben sollte deshalb die Säbelsäge verwendet werden, da diese leichter anzusetzen ist und sich keine großen Splitter bilden. Die Rettungsschere kann dennoch bei Einsätzen zum Durchtrennen der A-Säule verwendet werden und dann auch problemlos in die Polycarbonatscheibe schneiden. In beiden Fällen ist darauf zu achten, die Patienten möglichst nicht zu gefährden.

6.1.2 Splitterschutzfolie

Splitterschutzfolien für Fahrzeugscheiben werden überwiegend aus PET-A hergestellt, welches den Vorteil hat, dass es leichter auf Scheiben aufzubringen ist als Folien aus PET-C, dafür aber eine geringere Steifigkeit und Festigkeit hat. Das bedeutet, dass diese Folien weniger widerstandsfähig gegen plastische und elastische Verformungen sind und somit leichter zerstört werden können. Dennoch bietet der amorphe Aufbau des PET-A den großen Vorteil, dass im Falle eines Angriffs nur die beschädigte Stelle zerstört wird und der Rest der Folie intakt bleibt. Dadurch bleibt die darunter oder darüber liegende, ebenfalls zerstörte Fahrzeugscheibe an der Folie haften und fällt nicht ins Fahrzeuginnere. Die großen Nachteile dabei sind, dass die gesamte Fahrzeugscheibe durch die Rissbildung nicht mehr zu durchblicken ist und ein zweiter oder dritter Angriff dazu führt, dass die Scheibe inklusive Folie ins Fahrzeuginnere fällt.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die Zulassung im Allgemeinen nur für die Fahrzeugscheiben bis zur A-Säule gilt, es dürfen also nur Heck- und Seitenscheiben beklebt werden. Allerdings ist auch hier durch § 70 Abs. 4 StVZO eine begründete Ausnahme für Fahrzeuge der BOS möglich.

Die meisten erwerbbaaren Splitterschutzfolien werden nach DIN EN 356 getestet und klassifiziert. Für Fahrzeugscheiben ist die momentan höchstmöglich zu erwerbende Klassifizierung P4A. Für Glas im Bauwesen gibt es auch Schutzfolien höherer Klassifizierung (bspw. P5A), allerdings sind diese vom Hersteller nicht für Fahrzeugscheiben gedacht, da hier noch weitere Zertifizierungen, wie die ECE-R43 nötig sind. Auch eine Zertifizierung nach DIN EN 12600 ist für Splitterschutzfolien für Fahrzeugscheiben möglich, wird aber meist im Bauwesen verwendet.

6.1.3 Statistiken zur Bedarfsbegründung

Ein Vergleich der Zahlen der Feuerwehr Hamburg aus dem Interview (Anhang 2) mit den erhobenen Zahlen des Deutschen Feuerwehrverbandes e. V. und des IAG zeigt im Täterprofil unterschiedliche Aussagen. Während die Täter, die die Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr Hamburg beschädigen, meist erkennbar unter Drogen stehen oder psychische Probleme haben, ergab die Statistik des IAG, dass es in vier von fünf Fällen nicht zu erkennen war, ob Drogen oder Alkohol konsumiert wurden. Dabei muss angemerkt werden, dass es sich um eine rein subjektive Wahrnehmung in der Statistik handelt, da keine Tests durch die Befragten durchgeführt wurden.

Ein weiterer Vergleich der Statistiken gestaltet sich als kompliziert, da es beim Interview explizit um Angriffe oder Beschädigungen gegen Einsatzfahrzeuge geht und bei der Befragung des IAG um Gewalt gegen Einsatzkräfte. Es gibt bei der Befragung zwar die Frage, ob Sachbeschädigung erlebt wurde, allerdings keine Aufschlüsselung, welche Art der Sachbeschädigung, bspw. gegen Einsatzfahrzeuge oder -ausrüstung.

Dennoch lässt sich anhand der Befragung sagen, dass die Gewalt gegen Einsatzkräfte in den letzten zwei Jahren u. a. durch Sachbeschädigung oder den Bewurf mit Gegenständen oder Feuerwerkskörpern sehr hoch ist. Gleichzeitig zeigen die Zahlen der Feuerwehr Hamburg eher einen leichten Abwärtstrend bei der mutwilligen Beschädigung der Fahrzeuge. Dazu muss ergänzt werden, dass keine Aussagen und Zahlen zur Gewalt gegen Einsatzkräfte der Feuerwehr Hamburg vorliegen, welche die Statistik des IAG belegen. Außerdem können mutwillige Angriffe auf Einsatzkräfte (z. B. durch Bewerfen) in aufgeheizten Situationen, wie bspw. Silvester, schnell dazu führen, dass Einsatzfahrzeuge beworfen werden in der Hoffnung, die Scheiben zu zerstören und die Insassen zu treffen.

6.2 Kritische Betrachtung der angewandten Methoden

6.2.1 Experteninterview

Experteninterviews sind eine gute Möglichkeit zur Erlangung von Erfahrungswerten bei Themen, über die es nur wenig bis keine Fachliteratur gibt. Dennoch sind auch hier verschiedene Kritikpunkte zu beachten. Zum einen wird durch die freiwillige Teilnahme der Probanden eventuell das Antwortbild verzerrt, da diese ein Eigeninteresse haben und dadurch meist bewusst, aber manchmal auch unbewusst eine bestimmte Position zum entsprechenden Thema einnehmen.

Außerdem ergibt sich durch die beschränkte Anzahl an Interviews nur eine einseitige Sichtweise. Für eine umfassende Beleuchtung eines Themas und aussagekräftige Ergebnisse sollte immer eine möglichst große Stichprobe erhoben werden. Dies lässt sich bei speziellen Themen wie dem dieser Bachelorarbeit jedoch schwer realisieren, da sich nur wenige Experten mit Polycarbonatscheiben und Splitterschutzfolien beschäftigen. Es gestaltet sich darüber hinaus als schwierig, Experten zu finden, welche sich gegen die Verwendung von Polycarbonat aussprechen, um das Thema von der anderen Seite zu betrachten.

Dennoch muss erwähnt werden, dass trotz der geringen Stichprobe die Ergebnisse des Interviews mit Vertretern der Bundespolizei aussagekräftig sind, da diese bereits seit 25 Jahren Erfahrungen mit Polycarbonatscheiben in angespannten und eskalierten Einsatzlagen haben. Außerdem erprobt das Bundespolizeipräsidium trotz der guten Erfahrungen seit Jahren weitere mögliche Alternativen und testet an verschiedenen Polycarbonatscheiben, um veraltete Aussagen und Schutzsysteme zu vermeiden.

Das Interview mit dem Vertreter der Feuerwehr Hamburg ist dahingehend aussagekräftig, als es sich um Fakten und erhobene Zahlen zu Unfällen und Sachbeschädigungen handelt, welche keine subjektiven Aussagen zulassen. Gleichzeitig ist die Feuerwehr Hamburg eine der größten Feuerwehren in Deutschland, wodurch die Häufigkeit an Einsätzen und die fehlende Möglichkeit der subjektiven Verfälschung dieser Statistik eine hohe Validität und Objektivität verleihen. Die Reliabilität ist aufgrund der Willkürlichkeit von Angriffen auf Einsatzfahrzeuge nur schwer festzustellen. Dennoch ist anzumerken, dass in den Ergebnissen dieses Interviews der Vergleich mit anderen Standorten einer Berufsfeuerwehr, wie zum Beispiel in Berlin, fehlt.

6.2.2 Praxisversuch

Der Praxisversuch zur Simulation eines Steinwurfs ist so nicht vollständig auf die Praxis anwendbar. Die Grenzen dieses Versuchs liegen einerseits in den vielen variierenden Faktoren, welche beispielhaft in Tabelle 12 gezeigt werden, und andererseits in den physikalischen Grenzen. Physikalische Grenzen sind hier die Vernachlässigung des Luftwiderstandes, die theoretische Annahme von Werten, wie der Kontaktzeit oder der Anfangsgeschwindigkeit, welche sich nur anhand von Literaturwerten schätzen lassen, und die Messungenauigkeit.

Zur Messungenauigkeit zählen unter anderem die fehlenden Möglichkeiten, die Tiefe der Kratzer oder Dellen im Polycarbonat zu messen, da gängige Maßstäbe und andere Mittel zum Bestimmen der Länge aufgrund der sehr schmalen Kratzer und Dellen nicht einsetzbar waren. Deshalb mussten diese Werte durch die Durchführenden geschätzt werden. Aufgrund von fehlenden Messwerkzeugen und der priorisierten Sicherheit der Durchführenden konnte auch keine Messung vorgenommen werden, wie hoch der Pflasterstein von der Polycarbonatscheibe zurückgesprungen ist.

Gleichzeitig wurden die nachgemessenen Werte, wie bspw. die Länge der Kratzer, beim Steinwurf auf- oder abgerundet, um eine Maßeinheit ohne Nachkommastellen zu erhalten. Die in den Formeln verwendeten und ermittelten Werte wurden ebenfalls gerundet, was im späteren Verlauf zu leichten Abweichungen führen kann, welche aber wenig Einfluss auf die Kraftübertragung und Veranschaulichung haben.

Tabelle 12: Faktoren mit Einfluss auf einen Steinwurf und beispielhafte Variationen

<u>Faktor</u>	<u>Mögliche Variation in...</u>
Werfende Person	Alter, Körpergröße, Geschlecht, Kraft, Wurftechnik, Motivation, Stresslevel, etc.
Wurfmaterial	Größe, Gewicht, Form, Material, Dichte, Härte, Aufprallfläche, Rotation, explosiv, ätzend, etc.
Einsatzfahrzeug	Größe, Winkel und Distanz zum Werfenden, Kontaktstelle mit Wurfmaterial, Scheibenanzahl, besetzte Sitze, Geschwindigkeit, Richtung der Bewegung, Vibration des Fahrzeugs, Alter und Zustand des getroffenen Materials, Häufigkeit der Treffer, etc.
Einsatzkräfte	Reaktion auf Wurf, Zeitdruck, Anzahl an Einsatzkräften, etc.
Einsatzsituation	Ort, Einsatzlage, Anzahl Menschen in Umgebung, etc.
Umwelt	Wetter, Wind, Temperatur, Beleuchtung, etc.

Quelle: Eigene Darstellung

Zu den Versuchen der Rettungsmöglichkeiten muss betrachtet werden, dass die Rettung über die Scheiben nur unter bestimmten Voraussetzungen durchgeführt wird. In der Realität werden die Seitenscheiben zum vereinfachten Öffnen der Fahrzeugtüren geöffnet. Auch eine Rettung durch die Windschutzscheibe wird in der Praxis nur angewandt, wenn das Fahrzeug durch den Unfall so deformiert ist, dass sich die Türen nicht mehr aufschneiden lassen. In den meisten Fällen werden bei einem verunfallten Fahrzeug die Fahrzeugtüren oder das Fahrzeugdach geöffnet, da hier keine Gefahr von Glasstaub beim Sägen oder Glassplittern besteht. Außerdem wird dadurch eine größere Öffnung geschaffen als beim Zerstören der Fahrzeugscheiben. Ein weiterer Punkt ist, dass zerstörte Fahrzeugscheiben nicht nur eine begrenzte Öffnung bieten, sondern dass diese Öffnung auch scharfkantige Ränder haben kann. Dennoch ist die Untersuchung der Rettung durch die Frontscheibe durchaus sinnvoll. Dies ist damit zu begründen, dass eine Rettung über das Aufschneiden der Türen oder des Daches aufgrund von zu starker Deformation infolge des Unfalls nicht immer möglich oder deutlich zeitintensiver ist. Bei solchen starken und zeitkritischen Unfällen werden die Patienten möglichst schnell über die Scheiben gerettet, um schnell versorgt und ins Krankenhaus gebracht zu werden.

Zur Messungenauigkeit muss auch hier erwähnt werden, dass die gemessenen Werte, wie zum Beispiel die Länge des Schnitts mit der Säbelsäge oder die benötigte Zeit, um den Schnitt durch die Polycarbonatscheibe zu machen, auf- bzw. abgerundet wurden. Auch ist die eingesetzte Kraft beim Halligan-Tool sehr individuell und lässt sich nicht auf jede Einsatzkraft übertragen. Die entstandenen Einschlaglöcher und Dellen durch Federkörner und Halligan-Tool konnten ebenfalls nur geschätzt werden. Dennoch sind die Ergebnisse aussagekräftig, da für das zu untersuchende Ziel eine Unschärfe der Messung nicht entscheidend ist für eine

grundsätzliche Aussage. Beispielsweise ist ein Unterschied in der Sägezeit, z. B. 15 oder 20 Sekunden für den Schnitt oder die Eindringtiefe des Halligan-Tool in die Scheibe, so lange es nicht durch die Scheibe dringt, für eine Aussage zu vernachlässigen.

Auch an der Dokumentation gibt es Kritikpunkte. So hätten beispielsweise Fotos aus verschiedenen Winkeln, vor, während und nach den Versuchen gemacht und an diese Bachelorarbeit angehängt werden können. Bei vorhandenen Fotos, wie zum Beispiel dem Schnitt der Säbelsäge, hätte ein Maßstab oder etwas Vergleichbares mit aufgenommen werden können, um so die Glaubwürdigkeit und Nachweisbarkeit des Praxistests zu steigern. Weiterhin hätte die Qualität der Fotos durch einen neutralen, einfarbigen Hintergrund und einer besseren Kamera verbessert werden können.

7. Schlussfolgerung

Basierend auf den aktuellen Fallzahlen der Feuerwehr Hamburg lässt sich ein Bedarf nur schwer darlegen. Von sieben Angriffen der vergangenen zwei Jahre wurde bei keinem eine Scheibe der Einsatzfahrzeuge vollständig zerstört. Insgesamt wird sogar von einem leichten Abwärtstrend bei der mutwilligen Beschädigung der Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr Hamburg berichtet. Trotzdem zeigen die Befragungen durch den Deutschen Feuerwehrverband e. V. kontinuierlich hohe Zahlen in den Jahren 2023 und 2024 bei Angriffen auf Einsatzkräfte. Diese Befragungen zielten nicht direkt auf Fallzahlen zu Angriffen oder Beschädigungen von Einsatzfahrzeugen ab, zeigen aber dennoch, dass Einsatzkräfte jederzeit Opfer von Gewalt werden können. In aufgeheizten Situationen kann es also dennoch vorkommen, dass Täter versuchen, die Scheiben eines Einsatzfahrzeuges zu zerstören, um der Feuerwehr oder den Einsatzkräften direkt zu schaden.

Splitterschutzfolien stellen einen leicht erhöhten Schutz gegenüber unbearbeiteten und gewöhnlichen Fahrzeugscheiben dar. Zwar wird die Scheibe bei einem möglichen Bruch durch die Folie zusammengehalten, dennoch fällt die Scheibe nach einem zweiten oder dritten Wurf aus dem Rahmen, wie durch das Referat 65 des Bundespolizeipräsidiums bestätigt wird. Außerdem ist bei einer zusammengehaltenen Scheibe keine oder nur bedingte Durchsicht gegeben, was eine große Gefährdung für die Weiterfahrt und andere Verkehrsteilnehmer bedeutet. Insgesamt ist kein ausreichender Schutz für die Einsatzkräfte in Risikolagen gegeben.

Polycarbonat ist ein robuster Werkstoff, der aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften vielseitig einsetzbar ist. Gegenüber ESG und VSG ist es widerstandsfähiger gegen Stöße und Schläge und bildet keine bis kaum Risse bei den genannten Arten von Beschädigungen. Sollte ein Einsatzfahrzeug verunfallen, lässt sich Polycarbonat durch gängige Rettungsmittel wie die Säbelsäge oder die Rettungsschere entfernen. Dabei ist jedoch auf die unterschiedliche Wirkweise zu achten, wie die Kunststoffspäne oder die Polycarbonatsplitter, welche sich je nach gewähltem Rettungsmittel bilden können. Generell ist die Säbelsäge einfacher zu verwenden, da keine freie Kante benötigt wird, um das Rettungsgerät anzusetzen. Schlagwerkzeuge wie das Halligan-Tool oder Werkzeuge wie der Federkörner konnten die Polycarbonatscheibe nicht durchdringen. Die praktischen Eigenschaften werden durch den langen Einsatz und die hohe Stückzahl der ausgerüsteten Einsatzfahrzeuge bei der Bundespolizei und der Polizeien der Länder unterstrichen. Es ist dennoch anzumerken, dass Polycarbonat gegenüber Glasscheiben eine geringere UV-Beständigkeit und eine höhere Kratzempfindlichkeit besitzt. Beide Nachteile lassen sich durch chemische Mittel oder andere Beschichtungen verringern. Weitere Nachteile, wie höhere Kosten, geringere Forschung und Weiterentwicklung oder die begrenzte Herstellerauswahl, finden erst in Kapitel 8 „Ausblick“ Beachtung.

Der Nachteil der Zulassung für Polycarbonatscheiben oder Splitterschutzfolien kann weitestgehend unbeachtet bleiben, da eine begründete Ausnahme für Fahrzeuge der BOS durch § 70 Abs. 4 StVZO möglich ist. Die Begründung würde hier durch den erhöhten Schutz für Einsatzkräfte erfolgen.

Insgesamt kann der Schutz von Fahrzeugscheiben aus Polycarbonat als sehr hoch und nahezu alternativlos beschrieben werden. Ein Durchdringen der Scheibe ohne Schneid- oder Sägewerkzeug erfordert einen großen zeitlichen und mühevollen Aufwand.

Die in dieser wissenschaftlichen Arbeit verwendeten Methoden sind in einigen Aspekten kritisch zu betrachten. Bei der Simulation eines Steinwurfs sind Werte aufgrund von Literaturwerten geschätzt oder zur vereinfachten Berechnung vernachlässigt worden. Auch andere Faktoren, welche in der Realität einen Wurf beeinflussen können, wurden nicht weiter berücksichtigt. Messungenauigkeiten bei den Praxisversuchen, wie geschätzte oder gerundete Werte, verfälschen die ermittelten Daten leicht, und auch die Dokumentation hätte mit anderen Mitteln genauer sein können. Dennoch lässt sich sagen, dass die Ergebnisse ausreichend sind für eine qualitative Aussage, da die Unschärfe der Messung hier nicht entscheidend ist. Der gängigste Rettungsweg in der Praxis führt die Einsatzkräfte der Feuerwehr meist über die Türen oder das Dach ins Innere des Fahrzeugs, trotzdem werden Patienten in besonderen Situationen auch über die Fensterrahmen gerettet, wodurch die Durchführung des Versuchs mit den Rettungsgeräten begründet wird. Bei den Experteninterviews sollte angemerkt werden, dass Probanden überwiegend eine bestimmte Position zu einem Thema einnehmen und dadurch das Antwortbild verzerrt werden kann. Dies ist bei Interviews, in denen speziell nach der eigenen Meinung und Erfahrung gefragt wird, nur schwer zu vermeiden. Anders ist dies bei Experteninterviews, in denen nach Statistiken gefragt wird. Hier kann die Objektivität durch die fakten- und zahlenbasierten Antworten kaum verfälscht werden. Ein weiterer Kritikpunkt ist die geringe Stichprobe bei speziellen Themen mit wenigen Experten. Dennoch können die Aussagen der Interviews als aussagekräftig bezeichnet werden, da es sich im Falle der Vertreter des Bundespolizeipräsidiums um Experten mit jahrelanger Erfahrung handelt und bei den Fallzahlen der Feuerwehr Hamburg eine hohe Validität und Objektivität besteht.

Eine Betrachtung der Ergebnisse lässt den Schluss zu, dass Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr mit Polycarbonatscheiben ausgestattet werden sollten, da sie den höchstmöglichen Schutz für Einsatzkräfte im Vergleich zu anderen hier erwähnten Schutzsystemen bieten.

8. Ausblick

Insgesamt stellen die Ergebnisse dieser Arbeit eine Grundlage für eine Handlungsempfehlung zur Nutzung von Polycarbonatscheiben bei Einsatzfahrzeugen der Feuerwehr dar. Für die Umsetzungen müssen allerdings weitere, hier nicht behandelte Faktoren berücksichtigt werden und Gegenstand weiterer Arbeiten und Forschungen sein.

Ein sehr wichtiger Aspekt bei der Beschaffung von Polycarbonatscheiben ist die Wirtschaftlichkeit. Für einen genauen Vergleich müssen die Kosten für Material und Montage von Polycarbonat und Splitterschutzfolien sowie für die Schulung des Personals berücksichtigt werden. Auch die laufenden Kosten durch eine unterschiedliche Langlebigkeit der Produkte müssen beachtet werden. Am Ende müssen die Träger der Feuerwehren abwägen, ob sie diesen Schutz der Einsatzkräfte im Hinblick auf den Bedarf finanzieren möchten. Auch weitere Nachteile, wie die geringe Weiterentwicklung an Polycarbonat gegenüber der von Glas und Splitterschutzfolien, die Gefährdung durch die regionale Lage der Feuerwehr und die unterschiedliche Langlebigkeit der Scheiben, da Seitenscheiben meist länger halten als Windschutzscheiben, müssen Berücksichtigung finden bei der Auswahl eines Scheibenschutzsystems für Einsatzfahrzeuge. Die geringe Hersteller Auswahl ist aufgrund des Nischenprodukts Polycarbonat nicht zu vermeiden.

Abhängig vom Fahrzeugtyp ist auch eine mögliche Kombination verschiedener Schutzsysteme denkbar. Zwar müssten in diesem Fall die Scheiben im Fahrerhaus aus Polycarbonat sein, um die Durchsicht bei Beschädigungen zu gewährleisten, es kann aber überlegt werden, die Scheiben im Mannschaftsraum mit günstigeren Schutzsystemen wie Splitterschutzfolie auszustatten. Hier muss dann der geringere Schutz durch Folien berücksichtigt werden, aber um höhere Kosten zu vermeiden, ist dies eine mögliche Alternative. Die Kombination von Glas und Polycarbonat in einem Fensterrahmen wurde bereits durch das Bundespolizeipräsidium erprobt und ist aufgrund einiger mechanischer und physikalischer Eigenschaften sehr nachteilhaft.

Für weiterführende Arbeiten ist die Erhebung einer Statistik zu Angriffen und Beschädigungen an Einsatzfahrzeugen, welche die Einsatzkräfte im Innern als Ziel haben, sinnvoll. Diese Statistik sollte mithilfe großer Berufsfeuerwehren wie Hamburg oder Berlin durchgeführt werden und zeitliche Faktoren, etwa Wochentage und Tageszeit, aber auch besondere Einflüsse wie Silvester oder andere Feiertage berücksichtigen. Auch ein Blick auf internationale Lösungen wie die in Israel mit schusssicheren Scheiben ausgestatteten Fahrzeuge oder andere Lösungen können Gegenstand weiterer Arbeiten sein.

Zur Zulassung der Scheiben und für Mitarbeiteranweisungen im Falle eines Unfalls oder der Selbstrettung sollten Gefährdungsbeurteilungen für die verwendeten Scheibenschutzsysteme mit Verfahrenshinweisen durchgeführt und die Mitarbeiter geschult werden.

Leider sind Angriffe auf Einsatzkräfte in den letzten Jahren fast zur Normalität geworden, obwohl sie das niemals sein dürfen. Gerade deshalb ist der Schutz der Einsatzkräfte ein wichtiger Aspekt in der Planung und Beschaffung, um die Unversehrtheit sicherzustellen und Einsätze bestmöglich abschließen zu können. Durch Scheibenschutzsysteme wie Polycarbonat ist ein hoher Schutz für Einsatzkräfte im Innern der Einsatzfahrzeuge möglich, wenngleich auch verschiedene Faktoren zur Abwägung betrachtet werden müssen.

Literaturverzeichnis

- Abts, Georg (2010): *Kunststoff-Wissen für Einsteiger*. München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH und Co. KG.
- Bargel, Hans-Jürgen (2022): *Werkstoffkunde – Strukturen – grundlegende Eigenschaften*, 13. Auflage, Berlin, Deutschland: Springer Vieweg, doi:10.1007/978-3-662-63961-0.
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (o. D.): Ultraviolette Strahlung. Verfügbar unter: https://www.stmuv.bayern.de/themen/strahlenschutz/uv_strahlung/index.htm [Zugriff am 12. Dezember 2024].
- Brändle, Stefan (2022): Seltsames Phänomen: Jugendliche locken die Feuerwehr in die Falle, um die Helfer anzugreifen – was ist da los?, in: *Aargauer Zeitung*, 02.05.2022. Verfügbar unter: <https://www.aargauerzeitung.ch/international/gewalt-bei-1-mai-demo-aktivisten-und-jugendliche-attackieren-helfer-aggression-gegen-feuerwehr-in-frankreich-sorgt-fuer-entruestung-ld.2283737> [Zugriff am 04. Dezember 2024].
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (o. D.): BOS, Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben. Verfügbar unter: <https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Glossareintraege/DE/B/BOS.html> [Zugriff am 12. Dezember 2024].
- Bundesamt für Strahlenschutz (2024): Was ist UV-Strahlung?. Verfügbar unter: https://www.bfs.de/DE/themen/opt/uv/einfuehrung/einfuehrung_node.html [Zugriff am 12. Dezember 2024].
- Custom Glass Solutions (o. D.): Custom Safety Glas for Fire, Police, Rescue and More. Verfügbar unter: <https://www.customglasssolutions.com/industries-served/safety-and-protection/> [Zugriff am 29. Dezember 2024].
- Deutscher Feuerwehrverband e. V. (2024): Angriffe auf Einsatzkräfte sind Alltag – besonders bei Berufsfeuerwehren. Verfügbar unter: <https://www.feuerwehrverband.de/angriffe-auf-einsatzkraefte-sind-alltag-besonders-bei-berufsfeuerwehren/> [Zugriff am 21. Januar 2025].
- Deutsches Institut für Normung (DIN) (2003): *DIN EN 12600:2002 – Glas im Bauwesen – Pendelschlagversuch – Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- Deutsches Institut für Normung (DIN) (2000): *DIN EN 356:1999 – Glas im Bauwesen – Sicherheitssonderverglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilungen des Widerstandes gegen manuellen Angriff*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- Deutschlandradio (2024): Guy Fawkes Tag – Angriffe auf Polizei und Rettungskräfte bei „Bonfire Night“ in Großbritannien. Deutschlandfunk, Deutschlandradio, 06. November 2024. Verfügbar unter: <https://www.deutschlandfunk.de/angriffe-auf-polizei-und-rettungskraefte-bei-bonfire-night-in-grossbritannien-100.html> [Zugriff am 04. Dezember 2024].
- Dezinufy Ltd (o. D.): Hammerglass Saves Lives. Verfügbar unter: <https://www.dezinufy.co.za/project/emergency-vehicles/> [Zugriff am 29. Dezember 2024].

Domininghaus, Hans/Peter Elsner/Peter Eyerer/Thomas Hirth (2012): *Kunststoffe – Eigenschaften und Anwendungen*, 8. Auflage, Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag, doi:10.1007/978-3-642-16173-5.

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2007): *2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge*. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32007L0046> [Zugriff am 18. Dezember 2024].

Fabricium (2023): Automatik-Körner. Verfügbar unter: https://www.fabricium.de/wiki_handwerk/automatik-koerner/#:~:text=Durch%20das%20einfache%20Dr%C3%BCken%20des,ein%20bestimmtes%20Maximum%20erreicht%20ist. [Zugriff am 30. Dezember 2024].

Genau, Lea (2024): Ein semistrukturiertes Interview führen mit Beispiel, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/semistrukturiertes-interview/> [Zugriff am 30. Dezember 2024].

Genau, Lea (2023a): Das problemzentrierte Interview mit Beispielen, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/problemzentriertes-interview/> [Zugriff am 30. Dezember 2024].

Genau, Lea (2023b): Narratives Interview mit Beispielen erklärt, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/narratives-interview/> [Zugriff am 30. Dezember 2024].

HAVERKAMP GmbH (o. D.): HAVERKAMP PROFILON® Autosicherheitsfolien. Verfügbar unter: <https://www.haverkamp.de/produkte/profilon-premium-sicherheitsfolien/profilon-autosicherheitsfolien> [Zugriff am 18. Dezember 2024].

Herbert Geißler GmbH & Co. KG (o. D.): Polycarbonatscheiben – unverzichtbar für die Industrie. Verfügbar unter: <https://www.geissler-plexiglas.de/produkte/polycarbonatscheiben.html> [Zugriff am 18. Dezember 2024].

Hessische Landesfeuerwehrschule (HLFS) (2020): TH-VU-Ausbildung – Lernunterlage zur technisch-medizinischen Rettung nach Verkehrsunfällen mit Personenkraftwagen. Verfügbar unter: https://hlfs.hessen.de/sites/hlfs.hessen.de/files/2022-09/LernU_Kap.9_Patientenorientierte%20Rettung_V003.pdf [Zugriff am 20. Dezember 2024].

Hoffmann & Co. KG (o. D.): ESG Glas * für Köln, Bonn & Düsseldorf. Verfügbar unter: <https://www.hoffmann-handwerk.de/produkte/glasarbeiten/esg-glas> [Zugriff am 18. Dezember 2024].

Hornbogen, Erhard/Gunther Eggeler/Ewald Werner (2019): *Werkstoffe – Aufbau und Eigenschaften von Keramik-, Metall-, Polymer- und Verbundwerkstoffen*, 12. Auflage, Berlin, Deutschland: Springer Vieweg, doi:10.1007/978-3-662-85547-5.

- Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) (2024a): DFV Befragung 2024 - Gewalt und Belästigung durch Mitbürgerinnen und Mitbürger der Mitglieder von Feuerwehren und Leitstellen. Verfügbar unter: https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2024/12/Einsatzkraefte-Gewaltbefragung-DFV_2024_final.pdf [Zugriff am 29. Dezember 2024].
- Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) (2024b): Gruppe Berufsfeuerwehr aus Gesamtbericht DFV Gewaltbefragung. Verfügbar unter: https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2024/12/Online_Gruppe_Berufsfeuerwehr_aus_Gesamtbericht_DFV_Gewaltbefragung_2024.pdf [Zugriff am 29. Dezember 2024].
- Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) (2023): Umfrage 2023 – Beleidigungen, Beschimpfungen, Bedrohung – Bundesweite Befragung zu Gewalt gegen Einsatzkräfte. Verfügbar unter: https://www.feuerwehrverband.de/app/uploads/2023/12/231228_Praesentation_Umfrage-2023_Feuerwehr.pdf [Zugriff am 21. Januar 2025].
- INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG (2019): *Gestalten mit Glas*, 10., überarbeitete Auflage, Lauenförde, Deutschland: AGC INTERPANE.
- Joachim Herz Stiftung (o. D.): Waagerechter und schräger Wurf. Verfügbar unter: <https://www.leifiphysik.de/mechanik/waagerechter-und-schraeger-wurf/grundwissen/schraeger-wurf-nach-oben-mit-anfangshoehe> [Zugriff am 19. Dezember 2024].
- Kaiser, Wolfgang (2024): *Kunststoffchemie für Ingenieure – Von der Synthese bis zur Anwendung*, 6. Auflage, München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- KIRSCH Kunststofftechnik GmbH (o. D.): Fahrzeugscheiben mit StVZO-Zulassung. Verfügbar unter: <https://www.kirsch-kunststofftechnik.de/branchenloesungen/automotive/fahrzeugscheiben/> [Zugriff am 18. Dezember 2024].
- KRD Sicherheitstechnik GmbH (o. D.) KASIGLAS® - Sicherheit mit Durchblick. Verfügbar unter: <https://www.kasiglas.de/> [Zugriff am 20. Januar 2025].
- Kuchling, Horst (2014): *Taschenbuch der Physik*, 21. Auflage, München, Deutschland: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Kugler, Martin (2023): Kugelstoßen und Hammerwerfen, in: *Die Presse*, 24. August 2024. Verfügbar unter: <https://www.diepresse.com/14429037/kugelstossen-und-hammerwerfen> [Zugriff am 14. Januar 2025].
- LUKAS Hydraulik GmbH (o. D.): S 378 e3. Verfügbar unter: <https://lukas.com/rescue/produkte/schneidgeraete/114/s-378-e3> [Zugriff am 20. Januar 2025].
- Makita Werkzeug GmbH (o. D.): Akku-Reciprosäge DJR186. Verfügbar unter: <https://www.makita.de/product/djr186.html> [Zugriff am 20. Januar 2025].

- Mercedes-Benz AG (o. D.): Sprinter Kastenwagen – Der wirtschaftliche Allrounder von Mercedes-Benz – leistungsstark und zuverlässig. Verfügbar unter: <https://www.mercedes-benz.de/vans/models/sprinter/panel-van/overview.html?srsId=AfmBOorrTFqcGq-hAiNCu5TP4Y2Up8gbs3bpNKOOF119vBp-YjAg4Gef> [Zugriff am 20. Januar 2025].
- Meyer, Stefan/Wolfgang Hugemann/Michael Weber (1994): *Zur Belastung der Halswirbelsäule durch Auffahrunfälle – Teil 1: Bewegungskinetik und verletzungsrelevante Kenngrößen*. in: *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, Heft 1, [online]. Verfügbar unter <https://www.ureko.de/wp/wp-content/uploads/2019/12/1994.01-Heft-1-Zur-Belastung-der-Halswirbelsaeule-durch-Auffahrunfaelle-Teil-1.pdf> [Zugriff am 14. Januar 2025].
- Müller, Johannes/Frank Antwerpes/Danny Siwek/Jannik Blaschke/Dr. No (2024): Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben. Verfügbar unter: https://flexikon.doccheck.com/de/Beh%C3%B6rden_und_Organisationen_mit_Sicherheitsaufgaben [Zugriff am 12. Dezember 2024].
- Neuffer Fenster & Türen GmbH (o. D.): Fahrzeugglas. Verfügbar unter: <https://www.fensterversand.com/info/verglasung/fahrzeugglas.php> [Zugriff am 18. Dezember 2024].
- Niedersächsisches Landesamt für Brand- und Katastrophenschutz (NLBK) (2022): Technische Hilfeleistung. Verfügbar unter: https://www.nlbk.niedersachsen.de/startseite/ausbildung/ausbildung_nach_fwdv_2/technische_ausbildung/technische_hilfeleistung/downloadbereich-feuerwehr-dienstvorschriften-144256.html [Zugriff am 20. Dezember 2024].
- Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport (2024): Innenministerin Behrens stellt erstmals Lagebild „Gewalt gegen Einsatzkräfte“ vor. Verfügbar unter: <https://www.mi.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/innenministerin-behrens-stellt-erstmalis-lagebild-gewalt-gegen-einsatzkraefte-vor-234490.html> [Zugriff am 03. Dezember 2024].
- Passiontec GmbH (o. D.): Was ist eine Reciprosäge?. Verfügbar unter: <https://www.passiontec.de/ratgeber/was-ist-eine-reciprosaege.html?srsId=AfmBOopP4bxyhricftbXRgWSY8CBP3GTWG14O9YGYfs2vaG7Lc9iSHVv> [Zugriff am 20. Dezember 2024].
- Pfeiffer, Franziska (2023): Unstrukturiertes Interview für die Abschlussarbeit führen, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/unstrukturiertes-interview/> [Zugriff am 30. Dezember 2024].
- Pfeiffer, Franziska (2022): 5 Tipps für das Transkribieren in deiner Abschlussarbeit, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/interview-transkribieren/> [Zugriff am 02. Januar 2025].
- Pfeiffer, Franziska (2021): Ein Experteninterview für die Bachelorarbeit führen in 5 Schritten, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/experteninterview-bachelorarbeit/> [Zugriff am 30. Dezember 2024].
- Pfeiffer, Franziska (2020): Strukturiertes Interview für die Abschlussarbeit führen, Scribbr. Verfügbar unter: <https://www.scribbr.de/methodik/strukturiertes-interview/> [Zugriff am 30. Dezember 2024].

- PFSA HINZE (o. D.): Splitterschutzfolien und Sicherheitsfolien. Verfügbar unter: <https://www.pfsa.de/folientechnologie/splitterschutzfolien-sicherheitsfolien/> [Zugriff am 13. Dezember 2024].
- Polizei Berlin (2023): Bilanz zum Jahreswechsel 2022/2023 – Pyrotechnikverbotszonen erfolgreich – Massive Angriffe auf Einsatz- und Rettungskräfte. [Pressemitteilung], veröffentlicht am 01. Januar 2023. Verfügbar unter: <https://www.berlin.de/polizei/polizeimeldungen/2023/pressemitteilung.1279521.php> [Zugriff am 04. Dezember 2024].
- rescue-tec GmbH & Co. KG (o. D.): Paratech Hooligan-Tool, Hebelklaue. Verfügbar unter: <https://www.rescue-tec.de/techn.-ausruestung/techn.-hilfeleistung/tueroeffnung/paratech-hooligan-tool-hebelklaue?c=324> [Zugriff am 02. Januar 2025].
- RK (o. D.): SICHERHEITSFOLIEN FÜR EINSATZFAHRZEUGE, Polizeipraxis. Verfügbar unter: <https://www.polizeipraxis.de/ausgaben/2013/detailansicht-2013/artikel/sicherheitsfolien-fuer-einsatzfahrzeuge.html> [Zugriff am 12. Dezember 2024].
- Rüffer, Michael (2010): Retter am Schlüsselbund, in: *Feuerwehr-Magazin*, 21. Dezember 2010. Verfügbar unter: <https://www.feuerwehrmagazin.de/nachrichten/news/rettung-am-schlüsselbund-14762> [Zugriff am 29. Dezember 2024].
- Unbekannt (2024): Israel Police debut first ever bulletproof ambulances – The initiative was spearheaded by the nonprofits “Israel Friends” and “Let’s Do Something,” which provided the funding and support necessary for this critical enhancement., in: *The Jerusalem Post*, 17. Juli 2024. Verfügbar unter: <https://www.jpost.com/israel-news/article-810621> [Zugriff am 18. Dezember 2024].
- Unfallkasse Nordrhein-Westfalen (2023). Gewalt gegen Rettungskräfte in der Silvesternacht. Verfügbar unter: <https://www.unfallkasse-nrw.de/service/nachrichten/news-detail/gewalt-gegen-rettungskraefte-in-der-silvesternacht-1844.html> [Zugriff am 03. Dezember 2024].
- WEBER RESCUE SHOP GmbH (o. D. a): GLASSÄGE GLAS-EX MIT FEDERKÖRNER. Verfügbar unter: <https://www.weber-rescue-shop.com/shop/ausruestung/glasmanagement/498/glasssaege-glas-ex-mit-federkoerner> [Zugriff am 20. Dezember 2024].
- WEBER RESCUE SHOP GmbH (o. D. b): SICHERHEITS-FEDERKÖRNER – zum Entfernen von Einscheiben-Sicherheitsglas. Verfügbar unter: <https://www.weber-rescue-shop.com/shop/gadgets/186/sicherheits-federkoerner> [Zugriff am 29. Dezember 2024].
- WEBER RESCUE SHHOP GmbH (o. D. c): HALLIGAN-TOOL MIT HEBELKLAUE – Brechwerkzeug für die technische Hilfeleistung. Verfügbar unter: [Zugriff am 02. Januar 2025].
- Weißbach, Wolfgang/Michael Dahms/Christoph Jaroschek (2015): *Werkstoffkunde – Strukturen, Eigenschaften, Prüfung*, 19. Auflage, Wiesbaden, Deutschland: Springer Fachmedien, doi:10.1007/978-3-658-03919-6.
- WELP Holding GmbH (o. D.): POLIZEIFAHREZEUGE – UNTERSTÜTZUNG IM EINSATZ. Verfügbar unter: <https://www.welp-group.com/de/kompetenzen-produkte/customize/sonderfahrzeuge-fuer-bos/polizeifahrzeuge> [Zugriff am 12. Dezember 2024].

Wirtschaftsgesellschaft des Kfz-Gewerbes mbH (o. D.): Sicherheitsglas am Auto. Verfügbar unter: <https://www.autoberufe.de/sicherheitsglas-am-auto#:~:text=Das%20Einscheiben%2DSicherheitsglas%20wird%20zuerst,Zimmertemperatur%20gebracht%20und%20schlie%C3%9Flich%20zugeschnitten> [Zugriff am 18. Dezember 2024].

Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) (2023): *ECE Regelung Nr. 43: Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Sicherheitsverglasungswerkstoffe und ihres Einbaus in Fahrzeuge*. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A42010X0831%2804%29> [Zugriff am 18. Dezember 2024].

Eidesstattliche Erklärung

Verfasst von: Herr Bahr, Florian

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema „Machbarkeitsanalyse des Insassenschutzes durch Scheibenschutzsysteme bei Feuerwehrfahrzeugen: Wirksamkeit, Rettungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlungen“ ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht

Ort, Datum: Hamburg, 10. Februar 2025

Unterschrift:

A solid black rectangular box used to redact the signature of the author.

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Experteninterview mit Vertretern der Bundespolizei.....	XIV
Anhang 2: Experteninterview mit einem Vertreter der Feuerwehr Hamburg.....	XXVII

Anhang 1: Experteninterview mit Vertretern der Bundespolizei

Thema: Erfahrungen mit Polycarbonatscheiben und Splitterschutzfolien bei Einsatzfahrzeugen der Bundespolizei

Ansprechpartner: Herr [REDACTED] und Herr [REDACTED] (Referat 65 des Bundespolizeipräsidiums)

Datum: 10. Dezember 2024

Beginn des Interviews: 11:19 Uhr

Ende des Interviews: 12:05 Uhr

Erläuterung

In der folgenden vereinfachten Transkription des Interviews wurden die Namen wie folgt abgekürzt,

Florian Bahr = B,

[REDACTED] = W,

[REDACTED] = F

Interview

- | | | |
|-----------|---|----|
| <i>B:</i> | Sind Sie mit der Aufnahme dieses Interviews einverstanden? [00:26] | 1 |
| <i>W:</i> | Also ich ja. Ich bin damit einverstanden. | 2 |
| <i>F:</i> | Ja, ich bin damit auch einverstanden. | 3 |
| <i>B:</i> | Sind Sie mit der Verwendung der Daten in der Bachelorarbeit mit dem Titel | 4 |
| | „Machbarkeitsanalyse des Insassenschutzes durch Scheibenschutzsysteme | 5 |
| | bei Feuerwehrfahrzeugen: Wirksamkeit, Rettungsmöglichkeiten und | 6 |
| | Handlungsempfehlung“ einverstanden? [00:36] | 7 |
| <i>W:</i> | Ja, das bin ich. | 8 |
| <i>F:</i> | Ich auch. | 9 |
| | | 10 |
| <i>B:</i> | Und sind Sie mit der Verwendung Ihrer Namen in der Bachelorarbeit | 11 |
| | einverstanden? [00:51] | |
| <i>W:</i> | Ich bin damit einverstanden. | 12 |
| <i>F:</i> | Auch ich, [REDACTED], bin damit einverstanden. | 13 |

B:	Dann notiere ich den Beginn als 11:19 Uhr. [01:03]	14
B:	Ich beginne mit den Fragen. Zum Einstieg: Was genau ist Ihr Tätigkeitsgebiet bei der Bundespolizei? [01:15]	15 16
W:	Wir sind beide eigentlich in identischen Tätigkeitsfeldern beschäftigt, deswegen fange ich einfach mal an. Der Kollege F [REDACTED] wird mich verbessern oder ergänzen. Wir sind ja grundsätzlich als Mitarbeiter des Bundespolizeipräsidiums Referat 65, wie der Name schon sagt, mit Forschung und Erprobung beschäftigt. Forschung und Erprobung ist vielleicht ein bisschen viel. Forschung würde ich jetzt erstmal beiseitelassen. Wir erproben Polizeitechnik als eine der Kernaufgaben. Polizeitechnik heißt bei uns FEM, Führungs- und Einsatzmittel, und wir im speziellen Fall, Herr F [REDACTED] und ich, sind konzentriert auf Fahrzeuge. Also, wann immer neue Technik im Fahrzeugbereich eingeführt werden soll bei der Bundespolizei, und es bedarf einer Erprobung, würde man das Referat 65 bitten, das zu tun. Wir erproben aber auch andere Technik, zum Beispiel Schutztechnologie, wie Schutzwesten, Schilde und ähnliche Dinge, die bestimmtes naturwissenschaftliches Knowhow bedürfen. Da wir alle als Seiteneinsteiger mit dem ein oder anderen Ingenieursgrad ausgestattet sind, hofft man dadurch auf besondere technische Expertise. Das ist eine der großen Aufgaben im Referat 65. Herr F [REDACTED] und ich haben dann noch Spezialaufgaben, das nennt man Systembetreuung. Die greift immer dann, wenn der Bund, das tut er traditionell für die Polizeien, die ja aufgrund unseres föderalen Aufbaus Landesaufgaben sind, Polizeien von Bund und Land mit teurem Gerät ausstattet, um sicherzustellen, dass finanzschwächere Länder nicht darunter leiden, dass sie finanzschwächer sind, sondern überall im Bund die gleiche Ausstattung mit Spezialpolizeitechnik vorhanden ist. Wenn er das tut, also das bezahlt und ausgibt an Bund und Land, möchte er sicherstellen, dass er die Kontrolle darüber behält, dass die Fahrzeuge kompatibel bleiben und weiterentwickelt werden oder überhaupt gepflegt werden. Das tut dann in dem Fall der Systembetreuer. Ich (Herr [REDACTED]) tue das für den Wasserwerfer 10, der Herr F [REDACTED] tut das für...	17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44
F:	...den Beweis- und Dokumentationskraftwagen, den leichten Befehlskraftwagen sowie das noch geschützte Einsatzfahrzeug, das demnächst ersetzt wird.	45 46 47
W:	Und als dritte Kernaufgabe, wir haben viele Aufgaben, aber als dritte Kernaufgabe haben wir den Auftrag, Scheiben zu prüfen nach der geltenden Richtlinie, die für Fahrzeuge des Einsatzdienstes des Bundes gilt. An die sich aber sehr viele Länder ebenfalls halten, die ihre Fahrzeuge mit Polycarbonatscheiben zum Schutz der Insassen ausstatten und damit eine	48 49 50 51 52

	standardisierte Prüfmöglichkeit und eine Möglichkeit zum Vergleich haben. Sie	53
	müssen sich nicht daran halten, tun es aber sehr oft. Das ist die dritte	54
	Aufgabe, die wir hier haben. Marco, fällt dir noch was ein?	55
F:	Ich würde in Bezug auf Polycarbonat noch erwähnen, dass wir die	56
	Zertifizierungsstelle sind. Wir sind die Anerkennungsstelle.	57
W:	Und wir haben den Auftrag, die Richtlinie zu pflegen und weiterzuentwickeln.	58
	Wenn wir feststellen würden, bestimmte Prüfszenarien wären zusätzlich nötig	59
	oder sind überflüssig, würden wir Änderungen anregen. Dazu kommt dann, wir	60
	entwickeln grundsätzlich die Möglichkeit, Fahrzeuge zu schützen, was die	61
	Fenster und die Scheiben angeht, weiter und denken über eine zusätzliche	62
	Schutzmöglichkeit unterhalb des Schutzniveaus von Polycarbonat nach und	63
	sind recht weit dabei, den Vorschlag für eine Prüfmöglichkeit von	64
	Splitterschutzfolien für Einsatzfahrzeuge zu entwickeln.	65
F:	Es handelt sich nicht direkt um Splitterschutzfolien, diese werden ja innen	66
	aufgebracht. Es geht bei unseren Folien ja um ein Schutzlevel gegen das	67
	Kollabieren der Scheiben von außen.	68
W:	Gerade marktverfügbare Technologie zum Schutz unterhalb von Polycarbonat,	69
	also handelsübliche Scheiben, ist irgendwas aufzubringen, was zumindest ein	70
	Eindringen und Durchfliegen von Fremdkörpern verhindert. Das macht	71
	Polycarbonat sehr zuverlässig, da es einen großen Schutz bietet, aber auch	72
	Kosten verursacht. Das ist ein Anliegen der Polizei, und da sind wir gerade	73
	dabei.	74
B:	Wie lange setzen Sie sich bereits mit Polycarbonatscheiben auseinander?	75
	[07:01]	
W:	Ich betrachte das jetzt mal nicht als wir persönlich, sondern die Bundespolizei,	76
	unsere Organisation und unsere Vorgängerorganisation. Der Auftrag der	77
	Prüfung, der Richtlinie, deren Pflege und Anwendung ist aus einer ehemaligen	78
	Organisationsstruktur der Bundespolizei in uns übergegangen. Das sind mehr	79
	als 20 Jahre, die hier Polycarbonat verwendet, geprüft und weiterentwickelt	80
	wird. Ich kann Ihnen nicht genau sagen, wie viel mehr als 20 Jahre.	81
	Mindestens 25 Jahre, da bin ich ganz sicher. Aber das ist eine Zahl, die ich	82
	verwenden würde.	83
F:	Die gleiche Zeit lang wird das auch verwendet in den Fahrzeugen.	84

B:	Bei den Fahrzeugen: Wie viele Einsatzfahrzeuge wurden ungefähr mit Polycarbonatscheiben ausgerüstet? [08:26]	85 86
W:	Ich habe dazu tatsächlich ein bisschen rumtelefoniert gestern und heute. Wir vertreten ja hier die Bundespolizei, dann gibt es noch die Polizei der Länder. Förderale Strukturen, habe ich ja schon drauf hingewiesen. Die Bundespolizei hat insgesamt, schätzungsweise über den Daumen, 8.000 Autos. Davon sind mindestens, wir können jetzt schlecht alle Exoten aufzählen, 2.000 Autos im Betrieb durch die Bundespolizei mit Polycarbonat ausgerüstet. Ich habe heute mit der Bereitschaftspolizei gesprochen, in den Ländern werden auch 2.000 bis 2.500 Autos betrieben, die mit Polycarbonat ausgestattet sind.	87 88 89 90 91 92 93 94
F:	Das heißt, die werden gekauft, betrieben, gewartet und irgendwann auch mal wieder ausgetauscht.	95 96
W:	Das ist also das Mengengerüst, über das wir hier reden. Also Tausende ist ein Begriff, den ich jetzt verwenden würde. 4.000 bis 4.500 Autos, die bei Bund und Land permanent laufen und mit Polycarbonat ausgestattet sind. Da sind auch die Exoten drin, wie Wasserwerfer, etc. Aber auch, ich sag mal, Standardfahrzeuge zum Transport von Kräften, die zu den Aufgabenwahrnehmungen hin und her transportiert werden, Transporter, Sprinter, etc.	97 98 99 100 101 102 103
F:	Ja, und die RTWs, die Rettungswagen, die für Herrn Bahr interessant sind. Also, wenn wir alle Autos einziehen, reden wir von 4.000 bis 5.000 Autos.	104 105
B:	Dann gehen wir mal in Richtung Wirksamkeit. Das klang gerade schon an. Wie würden Sie die Wirksamkeit von Polycarbonatscheiben gegenüber von Angriffen von außen beurteilen? [10:44]	106 107 108
W:	Konkurrenzlos. Das sehen Sie daran, dass wir das seit 25 Jahren tun, trotz der, das darf man nicht vergessen, nicht geringen Kosten dabei und bei dem Aufwand. Es gibt für das, wovor sich die Polizei bei Bund und Land schützen will, nämlich unfriedliche Angriffe, wir reden nicht über den ballistischen Schutz, also Angriff mit Schusswaffen etc. Das haben wir nicht, sondern das, womit die Polizei bei Bund und Land üblicherweise auch heutzutage konfrontiert ist. Also unfriedliche Angriffe mit allen möglichen Angriffsmitteln, Steinen, Stangen, alles, was Sie im Baumarkt kaufen können oder auf der Straße finden, ist Polycarbonat als Verglasung konkurrenzlos. Es bietet einen hohen Schutz und offensichtlich genau den, den man auch braucht, denn es wird seit 25 Jahren verwendet und es gibt noch keine Alternative. Polycarbonat hat ja nicht nur die Eigenschaft, dass es zuverlässig die	109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120

	Insassen vor Angriffen schützt, sondern, und das unterscheidet es ja zu den	121
	Schutztechniken, die wir auch erproben, sie können das Fahrzeug	122
	anschließend für den Einsatz noch weiter nutzen. Also, wenn Sie unfriedlich	123
	angegriffen werden, mit Steinen, Stöcken, Stangen, irgendwas, dann merken	124
	Sie auch, dass Sie Beschädigungen im Polycarbonat haben, aber es zwingt	125
	Sie nicht dazu, das Fahrzeug sofort aus dem Verkehr zu ziehen. Wenn Sie	126
	eine Splitterschutzfolie hätten oder irgendeine andere Technologie, dann hat	127
	das zwar die Insassen geschützt, aber nur einmalig. Sie können das	128
	Einsatzfahrzeug dann wegtun. Mit dem Fahrzeug bringen Sie den Einsatz	129
	nicht mal mehr zu Ende, geschweige denn, dass Sie damit nach Hause	130
	können. Und das kann Polycarbonat. Es ist nahezu, also zumindest neu, wir	131
	haben nicht ganz so viel Überblick darüber, wie es mit der Alterung ist, da	132
	kommen wir vielleicht später noch zu, aber es ist kaum überwindbar für den,	133
	ich sag mal, normalen Angreifer. Es bietet hohen Schutz für Insassen.	134
F:	Ja, absolut. Die ist so gut, dass wir sie trotz der Kosten und des Aufwands seit	135
	25 Jahren verwenden.	136
B:	Können Sie etwas über Angriffe auf Einsatzfahrzeuge mit	137
	Polycarbonatscheiben berichten? Es klang ja schon etwas an, aber wie	138
	wirksam waren da die Scheiben? [14:07]	139
W:	Dafür möchte ich Ihnen gerne drei Filme zur Verfügung stellen, die	140
	Standardanschauungsmaterial sind für alle Besucher und auch Fachpublikum,	141
	denen wir regelmäßig zu Polycarbonat berichten. Es sind Filme, die sehr, sehr	142
	gut darstellen, warum das in Polizeifahrzeugen genau richtig aufgehoben ist.	143
	Ein Film ist vom ZDF, glaube ich, sogar im Mitschnitt. Da ging es um einen	144
	zunächst friedlichen Aufzug, Demonstration in Berlin zu irgendeinem Thema	145
	des linken Spektrums. Der Aufzug wird begleitet. Rechts und links stehen	146
	Polizei, Beamte und auch Autos. Und dummerweise steht da ein Auto, das	147
	keine Polycarbonatverglasung hat. Und innerhalb von Sekunden heizt sich die	148
	Stimmung auf und einige Demonstrationsteilnehmer mit Masken verumumt	149
	fangen plötzlich an, hemmungslos und brutal mit Steinen auf das Fahrzeug zu	150
	werfen. Das kann passieren. Das ist tatsächlich ein Einsatzszenario, das	151
	passiert. Jetzt sitzt der Fahrer drin, hat kein Polycarbonat, sondern nur Glas.	152
	Dieses Fahrzeug ist in Sekunden entglast. Dem fliegen also die Steine und	153
	Splitter um die Ohren. Und nach Ansicht dieses Films werden Sie mit mir	154
	übereinstimmen: Der hat großes Glück gehabt, dass der noch lebt. Wenn Sie	155
	das mit Polycarbonat machen, sitzen Sie drin und lachen. Klar, der Lack leidet.	156
	Es gibt auch dumme Geräusche, aber Ihnen passiert nichts. Dem Kollegen,	157
	der drinnen saß, der hätte um sein Leben fürchten müssen normalerweise. Ein	158
	anderer Film zeigt eine Polizeidienststelle in Frankfurt, irgendwo im	159

städtischen Gebiet. Und aus einem Aufzug heraus, aus einer 160
Demonstrationslage zur Frankfurter Zentralbank, kommt eine unfriedliche 161
Menschenmenge. Ziehen mit allem an diesem Gebäude vorbei, was sie 162
haben. Sie haben Steine, Stangen, Hämmer, die sind recht gut ausgerüstet, 163
auch mit Brandsätzen. Und fangen dann an, die Fahrzeuge, das kann auch 164
nachts passieren, wenn sie unbeobachtet sind, die Fahrzeuge zu bearbeiten. 165
Es stehen zwei Fahrzeuge da, eins mit Glasscheiben und eins mit 166
Polycarbonat. Das mit Glasscheiben ist ruckzuck entglast, so nennen wir das 167
scherzhafte, hat keine Scheiben mehr, und da werfen sie einen Brandsatz rein. 168
Das Fahrzeug ist weg, das ist verloren, das brennt, das ist futsch. An dem 169
Fahrzeug mit Polycarbonatscheiben verausgaben sich die Herren ergebnislos, 170
haben ein paar Macken und Lackschäden verursacht, aber das Fahrzeug ist 171
nicht komplett verloren. Das ist auch einer der Aspekte, den man 172
berücksichtigen muss. Also es gibt zwei wesentliche Faktoren. Unfriedliche 173
Demonstrationen, Aufzüge, Veranstaltungen sind ganz schnell für die 174
Insassen gefährlich, weil sie drinnen sitzen, sie müssen den Angriff nicht mal 175
beobachten können und Steine und Pflastersteine finden sie überall. Das ist 176
ganz schnell, auch aus der Aufgabenzuweisung her, eine gefährliche 177
Situation. Und wenn sie die Fahrzeuge irgendwo abstellen müssen und nicht 178
immer genug Menschen haben, um sie zu bewachen, dann sehen sie auch 179
Vandalismus und Komplettzerstörung. Das sind zwei wesentliche Gründe, die 180
sich bewährt haben und Polycarbonat als sehr, sehr wertvoll und nützlich 181
herausgestellt haben. Im dritten Film da kommt ein Einsatzfahrzeug mit zwei 182
Beamten oder drei Beamten besetzt, zufälligerweise nimmt es die falsche 183
Abzweigung und kommt mitten in einen unfriedlichen Aufzug, eine 184
Demonstration hinein und wird mit Besenstielen und alles, was die 185
Herrschaften dabei haben, innerhalb von Sekunden entglast. Dann sitzen Sie 186
im Freien, dann sind Sie den Angriffen desjenigen, der davorsteht, komplett 187
schutzlos ausgeliefert. Und wenn Sie dann noch ein Auto fahren und lenken 188
müssen, sind Sie dazu nicht mehr in der Lage, dann haben Sie ein Problem. 189
Und das verhindert Polycarbonat sehr zuverlässig. Wir haben, das sage ich 190
jetzt auch ganz klar, also hier als Forschungs- und Erprobungsstelle, muss 191
man uns keine unfriedlichen Ereignisse melden. Wir können Ihnen also jetzt 192
nicht sagen, aus der Statistik heraus, im Jahr 2023 hat es 1200 Angriffe auf 193
das Polycarbonat gegeben mit diesem und jenem Ergebnis. Das wird auch 194
meiner Kenntnis nach nirgendwo explizit erfasst. Wie weit wir gehen können, 195
ist sagen zu können, dass das für die Aufgabenzuweisung der Bundespolizei 196
und deren Tätigkeit bei solchen Aufzügen ein wesentlicher Aspekt ist. Also der 197
Schutz der Insassen. Ich hoffe, ich habe die Frage richtig verstanden zu den 198
Erfahrungen mit Polycarbonat, die wir Ihnen mitgeben können. Sie verhindern 199
einmal Vandalismus und schützen auch während des Einsatzes. Und da dürfte 200
es Berührungspunkte mit der Feuerwehr geben, die ja mittlerweile anderen 201
Einsatzszenarien gegenübersteht, als es noch vor ein paar Jahren der Fall 202

war. Sie sind, ich spinne jetzt mal und theoretiere mal, als Einsatzkraft dabei,	203
gerade Ihren Einsatz zu machen, Sie löschen und retten. Sie achten gar nicht	204
drauf, ob da jemand mit Steinen wirft oder Pyrotechnik auf Ihr Fahrzeug	205
schießt. Und wenn Sie dann ein Fahrzeug mit Polycarbonat ausgestattet	206
haben, bieten Sie den Insassen erhebliche Sicherheit. Die sind ja als	207
Feuerwehrmitarbeiter gar nicht drauf vorbereitet.	208
B: Dann können wir auch zum zweiten großen Punkt überleiten, den	209
Rettungsmöglichkeiten. Die sind bei der Feuerwehr ja auch sehr interessant,	210
denn was passiert bei einem Unfall mit einem Fahrzeug, das mit	211
Polycarbonatscheiben ausgestattet ist? Gab es da bei Ihnen bereits Unfälle,	212
bei denen dann beispielsweise die Feuerwehr kommen musste und die	213
Scheiben irgendwie zerstören musste? Oder können sich die Einsatzkräfte	214
irgendwie selbst retten? [20:47]	215
W: Und ob es da schon Erfahrungen gibt. Also, es gilt das gleiche, wie bei den	216
unfriedlichen Aufzügen, man würde uns das nicht melden. Aber ich kenne	217
keinen Fall, ich vermute mal, wir hätten davon erfahren. Man muss uns das	218
nicht melden, aber wir sind recht gut vernetzt. Also kein Fall, bei dem es zu	219
Schwierigkeiten bei der Rettung oder Bergung der Insassen gekommen wäre	220
infolge eines Unfalls. Da wir Polycarbonat einbauen, und das auch schon	221
lange, ist klar, dass bei der Beschaffung dieser Fahrzeuge Vorsorge getroffen	222
wird, damit die Insassen notfalls auch rauskommen, weil das eben durch	223
simples Einschlagen der Scheiben nicht geht. Das ist das Spannungsfeld, in	224
dem wir uns bewegen, denn Superschutz bedeutet natürlich auch, wir	225
kommen da weder rein noch raus. Wir haben immer Notausstiege, allerdings	226
sind es die Sonnendächer. Bei Spezialfahrzeugen sind es	227
Spezialkonstruktionen, sodass man die Scheiben von innen jederzeit als	228
Fluchtmöglichkeit rausnehmen kann. Wenn die Insassen nicht mehr	229
bewegungsfähig wären und gerettet werden müssten, tatsächlich durch die	230
Feuerwehr, bin ich guter Dinge, denn Polycarbonat können sie sägen, das	231
können sie schneiden. Wir tun das ja selber auch, mit einer handelsüblichen	232
Stichsäge und einer Bohrmaschine sägen sie die Scheibe raus. Also das ist	233
nicht unentfernbar. Und so, wie ich die Ausstattung der Feuerwehren kenne,	234
ist das für die tatsächlich kein unlösbares Hindernis. Ich kenne tatsächlich	235
keinen Fall, wo das nötig gewesen wäre. Und wenn es zu Problemen geführt	236
hätte, ich glaube, dass wüssten wir, weil wir dann Gegenmaßnahmen hätten	237
treffen müssen. Ob das jetzt daran liegt, dass wir noch niemals so einen Unfall	238
hatten, oder ob das daran liegt, dass das unkritisch war, weil die Feuerwehr	239
handeln konnte, indem sie einfach die Scheiben raussägt, schneidet oder wie	240
auch immer, die sind ja gut mit Werkzeug ausgestattet, kann ich Ihnen	241
tatsächlich nicht sagen. Ich kann Ihnen sagen, dass wir als Referat 65,	242

	Forschungs- und Erprobungsstelle, noch nie mit der Frage konfrontiert waren,	243
	löst uns bitte das Problem, dass die Rettungskräfte die Insassen bei eigener	244
	Handlungsunfähigkeit nicht retten oder bergen konnten. Das gibt es seit	245
	meinen 15 Jahren hier nicht. Und auch in der Zeit vorher scheint es das nicht	246
	gegeben zu haben.	247
F:	Ich schließe daraus, dass das bislang kein Problem war. Erstens Vorsorge	248
	durch Notausstieg, die Sonnendächer oder andere Konstruktionen. Zweitens,	249
	es ist lösbar durch eine durchschnittlich ausgestattete Feuerwehr.	250
W:	Das Spannungsfeld bleibt. Super Schutz bedeutet natürlich auch, der normale	251
	Feuerwehrmann kann die Scheibe nicht einfach einschlagen und da	252
	irgendjemand draus bergen. Der muss sich mehr ausdenken. Das Problem	253
	haben wir nicht. Kann natürlich auch damit zusammenhängen, dass wir ja	254
	auch, wir reden von Polizeikräften, die sind ja auch möglicherweise ein	255
	bisschen besser auf solche Situationen vorbereitet als normale, zivile	256
	Menschen, die einen Unfall haben, kann auch daran liegen, dass das Retten	257
	und Bergen und Unfallnachsorge auch mit anderen Kräften, die immer dabei	258
	sind, besser funktioniert.	259
F:	Ich habe da mal einen Einschub. Es gab mal einen Fall, dass auf ein	260
	Halbgruppenfahrzeug ein Baum gefallen ist. Das Fahrzeug war unbesetzt.	261
	Und das Fahrzeug wurde quer zur Fahrtrichtung von dem Baum getroffen.	262
	Und massiv der Verformung ausgesetzt. Die Polycarbonatscheiben haben sich	263
	auch verformt. Die sind nicht gebrochen. Die verbiegen sich irgendwann bei	264
	einer sehr hohen Last. Also, wenn man etwas in die Abschlussarbeit	265
	aufnehmen wollen würde bezüglich Öffnung von Scheiben, würde ich von	266
	grober Gewalt mit einer Axt oder ähnlichem abraten. Das haben wir alles	267
	probiert. Das geht nicht. Wenn, dann, wie der Kollege Wamser gesagt hat, mit	268
	der Säge. Der Weg, der möglicherweise schneller ist, ist tatsächlich eine	269
	Türöffnung. Wir prüfen auch, also es ist auch so, die Scheibe aus dem	270
	Rahmen heraus zu bekommen, ist nicht trivial.	271
W:	Das stimmt, ja. Entweder Tür öffnen oder tatsächlich die Scheibe in Gänze	272
	raus sägen und trennen.	273
B:	Dann schlage ich vor, das Thema Polycarbonat mit einer letzten Frage	274
	abzuschließen. Gibt es für Sie sonst noch Nachteile bei der Verwendung?	275
	Oder überhaupt Nachteile? [26:58]	276
W:	Naja, klar. Nachteil ist der Kostenfaktor. Das ist teuer. Polycarbonatverglasung	277
	kostet Geld. Also, ein Hersteller von Glas hat natürlich auch einen ganz	278

anderen Markt. Der stellt so eine Scheibe millionenfach her. Polycarbonat 279
dagegen ist ein Kunststoff, und die große Kunst der meisten Hersteller von 280
diesen Produkten ist nicht die Herstellung von Polycarbonat, das beziehen die 281
als rohe Massenware irgendwoher, sondern das Umformen und Beschichten. 282
Außerdem ist es extrem kratzempfindlich. Sie können eine 283
Polycarbonatscheibe zum Beispiel im Winter nicht einfach mit dem Eiskratzer 284
enteisen. Dann ist sie kaputt. Und wir haben spezielle Hochdruckscheiben- 285
Waschanlagen, die dafür sorgt, dass bevor sich der Wischer überhaupt 286
bewegt, wird erstmal Wasser auf die Scheibe gebracht, weil auch 287
Fremdkörper, Sand etc. kann so eine Windschutzscheibe schnell verkratzen. 288
Wir haben die Erfahrung gemacht, die Windschutzscheibe ist immer 289
die erste, die rausfliegt. Das hat auch mit der Hauptuntersuchung zu tun und 290
der Sichtbeeinträchtigung bei schlechter Sicht im Winter. Eine 291
Windschutzscheibe hält bei uns so drei bis vier Jahre. Dazu müsste man 292
vielleicht auch bemerken, wir haben neulich eine Dienststelle der Feuerwehr 293
hier in Lübeck besichtigt. Sie gehen mit ihren Autos natürlich anders um. Die 294
haben die Autos auch gerne mal auf dem Hof stehen. Und die werden durch 295
jeden betrieben, zu jedem Einsatz. Das kann der Transport von Wasser sein 296
oder von Verpflegung. Das sind Autos, die benutzt jeder und die stehen auch 297
gerne draußen rum. Das ist für Polycarbonat ein Problem. Glas ist da deutlich 298
unempfindlicher. Polycarbonat ist ein Werkstoff, der zu Verkratzen neigt. Und 299
wenn Sie den nicht beschichten würden, wäre der innerhalb von zwei Tagen 300
zerkratzt. Das ist ein Problem. Die Seitenscheiben halten in aller Regel länger, 301
weil da auch die Sichtbeeinträchtigung nicht so auffällt. Aber die 302
Windschutzscheibe ist anfällig. Hängt vom Pflegegrad ab und auch des 303
eingewiesenen Personals, wie die mit den Scheiben umgehen. Wir haben 304
versucht, und versuchen das tatsächlich seit 20 Jahren, rauszufinden, was 305
sind eigentlich die größten Einflussfaktoren für die Alterung und den 306
Verschleiß der Scheiben. Eigentlich müssen wir sagen, wir haben bloß 307
Theorien. Mit Sicherheit wird es UV-Licht sein, was so eine Beschichtung 308
beeinträchtigt. Mechanische Beeinträchtigungen wie Abrasion, Reibung, 309
Kratzen etc. Wie beeinträchtigen und beeinflussen die die Lebensdauer von 310
dieser Scheibe? Wir wissen von den Herstellern immer wieder, dass sie 311
wissen, dass der Primer mit denen, die vorher behandelt werden, bevor die 312
eingeklebt werden, auch Einfluss auf das Material hat. Aber das ist nichts, was 313
wir beeinflussen könnten und als Schwachpunkt feststellen würden. Also, der 314
Nachteil von Polycarbonat ist, es ist anfällig und muss öfter getauscht werden. 315
Das kostet Geld. Die Auswahl ist nicht unbegrenzt. Es gibt nicht so viele 316
Hersteller des Produkts. Für uns, bei der Fahrzeugmenge, ein erheblicher 317
Kostenfaktor, aber ist alternativlos. Nachteile sonst.... Vielleicht sollten wir über 318
diesen Nachteil auch mal sprechen: Die Weiterentwicklung und Innovationen, 319
die für normale Glasscheiben gelten, wie zum Beispiel Scheibenheizungen, 320

	die als Zwischenlage eingebaut werden, können mit Polycarbonat ein Problem sein, weil das Material sich komplett anders verhält als Glas.	321 322
F:	Man hat versucht, eine Scheibenheizung einzubauen, und das hat dazu geführt, dass es mittlerweile eine Anordnung gibt, solche Scheiben mit Heizung in der Zwischenschicht nicht während der Fahrt zu betreiben, weil die Durchsicht so extrem leidet, dass das nicht mehr sicher ist.	323 324 325 326
W:	Ja, es kommt zu irgendeiner Form von Parallaxe, die verschiebt sich. Also Kollegen berichten davon, dass sie losgefahren sind, die Heizung eingeschaltet und sich ziemlich schnell am rechten Fahrbahnrand wiedergefunden haben, aufgrund von Sicherheitsbedenken, weil die Sicht verschwimmt. Können wir was zu Assistenzsystemen sagen?	327 328 329 330 331
F:	Ich kann da nicht so viel zu sagen. Also, die Hersteller schwören Stein und Bein, alles kein Problem. Spurhaltesysteme, Abstandsassistenten etc., die ja als Kamera durch das Glas gucken müssen. Die sagen, es ist kein Problem, wir können dazu nichts sagen. Gleiches gilt für Head-Up-Display, wissen wir auch nichts drüber.	332 333 334 335 336
W:	Falls es noch hilft, können wir Ihnen sagen, dass wir mal zu der korrespondierenden Dienststelle in Frankreich, die haben auch so eine Art Forschungs- und Erprobungsstelle, die sich mit Polycarbonat für Einsatzfahrzeuge für französische Polizeien beschäftigt. Da hatten wir mal einen intensiven Austausch vor einigen Jahren und zumindest für Frankreich gilt, die haben exakt die gleichen Probleme. Die haben eine ganz ähnliche Richtlinie, mit der sie prüfen. Die schildern fast genau das Gleiche: super, alternativlos, aber teuer, und alle anderen Probleme auch.	337 338 339 340 341 342 343 344
B:	Dann frage ich noch Richtung Splitterschutzfolien. Gibt es da Erfahrungen, wurden oder werden die auch verwendet? [35:18]	345 346
W:	Bislang sind solche Folien bei uns nicht prüffähig, weil unsere Richtlinie, nach der wir prüfen, auf Polycarbonat abzielt. Und die verbietet zum Beispiel, wir machen ja mechanische Prüfungen und Einbauprüfungen, die verbietet ja solche Risse, Sprünge und Beeinträchtigungen, die die Durchsicht nicht mehr möglich machen. Das heißt, selbst wenn die diese Schutztechnologien auf Glas aufbringen, und das den gleichen Widerstandsgrad hätte, und die kommen ja ganz oft sehr dicht ran, ist die Scheibe so zerrissen und mit einem Spinnenmuster versehen, dass sie nicht mehr durchgucken können. In Folge würden die nicht die Prüfung unserer Richtlinie bestehen. Darum arbeiten wir gerade dran, eine weitere Richtlinie zu ersinnen, die unterhalb von	347 348 349 350 351 352 353 354 355 356

Polycarbonat ein Schutzniveau definiert, was immer noch besser ist als nichts, 357
aber mit dieser Richtlinie überhaupt prüffähig ist, um in die gleiche Situation zu 358
kommen wie bei Polycarbonat. Wir haben ja diese beiden Komponenten, die 359
Bereitschaftspolizei-Komponente und die Einzeldienst-Komponente. Also, man 360
kann das am besten immer beschreiben mit Bereitschaftspolizei ist das: 361
größere Mengen auch gern am Wochenende mit Fußballfans, und der 362
Einzeldienst ist das Streife fahren. Die haben halt unterschiedliche 363
Bedrohungen, und dieser Einzeldienst zum Beispiel, der mit 364
Streifenfahrzeugen zwei Leute drinnen um den Bahnhof rumfährt, die haben 365
kein Polycarbonat, die sind nicht so oft eben dieser Bedrohung ausgesetzt, 366
haben aber gar nichts und wünschen sich, auch aufgrund der unfriedlicheren 367
Lage insgesamt, gerne mehr, dass zumindest, wenn denen einer einen Stein 368
in die Scheibe schmeißt, der nicht eins zu eins durchgeht und die trifft. Das ist 369
der Wunsch dahinter. Alle wissen und alle akzeptieren auch, dass dieses 370
Schutzniveau niemals Polycarbonat-Schutzniveau erreichen wird. Ist aber der 371
Wunsch, ein Level drunter zu gehen, und da wären diese Folien drin. Wir 372
können, glaube ich, auch aus unserer Erfahrung mit bisherigen Produkten 373
sagen, sie könnten möglicherweise dicht an das Schutzniveau von 374
Polycarbonat rankommen, einzelne Schutzfolien, aber die allermeisten nicht. 375

F: Also, die Haltbarkeit kann nicht gegeben sein, aufgrund dessen, dass die 376
Scheibe ja an Widerstandskraft nach dem Aufschlag verliert. Und wenn sie 377
zerbrochen ist, kann man sie im zweiten oder dritten Schlag meist ins 378
Fahrzeug hineinbringen, selbst wenn man sich mit einer 379
Ausnahmegenehmigung über die allgemeinen Bauartgenehmigungen der 380
Folien hinwegsetzt. Also, im Normalfall muss so eine Splitterschutzfolie 381
aufgebracht sein, ohne Verbindung zum Fahrzeugrahmen, dass die Scheibe 382
im Falle einer Beaufschlagung ins Fahrzeug hineinfällt, damit die 383
Rettungsfähigkeit gegeben bleibt. Genau das möchten wir ja nicht. Deswegen 384
kann man über eine Ausnahmegenehmigung für die StVZO dahingehend 385
wirken, dass wir das wirklich zu einem höheren Schutzniveau erheben und 386
wenn man wirklich dicke Folien dort aufbringen würde, bei Scheiben, die sich 387
nicht bewegen, kann man durchaus ein hohes Schutzniveau generieren. Ist 388
aber bis jetzt keine gängige Praxis, weil Polycarbonat dort einfach Vorteile 389
ausspielt. Das Schutzniveau kann durchaus hoch werden, ja, aber ich 390
vermute, die Installationskosten - man müsste die Scheibe entfernen, wieder 391
einbringen - nach Aufbringen der Folie ist dann irgendwo auch mit 392
Polycarbonat zu vergleichen. 393

W: Ja, es könnte bestimmt sehr wirksam gegen die ersten Beschläge sein. Aber 394
so weit haben wir noch nicht getestet, da wollen wir ja nicht hin. Dass wirklich 395
Folien im Bereich P5A einen ähnlichen Schutz bieten wie Polycarbonat, 396
können wir nicht sagen. Die Idee, die wir auch schon hatten, ist, beide Vorteile 397

	miteinander zu verbinden, nämlich Polycarbonat zu nehmen und außen Glas	398
	zu applizieren, was die Härte und Verschleißfestigkeit gewährleistet. Das	399
	funktioniert aber auch nicht.	400
F:	In der Fertigung anspruchsvoll, anschließend eine Durchsichtskatastrophe.	401
	Das ist nichts, was fertigungstechnisch geht. Man würde das Gewicht auch	402
	weiter erhöhen. Der Verbund von Polycarbonat und Glas ist wegen der	403
	unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten nicht gut. Das führt ganz	404
	schnell zur Rissbildung, und damit hat keiner was gewonnen.	405
W:	Also besonders in den gekrümmten Aufbringungen. Einfach nur plane	406
	Aufbringungen, da kann man noch halbwegs Gewinne einfahren, irgendwie	407
	als Hersteller oder für eine Verlässlichkeit garantieren, aber sobald es verformt	408
	oder gekrümmt ist, ist keine nachhaltige Aufbringung möglich zum jetzigen	409
	Zeitpunkt. Wir hatten übrigens mal, als Einschub, vor Jahren tatsächlich auch	410
	mal eine Arbeitsgruppe. Wir haben uns mit Vertretern verschiedener	411
	Fahrzeughersteller getroffen, weil die die gleichen Interessen hatten. Die	412
	wollten auch immer mehr Kunststoff, auch Polycarbonatscheiben. Vorränglich	413
	hinten, Heck und so, weil die sich allerdings Gewichtsvorteile versprochen. Die	414
	haben aber auch festgestellt, dass man sich damit Nachteile einkauft, eben	415
	eine geringe Verschleißfestigkeit etc.	416
B:	Damit haben Sie auch schon die Nachteile zu Splitterschutzfolien beantwortet,	417
	deshalb gehen wir zur letzten Frage über. Gibt es noch weitere Anmerkungen	418
	oder Hinweise von Ihnen zum Thema Splitterschutzfolien oder Polycarbonat,	419
	die Sie für relevant halten und die jetzt noch nicht gefallen sind? [44:40]	420
W:	Wenn wir Windschutzscheiben aus Polycarbonat einbauen, werden Sie	421
	sicherlich wissen, dass wir zulassungsrechtliche Hürden nehmen müssen, weil	422
	die ja keine Bauartgenehmigungen haben. Das würde jeden anderen auch	423
	betreffen, der solche Fahrzeuge mit Polycarbonatscheiben ausstattet und	424
	zulassen will. Sie müssten das zulassungsrechtliche Problem im Auge	425
	behalten, aber ich glaube, bei der Feuerwehr sind ja auch	426
	Ausnahmegenehmigungen möglich. In vielen Fällen greifen bei uns	427
	Ausnahmen von der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung, die auch die	428
	Feuerwehr und BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben)	429
	generell betreffen. Der entsprechende Paragraph müsste der Paragraph 70 sein,	430
	da steht drin, dass bestimmte Organisationen von anderen zwingenden	431
	Vorschriften abweichen dürfen, weil sie besondere Aufgaben und Bedürfnisse	432
	haben.	433

B: Vielen Dank für das Interview. Ich beende die Aufnahme des Interviews um 434
12:05 Uhr. [46:46] 435

Anhang 2: Experteninterview mit einem Vertreter der Feuerwehr Hamburg

Thema: Unfallzahlen und Angriffe auf Einsatzfahrzeuge mit und ohne Splitterschutzfolie

Ansprechpartner: Herr [REDACTED] (Feuerwehr Hamburg, Sachgebietsleitung „Schaden- und Unfallsachbearbeitung“)

Datum: 13. Januar 2025

Beginn des Interviews: 13:32 Uhr

Ende des Interviews: 13:41 Uhr

Erläuterung

In der folgenden vereinfachten Transkription des Interviews wurden die Namen wie folgt abgekürzt,

Herr Florian Bahr = B,

Herr [REDACTED] = P

Interview

- | | | |
|-----------|---|------------------|
| <i>B:</i> | Sind Sie mit der Aufnahme dieses Interviews einverstanden? [00:26] | 1 |
| <i>P:</i> | Ja. | 2 |
| <i>B:</i> | Sind Sie mit der Verwendung der Daten in der Bachelorarbeit mit dem Titel „Machbarkeitsanalyse des Insassenschutzes durch Scheibenschutzsysteme bei Feuerwehrfahrzeugen: Wirksamkeit, Rettungsmöglichkeiten und Handlungsempfehlung“ einverstanden? [00:05] | 3
4
5
6 |
| <i>P:</i> | Ja. | 7 |
| <i>B:</i> | Sind Sie mit der Verwendung Ihres Namens in der Bachelorarbeit einverstanden? [00:19] | 8
9 |
| <i>P:</i> | Ja. | 10 |
| <i>B:</i> | Dann notiere ich den Beginn des Interviews um 13:32 Uhr und starte mit der ersten Frage: Was genau ist Ihr Tätigkeitsgebiet bei der Feuerwehr Hamburg? [00:32] | 11
12
13 |
| <i>P:</i> | Ich bin der Sachgebietsleiter der Unfall- und Schadenssachbearbeitung und wir sammeln, oder wickeln auch ab, die gesamten Fahrzeugschäden der | 14
15
16 |

Feuerwehr Hamburg. Und die Sachschäden, also im Prinzip Verlustmeldung, das hat aber jetzt mit den Scheibensystemen nichts zu tun.	17
<i>B:</i> Haben Sie sich in Ihrem Sachgebiet dann schon mehr bereits mit Scheibenschutzsystemen beschäftigt? [00:58]	18 19
<i>P:</i> Also nur am Rande, weil das ja die Fahrzeugbeschaffung eigentlich tut. Und wir haben da noch keine Fälle zu.	20 21
<i>B:</i> Gab es in den vergangenen Jahren Angriffe auf Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr? Also, so in den letzten zwei bis drei Jahren, gibt es da genaue Zahlen? [01:23]	22 23 24
<i>P:</i> Klar. Also in den letzten zwei Jahren würde ich sagen sieben.	25
<i>B:</i> Lässt sich da auch sagen, mit welchen Gegenständen oder Mitteln die Angriffe oder die Beschädigungen gegen Einsatzfahrzeuge begannen wurden? [02:01]	26 27
<i>P:</i> Ja, das eine war ein Schlüssel, da ist was zerkratzt worden, eine Gießkanne und der eigene Körper.	28 29
<i>B:</i> Kann man auch sagen, welche Bereiche der Fahrzeuge das Ziel waren? [02:23]	30
<i>P:</i> Ja, die Motorhaube, der Kofferaufbau hinten, die Seitenscheiben und die Frontscheibe auch.	31 32
<i>B:</i> Und dann so ein bisschen von der nächsten Frage, wurden die Scheiben auch zerstört oder haben die trotzdem Stand gehalten? [02:46]	33 34
<i>P:</i> Also zerstört in dem Sinne, dass sie zersplittert sind, würde ich sagen nein. Zerkratzt ja, aber nicht total zerstört.	35 36
<i>B:</i> Wurden Einsatzkräfte dabei verletzt? [03:16]	37
<i>P:</i> Auch nicht, nein.	38

<i>B:</i>	Dann können wir die nächste Frage überspringen, da Fahrzeugescheiben nicht zerstört wurden. Sind speziell an Silvester Angriffe auf Einsatzfahrzeuge bzw. mehr Angriffe auf Einsatzfahrzeuge verzeichnet? [03:29]	39 40 41
<i>P:</i>	Mehr als über den Rest des Jahres verteilt nicht. Und ich denke von meinem Wissensstand her, wenn eher auf die Einsatzkräfte selbst als auf die Einsatzfahrzeuge. Damit habe ich dann wieder nichts zu tun, wenn das die Einsatzkräfte betrifft.	42 43 44 45
<i>B:</i>	Wissen Sie, wie viele Einsatzfahrzeuge mit Splitterschutzfolien ausgestattet wurden? [04:04]	46 47
<i>P:</i>	Nee, das weiß ich nicht. Also, ich bin der Meinung, alle neuen Fahrzeuge. Wie viele Fahrzeuge nachgerüstet sind, kann ich auch nicht sagen.	48 49
<i>B:</i>	Okay, und lässt sich sagen, ob es Angriffe auf Fahrzeuge mit Splitterschutzfolien gab oder wird das nicht im Unfallbericht erwähnt? [04:21]	50 51
<i>P:</i>	Nee, da wird bis jetzt noch nicht extra erhoben. Aber wie gesagt, die Zahlen sind auch, ich würde sagen, gering.	52 53
<i>B:</i>	Es lässt sich da also auch nichts zur Wirksamkeit der Splitterschutzfolien sagen? [04:49]	54 55
<i>P:</i>	Nein. Also die Angriffe, die wir haben, sind eher Personen, die unter Drogen stehen oder sonstige psychische Probleme haben. Also, deswegen ist das Wort Angriff vielleicht auch nicht unbedingt richtig. Also jetzt bewusst, also wirklich als Angriff zu werten, im Vollbesitz seiner geistigen Kräfte, dann würde ich sagen, kommen wir bestenfalls auf einen im Jahr. Also, gegen die Fahrzeuge, wohlgemerkt. Und das ist dann in der Regel nicht mit irgendwelchen Gegenständen, sondern mit sich selbst. Also, Gegenhauen und solche Sachen. Und bevor man die Scheibe kaputt haut mit der Faust, muss man schon ganz schön viel Kraft aufwenden.	56 57 58 59 60 61 62 63 64
<i>B:</i>	Lässt sich generell ein Trend bei Angriffen bzw. Beschädigungen gegen Einsatzfahrzeuge erkennen? [05:43]	65 66
<i>P:</i>	Ich würde sagen, es ist konstant geblieben. Es ist sogar eher weniger geworden. Zumindest gegen Fahrzeuge.	67 68

<i>B:</i>	Gibt es von Ihnen noch irgendwas, bei dem Sie denken, das ist für dieses Thema der Bachelorarbeit wichtig, wurde aber noch nicht genannt? [06:11]	69 70
<i>P:</i>	Tja, Scheibenschutzsystem... Also, die Frontscheibe ist in der Regel sowieso gesichert. Also, im Prinzip geht es um die Seitenscheiben, inklusive Mannschaftsraum, würde ich sagen. Das sind die Hauptangriffsziele, wenn überhaupt.	71 72 73 74
	Aber um ein Fahrzeug von der Seite angreifen zu können, müsste es eigentlich auch schon fast stehen. Also, man müsste es eigentlich erst mal zum Stehen kriegen, bevor man da richtig angreifen kann.	75 76 77
	Also, meine persönliche Meinung ist, dass dem vielleicht zu viel Bedeutung beigezogen wird. Aber wenn man die neuen Fahrzeuge damit ausstatten kann, ist das sicherlich sinnvoll.	78 79 80
	Ob man nun jedes Fahrzeug nachrüsten muss, weiß ich nicht genau. Der Hintergrund ist halt, dass die Fahrzeuge fast eine Woche ausfallen, wenn die nachgerüstet werden. Das ist natürlich auch ein ganz schöner Zeitaufwand für äußerst geringe Zahlen von Angriffen. Zumindest gegen die Scheiben.	81 82 83 84
	Was sicherlich interessant ist, sind die Angriffe gegen Personen. Das ist sicherlich deutlich eher zu verfolgen als gegen Fahrzeuge. Muss ich leider so sagen.	85 86 87
	Aber wir hatten einen Raketenangriff, wenn es denn einer war, das ist auch noch nicht ganz geklärt, auf einen RTW. Da haben wir Schmauchspuren am Auto, die man wegwischen konnte. Dann war die Sache erledigt gewesen. Und da ist noch nicht mal hundertprozentig geklärt, ob das ein absichtlicher Tiefflieger war.	88 89 90 91 92
<i>B:</i>	Dann bedanke ich mich für das Interview und beende die Aufnahme um 13:41 Uhr. [08:29]	93 94