

Empfehlungen für die Gestaltung von Erratbarkeitsstudien zur Ermittlung von benutzerdefinierten Gesten

Mirko Fetter, Tom Gross

Lehrstuhl für Mensch-Computer-Interaktion, Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Zusammenfassung

Dieser Beitrag gibt Empfehlungen, die es bei der Gestaltung von Erratbarkeitsstudien (Guessability Studies) zur Ermittlung von durch Benutzerinnen und Benutzer definierten Gesten zu beachten gilt. Basierend auf einer Analyse verwandter Arbeiten und einer eigenen Studie identifizieren wir kritische Aspekte und geben Hinweise für die Gestaltung und Durchführung von Erratbarkeitsstudien.

1 Einführung

Während die Eingabe durch Freihandgesten seit deren Präsentation in frühen Systemen wie Put-That-There [Bolt 1980] in den achtziger Jahren eine lange Tradition in der Mensch-Computer-Interaktionsforschung hat, werden seit kurzem entsprechende Eingabesysteme auch einem breiteren Personenkreis zugänglich gemacht. Vorangetrieben durch die Spieleindustrie mit neuen Eingabekonzepten für Videospielekonsolen wie z.B. der Playstation EyeToy, der Nintendo Wii, und der Microsoft Kinect wurden Systeme mit Gesteneingabe in den letzten Jahren allgegenwärtiger. Mit neuen Eingabegeräten wie der LEAP Motion oder der Myo¹ tritt diese Technologie ihren Weg von der Nische im Wohnzimmer in unser tägliches Leben an. Die dahinterstehende Idee ist, durch die Gesteneingabe die Tür zu natürlicheren Benutzungsschnittstellen aufzustoßen [Wigdor & Wixon 2011], um so die intuitive Nutzung von Computertechnologie zu erlauben.

Jedoch sind zahlreiche auf Gesten basierende Eingabesysteme häufig noch wenig intuitiv und eher als künstlich anzusehen [Malizia & Bellucci 2012]. So müssen eine Menge von neuen, synthetischen Gesten erlernt und erinnert werden, die ähnlich wie Kommandos dann eine symbolische Eingabe von Befehlen ermöglichen. Aus diesem Grund müssen Gesten

¹ <http://www.leapmotion.com/> sowie <http://www.thalmic.com/en/myo/>

natürlich und konsistent gestaltet werden [Baudel & Beaudouin-Lafon 2012]. Wie Gesten derartig gestaltet werden können, ist allerdings noch wenig erforscht. Generell lassen sich zwei Herangehensweisen unterscheiden [Cafaro *et al.* 2014]: Top-Down und Bottom-Up. Beim Top-Down Ansatz entwerfen die Designer eines Systems die Gesten, mit denen das System zu kontrollieren ist. Beim Bottom-Up Ansatz wird eine Gruppe von Benutzerinnen und Benutzern aufgefordert, geeignete Gesten für die Interaktion mit einem System in so genannten Erratbarkeitsstudien vorzuschlagen [Wobbrock *et al.* 2005; Wobbrock *et al.* 2009] — ein Ansatz, der sich zunehmender Beliebtheit erfreut, allerdings im Detail in der Umsetzung einige herausfordernde Aspekte birgt. Wir fanden in eigenen und verwandten Arbeiten Anzeichen dafür, dass diese Aspekte einen großen Einfluss auf das zu erwartende Ergebnis der Studie haben. Eine systematische Aufarbeitung, die diese Aspekte adressiert und diskutiert, gibt es allerdings bisher nicht. Um genauere Erkenntnis darüber zu erlangen, wie unterschiedliche Entscheidungen bei der Gestaltung von Erratbarkeitsstudien deren Resultat beeinflussen, haben wir eine eigene Studie durchgeführt, die gezielt bestimmte Aspekte davon beleuchtet. Im Folgenden motivieren wir ausgehend von der Analyse verwandter Arbeiten und vor dem Hintergrund unserer eigenen Studie eine Sammlung von Gestaltungshinweisen für die Planung und Durchführung von Erratbarkeitsstudien.

2 Hintergrund und Verwandte Arbeiten

Im Folgenden erläutern wir Top-Down und Bottom-Up Ansätze für den Entwurf von Gestensets und diskutieren Vor- und Nachteile. Ferner geben wir eine kurze Einführung in die Methodik der Erratbarkeitsstudien und diskutieren Arbeiten, die diese Methode einsetzen.

Beim Top-Down Ansatz entwerfen Interaktionsdesignerinnen und -designer die Gesten, die es erlauben, ein System zu kontrollieren, selbst. Sie sind dabei geleitet von domänenspezifischen Rahmenwerken und Richtlinien (z.B. [Lao *et al.* 2009]), Wissen über den Designspace (z.B. [Marquardt *et al.* 2011]), sowie dem generellen Verständnis menschlichen Verhaltens und menschlicher Kommunikation (z.B. [McNeil 1992]). Folglich bietet dieser Ansatz einige Vorteile. Erstens besteht eine große Chance, dass ein gut gestaltetes Gestenset eine Gestensprache formt, bei der die Gesten, die zu kohärenten Interaktionsmöglichkeiten gehören, auch selbst kohärente Gruppen bilden, und somit einfacher zu merken sind. Zudem können bei der Gestaltung technische Gesichtspunkte Berücksichtigung finden und die Gesten so gestaltet werden, dass sie für das unterliegende Erkennungssystem gut unterscheidbar sind, um so die Fehlertoleranz des Systems zu erhöhen [Pavlovic *et al.* 1997]. Schließlich können zur Vorbeugung von Ermüdungserscheinungen [Yee 2009] ergonomische Erwägungen bei der Gestaltung berücksichtigt werden [Nielsen *et al.* 2004].

Bottom-Up Ansätze basieren auf der Idee des partizipativen Gestaltens [Schuler & Namioka 1993], und haben folglich zum Ziel, Endbenutzerinnen und -benutzern aktiv in den Entwurfsprozess mit einzubeziehen. Für die Gestaltung von benutzerdefinierten Gesten erfreut sich die Methode der Erratbarkeitsstudie (Guessability Study) [Wobbrock *et al.* 2005;

Wobbrock *et al.* 2009] zunehmender Beliebtheit. Das Besondere dieser Methode ist, dass sie als Vorgehen des partizipativen Designs dennoch auf eine strikte statistische Auswertung setzt. Das Ziel der Methode ist, Gestensets zu entwickeln, die von möglichst vielen Personen intuitiv benutzt werden können. Die Methode ist darauf ausgelegt, Gestensets zu kreieren für welche die Wahrscheinlichkeit die richtigen Gesten zu erraten, maximiert ist. Die Erratbarkeit ist dabei ein Kriterium für die Erlernbarkeit von Systemen [Dix *et al.* 1993, pp. 261-274]. Das Vorgehen ist wie folgt: In einer Studie werden Personen nacheinander eine Reihe von Interaktionsmöglichkeiten in Form einer Systemreaktion präsentiert—der *Effekt* oder die *Referenz*. Für jede dieser Interaktionen soll vom Teilnehmenden eine geeignete Geste—die *Ursache* oder das *Symbol*—vorschlagen werden. In [Wobbrock *et al.* 2009] wurden beispielsweise Teilnehmenden einer Studie die Reaktionen des Systems auf die Auswahl sowie das Verschieben von Objekten auf einem Multitouchtisch präsentiert. Die Teilnehmenden demonstrierten zu einem großen Teil entsprechend eine *Tap-Geste* bzw. eine *Drag-Geste* als Vorschlag. Zu Beurteilung der Erratbarkeit eines Gestensets, wird die Übereinstimmung \bar{U} als Maß herangezogen, die sich auf folgende Weise berechnen lässt:

$$\bar{U} = \frac{\sum_{e \in E} \sum_{V_i \subseteq V_e} \left(\frac{|V_i|}{|V_e|} \right)^2}{|E|}$$

Dabei ist e ein spezifischer Effekt (d.h. eine Systemreaktion) aus der Liste aller untersuchten Effekte E ; V_e ist die Menge aller vorgeschlagenen Ursachen (d.h. die Gesten) für einen Effekt e ; und V_i die Untermenge von identischen Ursachen (d.h. gleiche Gesten). Angenommen in einer Studie mit 8 Teilnehmenden wurde für den Effekt *Licht einschalten* sechsmal ein Klatschen und zweimal ein Schnipsen als Geste vorgeschlagen, so ergibt sich für diesen Effekt eine Übereinstimmung $\bar{U} = (6/8)^2 + (2/8)^2 = 0,63$. Wäre Klatschen nur fünfmal vorgeschlagen worden und stattdessen eine weitere, dritte Geste einmal, verringert sich die Übereinstimmung auf $\bar{U} = (5/8)^2 + (2/8)^2 + (1/8)^2 = 0,47$. Der Durchschnitt über alle Übereinstimmungen für alle Effekte gibt demnach die Übereinstimmung für das Gestenset. Je mehr sich dieser Wert der eins annähert, desto konsensualer das resultierende Gestenset.

Dieser Ansatz wurde in einer Reihe von verwandten Arbeiten verwendet und diskutiert. Frisch *et al.* [2009] nutzen die Methode zur Ermittlung von Multitouch- und Stift-Gesten. In der Diskussion reflektieren sie die Doppeldeutigkeiten, welche durch diese Methoden entstehen können, wenn eine Geste für zwei Aktionen vorgeschlagen wird oder zwei Gesten durch die Erkennungsverfahren nicht voneinander unterscheidbar sind. Ruiz *et al.* [Ruiz *et al.* 2011] nutzten Erratbarkeitsstudien für die Entwicklung von Gesten für die mobile Interaktion. Die Autoren machen darauf aufmerksam, dass viele der resultierenden Gesten nur eine geringe kinetische Energie aufweisen; ein Umstand, der es den Entwicklern schwer macht, diese von normalen Bewegungen im täglichen Gebrauch zu differenzieren. Piumsomboon *et al.* [2013] nutzten die Methode, um ein Gestenset für den Bereich der Erweiterten Realität zu erstellen. In ihrer Analyse machen sie darauf aufmerksam, dass abstraktere Interaktionen zu einer niedrigeren Übereinstimmung führen und bemerken ebenfalls das Problem von Doppeldeutigkeiten. In ihrem Ansatz, Gesten für die Eingabe von Sonderzeichen auf Touchscreen-Tastaturen zu verwenden, verzichteten Findlater *et al.* [2012] auf Grund der geringen Übereinstimmungswerte auf einige Kommandos, die sie dann als

Widgets umsetzen. Die Problematik des Interpretationsspielraums bei der Beurteilung der Ähnlichkeit von Gesten wird z.B. bei einer Studie von Fußgesten erörtert [Alexander *et al.* 2012]. Sowohl [Wobbrock *et al.* 2009], [Morris 2012], als auch [Micire *et al.* 2009] finden Hinweise in ihren Studienresultaten das häufig bekannte Konzepte und mentale Modelle (z.B. WIMP-Paradigma) von den Teilnehmenden kopiert oder imitiert werden.

3 Studiendesign, Durchführung und Auswertung

Um aufzuzeigen inwieweit Entscheidungen im Studiendesign das Resultat von Erratbarkeitsstudien beeinflussen, führten wir eine eigene Studie durch. Im Folgenden erläutern wir Studiendesign, Durchführung, und Auswertung.



Abbildung 1. Skizzen zur Illustration der Szenarien *periphere Interaktion* (links) und *interaktiver Tisch* (rechts).

3.1 Zugrundeliegenden Szenarien

Als Rahmen für die Studie entwickelten wir zwei Szenarien (vgl. Abbildung 1)—*periphere Interaktion* (PI) und *interaktiver Tisch* (IT)—die den Teilnehmenden als Hintergrund für die Studie präsentiert wurden. In beiden Szenarien wurde die Eingabemodalität auf Freihand-Gesten [Wigdor & Wixon 2011] beschränkt die Mittels eines geeigneten Gerätes erkannt werden können (d.h. LEAP Motion Controller²). Um unser Untersuchungsziel zu verfolgen, war der erste Schritt, zwei Szenarien zu entwerfen, die auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen angesiedelt sind. Für jedes der beiden Szenarien wurden die in Tabelle 1 aufgelisteten sieben Systemreaktionen (Effekte) entwickelt für die Gesten gefunden werden sollten. Während die Interaktionsmöglichkeiten im PI-Szenario als eher komplex, abstrakt, und außergewöhnlich einzustufen sind, setzen wir im IT-Szenario auf Systemreaktionen die im Vergleich eher simpel, ikonisch, und alltäglich sind. Weiterhin wurden für beide Szenarien die Effekte gezielt so gestaltet, dass sie teilweise als Paarungen, Gegensätze oder Abfolgen (z.B.: Kopieren, Ausschneiden, Einfügen) interpretiert werden können.

² <http://www.leapmotion.com/>

No.	Periphere Interaktion	Interaktiver Tisch
1	Musik Pausieren	Kopieren
2	Video Pausieren	Ausschneiden
3	Computer Stummschalten	Einfügen
4	Alle Instant Messenger auf ‚Nicht stören‘	Löschen
5	Aktuelles Fenster Minimieren	Widerrufen (Undo)
6	Alle Fenster Minimieren (Desktop zeigen)	Wiederholen (Redo)
7	Bildschirm Ausschalten	Alles Markieren

Tabella 1. Übersicht und Abfolge aller Systeminteraktionen für beide Szenarien.

Das Szenario *periphere Interaktion* zielt auf Büroarbeiterinnen und -arbeiter von ab, die einige Funktionen ihres Arbeitsplatzrechners mittels Gesten im Randbereich der eigenen Aufmerksamkeit steuern wollen [Bakker *et al.* 2012]. Das Szenario enthält Systemreaktionen, die eine Person dann steuern möchte, wenn eine weitere Person das Büro betritt (z.B. Computer stummschalten oder Instant Messenger-Status ändern). Der Einsatz von Gesten soll dabei eine subtile Nutzung unterstützen die es erlaubt die Aufmerksamkeit auf den Besucher, nicht auf die Aufgabe, zu richten. Wenn jemand das Büro betritt kann die Geste mit einer Hand über der Tastatur erfolgen, während sich der Körper—und somit die Aufmerksamkeit—seitwärts zur Tür richtet (vgl. Abbildung 1 links).

Das Szenario *interaktiver Tisch* zielt auf den schnellen und direkten Zugang zu grundlegenden Funktionen mittels Gesten in der Luft bei der Bedienung von interaktiven Multitouch-Tischen wie beispielsweise Kopieren, Ausschneiden und Einfügen. Die Person kann die Gesten mit einer Hand oberhalb der Tischkante ausführen, während mit der anderen Hand auf dem Tisch das Artefakt, auf dem die Aktion ausgeführt werden soll, durch Berührung selektiert wird (vgl. Abbildung 1 rechts).

3.2 Durchführung der Studie

Die Studie wurde in unserem Usability Labor durchgeführt und mittels zwei (PI) bzw. drei (IT) Kameras aus mehreren Perspektiven aufgezeichnet (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 2. Standbild der Aufzeichnung aus drei Kameraperspektiven beim IT-Szenario.

Für die Studie rekrutierten wir 20 Teilnehmende (6 weiblich, alle Rechtshänder) mittels Convenience Sampling aus Studierenden verschiedener Fachbereiche. Jeder Teilnehmende

erhielt zu Beginn der Studie eine kurze Einführung in den Ablauf. Die beiden Szenarien wurden jeweils nacheinander durchgeführt, wobei davor das jeweilige Szenario im Detail erläutert wurde und die Möglichkeit bestand, sich kurz durch Ausprobieren mit den Prozedere vertraut zu machen. Daraufhin wurden in beiden Szenarien die jeweils sieben Effekte der Reihe nach durchgegangen. Die Teilnehmenden hatten pro Effekt maximal eine Minute Zeit, sich eine Geste zu überlegen, um diese dann in drei Wiederholungen zu demonstrieren. Dabei war lautes Denken erlaubt. Nach der dritten Demonstration wurde mit dem nächsten Effekt fortgefahren. Nachdem alle Effekte eines Szenarios durchgegangen waren, wurde das Vorgehen für das andere Szenario wiederholt. Sowohl die Reihenfolge der Szenarien als auch die Reihenfolge der Effekte wurden zur Verminderung von Reihenstellungseffekten jeweils paarweise invertiert. Für das PI-Szenario nahmen die Teilnehmenden auf einem Schreibtischstuhl vor einem Desktoprechner Platz. Die Leap Motion wurde dabei rechts neben der Tastatur platziert; links befand sich eine Tür, auf welche die Teilnehmenden ihre Aufmerksamkeit durch eine Kopfdrehung richten sollten, während sie die Geste mit der rechten Hand blind demonstrieren. Zwischen jeder Demonstration wurden die Teilnehmenden gebeten, beide Hände auf die Tastatur als neutrale Position zu legen. Für das IT-Szenario wurden die Teilnehmenden gebeten sich an der Längsseite eines Multitouch-Tisches zu positionieren. Die Leap Motion wurde rechts auf der Einfassung des Tisches platziert. Auf den ausgeschalteten Tisch wurde mittels Klebstreifen eine Markierung angebracht, die das zu selektierende Artefakt darstellte. Eine weitere Markierung auf der Hälfte der Längsseite kennzeichnet die neutrale Position, zu der die Teilnehmenden zwischen jeder Demonstration mit beiden Händen zurückkehren sollten. Für eine Demonstration sollten die Teilnehmenden jeweils mit der linken Hand das Artefakt selektieren und mit der rechten Hand die Geste über der Leap Motion ausführen.

3.3 Auswertung und Ergebnisse

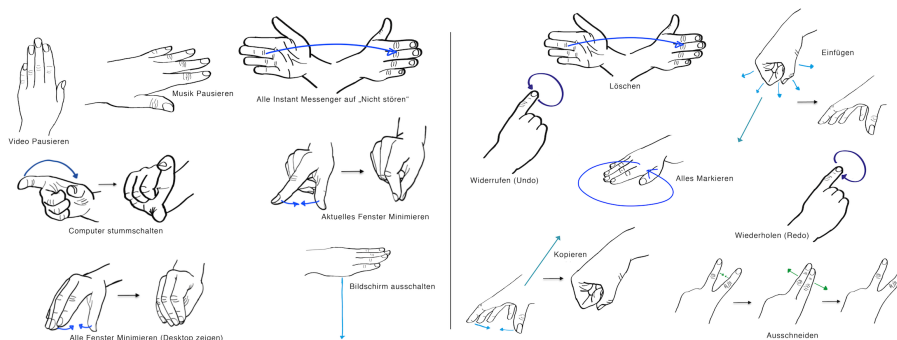


Abbildung 3. Finale Gestensets für PI (links) und IT (rechts) nach der Überarbeitung.

Insgesamt wurden von uns 280 Videos mit jeweils drei Demonstrationen einer Geste aufgezeichnet. Die Gesten wurden von drei verschiedenen Personen analysiert, um einen Effekt bei der Kodierung (d.h. Coder Bias) zu vermindern. Dabei wurden jeweils die 20 Videos für jeden Effekt durchgeschaut, die Gesten als kurze freitextliche Beschreibungen

transkribiert, und die Häufigkeit für alle unterschiedlichen Gesten für einen Effekt gezählt. Nach der individuellen Transkription, wurden in einer Sitzung die Ergebnisse miteinander verglichen und durch Diskussion unter Einbezug der Videos finale Häufigkeiten und Übereinstimmungen ermittelt. Für die beiden resultierende Gestensets wie sie in Abbildung 3 zu sehen sind, waren allerdings noch weitere Anpassungsschritte nötig, um Konflikte aufzulösen, und ein kohärentes und von der Technologie erkennbares Gestenset zu gestalten, auf die wir im nächsten Abschnitt eingehen.

4 Gestaltungsempfehlungen für Erratbarkeitsstudien

Basierend auf unserer Studie können wir nun komprimiert aufzeigen, welche Aspekte bei der Durchführung von Erratbarkeitsstudien von Bedeutung sind. Im Folgenden explizieren wir diese Aspekte und geben Hinweise und Empfehlungen für die Gestaltung von Studien.

Wie in anderen Arbeiten erwähnt hat die *konzeptuelle Komplexität* der untersuchten Interaktionen einen deutlichen Einfluss auf das Resultat von Erratbarkeitsstudien. So ist die Übereinstimmung im abstrakteren PI-Szenario insgesamt niedriger als im konkreteren IT-Szenario. Während im IT-Szenario der Effekt *Kopieren* die größte Übereinstimmung mit 15 von 20 Demonstrationen der gleichen Geste erreicht, sind es im PI-Szenario für den Effekt *Computer stummschalten* nur 6 von 20 Demonstrationen der identische Geste. Insgesamt verzeichnete die Gewinnergeste — d.h. die am häufigsten demonstrierte Geste — für einen Effekt im IT-Szenario im Durchschnitt 8 von 20 Demonstrationen ($SD=3,6$), während im PI-Szenario im Durchschnitt schon 4,3 von 20 ($SD=0,8$) gleiche Demonstrationen ausreichten. Die zu erwartende Erratbarkeit einer Geste liegt folglich im PI-Szenario unter 25 Prozent und ist somit als eher gering einzuschätzen. Dieser Unterschied zwischen den beiden Szenarien äußerte sich auch im eher zögerlichen Verhalten und den Äußerungen der Teilnehmenden im PI-Szenario. Unser Ergebnis legt nahe, dass die Methode für abstraktere Domänen deswegen nur bedingt geeignet ist. Auf der anderen Seite war mit 10 von 20 Demonstrationen die ‚Schere‘-Geste für den Effekt *Ausschneiden* die Geste mit der zweithöchsten Übereinstimmung. Da die Schere häufig als Icon für den Ausschneide-Befehl verwendet wird, legt dieses Ergebnis nahe, dass bei konzeptionell gewöhnlicheren Interaktionen, oft auf mentale Modelle aus dem Desktopbereich zurückgegriffen wird. Weitere, ähnliche Ergebnisse in unserer Studie und oben beschriebene Aussagen in verwandten Arbeiten lassen die Schlussfolgerung zu, dass die entstehenden Gestensets in ihrem Innovationscharakter dadurch deutlich beschränkt sind. Folglich ergibt sich für den sinnvollen Einsatz der Methode ein schmaler Korridor von Einsatzgebieten.

Ein weiterer Aspekt, dem Beachtung geschenkt werden sollte, ist die besondere Auswirkung einer *Randomisierung*. Natürlich existiert zunächst — wie bei anderen Experimenten auch — die Gefahr der systemischen Beeinflussung des Ergebnisses durch *Reihenstellungseffekte* (z.B. Lerneffekte, Ermüdung, oder Motivationsverlust). Folglich empfiehlt es sich, durch die Randomisierung in der Versuchsabfolge — beispielsweise durch Item-Rotation — Abhilfe zu schaffen. Gegen eine Randomisierung spricht jedoch die Tatsache, dass Interaktionen mit einem System häufig sinnbildende Paarungen, Gegensätze, oder Abfolgen darstellen, die

durch kohärente Gesten repräsentiert werden sollten. In unserer Studie konnten wir anhand der einfachen Umkehrung der Effekt-Reihenfolge Auswirkungen erkennen. So verwirrte beispielsweise die umgekehrte Reihenfolge die Teilnehmenden (z.B. beim Effekt *Wiederholen* vor *Widerrufen*) oder die Gesten wurden in unterschiedlicher Reihenfolge vorgeschlagen (z.B. bei den Effekten *Aktuelles Fenster Minimieren* und *Alle Fenster Minimieren*) und reduzierten so die Gesamtübereinstimmung. Eine ähnliche Überlegung für die Reihenfolge der Präsentation unterschiedlicher Effekte, betrifft die unterschiedliche Bedeutsamkeit einer Interaktion für das System. Dieser Aspekt leitet über zu der Frage, wie mit identischen Gesten umgegangen werden soll. Für die Studie brauchen die Teilnehmenden klare Anweisungen, ob eine identische Geste für einen späteren Effekt erneut demonstriert werden darf, wenn sie dort als passender empfunden wird. Letztlich ist noch die Überlegung zu treffen ob statt einer festgelegten Reihenfolge oder einer Zufallsreihenfolge die Möglichkeit gegeben werden sollte, die Reihenfolge durch den Teilnehmenden festlegen zu lassen, der zu Beginn der Studie eine Übersicht über alle Effekte gezeigt bekommt. Während sich dies positiv auf die Entwicklung eines in sich konziseren Gestensets auswirken kann, hat das niedrigere Momentum an Spontanität evtl. negative Auswirkung auf die Erratbarkeit. Als guter Kompromiss für ein Vorgehen erscheint dabei der Ansatz von Piumsomboon et al. [2013] die statt einer vollständigen Durchmischung aller Effekte, die Abfolge von zusammengehörigen Gruppen von Effekten randomisieren.

Schließlich gilt es auch in der *Auswertung, Analyse, und Interpretation* der Ergebnisse Einiges zu beachten. In unserer Auswertung durch drei Personen zeigten sich deutliche Unterschiede. So wurde die Ähnlichkeit von Gesten teilweise verschieden interpretiert. Gesten die von der Lage (z.B. horizontale oder vertikale ‚Schere‘-Geste), der Richtung (z.B. von links nach rechts oder umgekehrt) oder der Anzahl der benutzen Finger (z.B. ‚Greif‘-Geste mit der ganzen Hand oder mit zwei Finger) unterschiedlich ausgeführt wurden, wurden auch abweichend als übereinstimmend interpretiert. Die Entscheidung, ob zwei Gesten als identisch zu beurteilen sind, beinhaltet oft schon ein gestalterisches Element und sollte somit durch Personen mit Domänenwissen erfolgen. Im nächsten Schritt, bei der Zuweisung der Gesten zu einem Effekt auf Basis der Häufigkeit, stellt die Auflösung von Konflikten bei gleichhäufigen Gesten für unterschiedliche Effekte eine weitere Herausforderung dar. Gerade im PI-Szenario war der Unterschied zwischen der häufigsten und den nachfolgenden Gesten statistisch oft marginal. Hier ist es oft sinnvoll, den Effekt der Erratbarkeit nicht zu hoch zu bewerten, und im Zweifelsfall jene Geste zu wählen, die sich in die gesamten Gestensprache am besten einfügt. So wurde in unserem Fall für den Effekt *Wiederholen* die ‚Kreisbewegungs‘-Geste im Uhrzeigersinn ausgewählt, obwohl sie nicht die am häufigsten vorgeschlagene Geste war, aber auf ein logisches Paar mit der Geste gegen den Uhrzeigersinn für den Effekt *Widerrufen* bildet. In einem letzten Überarbeitungsschritt müssen sowohl die einzelnen Gesten sowie das Gestenset als Ganzes hinsichtlich technischer und ergonomischer Aspekte beurteilt werden. Aus der Sicht der technischen Machbarkeit ist beispielsweise zu beachten, ob: die demonstrierten Gesten von der eingesetzten Technologie erfasst werden können; unterschiedliche Gesten hinreichend voneinander, und von sonstigen Bewegungen, unterschieden werden können; sowie einfachere Gesten nicht in Komplexeren enthalten sind. In unserem Fall waren einige vorgeschlagene Gesten technisch von der Leap Motion nicht erfassbar (z.B. vertikale Überdeckung der Finger) und wurden deshalb

abgeändert (z.B. gedreht auf der Z-Achse) oder getauscht. Ebenso gilt es, die vorgeschlagenen Gesten hinsichtlich ihrer Ergonomie zu bewerten und individuell ergonomische Gesten vorzuziehen. Insgesamt bleibt zu sagen, dass Designerinnen und Designer für ein in sich schlüssiges, funktionierendes und ergonomisches Gestenset manuelle Optimierungen vornehmen sollten.

5 Zusammenfassung

Unser Beitrag ist eine komprimierte Hinweissammlung, die es bei der Gestaltung von Erratarkeitsstudien zu beachten gilt, auf Basis unserer eigenen Studie und der Analyse von verwandten Arbeiten. Abschließend ist zu sagen, dass der Hauptzweck der Methode—die Erhöhung der Erratarkeit—für die in der Literatur häufig anzutreffenden Studiengrößen mit um die 20 Teilnehmenden auf Grund der limitierten Generalisierbarkeit stark eingeschränkt ist. Eine Nachbearbeitung der Gestensets ist daher immer empfehlenswert und oft von Nöten. Eine Alternative bieten solche Ansätze, die Bottom-Up und Top-Down Ansätze vereinen und ein weniger striktes Vorgehen vorschreiben [Nielsen *et al.* 2004].

Literaturverzeichnis

- Alexander, J., Han, T., Judd, W., Irani, P. and Subramanian, S. Putting Your Best Foot Forward: Investigating Real-world Mappings for Foot-based Gestures. In Proc. of CHI 2012 (5.-10. Mai, Austin, USA). ACM, NY, USA, 2012. pp. 1229-1238.
- Bakker, S., Van Den Hoven, E. and Eggen, B. Acting by Hand: Informing Interaction Design for the Periphery of People's Attention. *Interacting with Computers* 34, 3 (2012). pp. 119-130.
- Baudel, T. and Beaudouin-Lafon, M. Charade: Remote Control of Objects Using Free-hand Gestures. *Communications of the ACM* 36, 7 (März 2012). pp. 28-35
- Bolt, R.A. "Put-That-There": Voice and Gesture at the Graphics Interface. In Proc. of SIGGRAPH 1980 (Jul. 14-18, Seattle, USA). ACM, NY, USA, 1980. pp. 262-270.
- Cafaro, F., Lyons, L., Kang, R., Radinsky, J., Roberts, J. and Vogt, K. Framed Guessability: Using Embodied Allegories to Increase User Agreement on Gesture Sets. In Proc. of TEI 2014 (16.-18. Feb., München). ACM, NY, USA, 2014. pp. 197-204.
- Dix, A.J., Finlay, J., Abowd, G.D. and Beale, R. *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall International Ltd, Hertfordshire, UK, 1993.
- Findlater, L., Lee, B. and Wobbrock, J.O. Beyond QWERTY: Augmenting Touch Screen Keyboards with Multi-Touch Gestures for Non-Alphanumeric Input. In Proc. of CHI 2012 (5.1.-. Mai, Austin, USA). ACM, NY, USA, 2012. pp. 2679-2682.
- Frisch, M., Heydekorn, J. and Dachsel, R. Investigating Multi-Touch and Pen Gestures for Diagram Editing on Interactive Surfaces. In Proc. of ITS 2009 (23.-25. Nov., Banff). ACM, NY, USA, 2009. pp. 149-156.
- Lao, S., Heng, X., Zhang, G., Ling, Y. and Wang, P. A Gestural Interaction Design Model for Multi-touch Displays. In Proc. of BCS-HCI 2009 (1.-5. Sep., Cambridge, UK). BCS, Swinton, UK, 2009. pp. 440-446.

-
- Malizia, A. and Bellucci, A. The Artificiality of Natural User Interfaces. *Communications of the ACM* 55, 3 (März 2012). pp. 36-38.
- Marquardt, N., Jota, R., Greenberg, S. and Jorge, J.A. The Continuous Interaction Space. In *Proc. of INTERACT 2011* (5.-9. Sept., Lisbon, Portugal). Springer, Heidelberg, 2011. pp. 461-476.
- McNeil, D. *Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought*. University of Chicago Press, Chicago, IL, USA, 1992.
- Micire, M., Desai, M., Courtemanche, A., Tsui, K.M. and Yanco, H.A. Analysis of Natural Gestures for Controlling Robot Teams on Multi-touch Tabletop Surfaces. In *Proc. of ITS 2009* (23.-25. Nov., Banff, Kanada). ACM, NY, USA, 2009. pp. 41-48.
- Morris, M.R. Web on the Wall: Insights from a Multimodal Interaction Elicitation Study In *Proc. of ITS 2012* (11.-14. Nov., Cambridge,, USA). ACM, NY, USA, 2012. pp. 95-104.
- Nielsen, M., Störring, M., Moeslund, T.B. and Granum, E. A Procedure for Developing Intuitive and Ergonomic Gesture Interfaces for HCI. In *Camurri, A. and Volpe, G., eds. Gesture-Based Communication in HCI*. Springer, Heidelberg, 2004. pp. 409-420.
- Pavlovic, V.I., Sharma, R. and Huang, T.S. Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review. *IEEE TPAMI* 19, 7 (Juli 1997). pp. 677-695.
- Piumsomboon, T., Clark, A., Billingham, M. and Cockburn, A. User-Defined Gestures for Augmented Reality. In *Ext. Abs. of CHI 2013* (27. Apr. 27 - 2. Mai, Paris). ACM, NY, USA, 2013. pp. 955-960.
- Ruiz, J., Li, Y. and Lank, E. User-defined Motion Gestures for Mobile Interaction. In *Proc. of CHI 2011* (7.-12. Mai, Vancouver, Kanada). ACM, NY, USA, 2011. pp. 197-206.
- Schuler, D. and Namioka, A. *Participatory Design: Principles and Practices*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, USA, 1993.
- Wigdor, D. and Wixon, D. *Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture*. Morgan Kaufman, San Francisco, USA, 2011.
- Wobbrock, J.O., Aung, H.H., Rothrock, B. and Myers, B.A. Maximizing the Guessability of Symbolic Input. In *Ext. Abs. of CHI 2005* (2.-7. Apr., Portland, USA). ACM, NY, USA, 2005. pp. 1869-1872.
- Wobbrock, J.O., Morris, M.R. and Wilson, A.D. User-Defined Gestures for Surface Computing. In *Proc. of CHI 2009* (4.-9. Apr., Boston, USA). ACM, NY, USA, 2009. pp. 1083-1092.
- Yee, W. Potential Limitations of Multi-touch Gesture Vocabulary: Differentiation, Adoption, Fatigue In *Proc. of HCII 2009* (19.-214. Jul., San Diego, USA). Springer, Heidelberg, 2009. pp. 291-300.

Danksagung

Wir danken den Mitgliedern des Cooperative Media Lab, im speziellen Lisa Homuth, Mike Imhof, Yasir Isitan, Verena Pinkwart, Alexander Schreiner, und Tobias Weith.

Kontaktinformationen

Prof. Dr. Tom Gross, tom.gross(at)uni-bamberg.de, T. 0951/863-3940