

VR-Brillen

Potenziale und Grenzen für die Verkehrssicherheits- arbeit

Inhalt

I.	Einleitung	3
1.	Ausgangslage	3
2.	Virtuelle Realität – zentrale Konzepte	3
II.	VR-Brillen	5
III.	Anwendungsbeispiele	7
1.	Fussgängertrainings für Kinder	7
2.	Gefahrenerkennung beim Velofahren	8
3.	Gefahrenerkennung beim Autofahren	8
4.	Fahren unter Substanzeinfluss	9
IV.	Potenziale und Grenzen	11
1.	Potenziale	11
2.	Grenzen	11
V.	Fazit	14
	Quellenverzeichnis	16
	Impressum	18

I. Einleitung

1. Ausgangslage

Seit einigen Jahren werden in der Verkehrssicherheitsarbeit vermehrt Virtual-Reality-Brillen (kurz: VR-Brillen) eingesetzt. Mit diesen Brillen ist es möglich, eine virtuelle Realität (VR), d. h. eine interaktive Computersimulation darzustellen, die dem Nutzer, der Nutzerin das Gefühl vermittelt, sich in dieser virtuellen Umgebung zu befinden (vgl. Kap. I.2). In der Verkehrssicherheitsarbeit bietet die virtuelle Realität verschiedene Möglichkeiten. So können mittels VR beispielsweise das Verhalten von verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen [1], die Benutzerfreundlichkeit von automatisierten Fahrzeugen [2] oder die Sicherheit von verkehrstechnischen Massnahmen [3] untersucht werden. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit einem weiteren Anwendungsfeld: mit der VR für die Ausbildung und Sensibilisierung. Die Vorteile der VR in diesem Bereich liegen u. a. darin, dass anspruchsvolle Verkehrssituationen erlebbar sind und nahe an den realen Bedingungen trainiert werden kann, ohne dass die Nutzerinnen und Nutzer einer Gefahr ausgesetzt werden.

Die virtuelle Realität kann mit verschiedenen Ausgabegeräten dargestellt werden, beispielsweise mit Fahr simulatoren, grossflächigen Displays bzw. Projektionssystemen oder mit VR-Brillen. VR-Brillen stellen aktuell wohl die praktikabelste und kostengünstigste Möglichkeit dar, VR breitflächig in der Verkehrssicherheitsarbeit einzusetzen. Der Fokus dieser Arbeit liegt daher auf VR-Brillen. Fahr simulatoren werden nur am Rande thematisiert. Ganz ausgeklammert wird das Thema augmentierte Realität (engl. Augmented Reality, AR), d. h. die Anreicherung der realen Umgebung mit virtuellen Inhalten. Dieses Thema müsste vertieft betrachtet werden, was den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Im Folgenden werden zuerst die Begrifflichkeiten und zentralen Konzepte von VR geklärt (Kap. I.2). In Kap. II, S. 5 werden die technologischen Aspekte von VR-Brillen und in Kap. III, S. 7 verschiedene Anwendungsbeispiele aus der Verkehrssicherheitsarbeit und -forschung vorgestellt. Daraus abgeleitet werden Potenziale und Grenzen von VR bzw. VR-Brillen für die Verkehrssicherheitsarbeit (Kap. IV, S. 11) und es wird ein Fazit gezogen (Kap. V, S. 14).

2. Virtuelle Realität – zentrale Konzepte

Der Begriff virtuelle Realität (VR) wird unterschiedlich definiert. Ein zentrales Merkmal verschiedener Definitionen besteht aber darin, dass eine interaktive Computersimulation erzeugt wird, bei der die Nutzerin oder der Nutzer das Gefühl hat, in diese Simulation einzutauchen bzw. sich in dieser virtuellen Umgebung zu befinden. Dies wird dadurch erreicht, dass die Simulation als dreidimensionale Welt (3D), in Echtzeit und aus der Perspektive des Betrachters, der Betrachterin präsentiert wird (egozentrische Perspektive). Bewegt sich die Person oder dreht sie den Kopf, wird die 3D-Umgebung automatisch aus der neuen Perspektive dargestellt. Die 3D-Inhalte werden oft multisensorisch dargeboten, indem neben dem Sehsinn auch weitere Sinne wie der Hör- oder Tastsinn angesprochen werden. Die Interaktion des Nutzers, der Nutzerin mit der «Maschine» erfolgt auf möglichst natürliche und intuitive Art und Weise, z. B. mittels Körperbewegung, Gestik oder Sprache [4].

Um die Qualität der virtuellen Erfahrung zu beschreiben, werden oftmals die Begriffe Immersion und Präsenz verwendet [1]. Unter Immersion wird in dieser Arbeit das Ausmass verstanden, in dem die Technologie fähig ist, eine umfassende und lebendige Illusion der Realität für die menschlichen Sinne zu schaffen. Ein hoher Grad an Immersion bedeutet, dass der Mensch weitgehend von der realen Umgebung abgeschottet ist. Seine Sinneseindrücke werden möglichst ausschliesslich durch den Computer generiert. Die Simulation ist sehr lebendig, z. B. bezüglich Auflösung oder Qualität der Farbdarstellung [4,5]. Während sich der Begriff Immersion auf objektive Merkmale der Technologie bezieht, umfasst der Begriff Präsenz den mentalen Aspekt der

VR-Erfahrung, d. h. das Gefühl, sich innerhalb der virtuellen Umgebung zu befinden. Ob sich eine Person in der virtuellen Welt präsent fühlt, lässt sich z. B. daran beobachten, dass sie auf die virtuelle Umgebung reagiert, als ob es sich um eine reale Umgebung handeln würde (z. B. sich wegducken). Präsenz tritt insbesondere dann ein, wenn ein hoher Grad an Immersion erreicht wird, aber auch andere Aspekte spielen eine Rolle wie z. B. die Glaubwürdigkeit der virtuellen Welt [4]. Verschiedene Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass VR-Anwendungen mit einem hohen Grad an Immersion und Präsenz ein grösseres Potenzial haben, den Lernerfolg positiv zu beeinflussen als VR-Anwendungen mit weniger Immersion und Präsenz [6,7].

Damit eine Person in der virtuellen Welt interagieren kann, muss das VR-System ihre Bewegungen erfassen (sogenanntes Tracking). Zumeist geschieht dies mittels Sensoren und Kameras, die in VR-Brillen oder Interaktionsgeräten (z. B. VR-Controllern, Flysticks, Datenhandschuhen) eingebaut sind; teilweise ergänzt mit externen Geräten, die im Raum aufgestellt werden. Getrackt werden kann das genutzte Interaktionsgerät oder die Person selbst (z. B. Hände, Finger, Kopf). In einigen VR-Brillen werden auch Eye-Tracker eingebaut, die das Blickverhalten aufzeichnen können. Die Interaktionsgeräte können auch gleichzeitig als Ausgabegeräte für die haptische Wahrnehmung dienen, beispielsweise, indem sie Vibrationen oder Impulse abgeben [8,9].

II. VR-Brillen

Die virtuelle Welt kann mit verschiedenen Ausgabegeräten dargestellt werden. Eine für die Verkehrssicherheitsarbeit leicht zugängliche, erschwingliche und praktische Technologie sind VR-Brillen. Solche Brillen gibt es in verschiedenen Ausführungen. Sie verwenden i. d. R. eine geschlossene Bauform, sodass der Nutzer, die Nutzerin visuell vollständig von der Umwelt isoliert ist und nur noch die virtuelle Welt sieht [10]. Dies trägt zu einem hohen Immersionsgrad bei. VR-Brillen erzeugen für jedes Auge ein leicht unterschiedliches Bild, wodurch der Eindruck von räumlicher Tiefe entsteht. Die auf dem Markt erhältlichen VR-Brillen unterscheiden sich in verschiedenen Merkmalen, und sie werden regelmässig an den neuesten Stand der Technik angepasst [1]. Entsprechend vielfältig ist das Angebot, und es ist nicht möglich, einen vollständigen Überblick zu geben oder konkrete Modelle zu empfehlen. Im Folgenden werden deshalb nur die wichtigsten Unterschiede zwischen verschiedenen Typen von VR-Brillen aufgezeigt.

Grundsätzlich lassen sich smartphonebasierte VR-Brillen und VR-Brillen mit integriertem Display unterscheiden:

- Smartphonebasierte VR-Brillen: Diese Brillen stellen die kostengünstigste Möglichkeit dar, VR zu nutzen, da sie das Display und den Prozessor des Smartphones verwenden. Das Smartphone wird in eine Halterung eingesetzt, die Linsen für die Optik und – je nach Modell – zusätzliche Tracking-Sensoren zur besseren Erfassung der Kopfbewegungen, Eingabemöglichkeiten (z. B. Regler) oder Kopfhörer enthält. Die Qualität dieser Brillenart hängt vom verwendeten Smartphone ab. Generell ist ihre Funktionalität aber beschränkt. Sie eignen sich v. a. für einfache Anwendungen wie den passiven Konsum von Inhalten (z. B. 360°-Videos) [11,12].
- Kabelgebundene VR-Brillen: Diese Art von VR-Brille funktioniert ohne Smartphone. Sie verfügt über eigene, auf VR spezialisierte Displays und Sensoren. Um die VR-Inhalte darzustellen, wird die Brille über ein Kabel (z. T. auch kabellos mittels Wireless Adapter) an einen Computer oder eine Konsole angeschlossen. Die Verbindung zum Computer bzw. zur Konsole ermöglicht eine hohe Rechenleistung und Bildqualität. Allerdings können die Kabel störend sein und die Bewegungsfreiheit einschränken. Kabelgebundene VR-Brillen werden häufig in Kombination mit weiteren Systemkomponenten wie z. B. Kameras und Controllern (Eingabe-/Interaktionsgeräte) genutzt, die das Tracking verbessern und mehr Interaktionsmöglichkeiten bieten [1,11].
- Autarke VR-Brillen: Dies sind unabhängige Geräte, die ohne Verbindung zu einem Computer oder weitere Zusatzausrüstung funktionieren. Alles, was für den Betrieb notwendig ist (z. B. Prozessor, Speicher, Batterie), ist in diesen Brillen integriert. Da die eingebauten Prozessoren aber weniger leistungsfähig sind als jene eines externen Computers, erreichen sie nicht dieselbe visuelle Erlebnisqualität wie kabelgebundene Modelle. Die Vorteile liegen darin, dass der Nutzer, die Nutzerin dank der kabellosen Funktionsweise mehr Bewegungsfreiheit hat und dass die Brillen flexibel und ohne Zusatzgeräte eingesetzt werden können [1,11].

Generell tragen verschiedene Eigenschaften der VR-Brille dazu bei, dass die VR-Anwendung mehr oder weniger realistisch wirkt. Dazu gehören die Bildauflösung, die Bildwiederholfrequenz (Flüssigkeit der Bildwiedergabe) und die Grösse des Sichtfelds. Modelle mit einem grösseren Sichtfeld bieten eine grössere und damit realitätsnähere Sichtperipherie, während kleinere Sichtfelder eher zu einem Tunnelblick führen. Ein weiteres Qualitätsmerkmal ist das Tracking: Je besser und umfassender ein System die Bewegungen des Nutzers, der Nutzerin erkennt, desto natürlicher und realitätsnaher wird das VR-Erlebnis. Auch die Wiedergabe von Geräuschen und Tönen beeinflusst das VR-Erlebnis. Sie unterstützt die zeitliche Zuordnung von Ereignissen wie auch die räumliche Orientierung (v. a. bei 3D-Sound). Lautsprecher können in die VR-Brille integriert, aber auch nachträglich angebracht oder im Raum verteilt werden [1,10,11]. Je nach Anwendungsfall kann das VR-System um weitere Zusatzfunktionen bzw. -geräte zur Interaktion ergänzt werden, z. B. zur Manipulation von virtuellen Objekten oder zur Fortbewegung durch die virtuelle Welt.

Letzteres kann mit verschiedenen Techniken ermöglicht werden, die eher artifiziell (z. B. Fortbewegung mittels Controller oder mittels Armbewegungen) oder realitätsnäher (z. B. natürliche Gehbewegung, Fahren auf Velosimulator) sein können. Vor allem realitätsnahe Interaktionsmöglichkeiten verstärken die Immersion und Präsenz [1].

Auch hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit bzw. des Komforts gibt es Unterschiede zwischen verschiedenen Produkten. Zu erwähnen sind z. B. der Tragkomfort, das Gewicht und die Einstellmöglichkeiten (z. B. Augenabstand) der VR-Brille. Die meisten VR-Brillen werden für Jugendliche und Erwachsene und deren Kopfgrösse entwickelt. Gewisse Modelle wurden auch für Kinder entwickelt. Mehrere Hersteller von VR-Brillen geben auch Altersempfehlungen (zumeist 12+) [1,13]. Eine unangenehme Begleiterscheinung bei der VR-Nutzung kann das Auftreten der Cyberkrankheit¹ sein. Verschiedene Eigenschaften des VR-Systems, aber auch der Anwendung sowie persönliche Eigenschaften können dies mehr oder weniger begünstigen [1,14].

Die verschiedenen VR-Brillen weisen also einige Unterschiede auf und es gilt, für den konkreten Anwendungsfall das geeignete VR-System zu finden.

¹ Auch Cybersickness oder Simulatorkrankheit genannt. Sie äussert sich in Symptomen wie Übelkeit, Schwindel oder Kopfschmerzen. Häufig wird als Erklärung die Theorie der sensorischen Konflikte herbeigezogen, wobei diese nicht gänzlich unumstritten ist. Gemäss dieser Theorie ist die Cyberkrankheit auf eine Diskrepanz zwischen verschiedenen Sinneseindrücken zurückzuführen, z. B. zwischen der visuellen und der vestibulären Wahrnehmung (Gleichgewichtssinn), aber auch auf Diskrepanzen innerhalb eines Sinns (z. B. widersprüchliche Tiefenhinweise beim visuellen Sinn). Diverse Faktoren können das Risiko der Cyberkrankheit erhöhen, wie eine tiefe Bildwiederholrate, ein grosses Sichtfeld bei gleichzeitig fehlender natürlicher Fortbewegung oder das Auftreten von Latenzen (Verzögerungszeit zwischen der Bewegung des Nutzers/der Nutzerin und der entsprechenden Reaktion in der virtuellen Umgebung). Neben diesen technischen Aspekten spielen auch interindividuelle Faktoren (z. B. persönliche Disposition, Erfahrung mit VR) und anwendungsbezogene Faktoren (z. B. Dauer, Bewegungsgeschwindigkeit in der VR, Grad der Kontrolle, physische Bewegung) eine Rolle [1,14].

III. Anwendungsbeispiele

Die Internetrecherche zeigt, dass es mittlerweile verschiedene edukative Verkehrssicherheitsprojekte gibt, in denen VR-Brillen eingesetzt werden. Es scheint aber nur eine begrenzte Anzahl zu geben, die evaluiert und publiziert wurden. Diese Programme hatten v. a. das sichere Querungsverhalten von Fussgängerinnen und Fussgängern oder die Gefahrenwahrnehmung bei verschiedenen Verkehrsteilnehmergruppen im Fokus. Vereinzelt konnten aber auch andere Präventions- resp. Forschungsthemen gefunden werden, beispielsweise die Themen Ablenkung durch Smartphone-Nutzung [15], Fahren unter Alkoholeinfluss [16] oder Umgang mit (teil-)automatisierten Fahrzeugen [17]. In den meisten Fällen wurde die Wirkung des Trainings mittels einer anderen Simulation (z. B. Fahrt im Fahrsimulator) oder einer Befragung erhoben – oft unmittelbar nach dem Training. Die Dauer der Interventionen variiert, ist aber in den meisten Fällen relativ kurz. Im Folgenden werden mehrere Projekte vorgestellt. Einbezogen wurden nur Forschungs- und Anwendungsprojekte, aus deren Dokumentationen sich Erkenntnisse über Wirkungen sowie Empfehlungen für den Einsatz von VR-Brillen in der Verkehrssicherheitsarbeit ableiten lassen. Zudem wurden bewusst verschiedene Themenbereiche und Zielgruppen ausgewählt.

1. Fussgängertrainings für Kinder

An einer chinesischen Schule erhielten Kinder der vierten Klasse mithilfe von smartphonebasierten VR-Brillen ein Training für das Queren einer anspruchsvollen Strasse. Das Training bestand aus 12 Einheiten (pro Tag eine Trainingseinheit). Die simulierte Strasse war ein computergeneriertes Abbild der Strasse, die vor der Schule durchführte. In der virtuellen Welt standen die Kinder am Strassenrand und mussten per Knopfdruck anzeigen, wann sie die Strasse queren würden. Daraufhin bekamen sie ein virtuelles Feedback (z. B. Lob, Warnung). Das Training war adaptiv und beinhaltete drei Schwierigkeitsstufen. Die Evaluation, bestehend aus Vorher-Nachher-Messungen mit der VR-Anwendung sowie Beobachtungen einer Teilstichprobe an der realen Strasse, ergab, dass sich das Querungsverhalten der Kinder deutlich verbesserte: In der virtuellen Welt hatten sie weniger Kollisionen, in der realen Welt hielten sie besser nach dem Verkehr Ausschau. Gemäss Selbstauskunft verbesserte sich die Selbstwirksamkeit der Kinder, d. h., sie fühlten sich sicherer und fähiger, die Strasse zu queren. Cyberkrankheit trat nur in geringem Ausmass auf. Einschränkung gilt zu erwähnen, dass in der Studie keine Kontrollgruppe eingesetzt wurde. Zudem könnten die Ergebnisse der realen Verhaltensbeobachtungen verzerrt sein, da die an der Studie teilnehmenden Kinder auffällige Shirts trugen. Das Autorenteam sieht die Stärken seines Programms u. a. darin, dass relativ viel Zeit für das Training investiert wurde und dass dank den VR-Brillen eine grosse Gruppe von Kindern gleichzeitig und effizient trainiert werden konnte [18].

Während es sich in der obigen Studie um ein reines Übungsprogramm ohne Instruktion zum richtigen Verhalten handelte, wurde in einer randomisierten, kontrollierten Pilotstudie in den USA Wert darauf gelegt, den Kindern (7–10 J.) beim Training auch Instruktionen und Erklärungen für das richtige Verhalten abzugeben. Zum Einsatz kam eine kabelgebundene VR-Brille. Eine Interventionsgruppe lernte, *wo*, die andere, *wie* man sicher eine Strasse quert. Das adaptive Training dauerte einmalig 1 bis 1,5 Stunden. Bewältigte ein Kind eine Situation korrekt, gab das System ein positives Feedback. Bei Fehlern stoppte es, spielte nochmals ab, was das Kind tat, und erklärte dann, was nicht gut war, teilweise auch anhand eines Perspektivenwechsels (Perspektive Autofahrer) oder Aufzeigen der Konsequenzen. Dann folgte eine Erklärung, was das Kind hätte besser machen können. Die Vorher-Nachher-Ergebnisse mit der VR-Brille zeigten, dass beide Interventionsgruppen beim Posttest deutlich weniger Fehler machten als die Kinder der Kontrollgruppen. Die Interventionsgruppen konnten diesen Wissensgewinn auch mit einer anderen Testmethode abrufen (Vorzeigen/Erklären an einem Modell), was gemäss dem Forschungsteam auf einen Gewinn an konzeptionellem bzw. generalisierbarem Wissen hindeutet. Längerfristige Effekte oder das Verhalten in der Realität wurden jedoch nicht untersucht. Das Forschungsteam

sieht die Stärke seines Programms u. a. darin, dass den Kindern unterschiedliche Perspektiven und mögliche Konsequenzen aufgezeigt wurden und dass auch auf kognitive Aspekte des Querungsverhaltens fokussiert wurde (kein reines Training, sondern auch Erklären/Illustrieren) [19].

2. Gefahrenerkennung beim Velofahren

Die Stadt Zürich entwickelte velospezifische 360°-Lernfilme, die u. a. in der Verkehrsinstruktion eingesetzt wurden. Der Einsatz eines Teils dieser Kurzfilme wurde in Klassen der 6. Primarstufe evaluiert. Die Hälfte der Klassen sah die Videos in klassischer Form mittels Beamer (2D-Kontrollgruppe), die andere Hälfte mit der VR-Brille (3D-Experimentalgruppe). Die Auseinandersetzung mit den Videos umfasste jeweils drei Phasen: 1. Situation anschauen und mögliche Gefahren diskutieren, 2. Gefahrenexposition (Gefahr erleben), 3. Auflösung der Situation (Darbietung von Handlungsempfehlungen zur Vermeidung der Gefahr). Die Evaluation erfolgte mittels Vorher-Nachher-Fragebogen. Sie ergab, dass die beiden Gruppen insgesamt in ähnlichem Masse von der Verkehrsinstruktion profitierten. Vereinzelt zeigten sich Unterschiede: Die VR-Gruppe war tendenziell wacher und zufriedener und erinnerte sich häufiger an den Schulterblick als Handlungsempfehlung. Die Beamer-Gruppe konnte sich hingegen deutlich besser an Handlungsempfehlungen erinnern, die durch die Verkehrsinstruktoren thematisiert, aber nicht direkt in den Filmen gezeigt wurden (z. B. bremsbereit sein, langsam fahren). Das Autorenteam dieser Studie sieht einen möglichen Grund für Letzteres darin, dass die Erläuterungen zum Umgang mit der VR-Brille etwas mehr Zeit beanspruchten, sodass in der Experimentalgruppe die Diskussionszeit mit dem Verkehrsinstruktor etwas kürzer ausfiel. Effekte auf das Verhalten wurden nicht untersucht. Die Benützung der VR-Brillen bereitete keine Probleme. Das Autorenteam sieht Potenzial in der Verwendung von VR-Brillen für die Wissensvermittlung, dies aber nur als ergänzendes edukatives Mittel und nicht als Ersatz für die klassische Verkehrsinstruktion [20].

Ein belgisches Forschungsteam ist momentan dabei, ein Training zur Gefahrenwahrnehmung und -antizipation für velofahrende Kinder zu entwickeln. Das Programm umfasst einen Velosimulator und eine computergenerierte VR-Umgebung, in der auf der Velofahrt verschiedene offene und verdeckte Gefahren auftauchen. In einer ersten Validierungsstudie wurden 130 Kinder (11–12 J.) getestet. Aufgezeichnet wurden ihre Geschwindigkeit, ihr Bremsverhalten und ihr Blickverhalten bei den Gefahrenstellen. Das Forschungsteam kam zum Schluss, dass der Velosimulator ein unterhaltsames und realitätsnahes Mittel darstellt, um die Gefahrenwahrnehmung und -antizipation von Kindern zu erfassen. Die Messungen der Validierungsstudie erschienen plausibel (Inhaltsvalidität, Konvergenzvalidität, Augenscheinvalidität). Allerdings erlebte ein recht grosser Teil der Kinder Cyberkrankheits-Symptome: 11 % mussten aufgeben, beinahe $\frac{1}{3}$ hatte zumindest leichte Symptome von Unwohlsein. Dabei könnten verschiedene Faktoren eine Rolle gespielt haben – wie die lange Interventionsdauer, die Diskrepanz zwischen der visuellen und der vestibulären Empfindung der Eigenbewegung sowie die Tatsache, dass das Velo in einer vertikalen Position fixiert werden musste (unnatürlicherweise auch beim Abbiegen) [21].

3. Gefahrenerkennung beim Autofahren

In einer Studie mit Neulenkenden und erfahrenen Autolenkenden aus England wurde untersucht, ob ein Gefahrenwahrnehmungstraining mit einer (autarken) VR-Brille gegenüber einem Training mit einem 2D-Bildschirm einen Vorteil bringt. Die beiden Trainingsgruppen (VR-Brille vs. 2D) sahen die gleichen computergenerierten Videoclips und mussten nach jedem Clip eine Frage beantworten. Danach folgte durch eine Expertenstimme und anhand von visuellen Hilfsmitteln eine Erläuterung, wo hingeschaut werden sollte und warum. Teilweise wurde auch die Perspektive

eines anderen Verkehrsteilnehmers aufgezeigt sowie die Situation aus der Vogelperspektive dargestellt. Die Kontrollgruppe erhielt kein Training. Die Wirksamkeit des Trainings wurde mit zwei Gefahrenwahrnehmungstests – einem mit der VR-Brille und einem im Fahrsimulator – geprüft. Bei der Auswertung fand sich zwar eine Tendenz, jedoch keine statistische Signifikanz dahingehend, dass die VR-Trainingsgruppe Gefahren besser erkannte. Dies traf aber nur auf Szenarien zu, die denen aus dem Training sehr ähnlich waren («near transfer»). Der Transfer auf Szenarien mit weniger Ähnlichkeit zum Training («far transfer») konnte nicht bestätigt werden. Beide Trainingsgruppen, die Gruppe mit der VR-Brille noch etwas stärker, fuhren auf der Simulatorfahrt etwas vorsichtiger (langsamer, weniger Variation in der lateralen Position, weniger Lenkradfehler) als die Kontrollgruppe. Dies könnte gemäss dem Autorenteam auf eine verbesserte Gefahrenantizipation hindeuten. Zusätzliche Untersuchungen ergaben, dass die Teilnehmenden VR-Clips bzw. 360°-Videos dem 2D-Bildschirm vorzuziehen und dass Videoaufnahmen aus dem Realverkehr besser ankommen als computergenerierte Video-Clips. Die Autoren der hier beschriebenen Studie folgern aus ihren Ergebnissen, dass Gefahrenwahrnehmungstrainings mit VR-Brillen einen potenziellen Nutzen haben können, dass ihre wenig komplexen, computergenerierten Videoclips allein jedoch nicht ausreichen. Sie schlagen vor, mit einzelnen Gefahren bzw. wenig komplexen Szenarien zu starten und diese dann in vielfältigen Kontexten mit zunehmender Komplexität zu üben [22].

4. Fahren unter Substanzeeinfluss

In einem Quasi-Experiment in Australien wurde die Wirksamkeit eines bereits existierenden Programms zur Prävention von Fahrten unter Substanzeeinfluss untersucht. Das Programm wird an öffentlichen Orten (z. B. Shoppingcenter) durchgeführt. Die interessierten Teilnehmenden erleben mittels VR-Brille von einem Autositz aus (inkl. an Computer angeschlossenem Gaming-Lenkrad), wie es ist, unter Substanzeeinfluss zu fahren. An einer virtuellen Party wählen sie eine Substanz, beispielsweise Alkohol oder Ecstasy. Je nach Wahl fühlt sich das Fahren danach anders an (z. B. bei Alkohol kleineres Sichtfeld und verzögerte Reaktion) und es gibt verschiedenes Feedback in Echtzeit, u. a. über ein Dashboard. Umstehende Personen können auf einem Bildschirm zuschauen. Für die Evaluation füllten die Teilnehmenden sowie eine Kontrollgruppe sowohl vor der Intervention als auch drei Monate später einen Fragebogen aus über ihre Absicht, unter Substanzeeinfluss zu fahren und über ihr tatsächliches Verhalten. Die Resultate lieferten keine Evidenz für einen statistisch signifikanten Effekt der VR-Intervention. Dies könnte u. a. damit zusammenhängen, dass die Teilnehmenden generell angaben, selten/nie unter Alkoholeinfluss zu fahren. Das Autorenteam dieser Studie stellt deshalb den Nutzen des Programms in der heutigen Form (d. h. als opportunistische Intervention an öffentlichen Orten) infrage. Sie empfehlen aber, den Effekt des Programms noch gezielt bei Personen zu untersuchen, die schon alkoholisiert gefahren sind. Positiv am aktuellen Programm sei aber, dass es sowohl die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden wie auch die des Publikums auf sich zog [16].

Erste Ansätze mit VR existieren auch in der schulischen Alkoholprävention. Hierbei handelt es sich zwar nicht um Verkehrssicherheitsprojekte. Die Ansätze könnten aber auch hierfür nützlich sein. Zwei ähnliche Programme aus Australien und Dänemark (VR House Party resp. VR FestLab) möchten bei Jugendlichen die Kompetenzen im Umgang mit Alkohol und sozialem Druck stärken. Die Teilnehmenden bewegen sich durch eine virtuelle Party und können verschiedene Entscheidungen in Situationen treffen, in denen sie von Peers entweder zum Trinken von Alkohol oder von nichtalkoholischen Getränken wie auch zu verschiedenen Aktivitäten animiert werden (Tanzen, Spielen, Flirten). Damit sollen das Bewusstsein für die Beeinflussung der eigenen Entscheidungen durch sozialen Druck erhöht und Handlungs- und Kommunikationsstrategien im Umgang mit

Alkohol und Gruppendruck trainiert werden. Erste Pilottests zeigen, dass die Jugendlichen die Programme gut akzeptieren und sie sich dafür interessieren. Eine kontrollierte Studie fand allerdings keinen signifikanten Effekt auf die Selbstwirksamkeitserwartung der Jugendlichen, Alkohol abzulehnen. Dies könnte auf das Studiendesign zurückzuführen sein oder auf Mängel der edukativen Elemente im VR-Programm. Auch wenn kein Effekt nachgewiesen werden konnte, kann allenfalls bereits das gesteigerte Interesse der Jugendlichen am Programm als Erfolg gewertet werden. So könnte eine solche VR-Simulation vielleicht als Türöffner im Rahmen eines umfassenderen Programms eingesetzt werden [23].

IV. Potenziale und Grenzen

Aus den aufgeführten Anwendungsbeispielen (Kap. III, S. 7) und weiterer Literatur lassen sich verschiedene Erkenntnisse über die Potenziale und Grenzen von VR und insbesondere VR-Brillen für die Verkehrssicherheit ableiten. Dabei ist zu beachten, dass bisher nur wenig empirische Evidenz zur Wirksamkeit von VR-Brillen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens vorliegt, sodass die in der Literatur diskutierten Potenziale und Grenzen häufig theorie- oder erfahrungsbasiert abgeleitet wurden.

1. Potenziale

Grundsätzlich liegt ein grosser Vorteil von VR für die Verkehrssicherheitsarbeit darin, dass realistische Verkehrssituationen simuliert werden können, die in der Realität kaum erlebt werden können, weil sie beispielsweise zu gefährlich, selten oder im Lehrkontext nicht erreichbar sind [20,21,24]. Virtuelle Inhalte bieten lebendiges Anschauungsmaterial für verschiedenste Themen und Situationen [19,21], nicht nur im Bereich der Gefahrenwahrnehmung, für den sie häufig eingesetzt werden, sondern auch in anderen Bereichen wie z. B. dem Erwerb sozialer oder emotionaler Kompetenzen [6,23]. Die Darstellung der Situationen aus der Ich-Perspektive kann das Erlebnis eindrücklicher und das Lernen nachhaltiger machen [24]. Gleichzeitig ist es möglich, die Nutzerinnen und Nutzer auch andere Perspektiven erleben zu lassen (z. B. Perspektivenwechsel zur Autofahrerin, die einen nicht sehen kann), was das Verständnis für bestimmte Risiko- oder Schutzfaktoren fördern kann [19].

Je nach Anwendungsfall können die Nutzerinnen und Nutzer die virtuellen Situationen einfach nur betrachten bzw. «erleben» (360°-Videos), oder sie können darin das richtige Verhalten üben. Gerade für Letzteres bieten VR-Brillen ein grosses Potenzial. Verkehrssicherheitstrainings sollten möglichst nahe am realen Verkehrsgeschehen stattfinden. VR-Anwendungen kommen der komplexen Realität näher als konventionelle Übungsformen abseits des Realverkehrs wie gedruckte Lehrmaterialien oder normale Computerprogramme. Überdies bieten VR-Brillen die Möglichkeit, individuell und relativ intensiv zu üben, was in der Verkehrsinstruktion im Gruppenunterricht weniger möglich ist [18,19,24]. Mit geeigneten, adaptiven VR-Anwendungen können die Nutzerinnen und Nutzer zudem entsprechend ihrer Kompetenzen systematisch und fortlaufend an höhere Schwierigkeitsgrade und vielfältigere Situationen herangeführt werden [22]. Auch das Feedback kann relativ individualisiert und zeitnah gegeben werden [25]. Ein weiterer Vorteil liegt in der Fehlerfreundlichkeit der interaktiven Anwendungen: Die Nutzerinnen und Nutzer können unter sicheren Bedingungen alternative Verhaltensweisen ausprobieren und aus Fehlern lernen, indem sie beispielsweise die Konsequenzen sehen [24].

Verschiedene Anwendungsbeispiele zeigen, dass VR-Brillen für das Zielpublikum attraktiv sind und gut ankommen. Der spielerische Charakter der VR-Brillen und -Anwendungen kann Interesse und Motivation wecken und einen zusätzlichen Lernanreiz bieten [20,24,25]. Ein grosser Vorteil von VR-Brillen gegenüber anderen VR-Systemen ist ihre Praktikabilität und Reichweite: Je nach Modell und Anwendung kann relativ einfach und kostengünstig ein grösseres Zielpublikum an verschiedenen Orten (z. B. Schulzimmer) erreicht werden. Mit Fahrsimulatoren oder anderen stationären Geräten ist dies nicht möglich. Smartphonebasierte Anwendungen könnten mit kostengünstigen Halterungen auch in Haushalten zum individuellen Üben eingesetzt werden [18].

2. Grenzen

VR-Brillen haben für die Verkehrssicherheitsarbeit aber auch ihre Grenzen. Die wichtigste liegt wahrscheinlich nicht in der VR-Brille selbst, sondern in den verwendeten Inhalten und der Art und Weise, wie die Brille eingesetzt wird. Der Lernerfolg bzw. der Erfolg eines Verkehrssicherheitsprojekts wird nicht grösser, nur weil VR bzw. eine VR-Brille eingesetzt wird. Entscheidend ist, welche

Inhalte damit vermittelt werden und wie dies umgesetzt wird (z. B. didaktisch-methodische Aspekte wie Relevanz des Themas für die Zielgruppe, Instruktion, Übungshäufigkeit, adaptives Training). Oftmals dürfte auch der persönliche Kontakt zu Lehr- oder Fachpersonen wie z. B. Verkehrsinstruktorinnen und -instruktoren wichtig sein, die die VR-Anwendung instruieren, zur Reflexion anregen, die Auseinandersetzung mit der Thematik fördern etc. In diesen Fällen wäre die VR-Brille eher als Ergänzung zu anderen Methoden der Verkehrssicherheitsarbeit zu sehen [6,20]. Dabei ist darauf zu achten, dass der Einsatz der VR-Brille nicht von den Inhalten ablenkt. In mehreren Studien stellten die Autorinnen und Autoren fest, dass die Nutzerinnen und Nutzer (zumeist Schulkinder) von der Technologie so fasziniert waren, dass sie sich nicht auf die Instruktion oder die präsentierten Informationen konzentrieren konnten [6,18].

Hinsichtlich der Wirksamkeit von VR-Brillen zur Förderung von sicherem Verkehrsverhalten fehlt es generell noch an Forschungsergebnissen. Die Forschung scheint hier noch am Anfang zu stehen. Auch wenn es anspruchsvoll ist, bei edukativen Verkehrssicherheitsprojekten Transfereffekte nachzuweisen, wäre es wichtig, diese vermehrt zu untersuchen, d. h. zu prüfen, inwieweit das in der VR Gelernte auf reale Situationen übertragen wird. Ebenso fehlt es an Vergleichen, wie die Kompetenzvermittlung mittels VR-Brillen im Vergleich zu bisherigen Gold-Standard- bzw. Best-Practice-Methoden (z. B. Training im Realverkehr mit Instruktoren/-innen oder Fahrlehrern/-innen) abschneidet [2,19].

Obwohl VR-Anwendungen immer realistischer gestaltet werden können, ist es nicht möglich, die tatsächliche Realität exakt abzubilden. Zum einen gibt es je nach Anwendung und Brillenmodell grundsätzlich mehr oder weniger grosse Einschränkungen, z. B. bei der visuellen Darstellung (Bildauflösung, Latenzen, reduziertes Sichtfeld/peripheres Sehen). Einschränkungen gibt es auch bei den Bewegungsmöglichkeiten. Bei den meisten VR-Systemen bewegt man sich entweder in einem begrenzten physischen Bereich, der möglicherweise abgesichert und in der VR gekennzeichnet werden muss, oder man bewegt sich mithilfe von Steuergeräten innerhalb der VR. Solche Einschränkungen können das Gefühl der Präsenz beeinträchtigen [26]. Zum anderen müssen je nach Zielsetzung der VR-Anwendung unter Umständen Abstriche bei der Realitätstreue gemacht werden. So ermöglichen computergenerierte Anwendungen im Vergleich zu videobasierten Anwendungen oft eine bessere systematische und adaptive Aufbereitung der Inhalte. Sie werden jedoch als weniger realistisch erlebt und sind weniger komplex als die Realität [22]. Auch der Umstand, dass Fehler gemacht werden können, ohne dass dies reale Konsequenzen hat, stellt eine Realitätseinschränkung dar. Auf der einen Seite ist diese Fehlertoleranz einer der Vorteile von VR-Trainingsprogrammen. Auf der anderen Seite muss davon ausgegangen werden, dass aufgrund der fehlenden realen Konsequenzen in der VR kaum die gleiche Risikowahrnehmung hervorgerufen werden kann wie im Realverkehr [26].

Die Hardware für den Einsatz von VR-Brillen ist zwar in den letzten Jahren deutlich erschwinglicher geworden. Die Inhalte für spezifische Verkehrssicherheitsprojekte müssen jedoch meist noch entwickelt werden. Dies kann aufwendig und teuer sein, wenn nicht nur 360°-Anschauungsvideos produziert werden sollen, sondern computerbasierte Anwendungen mit höheren Anforderungen z. B. an Instruktionen oder Interaktionsmöglichkeiten [6]. Auch realistischere Anwendungen (z. B. verbesserte Auflösung, höhere Interaktivität) gehen mit höheren Material- und Entwicklungskosten einher [22]. Die «Verwaltung» einer grösseren Zahl an VR-Brillen kann für die Ausbilderinnen und Ausbilder ebenfalls anspruchsvoll und aufwendig sein (z. B. Aufladen aller Geräte, Updates etc.) [6].

Ein weiterer Nachteil von VR-Brillen ist das mögliche Auftreten von Cyberkrankheit. Diese kann je nach Anwendungsfall und Personengruppe in grösserem oder kleinerem Ausmass auftreten.

Es kann vorkommen, dass einige Personen einen Versuch oder ein Programm ganz abbrechen müssen. Hier spielen verschiedene Faktoren eine Rolle, u. a. Aspekte der eingesetzten Technologie, der Einsatz eines Velo- oder Fahrsimulators, aber auch die Verweildauer in der VR [21]. Insofern sind den Anwendungsmöglichkeiten gewisse Grenzen gesetzt.

V. Fazit

Die Entwicklung von mobilen VR-Brillen und einfachen smartphonebasierten Anwendungen in den letzten Jahren bietet auch für die Ausbildung und Sensibilisierung im Bereich der Verkehrssicherheit neue Möglichkeiten. Die Vorteile liegen u. a. darin, dass auf lebendige Art und Weise anspruchsvolle Verkehrssituationen oder Risikofaktoren erlebbar gemacht werden können, die in Realität kaum zugänglich sind, weil es z. B. zu gefährlich wäre oder weil sie selten vorkommen. Auch können mögliche Folgen von Fehlverhalten aufgezeigt und die Perspektiven anderer Verkehrsteilnehmender verdeutlicht werden [19,24]. Neben der reinen Sensibilisierung für bestimmte Themen, wie dies z. B. mit 360°-Videos oftmals gemacht wird, bieten VR-Brillen auch die Chance, in der virtuellen Realität verkehrssicheres Verhalten zu üben. Mit geeigneten Anwendungen kann relativ intensiv individuell und systematisch trainiert werden. Durch die Fehlerfreundlichkeit der interaktiven Anwendungen und die Möglichkeit, unmittelbar Feedback zu erhalten, können alternative Verhaltensweisen unter sicheren Bedingungen ausprobiert und kann aus Fehlern gelernt werden [22,24]. Derzeit werden in der Praxis vor allem Sensibilisierungsprojekte durchgeführt. Die Möglichkeit, mit der VR-Brille intensiv zu trainieren, scheint nur selten genutzt zu werden. Am ehesten dürfte dies bei Forschungsprojekten der Fall sein.

Auch wenn die genannten Vorteile von VR-Brillen zur Förderung des verkehrssicheren Verhaltens überzeugend klingen, dürfte die Umsetzung nicht immer einfach und der Nutzen möglicherweise begrenzter sein, als es in der Theorie den Anschein macht [6]. Hinsichtlich der Umsetzung zeigen die Erfahrungen zwar, dass VR-Brillen beim Zielpublikum in der Regel sehr gut ankommen. Sie können Interesse und Motivation fördern [20,24]. Allerdings gibt es auch einige Hürden und Grenzen. Dazu gehört, dass die Programme für spezifische Verkehrssicherheitsprojekte in der Regel erst noch entwickelt werden müssen, was insbesondere bei Anwendungen mit höheren Anforderungen an Instruktion, Interaktionsmöglichkeiten und Realitätsnähe (v. a. wegen der zu erstellenden komplexen, künstlichen Animationen) aufwendig und teuer sein kann [6,22]. Darüber hinaus können bei der Nutzung von VR-Brillen Symptome der Cyberkrankheit auftreten. Insbesondere bei der Nutzung von Velo- oder Fahr simulatoren scheint dieses Risiko erhöht zu sein [21]. Auch besteht die Gefahr, dass die immersive Erfahrung von der Lernaufgabe ablenkt, zumindest bei der ersten Nutzung, was kontraproduktiv wäre [6]. Da es generell noch an Forschungsergebnissen zur Wirksamkeit von VR-Brillen bzw. VR-Anwendungen zur Beeinflussung des verkehrssicheren Verhaltens – insbesondere hinsichtlich des Transfers des in der VR Gelernten in die Realität – fehlt, ist es derzeit schwierig, den über die Motivationsförderung hinausgehenden Mehrwert von VR-Brillen für die Verkehrssicherheitsarbeit abzuschätzen. Dieser lässt sich auch nicht an der VR-Brille selbst festmachen, sondern ist abhängig von den verwendeten Inhalten und der Art und Weise, wie die Brille eingesetzt wird.

Vor dem Hintergrund des derzeit noch beschränkten Wissensstandes zur Wirksamkeit von VR-Brillen bzw. VR-Anwendungen auf das Verkehrsverhalten und der Erfahrungen aus der Praxis wird empfohlen, VR-Brillen vor allem als Ergänzung zu anderen Methoden der Verkehrssicherheitsarbeit zu betrachten [6,20] und sie gezielt einzusetzen, beispielsweise, um Inhalte attraktiver und realitätsnäher zu präsentieren oder um eine bestimmte Fertigkeit zu trainieren. Die VR-Anwendung sollte einen Nutzen für das Erreichen der Programm-Lernziele haben. Dazu sollten sowohl bei der Entwicklung der VR-Anwendung als auch beim Einsatz in der Praxis allgemeine didaktisch-methodische Prinzipien berücksichtigt werden. Dazu gehören z. B. die Definition der Lernziele, die Wahl der Methodik und der zu beeinflussenden Ansatzpunkte, die Strukturierung des Lernprozesses oder die Anregung zur Selbstreflexion. Weiter ist darauf zu achten, dass der Einsatz der VR-Brille nicht von den Inhalten ablenkt, z. B. indem Instruktionen vor dem Verteilen der VR-Brillen gegeben werden [6,18]. Wird die VR-Anwendung nicht nur zur Sensibilisierung, sondern als eigentliches Übungsprogramm eingesetzt, empfiehlt es sich, ein adaptives Programm zu gestalten, bei dem die Aufgabe bzw. der Schwierigkeitsgrad entsprechend der individuellen Leistungsfähigkeit variiert wird. Zudem sollte ausreichend und wiederholt geübt werden [18,27], aber

auch konzeptionelles Wissen vermittelt werden, z. B. mittels Erklärungen, Aufzeigen von Konsequenzen und Perspektivenwechseln [19]. Beim praktischen Einsatz von VR-Brillen ist darauf zu achten, dass durch die visuelle Abschottung von der realen Umgebung keine tatsächlichen Gefahren entstehen. So sollten z. B. bei VR-Anwendungen, in denen man herumgehen kann, Sicherungsmechanismen im Raum und/oder in der VR vorhanden sein [1].

VR-Brillen können für unterschiedliche Zielgruppen und Themen eingesetzt werden. Die auf dem Markt erhältlichen VR-Brillen bzw. -Systeme weisen einige Unterschiede auf (vgl. Kap. II, S. 5).

Diese können die Qualität des virtuellen Erlebnisses beeinflussen [1]. Für den konkreten Anwendungsfall muss das VR-System gefunden werden, das den eigenen Anforderungen entspricht. Um das Risiko des Auftretens der Cyberkrankheit zu reduzieren, gibt es verschiedene Empfehlungen. Zum einen sind dies Massnahmen in der technischen Umsetzung wie z. B. das Ermöglichen von natürlichen Bewegungen in der VR, die Reduktion von Latenzen, der Einsatz von künstlicher Unschärfe (sog. Blurring) bei der Eigenrotation oder die Fortbewegung in der VR durch Teleportation². Aber auch bei der Nutzung der VR-Brille können Massnahmen ergriffen werden – z. B. eine langsame Gewöhnung an die VR-Anwendung und eine Begrenzung der Verweildauer [1,28].

Bevor der Einsatz eines VR-Programms grossflächig gefördert wird, empfiehlt es sich, dieses hinsichtlich seiner Wirkung zu evaluieren. Idealerweise umfasst die Evaluation einen Vorher-Nachher-Vergleich in einer Interventions- und einer Kontrollgruppe unter realen Bedingungen. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, Langzeiteffekte zu untersuchen und verschiedene Aspekte des Lernens zu erfassen, z. B. die Unterscheidung zwischen Wissen und Verhalten [26]. Schliesslich sollte auch untersucht werden, ob das Programm mit VR-Brille gegenüber traditionellen Vermittlungsmethoden (z. B. klassische Verkehrsinstruktion ohne VR-Brille) einen Vorteil hat, ob es aus einer Kosten-Nutzen-Perspektive verhältnismässig erscheint und ob es Faktoren gibt, die die Wirkung bzw. Transfereffekte beeinflussen [2,19].

² Bei der Teleportation zeigt der Nutzer, die Nutzerin mittels Controller oder einer definierten Geste auf die Stelle, an der er oder sie sich in der virtuellen Welt befinden möchte. Der virtuelle Standpunkt wird dann sogleich an diese Position versetzt. Dadurch erfolgt die Eigenbewegung in der virtuellen Welt ohne Bewegungsillusion (Vektion) [1].

Quellenverzeichnis

- [1] Platho C, Tristram S, Kupschick S. *Einsatzmöglichkeiten von VR-Brillen in der experimentellen Verkehrssicherheits- und Mobilitätsforschung*. Bremen: Fachverlag NW in der Carl Ed. Schönemann KG; 2023. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen BAST, Mensch und Sicherheit M 337.
- [2] Vankov D, Jankovszky D. Effects of using headset-delivered virtual reality in road safety research: A systematic review of empirical studies. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*. 2021; 3(5): 351–368.
- [3] Bhagavathula R, Williams BM, Owens JM, Gibbons RB. *Virtual Reality as a tool to evaluate pedestrian safety*. Blacksburg, Virginia; 2020. Report 20-UR-088.
- [4] Dörner R, Broll W, Jung B et al. Einführung in Virtual und Augmented Reality. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B, Hg. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg; 2019: 1–42.
- [5] Slater M, Wilbur S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence (Camb)*. 1997; 6(6): 603–616. DOI:10.1162/pres.1997.6.6.603.
- [6] Jensen L, Konradsen F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Educ Inf Technol*. 2018; 23(11): 1515–1529. DOI:10.1007/s10639-017-9676-0.
- [7] Grassini S, Laumann K, Rasmussen Skogstad M. The use of virtual reality alone does not promote training performance (but sense of presence does). *Front Psychol*. 2020; 11: 1743. DOI:10.3389/fpsyg.2020.01743.
- [8] Gaff L. *Datenschutz bei Virtual und Augmented Reality: Einwilligung und Interessenabwägung zur Legitimation von Bewegungstracking und Umgebungserfassung*. Wiesbaden: Springer; 2022. Juridicum – Schriften zum Medien-, Informations- und Datenrecht JSMID.
- [9] Grimm P, Broll W, Herold R, Hummel J. VR/AR-Eingabegeräte und Tracking. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B, Hg. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg; 2019: 117–162.
- [10] Grimm P, Broll W, Herold R et al. VR/AR-Ausgabegeräte. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B, Hg. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg; 2019: 163–217.
- [11] omnia360. *Welche VR-Brille? Virtual-Reality-Brillen im Vergleich*; 2022. <https://omnia360.de/blog/welche-vr-brille-virtual-reality-brillen-im-ueberblick/> Zugriff am 02.05.2023.
- [12] ComputerBild. *VR-Brille Test & Vergleich: Das sind die beliebtesten Virtual Reality Brillen 2023*; 2023. <https://www.computerbild.de/toplisten/vr-brille> Zugriff am 02.05.2023.
- [13] Habetz P, Heinz D, Scheurer J. *Der große Virtual Reality-Ratgeber*; o. J. <https://www.spieleratgeber-nrw.de/Alles-zu-Virtual-Reality.5523.de.1.html>. Zugriff am 04.05.2023.
- [14] Dörner R, Steinicke F. Wahrnehmungsaspekte von VR. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B, Hg. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg; 2019: 43–78.

- [15] Schwebel DC, McClure LA, Porter BE. Experiential exposure to texting and walking in virtual reality: A randomized trial to reduce distracted pedestrian behavior. *Accid Anal Prev.* 2017; 102: 116–122. DOI:10.1016/j.aap.2017.02.026.
- [16] Vankov D, Schroeter R, Twisk D. Can't simply roll it out: Evaluating a real-world virtual reality intervention to reduce driving under the influence. *PLoS One.* 2021; 16(4): e0250273.
- [17] Sportillo D, Paljic A, Ojeda L. Get ready for automated driving using Virtual Reality. *Accid Anal Prev.* 2018; 118: 102–113. DOI:10.1016/j.aap.2018.06.003.
- [18] Schwebel DC, Wu Y, Li P et al. Featured article: Evaluating smartphone-based virtual reality to improve Chinese schoolchildren's pedestrian safety: A nonrandomized trial. *J Pediatr Psychol.* 2018; 43(5): 473–484. DOI:10.1093/jpepsy/jsx147.
- [19] Morrongiello BA, Corbett M, Beer J, Koutsoulanos S. A pilot randomized controlled trial testing the effectiveness of a pedestrian training program that teaches children where and how to cross the street safely. *J Pediatr Psychol.* 2018; 43(10): 1147–1159. DOI:10.1093/jpepsy/jsy056.
- [20] Cordin C, Wächter B, Hackenfort M, Brucks W. Virtual-Reality-Brillen im Verkehrsunterricht. *Strassenverkehr – Circulation routière.* 2019;(2): 43–51.
- [21] Zeuwts LH, Vanhuele R, Vansteenkiste P et al. Using an immersive virtual reality bicycle simulator to evaluate hazard detection and anticipation of overt and covert traffic situations in young bicyclists. *Virtual reality.* 2023: 1–21. DOI:10.1007/s10055-023-00746-7.
- [22] Crundall D, Goodge T, Kroll V et al. *A comparison of virtual reality and non-virtual reality approaches to hazard perception training and testing: Does a 360-degree environment provide tangible benefits?* London: RAC Foundation; 2021.
- [23] Stock C, Prediger C, Hrynyschyn R, Helmer S. Schulische Alkoholprävention mittels Virtual Reality. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2022; 65(7-8): 823–828. DOI:10.1007/s00103-022-03541-y.
- [24] Fokides E, Tsolakidis C. Virtual reality in education: A theoretical approach for road safety training to students. *EURODL.* 2008; 11(2).
- [25] Schwebel DC, Severson J, He Y, McClure LA. Virtual reality by mobile smartphone: improving child pedestrian safety. *Inj Prev.* 2017; 23(5): 357. DOI:10.1136/injuryprev-2016-042168.
- [26] Schneider S, Bengler K. Virtually the same? Analysing pedestrian behaviour by means of virtual reality. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav.* 2020; 68: 231–256. DOI:10.1016/j.trf.2019.11.005.
- [27] Zahabi M, Abdul Razak AM. Adaptive virtual reality-based training: a systematic literature review and framework. *Virtual reality.* 2020; 24: 725–752. DOI:10.1007/s10055-020-00434-w.
- [28] Dörner R, Steinicke F. Wahrnehmungsaspekte von VR. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B, Hg. *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität.* 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg; 2019: 43–78.

Impressum

Herausgeberin

BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung
Postfach, 3001 Bern
+41 31 390 22 22
info@bfu.ch
bfu.ch / bestellen.bfu.ch, Art.-Nr. 2.491

Autorin

Andrea Uhr, wissenschaftliche Mitarbeiterin Forschung, BFU

Redaktion

- Markus Deublein, Leiter Forschung Strassenverkehr, BFU
- Mario Cavegn, Leiter Strassenverkehr, BFU

Projektteam

- Andrea Krämer, Lektorin, BFU
- Esther Luttrupp, Projektassistentin Forschung, BFU

© BFU 2023

Alle Rechte vorbehalten. Verwendung unter Quellenangabe (siehe Zitationsvorschlag) erlaubt.
Kommerzielle Nutzung ausgeschlossen.

Zitationsvorschlag

Uhr A. *VR-Brillen. Potenziale und Grenzen für die Verkehrssicherheitsarbeit.*
Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2023.
DOI:10.13100/BFU.2.491.01.2023

Haftungsausschluss

Dieser Bericht wurde sorgfältig und nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet. Es kann jedoch keine Garantie dafür übernommen werden, dass die zur Verfügung gestellten Informationen vollständig sind. Die Informationen sind allgemeiner Art und nicht auf die besonderen Bedürfnisse des Einzelfalls abgestimmt. Die BFU und die Autorin haften in keinem Fall für allfällige direkte oder indirekte Schäden und Folgeschäden, die aufgrund des Gebrauchs dieser Informationen entstehen.

Die BFU macht Menschen sicher.

Als Kompetenzzentrum forscht und berät sie, damit in der Schweiz weniger folgenschwere Unfälle passieren – im Strassenverkehr, zu Hause, in der Freizeit und beim Sport. Für diese Aufgaben hat die BFU seit 1938 einen öffentlichen Auftrag.