

## **LOST!**

### **Ein Vergleich der Navigationsfähigkeit nach dem Erkunden einer virtuellen Realität oder einer analogen Karte**

Talke BLASER, Lisa RERHAYE

*Fraunhofer-Institut für Kommunikation,  
Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE  
Zanderstraße 5, D-53177 Bonn*

**Kurzfassung:** Eine Kernkompetenz von Einsatzkräften ist das Navigieren am Einsatzort. Die Navigationsfähigkeit beruht dabei zum großen Teil auf dem zuvor erworbenen Wissen über den Einsatzort. Je nach eingesetztem Lernmedium steht der Einsatzkraft entweder Überblickswissen, erworben aus Karten, oder Routenwissen, erworben aus dem interaktiven Erkunden der Umgebung zur Verfügung. Überblickswissen und Routenwissen unterscheiden sich dabei hinsichtlich ihrer Nützlichkeit zur Lösung verschiedener Navigationsaufgaben. In diesem Versuch memorieren die Versuchsteilnehmer (N=16) in einem Messwiederholungsdesign ein Gebäude anhand einer Karte oder der VR. Anschließend bearbeiten sie je eine Luftlinienschätzungs-, Routenlängenschätzungs-, Objektlokations- und Orientierungsaufgabe. Es zeigt sich, dass die analoge Karte sowohl bei der Objektlokationsaufgabe als auch bei Luftlinien- und Routenlängenschätzungen der VR überlegen ist. Bei der Orientierungsaufgabe ergibt sich kein signifikanter Unterschied. Die oftmals generalisierte Überlegenheit der VR gegenüber herkömmlichen Methoden muss somit in Frage gestellt werden. Bei der Verwendung von Technologien sollte deshalb überprüft werden, inwieweit sie im konkreten Anwendungsfall tatsächlich einen Mehrwert bringen.

**Schlüsselwörter:** Navigationsfähigkeit, virtuelle Realität, Einsatzkräfte

## **1. Einleitung**

Die Untersuchung der Lernförderlichkeit der VR für die Navigationsfähigkeit von Einsatzkräften ist ein wichtiger Themenbereich in der aktuellen Forschung. Die Navigationsfähigkeit ist dabei von der Orientierungsfähigkeit zu differenzieren. Orientierungsfähigkeit beschreibt die Fähigkeit den eigenen Körper in ein Verhältnis zu seiner räumlichen Umwelt zu bringen. Navigation hingegen beschreibt die kontrollierte und zielgerichtete Bewegung von Menschen durch die Umwelt. Der bedeutendste Unterschied zwischen Orientierungsfähigkeit und Navigationsfähigkeit liegt dementsprechend darin, dass Navigationsfähigkeit neben der Orientierung auch Bewegungsplanung, -durchführung und -überwachung mit einschließt. Bei dem Erwerb von Navigationsfähigkeit sind die Eigenschaften der eingesetzten Medien ein wichtiger Faktor, da unterschiedliche Medien bei gleichen Medieninhalten zu unterschiedlichen Gedächtnisrepräsentationen führen können (Liben et al., 2010). Diese Gedächtnisrepräsentationen können wiederum bei spezifischen Aufgabenstellungen mehr oder weniger gut genutzt werden.

Die aufgabenspezifische Eignung verschiedener räumlicher Repräsentationen konnte von Thorndyke und Hayes-Roth (1982) empirisch untermauert werden. Die Autoren verglichen 24 Mitarbeiterinnen der Rand Corporation, die eine direkte Navigationserfahrung in dem Gebäude der Rand Corporation gemacht hatten, mit 24 Studentinnen, die dasselbe Gebäude nur aus einer Karte kannten, hinsichtlich vier Aufgabenstellungen: 1. Luftliniendistanz (die Schätzung des Abstandes zweier Orte in Luftlinie) 2. Routenlänge (die Schätzung der Länge der kürzesten Route zwischen zwei Punkten) 3. Orientierung (von einem Punkt aus in Richtung eines anderen Punktes zeigen) 4. Objektlokalisierung (Anzeigen der Lokalisation eines Objektes auf einem Stück Papier, das den Startpunkt und einen anderen Referenzpunkt enthält). Dabei gelangten sie zu den Ergebnissen, dass Kartenlerner bei der Schätzung von Luftliniendistanzen und Routenlängen äquivalente Leistungen zeigen, während Navigationslerner bei der Schätzung von Routenlängen besser abschnitten, als bei der Schätzung von Luftliniendistanzen. Bei der Orientierungsaufgabe zeigen Navigationslerner bessere Leistungen als Kartenlerner. Bei der Objekt-lokationsaufgabe zeigen Kartenlerner bessere Leistungen als Navigationslerner.

Das Erleben und Verhalten in der VR ähnelt dem Erleben und Verhalten in einer realen Umgebung. Daher soll hier geprüft werden, ob eine virtuelle Navigationserfahrung, äquivalent zu einer direkten Navigationserfahrung zur Bildung von Routenwissen führt. Zu diesem Zweck sollen die Untersuchungen von Thorndyke und Hayes-Roth (1982) repliziert und um den Aspekt der VR ergänzt werden.

## 2. Methode

16 Versuchspersonen (4 weiblich, 12 männlich) mit einem Durchschnittsalter von 36.25 Jahren ( $SD = 12.85$ ) beginnen im Wechsel mit der Bedingung „Karte“ oder „VR“. Dort durchlaufen sie jeweils eine Lernphase, in der sie das jeweilige Gebäude memorieren, und absolvieren dann eine Testphase. Während der Lernphase dürfen die Testpersonen das Gebäude jeweils für 5 Minuten explorieren und müssen es anschließend wiedergeben. In der Karten-Bedingung zeichnen sie das Gebäude zu diesem Zweck aus dem Gedächtnis auf, in der VR-Bedingung beschreiben sie das Gebäude aus ihrer Erinnerung. Erst wenn das Gebäude fehlerfrei gezeichnet oder beschrieben wurde ist die Lernphase beendet. In der anschließenden Testphase bearbeiten die Versuchspersonen jeweils 8 ähnliche Orientierungs- und Objektlokationsaufgaben sowie jeweils 8 Luftlinien- und Routenschätzungen. Nach einer Pause folgt die zweite Versuchsbedingung (Karte oder VR), ebenfalls mit Lern- und Testphase. Zusätzlich beantworten die Versuchspersonen jeweils vor und nach dem Memorieren des virtuellen Gebäudes den Simulation Sickness Questionnaire von Kennedy et al. (1993).

### 2.1 Material

Für den vorliegenden Versuch werden ein virtuelles Gebäude sowie ein Grundriss eines ähnlichen Gebäudes erstellt. Beide Gebäude gleichen sich in Hinblick auf die Anzahl der Etagen, der Innenwinkel, die Anzahl der Räume, die Grundfläche und die Außenmaße der Gebäude. In beiden Gebäuden wurden auf jeder Etage zwei Gegenstände platziert. Die Gegenstände im virtuellen Gebäude entsprechen dabei nicht den Gegenständen auf der Karte um Gedächtniseffekten vorzubeugen.

## 2.2 Versuchsdesign

Der Versuch fokussiert zwei Fragestellungen. Die erste Fragestellung bezieht sich auf die Distanzschätzungen (Luftlinien- und Routenschätzung), die zweite befasst sich mit den Winkelschätzungen (Orientierungs- und Objektlokalisationsaufgabe).

## 2.3 Distanzschätzungen

Die Distanzschätzungen werden in einem 2x2-faktoriellen Messwiederholungsdesign untersucht. Die „Art des Lernens“ (VR und Karte) und die „Art der Distanzschätzung“ (Luftlinie und Route) bilden die unabhängigen Variablen. Die abhängige Variable bildet die z-standardisierte Korrelation zwischen der wahren und der geschätzten Distanz der Luftlinien-, und Routenlängenschätzungen. Es wird für eine 2x2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung die statistische Hypothese aufgestellt, dass der Interaktionseffekt AxB zwischen der „Art des Lernens“ (A) und der „Art der Distanzschätzung“ (B) ungleich 0 ist.

## 2.4 Winkelschätzungen

Bei der Orientierungs- und Objektlokalisationsaufgabe wird der Abweichungswinkel zwischen dem wahren Vektor und dem geschätzten Vektor zwischen einem Startgegenstand und einem Zielgegenstand betrachtet. Daraus ergibt sich für die Winkelschätzungen ein 2x2-faktorielles Messwiederholungsdesign mit den Faktoren „Art des Lernens“ (Karte und VR) und „Art der Winkelschätzung“ (Orientierungs- und Objektlokalisationsaufgabe). Die Winkelabweichung zwischen dem wahren und dem geschätzten Vektor bildet die abhängige Variable. Es wird für eine 2x2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung die statistische Hypothese aufgestellt, dass der Interaktionseffekt AxB zwischen der „Art des Lernens“ (A) und der „Art der Winkelschätzung“ (B) ungleich 0 ist.

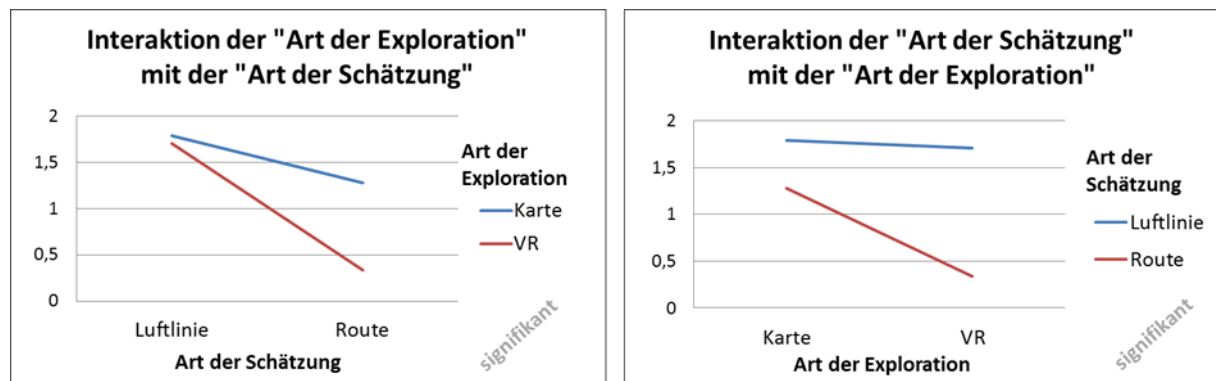
## 3. Ergebnisse

Bei den Distanzschätzungen werden für die Luftlinien- und Routenlängenschätzungen die Korrelationen der wahren mit den geschätzten Distanzen berechnet und z-standardisiert, Ausreißerwerte werden eliminiert. Für die Orientierungs- und Objektlokalisationsaufgabe werden im Anschluss die mittleren Winkelabweichungen berechnet. Die so aufbereiteten Daten erfüllen die Voraussetzungen für eine ANOVA mit Messwiederholung.

### 3.1 Distanzschätzungen

Eine 2x2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung ergibt sowohl für die „Art der Schätzung“,  $F(1, 15) = 65.72$ ,  $p < .001$ , als auch für die „Art der Exploration“,  $F(1, 15) = 7.48$ ,  $p = .015$ , einen signifikanten Haupteffekt. Darüber hinaus zeigt sich ein signifikanter Interaktionseffekt,  $F(1, 15) = 11.8$ ,  $p = .004$ . Abbildung 1 stellt die Befunde grafisch dar. Die Versuchspersonen können Luftlinien besser schätzen als Routen; dieser Unterschied ist für virtuelle Navigationslerner ausgeprägter als für Kartenlerner (Abb. 1, rechts). Kartenlerner können Distanzen besser schätzen als

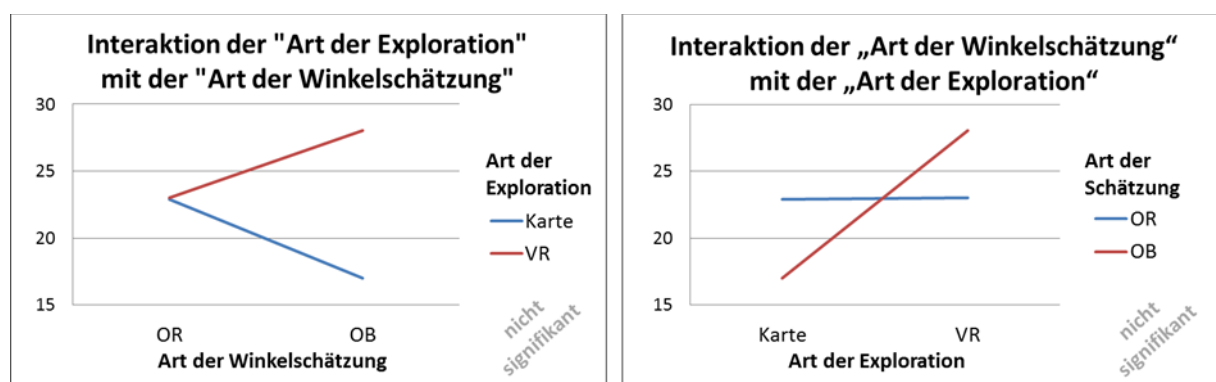
virtuelle Navigationslerner; dieser Unterschied ist für Routenschätzungen ausgeprägter als für Luftlinienschätzungen (Abb. 1, links).



**Abbildung 1:** Darstellung der Ergebnisse der Distanzschätzungen; Die Y-Achse zeigt die z-standardisierte Korrelation der wahren und geschätzten Distanzen; Hohe Werte stehen für eine gute Performanz

### 3.2 Winkelschätzungen

Für die Analyse der Winkelschätzungen müssen 5 der 16 Teilaufgaben ausgeschlossen werden, da sie keine Varianz aufweisen. Eine 2x2-faktorielle ANOVA mit Messwiederholung zeigt keinen signifikanten Haupteffekt der „Art der Winkelschätzung“ ( $p > .05$ ), aber einen signifikanten Haupteffekt der „Art der Exploration“,  $F(1, 15) = 5.93, p = .028$ . Der Interaktionseffekt ist nicht signifikant, zeigt jedoch einen deutlichen Trend,  $F(1, 15) = 3.78, p = .071$ . Die Ergebnisse sind grafisch in Abbildung 2 dargestellt. Diese Befunde zeigen, dass die Orientierungsaufgabe von Kartenlernern und virtuellen Navigationslernern gleich gut gelöst werden kann (Abb. 2 links). Bei der Objektlokationsaufgabe erzielen Kartenlerner bessere Ergebnisse als virtuelle Navigationslerner (Abb. 2 links). Insgesamt zeigen die Kartenlerner bessere Ergebnisse als die virtuellen Navigationslerner.



**Abbildung 2:** Darstellung der Interaktion ( $p > .05$ ) der „Art der Exploration“ und der „Art der Winkelschätzung“. OR = Orientierungsaufgabe, OB = Objektlokationsaufgabe; Die Y-Achse zeigt die Winkelabweichungen in Grad; Hohe Werte stehen für eine schlechte Performanz

#### 4. Diskussion

Eine Kernkompetenz von Einsatzkräften ist das Navigieren durch einen Einsatzort, wobei die Navigationsfähigkeit zum großen Teil auf dem zuvor erworbenen Wissen über den Einsatzort beruht. Dabei sind verschiedene Wissensinhalte zur Lösung verschiedener Aufgaben geeignet. Durch virtuelle Navigation erworbenes Routenwissen sollte besser zur Routenschätzung geeignet sein, als durch Karten erworbenes Überblickswissen. Diese Annahme lässt sich in dem vorliegenden Versuch nicht bestätigen. Kartenlerner können in dem hier durchgeführten Experiment sowohl Routen als auch Luftlinien besser schätzen als virtuelle Navigationslerner. Dabei sind Luftlinienschätzungen unabhängig von der Art der Exploration genauer als Routenschätzungen. Bei der Lösung einer Orientierungsaufgabe unterscheiden sich die Leistungen von Kartenlernern und virtuellen Navigationslernern nicht signifikant. Für die Objektlokationsaufgabe können die Ergebnisse von Thorndyke und Hayes-Roth (1982), dass Navigationslerner schlechter abschneiden als Kartenlerner, unter Einsatz der VR in Form eines Trends repliziert werden. Diese Befunde zeigen, dass eine analoge Karte zur direkten Vorbereitung von Einsatzkräften auf einen zeitnahen Einsatz besser geeignet ist, als die VR. Dieser Befund ist interessant, da aufgrund früherer Forschungsergebnisse ein entgegengesetztes Ergebnis anzunehmen wäre. So gelang es Dünser et al. (2006) räumliche Fähigkeiten mit Hilfe von erweiterter Realität (Augmented Reality) zu trainieren, und Krokos et al. (2018) zeigten, dass das Lernen in einer virtuellen Umgebung im Vergleich zum Lernen an einem zweidimensionalen Bildschirm zu besserem Gedächtnisabruf führt. Daher stellt sich die Frage, warum die VR in dem vorliegenden Experiment schlechter abschneidet als zu erwarten wäre.

Eine Antwort auf diese Frage kann in drei zentralen Bereichen vermutet werden. Zunächst basierten sowohl die Winkel- als auch die Distanzschätzungen rein auf der Erinnerung an das Gebäude. Würden die Aufgabenstellungen in einem realen Gebäude bearbeitet werden, würde das vorherige Explorieren der VR vermutlich einen größeren Vorteil bieten. Auf diese Weise müsste ein virtueller Navigationslerner nicht das gesamte Gebäude wiedererinnern, sondern lediglich die bereits bekannten Elemente wiedererkennen. Ein Kartenlerner hingegen müsste die zweidimensionale Karte in eine dreidimensionale perspektive transformieren um die Aufgaben adäquat lösen zu können. Dieser Prozess ist kognitiv aufwendiger und somit fehleranfälliger als der verhältnismäßig einfache Prozess des Wiedererkennens. Daher empfiehlt es sich den Versuch in einem konkreten Gebäude zu wiederholen.

Des Weiteren könnte die in der VR verwendete Steuerung einen Einfluss auf das Experiment genommen haben. Die Versuchspersonen saßen während des Erkundens der VR auf einem Schreibtischstuhl und navigierten mit einem Controller durch das virtuelle Gebäude. Auf diese Weise entstand in der VR der Eindruck sie würden sich wie mit einem Rollstuhl fortbewegen. Dies ist problematisch da sich die Navigationsfähigkeit auf zwei zentrale Mechanismen stützt: Den optischen Fluss, also die Wahrnehmung der Bewegung vorüberziehender Objekte auf der Retina, und die Wegintegrationsfähigkeit, also die Fähigkeit zur Rückkehr zu einem Startpunkt bei fehlender visueller Information, die überwiegend auf der muskulären Afferenz basiert. Durch die fehlende Eigenbewegung des Körpers konnte die Wegintegrationsfähigkeit nicht eingesetzt werden, was zu einer Leistungsminderung geführt haben könnte. Daher empfiehlt es sich den Versuch mit einem anderen Steuerungsmodul zu wiederholen, sodass den Versuchsteilnehmern die Nutzung ihrer Wegintegrationsfähigkeit ermöglicht wird.

Zuletzt muss beachtet werden, dass die Mehrzahl der Versuchsteilnehmer Symptome der Simulatorkrankheit erlebten. Viele berichteten von Übelkeit und Schwindel. Diese Symptome könnten die Leistungsfähigkeit in der VR beeinträchtigt haben. Die Simulatorkrankheit wurde unter anderem durch die gewählte Steuerung ausgelöst, sodass es anzuraten ist den Versuch mit einem für die Simulatorkrankheit weniger anfälligen Steuerungsmodul zu wiederholen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass unter den gegebenen technischen Bedingungen eine analoge Karte zur Einsatzvorbereitung von Einsatzkräften der VR vorgezogen werden sollte. Jedoch kann die VR für das Training der Navigationsfähigkeit nicht pauschal abgelehnt werden. Vielmehr sollte die Nützlichkeit der VR für das Training der Navigationsfähigkeit an realen Einsatzorten und mit optimierter Steuerung untersucht werden.

## 5. Literatur

- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. In M. Billinghamurst (Ed.), *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction design centered HCI - CHINZ '06* (pp. 125–132). New York, New York, USA: ACM Press.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203–220.
- Krokos, E., Plaisant, C., & Varshney, A. (2018). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality*, 2(1–2), 89.
- Liben, L. S., Myers, L. J., & Christensen, A. E. (2010). Identifying Locations and Directions on Field and Representational Mapping Tasks: Predictors of Success. *Spatial Cognition & Computation*, 10(2-3), 105–134.
- Thorndyke, P. W., & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive psychology*, 14(4), 560–589.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)