

5G Sports – tragbare Technologiedemonstratoren im taktilen Internet

Lisa-Marie Lüneburg, Emese Papp und Jens Krzywinski

Der fünfte Mobilfunkstandard 5G wird zukünftig die Übertragung großer Datenmengen auch über weite Strecken nahezu in Echtzeit ermöglichen. Diese neue, praktisch latenzfreie Kommunikationstechnologie erlaubt einen von zeit- und ortsunabhängigen Austausch von Fähigkeiten und Kompetenzen zwischen Menschen und Maschinen. Damit werden haptisches Feedback über weite Entfernungen (taktilen Internet) und als Anwendung dessen neue Formen des räumlich verteilten Kooperierens und Lernens (Internet der Fähigkeiten und Kompetenzen) möglich. Das Exzellenzcluster CeTI der TU Dresden setzt mit seiner Forschung genau an dieser Stelle an: Eine Vielzahl möglicher interaktiver Anwendungen im Konsumenten-, aber auch im professionellen Bereich ist denkbar. In einer interdisziplinären Vorstudie des Technisches Designs und des 5G Lab Germany wurden mögliche Einsatzfelder identifiziert und durch Demonstratoren erlebbar gemacht. Als ein Anwendungsbereich wurde der Leistungssport identifiziert. Da Disziplin, hohe körperliche Belastung und Perfektion im Bewegungsablauf von professionellen Sportlern über einen langen Zeitraum abverlangt wird, bringt der Bereich ein hohes Potenzial und Akzeptanz mit sich, um effizientere Trainingsmethoden mit Hilfe von cyber-physischen Systemen zu entwickeln. Eine wesentliche Fragestellung der Vorstudie war außerdem zu untersuchen, inwieweit Demonstratoren das Erleben verschiedener Ebenen einer abstrakten Technologie ermöglichen können. In einer Primärstudie, die als Beobachtungen

während einer Messeveranstaltung des 5G Summit und weiteren öffentlichen Ausstellungen in Dresden 2018 durchgeführt wurden, konnten hierzu erste Erkenntnisse gewonnen werden.

1 CeTI — Center of Tactile Internet with Human-in-the-Loop

Das Center of Tactile Internet with Human-in-the-Loop erforscht die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine oder allgemeiner Cyber-Physical Systems (CPS) in realen, virtuellen und entfernten Umgebungen.

Intelligente Netze und adaptive CPS für quasi Echtzeit-Kooperationen mit Menschen sind hierbei entscheidende Herausforderungen. Dazu müssen aus unterschiedlichsten Disziplinen Erkenntnisse für neue Anwendungsfälle in Medizin, Industrie und dem Internet der Kompetenzen transferiert werden.

Zudem möchte CeTI durch Förderung des Technologietransfers in Start-ups und existierende Firmen erhebliche sozioökonomische und ethische Fortschritte initiieren. Ein Ziel von CeTI ist deshalb, in der Gesellschaft sichtbar zu sein und mit der Öffentlichkeit in Austausch zu treten. Das bedeutet, über die grundlegenden Veränderungen und Möglichkeiten der Innovationen von CeTI für Individuen und Gesellschaft in den Bereichen Medizin, Industrie, Bildung sowie im Alltagskontext zu informieren und dafür Akzeptanz zu erzeugen.

Demonstratoren können dafür geeignete Instrumente sein, Forschungserkenntnisse verständlich zu kommunizieren und Zuspruch zu finden. Diese Demonstratoren werden direkt am Körper des Menschen getragene robotische Systeme sein. Die Mensch-Maschine-Schnittstellen der Demonstratoren können menschliche Bewegungen erkennen und diese über Vibrationen oder sogar Krafteinwirkung lenken. Ihr Potenzial eine Verbesserung bzw. Beschleunigung von motorischen Lernprozessen zu erreichen, ist dabei ein zentraler Forschungsschwerpunkt von CeTI. Daraus leitet sich die Frage ab, wie dieses Potenzial mit Hilfe von Demonstratoren an die zukünftigen Nutzenden vermittelt werden kann.

Dieses Paper geht auf die Demonstratoren der Vorstudie, zwei Wearables und ein Exoskelett, zum Internet der Kompetenzen ein. In dem Anwendungsfall soll exemplarisch die weltweite Bereitstellung von Fähigkeiten, zum Beispiel eine bestimmte Art und Weise eine Choreographie zu tanzen bis hin zum Erlernen der ausgefeilten Technik eines professionellen Ruderersportlers, untersucht werden, wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt.



Abbildung 1: Demokratisierung von Fähigkeiten, Visualisierung: Tina Bobbe

Über in die Textilien der Wearables bzw. Exoskelette integrierte Sensorik können die Bewegung eines Menschen aufgenommen werden. Diese Informationen werden dann in wenigen Millisekunden verarbeitet und in mathematischen Modellen des menschlichen Verhaltens beschrieben. Daraus abgeleitet kann über Aktoren in nahezu Echtzeit Feedback beispielsweise zur korrekten Ausführung der Bewegung an den Träger vermittelt werden. In welcher Form und für welche Situation solch ein System einen Mehrwert zum motorischen Lernen bringen kann, ist Teil der Forschung in CeTI, die parallel zu der technologischen Entwicklung läuft.

Hierfür werden im Verlauf des Projekts Demonstratoren benötigt, um Entwicklungsergebnisse mit Probanden auf ihre Eignung in den jeweiligen Kontexten evaluieren zu können. Sie sind also Vermittler von Forschungsergebnissen und zukünftigen Innovationen aus sowie innerhalb des Clusters. Die

direkt am Körper getragenen Systeme verschmelzen durch das Anziehen mit dem Nutzer. Aus diesem Grund sind Akzeptanz und Vertrauen in den Demonstrator für das Gelingen einer Untersuchung ausschlaggebend genauso wie für den Transfer der Forschungsergebnisse in die Wirtschaft und Gesellschaft. Demonstratoren, die die Bedürfnisse der Nutzer treffen und den Innovationsgrad geeignet darstellen, könnten dazu einen großen Beitrag leisten.

Daraus ergibt sich die Hypothese: Um valide Aussagen über den Einsatz des taktilen Internets in den Anwendungsfeldern treffen zu können, werden Demonstratoren benötigt, die durch die Berücksichtigung der Nutzerbedürfnisse, die Glaubwürdigkeit und Akzeptanz der von ihnen übermittelten Innovationen bzw. Forschungsergebnisse steigern.

Dieses Paper möchte mit Hilfe einer Voruntersuchung die Frage klären, ob die Art und Weise der eingesetzten Demonstratoren geeignet ist, Akzeptanz für CPS zu schaffen und welche Elemente förderlich sein können, diese innovativen Zukunftsvisionen zu vermitteln.

Außerdem sollen Fragestellungen, die in die Demonstratorentwicklung eingeflossen sind, ausgewertet werden:

- Wie viel Verständnis hat das Publikum für das Thema? Wer ist die Zielgruppe? Welches Level an Komplexität kann dargestellt werden?
- Welche Reaktion zeigt der Nutzer auf den Demonstrator?
- Wie realitätsnah kann der Demonstrator umgesetzt werden? Wie kann in einem frühen Innovationstadium die Glaubwürdigkeit eines Konzepts durch einen Demonstrator verstärkt werden?

2 Innovation und Prototyping

Innovation

In der wissenschaftlichen Literatur existiert eine Vielzahl von Ansätzen zur Definition des Innovationsbegriffs. Allgemein werden Innovationen zumeist nur über ihren Grad an Neuartigkeit charakterisiert (Garcia und Calantone, 2002).

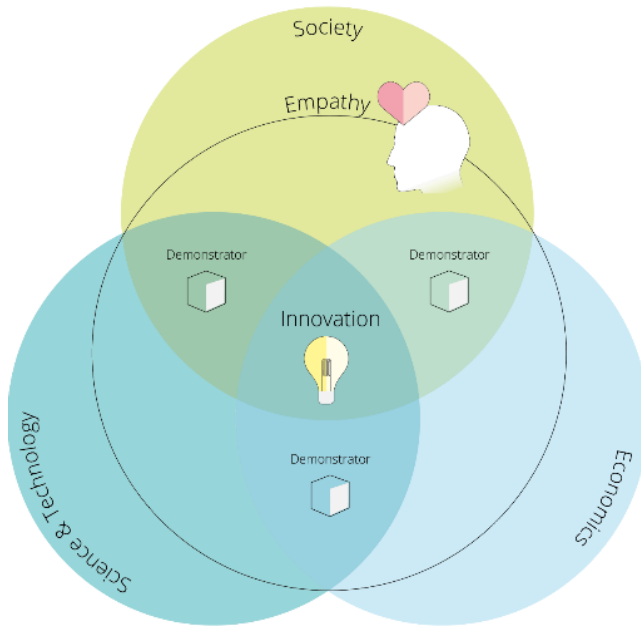


Abbildung 2: Demonstratoren als Vermittler von Forschung und Innovationen in Wirtschaft & Gesellschaft

Aktuelle Literatur geht jedoch davon aus, dass technologische und funktionale Vorteile gegenüber bestehenden Produkten keine Erfolgsgaranten für Innovationen sind (Chiesa und Frattini 2011). Je nach Branche werden 40 bis 90 % aller neuen Produkte von den Konsumenten nicht angenommen (Feiereisen et al., 2008). Die reine funktionale Überlegenheit reicht nicht, um Nutzer von einem neuen Produkt zu überzeugen. Der Erfolg von Innovationen hängt stark davon ab, wie Konsumenten Innovationen wahrnehmen und beurteilen (Henard und Szymanski 2001).

Dieses Phänomen, beschrieben aus der Perspektive der Wirtschaftswissenschaft, haben Verganti (2009) und Utterback früher erkannt und Theorien zur Design-inspirierten bzw. *Design-getriebenen Innovation* aufgestellt. Nach Utterback und Kollegen (2006) ist eine erfolgreiche Innovation die gelungene Balance zwischen Technologie, Markt und Bedeutung, wie es in Abbildung 3 dargestellt ist. Der symbolische und emotionale Wert eines Produkts sowie die soziokulturellen Bedürfnisse des Nutzers werden gleichgewichtet zur eigentlichen Funktionalität.

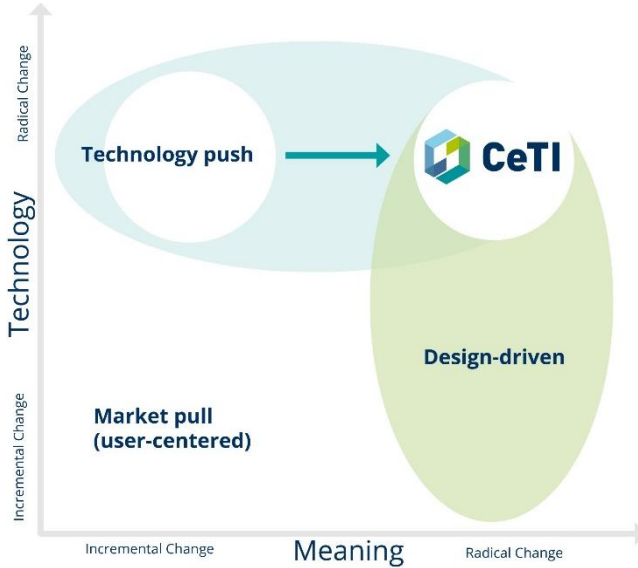


Abbildung 3: Designgetriebene Innovation nach Verganti

St. Galler Business Innovation Model

Das *St. Galler Business Innovation Model* verbindet den Innovationsbegriff mit eben dieser Bedeutung bzw. Sinnhaftigkeit und stellt dazu Faktoren auf, die für eine bedeutungsvolle Innovation ausschlaggebend sind. Das Modell geht davon aus, dass Konsumenten sich insbesondere damit beschäftigen, ob und inwieweit sich die angebotenen Innovationen in ihren Alltag integrieren lassen, ihnen neue Erfahrungen ermöglichen und einen konkreten Nutzen versprechen (Gourville 2006).

Sinnhaftigkeit

Innovationen werden als sinnhaft beurteilt, wenn Konsumenten diese als begehrenswert, nützlich und zweckmäßig wahrnehmen (Arts et al. 2011). Konsumenten wägen zwischen den empfundenen Gewinnen und Verlusten, die sich aus ihrer Sicht durch die Annahme und den Einsatz einer Innovation in ihrem Alltag ergeben, ab (Tomczak et al. 2016). Die Wahrnehmung der Sinnhaftigkeit hängt von verschiedenen Faktoren ab – von produktspezifischen,

technischen Überlegungen hinsichtlich der Funktionalität und Bedienungsfreundlichkeit der Innovation bis hin zu emotionalen und psychologischen Überlegungen wie beispielsweise der Reaktion des sozialen Umfeldes auf die Nutzung einer Innovation oder die Freude, die dabei empfunden wird (Tomczak et al. 2016).

Die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) gibt einen systematischen Überblick über die Faktoren, die die wahrgenommene Sinnhaftigkeit einer Innovation entscheidend beeinflussen, nach Venkatesh et al. (2012):

- Leistungsfähigkeit
- erwarteter Aufwand
- sozialer Einfluss
- Begünstigungen
- hedonische Motivation
- Preis-Leistungs-Verhältnis
- Gewohnheit

Die vorgestellten sieben Faktoren zeigen, dass die Beurteilung der Sinnhaftigkeit einer Innovation ein vielschichtiger und komplexer Prozess ist (Tomczak et al. 2016). Das *St. Galler Business Innovation Model* sieht also die Sinnhaftigkeit einer Innovation als Hauptkriterium für die Kaufentscheidung (oder auch Akzeptanz) eines Kunden (Tomczak et al. 2016) an und die Neuartigkeit als Mittel um Aufmerksamkeit dafür zu generieren.

Wirkung und Einsatz von Demonstratoren

Auch wenn die Erstellung von physischen Demonstratoren in Innovationsprozessen immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist in der wissenschaftlichen Literatur zu Demonstratoren als Medium des Wissenstransfers sowie als Vermittler von Innovation und deren Akzeptanz bisher wenig zu finden.

Die Wirkung digitaler Demonstratoren für Interaktions-Schnittstellen wird bereits in zahlreichen Veröffentlichungen beschrieben. Deren Erkenntnisse können auf physische Demonstratoren, die als Benutzerschnittstellen zwischen Mensch und Maschine dienen, im Prinzip angewendet werden.

Bell et al. (2013) und Kymalainen (2016) beschreiben aus der Sicht von Zukunftsforschern, wie Science-Fiction-Prototypen die technologischen Entwicklungen unserer Gegenwart beeinflussen. Innovationen und deren Verbreitung sind oftmals nachweislich inspiriert von fiktionalen Zukunftsbeschreibungen (Kymalainen, 2016), die technologische Neuheiten in einen soziokulturellen Kontext setzten und somit die Glaubwürdigkeit und die Wahrscheinlichkeit der Markteinführung einer neuen Technologie erhöhen.

In der Entwicklung digitaler Benutzerschnittstellen gelten Prototypen ebenfalls als Vehikel zur Entwicklung und Demonstration von Visionen innovativer Systeme (Bäumer et al. 1996).

Prototyping ist ein Entwicklungsansatz zur Verbesserung der Planung und Ausführung von Entwicklungsprojekten durch die Erstellung von ausführbaren Systemen für experimentelle Zwecke. Es eignet sich gut, um Erfahrungen in neuen Anwendungsbereichen zu sammeln und die inkrementelle oder evolutionäre Entwicklung von Produktsystemen zu unterstützen.

In der Regel ist es nicht wichtig, dass diese Prototypen die domänenspezifischen und technischen Aspekte detailliert abbilden (Bäumer et al., 1996). Es ist wichtig, dass sie die beabsichtigte Lösung skizzieren und leicht verständlich machen.

Des Weiteren geht aus der Studie hervor, dass sich Prototypen hervorragend eignen, das in einem Entwicklungsteam benötigte fachspezifische als auch technologische Wissen auszutauschen und die daraus entstehenden Erkenntnisse zusammen mit Experten zu evaluieren. Ebenso wurde beobachtet, dass Prototypen ein wichtiges Kommunikationsmittel zwischen Entwicklern und Endbenutzern darstellen. Prototypen können als Innovationsquelle nicht nur für einzelne Softwareprojekte, sondern auch für verschiedene Arten von Marketingforschung und Feldstudien genutzt werden (Bäumer et al., 1996).

Hier stellt sich die Frage, welche Unterscheide zwischen digitalen und cyberphysischen Prototypen bestehen und in welcher Form sie als Kommunikationsmittel eingesetzt werden können?

Die Demonstratoren, die als Vorstudien zu dem Projekt CeTI entstanden, werden nun im Folgenden erläutert und ihre Resonanz beim Publikum beschrieben.

3 Fallstudien im Kontext 5G Sports

Um die vielfältigen Möglichkeiten und das Innovationspotenzial von 5G aufzuzeigen, wurden in einem Studienprojekt des Technischen Designs in Zusammenarbeit mit dem 5G Lab Germany Fallstudien im Anwendungskontext Leistungssport erarbeitet. Daraus gingen drei durch Prototypen erlebbar und haptisch spürbare innovative Visionen hervor. Die funktionsfähigen 5G *Sports*-Prototypen konnten auf dem IEEE 5G Summit, einer internationalen Fachkonferenz im Bereich 5G, präsentiert und mit Anwendern getestet werden.

Modern Replacement

Konzept: Im professionellen Tanz müssen Replacement-Tänzer aufgrund eines spontanen Ausfalls der Originalbesetzung in sehr kurzer Zeit neue Choreographien oft räumlich vom restlichen Ensemble und dem Trainer getrennt lernen. Um die Effektivität zu steigern, wurde der Prozess durch nutzerorientiertes Denken neu strukturiert und dazu ein Wearable, das Modern Replacement, konzipiert. Die Tanzrichtung wird als haptisches Feedback mit einem Vibrationsgürtel an den Tänzer übertragen und die Formation der Mittänzer wird gleichzeitig in visueller Form auf den Boden gemappt, so hat der Lernende wichtige Anhaltspunkte beim Üben. Darüber hinaus kann der Replacement-Tänzer den gesamten Lernprozess in der dazugehörigen App iterativ durchlaufen und individualisieren.

Funktion: Der Präsentations- und Testdemonstrator, zu sehen auf Abbildung 4, besteht aus einem System aus Tablet, Vibrationsgürtel, Beamerprojektion sowie einem Monitor mit angeschlossenem Laptop. Alle Komponenten sind über einen Hotspot miteinander verbunden. In den Vibrationsgürtel sind acht Vibrationsmotoren integriert, die unabhängig voneinander ein zeitlich veränderbares Vibrationsfeedback geben können. Das Tablet ermöglicht über ein User Interface die Interaktion mit dem Vibrationsgürtel. Auf dem Monitor wird die einzuübende Tanzsequenz angezeigt. Die Beamerprojek-

tion zeigt die dazu räumlich angeordnete Tänzerformation. Diese Informationen sind, nicht wie im Konzept vorgestellt, manuell erstellt worden. So konnte mit einer Art des „Wizard-of-Oz“-Experiments die Vision des intelligenten Systems erlebt werden.

Umsetzung: Der Demonstrator konnte auf mehreren Veranstaltungen mit unterschiedlichen Nutzergruppen getestet werden. Auf dem 5G Summit war die Motivation der Messebesucher, sich mit dem Demonstrator auseinanderzusetzen, eher gering. Zum einen war durch den sehr hellen Raum eine optimale Projektion der Richtungsanzeige auf dem Boden nicht möglich. Zum anderen wurde der Demonstrator mittig auf einer Bühne präsentiert, wodurch die Hemmschwelle der Besucher, den Demonstrator auszutesten, mutmaßlich erhöht wurde. Eine schwache Identifikation mit dem Anwendungsfall „Zeitgenössischer Tanz“ des stark technologisch ausgerichteten Fachpublikums kann weiterhin angenommen werden. Eine vorgeschriebene Tanzabfolge mit Bewegungspfad war nicht vorhanden. Beim Sächsischen Staatspreis für Design wurde der Demonstrator ebenfalls ausgestellt, und gewann in der Kategorie „Nachwuchsdesign“. Auf weiteren Schülerevents und der Langen Nacht der Wissenschaften konnte es zudem von einem breiten Publikum getestet werden.

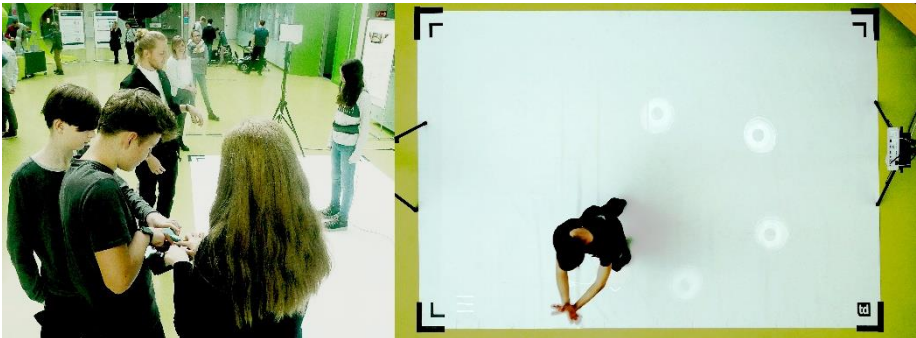


Abbildung 4 Modern Replacement getestet von Schülern und professionellem Tänzer

Schlussfolgernd daraus sah die nächste Präsentation eine Vorführung mit Tanzenden vor. Zudem wurde eine beispielhafte Sequenz den Testpersonen vorgeschlagen. Der Demonstrator konnte durch einen professionellen Tän-

zer evaluiert und von einem Schülerpublikum ausprobiert werden. Die Motivation und das Feedback fiel bei dieser Testung insgesamt positiver aus: Für den professionellen Tänzer wurden die Vorzüge der neuen Technologie von 5G deutlich und erlebbar. Er erlernte in sehr kurzer Zeit die Sequenz durch ein verbessertes räumliches Vorstellungsvermögen und den Richtungsimpulsen des Gürtels. Die Schülergruppe fand schnellen Zugang zu der Technologie und Funktionsweise des Demonstrators. Es war zu beobachten, dass im Gegensatz zu anderen Demonstratoren, eine größere Anzahl gemeinsam den Prototypen testen konnten und zusammen interagierten.

Sensing in Motion

Konzept: Beim Volleyball-Training oder im normalen Spielablauf sind kleine Nuancen in der Technik der Spieler nicht immer zu erkennen bzw. nicht ohne Trainingsunterbrechung korrigierbar. Mit dem Sensoranzug „Sensing in Motion“ wird es möglich, sich seinen eigenen Bewegungsablauf durch einen digitalen Zwilling in Echtzeit abzubilden. Diesen kann man wiederum vergleichend über den von Profispielern legen mit der Option, direktes haptisches Feedback zu erhalten.



Abbildung 5 Sensing in Motion auf dem 5G Summit

Funktion: Der Demonstrator, zu sehen auf Abbildung 5, besteht aus Manschetten mit integrierten Sensoren, die dem virtuellen Avatar Bewegungsdaten senden. Dieser wird auf einem Monitor angezeigt. Zudem wird durch einen Vorführer*in das Training eines Aufschlags mittels Ballmaschine vorgeführt.

Umsetzung: Auf der Fachmesse gab es die meisten Interessenten an diesem Demonstrator. Der Volleyball-Abschlag stellte für die Messebesucher eine geringe Hemmschwelle dar. Ein weiterer Vorteil war, dass der Demonstrator durch seinen Aufbau und die Geräuschkulisse (große Bewegung, lauter Abschlag, hohe Volleyball-Maschine) aus größerer Distanz gut sichtbar war und damit Aufmerksamkeit auf sich zog.

Lyne Soft ExoSuit

Konzept: Das intelligente Anzugsystem dient zur aktiven Trainingsunterstützung von Ruderern. Es nimmt durch integrierte Sensorik alle relevanten Daten und Bewegungsabläufe des Sportlers auf. Auf Grundlage dieser Daten können die Aktoren mithilfe von Zugseilen und von speziell ausgeformten Oberarm- und Unterarmmanschetten durch gezielten Krafteintrag auf das Muskel-Skelett-System des Sportlers einwirken. Zum Einhalten des Schlagtakts liefert der Anzug zusätzlich akustische und haptische Signale. Die Überwachung und Anpassung der Einstellungen und Daten kann von dem Trainer über visuelle Interfaces wie Tablet oder VR-Brille auch über große Distanzen erfolgen.

Funktion: Der Präsentationsdemonstrator, zu sehen auf Abbildung 6, besteht aus einem Softexosuit der jackenähnlich angezogen werden kann. Darin sind 6 Servomotoren mit Seilzügen integriert. Außerdem sitzt am Rücken der Akku mit Prozessor, um die Motoren zu steuern. Dieser ist außerdem mit einem User Interface verbunden, das die aktuellen Leistungsdaten des Probanden als Demo auf einem Monitor zeigt, um die Echtzeitübertragung zu visualisieren. Um den Demonstrator unter annähernd realen Bedingungen vor Ort zu testen und den Kontextbezug herzustellen, wurde ein Ruder-Trainer genutzt.



Abbildung 6 Demonstartor des Lyne Soft ExoSuit auf dem 5G Summit

Umsetzung: Dieser Aufbau erzeugte einige Aufmerksamkeit bei den Messebesuchern und motivierte Probanden, den Demonstrator auszutesten. Die sichtbaren und durch LEDs betonten Motoren waren für die Interessenten erste Indikatoren der Funktionsweise des Anzugs. Zudem konnte die Bewegung der Motoren dadurch unmittelbar wahrgenommen werden. Die auf diese Weise inszenierte körpergetragene Technik erhöhte die Glaubwürdigkeit des Demonstrators.

Die teilweise schwierige Anpassung des Demonstrators an die Nutzer und das Gewicht des Modells wurde als nicht fortschrittlich empfunden. Das Fachpublikum erwartete ein leichteres textiles System. Andererseits war die Kraft der Motoren zu gering, um einen spürbaren Effekt wahrzunehmen und die Funktionsweise des Systems so schwer vorstellbar.

Resultierend aus unseren Beobachtungen kann gesagt werden, dass es eine große Herausforderung ist, Exoskelette in einem frühen Entwicklungsstadium realitätsnah und publikumswirksam zu testen. Hier sind die Anforderungen an Anatomie sowie die Motorperformance sehr hoch, ebenso wie die Erwartungshaltung der Probanden. Diese kann an dem gewählten Einsatzszenario liegen, aber auch durch bereits etablierte, ähnliche Visionen aus Science-Fiction-Filmen inspiriert sein.

Alle drei Prototypen sind am körpergetragene CPS. Ihre Ausführung und Wirkung auf den Körper fielen allerdings sehr unterschiedlich aus: Das Modern Replacement ist ein Wearable mit Vibrationsmotoren, die ein leichtes Feedback in Form von Impulsen an den Nutzer geben. Die Manschetten der Motion in Sens sind ebenfalls Wearables. Der Träger erhält allerdings ein rein visuelles Feedback. Im Kontrast dazu steht der Lyne Soft ExoSuit. Hier wird eine intensive, bewegungssteuernde Interaktion mit dem System erwartet. Verglichen mit digitalen Benutzerschnittstellen sind bei den am körpergetragenen Systemen weniger die Informationsaufbereitung als vielmehr eine für den Nutzer eindeutige haptische Interaktion ausschlaggebender Einflussfaktor für seine Bewertung der Sinnhaftigkeit und Glaubwürdigkeit. Durch den physischen Kontakt entsteht ein intensiveres Erlebnis der CPS. Das bringt jedoch mit sich, dass Fehler wie Softwarebugs oder zu große Latenzzeiten ebenso stärker wahrgenommen werden. Der Aufwand, glaubwürdige CPS zu präsentieren, ist nach diesen Erfahrungen um einiges größer als bei digitalen Prototypen. Deshalb ist es hier notwendig, die relevanten Einflussfaktoren in den spezifischen Einsatzfällen zu identifizieren und zu analysieren.

4 Diskussion + Ausblick

Anhand des Feedbacks der Probanden lässt sich sagen, dass die Projekte Vorzüge und verschiedene Aspekte der 5G-Technologie erfolgreich zeigen konnten. Sie eröffnen ein Spektrum für vielfältige professionelle Anwendungen, die die Erweiterung der Fähigkeiten der Nutzer erzielen.

Die erlebbaren und begreifbaren Demonstratoren erwiesen sich als geeignetes Mittel zur Vermittlung von zukünftigen komplexen Technologien und denen sich daraus ergebenen Innovationen. Es hat sich auch gezeigt, dass die Akzeptanz für neue Technologien mit Beispielen aus populären Bereichen wie Sport erhöht werden kann.

Mit dem *St. Galler Business Innovation Model* lassen sich die Einflussfaktoren auf die Nutzerwahrnehmung der unterschiedlichen Demonstratoren erklären:

Die Leistungsfähigkeit wurde bei unterschiedlichen Anwendung je nach Erwartungshaltung verschieden bewertet und hat bei Exoskeletonen einen größeren Einfluss als bei Wearables.

Der mit der demonstrierten Innovation in Verbindung gebrachte soziale Einfluss und die hedonische Motivation stellten sich als wichtige Faktoren heraus, auf die die Demonstratoren eine große Wirkung haben können. So wurden die Sportanwendungen als spannende und inspirierende Einsatzgebiete wahrgenommen. Je nach Interessenlage der Zielgruppe waren die Demonstratoren mehr oder weniger frequentiert. Zudem ist auch der Faktor der Gewohnheit zu nennen. Die gewählten Sportanwendungen sind keine alltäglichen Aktivitäten der meisten Nutzer in den Zielgruppen. Es sind also Felder, die die Nutzer interessieren, aber nicht zukünftig die Gewohnheiten verändern würden. Im Fall des *Sensing in Motion*, einer inkrementellen Innovation, wurde die nahe Umsetzbarkeit als positiv wahrgenommen. Schlussendlich wird immer auch die Frage nach dem Preis-Leistungs-Verhältnis gestellt, auf die ein Innovationsdemonstrator eine glaubwürdige Antwort bieten sollte. Diese Beobachtung zeigen, dass Demonstratoren sich hervorragend eignen, um Innovationen aus dem Bereich der CPS in der frühen Entwicklungsphase realitätsnah erlebbar zu machen. Sie ermöglichen zudem die Analyse wichtiger Einflussfaktoren auf den Erfolg der jeweiligen Innovation. Dazu eignen sich die Faktoren des *St. Galler Business Innovation Model*, durch das nachvollzogen werden kann, welche Einflussgrößen im jeweiligen Kontext wichtig sind.

Danksagung

Dieses Projekt wird gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC 2050/1 – Projektnummer 390696704 – als Exzellenzcluster „Centre for Tactile Internet with Human-in-the-Loop“ (CeTI) der Technischen Universität Dresden.

Literaturverzeichnis

- Arts J., Frambach R., Bijmolt T. 2011: Generalizations on consumer innovation adoption: A meta-analysis on drivers of intention and behavior. *Int J Res Marketing* 28(2):134–144
- Bäumer, D. & Bischofberger R., Walter & Lichter, Horst & Züllighoven, Heinz. 1996: User Interface Prototyping - Concepts, Tools, and Experience. 532-541. 10.1109/ICSE.1996.493447.

- Bell, Frances & Fletcher, Gordon & Greenhill, Anita & Griffiths, Marie & Mclean, Rachel. 2013: Science fiction prototypes: Visionary technology narratives between futures. *Futures*. 50. 15–24. 10.1016/j.futures.2013.04.004.
- Bendel, Oliver: *Wearables*, Springer Gabler, Wiesbaden
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wearables-54088/version-368816> Revision von Wearables vom 07.01.2019
- Chiesa und Frattini 2011. Chiesa V, Frattini F. 2011: Commercializing technological innovation: learning from failures in high-tech markets. *J Product InnovationManag* 28(4):437–454
- Feiereisen et al., 2008. Feiereisen S, Wong V, Broderick AJ (2008) Analogies and mental simulations in learning for really new products: the role of visual attention. *J Product InnovationManag* 25(6):593–607
- Garcia R, Calantone R (2002) A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *J Product InnovationManag* 19(2):110–132
- Gourville JT (2006) Eager sellers & stony buyers. *Harvard Business Rev* 84(6):98–106
- Grimpe, C. & Fier, H. J. 2010: *Technol Transf* 35: 637. <https://doi.org/10.1007/s10961-009-9140-4>
- Henard DH, Szymanski DM (2001) Why some new products are more successful than others. *JMarketing Res* 38(3):362–375
- Kymalainen, T. 2016: Science Fiction Prototypes as a Method for Discussing Socio-Technical Issues within Emerging Technology Research and Foresight. *Athens Journal of Technology & Engineering*
- Lee, Edward A. 2006: *Cyber-Physical Systems: Are Computing Foundations Adequate?* NSF Workshop on Cyber-Physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap. Austin, TX
- Tomczak T., Vogt D., Frischeisen J. 2016: Wie Konsumenten Innovationen wahrnehmen Neuartigkeit und Sinnhaftigkeit als zentrale Determinanten. In: Hoffmann C., Lennerts S., Schmitz C., Stölzle W., Uebernickel F. (eds) *Business Innovation: Das St. Galler Modell*. Business Innovation Universität St. Gallen
- Utterback, J. M., Sanderson, S. W., Tether, B., Verganti, R., Ekman, S., Vedin, B.-A. & Alvarez, E. (2006) Preface: *Design-Inspired Innovation*, World Scientific Publishing Company, 2006.
- Venkatesh V, Thong JY, Xu X (2012) Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly* 36(1):157–178
- Verganti, R. 2009 : *Design Driven Innovation: Changing the Rules of Competition by Radically Innovating What Things Mean*, Harvard.

Kontakt

Dipl.-Ing. Lisa-Marie Lüneburg
PhD candidate at CeTI
lisa-marie.lueneburg@tu-dresden.de

Dipl.-Ing. Emese Papp
emese.papp@tu-dresden.de

Technische Universität Dresden
Fakultät Maschinenwesen
Professur für Technisches Design
01062 Dresden, Germany

