



## *Behinderten- und velogerechte Randabschlüsse*

*Bericht zu den Testergebnissen*

*Bundesamt für Strassen ASTRA /  
Eidgenössisches Büro für Gleichstellung von  
Menschen mit Behinderung EBGB*

*03.04.2013*

*Lesehilfe: Die getesteten Randsteine und Unterbrüche (Zahnlücken genannt) sind im Anhang 9.1 im Format A3 abgebildet.*

***Bearbeitung***

***Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen  
(Tests mit Menschen mit Sehbehinderung und Menschen im Rollstuhl)***

*Eva Schmidt*

*dipl. Architektin ETH*

***Pro Velo Schweiz (Tests mit Velofahrenden)***

*Monika Hungerbühler*

*dipl. Architektin EAUG, Pro Velo Kanton Zürich*

***Metron Verkehrsplanung AG (Gesamtkoordination)***

*Marco Starkermann*

*dipl. Ing. FH in Raumplanung FSU*

*Jonas Bubenhofer*

*lic. phil., Sozialwissenschaftler*

*Luca Imoberdorf*

*Praktikant*

*Metron Verkehrsplanung AG*

*T 056 460 91 11*

*Postfach 480*

*F 056 460 91 00*

*Stahlrain 2*

*info@metron.ch*

*5201 Brugg*

*www.metron.ch*

*Titelbild: Randsteinlabor, Tests Velofahrende (metron)*

## ***Inhaltsverzeichnis***

<b><i>Zusammenfassung</i></b>	<b>5</b>
<b><i>1 Einleitung</i></b>	<b>8</b>
1.1 <i>Ausgangslage</i>	8
1.2 <i>Projektorganisation</i>	9
1.3 <i>Vorbemerkung zu den Ergebnissen</i>	9
<b><i>2 Versuchsanordnung Randsteinlabor</i></b>	<b>10</b>
<b><i>3 Tests Sehbehinderte</i></b>	<b>11</b>
3.1 <i>Probanden</i>	11
3.2 <i>Testablauf</i>	12
3.3 <i>Ergebnisse</i>	14
3.3.1 <i>Vergleich Führung und Erkennbarkeit</i>	14
3.3.2 <i>Vergleich Randsteine</i>	15
3.3.3 <i>Rangfolge der Randsteine nach Bewertungsindex</i>	18
3.3.4 <i>Vergleich Zahnlücken</i>	19
3.4 <i>Blindenführhunde</i>	21
3.5 <i>Zusammenfassung</i>	23
<b><i>4 Tests Velofahrende</i></b>	<b>25</b>
4.1 <i>Probanden</i>	25
4.2 <i>Testablauf</i>	26
4.3 <i>Ergebnisse</i>	28
4.3.1 <i>Vergleich Fahrmanöver</i>	28
4.3.2 <i>Vergleich Randsteine</i>	30
4.3.3 <i>Gesamthafte Beurteilung</i>	36
4.3.4 <i>Rangfolge der Randsteine nach Bewertungsindex</i>	38
4.3.5 <i>Vergleich Zahnlücken</i>	39
4.4 <i>Ergebnisse Beschleunigungsmessgerät</i>	42
4.5 <i>Ergebnisse Schüler</i>	45
4.6 <i>Zusammenfassung</i>	46
<b><i>6 Tests Menschen im Rollstuhl</i></b>	<b>48</b>
6.1 <i>Probanden</i>	48
6.2 <i>Testablauf</i>	49
6.3 <i>Ergebnisse</i>	51

6.3.1 Vergleich Befahrbarkeit	51
6.3.2 Vergleich Randsteine	51
6.3.3 Rangfolge der Randsteine nach Bewertungsindex	57
6.3.4 Vergleich Zahnlücken	57
6.4 Anmerkungen zur Befahrbarkeit mit Rollator	60
6.4.1 Durchführung von Tests	60
6.4.2 Ergebnisse	61
6.5 Zusammenfassung	62
<b>7 Gegenüberstellung der Ergebnisse aller Nutzergruppen</b>	<b>64</b>
7.1 Vorbemerkung	64
7.2 Gegenüberstellung Sehbehinderte und Velofahrende	65
7.3 Gegenüberstellung Sehbehinderte, Velofahrende und Menschen im Rollstuhl	66
<b>8 Schlussfolgerungen</b>	<b>67</b>
8.1 Ertastbare und velogerechte Randsteine	67
8.2 Behinderten- und velogerechte Randsteine	68
<b>9 Anhang</b>	<b>70</b>
9.1 Lesehilfe: Randsteintypen	71
9.2 Randsteinlabor	72
9.3 Fotos der Randsteine	73
9.4 Bauausführung	76

## *Zusammenfassung*

### ***Sichere Randabschlüsse für Behinderte und Velofahrende – die Ausgangslage***

Randabschlüsse haben sowohl den Anforderungen des Behindertengleichstellungsgesetzes als auch jenen des Veloverkehrs zu genügen. Als Mindestanforderung an ertastbare Randabschlüsse gilt seit 1988 ein vertikaler Absatz von 3 cm Höhe. Um eine bessere Überfahrbarkeit niedriger Randabschlüsse durch Rollstuhlfahrende zu ermöglichen, werden seit 2003 als Alternative schräge Randsteine mit 4 cm Höhe und 13–16 cm Breite (Neigung 25 %) zugelassen. Bislang fehlen aber Beurteilungen zur Praxistauglichkeit der verschiedenen Randsteintypen für Velofahrende.

Das ASTRA und das EBGB (Eidg. Büro für die Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen) haben deshalb einen Test hinsichtlich der Eignung von sieben verschiedenen Randsteintypen und sechs Unterbrüchen, nachfolgend Zahnlücken genannt, durchgeführt (Testanlage / Randsteine siehe Kap. 9.1 und 9.2 ). Die Testanlage wurde durch drei Gruppen von Probanden getestet: 20 Personen mit Sehbehinderung, 19 Erwachsene und 11 Schüler mit Velo, 12 Personen mit Rollstuhl. Ebenfalls wurde mit einem Messgerät die Beschleunigung beim Befahren der Randsteine registriert und ausgewertet. Zur Beurteilung beigezogen wurden ausserdem Vertreter von Blindenführhunden. Bei der Zusammensetzung der Gruppen wurde darauf geachtet, eine grosse Bandbreite persönlicher Merkmale abzudecken (bei Velofahrenden z.B. bezüglich Fahrkönnen, Alter, Gewicht, etc.). Die Testresultate sind konsistent und plausibel. Aufgrund des Untersuchungsdesigns wird jedoch nicht der Anspruch an repräsentative Ergebnisse für die Schweiz erhoben. Die Testresultate dienen als Entscheidungshilfe hinsichtlich der Eignung der verschiedenen Randabschlüsse.

### ***Resultate: Es gilt, für jeden Ort den richtigen Kompromiss zu finden***

Die Resultate beziehen sich auf vorher festgelegte, relevante Merkmale. Bei den Sehbehinderten zählen dazu die Längsführung, die Erkennbarkeit abwärts (rechtwinklig und schräg zusammengefasst) sowie die Ausrichtung am Fahrbahnrand. Velofahrende haben den Komfort (verschiedene Tempi und Anfahrtswinkel) sowie die Sicherheit beurteilt. Für Rollstuhlfahrende sind die Befahrbarkeit (auf- und abwärts aus Stand und Fahrt), der Kraftaufwand sowie die Kippgefahr relevant.

Zwischen den Randsteinen zeigen sich bezüglich Benutzbarkeit grosse Unterschiede. So wird Randstein R1 von den Menschen mit Sehbehinderung als bester Randstein, von den Velofahrenden als schlechteste Variante beurteilt. Und umgekehrt gilt: Randstein R7 wird von den Velofahrenden als bester, von den Menschen mit Sehbehinderung als zweitschlechtesten Randstein bewertet. Von den Menschen im Rollstuhl wird Randstein R4 als bester Randstein bewertet, er ist aber für die Sehbehinderten schlecht ertastbar.

Dies gilt auch für die Beurteilung der Zahnlücken. So sind sie für Sehbehinderte, die längs der Fahrbahn gehen grösstenteils unproblematisch. Treffen Sehbehinderte aber schräg oder senkrecht auf die Zahnlücke, kann sie selbst bei schmaler Ausführung (30 cm) problematisch sein. Die Velofahrenden beurteilen hingegen Zahnlücken ab einer Breite von 50 cm als eindeutige Verbesserung. Für Menschen im Rollstuhl sind Zahnlü-

cken ab einer Breite von 80cm befahrbar. Sie werden generell als Gewinn beurteilt; die Umwegtoleranz, um eine Zahnücke zu befahren, ist aber gering.

Es gilt somit, für eine spezifische Situation den besten Kompromiss zu finden. Die Einschätzung des Sicherheitsaspektes der verschiedenen Nutzergruppen ist dabei zentral. Pro Velo Schweiz und die Schweizerische Fachstelle für Behindertengerechtes Bauen werden gestützt auf die vorliegenden Testergebnisse eine Empfehlung zum Einsatz der getesteten Randsteine ausarbeiten.

Zu den Testergebnissen ist generell festzuhalten, dass für alle Nutzergruppen nicht nur der Randsteintyp, sondern auch die Neigung der angrenzenden Fläche und die Bauausführung (z.B. Belagsüberbau) entscheidend sind.

Die Testergebnisse sind in vereinfachter Form in Tabelle 1 und 2 zusammengefasst. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Anforderungen an die zwei Nutzergruppen Sehbehinderte und Velofahrende (Hauptfokus der Tests). Tabelle 2 fasst die Ergebnisse aller drei Nutzergruppen (inkl. Menschen im Rollstuhl) zusammen.

Randstein	Sehbehind.	Velo	Eignung für Kompromiss
	[Rang]		
R1	1	7	grundsätzlich als Kompromiss nicht geeignet. Wird von Velofahrenden am schlechtesten, von Sehbehinderten am besten beurteilt.
R3	4	6	kommt als Kompromiss dann in Frage, wenn R1 mit Zahnücke nicht einsetzbar ist und R5 für Sehbehinderte zu wenig Sicherheit bietet.
R4	7	2	steht als Kompromiss nicht im Vordergrund, da R7 besser beurteilt wird. R4 ist für Sehbehinderte kritisch und kann deshalb nur unter Einhaltung von Kriterien eingesetzt werden.
R5	4	2	wird von beiden Nutzergruppen überwiegend positiv beurteilt. Bei den Randsteinen ohne Zahnücken ist R5 der naheliegendste Kompromiss.
R6	2	6	ist als Kompromiss nicht geeignet, da R8 insgesamt besser beurteilt wird. Der Randstein ist nur spitzwinklig befahrbar. Die Herstellung ist aufwendig.
R7	6	1	ist als Kompromiss bedingt geeignet. R7 wird von Velofahrenden am besten beurteilt, ist hingegen für Sehbehinderte kritisch und kann deshalb nur unter Einhaltung von Kriterien eingesetzt werden.
R8	2	4	kommt als Kompromiss dann in Frage, wenn R1 mit Zahnücke nicht einsetzbar ist und R5 für Sehbehinderte zu wenig Sicherheit bietet.
<b>R1 mit Zahnücke</b>			ist für Velofahrende ein deutlicher Gewinn. Je nach Situation ist eine Zahnücke in R1 ein besserer Kompromiss als ein schräggestellter Randstein wie z.B. R5. Die Einsetzbarkeit und Breite der Zahnücke hängt von der Einschätzung des Gefährdungspotentials der Sehbehinderten ab. Kritisch ist, wenn Sehbehinderte schräg oder senkrecht auf eine Zahnücke treffen.
<b>R4 mit Zahnücken</b>			sind für Velofahrende ebenfalls ein Gewinn, jedoch in kleinerem Ausmass als in R1. Für Sehbehinderte ist R4 deutlich schlechter ertastbar als R1.

Tabelle 1:  
Anforderungen von Sehbehinderten und Velofahrenden

Randstein	Sehbehinderte	Velofahrende	Rollstuhl	Eignung für Kompromiss
	[Rang]			
R1	1	7	1	ist bester Kompromiss zwischen Menschen mit Sehbehinderung und Menschen im Rollstuhl. R1 wird jedoch von den Velofahrenden am schlechtesten beurteilt.
R3	4	6	4	schliesst bei diesem Test schlecht ab. Der Randstein ist als Kompromiss zwischen den drei Nutzergruppen eher nicht geeignet. Der Randstein kann jedoch aufgrund des überdurchschnittlich hohen Belagsüberbaus vor allem aus Sicht Rollstuhlfahrende nicht abschliessend beurteilt werden.
R4	7	2	1	wird als einziger Randstein von Menschen im Rollstuhl und von den Velofahrenden grossmehrheitlich positiv beurteilt. R4 ist für Sehbehinderte kritisch und kann deshalb nur unter Einhaltung von Kriterien eingesetzt werden.
R7	6	1	3	grundsätzlich als Kompromiss nicht geeignet. Wird von Velofahrenden am besten beurteilt. R7 ist für Sehbehinderte und Menschen mit Handrollstuhl kritisch und kann deshalb nur unter Einhaltung von Kriterien eingesetzt werden.
R5, R6, R8				werden ausgeschlossen, da diese Randsteine für viele Menschen im Rollstuhl nicht befahrbar sind.
<b>Zahnlücken</b> (siehe auch Tab. 1)				sind für Menschen im Rollstuhl ein geringer Gewinn

Tabella 2: Anforderungen von Sehbehinderten, Velofahrenden und Menschen im Rollstuhl

## 1 Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Die Frage nach der Ausgestaltung von Randabschlüssen, die sowohl dem Behindertengleichstellungsgesetz wie auch den Anforderungen des Veloverkehrs genügen, stellt sich seit längerer Zeit.

Als Mindestanforderung an ertastbare Randabschlüsse wird in den Normen seit 1988 ein vertikaler Absatz von 3 cm Höhe aufgeführt. Um eine bessere Überfahrbarkeit niedriger Randabschlüsse durch Rollstuhlfahrende zu ermöglichen, werden seit 2003 als Alternative schräge Randsteine mit 4 cm Höhe und 13–16 cm Breite (Neigung 25 %) zugelassen.

Diese zwei Lösungsansätze wurden auch in den Forschungsbericht "Hindernisfreies Bauen" (Forschungsauftrag VSS 2008/201) aufgenommen. Beide Lösungen sind aus Sicht Veloverkehr jedoch unkomfortabel und je nach Situation auch gefährlich.

Die verschiedenen Nutzergruppen unterscheiden sich in ihren Anforderungen an Randabschlüsse:

- Für Sehbehinderte sind erkennbare Randabschlüsse ausschlaggebend bei der Beurteilung, ob der Strassenraum selbständig benutzt werden kann. Ertastbare Randabschlüsse müssen am richtigen Ort den Übergang vom Fussgängerbereich zur Fahrbahn vermitteln - sie müssen sofort und zweifelsfrei als Stoppsignal interpretiert werden können, damit die Sicherheit gewährleistet ist.
- Für Gehbehinderte (Rollstuhl- und Rollatornutzende) müssen Randabschlüsse auch bei wenig Kraft überfahrbar sein und dürfen keine Sturzgefahr darstellen (Kippen, mit Fussstützen aufsetzen, am Belagsüberbau hängenbleiben). Dazu kommen, aufgrund unterschiedlicher Fähigkeiten und Ausrüstungen Komfortaspekte (Erschütterungen beim Befahren mit Elektrorollstuhl).
- Bei den Velofahrenden spielen ebenfalls Sicherheitsüberlegungen (Sturzgefahr, Nichterkennen des Randsteins) und Komfortüberlegungen (wiederholte starke Schläge oder abbremsen) eine Rolle.

Das ASTRA hat im Hinblick auf die Fertigstellung zweier Normen (hindernisfreie Verkehrsräume, Trottoirüberfahrten) die Thematik aufgenommen und unter Einbezug aller beteiligten Organisationen beschlossen, einen aussagekräftigen Test mit allen Nutzergruppen durchzuführen. Aufgrund der Tests sollen Aussagen zur Eignung der verschiedenen Randsteine möglich sein.

Im vorliegenden Test werden verschiedene Geometrien von Randabschlüssen getestet und beurteilt. Die Testanordnung macht keine Differenzierungen und Aussagen hinsichtlich möglicher unterschiedlicher Konstruktionsweisen (Bundsteine, Randsteine, Materialien). Bautechnische Problematiken werden in diesem Test insofern nur am Rand behandelt, als die Ausführung der Testanordnung einige Hinweise auf bautechnische Fragen ergibt. Es zeigte sich, dass insbesondere der Belagsüberbau einen grossen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Gerade bei schräg eingebauten Bundsteinen besteht bei der Ausführung die Tendenz zu einem eher hohen Belagsüberbau, der sich in der Benützung nur

senkt, wenn dieser regelmässig von schweren Fahrzeugen überfahren wird. Ansonsten könnte dieser unter Umständen abgehobelt werden, um die Problematik zu entschärfen.

## *1.2 Projektorganisation*

Das ASTRA übernimmt die Gesamtkoordination der Tests. Ebenfalls beteiligt ist das EBGB (Eidg. Büro für die Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen). Pro Velo Schweiz ist für die Tests mit den Velofahrenden, die Fachstelle Behindertengerechtes Bauen für die Tests mit den seh- und gehbehinderten Personen verantwortlich. Metron Verkehrsplanung übernimmt die Koordination sowie die Auswertung der Testresultate.

Die Stadt Zürich stellte das Randsteinlabor zur Verfügung – herzlichen Dank!

## *1.3 Vorbemerkung zu den Ergebnissen*

### *Repräsentativität*

Die Anlage wurde durch drei Gruppen von Probanden getestet:

- 20 Personen mit Sehbehinderung
- 19 Erwachsene mit Velo, 11 Schüler mit Velo
- 12 Personen mit Rollstuhl (Auswertung z.T. nur mit Handrollstuhl = 8 Personen)

Bei der Zusammensetzung der Gruppen wurde darauf geachtet, eine grosse Bandbreite persönlicher Merkmale abzudecken (bei Velofahrenden z.B. bezüglich Fahrkönnen, Alter, Gewicht, etc.), um damit eine breite Nutzungsbasis zu simulieren.

Trotz dieses ausgewogenen Untersuchungsdesigns mit 12 bis 20 Personen pro Gruppe darf jedoch nicht der Anspruch erhoben werden, dass die Ergebnisse auf die Gesamtheit der Sehbehinderten, Velofahrenden und Menschen im Rollstuhl in Zürich oder der Schweiz übertragen werden können. Die Daten sind als Ergebnis einer systematischen Testanlage zu betrachten, als Entscheidungshilfe hinsichtlich der Eignung der verschiedenen Randabschlüsse.

### *Konsistenz der Daten*

Die Probanden der Tests für Velo und Rollstuhl hatten jeweils die Möglichkeit, neben der detaillierten Bewertung nach einzelnen Teilkriterien einen Gesamteindruck des getesteten Randsteins abzugeben. Die Rangfolge der Randsteine anhand der Beurteilung der Einzelkriterien stimmt bei diesen Gruppen fast ausnahmslos mit dem geäusserten Gesamteindruck überein.

Zudem sind die Bewertungen der verschiedenen Testobjekte innerhalb der Nutzergruppen nachvollziehbar aufgrund der Geometrie der Randsteine und der Messungen.

### *Verwendung der Testergebnisse*

Aufgrund der Konsistenz der Daten und Plausibilität der Gesamtbeurteilung haben die Vertreter der verschiedenen Nutzergruppen im Rahmen des "Runden Tisches" vom 21. Januar 2013 beschlossen, die Testresultate für den Vergleich und Abwägungen beizuziehen.

## 2 Versuchsanordnung Randsteinlabor

An der Förrlibuckstrasse in Zürich wurden sieben unterschiedliche Randsteintypen und sechs unterschiedliche Unterbrüche in Randsteinen, nachfolgend Zahnlücken genannt, getestet. Die getesteten Randsteine und Zahnlücken sind zusammengefasst als Lesehilfe im Anhang 9.1 zu finden. Details zum Randsteinlabor sind im Anhang 9.2, Details zur Ausführung im Anhang 9.4 aufgeführt.

Das Randsteinlabor wurde an einer bestehenden Strasse eingebaut, was eine möglichst realitätsnahe Durchführung der Tests erlaubte. Während der Tests wurde die Strasse nicht gesperrt.

Der Einbau der Randsteine gab zudem Hinweise über Einflüsse der angrenzenden Strassen- und Trottoirflächen sowie über Bautoleranzen. Ein Randsteintyp (Typ 4) wurde beidseits der Strasse mit jeweils unterschiedlichen Gefällen der angrenzenden Trottoirflächen eingebaut (einmal mit positivem, einmal negativem Gefälle). Die Testresultate zeigen, dass dies für den Einsatz der Randsteine entscheidend sein kann. Ausserdem wurde bei den Tests mit Seh- und Gehbehinderten festgestellt, dass der Belagsüberbau einen entscheidenden Einfluss hat.

Der Belagsüberbau ist bei allen Randsteinen ausser dem R3 (gekippte Bundsteine) gemäss heutigen Bautoleranzen normgerecht eingebaut, jedoch nicht überall gleich hoch. Der überhohe Belagsüberbau beim R3 (siehe 9.4 Bauausführung) führt dazu, dass der Randabschluss in den Tests von Rollstuhlfahrenden und Velofahrenden als schwieriger wahrgenommen wird, als er es bei normgerechter Ausführung wäre. Für Sehbehinderte hingegen ist er aufgrund des höheren Vertikalversatzes dagegen eher klarer zu erkennen.

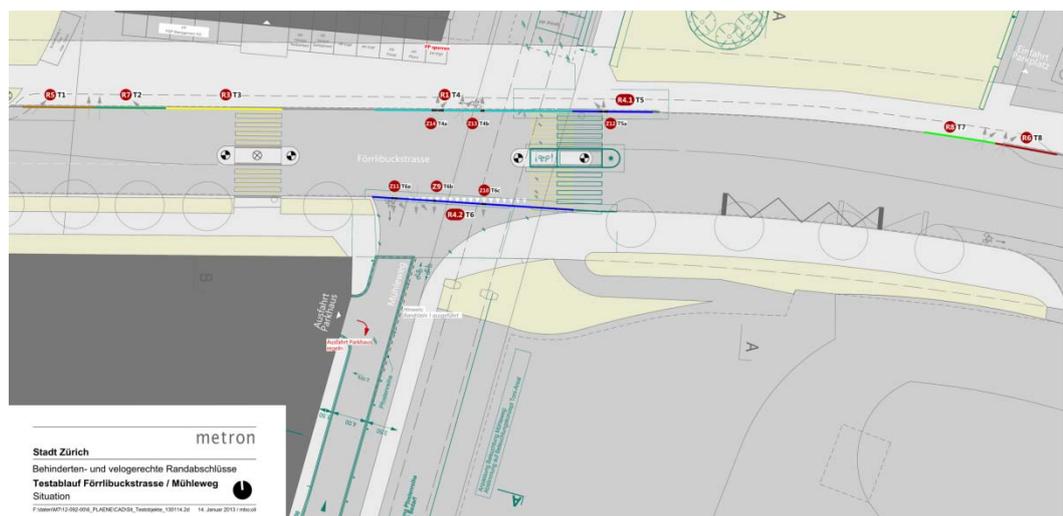


Abbildung 1: Randsteinlabor in Zürich (siehe Anhang 9.2)

### 3 Tests Sehbehinderte

#### 3.1 Probanden

Die 20 Probanden sind zum überwiegenden Teil hochgradig sehbehindert oder blind. Die meisten von ihnen benutzen einen Langstock mit einer kleinen oder mittleren Stockspitze. Der Test wurde von mehr männlichen als weiblichen Probanden absolviert.

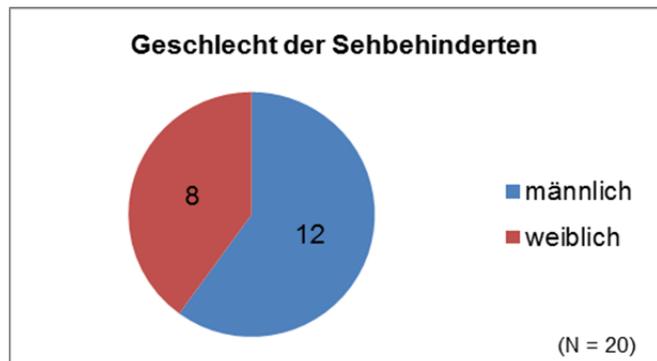


Abbildung 2



Abbildung 3

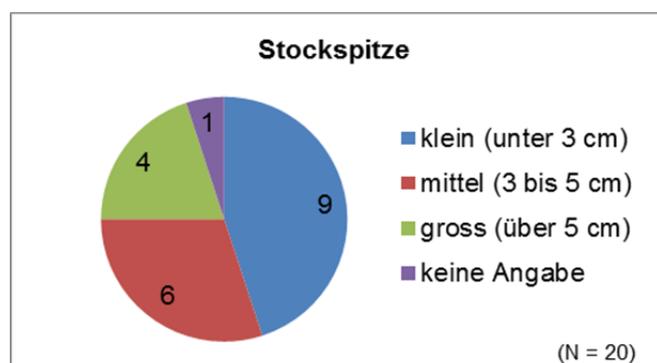


Abbildung 4

## 3.2 Testablauf

Jeweils eine Orientierungs- und Mobilitätsfachperson begleitete die Testperson durch den Test, verhalf ihr für die verschiedenen Manöver in die richtige Ausgangsposition und leitete sie an. Getestet wurden an jedem Testobjekt die vier wichtigsten Funktionen des Randabschlusses:

Erkennbarkeit abwärts: Eine Person muss die Fahrbahn als Gefahrenbereich erkennen, sobald sie sich der Fahrbahn nähert. Dies kann ungewollt geschehen, wenn sie z.B. einem Hindernis ausweichen muss und von der Gehrichtung abkommt, oder gewollt, weil sie die Fahrbahn queren will. Um die Erkennbarkeit zu beurteilen, sind die Testpersonen bei allen 14 Testobjekten dreimal rechtwinklig und dreimal schräg auf den Randstein zugegangen und haben angehalten, sobald sie den Randabschluss erkennen konnten.



Ausrichtung am Fahrbahnrand: Trifft eine Person schräg auf einen Randstein und will an dieser Stelle die Fahrbahn queren, muss sie mit Hilfe des Stocks die Richtung des Fahrbahnrandes abtasten und sich für die Querung senkrecht dazu ausrichten. Diese Funktion wurde beim Manöver „schräg auf den Randstein zugehen“ ebenfalls beurteilt.

Erkennbarkeit aufwärts: Eine sehbehinderte Person, welche die Fahrbahn quert, muss erkennen, wo sie den sicheren Fussgängerbereich wieder betritt. Um dies zu beurteilen, haben die Testpersonen an jedem Objekt dreimal von der Fahrbahn kommend das Trottoir gesucht und die Erkennbarkeit beurteilt.

Führung längs: Der Randabschluss muss erkennbar sein, wenn sich eine sehbehinderte Person längs dazu bewegt, damit sie ihre Gehrichtung korrigieren kann, sobald sie der Fahrbahn zu nahe kommt. Die Testpersonen hatten die Aufgabe, den Randsteinen entlang zu gehen und die Gehrichtung zu korrigieren, sobald dies erforderlich war.

## metron



Ergänzend zur Befragung der Testperson nach jedem Manöver hat die begleitende Orientierungs- und Mobilitätsfachperson ihre Beobachtungen auf dem Fragebogen festgehalten. Sie hat insbesondere notiert, ob die Person rechtzeitig vor der Fahrbahn anhält bzw. ihre Gehrichtung korrigiert. Um die Zahnlücken beurteilen zu können, wurde protokolliert, wie die Testperson auf die Lücke getroffen ist, ob der weisse Stock durch die Lücke geführt wurde oder neben der Lücke an den Randstein gestossen ist, und wo die Person mit dem Fuss hingetreten ist. So liess sich besser nachvollziehen, wie die Testperson die einzelnen Lücken bezüglich Ertastbarkeit des Fahrbahnrandes beurteilte.

Insgesamt mussten 14 Testobjekte je zehnmal mit unterschiedlichen Manövern begangen und beurteilt werden. Dazu brauchten die Testpersonen durchschnittlich zwei Stunden. Die Testpersonen wurden zu den verschiedenen Testobjekten hingeführt, weshalb sich nicht vermeiden liess, dass die Distanz von der Ausgangsposition zum Testobjekt immer wieder ähnlich war. Mit der Zeit konnte dabei eine gewisse Routine beim Aufspüren der Randsteine beobachtet werden, so dass die Aufmerksamkeit stärker als in der realen Alltagssituation auf die Stockspitze konzentriert war.

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 Vergleich Führung und Erkennbarkeit

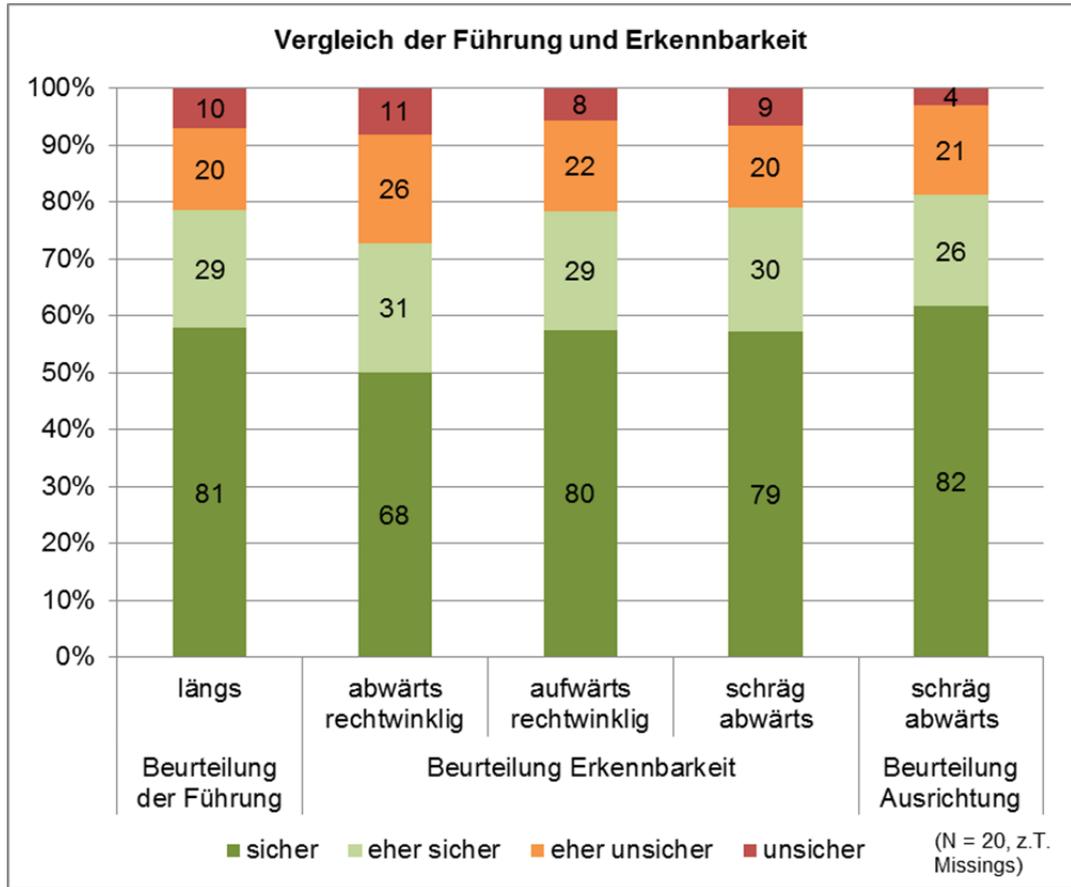


Abbildung 5

Die Ergebnisse zeigen, dass die Erkennbarkeit eines Randsteins abwärts rechtwinklig am schwierigsten ist. Die fünf verschiedenen Manöver werden, zusammengefasst über alle Randsteine, ähnlich gleich beurteilt (< 15 Prozentpunkte Unterschied).

### 3.3.2 Vergleich Randsteine

#### Erkennbarkeit

Zuerst wurde getestet, wie gut die Randsteine bei den verschiedenen Manövern erkennbar sind.

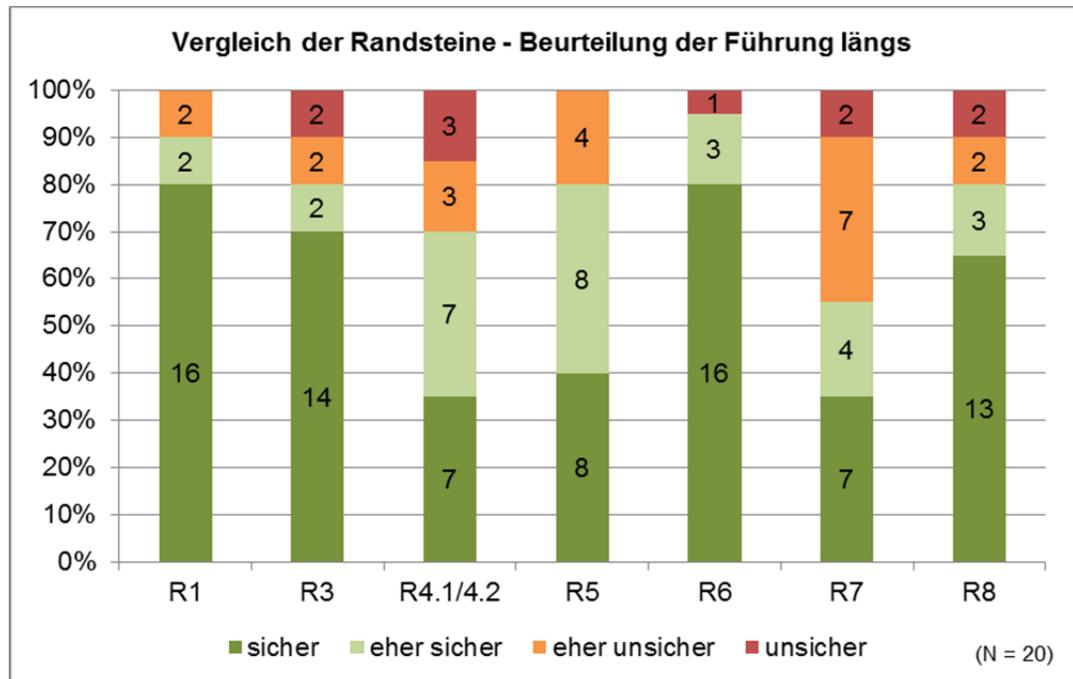


Abbildung 6

Der Randsteintyp R1 wird bei der Führung längs von den Sehbehinderten am besten beurteilt. Auch R6 und R8 schneiden gut ab. Am schlechtesten schneiden R7 und R4.1/R4.2 ab.

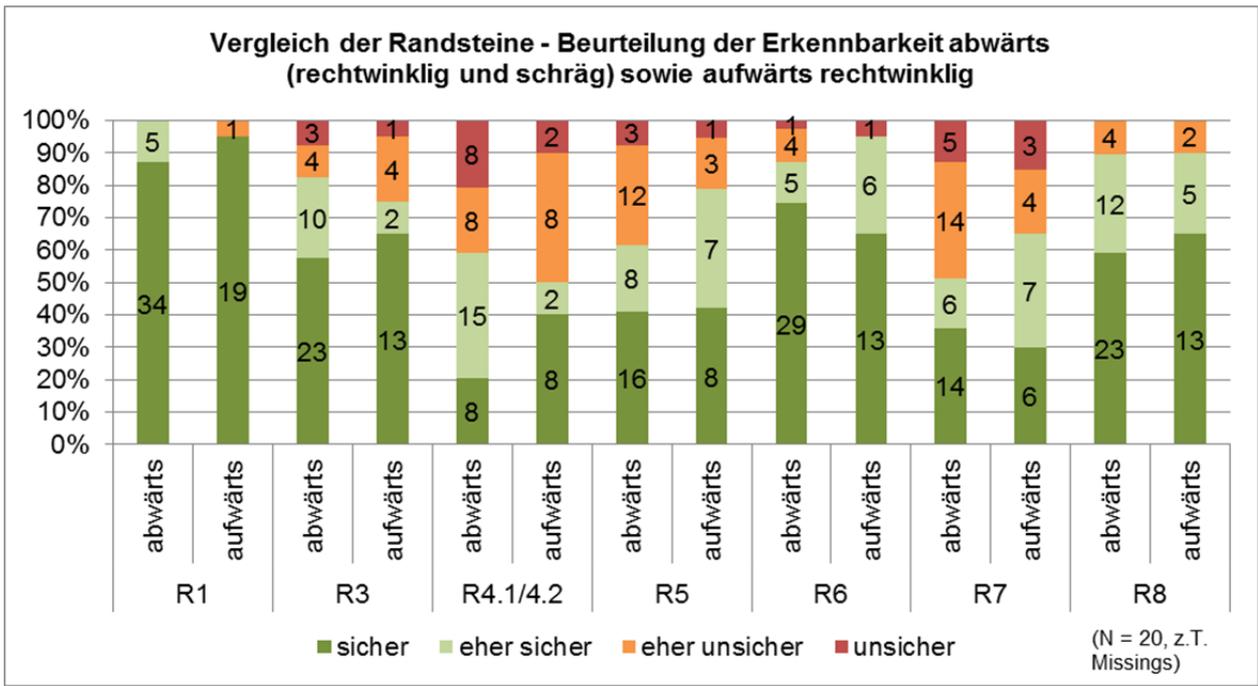


Abbildung 7

Die Erkennbarkeit abwärts (rechtwinklig und schräg zusammengefasst) sowie aufwärts rechtwinklig wird bei R1 fast zu 100% positiv (sicher) bewertet. R4.1 bzw. R4.2 sowie R7 schneiden am schlechtesten ab, werden aber immer noch zu gut 50% als sicher oder eher sicher empfunden.

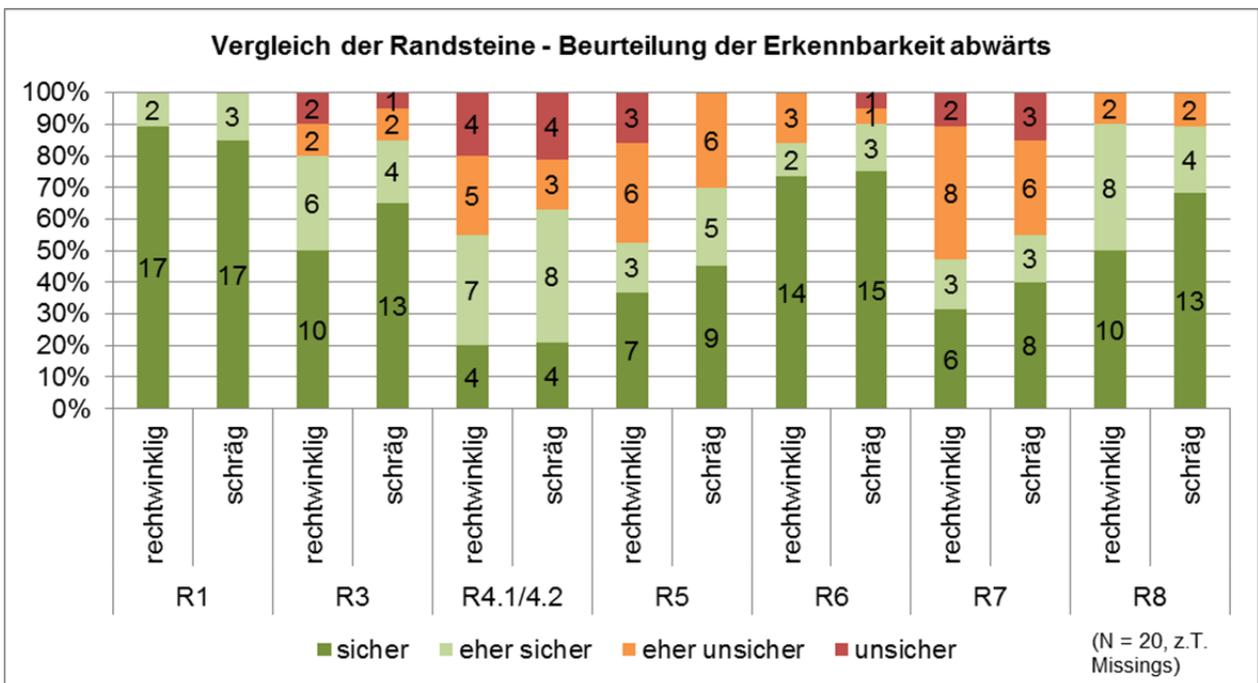


Abbildung 8

Abbildung 8 zeigt für das kritischste Manöver (abwärts) die Unterscheidung zwischen rechtwinklig und schräg abwärts. Es zeigen sich keine grossen Unterschiede bei der Be-

urteilung der Erkennbarkeit der Randsteine zwischen den Manövern. Allerdings wird R7 abwärts rechtwinklig mehrheitlich negativ bewertet.

*Ausrichtung am Fahrbahnrand*

Als weiteres Manöver wurde die Ausrichtung am Fahrbahnrand beurteilt.

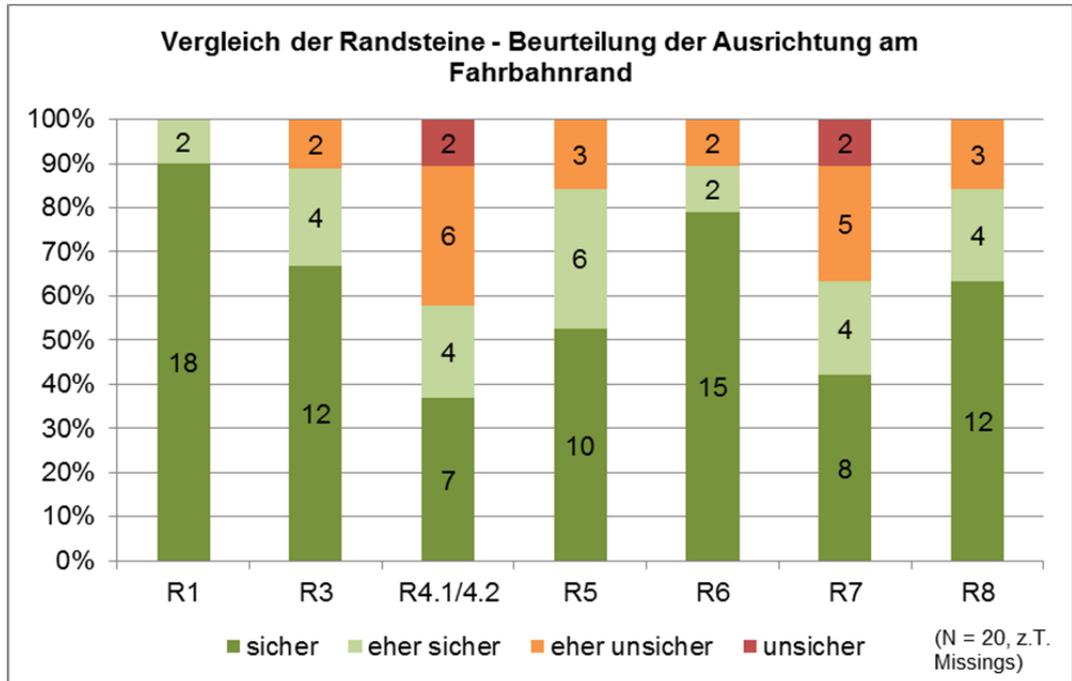


Abbildung 9

R1 wird wiederum als am sichersten bewertet. Am schlechtesten schneiden R4.1/R4.2 sowie R7 ab. Jedoch werden auch diese zwei Randsteintypen noch mehrheitlich positiv bewertet.

3.3.3 Rangfolge der Randsteine nach Bewertungsindex

Um die Vergleichbarkeit der verschiedenen Randsteine zu gewährleisten, kommt für alle Anspruchsgruppen der folgende Index zur Anwendung.

Der Bewertungsindex stellt den Anteil der beiden positiven Bewertungen dem Anteil der beiden negativen Bewertungen gegenüber. Dabei werden die beste und die schlechteste Kategorie doppelt gewichtet. Der Index berechnet sich somit wie folgt (Beispiel Sicherheit):

$$Index = \frac{(2 * sicher + 1 * eher sicher) - (1 * eher unsicher + 2 * unsicher)}{(2 * sicher + 1 * eher sicher + 1 * eher unsicher + 2 * unsicher)}$$

Der Index kann damit Werte zwischen -1 und +1 annehmen. Positive Werte bedeuten mehrheitlich positive Bewertungen durch die Probanden. Positive Werte drücken zudem den anzustrebenden Zustand aus, negative Werte den zu vermeidenden Zustand: So ist beispielsweise für die Variable "Kraftanstrengung" die Ausprägung "gross" negativ, "gering" ist positiv.

Die Randsteine sind in der folgenden Abbildung nach der Bewertung des Kriteriums "Erkennbarkeit abwärts" sortiert, da dies als das kritischste Manöver gilt. Die Rangfolge ergibt folgendes Bild:

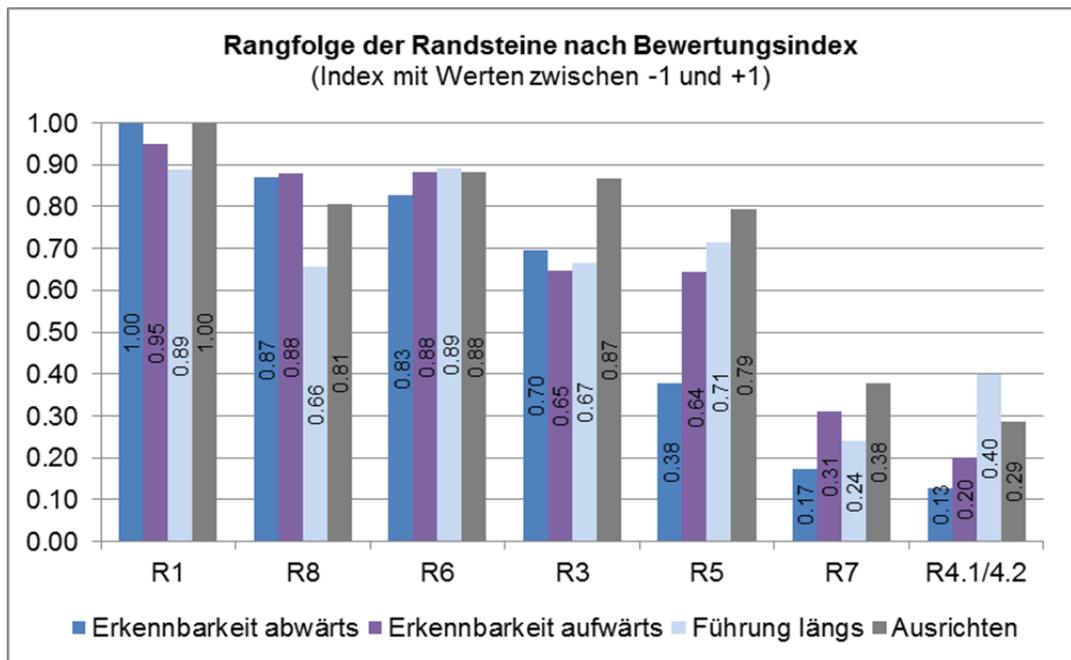


Abbildung 10: Rangfolge der Randsteine - sortiert nach Erkennbarkeit abwärts

R1 erhält klar den besten Rang. R4.1/R4.2 bildet knapp hinter R7 das Schlusslicht. Die Abfolge der Rangliste ist aufgrund der Geometrie der Randsteine nachvollziehbar (vgl. Anhang 9.1).

Die Sehbehinderten beurteilten keinen Randstein mehrheitlich negativ.

3.3.4 Vergleich Zahnlücken

Erkennbarkeit

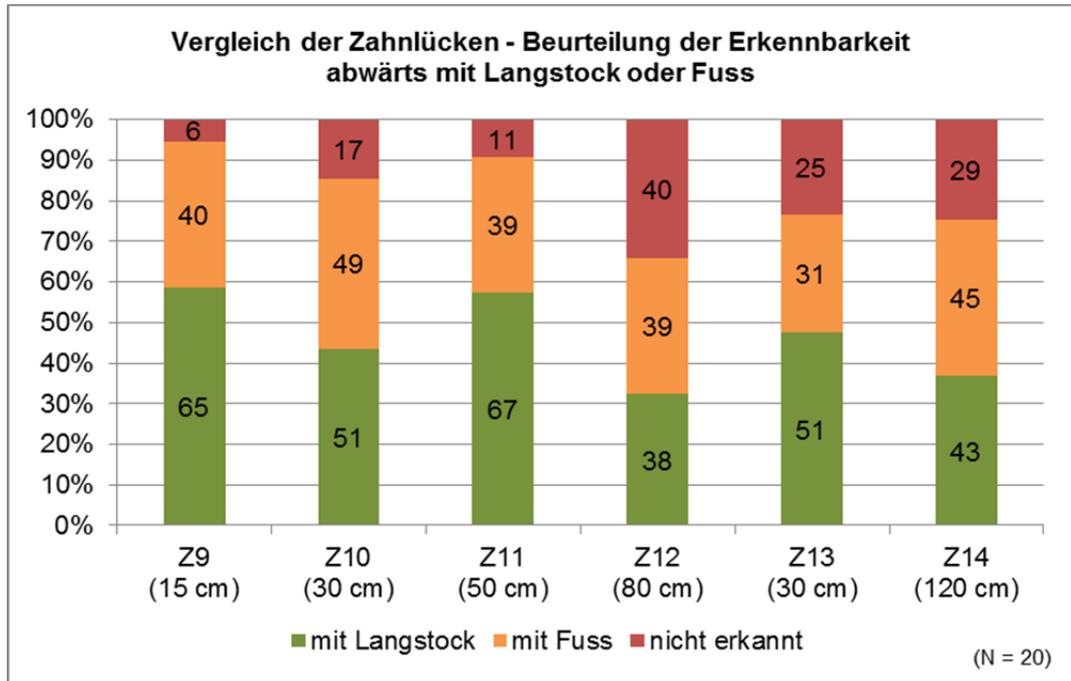


Abbildung 11: Vergleich der Zahnlücken - schräg und rechtwinklig zusammengefasst Zahnlücken Z9 bis Z12 sind im Randstein 4, Zahnlücken Z13 und Z14 in Randstein 1 eingebaut

Die Fortführung des durchgehenden Randabschlusses und somit des Fahrbahnrandes wird bei der Zahnlu

Ein Ausreisser aus der Reihenfolge ist die Zahnlu

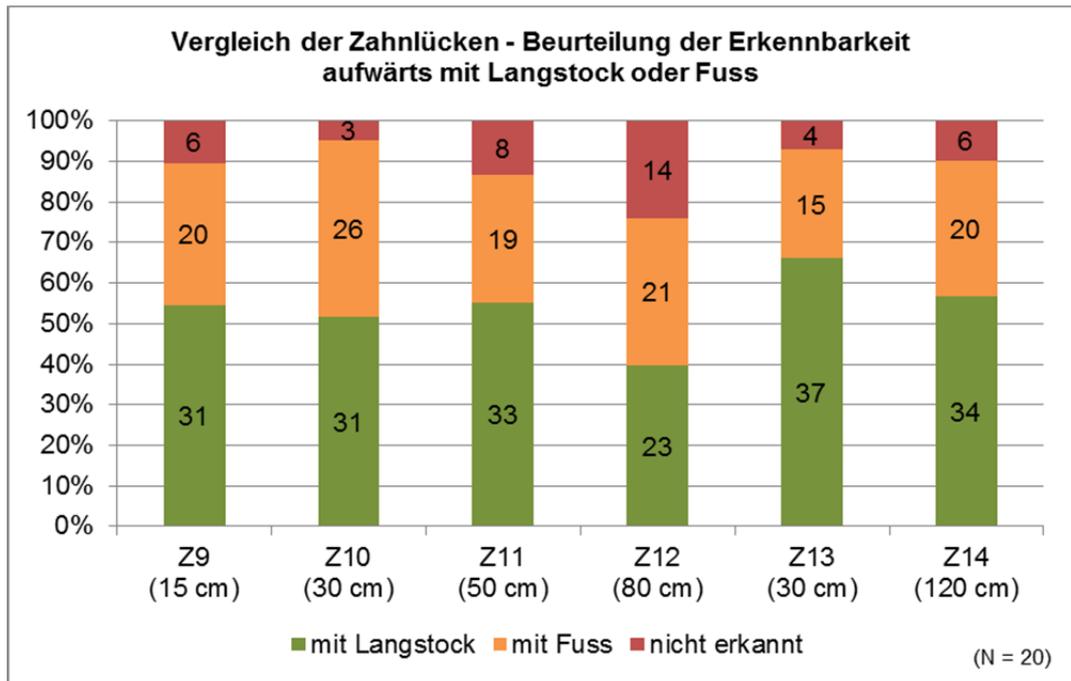


Abbildung 12

Die Fortführung des durchgehenden Randabschlusses bei Zahnlücken wird beim Aufwärtsgen leichter erkannt als beim Abwärtsgen. Die Rangfolge der Erkennbarkeit des Randabschlusses mit unterschiedlich breiten Zahnlücken ist beim Aufwärts- und Abwärtsgen aber dieselbe.

## Führung

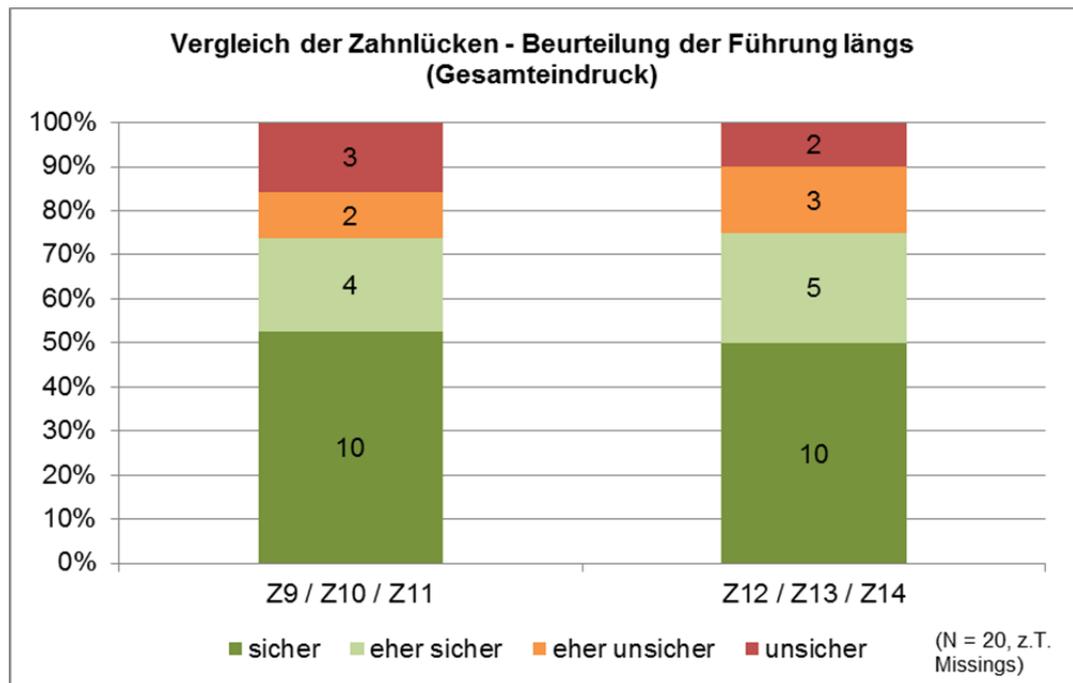


Abbildung 13

Die Zahnlücken Z9–Z11 sowie Z12–Z14 wurden jeweils zusammen getestet (siehe Ausführungen Testablauf Kap. 3.2). Die meisten Probanden beurteilten die Führung längs als sicher oder eher sicher. Z9–Z11 und Z12–Z14 wurden etwa gleich beurteilt. Die Grösse der Zahnlücke beeinflusste die Beurteilung nicht.

### 3.4 Blindenführhunde

Die Tests konnten nicht mit Blindenführhunden durchgeführt werden, da Hunde das Versuchsprinzip nicht kennen und sich folglich in der Versuchsanordnung nicht wie in der täglichen Realität verhalten würden. Vertreter der Stiftung Schweizerische Schule für Blindenführhunde haben die Testanlage begutachtet und folgende Stellungnahme verfasst:

#### *Relevanz der Bauart von Randsteinen für Blindenführhundehalter*

In der Ausbildung lernen die angehenden Führhunde, vor Niveauunterschieden anzuhalten. Der Führhundehalter setzt dann seinen Taststock ein, um die Art des Hindernisses und seine Ausrichtung zu prüfen.

Grundsätzlich gilt: Je höher der Niveauunterschied eines Randsteins, desto besser erkennt ihn der Führhund als Hindernis, vor welchem er anhalten muss.

Führt der Führhund parallel zu einem Randstein und es befindet sich ein Hindernis auf dem Trottoir, das dieses ganz versperrt, besteht bei stark abgeflachten Randsteinen die Gefahr, dass der Hund ohne anzuhalten auf die Strasse ausweicht.

Die Testanordnung mit 14 Testobjekten kann mit einem Föhrhund nicht systematisch beurteilt werden. Wenn der Föhrhund in einer Testsituation bei „mehrfachem auf den Randstein Zugehen“ mitspielt, hat er gelernt, was in dieser Testsituation von ihm verlangt wird. Dies bedeutet jedoch nicht, dass er denselben Randstein auch an einem anderen Ort und in einer realen Situation als Hindernis erkennen und richtig reagieren würde.

### *Am besten geeignete Randsteine für Blindenföhrhunde*

Randstein 1



Randstein 6



Randstein 8



Ein Absatz wie beim Randstein 1 ist für den Hund als Hindernis eindeutig erkennbar, die Randsteine 6 und 8 sind für den Hund aufgrund ihrer Höhe deutlich erkennbar.

### *Weniger gut geeignet für Blindenföhrhunde sind die Randsteine 3, 4, 5 und 7*

Die Randsteine 3, 4, 5 und 7 treten eher flächig denn als Absatz in Erscheinung, so dass sie der Hund nicht mit Sicherheit anzeigen wird. Die Erfahrung mit den schrägen Randsteinen, auch mit den Randsteinen Typ 3 und 4, zeigt, dass der Hund Mühe hat, diese als Hindernis zu erkennen. Wo der deutliche Höhenunterschied fehlt, nimmt der Hund nur zwei Reihen Pflastersteine wahr. An zweireihigen Pflastersteinen ohne Niveauunterschied darf der Hund aber ebenso wenig halten wie an einer aufgemalten Linie, da er sonst zu viele unnütze und teils gefährliche Stopps verursacht.

### *Zahnlücken*

Geht der Föhrhund parallel zum Fahrbahnrand, sind die Zahnlücken kaum problematisch. Geht er hingegen im rechten Winkel auf den Fahrbahnrand zu, z.B. an einer Überquerung, können Zahnlücken problematisch sein. Wenn der Föhrhund einfach durchgehen kann und selber keinen Absatz mehr überschreiten muss, wird er nicht anhalten. Das Blickfeld des Föhrhundes ist begrenzt, er nimmt für seine Entscheidung nur einen relativ schmalen Bereich wahr. Bei Zahnlückenbreiten über 50 cm besteht die Gefahr, dass ein Föhrhund eine Bordsteinkante nicht zuverlässig anzeigt.

### 3.5 Zusammenfassung

Bei der Interpretation der Resultate gilt es einerseits zu berücksichtigen, dass sich die Probanden in einer Testsituation befanden. Die Sehbehinderten wussten, dass sie vor einem Randstein stehen, den sie ertasten sollen. Im Alltag muss ein Randstein hingegen sehr schnell und sicher erkennbar sein, auch wenn er nicht erwartet wird. Andererseits waren die Testbedingungen angesichts des regen Verkehrs und Baustellenlärms sehr real. Die Resultate werden von der Fachstelle behindertengerechtes Bauen als plausibel und verwendbar, aber eher als zu positiv beurteilt.

Die Probanden haben die Erkennbarkeit der Randsteine aus verschiedenen Richtungen getestet. Ebenfalls wurde die Führung längs beurteilt. Am schwierigsten ist ein Randstein abwärts rechtwinklig erkennbar. Die Beurteilung der verschiedenen Manöver pro Randsteintyp ist jedoch ähnlich.

Hingegen zeigt sich ein grosser Unterschied zwischen den Randsteinen. Der Randstein **R1** ist klar am besten ertastbar; der vertikale Absatz vermittelt eine eindeutige Information. An zweiter Stelle folgen die Randsteine **R6** und **R8**. Der Randstein **R3** wurde ebenfalls als gut beurteilt. **R5** schneidet insbesondere beim kritischsten Manöver schlechter ab als R3.

Die Randsteine **R4** und **R7** sind am schwierigsten ertastbar. Die Hälfte der Testpersonen haben diese beiden Randsteine nicht oder nicht sicher erkannt. Für die ertastbarkeit von Bedeutung ist primär der Neigungswinkel zwischen den angrenzenden Flächen von Trottoir und Fahrbahn. Die beiden Randsteine R4 und R7 bieten nicht genügend Sicherheit, um an verkehrsorientierten Strassen eingesetzt zu werden. Die Tauglichkeit dieser beiden Randsteintypen hängt von ihrem Umfeld ab. Die Einsetzbarkeit ist im Detail noch zu definieren.

Die Stellungnahme der Vertreter der Blindenführhunde zeigt ein ähnliches Bild. Die Randsteine R1, R8 und R6 sind geeignet, die Randsteine R3, R4, R5 und R7 weniger.

Die Zahnlücken sind für die Probanden bezüglich Führung längs (parallel zur Fahrbahn) grösstenteils unproblematisch. Dies gilt auch für die breiteste Zahnlücke (120 cm). Treffen Sehbehinderte aber schräg oder senkrecht auf die Zahnlücke, zeigt sich ein anderes Bild. So wurde der Fahrbahnrand auch bei schmalen Zahnlücken (30 cm) oft erst mit dem Fuss oder gar nicht erkannt.

Hinweis: Der Randabschluss innerhalb der Lücke (Anrampung von ca. 8 - 9°) konnte mit dem weissen Stock nicht ertastet werden. Bei schmalen Lücken wurde entweder mit einem Fuss oder bei der Pendelbewegung mit dem weissen Stock häufig der Randabschluss neben der Lücke erkannt. Dies war beim Randstein R1 einfacher als beim Randstein R4, da die taktile Rückmeldung durch den Absatz eindeutig ist. Bei den Tests war zudem erschwerend, dass auf Seite Fahrbahnrand der Belagsüberbau hoch war. Oft blieb der weisse Stock am Belagsüberbau hängen, wodurch die Pendelbewegung nicht fortgeführt wurde, um den Randabschluss zu ertasten.

Die Beurteilung der verschiedenen Randsteine ergibt folgende Rangfolge:

1. **R1** ist eindeutig am besten ertastbar

2. **R8** und **R6**

3. **R3\*** und **R5**

4. **R4** und **R7** sind am schlechtesten ertastbar. Beim kritischsten Manöver halten sich die negativen und die positiven Bewertungen die Waage. Die Tauglichkeit dieser beiden Randsteintypen hängt von ihrem Umfeld ab (Neigung angrenzende Flächen ...)

\* R3 kann nicht abschliessend beurteilt werden, da der Belagsüberbau ausserordentlich hoch war (16–18 mm).

Alle Zahnlücken sind bezüglich Führung längs grösstenteils unproblematisch. Treffen Sehbehinderte aber schräg oder senkrecht auf die Zahnlücke, kann sie selbst bei schmaler Ausführung (30 cm) problematisch sein.

Entscheidend für die taktile Erkennbarkeit ist nicht nur der Randsteintyp, sondern auch der Neigungswinkel zwischen den angrenzenden Flächen. Dies insbesondere bei schrägen Randabschlüssen.

## 4 Tests Velofahrende

### 4.1 Probanden

Bei der Zusammensetzung der Probandengruppe wurde darauf geachtet, dass diese die tatsächliche Verteilung im Strassenverkehr abbildet. Frauen und Männer unterschiedlichen Alters und verschiedene Velotypen (Alltagsvelo, Rennvelo, E-Bike) mit und ohne Gepäck/Anhänger waren an den Tests beteiligt. Da die Testdurchführung auf kalte Wintertage fiel, beteiligten sich etwas überdurchschnittlich viele Velofahrende, die sich selber als geübte und regelmässige Velofahrende bezeichnen.

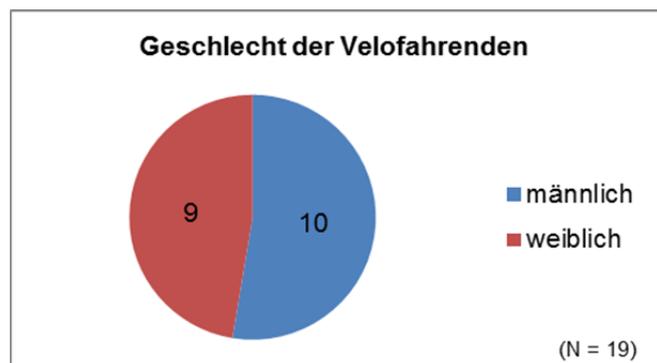


Abbildung 14

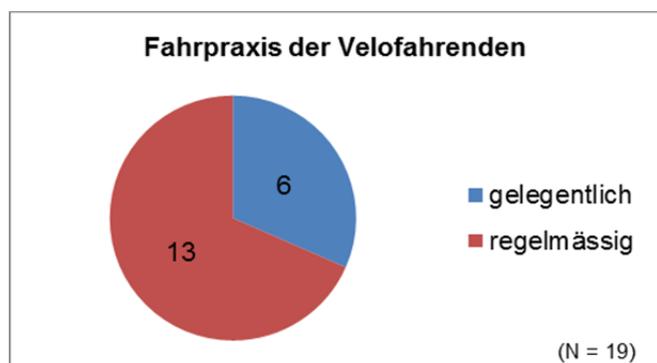


Abbildung 15

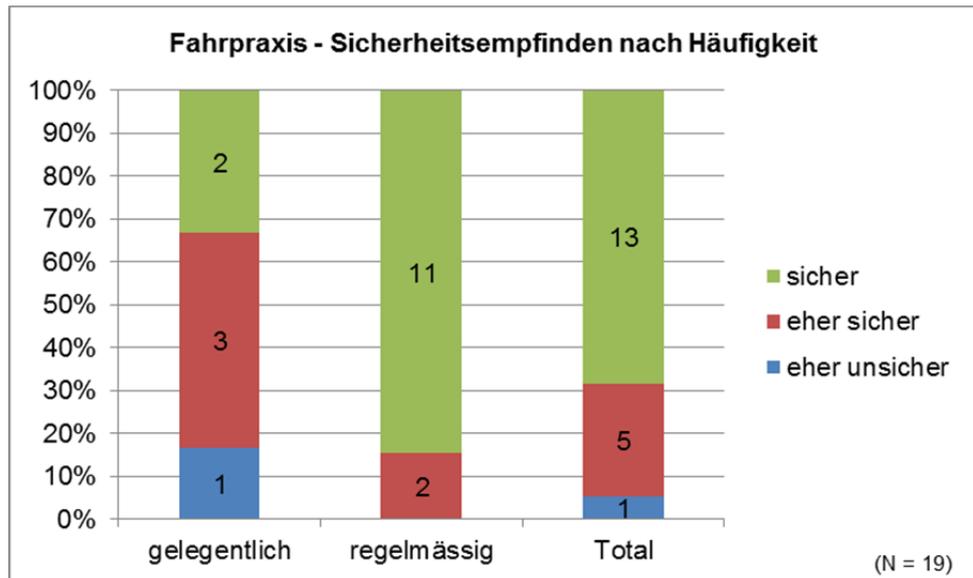


Abbildung 16

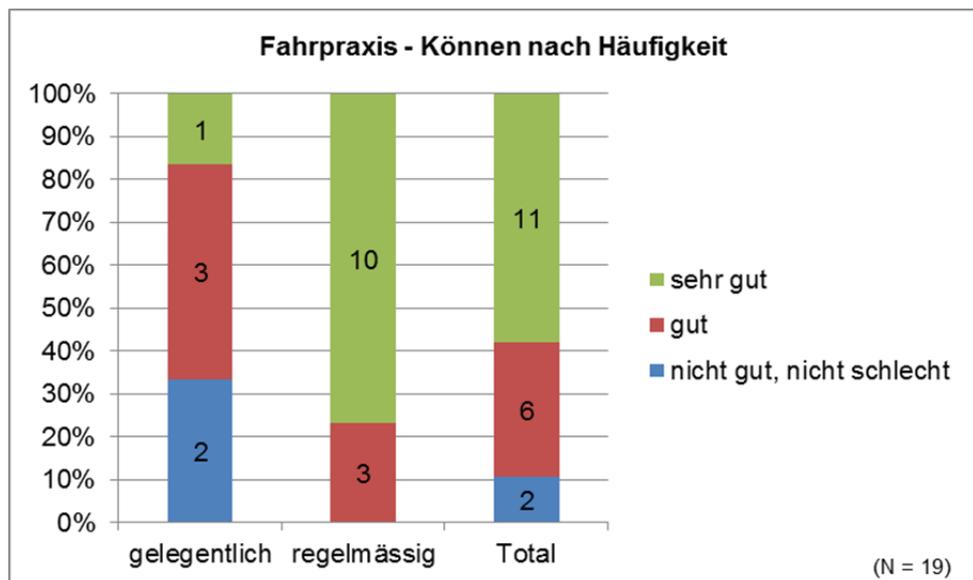


Abbildung 17

#### 4.2 Testablauf

Die Tests wurden durch zwei Gruppen Erwachsener an zwei Tagen von 10–13 Uhr durchgeführt. Das Wetter war kalt, die Strasse jedoch trocken. Hilfspersonen sorgten dafür, dass die Probanden nicht stark durch den Verkehr beeinträchtigt wurden. Die Testpersonen erhielten vorgängig Erläuterungen zum Fragebogen, sie wurden jedoch nicht speziell auf die Geometrien der Testobjekte hingewiesen. Sie durchfuhren die verschiedenen Testobjekte jeweils in langsamem und schnellem Tempo, jedoch ohne vorgegebene Geschwindigkeit; die Probanden sollten selber bestimmen, was sie unter "schnell" und "langsam" verstehen. Zudem wurde jeder Randstein in drei Manövern angefahren: senkrecht, spitzwinklig und Rechtsabbiegemanöver.

## metron

Nach der Befahrung der acht Randsteintypen und einer anschliessenden Pause wurden die Zahnlücken befahren, diese jedoch nur in schnellem Tempo. Zum Abschluss wurden die Testobjekte 1–8 nochmals mit mittlerer Geschwindigkeit senkrecht aufwärts befahren und in einer Gesamtbeurteilung bewertet.

Ebenfalls wurde die Beschleunigung bei der Überfahrt der Randsteine mit einem Messgerät erfasst und ausgewertet.



*Abbildung 18:  
Test mit Velofahrenden*

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Vergleich Fahrmanöver

Anfahrtsgeschwindigkeit

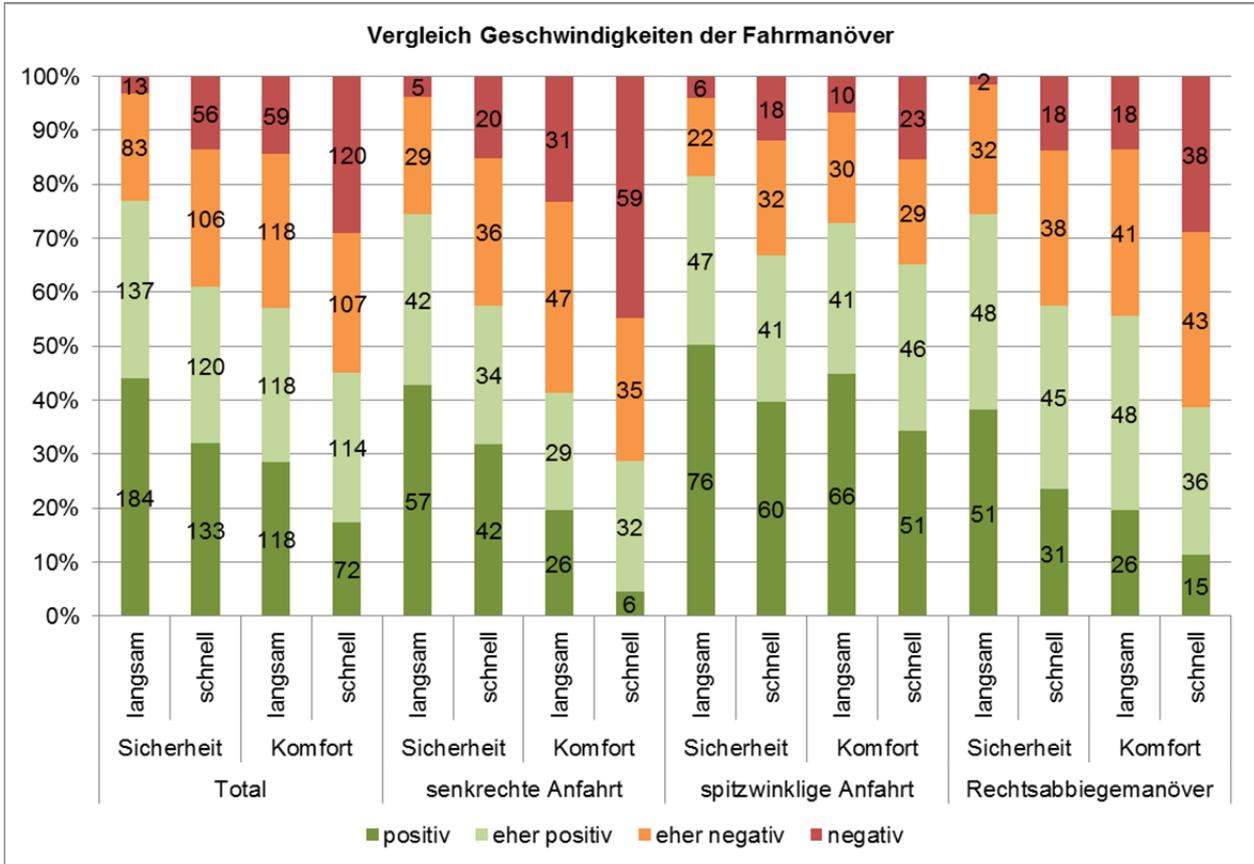


Abbildung 19

Die höhere Geschwindigkeit führt insgesamt zu einer um ca. 10–15% schlechteren Bewertung.

Anfahrtswinkel

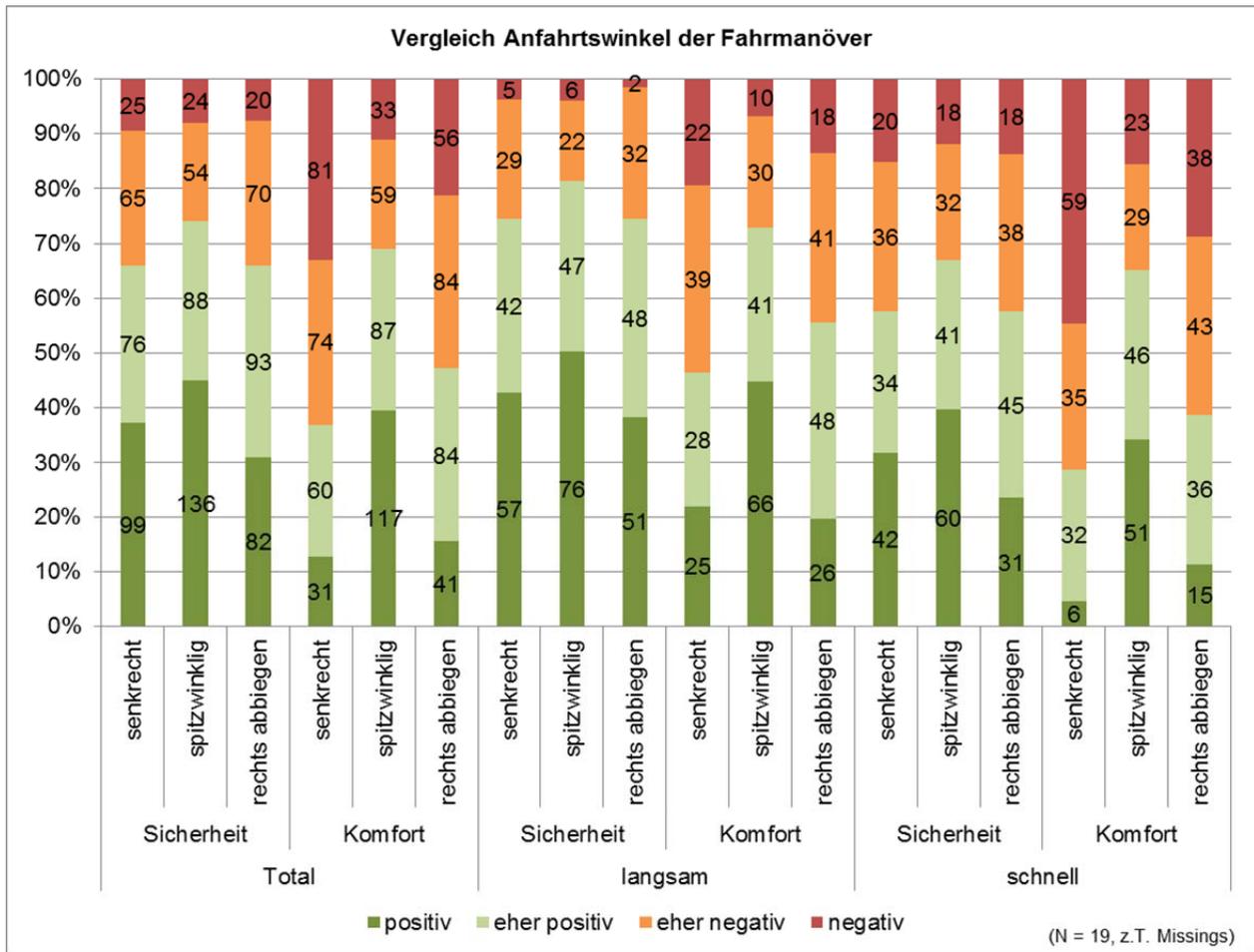


Abbildung 20

Bei den unterschiedlichen Fahrmanövern zeigt sich, dass die spitzwinklge Anfahrt als am sichersten und vor allem am angenehmsten bewertet wird. Die senkrechte Anfahrt sowie das Rechtsabbiegemanöver werden in etwa gleich bewertet. Bei der Beurteilung des Komforts wirken sich die unterschiedlichen Fahrmanöver deutlich stärker aus als bei der Beurteilung Sicherheit.

4.3.2 Vergleich Randsteine

Erkennbarkeit

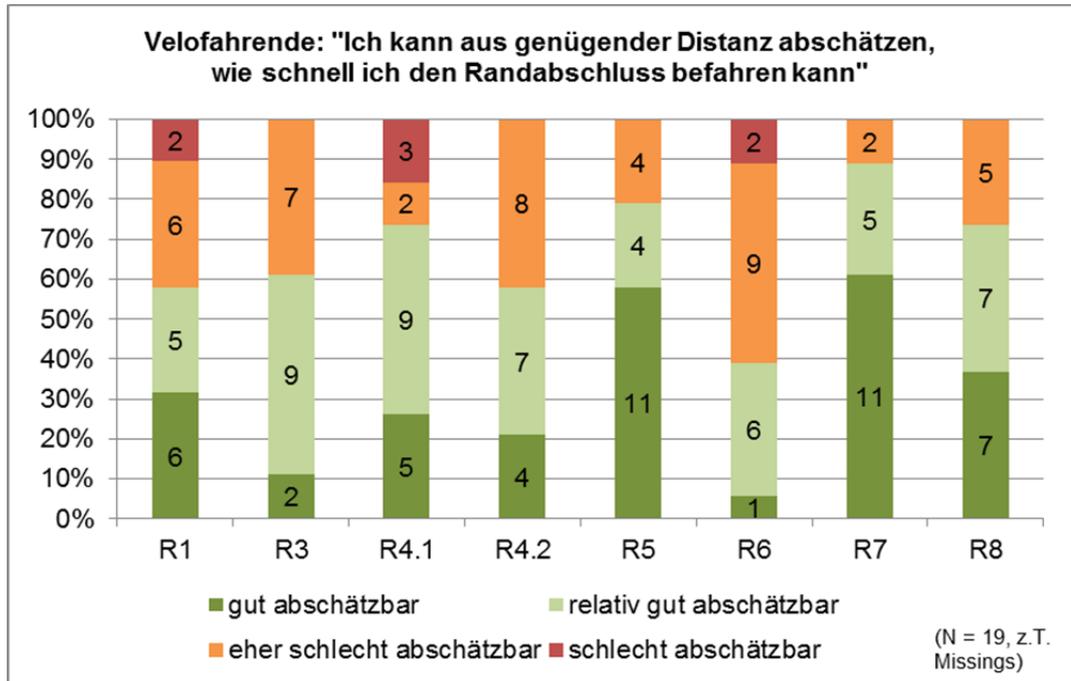


Abbildung 21

Ausser beim Randstein R6, dessen Beschaffenheit offenbar schlecht abschätzbar ist, wird die Erkennbarkeit aller Randsteine mehrheitlich als gut und relativ gut abschätzbar bewertet. Am besten schneidet R7 ab, gefolgt von R5 und R4.1.

Sicherheit

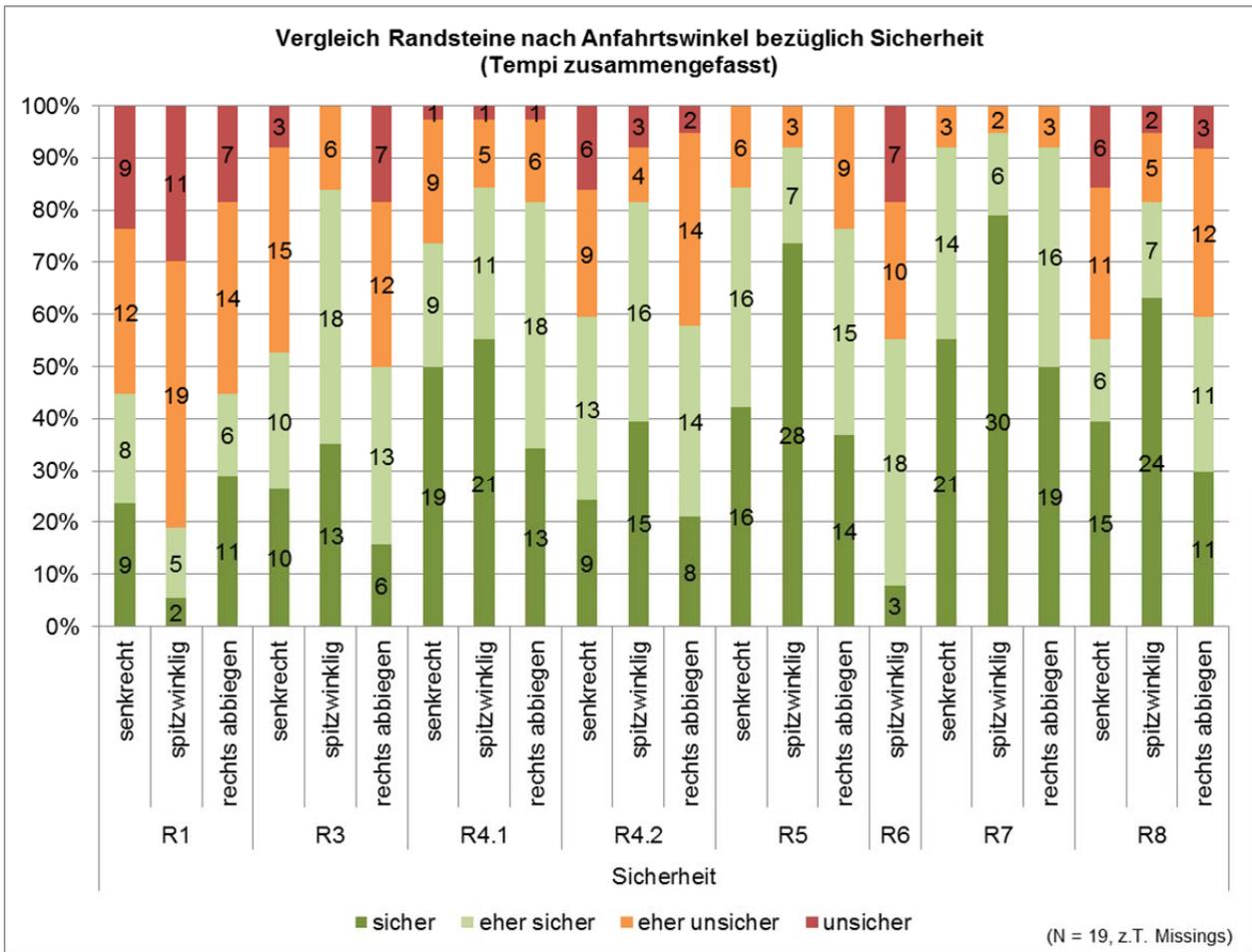


Abbildung 22

Das Sicherheitsempfinden ist bei R7 unabhängig vom Anfahrtswinkel am grössten. Ebenfalls gut schneiden R5, R4.1/R4.2 und R8 ab, teilweise aber mit grösseren Unterschieden je nach Anfahrtswinkel. Am schlechtesten wird R1 bewertet, insbesondere bei der spitzwinkligen Anfahrt.

R1 ist der einzige Randstein, bei dem die spitzwinklige Anfahrt schlechter abschneidet als die senkrechte und das Rechtsabbiegemanöver.

R6 konnte aufgrund der Geometrie des Randsteins nur spitzwinklig befahren werden. Der erhoffte Gewinn der Randsteinform blieb jedoch aus.

Abbildung 23 und Abbildung 24 zeigen dieselbe Auswertung wie Abbildung 22, jedoch getrennt nach langsamer und schneller Anfahrt. Es zeigt sich grundsätzlich das gleiche Bild wie oben beschrieben, nur schneiden bei langsamer Anfahrt alle Randsteine etwas besser, bei schneller Anfahrt etwas schlechter ab.

Bei schneller Anfahrt wird neben R1 auch R6 mehrheitlich negativ bewertet. Je nach Anfahrtswinkel werden zusätzlich R3, R4.2 und R8 mehrheitlich negativ bewertet.

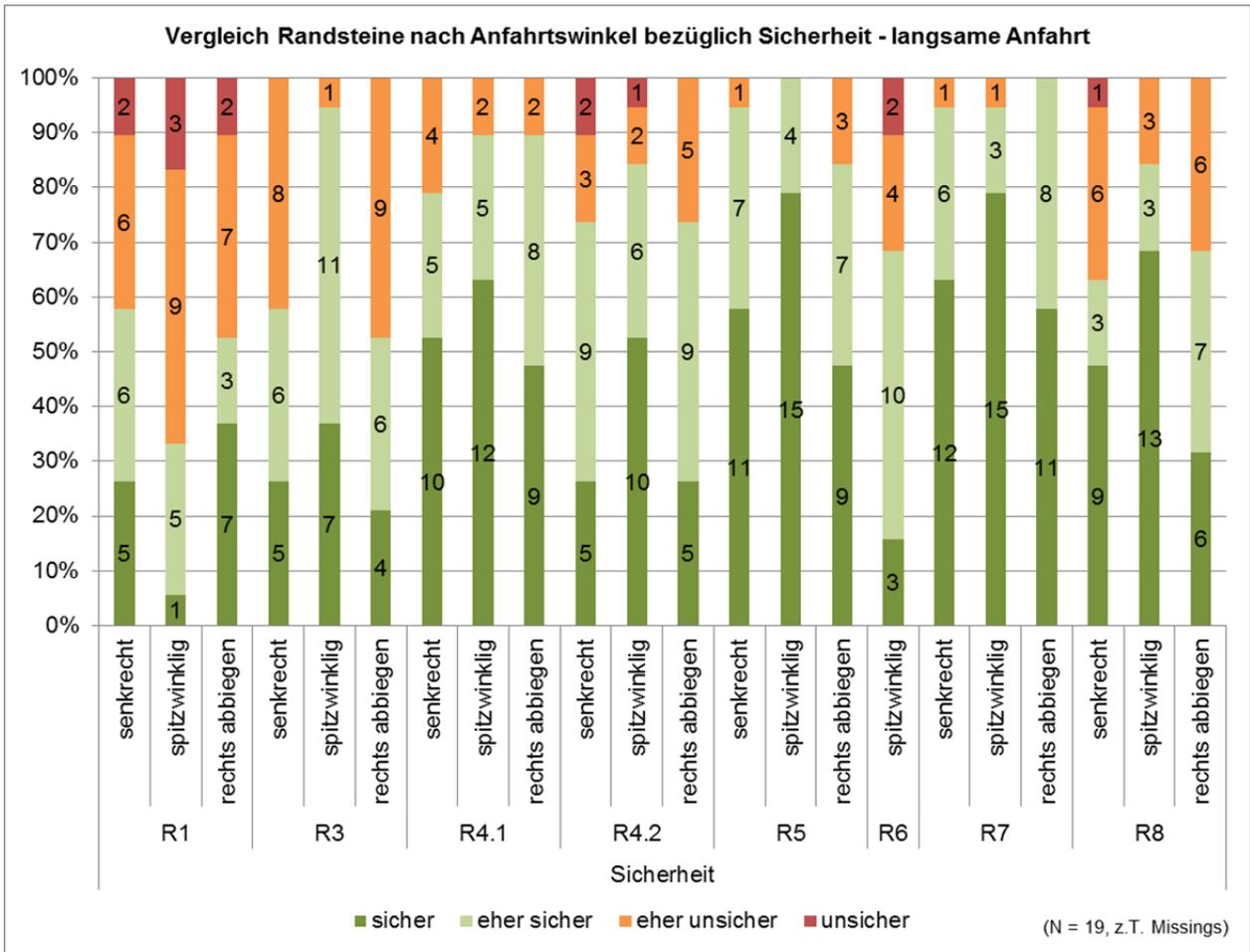


Abbildung 23

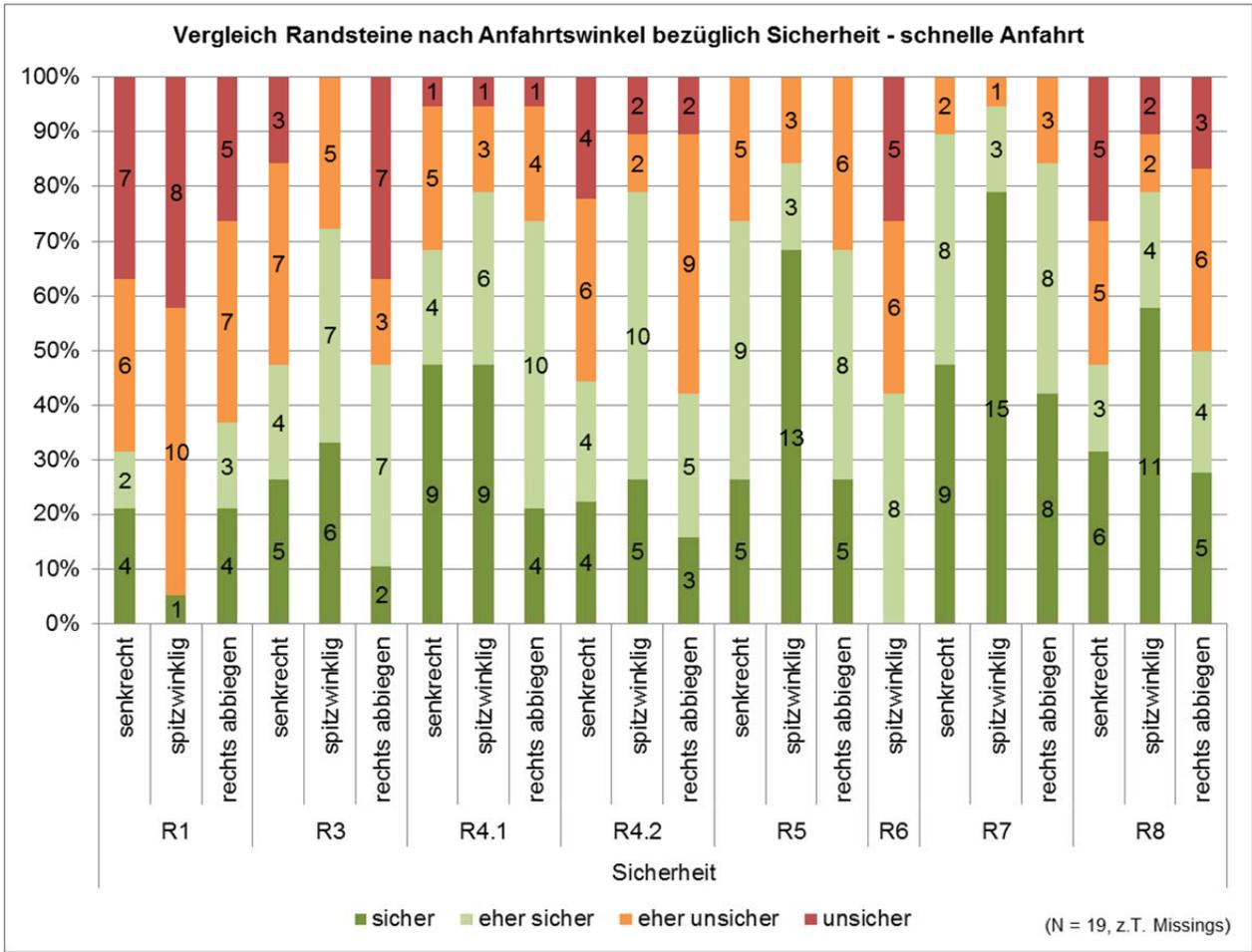


Abbildung 24

Komfort

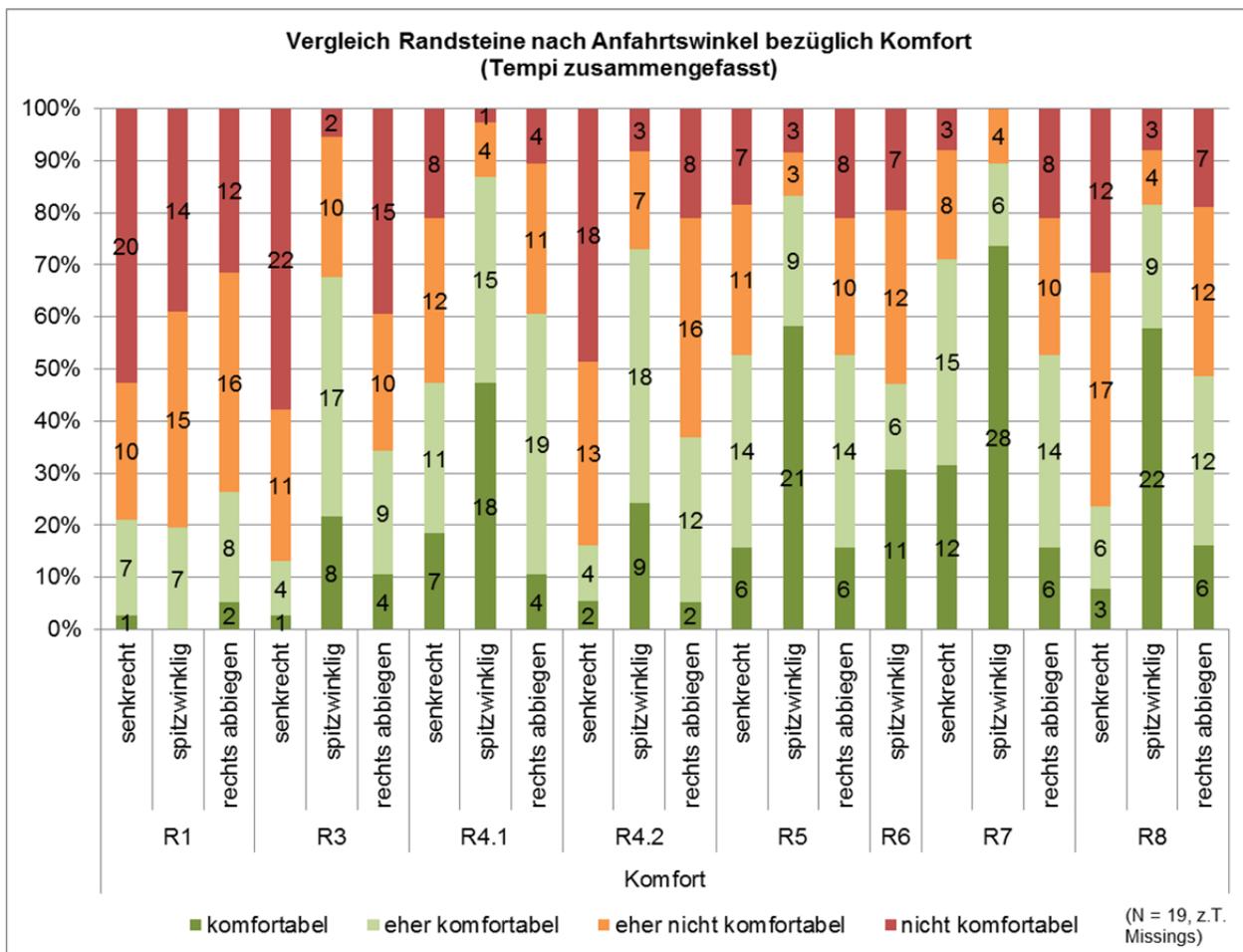


Abbildung 25

Der Komfort beim Befahren der Randsteine unterscheidet sich je nach Anfahrtswinkel enorm. Die spitzwinklige Anfahrt schneidet meist gute 30% besser ab als die anderen Manöver. Nur R7 und R5 erreichen durchwegs positive Bewertungen. Die anderen Randsteine werden je nach Anfahrtswinkel mehrheitlich als unkomfortabel empfunden.

Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen dieselbe Auswertung wie Abbildung 25, jedoch getrennt nach langsamer und schneller Anfahrt.

Es zeigt sich grundsätzlich das gleiche Bild wie oben beschrieben. Bei der langsamen Anfahrt schneiden alle Randsteine etwas besser, bei schneller Anfahrt etwas schlechter ab. Zudem haben bei der langsamen Anfahrt die Anfahrtswinkel einen kleineren Einfluss.

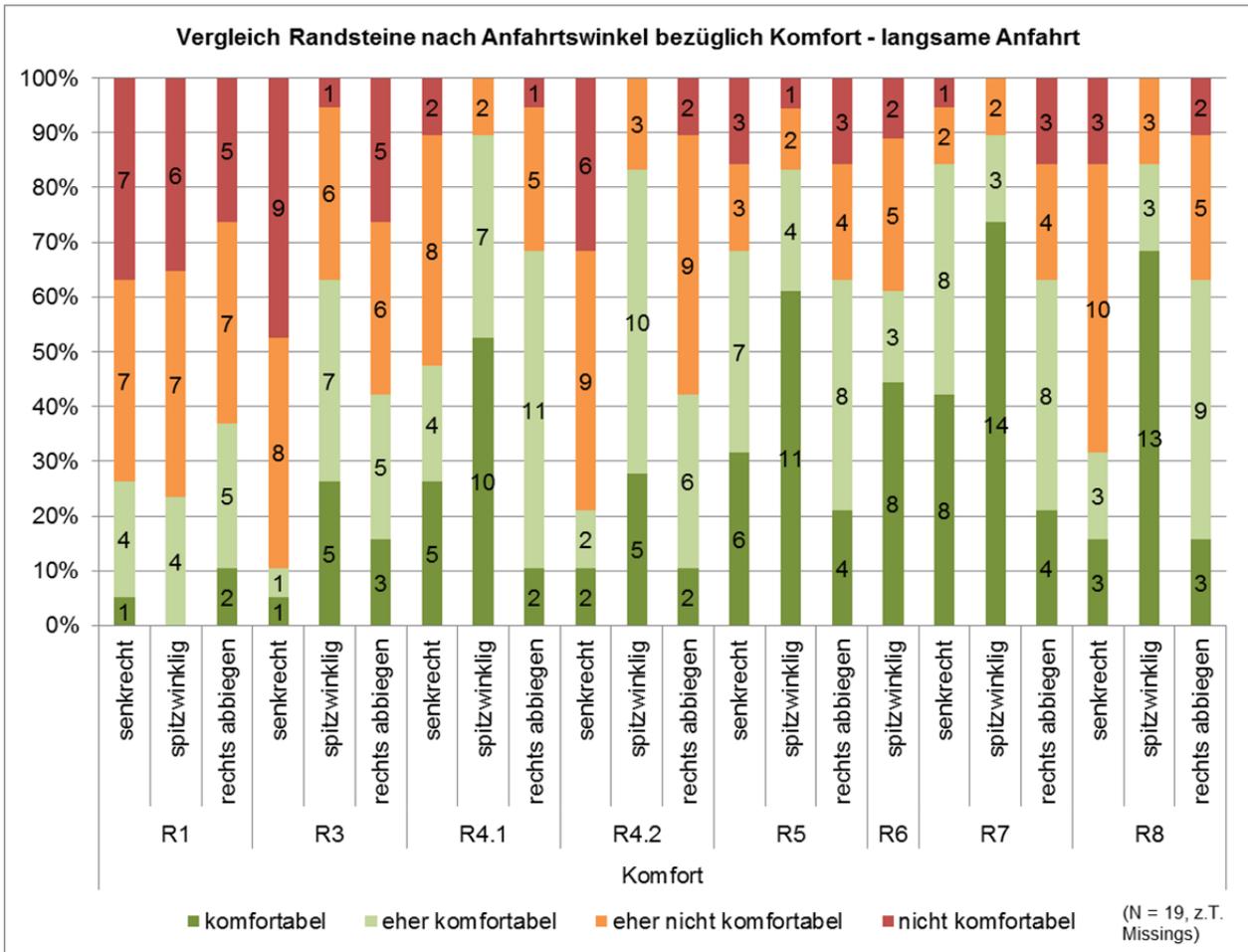


Abbildung 26

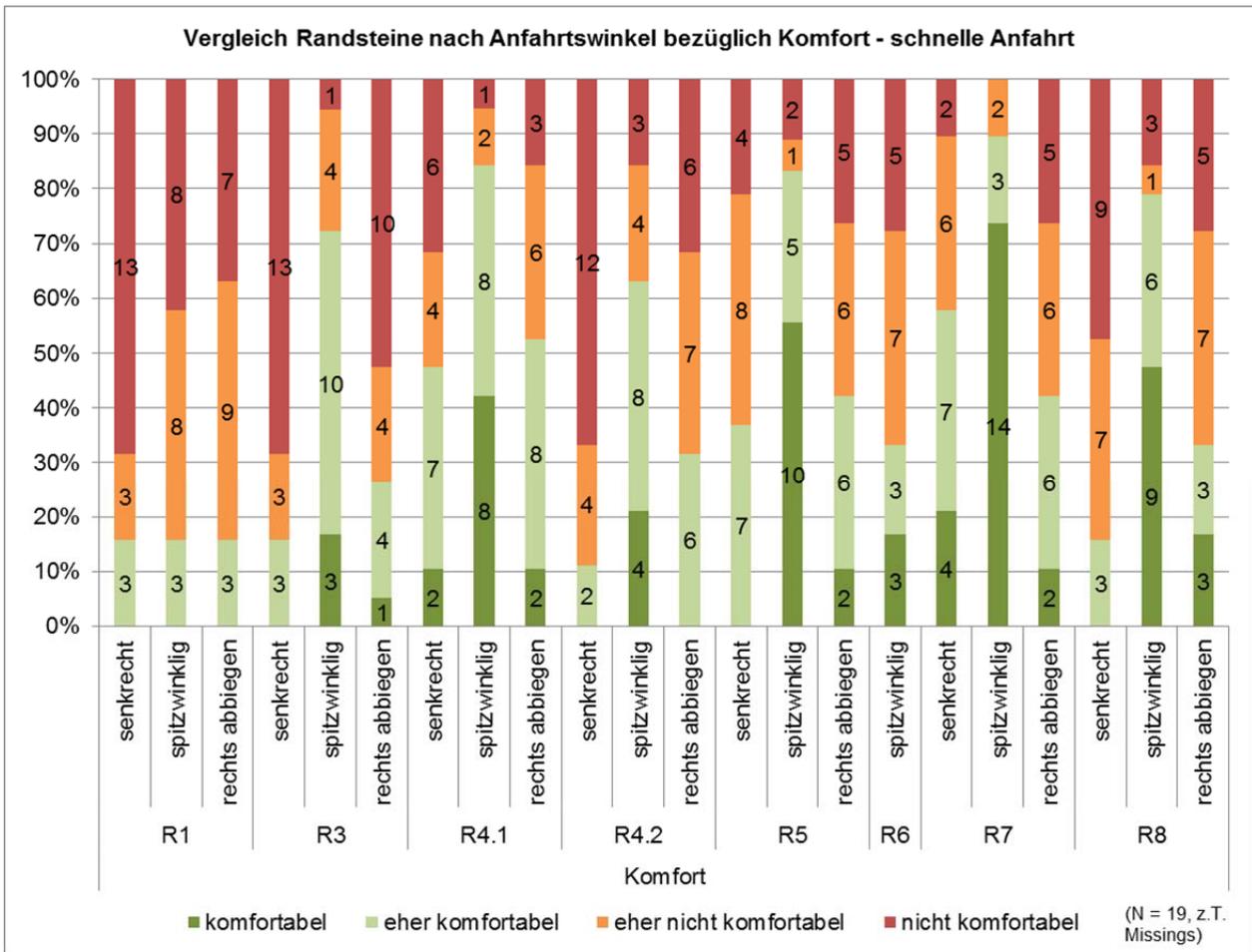


Abbildung 27

#### 4.3.3 Gesamthafte Beurteilung

Zum Schluss des Tests wurden die Velofahrenden um eine Gesamtbeurteilung aller Randsteine gebeten. Dabei wurde ihnen vorgegeben, den Randstein senkrecht und mit mittlerer Geschwindigkeit zu befahren (R6 fehlt daher in dieser Beurteilung). Es handelt sich beim folgenden Boxplot also nicht um einen Zusammenzug der Detailauswertungen (dieser ist in Kapitel 4.3.4 zu finden).

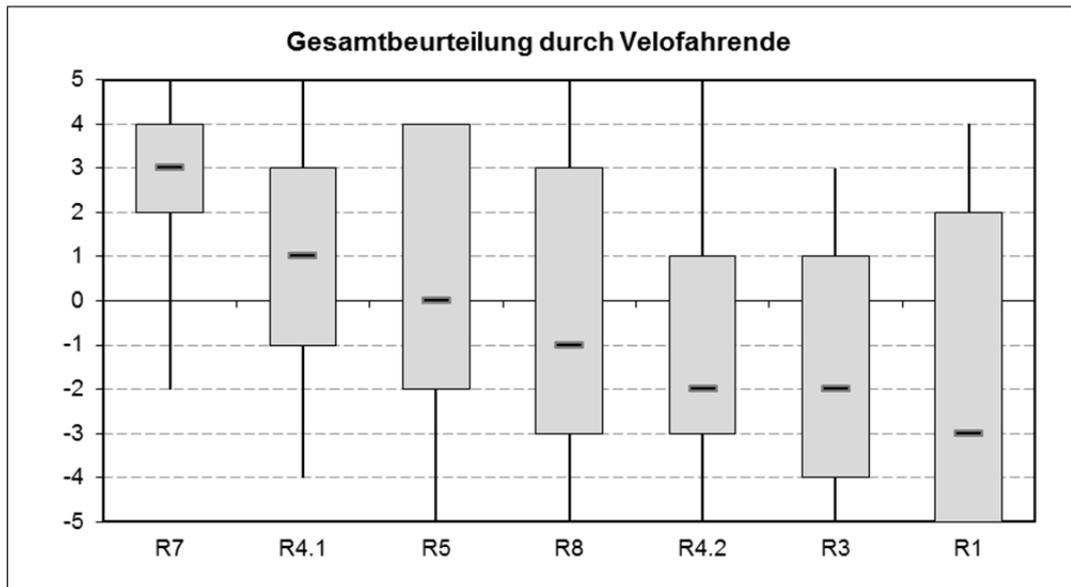


Abbildung 28

Legende Boxplot:

- schwarzer horizontaler Balken: Median der Werte (dieser ist im Gegensatz zum Mittelwert robust gegen Ausreisser).
- grauer Kasten: die Hälfte aller Werte bewegt sich innerhalb dieses Bereichs (zeigt den Streubereich).
- schwarzer vertikaler Strich: Spektrum des Maximal- und Minimalwerts

Lesehilfe: Je höher der Median-Wert, desto besser ist die Beurteilung. Je grösser der graue Kasten, desto uneiniger sind sich die Probanden.

Bei der Gesamtbeurteilung ergibt sich eine deutliche Rangfolge:

5. R7: Median +3 und grosse Einigkeit bei der Beurteilung (kleine Streuung)
6. R4.1: Median +1 und mittlere Streuung hauptsächlich im positiven Bereich
7. R5: Median 0, aber grosse Streuung und negative Ausreisser

Schlechter schneiden die Randsteine R1, R3, R4.2 und R8 ab, die aber z.T. extrem kontrovers beurteilt werden ( $\pm 5$ ). Hinweis: Eine kontroverse Beurteilung könnte auch aufgrund der unterschiedlichen persönlichen Merkmale und unterschiedlichen Typen der Fahrräder zurückgeführt werden. Aufgrund der geringen Anzahl der einzelnen Typen ist dazu keine Auswertung möglich.

Bei Randstein R4.1 weist das angrenzende Trottoir ein positives Gefälle, bei Randstein R4.2 ein negatives Gefälle auf. Die Gesamtbeurteilung wie auch die Messungen (Kap. 4.4) zeigen auf, dass bei einem Vergleich der Randsteine R4, R5 und R8 die Neigung des angrenzenden Trottoirs entscheidender ist als der Randsteintyp. Diese Beobachtung wurde auch bei den Menschen mit Sehbehinderung gemacht.

4.3.4 Rangfolge der Randsteine nach Bewertungsindex

Die Randsteine sind in der folgenden Abbildung nach dem Kriterium der Sicherheit sortiert, da diese am höchsten zu gewichten ist (Berechnungsmethode siehe Kap. 3.3.3). Die Rangfolge ergibt folgendes Bild:

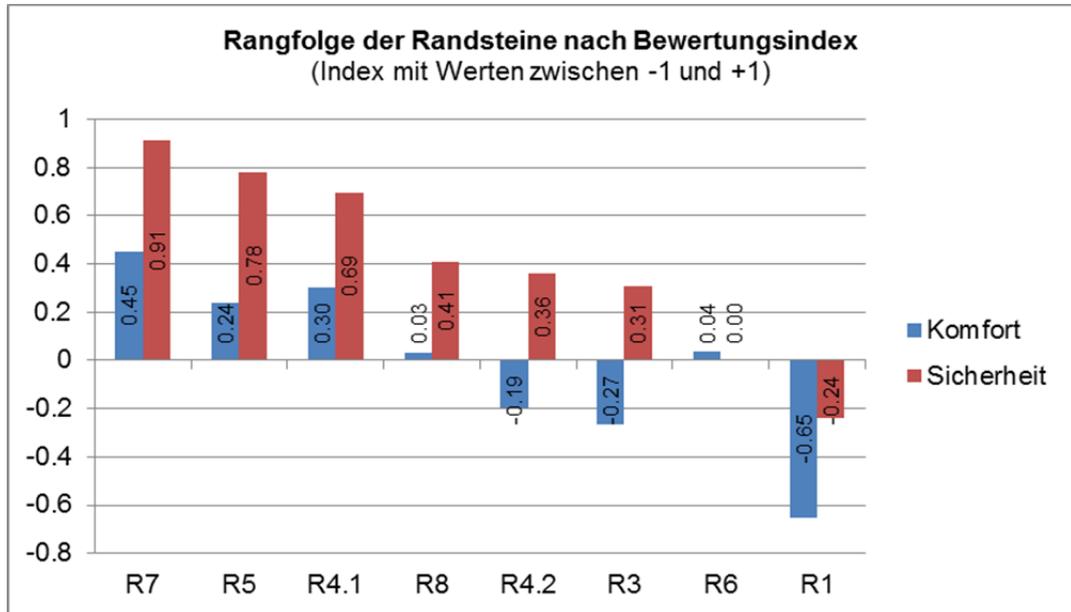


Abbildung 29

Diese Rangfolge der Randsteine aus den Detailfragen stimmt fast exakt mit der Rangfolge der Randsteine nach der Gesamtbeurteilung überein (Kapitel 4.3.3). Allerdings wird bei der Einzelauswertung im Unterschied zur Gesamtbeurteilung R5 besser bewertet als R4.1.

4.3.5 Vergleich Zahnlücken

Erkennbarkeit Zahnlücken

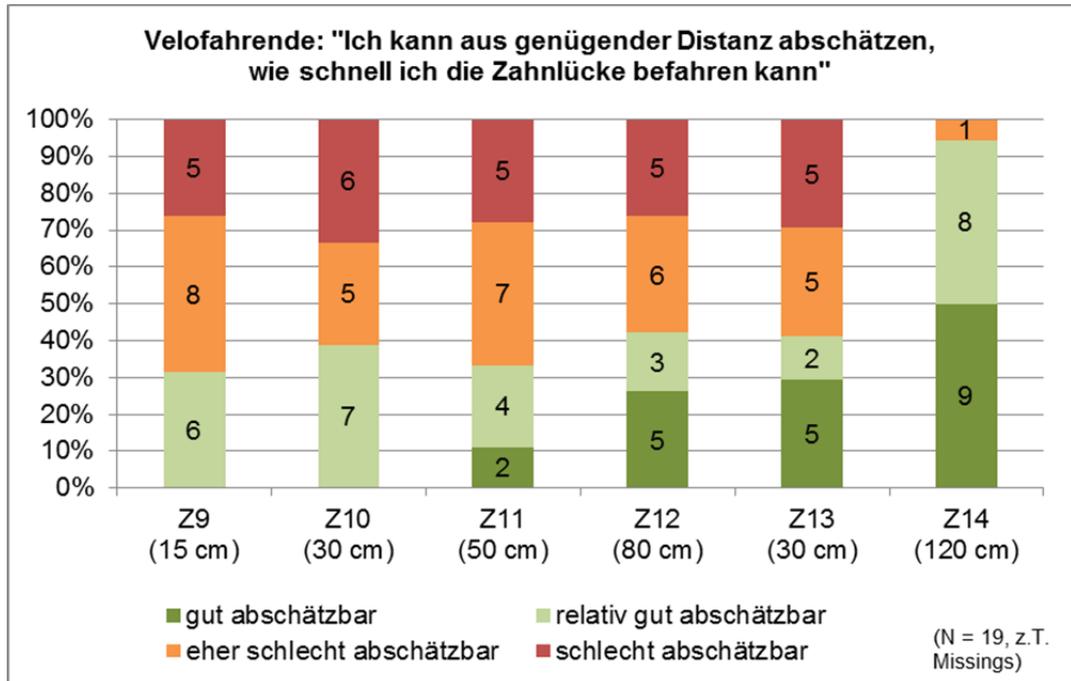


Abbildung 30

Ob eine Zahnlücke aus genügender Distanz abgeschätzt werden kann, hängt von der Breite der Zahnlücke ab.

Die Zahnlücken Z10 und Z13 sind beide 30 cm breit, jedoch in unterschiedliche Randsteine eingebaut. Die Erkennbarkeit von Z13 wird besser beurteilt als diese von Z10. Dies legt die Interpretation nahe, dass sich Zahnlücken im Randstein 1 besser abschätzen lassen als Zahnlücken im Randstein 4.

Beurteilung Zahnlücke im Vergleich zum Randstein

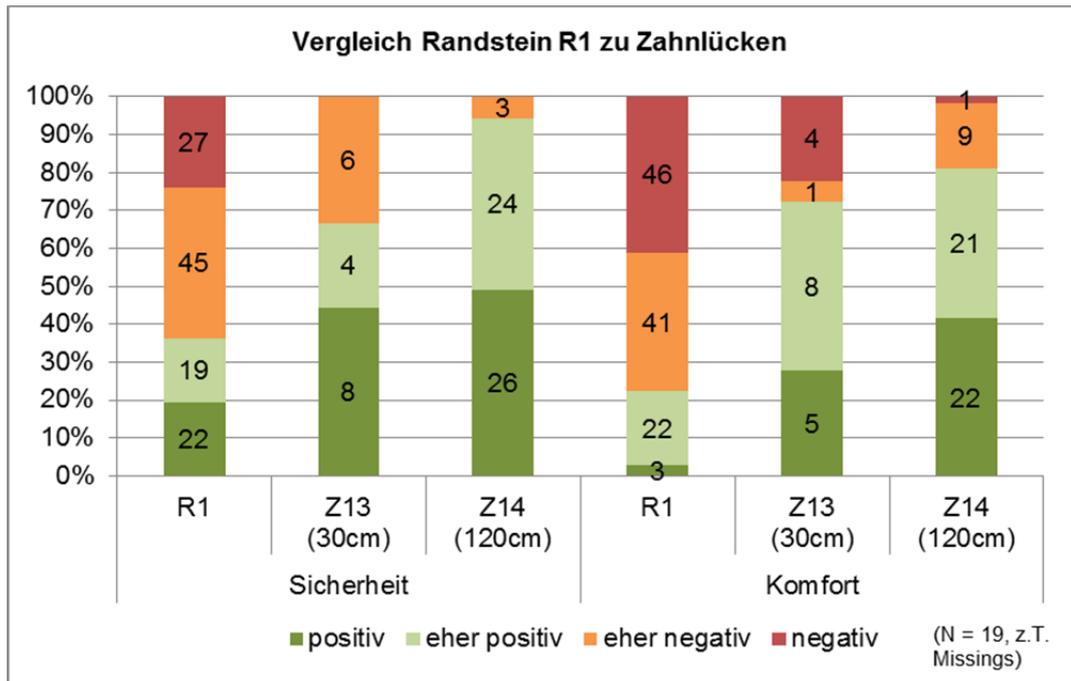


Abbildung 31

Der Einsatz einer Zahnlücke beim ansonsten schlecht bewerteten Randstein R1 vermag den Anteil positiver und negativer Bewertungen umkehren. Bei der Zahnlücke Z13 fällt die Bewertung der Sicherheit mehrheitlich positiv, bei der breiten Zahnlücke Z14 sogar fast durchwegs positiv aus.

Bezüglich des Komforts verhält es sich ähnlich, wobei der Gewinn durch den Einsatz einer breiteren Zahnlücke nicht mehr gross ist.

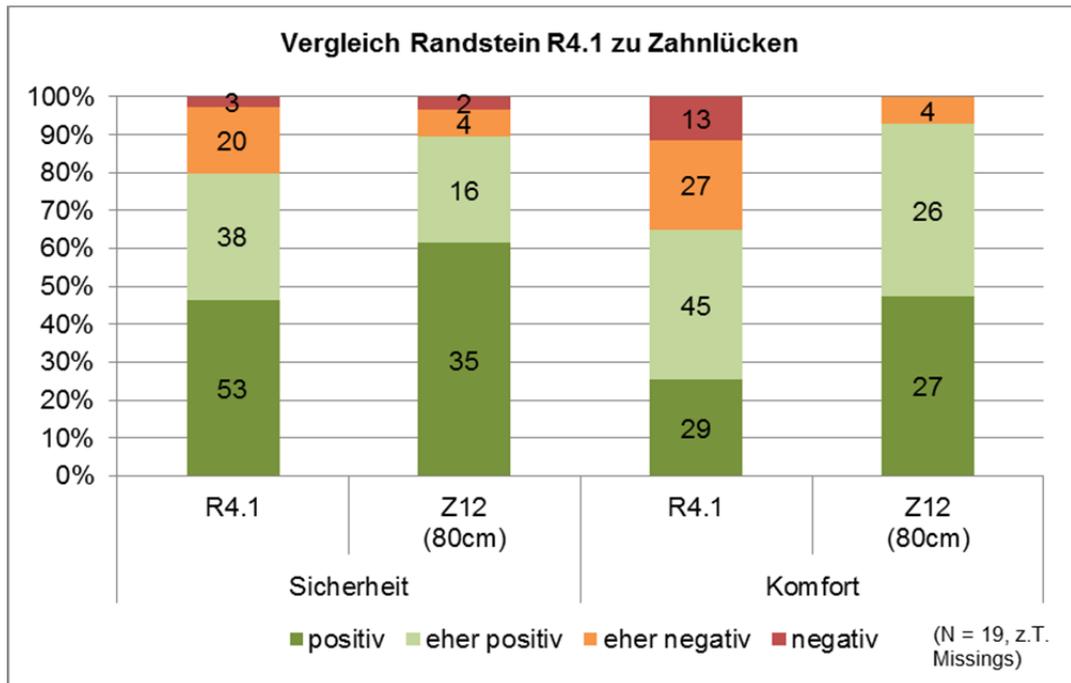


Abbildung 32

Im Gegensatz zum Randstein R1 fallen beim bereits gut bewerteten Randstein R4.1 die Bewertungen mit einer Zahnlücke nicht mehr viel höher aus.

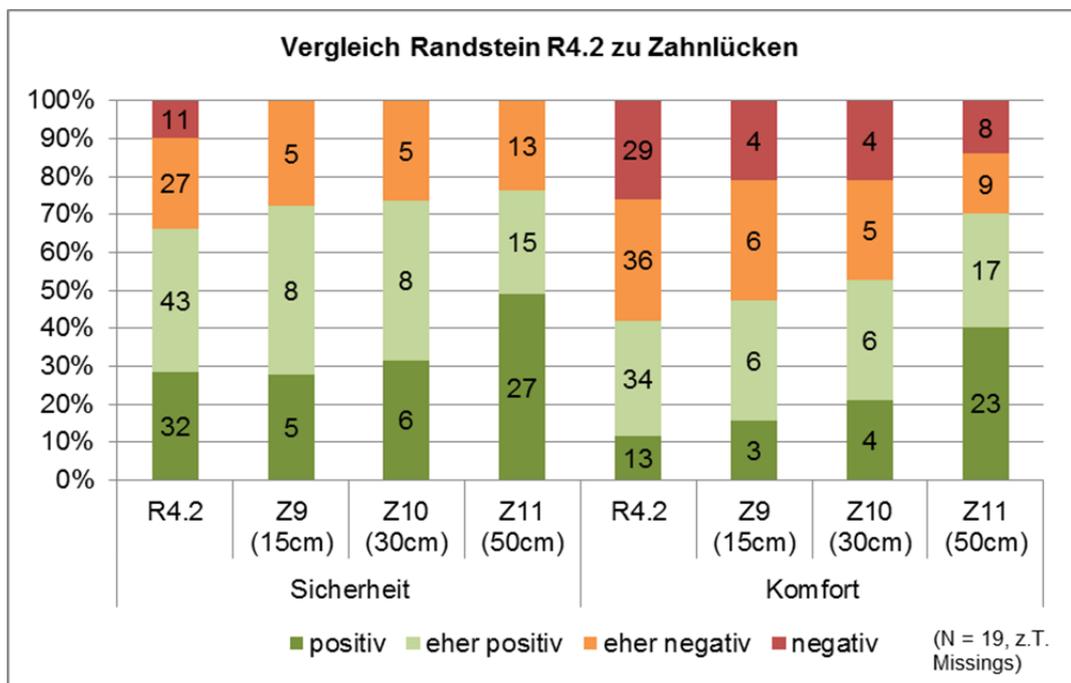


Abbildung 33

Die Breite der Zahnlücke hat bezüglich der Sicherheit nur einen geringen Einfluss. Die Bewertung der Sicherheit verbessert sich zwar, je breiter die Zahnlücke ausgeführt ist, aber nur in einem kleinen Ausmass. Für den Komfort hat die Breite aber einen relevanten Einfluss: bei 50 cm liegen die Bewertungen um rund 30% höher als bei 15 cm.

#### 4.4 Ergebnisse Beschleunigungsmessgerät

Die Randsteine wurden im Tempo von ca. 14 km/h angefahren. Jeder Anfahrtswinkel wurde fünfmal angefahren. Das Messgerät zeichnet die Beschleunigung auf. Das Gerät kann eine maximale Beschleunigung von 16 g aufzeichnen. Die Messgrenze wurde teilweise erreicht.

Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass die Messwerte den Durchschnitt aus fünf Messungen darstellen, wobei die einzelnen Messwerte teilweise deutlich voneinander abweichen.



Abbildung 34  
Testvelo und Messgerät

Durchschnittlicher Ausschlag je Fahrmanöver

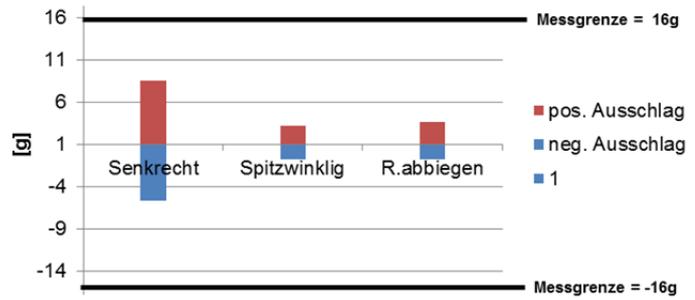
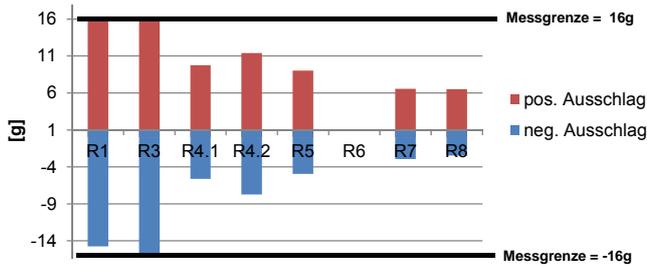


Abbildung 35

Abbildung 35 zeigt die Stärke des Ausschlags auf dem Messgerät je nach Fahrmanöver. Es ist naheliegend, dass die senkrechte Anfahrt zum grössten Schlag führt. Die spitzwinklige Anfahrt und das Rechtsabbiegemanöver führen zu ähnlichen Belastungen.

Vergleich Randsteine - Anfahrt senkrecht



Zahnlücken - Anfahrt senkrecht

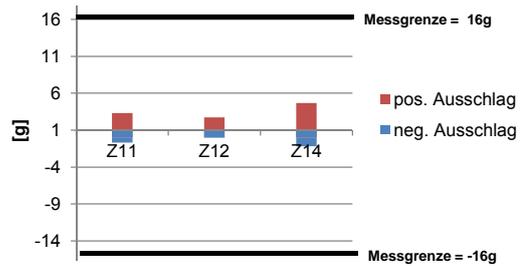


Abbildung 36

Vergleich Randsteine - Anfahrt spitzwinklig



Zahnlücken - Anfahrt spitzwinklig

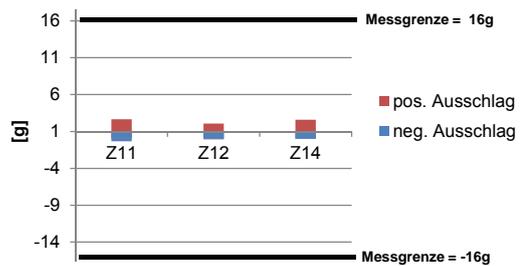


Abbildung 37

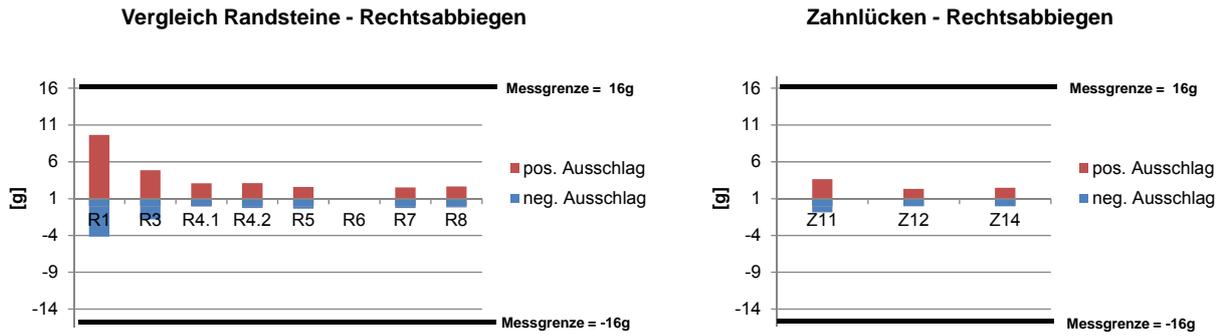


Abbildung 38

Der Vergleich zwischen den Randsteinen bestätigt die Bewertungen der Testpersonen: R1 und R3 führen bei senkrechter Anfahrt zu grossen Beschleunigungen, die Messgrenze wurde dabei überschritten. R4, R5, R7 und R8 führen zu kleineren, untereinander ähnlichen Beschleunigungen. Die Unterschiede zwischen R4.1 und R4.2 verdeutlichen, dass die Neigungswinkel der angrenzenden Fahrbahn respektive des Trottoirs Einfluss haben.

Im Vergleich zu der senkrechten Anfahrt sind die Belastungen bei der spitzwinkligen Anfahrt und beim Rechtsabbiegemanöver deutlich geringer. R1 führt aber auch bei diesen Manövern zu einer hohen Beschleunigung.

Bei der Befahrung der Zahnlücken wurden deutlich geringere Beschleunigungen gemessen als neben der Zahnlücke. Bei Z14 (in Randstein 1) gilt dies für alle Fahrmanöver, bei Z11 (in Randstein 4.2) und Z14 (in Randstein R4.1) für die senkrechte Anfahrt.

#### *4.5 Ergebnisse Schüler*

Testpersonen: 11 Fünftklässler aus dem Schulhaus Limmat B, 8005 Zürich

Gefahrenes Velos: Mountainbikes, Citybikes

##### *Allgemeine Beobachtungen*

- Kinder mit Mountainbikes (breitere Reifen und gefederte Gabeln) fahren problemlos und unbeeindruckt in allen Richtungen über die Randsteine. Diejenigen mit schmalen Reifen fahren eher vorsichtig, aber immer noch zügig. Sie klagen auch eher über "unangenehme" Schläge.
- Unsichere/jüngere Kinder fahren vorsichtiger über die Randabschlüsse, egal um welchen Typ es sich handelt.
- Viele Kinder steigen vor dem Überfahren des Randabschlusses unbewusst aus dem Sattel. Auch dies unabhängig vom Typ.
- Im Übrigen lassen sich die Kinder wenig beeindrucken und zeigen selten Unsicherheiten.

##### *Auswertung der Befahrung der Randabschlüsse*

Im Gesamtfazit schwingt bei den Kindern der Randabschluss R5 eindeutig obenauf. Alle Kinder sind der Ansicht, dass er der Beste ist. Einzig beim spitzwinkligen Befahren finden zwei Kinder, dass R8 besser ist.

##### *Auswertung der Befahrung der Zahnlücken*

Hier zeigt sich eindeutig, dass die Zahnlücken Z13 und Z14 leichter zu erkennen, die Zahnlücken Z9–Z11 jedoch besser zu befahren sind. Bei den schmalen Zahnlücken bis und mit 50 cm Breite wurde beobachtet, dass das "Treffen" dieser Zahnlücken hohe Konzentration erforderte.

## 4.6 Zusammenfassung

### *Randsteine*

Die Probanden haben die Randsteine mit drei verschiedenen Fahrmanövern angefahren: senkrecht, spitzwinklig und rechtsabbiegend. Die spitzwinklige Anfahrt wird, mit Ausnahme jener des Randsteins 1, als am sichersten und angenehmsten beurteilt. Die senkrechte Anfahrt und das Rechtsabbiegemanöver werden in etwa gleich beurteilt. Die Messungen mit dem Beschleunigungsmessgerät bestätigen die Beurteilungen der Probanden.

Zudem wurden die Randsteine schnell und langsam angefahren. Der Unterschied zwischen den beiden Tempi führte zu einer um ca. 10–15% abweichenden Bewertung.

Die Randsteintypen werden durch die Probanden sehr unterschiedlich beurteilt. Beispielsweise fühlen sich über 90% der Probanden beim Befahren des Randsteins 7 sicher oder eher sicher. Beim Befahren des Randstein R1 sind es gerade noch 35% (Tempi zusammengefasst).

In der Gesamtbeurteilung schneidet der Randstein **R7** am besten ab. Ebenfalls bevorzugt werden die Randsteine **R5** und **R4**. **R8** liegt in der Mitte. **R3** wird am zweit schlechtesten, **R1** am schlechtesten beurteilt. Die Beurteilungsergebnisse der Randsteine im Mittelfeld liegen nahe beieinander. Die negative oder positive Neigung des angrenzenden Trottoirs bzw. der Fahrbahn beeinflusst die Beurteilung stärker als der Randsteintyp.

Der Randstein **R6** ist für die spitzwinklige Anfahrt konzipiert, bringt allerdings nicht den erhofften Komfort. Auch die Messwerte zeigen bei diesem Randstein eine hohe Beschleunigung, die nur beim Befahren vom Randstein R1 übertroffen wird.

Die Randsteine wurden ausserdem von einer Schülergruppe getestet. Die Kinder befahren die Randsteine mit ähnlicher Sicherheit wie die erwachsenen Probanden. Es ist nicht davon auszugehen, dass die Randsteine eine spezielle Gefährdung für Kinder darstellen.

### *Zahnlücken*

Die Zahnlücken **Z13** und **Z14** sind in Randstein R1 ausgeführt. Der Einsatz dieser Zahnlücken (30 cm und 120 cm breit) wird beim ansonsten schlecht bewerteten Randstein R1 als eindeutige Verbesserung beurteilt. Die Messungen der Beschleunigung bestätigen die Ergebnisse.

Die Zahnlücken **Z9–Z12** sind in den Randstein 4 eingebaut. Die Wirkung dieser Zahnlücken ist im Vergleich zu Z13 und Z14 geringer. Zahnlücken werden ab einer Breite von 50 cm als eindeutige Verbesserung beurteilt. Die Zahnlücken sind ohne Markierung schwierig erkennbar.

Die Breite der Zahnlücken hat in Randstein 1 insbesondere wesentlichen Einfluss auf die Beurteilung der Sicherheit, bei Zahnlücken in Randstein 4 auf die Beurteilung des Komforts.

Die Kinder benötigten zur Befahrung der Zahnlücken bis ca. 50 cm Breite erhöhte Konzentration.

Die Beurteilung der Randsteine ergibt folgende Rangfolge:

1. **R7** wird klar favorisiert
2. **R4** und **R5**
3. **R8**
4. **R3\***, **R6**
5. **R1** wird am schlechtesten beurteilt. Zwei Drittel der Probanden fühlten sich beim Befahren des Randsteins eher unsicher resp. unsicher.

\* R3 kann nicht abschliessend beurteilt werden, da der Belagsüberbau ausserordentlich hoch ist (16–18 mm).

In Randstein 1 bringen Zahnlücken ab 30 cm Breite eine deutliche Verbesserung. Zahnlücken bis ca. 50 cm Breite können erhöhte Konzentration erfordert und ablenken.

In Randstein 4 bringen Zahnlücken ab 50 cm Breite eine deutliche Verbesserung. Zahnlücken in Randstein 4 sind ohne Markierung schwer erkennbar.

Entscheidend für das Sicherheitsgefühl und den Komfort sind nicht nur der Randsteintyp, sondern auch die Neigungen der angrenzenden Flächen sowie die Bauausführung (z.B. Belagsüberbau).

## 6 Tests Menschen im Rollstuhl

### 6.1 Probanden

Acht der 12 Probanden im Rollstuhl benützen einen Handrollstuhl, vier einen Elektrorollstuhl.

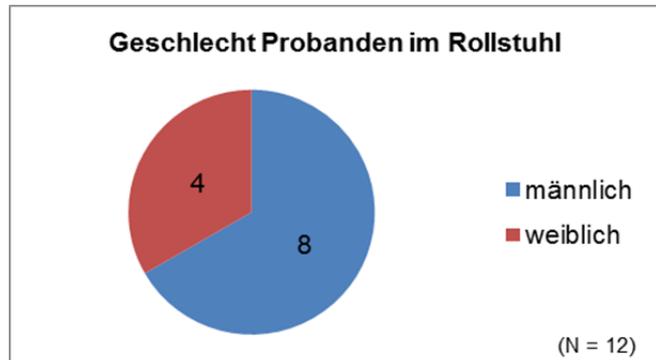


Abbildung 39.



Abbildung 40

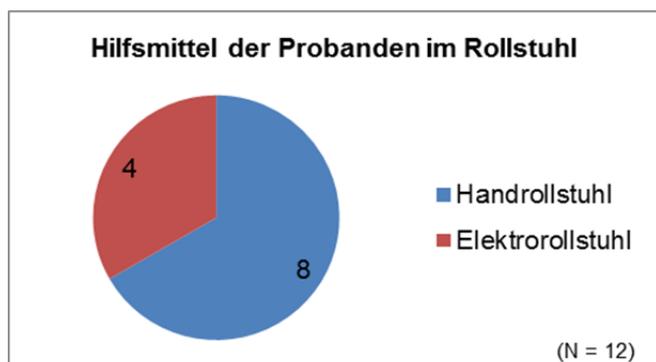


Abbildung 41

## 6.2 Testablauf

Die Rollstuhlfahrenden haben die Randsteine mit Höhen  $\leq 60$  mm getestet. Die höheren Randsteine (R6 und R8) mussten zum Vornherein ausgeschlossen werden, da sie für die meisten Personen im Rollstuhl nicht befahrbar und zu gefährlich sind. Aufgrund der Rollstuhlbreite wurden von den Zahnücken nur jene mit 80 cm und 120 cm Breite getestet.

Die Probanden haben die Testobjekte vor dem ersten Manöver begutachtet und in ihrer Befahrbarkeit abgeschätzt. Die Erkennbarkeit von Gefahren beeinflusst die Technik, die angewendet wird (z.B. vorwärts oder rückwärts befahren, gerade oder diagonal, anheben der Vorderräder und Balancieren auf den Hinterrädern, soweit es die persönlichen Fähigkeiten ermöglichen). Die Einschätzung der Befahrbarkeit hat für die Sicherheit deshalb eine grosse Bedeutung.

Danach haben die Testpersonen den Randstein abwärts und aufwärts jeweils langsam und schnell befahren:

Befahren abwärts langsam: Beurteilt wurde die Kippgefahr und die Gefahr aus dem Rollstuhl zu rutschen. Dazu wurde auch festgehalten ob die Fussstützen aufsetzen oder freiliegen. Mit dem Handrollstuhl wurde beurteilt, wie gross der Kraftaufwand ist um die Vorderräder aus der Wasserführung zu heben.

Befahren aufwärts langsam: Beurteilt wurden die Kippgefahr und der Kraftaufwand, der erforderlich ist, um die Niveaudifferenz zu überwinden. Teilweise blieben ausserdem beim Befahren aufwärts die Fussstützen hängen. Bei Anrampungen von mehr als 16 cm Länge muss am Handreif (Antriebsrad) nachgegriffen werden. Auch Personen im Elektrorollstuhl haben ihren Kraftaufwand bewertet. Ihre Aussagen beziehen sich auf die Kraft, die erforderlich ist, um den Rollstuhl zu steuern und die korrekte Sitzposition zu halten.

Befahren abwärts aus der Fahrt: Dieses Manöver können Handrollstuhlfahrende ausüben, wenn sie in der Lage sind, die Vorderräder anzuheben und auf den Hinterrädern zu balancieren.

Befahren aufwärts aus der Fahrt: Mit dem Handrollstuhl reduziert der Schwung den Kraftaufwand, erfordert hingegen präzise Koordination und Timing, damit die Vorderräder im richtigen Augenblick angehoben werden.

Mit dem Elektrorollstuhl beeinflusst die Geschwindigkeit sowohl aufwärts wie abwärts den Schlag und damit die Erschütterungen, die auf die Person übertragen werden. Diese können dazu führen, dass die Hand vom Steuerknüppel rutscht bzw. dass die Person im Stuhl verrutscht. Eine höhere Geschwindigkeit erhöht zudem die Kippgefahr.

# metron



Abbildung 42: Befahrbarkeit abwärts



Abbildung 43: Befahrbarkeit aufwärts



Abbildung 44: Befahrbarkeit abwärts langsam

### 6.3 Ergebnisse

#### 6.3.1 Vergleich Befahrbarkeit

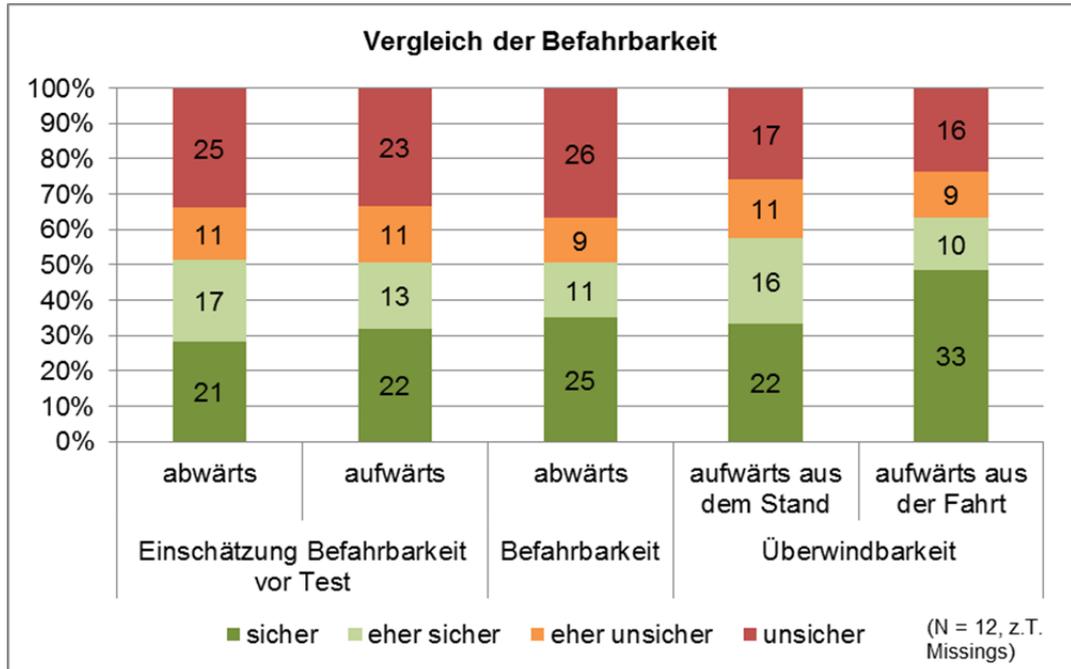


Abbildung 45

Unabhängig vom Randstein deckte sich die Einschätzung der Befahrbarkeit vor dem Test in der Regel mit der Bewertung des tatsächlich gefahrenen Manövers. Allerdings fiel die Bewertung der Randsteine vor dem Test tendenziell negativer aus als nach dem Test.

Abwärts fühlten sich die Probanden unsicherer als aufwärts. Die Überwindbarkeit aufwärts aus der Fahrt wird als leicht sicherer beurteilt als aus dem Stand.

#### 6.3.2 Vergleich Randsteine

##### Einschätzung der Befahrbarkeit vor dem Test

Abbildung 46 zeigt die Einschätzung der Randsteine vor dem Befahren.

R4.1, R1 und R7 wurden vor dem Test als am sichersten eingeschätzt. R6 wurde durchwegs als unsicher eingestuft – was sich beim späteren Befahren bestätigt hat. Dies trifft in ähnlichem Ausmass für R8 zu.

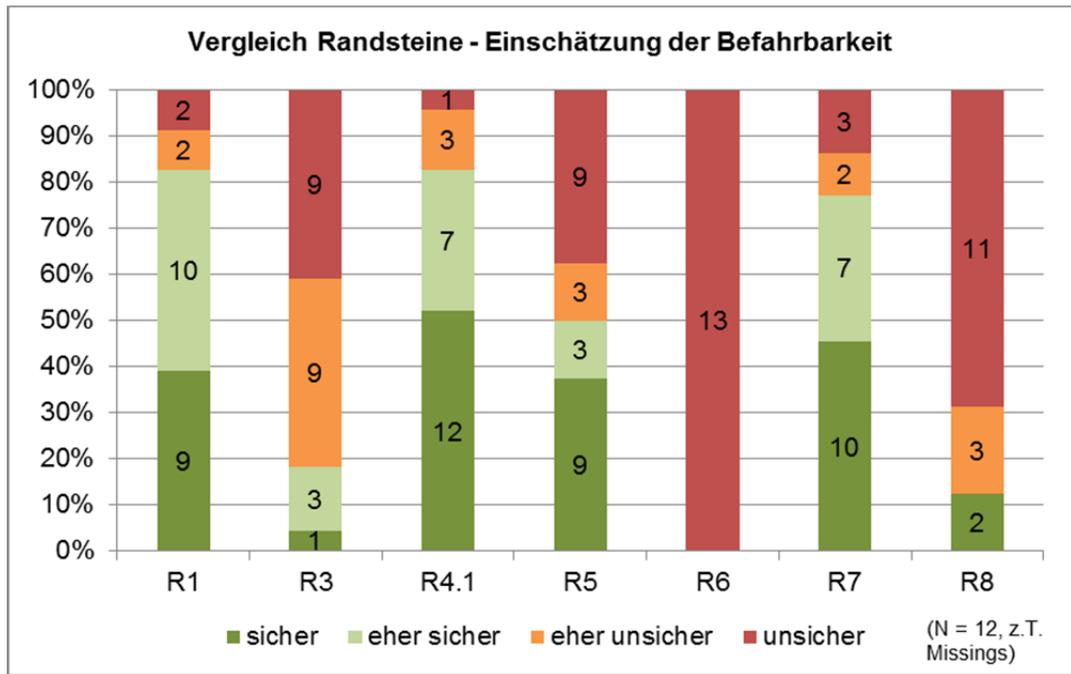


Abbildung 46

*Befahrbarkeit und Überwindbarkeit*

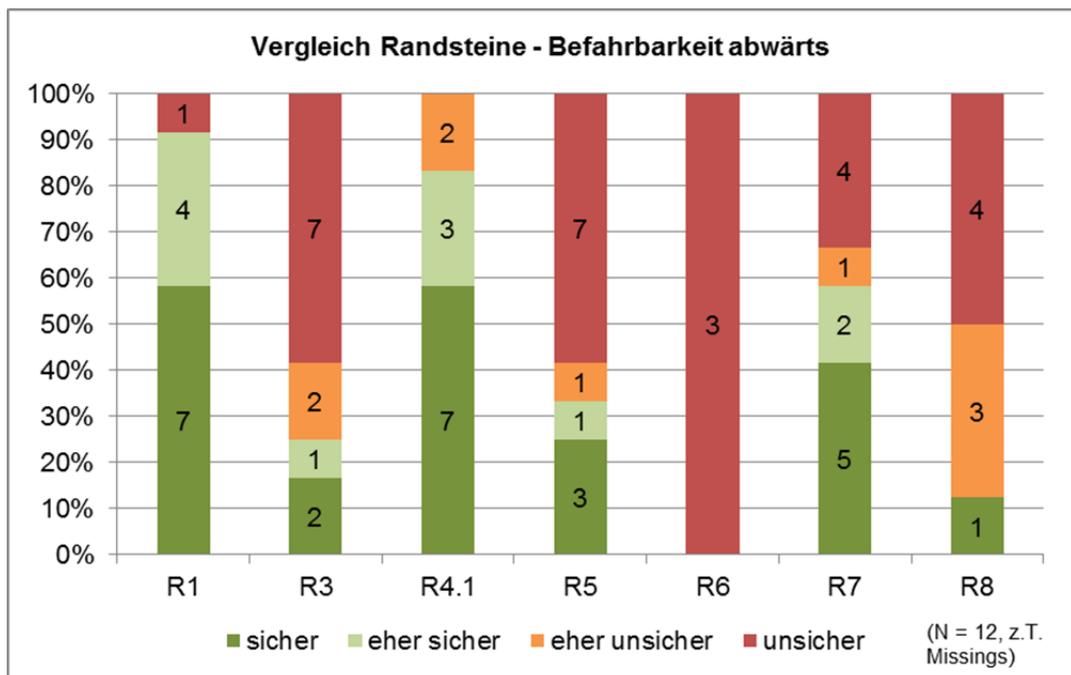


Abbildung 47

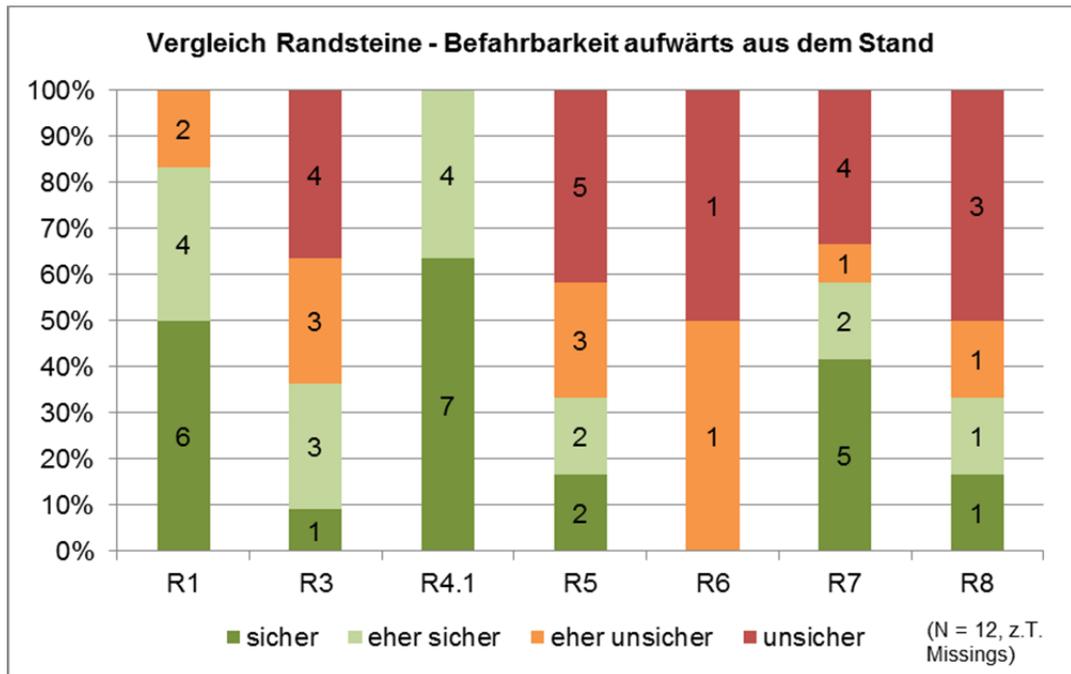


Abbildung 48

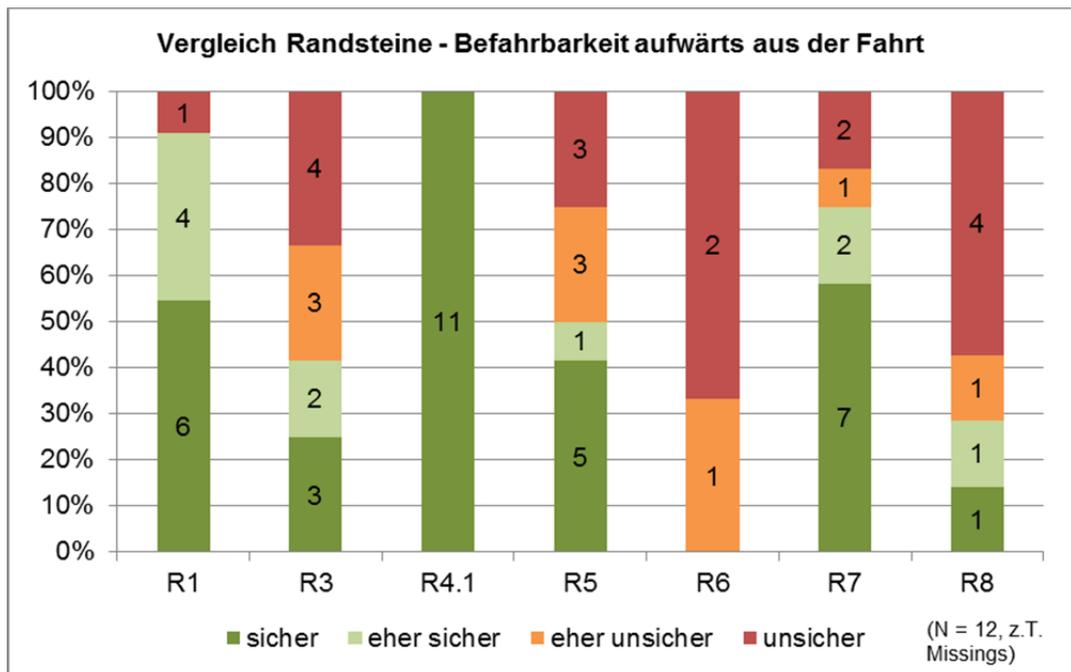


Abbildung 49

Zusammengefasst erweisen sich somit hinsichtlich der Befahrbarkeit auf- und abwärts R4.1 und R1 als die sichersten Randsteine. R7 wird mehrheitlich positiv bewertet. R5 und R3 schneiden von den befahrbaren Randsteinen am schlechtesten ab, wobei R3 aufgrund des hohen Belagsüberbaus nicht abschliessend beurteilt werden kann. Nicht befahrbar sind R6 und R8.

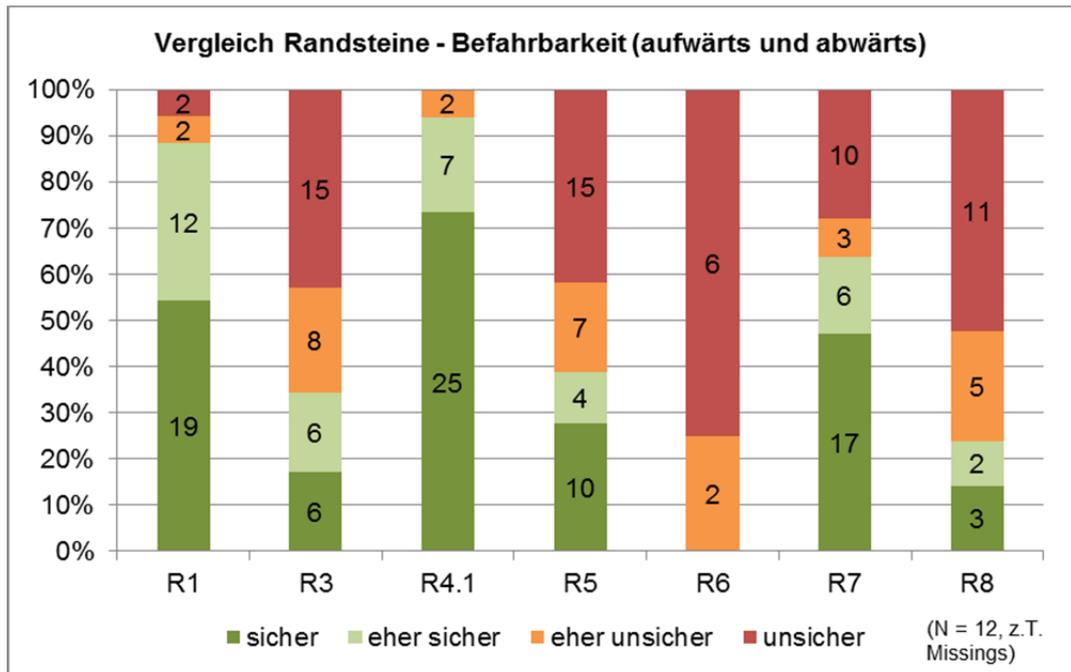


Abbildung 50

### *Kraftaufwand*

Die Probanden testeten die verschiedenen Randsteine auch bezüglich des für deren Überwindung notwendigen Kraftaufwandes.

Da 4 der 12 Probanden elektrische Hilfsmittel für den Rollstuhl benutzen, wird die Beurteilung des Kraftaufwandes für die Handrollstuhl-Fahrenden separat ausgewiesen.

Abbildung 51 verdeutlicht, dass für die Überwindung der Randsteine R4.1 und R1 der geringste Kraftaufwand benötigt wird. Bei Randstein R7 geben 50% der Probanden im Handrollstuhl einen grossen oder eher grossen Kraftaufwand an. Bei R5 und R3 sind es ca. 75% der Probanden, wobei R3 aufgrund des hohen Belagsüberbaus nicht abschliessend beurteilt werden kann. R6 und R8 sind nicht befahrbar.

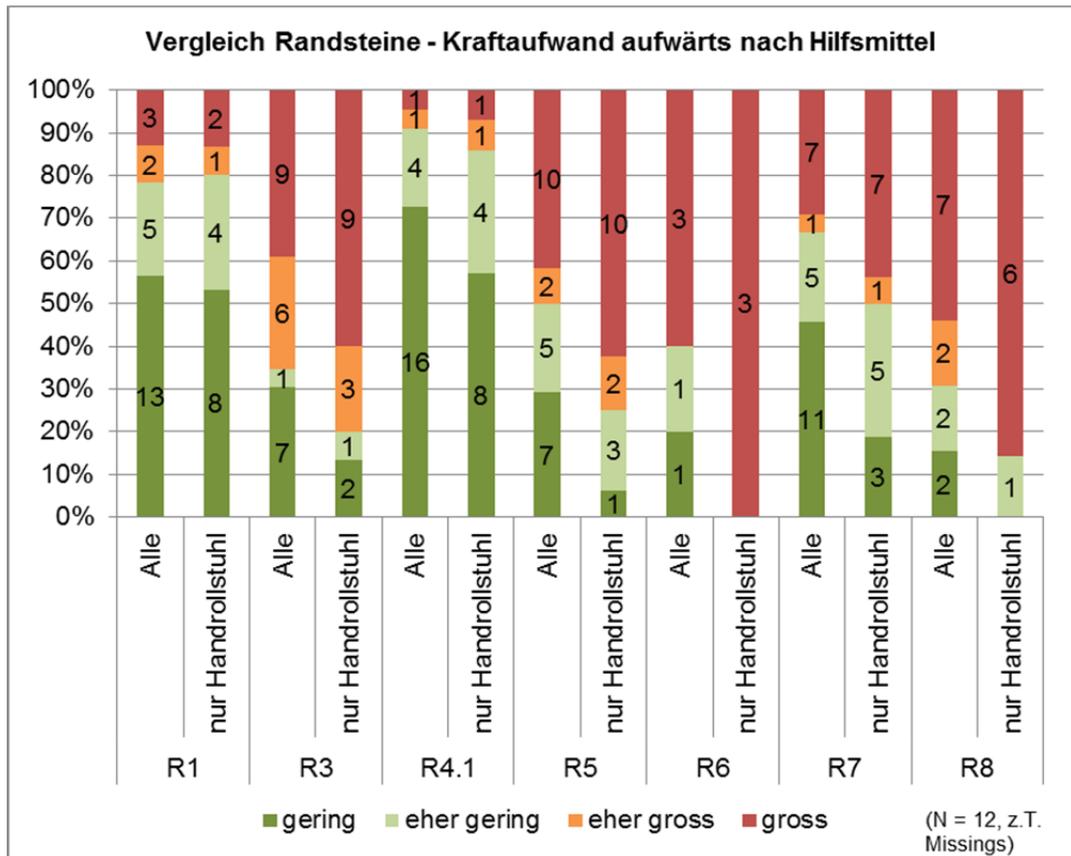


Abbildung 51

### Kippgefahr

Da die Kippgefahr mit dem Handrollstuhl grösser ist im Elektrorollstuhl, werden die Probanden mit Handrollstuhl separat ausgewiesen.

Bezüglich der Kippgefahr beim Befahren (aufwärts und abwärts zusammengefasst) werden R1 und R4.1 als sicher bewertet. R7 wird bei den Probanden im Handrollstuhl mehrheitlich als unsicher bewertet. R5 und R3 wurden von den befahrbaren Randsteinen am unsichersten beurteilt, wobei R3 aufgrund des hohen Belagsüberbaus nicht abschliessend beurteilt werden kann.

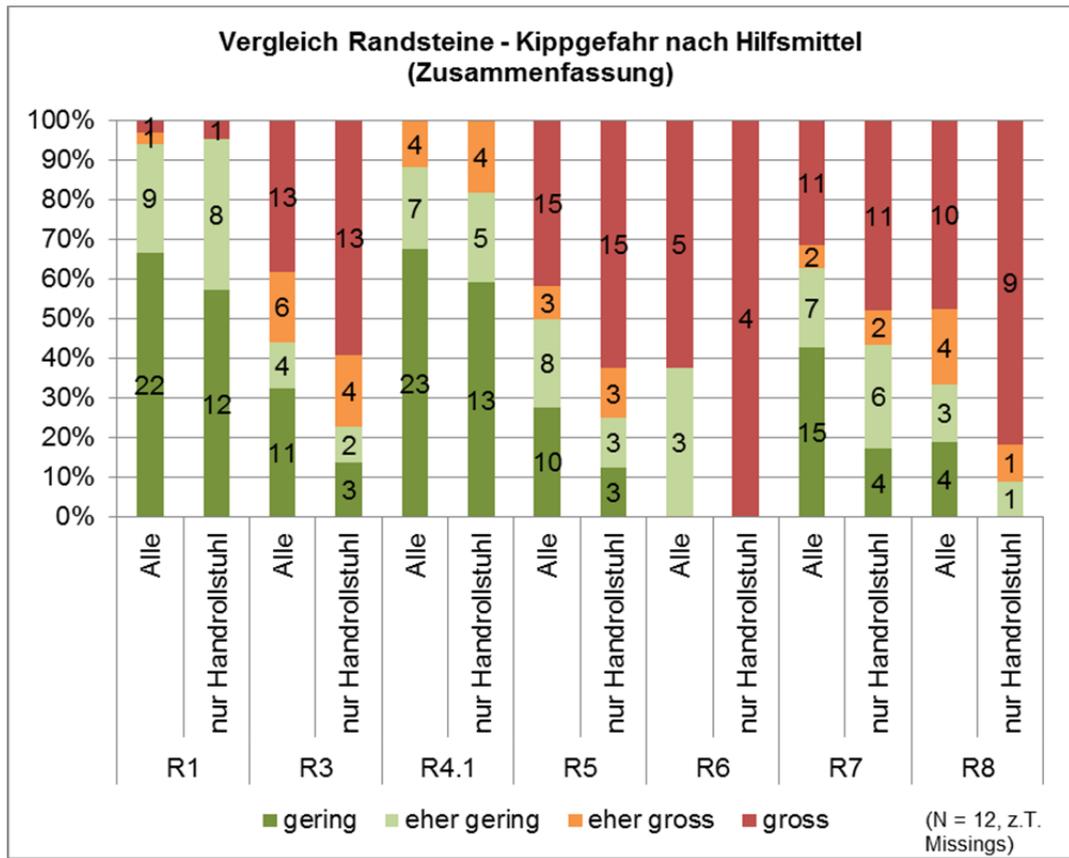


Abbildung 52

### 6.3.3 Rangfolge der Randsteine nach Bewertungsindex

Die Randsteine sind in der folgenden Abbildung nach ihrer Befahrbarkeit sortiert (Berechnungsmethode siehe Kap. 3.3.3). Die Rangfolge ergibt folgendes Bild:

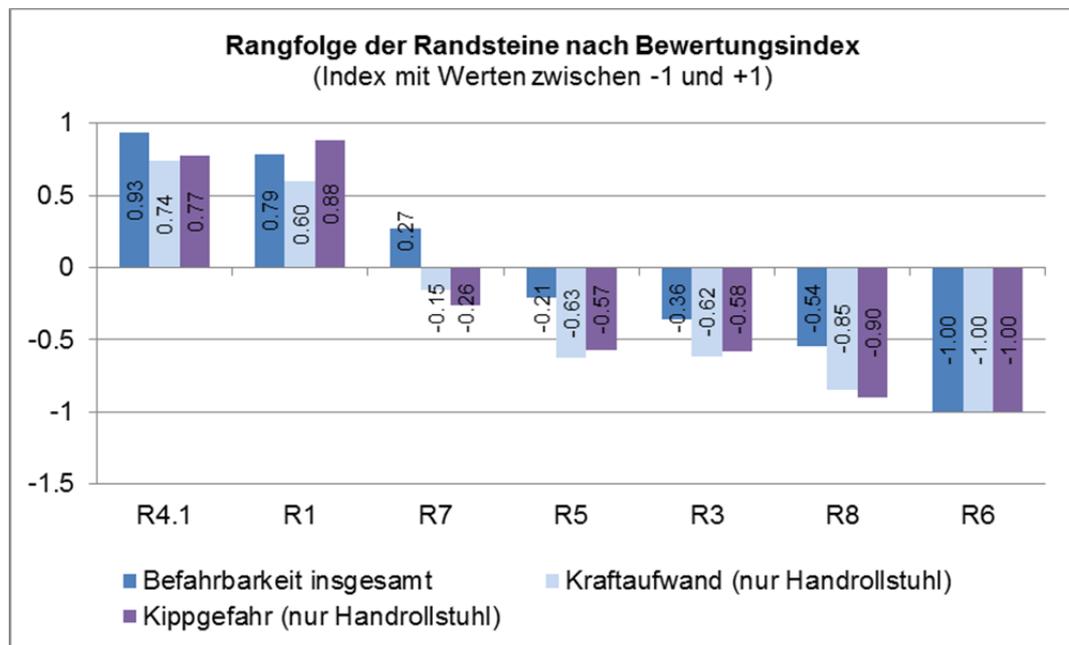


Abbildung 53

Der Randstein R4.1 ist der Favorit im Urteil der Probanden im Rollstuhl, dicht gefolgt von R1. R7 wird von den Probanden im Elektrorollstuhl positiv, von den Probanden im Handrollstuhl eher negativ beurteilt. R5 und R3 werden von den befahrbaren Randsteinen am schlechtesten beurteilt, wobei R3 aufgrund des hohen Belagsüberbaus nicht abschliessend beurteilt werden kann.

### 6.3.4 Vergleich Zahnlücken

Aufgrund der Breite des Rollstuhls sind erst Zahnlücken ab 80 cm vollständig befahrbar. Deshalb wurden die Zahnlücken Z14 (in Randstein 1 ausgeführt) und Z12 (in Randstein 4.1 ausgeführt) getestet. Die beiden Randsteine R1 und R4 sind die von den Rollstuhlfahrenden favorisierten Randabschlüsse.

Hinsichtlich des Sicherheitsgefühls ergeben sich durch das Benützen der Zahnlücken beim Befahren abwärts keine grossen Veränderungen (Abbildung 54). Mit Zahnlücke Z12 schneidet R4.1 noch etwas besser ab. Allerdings wird R1 mit der Zahnlücke Z14 schlechter bewertet als ohne. Die Detailauswertung zeigt, dass Personen im Handrollstuhl diese schlechter beurteilten. Aufgrund der geringen Anzahl der Probanden sind dazu keine abschliessenden Schlussfolgerungen möglich.

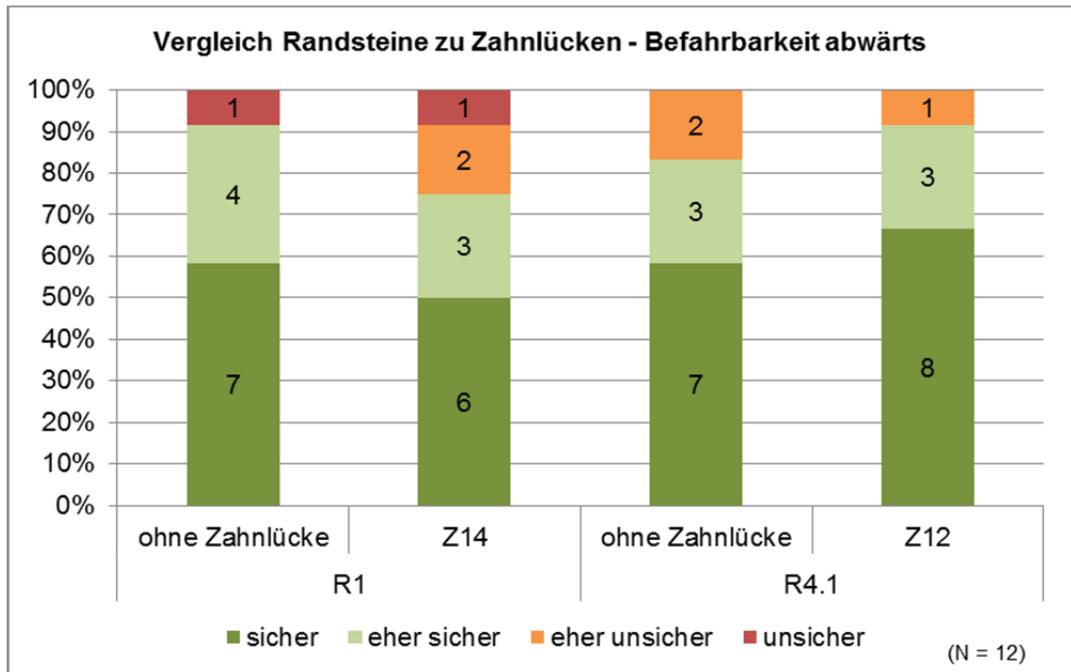


Abbildung 54

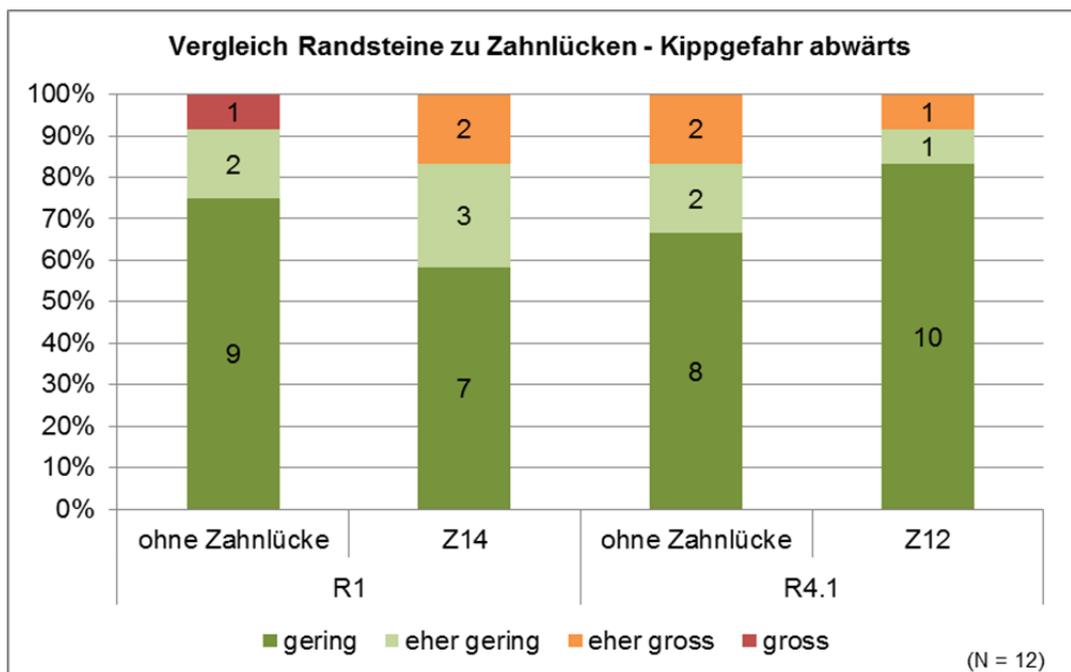


Abbildung 55

Auch bezüglich Kippgefahr abwärts (Abbildung 55) wird R4.1 mit Z12 etwas besser bewertet als ohne. R1 schneidet mit Z14 schneidet etwas schlechter ab – allerdings wird von niemandem mehr die Kippgefahr als gross bezeichnet.

Bei der Überwindbarkeit aufwärts aus dem Stand verbessert sich mit Zahnlücke die Bewertung der Sicherheit und des Kraftaufwands bei beiden Randsteinen leicht. Einzig die Kippgefahr wird bei R1 mit Z14 schlechter bewertet (Abbildung 56 bis Abbildung 58).

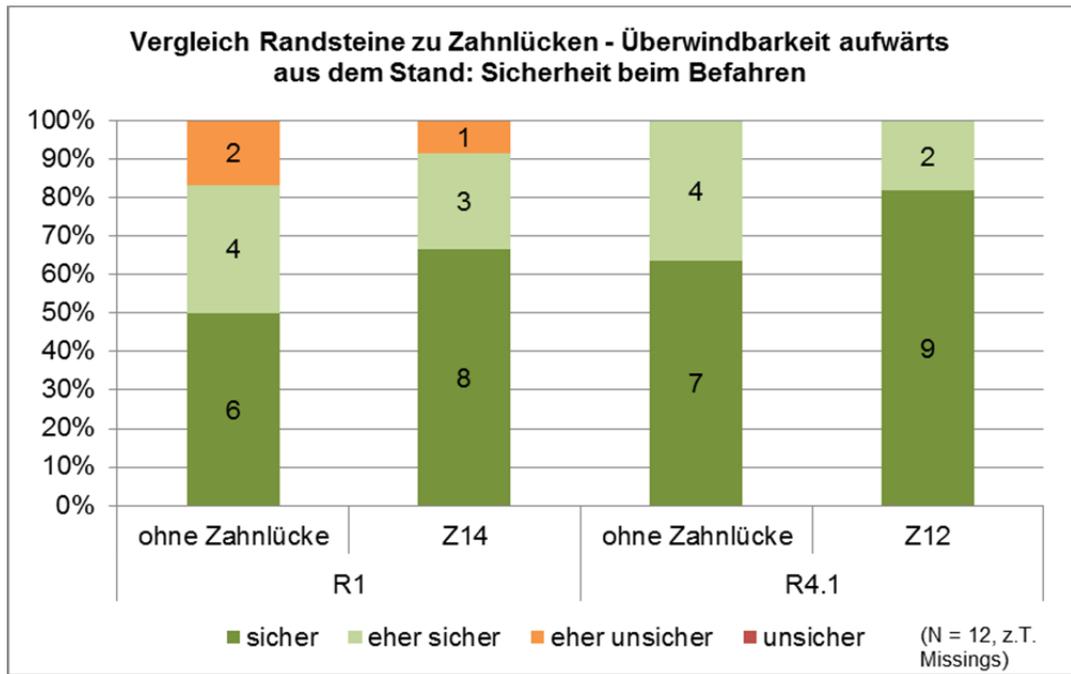


Abbildung 56

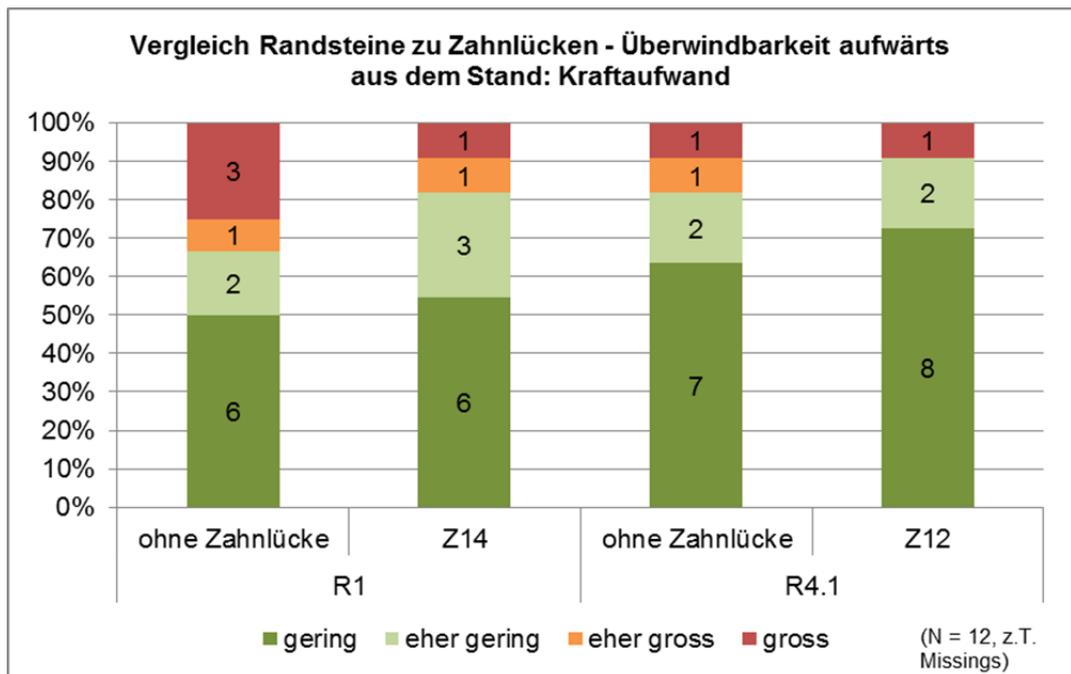


Abbildung 57

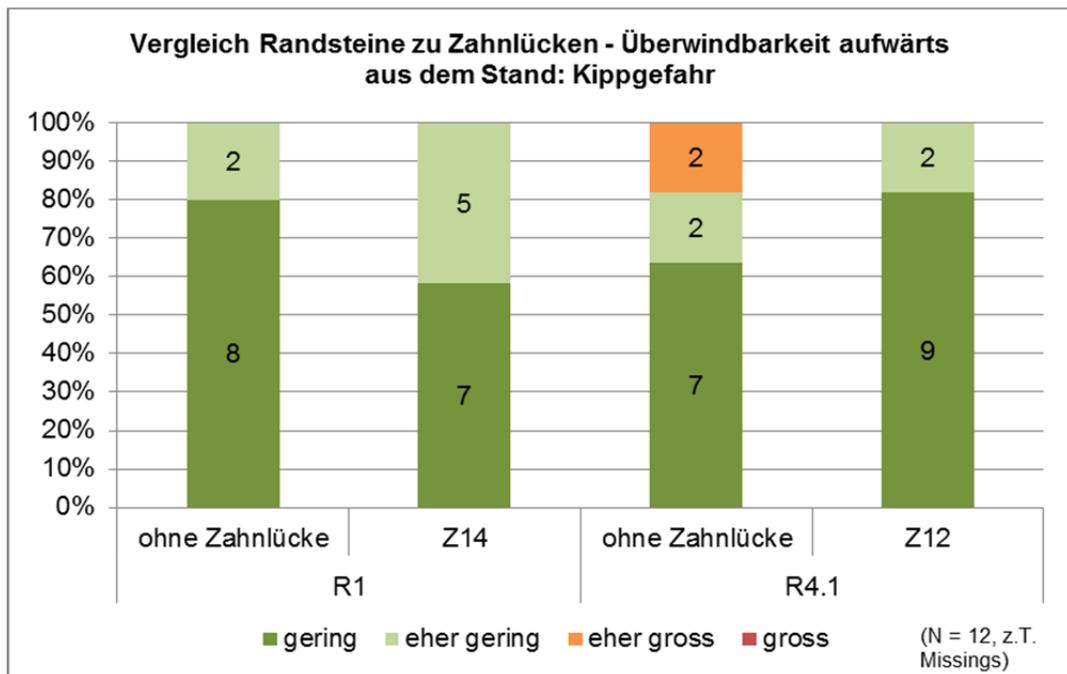


Abbildung 58

## 6.4 Anmerkungen zur Befahrbarkeit mit Rollator

### 6.4.1 Durchführung von Tests

Die Durchführung von Tests mit Rollatoren an der Förrlibuckstrasse war aufgrund zeitlicher Ressourcen und des fortgeschrittenen Wintereinbruchs nicht möglich. Die Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen hat jedoch im Oktober 2012 in Zürich an der Seefeldstrasse, Einmündung Hornbachstrasse, mit 5 Bewohnerinnen des Altersheims Wildbach die niedrigen Randabschlüsse R1 und R4 auf die Befahrbarkeit mit Rollatoren evaluiert.

Die geringe Anzahl Personen lässt keine statistischen Aussagen zu. Bei den Probanden waren jedoch stark gehbehinderte Personen mit dabei, die sich den Weg vom Altersheim Wildbach bis zur Kreuzung Seefeldstrasse – Hornbachstrasse (300 m) alleine nicht zutrauen. Die Testpersonen verfügten demnach teilweise über sehr geringe Kraft und Ausdauer.

Die Tests wurden von Susanne Grätzer, RollatorGym Akademie, Zürich und Regina Waltert, Gerontologin, Behindertenkonferenz Kanton Zürich BKZ, begleitet.



#### 6.4.2 Ergebnisse

Alle Testpersonen konnten die beiden Randabschlüsse R1 und R4 sicher sowohl aufwärts wie abwärts befahren.

Beim Befahren aufwärts haben kräftigere Personen beim Randabschluss R1 die Vorderäder jeweils angehoben. Weniger kräftige Personen kannten alle die richtige Technik um mit einem Rad nach dem Andern den Absatz zu überwinden. Nach der Instruktion durch Frau Grätzer wurde diese Technik von allen Personen problemlos auch mit beladenem Korb angewendet.

Beim Befahren abwärts wurde bei beiden Randsteinen R1 und R4 beobachtet, dass die Testpersonen jeweils schräg über den Randstein gefahren sind. Mit dieser Technik lässt sich vermeiden, dass die Vorderräder in der Wasserführung am Belagsüberbau hängen bleiben.

Vier der fünf Testpersonen bevorzugen den schrägen Randstein R4, da dieser einfacher zu befahren ist und weniger Konzentration erfordert. Eine Testperson mit grossen Gleichgewichtsproblemen (MS) bevorzugt den Randstein R1, da dieser genauer erkennbar und einschätzbar ist und da der Rollator beim Befahren abwärts nicht davon rollt.

### *6.5 Zusammenfassung*

Die Probanden im Rollstuhl testeten die Befahrbarkeit aufwärts aus dem Stand und aus der Fahrt sowie abwärts. Abwärts fühlten sich die Probanden am unsichersten. Zu beurteilen waren ausserdem Kraftaufwand und Kippgefahr.

Bei der Interpretation der nachfolgend aufgeführten Resultate ist zu berücksichtigen, dass die Fallzahlen gering sind: 12 Probanden insgesamt, wobei sich einige Auswertungen nur auf die Probanden im Handrollstuhl beziehen (8 Personen).

Die Unterschiedlichkeit der Manöver hatte lediglich einen geringen Einfluss auf Rangfolge der Beurteilung. Sehr unterschiedlich bewertet wurden hingegen die Randsteintypen. Randstein 1 beispielsweise wird bei allen Manövern von 90% der Probanden als positiv beurteilt (sicher oder eher sicher). Randstein 5 wird gerade noch von ca. 35% der Probanden positiv bewertet.

Die Randsteine **R4** und **R1** sind klar die Favoriten. **R7** wird von Personen mit Elektrorollstuhl durchwegs positiv beurteilt. Für Handrollstuhlfahrer ist dieser Randstein jedoch nur mit hohem Kraftaufwand und unter grosser Kippgefahr, oft nur aus der Fahrt befahrbar. Eine der acht Testpersonen im Handrollstuhl konnte den Randstein nicht befahren. Der Randstein **R5** wurde mehrheitlich negativ beurteilt. Die Randsteine **R6** und **R8** sind nicht befahrbar.

Die Randsteine R3 und R4 wurden aufgrund von Tests im Jahr 2003 als weitere Möglichkeit empfohlen. Der Randstein **R3** schnitt bei diesen Tests schlecht ab. Die Steinarbeiten dieses Randsteins sind millimetergenau ausgeführt, der Belagsüberbau ist aber trottoirseitig mit 17 mm Höhe so massiv, dass die Gesamthöhe des Randabschlusses bei 5.7 cm liegt. Dadurch bleiben die meisten Rollstühle mit den Fussstützen hängen; Kippgefahr und Kraftaufwand sind sehr gross. Der Randstein kann aufgrund der grossen Abweichung von den Sollmassen mit diesem Test nicht abschliessend beurteilt werden.

Zahnlücken können erst ab einer Breite von 80 cm mit dem Rollstuhl befahren werden.

Die getesteten Zahnlücken Z12 und Z14 sind in den Randsteinen R4.1 resp. R1 ausgeführt. Da diese beiden Randsteine bereits die Favoriten der Probanden im Rollstuhl sind, fällt der Gewinn durch die Zahnlücken eher gering aus. Ein Gewinn wird eher für Menschen mit Elektrorollstuhl als für Menschen mit Handrollstuhl erzielt. Die Umwegtoleranz, um eine Zahnlücke zu befahren, ist gering.

Die Erfahrung aus einem früheren Test mit Rollatoren der Randsteine R1 und R4 zeigte, dass beide Randsteine auf- wie abwärts gut befahrbar sind. R4 wurde dabei in der Tendenz bevorzugt.

Die Beurteilung der verschiedenen Randsteine ergibt folgende Rangfolge:

1. **R4** und **R1** werden klar favorisiert
2. **R7** ist für Personen im Elektrorollstuhl geeignet, für Personen im Handrollstuhl aufgrund der grossen Kippgefahr und Kraftaufwand eher ungeeignet
3. **R5** und **R3\*** werden am schlechtesten beurteilt
4. **R6** und **R8** sind nicht befahrbar

\* R3 kann nicht abschliessend beurteilt werden, da der Belagsüberbau ausserordentlich hoch ist (17 mm, Gesamthöhe 5.7 cm).

Die Zahnlücken ab 80 cm sind für Menschen im Rollstuhl einen Gewinn. Die Umwegtoleranz, um eine Zahnlucke zu befahren, ist aber gering.

Wie für die Sehbehinderten und die Velofahrenden ist für die Menschen im Rollstuhl nicht nur der Randsteintyp, sondern auch die Neigung der angrenzenden Fläche und die Bauausführung (z.B. Belagsüberbau) entscheidend.

## *7 Gegenüberstellung der Ergebnisse aller Nutzergruppen*

### *7.1 Vorbemerkung*

Die Eignung der verschiedenen Randsteine wird mittels Rosen-Diagrammen zusammengefasst dargestellt. Diese Diagramme charakterisieren den betreffenden Randstein für die drei Anspruchsgruppen Sehbehinderte, Velofahrende und Menschen im Rollstuhl anhand der jeweils relevanten Merkmale mittels des bereits unter Kapitel 3.3.3 beschriebenen Index.

Als relevante Merkmale wurden folgende Kriterien verwendet:

Sehbehinderte:

- Führung längs
- Erkennbarkeit abwärts (rechtwinklig und schräg zusammengefasst)
- Ausrichtung am Fahrbahnrand

Velofahrende:

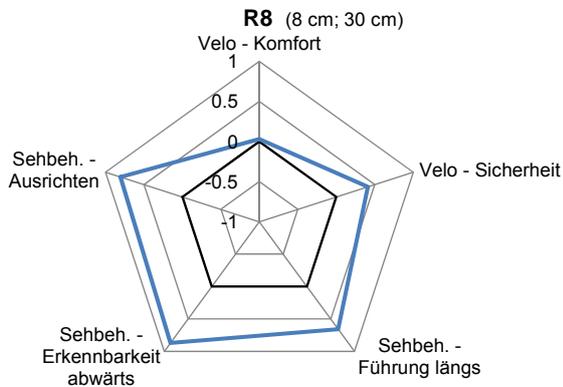
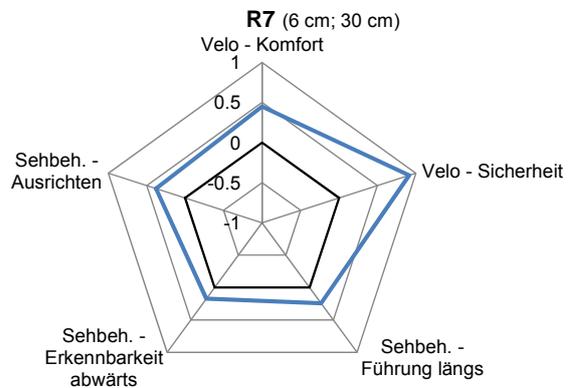
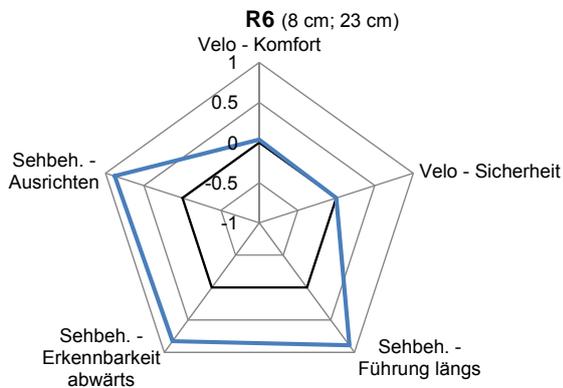
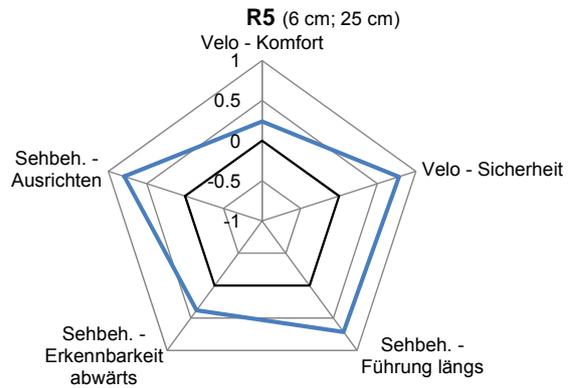
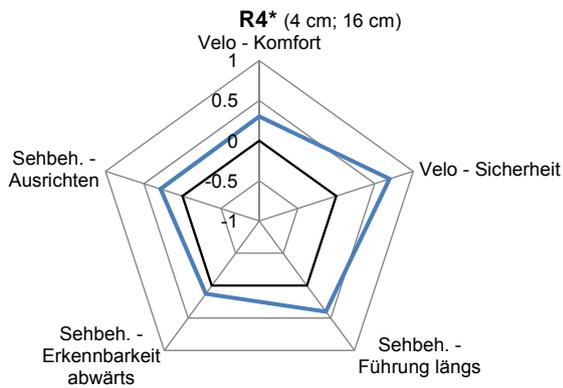
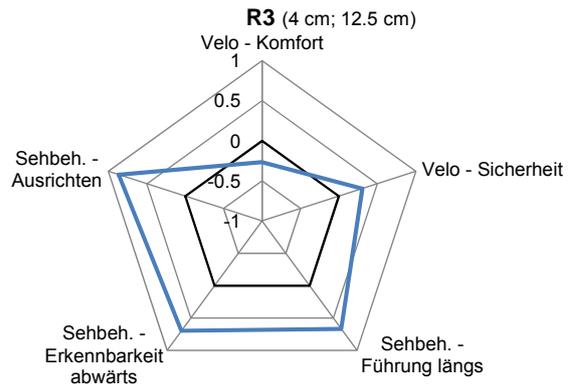
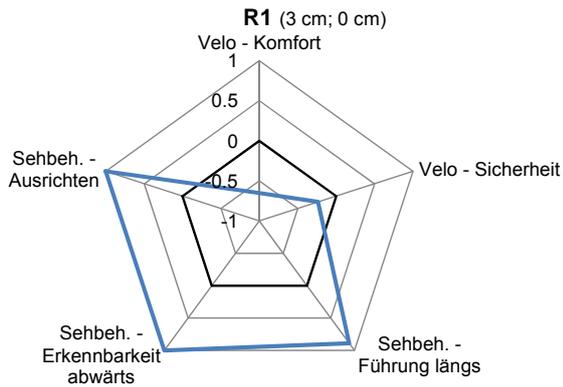
- Komfort (beide Tempi zusammengefasst, Mittelwert der verschiedenen Anfahrtswinkel)
- Sicherheit (beide Tempi zusammengefasst, Mittelwert der verschiedenen Anfahrtswinkel)

Rollstuhl:

- Befahrbarkeit (auf- und abwärts aus Stand und Fahrt zusammengefasst)
- Kraftaufwand (aus Stand und aus Fahrt zusammengefasst, nur Handrollstuhl)
- Kippgefahr (auf- und abwärts aus Stand und Fahrt zusammengefasst, nur Handrollstuhl)

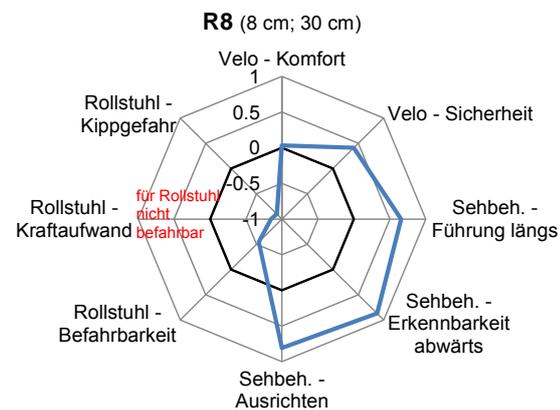
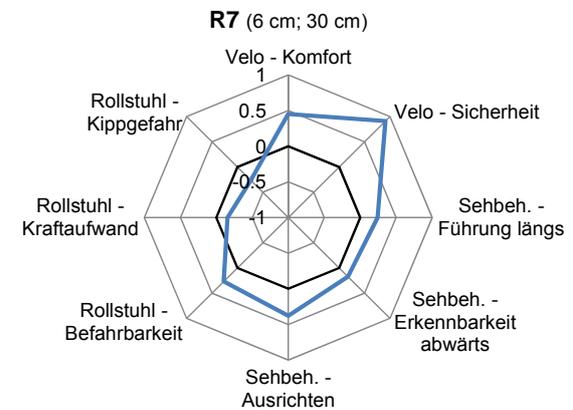
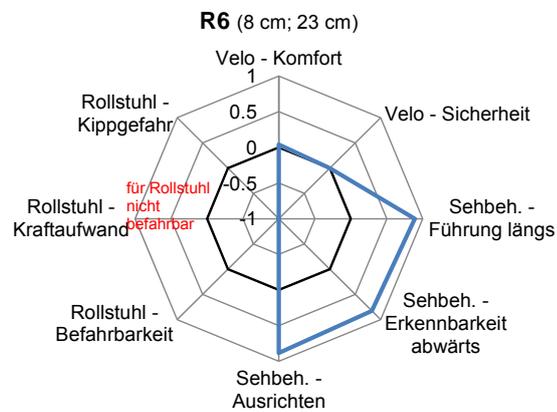
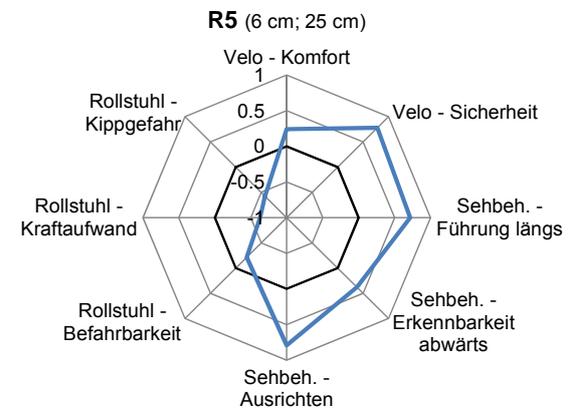
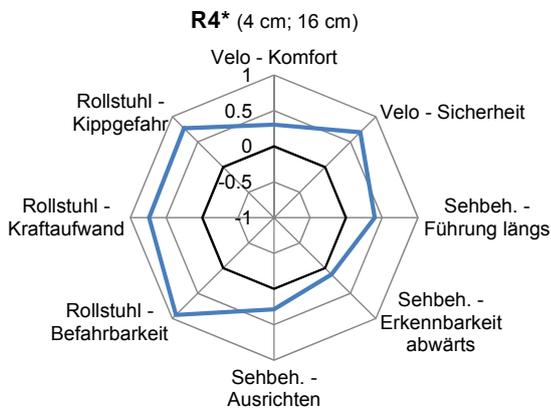
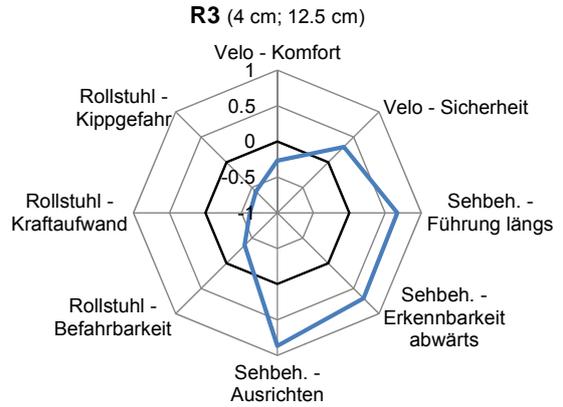
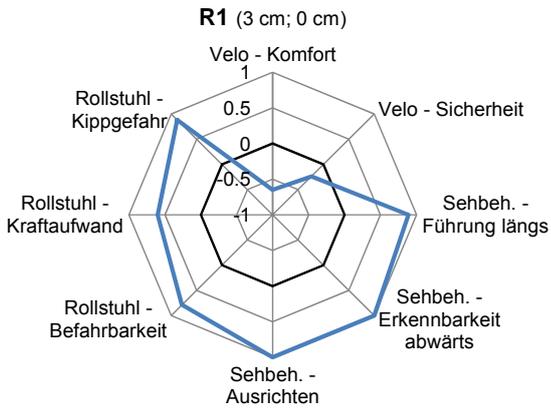
Kapitel 7.2 zeigt die Gegenüberstellung der Testresultate von Sehbehinderten und Velofahrenden, Kap. 7.1.2 enthält die Gegenüberstellung der Testresultate aller Nutzergruppen. Bei der Interpretation der Grafiken sind die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzergruppen (siehe auch Ausgangslage 1.1) zu berücksichtigen. Die Beschreibung der Randsteine ist in Kapitel 9.1 zu finden.

7.2 Gegenüberstellung Sehbehinderte und Velofahrende



Anmerkungen:  
 \* R4: Ergebnisse für Velo nur aus Test von R4.1; für Menschen mit Sehbehinderung sind R4.1 und R4.2 gemischt.

### 7.3 Gegenüberstellung Sehbehinderte, Velofahrende und Menschen im Rollstuhl



Anmerkungen:  
 \* R4: Ergebnisse für Velo und Rollstuhl nur aus Test von R4.1; für Sehbehinderte sind R4.1 und R4.2 gemischt.

## 8 Schlussfolgerungen

*Die Schlussfolgerungen sind aus den Testresultaten und den unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Nutzergruppen (siehe auch Ausgangslage 1.1) abgeleitet. Aspekte wie Kosten, Gestaltung, Unterhalt etc. sind nicht berücksichtigt.*

*Die Gegenüberstellung der Resultate zeigt die diametral verlaufenden Bewertungen der Randsteine zwischen den Nutzergruppen (siehe Kap. 7). Es gibt keinen Randstein, der von allen drei Nutzergruppen gleichermassen favorisiert wird. Um allen Nutzergruppen gerecht zu werden, wird somit ein Kompromiss nötig sein. Aus den Tests kann jedoch nicht ein allgemeingültiger Kompromiss abgeleitet werden. Die richtige Wahl eines Randsteins hängt sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten ab. Die Einschätzung des Sicherheitsaspektes der verschiedenen Nutzergruppen ist dabei zentral. Als Hilfestellung dazu wird ein Konsenspapier zwischen Pro Velo Schweiz und der Schweizerische Fachstelle für behindertengerechtes Bauen erarbeitet, das - differenziert nach örtlichen Gegebenheiten - Hinweise zum Einsatz des optimalen Randsteins gibt. Generell ist festzuhalten, dass für alle Nutzergruppen nicht nur der Randsteintyp, sondern auch die Neigung der angrenzenden Fläche und die Bauausführung (z.B. Belagsüberbau) entscheidend sind.*

*Der Hauptfokus des Tests lag auf Einsatzorten mit Velofahrenden und Sehbehinderten. Die Ergebnisse mit Perspektive dieser zwei Nutzergruppen sind in Kap. 8.1 zu finden. Zum Einsatz für alle drei Nutzergruppen (inkl. Menschen im Rollstuhl) gibt Kap. 8.2 Auskunft.*

### 8.1 Ertastbare und velogerechte Randsteine

#### *Randsteine*

Nachfolgend aufgeführte Schlussfolgerungen gelten für Randsteine, die den Anforderungen von Sehbehinderten und Velofahrenden, nicht aber Menschen im Rollstuhl genügen sollen.

Randstein **R5** wird von beiden Nutzergruppen überwiegend positiv beurteilt. Bei den Randsteinen ohne Zahnücken ist R5 der naheliegendste Kompromiss.

Randstein **R7** wird von den Velofahrern am besten beurteilt. Hingegen ist für die Hälfte der Sehbehinderten beim kritischsten Manöver das sichere Erkennen dieses Randsteins nicht gewährleistet. Für die Ertastbarkeit sind die Neigungen der angrenzenden Trottoir- und Fahrbahnflächen mitentscheidend. Aufgrund Beobachtungen der Sehbehinderten bei unterschiedlichen Neigungen der angrenzenden Trottoirflächen wird davon ausgegangen, dass dieser Randstein unter Einhaltung von Kriterien<sup>1</sup> eingesetzt werden kann.

---

<sup>1</sup> Die Kriterien sind im Detail noch zu definieren. Mögliche Kriterien sind die maximale Neigung der angrenzenden Trottoir- / Fahrbahnfläche, die Verkehrsbelastung sowie Betrieb und Gestaltung der Strasse.

Randstein **R4** steht als Kompromiss nicht im Vordergrund, da R7 bei den Velofahrenden deutlich besser abschliesst und für die Sehbehinderten R4 und R7 gleichwertig sind. Für die Einsetzbarkeit sind ebenfalls Kriterien<sup>1</sup> wie bei R7 zu erfüllen.

Randstein **R8** und **R3** kommen als Kompromiss dann in Frage, wenn R1 mit Zahnücke nicht möglich oder sinnvoll ist und die ertastbarkeit von R5 für Sehbehinderte zu wenig Sicherheit bietet.

Randstein **R1** ohne Zahnücke bietet sich als Kompromiss nicht an. Der Randstein wird von den Velofahrenden am schlechtesten beurteilt.

Randstein **R6** bietet sich als Kompromiss nicht an, da die Velofahrenden Randstein R8 besser beurteilen. Für die Sehbehinderten bringt R6 gegenüber R8 keine entscheidenden Vorteile. Der Randstein ist aufgrund der Geometrie nur spitzwinklig befahrbar. Die Herstellung des Randsteins ist aufwendig.

### *Randsteine mit Zahnücken*

Randstein **R1** mit **Zahnücke** kann als Kompromiss für beide Nutzergruppen eine ebenbürtige oder je nach Situation bessere Lösung sein als ein schräggestellter Randstein wie z.B. R5. Randstein R1 ist für Sehbehinderte taktil am besten erkennbar. Zahnücken sind bezüglich Längsführung grösstenteils unproblematisch. Wenn eine sehbehinderte Person schräg auf eine Zahnücke trifft, können hingegen bereits schmale Zahnücken ab 30 cm problematisch sein. Dieses Gefährdungspotenzial ist abzuwägen mit den Vorteilen des gut ertastbaren Randsteins. Für Velofahrende sind zwar Zahnücken bereits ab 30 cm ein Gewinn, eine breite Nutzergruppe kann jedoch erst ab deutlich breiteren Zahnücken profitieren. Zudem bergen schmalen Zahnücken bis ca. 50 cm die Gefahr, dass die Aufmerksamkeit der Velofahrenden auf die Zahnücke gelenkt ist. Die Breite einer Zahnücke ist je nach Umfeld und Gefährdungspotenzial zu definieren.

Zahnücken in R4 sind für Velofahrende ebenfalls ein Gewinn, jedoch in deutlich kleinerem Ausmass als in R1. Zahnücken in R4 sind ohne Markierung schwierig erkennbar.

Zahnücken in Randstein R3 analog der Zahnücken in Randstein 1 sind ebenfalls prüfenswert. Diese wurden nicht getestet.

## *8.2 Behinderten- und velogerechte Randsteine*

Nachfolgend aufgeführte Schlussfolgerungen gelten für Randsteine, die allen drei Nutzergruppen, den Sehbehinderten, den Velofahrenden und Menschen im Rollstuhl genügen sollen. Zu beachten ist, dass sich die Ergebnisse zu den Menschen im Rollstuhl auf geringe Fallzahlen abstützen: 12 Probanden insgesamt, wobei sich einige Auswertungen nur auf die Probanden im Handrollstuhl beziehen (8 Personen).

Als einziger Randstein wird **R4** von Menschen im Rollstuhl und von den Velofahrenden grossmehrheitlich positiv beurteilt. Für die Hälfte der Sehbehinderten ist aber das sichere Erkennen dieses Randsteins nicht gewährleistet. Für die ertastbarkeit ist das Umfeld

mitentscheidend. Wenn Kriterien<sup>2</sup> erfüllt sind, kann dieser Randstein eingesetzt werden. In diesem Fall ist R4 der naheliegendste Kompromiss.

Aus den Testergebnissen geht **R1** als bester Kompromiss zwischen Menschen mit Sehbehinderung und Menschen im Rollstuhl hervor. Dieser Randstein wird jedoch von den Velofahrenden am schlechtesten beurteilt. An Stellen, an denen mit niedrigen Geschwindigkeiten der Velofahrenden zu rechnen ist, kann der Randstein zweckmässig sein. Eine wesentliche Verbesserung für Velofahrende kann durch **Zahnlücken** erreicht werden.

Randstein **R7** ist nur unter speziellen Bedingungen geeignet. Für die Hälfte der Sehbehinderten ist das sichere Erkennen dieses Randsteins nicht gewährleistet. Für Menschen im Handrollstuhl ist der Randstein aufgrund des grossen Kraftaufwandes und der grossen Kippgefahr ebenfalls problematisch. Für die Einsetzbarkeit dieses Randsteins sind sowohl durch Menschen im Rollstuhl wie auch durch Sehbehinderte Kriterien zu definieren.

Randstein **R5**, **R6** und **R8** können ausgeschlossen werden, da diese Randsteine für viele Menschen im Rollstuhl nicht befahrbar sind.

Randstein **R3** schliesst bei diesem Test schlecht ab. Der Randstein ist als Kompromiss zwischen den drei Nutzergruppen eher nicht geeignet. Der Randstein kann jedoch aufgrund des überdurchschnittlich hohen Belagsüberbaus vor allem aus Sicht Rollstuhlfahrende nicht abschliessend beurteilt werden.

**Zahnlücken** sind für Menschen im Rollstuhl ein geringer Gewinn.

---

<sup>2</sup> Die Kriterien sind im Detail noch zu definieren. Mögliche Kriterien sind die maximale Neigung der angrenzenden Trottoir- / Fahrbahnfläche, die Verkehrsbelastung sowie Betrieb und Gestaltung der Strasse.

metron

*9 Anhang*

### 9.1 Lesehilfe: Randsteintypen

#### LESEHILFE Überblick

Versatz	Breite				
	0 cm	12-13 cm	16 cm	ca. 25 cm	ca. 30 cm
3 cm	R1				
4 cm		R3	R4		
6 cm				R5	R7
8 cm				R6	R8

#### Randabschlüsse

**HINWEIS TESTANLAGE:**  
Neigung des angrenzenden Trottoirs

positive Neigung

negative Neigung

#### Überblick

	Breite				
	15 cm	30 cm	50 cm	80 cm	120 cm
	Z9	Z10	Z11	Z12	
		Z13			Z14

#### Zahnlücken



9.3 Fotos der Randsteine



Randstein R1



Randstein R3 (Belagsüberbau höher als vorgesehen)



Randstein R4.1



Randstein R4.2

# metron



Randstein R5



Randstein R6



Randstein R7



Randstein R8

# metron



Zahnlücke Z9



Zahnlücke Z10



Zahnlücke Z11



Zahnlücke Z12



Zahnlücke Z13



Zahnlücke Z14



Detailaufnahme Z13



Detailaufnahme Z14

9.4 Bauausführung

	Gefälle Trottoir (positiv = zur Fahrbahn abfallend)	Gefälle Fahrbahn (positiv = zum Fahrbahnrand abfallend)
R1	6.3%	4.1%
R3	5.8%	1.8%
R4.1	5.8%	0.4%
R4.2	-4.9%	5.2%
R5	5.2%	5.0%
R6	2.9%	-1.5%
R7	4.5%	0.8%
R8	3.1%	-0,9%
Z9	-3.4%	6.8%
Z10	0%	7%
Z11	-5.2%	5.7%
Z12	6.4%	0.2%
Z13	6.8%	5.2%
Z14	5.3%	5.5%

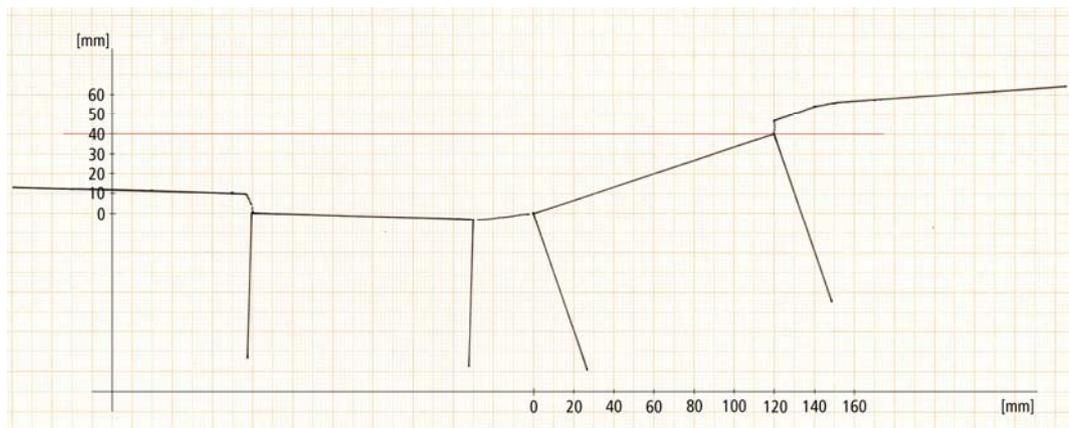


Abbildung 59: Längsschnitt Randstein R3

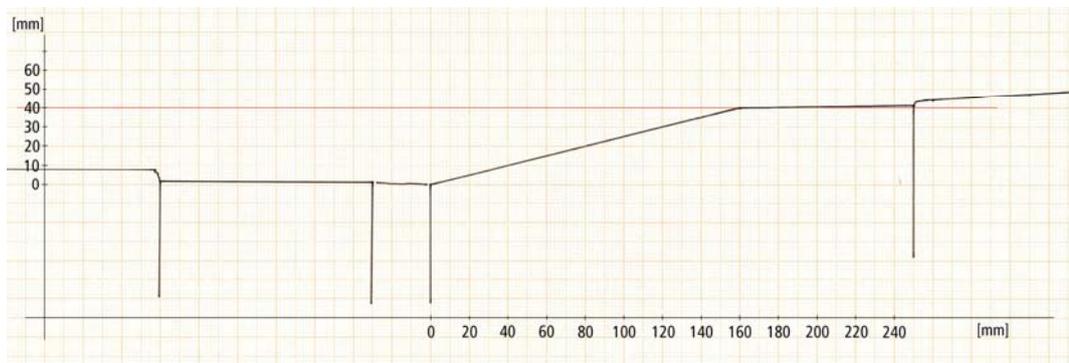


Abbildung 60: Längsschnitt Randstein R4.1