

# aHa – Der adaptive Handgriff der Zukunft

Paula Laßmann, Jonathan Kießling, Stephan Mayer, Benedikt Janny und Thomas Maier

## Einleitung

Über die Gestalt eines optimalen Handgriffs hat sich Wilhelm Emil Fein als Erfinder der handgeführten Bohrmaschinen bereits vor hundert Jahren Gedanken gemacht (Schmid & Maier 2017). Der spanische Architekt Gaudí passte die Fenstergriffe im Casa Batllò in Barcelona Anfang des 20. Jahrhunderts der Handform an, die heute als antropomorphe Gegenform in der Forschung bekannt ist und im Griffdesign angestrebt wird (Schmid & Maier 2017). Die anthropomorphe Gegenform stellt das Pendant zu körpereigenen Formen dar und ermöglicht somit eine Maximierung der Kontaktfläche bei einer Minimierung der Flächenpressung. Die Vorteile hierbei sind eine gute Kraftübertragung bei geringer Druckstellenbildung. Bei einem nicht adaptiven Griff würde dessen Form verschiedene Hände in verschiedenen Nutzungsszenarien in ungewünschte Zwangshaltungen bringen, weswegen eine optimale Form nur durch einen adaptiven Griff sichergestellt werden kann.

Aufgrund der unterschiedlichen Topographie von Händen ermöglicht ein individueller Griff die beste Kraftübertragung und einen idealen Komfort. Dementsprechend ist das Optimum ein kontinuierlich adaptiver Griff, den es bisher nicht auf dem Markt gibt (s. Stand der Forschung). Aufbauend auf einem beantragten Patent wird ein Demonstrator eines solchen Griffs entworfen. Dabei wird in der Einleitung auf die Problemstellung der Griffgrößen eingegangen, sowie der gewählte Anwendungsfall hergeleitet. Im Anschluss wird der Stand der Forschung erarbeitet. Darauf folgend wird auf die methodische Vorgehensweise sowie auf die konstruierten Prototypen eingegangen. Eine Diskussion und Ausblick runden den Beitrag ab.

## Problemstellung Abmaße von Handgriffen

Ein Handgriff wird in der Regel mithilfe eines Umfassungsgriffs verwendet. Eine komfortable Verwendung des Umfassungsgriffs bedeutet eine Durchmesseranpassung eines Griffs, abhängig von der Handgröße. Hinsichtlich des Griffumfangs der Hand besteht zwischen dem 5. Perzentil Frau und dem 95. Perzentil Mann ein Unterschied von 45 mm (110–155 mm). Die Handbreite unterscheidet sich um 24 mm (70–94 mm) (DIN 33402-2 2015).

Herkömmliche Handgriffe bedienen das 50. Perzentil. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass eine optimale Kraftübertragung nur für einen kleinen Teil der Bevölkerung möglich ist. Um dem entgegenzuwirken wird der Ansatz verfolgt, unterschiedliche Griffe anzubieten, die je nach Handgröße modular verwendet werden können (bspw. ERGONmodular, Wolf 2019). Folglich ist immer ein manueller Austausch des Griffs notwendig. Es findet keine Anpassung des Handgriffs an ein Bedienszenario statt, die jedoch ebenfalls hinsichtlich einer optimalen Kraftübertragung wünschenswert wäre. Hieraus resultiert, dass der Griff in der Länge, sowie in Bezug auf den Durchmesser veränderlich sein muss, um die gewünschten Perzentile von Mann und Frau abzudecken. Hinzu kommt die individuelle Anpassung der Formgebung an die Handform (anthropomorphe Gegenform).

## Designansätze

Ein Handgriff, der für jeden Bediener gleichermaßen nutzbar ist, folgt den Grundlagen unterschiedlicher Designansätze, deren Idee die Benutzbarkeit durch eine breite Masse unterschiedlichster Nutzer in unterschiedlichen Bediensituationen und Anwendungsfeldern ist. Dabei soll im Kurzen auf drei Ansätze eingegangen werden. Im US-amerikanischen Raum wird dieser Designansatz als *Universal Design* bezeichnet und wurde durch den Architekten und Designer Ron Mace begründet (Clarkson et al. 2003). Ursprünglich baute das Universal Design auf sieben Prinzipien auf, die durch Story et. al (1998) erweitert wurden. In Großbritannien wird der Begriff *Inclusive Design* verwendet (Clarkson et al. 2003). Das *Design für Alle* ist vor allem kontinentaleuropäisch geprägt und legt den Fokus auf das Design für Senioren und Menschen mit Einschränkungen (EDAD 2019). Bei der Entwicklung des Griffs werden die sieben Prinzipien des Universal Designs in den Anforderungen berücksichtigt.

Die Prinzipien lauten: Breite Nutzbarkeit, Flexibilität in der Benutzung, einfache und intuitive Benutzung, sensorisch wahrnehmbare Informationen, Fehlertoleranz, niedriger körperlicher Aufwand sowie Größe und Platz für Zugang und Benutzung (Clarkson et al. 2003).

### Anwendungsfall adaptiver Handgriff

Obwohl das Ziel der Konzeption des adaptiven Handgriffs ein Design nach den Regeln des Universal Designs ist, erleichtert eine konkrete Festlegung auf einen Anwendungsfall die Konstruktion. Nachdem ein Produkt für eine Anwendung konzipiert ist, soll die Übertragbarkeit auf andere Produkte gewährleistet werden. Im Rahmen einer Analyse manifestierte sich der elektrische Rollator (bspw. Ello, eMovements GmbH 2019) als sinnvoller Anwendungsfall. Wirtschaftlich gesehen wird es durch die Altersstrukturveränderung in Deutschland zukünftig eine große Zielgruppe geben: im Jahr 2030 werden 28 % der Bevölkerung 65 Jahre oder älter sein (Destatis 2015). Altersbedingt entstehen sensomotorische Einschränkungen, die durch einen adaptiven Handgriff kompensiert werden können. Aufzuführen sind hierbei zum einen geringere Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Kraft (Fisk et al. 2009) und zum anderen Verkrümmung der Hände infolge von Arthrose (Fuchs et al. 2013). Der Vorteil eines elektrischen Rollators ist die bereits integrierte Stromversorgung. Des Weiteren ist ein Rollatorgriff verschiedenen Nutzungsszenarien ausgesetzt, bei denen jeweils andere Anforderungen an den Griff entstehen.

### Stand der Forschung

Als Grundlage dient eine Betrachtung diverser Forschungsprojekte zu adaptiven Oberflächen im Allgemeinen und adaptiven Handgriffen im Speziellen. Die Continental AG zeigt mit Continental Morphing Controls (Abbildung 1) adaptive Bedienelemente im Fahrzeug-Cockpit (Continental 2019). Die Knöpfe treten bei Bedarf beleuchtet aus der flexiblen Oberfläche hervor, während sie, wenn nicht benötigt, unsichtbar in der Instrumententafel integriert sind. Continental hebt vor allem die eigens entwickelte, lichtdurchlässige, flexible Oberfläche als Grundvoraussetzung für diese Funktion hervor. Durch kapazitive Näherungssensoren unter der Oberfläche wird die Hand-

position des Nutzers erfasst und die Bedienelemente passen sich der Situation an. Diese Anpassung wird durch mechanische Aktorik realisiert, die die Knöpfe linear geführt ausfährt.

Im Bereich der handbedienten Stellteile gibt es mehrere Forschungsarbeiten, die sich bereits mit der Thematik Adaptivität beschäftigt haben. Aufzuführen sind hierbei zum einen ein Projekt von Sandler (2008) und zum anderen von Petrov (2012), die jeweils zwei Formzustände eines Dreh- und Schiebestellteils durch ein radiales Ausfahren von Lamellen realisieren. Czapka (2016) entwirft ein Modell zur Drehmomentübertragung mit zwei unterschiedlichen Zuständen zum Ausgleich von einer sensomotorischen Schwäche von Nutzern. Dieses Stellteil bildet die Grundlage für eine Offenlegungsschrift, auf die die vorliegende Arbeit basiert. Darin wird ein Handgriff mit verstellbaren Elementen in Matrixanordnung beschrieben (Abbildung 2). Über Sensorik, die beispielsweise die Flächenpressung misst und an die Aktorik rückspiegelt, wird die Verformung der Oberfläche eingeleitet, um die Flächenpressung zu minimieren und damit den Bedienkomfort und die Effizienz zu erhöhen (Janny & Morkoc 2017).

Follmer und Leithinger (2013) veröffentlichen 2013 ein Patent für eine, von Hand verformbare, Mensch-Maschine-Schnittstelle. Das beschriebene Produkt besteht aus einer formvariablen Hülle auf der Rückseite eines Tablet-Computers und ist für den zweihändigen Zufassungsgriff durch den Nutzer vorgesehen. Das Ziel ist es, dem Nutzer ein Stellteil zur Signaleingabe durch Verformung des Materials zur Verfügung zu stellen, das zudem haptisches Feedback – beispielsweise durch variable Härte des Griffs - bietet. Das zugrundeliegende Wirkprinzip ist in Abbildung 3 zu sehen. Es beschreibt die Variation der Verformbarkeit von Granulat in einem Gas (zumeist Luft), umgeben von einer flexiblen Hülle, durch die Variation der Dichte, mit der die Partikel gepackt sind. In der Praxis wird die Schnittstelle durch die Handkraft des Nutzers verformt und anschließend durch das Entfernen des Gases verhärtet. Der Nutzer nimmt die veränderte Härte als haptisches Feedback wahr. Die Eingabe des Nutzers erfolgt durch optische oder elektromagnetische Sensoren in der Oberfläche der flexiblen Hülle.

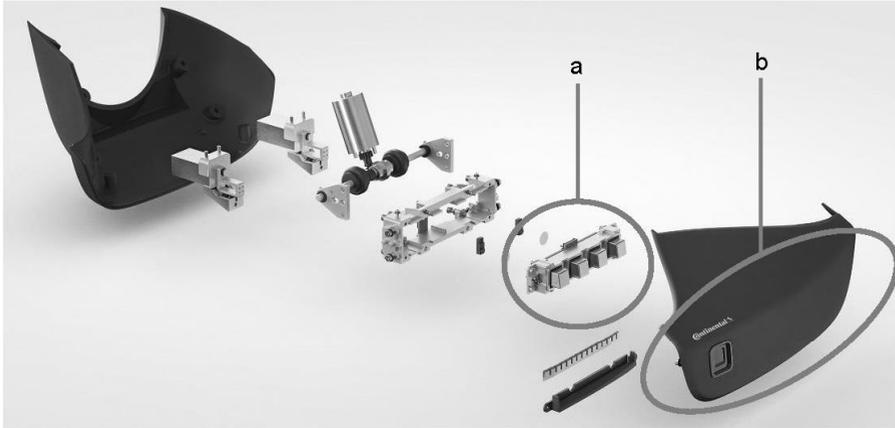


Abbildung 1: Explosionsdarstellung der Continental Morphing Controls mit Stempeln (a), die eine flexible Oberfläche (b) verformen (Continental 2019)

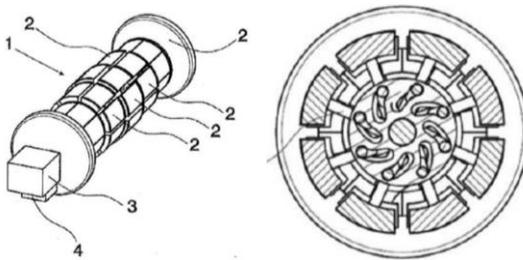


Abbildung 2: Formvariabler Griff mit verstellbaren Elementen in Matrixanordnung (Janny & Morkoc 2017)

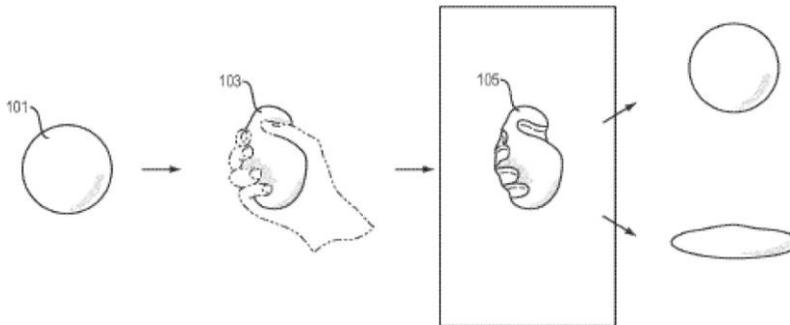


Abbildung 3: Prinzip der Funktionsweise des „Jammable Interface“ (dt: klemmbar) (Follmer & Leithinger 2013)

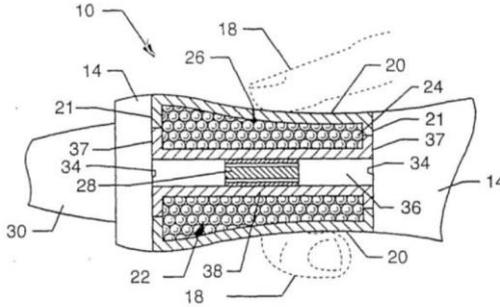


Abbildung 4: Patentierter formvariabler Handgriff mit Granulat in einer flexiblen Hülle (Willat 2003)

Willat (2003) beschreibt einen formvariablen Handgriff basierend auf der Injektion runder Partikel in eine flexible Hülle, wie in Abbildung 4 dargestellt. Dadurch wird die Form der Kopplungsfläche zur Hand des Benutzers einmalig variiert.

Auch Corbet (2017) setzt auf die passive Verformung des adaptiven Handgriffs. Hier ist der Griff aus mehreren Schichten aufgebaut, die radial gefedert an einem Kern angebracht sind. Dadurch verformt sich der Griff flexibel unter Einwirkung der Greifkraft. Der „Handgriff mit deformierbarer pneumatischer Oberfläche“ im Patent von Squadroni (1995) besteht aus einem festen Tragwerk mit Öffnungen. Durch diese wird ein flexibler Schlauch pneumatisch aufgeblasen. Somit passt sich die Form des Griffs an die zugreifende Hand an.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Thematik des adaptiven Handgriffs bereits an vielen Instituten behandelt, jedoch noch nicht reproduzierbar und vorserientauglich umgesetzt wurde, was das Ziel dieser Arbeit darstellt.

## Entwicklung

### Vorgehen

Der adaptive Handgriff ist die Schnittstelle zwischen Mensch und Produkt. Daher erfolgt die Entwicklung nach dem nutzerzentrierten Ansatz von Zühlke (2012): Analyse, Strukturgestaltung, Bediensystemgestaltung, Realisierung

und Evaluation, wobei die Evaluation entwicklungsbegleitend durchgeführt wird. In dieser Zusammenfassung werden die Entwicklungsschritte der Analyse und Strukturgestaltung fokussiert, während die Bediensystemgestaltung, Realisierung und Evaluation noch ausstehen und in einer weiteren Arbeit berichtet werden. In der Analysephase wurden theoretische Anforderungen an den Handgriff in Rahmen von Literaturrecherchen erhoben. Dabei werden diese in technisch-physikalische, wirtschaftliche, umwelt- und fertigungstechnologische, sowie Mensch-Produkt-Anforderungen unterteilt. Diese Mensch-Produkt-Anforderungen lassen sich in Anlehnung an den nutzerzentrierten Entwicklungsprozess in Betätigungs- und Benutzungsanforderungen sowie Sichtbarkeits- und Erkennbarkeitsanforderungen untergliedern (Seeger 2006). Grundlegend konnten bereits bestehende Anforderungen aus der Entwicklung des im Stand der Technik vorgestellten adaptiven Stellteils übernommen oder überarbeitet werden. Dabei wurde eine Erweiterung des Stellteils zu einem Griff durch das Hintereinandersetzen der einzelnen Teile angestrebt. Aus wirtschaftlicher Sicht ist eine kostengünstige Konstruktion zu bevorzugen, da ein adaptiver Handgriff in der Regel an ein anderes Produkt angegliedert ist, dessen Preis dadurch nicht maßgeblich erhöht werden soll. Das Ziel der Konstruktion ist es, einen Griff zu konzipieren, der abgesehen von der Griffgestalt keinen großen, zusätzlichen Bauraum benötigt, weswegen auf Mikrotechnik zurückgegriffen wird. Hinsichtlich der Umsetzung wurde eine umfangreiche Recherche im Bereich der Mikroaktuatorik und -sensorik durchgeführt. Die Strukturgestaltung erfolgte auf Basis der Anforderungsliste mithilfe verschiedener Methoden der Produktentwicklung, wie die Erstellung einer Funktionsstruktur, Einsatz eines morphologischen Kastens zur Generierung von Lösungsideen sowie Rapid Prototyping. Dabei kamen CAD-Konstruktionen, verschiedene 3D-Druckverfahren (Fused Deposition Modeling, FDM und Stereolithografie, SLA) sowie weitere Materialien, wie Silikon, zum Einsatz. Im Lauf der Entwicklung wurden verschiedene technische Prototypen realisiert. Dabei soll im Folgenden kurz auf die zugrundeliegenden Prinzipien eingegangen werden. Im Anschluss werden zwei Prototypen mit unterschiedlichen technischen Prinzipien vorgestellt.

## Grundlagen

### Funktionsstruktur

Zur Entwicklung erster Prototypen wurde zunächst eine lösungsneutrale Funktionsstruktur des Handgriffs erstellt (Abbildung 5). Als Systemgrenze ist die Oberfläche des am Produkt fixierten Griffs, mit ihrer Kontaktfläche zur Hand des Nutzers, gewählt. Der Nutzer macht eine Eingabe, indem er den Griff durch einen Umfassungsgriff betätigt. Sollte die Sensorik eine ungleiche Flächenpressung registrieren, reagiert die Steuerungseinheit mit der Weitergabe eines Signals an die Aktorik. Diese muss daraufhin dafür sorgen, dass sich die Oberfläche des Handgriffs an die Handform des Nutzers anpasst. Durch die veränderte Oberfläche erhält der Nutzer ein haptisches, sowie visuelles Feedback. Aufgrund der potentiellen Verwendung von Motoren, wird dem Nutzer ebenfalls ein akustisches Feedback zuteil.

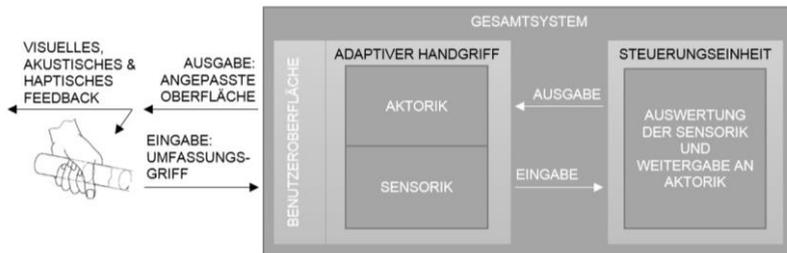


Abbildung 5: Darstellung der Gesamtfunktion des Handgriffs und der Schnittstelle zum Nutzer in Anlehnung an das Interaction Framework von Nakagaki et al. (2016) (Abb. der Hand: DIN 33402-2 2015).

### Abmessungen

Die Hauptmaße des Handgriffs in den Extremzuständen der Formvariation für einen Umfassungsgriff orientieren sich an den Vorgaben Bullingers (1994). Dieser gibt folgende Bereiche vor:

- Länge  $L = 90$  bis  $120$  mm
- Durchmesser  $D = 18$  bis  $38$  mm

Die Untersuchung unterschiedlicher Prototypen ergibt die Notwendigkeit größerer Abmessungen beim Griff mit Verdrängung von Granulat. Um die

Verformung auch für große Hände zu ermöglichen, muss der Griff im Ausgangszustand entsprechend größer sein als die angegebenen Maße.

Zudem ist ein geringer Bauraum zur Unterbringung des Elektromotors und zur Befestigung des Griffs an der Schnittstelle zum Rollator nötig. Dadurch belaufen sich die Hauptmaße auf:

- Länge  $L = 128$  bis  $160$  mm
- Durchmesser  $D = 50$  mm (unverformt)

Des Weiteren geht eine Längenänderung des Griffs mit einer Verkleinerung des Durchmessers einher. Somit ergibt sich die Tatsache, dass der Griff für kleinere Personen die Maximal- und für größere Personen die Minimallänge von Bedeutung ist. Damit ergibt sich ein gegenteiliges Szenario der Anpassbarkeit hinsichtlich der Länge.

## Konzeption

Im Lauf der Konzeption haben sich zwei verschiedene Prinzipien herauskristallisiert, auf Basis deren ein adaptiver Handgriff umsetzbar sein könnte. Die Funktionalität beider Prinzipien wird im Folgenden kurz vorgestellt.

### Prinzip 1: Mikromotorik

Ein Ansatz zur Umsetzung der Verformung basiert auf dem Wirkprinzip mechanischer Formveränderung durch Kurvenscheiben und einen Spindeltrieb. Über Führungsschlitze in den Kurvenscheiben werden verschiebbare Elemente geführt, durch die die Formänderung und Anpassung an die Hand erfolgt (Abbildung 6). Der Spindeltrieb versetzt die Kurvenscheiben in Rotation. Über die Führungsschlitze werden die verschiebbaren Elemente nach außen gedrückt. Je Kurvenscheibe sind in diesem Prototyp acht verstellbare Elemente verbaut. Diese Anzahl begründet sich durch die maximale Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bauraums bei gleichzeitiger Minimierung der Spalten zwischen den Elementen. Allerdings weist diese mechanische Umsetzung einen geringen adaptiven Freiheitsgrad bei hohen Stellzeiten auf. Eine pneumatische Lösung wurde ausgeschlossen, da die kleinste erhältliche Pneumatikpumpe nicht ausreichend Druck aufbauen kann, um im Griff integrierte Matricelemente zu bewegen.

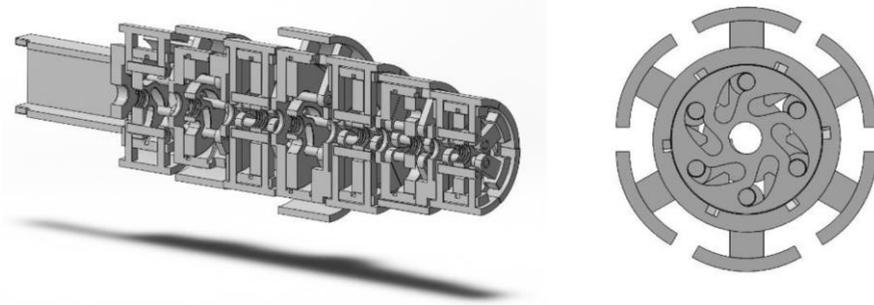


Abbildung 6: Prinzip der Mikromotorik im Längsschnitt (links) und Querschnitt (rechts)

### Prinzip 2: Granulat

Aufgrund der Schwierigkeit einer mechanischen Umsetzung der variablen Oberflächentopologie, wurde nach einer Lösung gesucht, die auf Granulatbasis funktioniert. Im Folgenden wird auf das auf Basis der Anforderungen bestbewertete Konzept eingegangen. In diesem Konzept wird die Längen- und Durchmesseränderung des Griffs über einen Spindelmotor realisiert, der einzelne Komponenten im Inneren des Griffs bewegt. Die Oberfläche des Griffs besteht aus einer mit Kaffeepulver gefüllten Latexhülle (zum Einsatz von Kaffeepulver als Granulat, vergleiche Cheng et al. 2012). Eine Pumpe erzeugt durch Luftentzug ein Vakuum, das dafür sorgt, dass die Oberfläche des Griffs in der momentanen Form fixiert und sich auch durch Krafteinwirkung nicht verändert. Durch die Variation des Mahlgrades kann die Anpassbarkeit und Formstabilität optimiert werden. Experimentell wurde eine mittlere Mahlstärke ermittelt, die zu einem angenehmen Greifgefühl führt. Zur Steuerung des variablen Griffs wird ein Arduino Uno Board verwendet. Aus Gründen der Reißfestigkeit der Hülle wird diese gegenwärtig in eigener Herstellung aus Silikon gegossen. Eine Abbildung des Prinzips findet sich im Unterkapitel Konstruktion (Abbildung 9).

### Bewertung

Die erarbeiteten Prinzipien werden nach der VDI 2222 (1997) bewertet, um ihre Funktionalität zu vergleichen. Der Fokus dieser Bewertung liegt auf der Verformbarkeit, da sie die Anpassbarkeit an die Hand der Nutzer maßgeblich

beeinflusst, und auf der Stabilität des verformten Griffs. Die relative Gewichtung der Kriterien wird diskursiv durch paarweisen Vergleich im Hinblick auf die Nutzungsszenarien des adaptiven Handgriffs ermittelt. Die Punktvergabe ist in Abbildung 7 dargestellt. Abbildung 8 zeigt die Schwankungen des Bewertungsprofils und somit die Stärken und Schwächen der Prinzipien. Aufgrund der Bewertung gilt das Prinzip der Verformung und Verfestigung von Granulat in einer flexiblen Hülle als vielversprechendstes zur Realisierung des adaptiven Handgriffs.

## Konstruktion

Hinsichtlich der Funktionalität und der Handhabung ist ein Prototyp des Prinzips 2 (Granulat) vielversprechend und wird somit zur weiteren Detaillierung ausgewählt. Alle mechanischen Komponenten des Handgriffs sind in der Schnittzeichnung in Abbildung 9 dargestellt. Der Kern des Griffs ist zweigeteilt und mit Führungslamellen versehen, um die axiale Führung bei der Längenänderung mittels Spindeltrieb sicherzustellen. Außerdem ist ein luftdurchlässiger Papierfilter auf den Kern geklebt und die Spalten zwischen den zwei Komponenten sind mit einem Kautschuk-Schlauch flexibel abgedichtet. Dies ermöglicht das Anlegen des Vakuums zur Verfestigung des Granulats und dichtet die Spindel gegenüber Verschmutzung durch das Granulat ab. Die Adapterkappe dient der Befestigung des Griffs am Rollator und klemmt die Silikonhülle gegen den Kern. Die flexible Hülle beinhaltet das Kaffeegranulat und trägt die Sensorschicht. Der Aufbau des Prototyps ist in Abbildung 10 dargestellt.

1. Längenverstellbarer zweiteiliger Kern
2. Spindeltrieb
3. Silikonhülle mit Kaffeegranulat
4. Sensorik auf Folie
5. Adapterkappe (Schnittstelle zum Rollator)
6. Pneumatik-Schlauch

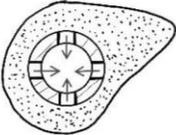
Bewertungskriterien	Relative Gewichtung	Bewertung	
		Mikromotorik	Granulat
			
Freie Verformbarkeit	15%	3	4
Stabilität bei Flächenpressung	15%	3	4
Stabilität der Kanten > 10 mm	15%	4	4
Stabilität der Kanten < 10 mm	5%	3	3
Griffigkeit, Rutschhemmung	8%	3	4
Greif-Sympathie	12%	2	3
Dichtheit	12%	4	3
Haltbarkeit, Robustheit	9%	3	3
Hautverträglichkeit	6%	4	4
Optisch ansprechend	1%	2	3
Einfache Montage	2%	1	3
	Technische Wertigkeit	0,79	0,90

Abbildung 7: Technische Bewertung und Vergleich der erarbeiteten Konzepte

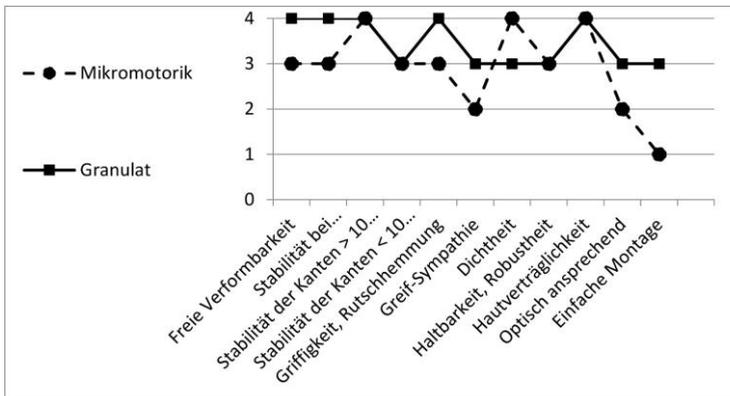


Abbildung 8: Bewertungsprofile der Konzepte

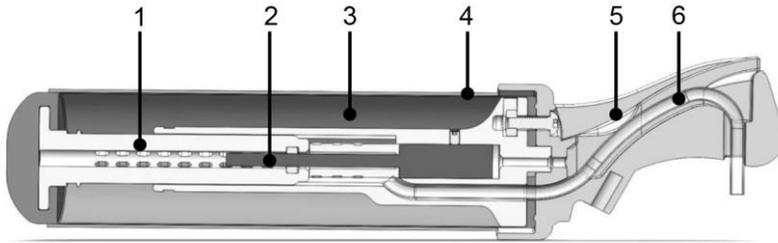


Abbildung 9: CAD-Abbildung des bestbewerteten Prototyps mit Granulatprinzip im Längsschnitt mit Beschriftung der einzelnen Komponenten

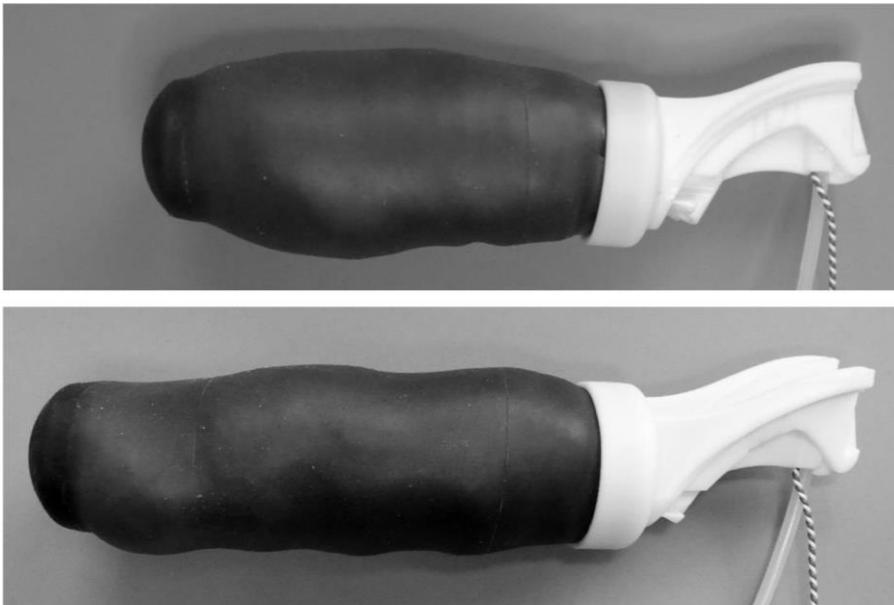


Abbildung 10: Abbildung des aufgebauten Prototyps mit Granulatprinzip: oben: eingefahren, für große Hände ( $l = 128 \text{ mm}$ ); unten: ausgefahren für kleine Hände ( $l = 160 \text{ mm}$ )

## Diskussion und Ausblick

Auf Basis der Bewertungen wird eine Weiterentwicklung des Granulatkonzepts angestrebt. Ein Problem stellt bisher noch die Dichtheit dar. Es muss untersucht werden, wie lange der Griff das Vakuum halten kann. Im weiteren Verlauf werden Sensoren für die Bediensystemgestaltung benötigt. Dabei

sollen unter anderem Kraftmesssensoren integriert werden, die für eine gleichmäßige Druckverteilung über die Kontaktfläche sorgen. Die Sensoren müssen flexibel und, wenn möglich, dehnbar sein, um auf der variablen Oberfläche des Handgriffs keine Veränderung der Bedienungshaptik hervorzurufen. Des Weiteren dürfen diese nicht empfindlich gegenüber Torsion sein. Aufgrund dieser Anforderungen gibt es bisher wenig passende Sensoren auf dem Markt und damit stellt diese Thematik eine weitere Herausforderung dar. Sobald die Entscheidung für bestimmte Sensoren gefallen ist, wird die Steuerung programmiert und aufgebaut. Im Anschluss daran soll der Handgriff mithilfe von Probandenstudien getestet werden. Nach einer weiteren Optimierung des Griffs kann die Erstellung eines marktreifen Konzepts angestrebt werden.

Die Konzeption des adaptiven Handgriffs erfolgte nach den Prinzipien des Universal Designs. Dabei birgt der Handgriff unter Berücksichtigung von ergonomischen Aspekten den Vorteil, dass er die anthropometrischen Maße von ca. 90 % der Bevölkerung berücksichtigt. Wie bereits angesprochen, muss ein Durchmesserunterschied von einigen mm ausgeglichen werden. Um den passenden Durchmesser für eine große Hand zu gewährleisten, ist der Ausgangszustand des Griffs ein Durchmesser von 50 mm. Dieser wird durch die Verlängerung des Griffs für kleine Personen verringert. Trotzdem muss eine Person mit einer sehr kleinen Hand zunächst viel Masse des Granulats verdrängen. Des Weiteren verlängert sich der Griff für kleine Personen auf 160 mm. Inwieweit diese beiden Punkte für die Benutzung störend sind, muss in der geplanten Nutzerstudie evaluiert werden. Hinsichtlich der älteren Nutzergruppe ist es von Interesse herauszufinden, ob die Handkraft ausreicht, um den Griff zu verformen, sowie ob die Benutzung für arthritisch veränderte Hände angenehm ist. Eine Integration des Griffs in einen Rollator bedeutet Mehrkosten in der Anschaffung. Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, diese Kosten so gering wie möglich zu halten und den Mehrwert in der Nutzung bezüglich der Gebrauchstauglichkeit herauszuarbeiten. Eine kostengünstige Stromversorgung ist zu gewährleisten.

Zunächst soll der Handgriff als Vorserienprodukt für die Anbindungen an Rollatoren entwickelt werden. Im Anschluss wird überprüft, wie der Handgriff auch für andere Anwendungsgebiete zugänglich gemacht werden kann. Da-

bei kommen zum Beispiel Fahrradhandgriffe, aber auch handgeführte Elektrohwerkzeuge in Frage. Im Moment wird der Handgriff als Medium für Abstützung des Körpergewichts verwendet, wobei in den seltensten Fällen das gesamt Gewicht auf ihm lastet. Die zu übertragenden Kräfte sind hierbei geringer, als wenn beispielsweise ein Loch in eine Betonwand gebohrt werden muss. Aus diesem Grund muss untersucht werden, bis zu welchen Kräften der Handgriff im Vakuum stabil bleibt. Auch bei diesen weiteren Anwendungen ist die Steigerung des Nutzens durch die anthropomorphe Anpassung des Griffs und das erhöhte Komfortempfinden der Nutzer ein maßgebliches Entwicklungsziel.

## Literaturverzeichnis

- Bullinger, H.-J. 1994: Ergonomie – Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Stuttgart, Verlag: Teubner.
- Cheng, N. G., Lobovsky, M. B., Keating, S. J., Setapen, A. M., Gero, K. I., Hosoi, A. E., & Iagnemma, K. D. 2012: Design and analysis of a robust, low-cost, highly articulated manipulator enabled by jamming of granular media. Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on (pp. 4328-4333). IEEE.
- Clarkson, J., Keates, S., Coleman, R., Lebbon, C. (Hrsg). 2003: Inclusive Design. Design for the whole population. London: Springer Verlag.
- Continental AG, 2019: Tasten aus dem Nichts: Continental zeigt funktionale Oberflächen fürs Cockpit der Zukunft. Beitrag im Internet. <https://www.continental-corporation.com/de/presse/pressemitteilungen/morphing-controls-132044>, 10.03.19.
- Corbet, J. M. 2017: Configurable Grip, United States patent US 2017/0080556 A1, USA.
- Czapka, P. 2016: Konstruktion und Aufbau einer adaptiven, handbedienten Mensch-Maschine-Schnittstelle zum Ausgleich einer sensomotrischen Schwäche bei der Bedienung. Institut für Konstruktionstechnik und technisches Design, Universität Stuttgart, Studienarbeit (unveröffentlicht).
- Destatis (Statistisches Bundesamt) 2015: 13. Koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung für Deutschland. Beitrag im Internet. <https://service.destatis.de/bevoelkerungspyramide/#!y=2030>, veröffentlicht 2015, abgerufen am 11.03.2019.
- DIN 33402-2 Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN 33402-2:2005-12) 2015. Ergonomie-Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte. Berlin: Beuth.
- EDAD (Design für Alle – Deutschland e.V.) 2019: Design für Alle. Beitrag im Internet. <http://www.design-fuer-alle.de/design-fuer-alle/>, 10.03.2019.
- eMovements GmbH, 2019: ello – der elektrische Rollator. Beitrag im Internet. <https://www.ello-rollator.de/>, 12.03.19.

- Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N. 2009: Designing for older adults. Principles and creative human factors approaches. 2. Aufl. Boca Raton, Fla: CRC Press/Taylor & Francis (Human factors & aging series).
- Follmer, S.; Leithinger, D. 2013: Methods and Apparatus for Jammable HCI Interfaces, United States patent US 2013/0275082 A1, USA.
- Fuchs, J.; Rabenberg, M.; Scheidt-Nave, C. 2013: Prävalenz ausgewählter muskuloskelettaler Erkrankungen. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). In: Bundesgesundheitsbl. 5/6, S. 678–686. DOI: 10.1007/s00103-013-1687-4.
- Janny, B. & Morkoc, H. 2017: Vorrichtung zur adaptierbaren Handbedienung eines Geräts und Verfahren zum Betrieb der Vorrichtung, Patentanmeldung E201610101121 der Universität Stuttgart, Veröffentlichungsnummer DE102016101121A1, Offenlegung 2017.
- Nakagaki, K., Vink, L., Counts, J., Windham, D., Leithinger, D., Follmer, S., & Ishii, H. 2016: Materiable: Rendering dynamic material properties in response to direct physical touch with shape changing interfaces. In Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2764-2772). ACM.
- Petrov, A. 2012: Usability-Optimierung durch adaptive Bediensysteme. Dissertation. Universität Stuttgart, Stuttgart. Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design.
- Schmid, M., & Maier, T. 2017: Technisches Interface Design: Anforderungen, Bewertung und Gestaltung. Springer-Verlag.
- Seeger, H. 2006: Design technischer Produkte, Produktprogramme und -systeme. Industrial Design Engineering. 2. Auflage: Springer-Verlag.
- Sendler, J. 2008: Entwicklung und Gestaltung variabler Bedienelemente für ein Bedien- und Anzeigesystem im Fahrzeug. Technische Universität Dresden, Dissertation.
- Squadroni, O. E. 1995: Handgriff mit deformierbarer pneumatischer Oberfläche; Veröffentlichungsnr. DE 691 05 906 T2.
- Story, M. F.; Mueller, J. L.; Mace, R. L. 1998: The universal design file. Designing for people of all ages and abilities. U.S. Dept. of Education, Center for Universal Design, NC State University.
- VDI 2222 Verein Deutscher Ingenieure, 1997. VDI-Richtlinie: VDI 2222 Blatt 1 Konstruktionsmethodik - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien. Berlin: Beuth.
- Willat, B. 2003: Deformable Grip for a writing implement Veröffentlichungsnr. WO 2004/030930 A1, USA.
- Wolf, R. 2019: ERGONmodular. Beitrag im Internet. <https://www.richard-wolf.com/de/disziplinen/chirurgie/eragonmodular/>, 08.03.2019.
- Zühlke, D. 2012: Nutzergerechte Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen. Ueware-Engineering für technische Systeme. 2. Aufl. Berlin: Springer.

## **Kontakt**

Paula Laßmann, M.Sc.

Jonathan Kießling, B.Sc.

Stephan Mayer, B.Sc.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier

Universität Stuttgart

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,

Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design

Pfaffenwaldring 9

70569 Stuttgart

[www.iktd.uni-stuttgart.de](http://www.iktd.uni-stuttgart.de)

Dr.-Ing. Benedikt Janny

USE-Ing. - Ein Unternehmen der Technologie-Transfer-Initiative GmbH an  
der Universität Stuttgart (TTI GmbH)

Nobelstraße 15

70569 Stuttgart

Germany

[www.use-ing.de/index.html](http://www.use-ing.de/index.html)

