

**Abschlussbericht der wissenschaftlichen Begleitevaluation
des Projektes
„Handwerksgeselle 4.0“**

Ausgeführt durch:

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg
Fachgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie
apl.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. paed. Annette Hoppe

Bearbeiter:

Dr.-Ing. Rico Ganßauge
T 0355/69-5047
E rico.ganssaue@b-tu.de

Dr.-Ing. Roberto Kockrow
T 0355/69-4879
E kockrow@b-tu.de

Gesamtkonzept der Evaluation

Das Projekt „Handwerksgeselle 4.0“ verfolgte das Ziel, Unterstützungsbedarf im Handwerk am prototypischen Beispiel der Badsanierung zu ermitteln und auf dieser Basis Unterstützungssystem für körperliche und kognitive Belastungsschwerpunkte zu entwickeln. Anschließend sollten diese zunächst unter Labor- und später unter Praxisbedingungen getestet und weiterentwickelt werden.

Das Fachgebiet Awip der BTU Cottbus-Senftenberg führte für dieses Projekt eine Valuation durch. Das Gesamtkonzept der Evaluation orientierte sich am CIPP-Modell (Stufflebeam & Shinkfield 2007). Nach dem CIPP-Modell unterteilt sich die Evaluation in vier Ebenen und leitet daraus jeweils ein spezifisches methodisches Vorgehen ab. Diese vier Ebenen sind: 1.) der Kontext, in dem eine geplante Maßnahme stattfindet („Context“); 2.) die geplanten Maßnahmen („Input“); 3.) die tatsächliche Umsetzung der Maßnahmen („Process“) und 4.) die Wirkung der Maßnahmen („Product“). Die Ebenen und die jeweils angepasste Methodik werden in Abb. 1 dargestellt.

Ebene	1.) Kontext der Maßnahmen	2.) Geplante Maßnahmen	3.) Umsetzung der Maßnahmen	4.) Wirkung der Maßnahmen
Typische Leitfrage	Wie gut sind die Maßnahmen auf die Zielgruppe zugeschnitten?	Sind die Maßnahmen prinzipiell zur Problemlösung geeignet?	Wie gut sind die Maßnahmen aus Sicht der Beteiligten implementiert?	Wie gut wurden die eingangs gesetzten Ziele erreicht?
Methode(n)	Dokumenten-analyse	Dokumenten-analyse	Qualitative Interviews und Nutzerstudien, quantitative Fragebögen	Qualitative Interviews, quantitative Fragebögen, Workshops

Abbildung 1: Konzept der Evaluation mit Leitfragen und Methoden nach Stufflebeam & Shinkfield 2007. Quelle: eigene Darstellung

In den jeweiligen Phasen der Durchführung standen dabei jeweils andere Schwerpunkte im Vordergrund: so wurde der Kontext der Maßnahmen vorrangig in der Phase „Analyse“ untersucht, während die geplanten Maßnahmen, deren Umsetzung und ihre Wirkung in den anderen beiden Phasen „Labor“ und „Baustelle“ im Vordergrund standen. Die im ursprünglichen Angebot (vgl. Abb. 1) intendierten Methoden wurden dabei mit zunehmender Erfahrung mit den Details des Untersuchungsgegenstandes angepasst. So kamen beispielsweise letztendlich bei der Überprüfung des Maßnahmenkontexts auch qualitative Interviews zum Einsatz, da sich herausstellte, dass sich vor allem die kognitiven Beanspruchungen bei der Tätigkeit weniger gut anhand einer Dokumentenanalyse beurteilen lassen.

Die Evaluation erfolgte im Wesentlichen formativ in Form beständiger Rückmeldungen, die zeitnah während regelmäßiger Treffen des Projektkonsortiums gegeben wurden. Nachfolgend werden das Vorgehen und die Evaluationsergebnisse in den einzelnen Projektphasen detailliert dargelegt.

PHASE 1 - Experimentierraum „Analyse“

In dieser Phase wurde vor allem der Kontext der geplanten Maßnahmen untersucht und die Passung der ausgewählten Anwendungsfälle (Use-Cases) mit den tatsächlichen Herausforderungen in der täglichen Praxis von Handwerkern in der Badsanierung evaluiert. Hauptsächlich kamen Dokumentenanalysen

(Videoaufzeichnungen von realen Badsanierungen, Listen von Arbeits- und Zeitvorgaben) sowie Interviews mit Handwerkern zum Einsatz. Letzteres wurde zusätzlich zur ursprünglich geplanten reinen Dokumentenanalyse durchgeführt, da deutlich wurde, dass sich einige Belastungsschwerpunkte in den Dokumenten nicht optimal abbilden. Außerdem sollte die relevante Frage der Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse geklärt werden: der Anwendungspartner Schramm GmbH ist vor allem im Großraum München tätig. Um festzustellen, ob die spezifischen Herausforderungen bei der Badsanierung auch auf andere Regionen übertragbar sind, wurden zusätzlich Handwerker aus einer ländlichen Region in Ostdeutschland befragt. Die Intention war, ob sich Prozesse der Badsanierung bei großstädtischen Umgebungen (viele Reihenhäuser mit eher kleineren Bädern) und in ländlichen Umgebungen (eher Einfamilienhäuser mit eher größeren Bädern) ähneln bzw. vergleichbar sind.

Hauptziele waren somit die Durchführung der Bedarfsanalyse der handwerklichen Prozesse und der damit verbundenen körperlichen und kognitiven Belastungen sowie die Evaluation der abgeleiteten Use-Cases für die Experimentierräume „Labor“ und „Baustelle“.

Daraus ergaben sich Leitfragen für die Evaluation, die nachfolgend dargestellt werden:

Leitfrage 1-1) Welche Technik wird bisher genutzt?

Bezügliche der kognitiven Herausforderungen bei der Badsanierung zeigte sich, dass der Digitalisierungsstand im SHK-Bereich offensichtlich sehr heterogen ist. Unterstützung bei Prozessen der Auftragsplanung und -ausführung wird gelegentlich durch Smartphones realisiert. Diese sind beispielsweise für die Kommunikation mit der Firma geläufig. Häufig wird Whatsapp eingesetzt. Hier können jedoch Probleme mit der Datensicherheit entstehen. Nur selten wird über diesen technischen Stand hinausgegangen. Insgesamt überwiegen häufig Papierdokumentationen, sowohl für die Auftragsplanung als auch für die Auftragsausführung in Form von Montageanleitungen. Somit ergeben sich erste Hinweise, dass eine kognitive Unterstützung durch elektronische Systeme, wie z.B. Datenbrillen, sinnvoll sein kann. Bei der Arbeit wird häufig schwere Installationstechnik, wie z.B. Bohrhämmer verwendet. Außerdem konnten schwere zu handhabende Lasten als Belastungsschwerpunkte identifiziert werden. Hier müssen beispielsweise Fliesen mit schweren Bohrhämmern abgestemmt werden oder alte gusseiserne Badewannen abtransportiert werden. Somit ergeben sich Hinweise, dass eine körperliche Unterstützung durch Exoskelette, wie im Projekt angedacht, sinnvoll sein kann.

Leitfrage 1-2) In welche Organisationsstrukturen ist die Nutzung dieser Technik eingebettet?

Auf einer Baustelle der Badsanierung herrscht typischerweise eine Organisationsstruktur aus Geselle, Obermonteur und Meister vor. Absprachen erfolgen vielfach in direktem mündlichem Kontakt, wobei Sprachbarrieren durchaus herausfordernd sein können. Vorwiegend aus der Befragung des Anwendungspartners ergab sich, dass eine mögliche Veränderung der Organisationsstrukturen von Anfang an im Projekt mitgedacht wird. So wird eine tatsächliche Nutzung eines kognitiven Unterstützungssystems nur erfolgen, wenn dort hinterlegte Daten (z.B. Montagepläne und -anleitungen) auch tatsächlich aktuell sind. Dazu muss gegebenenfalls mehr Arbeitsleistung in die Datenpflege investiert werden bzw. neue Stellen dafür geschaffen werden. Nur so kann tatsächlich eine Entlastung für den Handwerker auf der Baustelle Badsanierung erreicht werden. Aus Sicht der Evaluation kann somit geschlossen werden, dass durchaus von Anfang an im Projekt die organisatorischen Hintergründe bzw. deren Veränderungsnotwendigkeit bei Weiterentwicklung der einzusetzenden Technik mitgedacht werden.

Leitfrage 1-3) Welche Qualifikationen und Berufsabschlüsse herrschten bei der bisherigen Techniknutzung vor?

Üblicherweise werden je nach Hierarchieebene geschulte Fachkräfte oder angelernte Kräfte eingesetzt. Besondere Schulungen o.ä. wurden nicht hervorgehoben. Die Werkzeughandhabung wird üblicherweise im Rahmen der SHK-Ausbildung trainiert. Digitale Fertigkeiten (z.B. zur Smartphone-Bedienung) werden

heutzutage oft eher unter Ausschöpfung der Potenziale eher aus privatem Leben eingebracht, also auf anderweitig gesammelte Nutzererfahrungen zurückgegriffen. Aus Sicht der Evaluation leitet sich somit die Notwendigkeit einer Einweisung bzw. Schulung für die neu zu entwickelnden kognitiven und körperlichen Unterstützungssysteme ab.

Leitfrage 1-4) Welche Schwierigkeiten mit Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten gab es beim bisherigen Vorgehen? Wo ist deshalb Unterstützung am meisten nötig?

Bereits bisher erleichtern Werkzeuge und Maschinen die häufig ohnehin physisch belastungsintensiven Tätigkeiten im SHK-Bereich sehr. Ein ergonomisches Arbeiten ist jedoch nicht immer möglich, z. B. aufgrund des hohen Eigengewichts der Geräte/Bauteile und entsprechend dafür notwendigen Arbeitshaltungen. Gelegentlich zeigt sich auch eine fehlende Sensibilisierung bei den Handlungsausführenden, vor allem für längerfristige körperliche Probleme. Dies konnte in der Videoanalyse und in den Interviews gefunden werden. Folgeerscheinungen davon können z.B. wie Erkrankungen, Ausfalltage und Berufskrankheiten. Diese Problematik ist bei den Projektbeteiligten hinreichend bekannt. Auf der kognitiven Seite zeigt sich ein steigender Komplexitätsgrad und die damit verbundene Variantenvielfalt von Installationsobjekten seit geraumer Zeit. Gezielte Kenntnis der Produkteigenschaften ist deshalb für die Installation und Inbetriebnahme notwendig. Eine zeitraubende Informationssuche und Prozesszeitverlängerung sind eine plausible Folge, zudem ist die Möglichkeit von Installationsfehlern gegeben. Aus Sicht der Evaluation ergeben sich somit starke Anhaltspunkte für die Notwendigkeit von im Projekt zu entwickelnden kognitiven und körperlichen Unterstützungssystemen.

Insgesamt gesehen kann damit festgehalten werden, dass die geplanten Maßnahmen angemessen auf die körperlichen und kognitiven Herausforderungen der Zielgruppe (vgl. Abb. 1) zugeschnitten sind bzw. bei deren Entwicklung beständig weiter im Detail zugeschnitten werden müssen. Bei den maßgeblichen Projektbeteiligten herrscht ein Bewusstsein der Einbindung in einen bisherigen organisatorischen Gesamtkontext, welcher ggf. weiterentwickelt werden muss. Die Herausforderungen bei der Badsanierung finden sich auch in anderen Unternehmen außerhalb des Anwendungspartners Schramm GmbH wieder. Insofern ist von einer weitgehenden Verallgemeinerbarkeit bzw. allgemeinen Einsatzfähigkeit der zu entwickelnden Lösungen und begleitenden organisatorischen Maßnahmen auszugehen.

Außer der Analyse von durch die Schramm GmbH bei realen Badsanierungen aufgezeichneten Videos, welche vor allem die hohen körperlichen Belastungen verdeutlichte (z.B. Arbeit mit schweren Werkzeugen, Über-Schulter-Arbeiten, Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen wie z.B. verdrehter Wirbelsäule, schweres Heben und Tragen) wurden die nachfolgend tabellarisch dargestellten Interviews durchgeführt, welche eine Grundlage der Evaluation in dieser ersten Projektphase lieferten.

Tabelle Phase 1

Aktivität	Hinweise Awip
<p>Da das FG Awip als Evaluator bedingt durch den Ausschreibungsprozess, verspätet zum Konsortium dazu gestoßen ist, wurden zunächst bestehende Aktionen und getätigte Aktivitäten der einzelnen Konsortialpartner hinterfragt.</p> <p>Die telefonisch geführten Gespräche wurden protokolliert und nach einer Prüfung durch den jeweiligen Konsortialpartner freigegeben.</p>	
<p>☎ Notiz zum Telefongespräch mit exoIQ GmbH, 17.5.19, 13:00Uhr Teilnehmer: Prof. Robert Weidner, Rico Ganßauge, Roberto Kockrow</p>	<p>BTU: Danke</p>

Motivation

Welche speziellen Probleme motivierten zur Projektteilnahme?

- Bisher vielfältige Forschung im Bereich Exoskelette,
 - langjährige Leitung einer Forschungsnachwuchsgruppe und partizipative Forschung im Bereich
 - ursprünglich eher technikgetriebene Forschung seit 2013
- Referat der Ausschreibung bekannt, Kombination Fr. Weiß/ und Hr. Thiel, Direktansprache
- Formulierung der Projektskizze aufgrund wissenschaftlicher Expertise
- exoIQ wurde als Partner eingebunden, da Prof. Weidner innerhalb anderweitiger Aktivitäten gebunden wurde
- wissenschaftliche Motivation durch kontinuierliche Arbeit an eigener „Theorie der Unterstützung“
 - Kernanliegen: damit Unterstützung sinnvoll bleibt, muss diese die Überlastung eliminieren, jedoch nicht jede Belastung vollständig abnehmen
 - Ansonsten können neue Probleme entstehen, z.B. Muskelabbau

BTU: sinnhafter Ansatz, physiologisch zu begrüßen

Gibt es belastbare Zahlen/Fakten/Statistiken als Grundlage für unsere Bewertung? (Krankenzahlen, Symptombilder, Meinungen etc.)

- im Verlauf der Forschung immer stärkere Beschäftigung mit Notwendigkeit des Einbezugs der Wirkung auf den Menschen, dadurch Notwendigkeit für Unterstützungssysteme als Möglichkeit der Reduktion ungünstiger Belastungen erkannt
- im vielfältigen Austausch mit anderen Unternehmen und der Anwendungspraxis wurden die Probleme und Unterstützungsbedarfe immer deutlicher

Welche Verbesserungen erwarten Sie?

- Primäres Ziel: Arbeitsplätze ergonomischer machen
- Sekundäres Ziel: Arbeitsleistung/ Produktivität steigern
- Tertiäres Ziel: Attraktivität der Arbeitsplätze steigern
- Seitens der Praxis jedoch häufig mit relativ unrealistischen Forderungen konfrontiert: viel Unterstützung gefordert – wenig Kosten akzeptiert (ca. 2000 € Kosten für Anwender)
- Sinnvolle Belastungsschwerpunkte unterstützen, wie z.B. Sprunggelenks-Orthese, Krafthandschuh, Schulterunterstützung
- Problem: bisher keine Standards und Spezifikationen, selbst Messmethoden uneinheitlich: Projekt soll weitere Grundlagen für Vereinheitlichung liefern

BTU: gute Abgrenzung

Ist-Stand

Wie reif ist die einzusetzende Technik? Welcher Art? (aktiv/passiv)

- Externe Systeme werden zugekauft, Spezifikation im Internet erhältlich
 - Diese Systeme werden dann adaptiert und passgenau zugeschnitten
- Ziel ist es, Interaktion optimieren und auf die Sanitärbranche anpassen
- u.a. die Systeme LAEVO und OTTO BOCK (für Überkopfarbeiten) genutzt

Werden Gefährdungen für Sicherheit / Gesundheit der Beschäftigten (§5 ArbSchG) sowie Entlastungswirkung ermittelt und beurteilt?

- Anhand einer multikriteriellen Evaluation, z.B. biomechanische Faktoren, Rahmenbedingungen, Sicherheitskriterien,
- Schwierigkeiten entstehen dadurch, dass keine Standards vorhanden sind

Kommunikation

Mit wem haben Sie bereits bezüglich des Projektvorhabens gesprochen?

- Start etwas verzögert, wurde jedoch gut aufgeholt
- Gesprächspartner bisher:
 - Ausbildungszentren, auch außerhalb der SHK-Branche
 - Berufstätige, Austausch vor allem mit Fa. Schramm
 - Verbände und Interessenvertreter , z.B. Workshops IG Metall, Dittke
 - Auf Messen Gespräche mit Systemherstellern, Anwendern, Senior Chefs, bis hin zu interessierten Schüler
 - Berufsgenossenschaft und BMBF
- SHK-Bereich hat häufig wenig Vorwissen über Potenziale von Exoskeletten, Kosten, Wirkung

BTU: Adressatenkreis der Ansprache i.S.d. Zielstellung sehr zu begrüßen, breite Streuung des Vorhabens und Einbindung aller relevanten Ebenen

📞 Notiz zum Telefongespräch mit Hr. Schwab, Tillerstack GmbH, 17.5.19, 09:00Uhr

Teilnehmer: Thomas Schwab, Rico Ganßauge, Roberto Kockrow

Motivation

Welche speziellen Probleme motivierten zur Projektteilnahme?

- Erwartete Herausforderungen der digit. Kommunikation
 - Prozesse digital optimieren, wo Menschen nicht am festen Arbeitsplatz (AP) arbeiten
 - Seit Technisierung wachsende Herausforderung, gerade im Außendienst
 - Am Anfang der digitalen Kommunikation zunächst reine mobile Anwendungen ohne Disposition (Bsp. Mobile Datenerfassung im technischen Service), später Fokus auf Maintenance (Wartung und Instandhaltung), immer relevantere Verfügbarkeit von techn. Dokus oder Montagepläne am Arbeitsort

- zunehmend steigende Komplexität im technischen Service zwingt zu kontinuierlicher Aus- und Weiterbildung, einhergehend mit dem demografischen Wandel
- prognostizierte Zukunftsfähigkeit f. Assistenzsysteme (AS)
- Zielstellung: Mitarbeiter muss mit dem kogn. Assistenzsystem als Selbstverständlichkeit arbeiten, dafür muss das verwendete System akzeptiert und zielgerecht gestaltet sein
- demografischer Wandel und Fachkräftemangel als Treiber
- Mobile Business als erwarteter Trend von Research-Unternehmen seit anno 2000
 - bislang nicht in allen Branchen durchgesetzt, u.a. durch Fremdereignisse Rückschläge, bspw. 9/11 (2001), Platzen der New-Economy-Investitionsblase haben überzogenen Zielen die Effekte gedämpft
 - aktuelle Wiedererstarkung des Trends zur Digitalisierung (KI, 5G-Netz, IoT, Robotic) wird die Geschäftsfeldchancen vorantreiben, daher jetzt gute Basis für digitale Assistenzsysteme im speziellen Kontext
- SHK-Branche hängt bzgl. Digitalisierung 5 Jahre ggü. anderen Branchen (Automotive, Smart Home, Smart Kitchen) hinterher
- Probleme der SHK-Branche werden sich beim Verbleib im Status Quo verstärken
- künftig ggf. Rückbau von jetzt aktuellen Systemen sein (Smart Home im Bad, SmartWC etc.)
 - Rückbau derartiger Installationen dann nicht trivial und Handlungen heterogen
 - Innovationskraft der Hersteller nimmt zu, → Smart Bath, bspw. Hygiene-WC
 - Ausbildung ist dagegen generalistisch, nicht auf die technische Weiterentwicklung sowie Detail-Tiefe und -Breite und Schnellebigekeit ausgelegt

Wie ist die TillerStack in das Projekt/ Konsortium gekommen?

- Letztes angefragtes Projektmitglied
- Vorkontakte durch F&E-Networking des BMBF / VDE/VDI, Verknüpfung zur Condat AG
- Langjährige Erfahrung im technischen Service (mobile Auftragsbearbeitung, Mitarbeiterereinsatzplanung / Disposition)
- Kontakt über Fr. Weiß (BMBF), Netzwerk mit ZVSHK Hr. Thiel)
- Sinnhaftigkeit eines kognitiven AS durch bisheriges Konsortium erkannt
- Anfrage an TillerStack, Kompetenz durch Projekt „PLuTO“ als Vorarbeit (2013-2015) bekannt

Ist-Stand

Steht bereits fest, welches System verwendet werden soll?

- NOCH NICHT DEFINIERT, im Rahmen des F&E-Vorhaben soll diese über die Experimentierphasen LABOR und BAUSTELLE iterativ evaluiert werden
- Chance durch HWG40 für Proof of concept potenzieller Lösungen „kognitiver Assistenzsysteme“
- Evaluation durch Einbindung der Akteure vor Ort/ Arbeitnehmer, die in hartem Umfeld schwer arbeiten
 - Wie muss ein kognitives Assistenzsystem bedarfsgerecht gestaltet werden?
 - Wo lohnt es sich überhaupt, mit kognitives Assistenzsystem zu arbeiten
 - Ansatz und Entwicklung von Lösungen nach Praktikabilität vor Ort
 - Welche Stakeholder müssen eingebunden werden, bspw. Hersteller

Werden einzusetzende kognitive Assistenzsysteme selbst entwickelt oder zugekauft?

- TillerStack entwickelt vornehmlich Software-Lösungen für kognitives Assistenzsystem
- Hardware wird zugekauft bzw. erprobte Systeme von Markt adaptiert
- Kontakt zu Herstellern für Rückmeldungen und Anmerkung technischer Anforderungen besteht
- TillerStack bietet Software-System Skyware an
 - Basis für das geplantes kognitives Assistenzsystem
 - Bedien- und lauffähig auf Smartphone/ Laptop/ HoloLens

Kommunikation

Mit wem haben Sie bereits bezüglich des Projektvorhabens gesprochen bzw. die Notwendigkeit eruiert?

- Gespräche mit der Zielgruppe, u.a. Bad- & Sanitär-Betriebe, Hersteller, ..., ISH 2019-Messebesucher
→ mit positivem Feedback
- Netzwerker, Verbände etc.
- Altes Netzwerk mit BMBF/ ZVSHK (darüber auch Zugang zum Projekt)
- Innungs-Bereiche in Berlin
- Diskussionen mit Firmen, die Interesse an Lösungen i. S. d. Projektziels über den ZVSHK bekundet haben
 - Ziel: tatsächliche Bedarfe eruieren
 - Zielgruppe dabei vornehmlich SHK-Betriebe in Berlin/Brandenburg

Status der Gesprächspartner und Anlass der Kommunikation? (Messe, Workshop, informell etc.)

- Gespräche haben den Anforderungsfokus geschärft, da verschiedene Sichtweisen
- zzgl. Erkenntnisse aus breit gestreuter, geplanten Onlinebefragung nach Workshop
- demnächst Workshops mit Akteuren in Niedersachsen

- prüfen, ob der aktuelle Erkenntnisstand repräsentativ ist
- Erschließen potenzieller Teilnehmer für o. g. Onlineumfrage



Notiz zum Telefongespräch mit Schramm GmbH, 28.5.19, 10:30Uhr

Teilnehmer: Kilian Schramm, Rico Ganßauge

Motivation

Welche speziellen Probleme motivierten zur Projektteilnahme?

- Fa. Schramm ist Mitinitiator des Kooperationsnetzwerks, da sich aus der täglichen Arbeit die unmittelbare Notwendigkeit für die zu entwickelnden Unterstützungssysteme ergibt und diese anschließend in der Praxis häufig und nutzbringend eingesetzt werden können

Sind genannte Gründe von den Betroffenen Mitarbeiter selbst geäußert worden?

- Wandel in der Arbeitswelt und Fachkräftemangel stellt tägliche Herausforderung dar, Unterstützungsbedarfe sind durch die Projekte bekannt:
 - Oft ist technische / sprachliche / körperliche Unterstützung vor allem bei den schwierigen Aufgaben der Badsanierung nötig
 - Fachkräftemangel vor allem bei intensiven Tätigkeiten wie der Badsanierung eklatant: viele Fachkräfte können/ wollen diese nicht mehr ausführen und wechseln zu körperlich weniger schweren Service-Tätigkeiten

Gibt es belastbare Zahlen/ Fakten/ Statistiken als Grundlage für unsere Bewertung? (Krankenzahlen, Symptombilder, Meinungen etc.)

- Probleme sind aus der täglichen Praxis der Badsanierung bekannt

Welche Verbesserungen werden erwartet?

- Zielgerichtete Unterstützung, die hohe körperliche u. kognitive Belastungen bei der Badsanierung verbessert

Ist-Stand

Fotodokumentation: Wie erfolgte die Auswahl der Tätigkeitsinhalte? Alle Tätigkeiten fortlaufend fotografiert oder nur subjektiv relevante Schwerpunkte? Bitte Methode beschreiben.

- Badsanierung als typischer Anwendungsbereich der Schramm GmbH ist ein sehr körperlich und kognitiv belastungsintensiver Arbeitskomplex
- Dieser wurde in einzelne Arbeitsschritte aufgegliedert
- Welche Technik wird aktuell genutzt?

- Kleinwerkzeuge (Schraubendreher, Rohrzange usw.) bis hin zu schweren Powertools (z.B. Bohrhämmer, Rohrpressen: 20 – 40 kg schwer)

Wo ist Unterstützung am meisten nötig?

- Bei der Arbeit mit schweren Gerätschaften und komplexen Arbeitsvorgängen, wie sie typischerweise bei der Badsanierung anfallen

Welche Qualifikationen und Berufsabschlüsse herrschten bei der bisherigen Techniknutzung vor? (Meister/ Studium)?

- Typisch für Baustelle Badsanierung: Geselle – Obermonteur – Meister

Wie ist das auf einer typischen Baustelle organisiert? (Ist permanent jemand zum Fragen da? Vorarbeiter vor Ort?)

- Die meisten Arbeiter sind Gesellen
- Diese haben als Ansprechpartner die Obermonteure (Gesellen mit Erfahrung oder Jungmeister) und die Meister
- Die Ansprechpartner haben jedoch auch andere Aufgaben, so dass anderweitige Unterstützungsbedarfe seitens der Gesellen gegeben sind, z.B. durch kognitive Assistenzsysteme
- Neu zu entwickelnde Unterstützungssysteme werden organisatorische Veränderungen nach sich ziehen:
 - die Vorbereitung der Baustelle durch einen Fachmann im Backoffice wird wichtiger, z.B. müssen vor Arbeitsbeginn zielgerichtet die Rohrleitungspläne für das kognitive Unterstützungssystem zugreifbar eingepflegt werden
 - auf der Baustelle selbst sollen die Unterstützungssysteme jedoch für Entlastung sorgen

BTU: gerade diese umfassende Betrachtung des Gesamtsystems ist sehr zu begrüßen, da die Einführung neuer Technik immer in einen organisatorischen Rahmen (vgl. M-T-O-Modell) eingebunden ist.

Kommunikation

Mit wem wurde bereits bezüglich des Projektvorhabens gesprochen?

- Kommunikation erfolgte über die Konsortialpartner ZVSHK, ExoIQ und Tillerstack, Schramm GmbH ist hier weniger involviert
- Schramm GmbH ist am Anfang stark involviert (z.B. Erstellung Bilderserie), im Verlauf werden dann die Teile „Labor“ und „Baustelle“ mit beratend begleitet

BTU Überlegung: möglicherweise bestehen unterschiedliche Anforderungen durch Raumsituation, verbaute Materialien sowie Belastungen aus Tagesgeschäft in urbanen und ländlichen Regionen → Schlussfolgerung: Befragung Handwerksbetriebe im ländlichen Raum, um Daten hierzu zu sammeln.

Organisatorisches

Aktionsradius der Schramm GmbH?

- München, praktisch alle Baustellen dort

Besuch/Interview auf Baustelle und im Unternehmen Hans Schramm GmbH in München, 29.08.2019

- Hans Schramm GmbH als mittelständisches SHK-Unternehmen

- Interviews mit Gesellen und Vorarbeiter im Feld sowie mit dem Geschäftsführer, um die unternehmerisch-strategische Sichtweise zu erfassen
- Besuch auf einer Baustelle in einem Mehrfamilienhaus, dort Montage sowie Bad und Heizungsinstallation
- Mehrere Handwerker wurden befragt, variable Aufgaben und Erfahrungsstände wurden deutlich
- Hypothese, dass große Unterschiede in den Anforderungen zwischen ländlichem und städtischem Raum bestehen, bewahrheitete sich nicht, weil:
 - Fachkräftebedarf/-mangel hier wie dort eklatant
 - Komplexität erfahrene Monteure überall fordert
 - Hervorgehoben wurde die große Relevanz der Einbindung ausländischen Personals mit allen Herausforderungen (Sprachbarrieren, Arbeitssicherheit, Belehrungen etc.).
 - Probleme haben zwar andere Ursachen, zeigen letztlich aber identische Wirkungen
 - z. B. Fahrwege bei notwendigen außerplanmäßigen Fahrten zum Firmensitz: in der Stadt kürzere Wege, verkehrsbedingt lange Dauer, auf dem Land freie Fahrt, aber weite Strecken
- Die Baustellengespräche lieferten interessante Einblicke in die Branche, auch um strategische und emotionale Beweggründe besser zu verstehen und daraus motivierte Reaktionen vorhersehen zu können
- Deutlich wurde Stolz der Mitarbeiter, als SHK-Handwerker zu arbeiten

BTU: um Verbreitung sicherzustellen, sollte die Ansprache der potenziellen Zielgruppe mit geeigneten Strategien erfolgen.

Besuch eines SHK-Handwerksunternehmens in Burg/Spree-wald, 04.09.2019

- Handelt sich um ein Kleinstunternehmen im ländlichen Raum
- Große Herausforderungen sind der Fachkräftemangel, weite Fahrwege, oft mangelnde Kommunikationsabdeckung im Feld
- Geringe KMU-Resilienz durch knappe Personaldecke und anfallende Tätigkeiten
- Belastungsniveau körperlich und kognitiv als besonders hoch eingeschätzt, da zusammenziehen von Kräften mangels Baustellenbesetzung kaum möglich ist.

BTU: bestätigt den Handlungsbedarf in Richtung körperlicher und kognitiver Belastungsschwerpunkte, die im Projekt adressiert werden

Besuch in Senftenberg, 30.06.2019

- Es handelt sich um ein Kleinstunternehmer im ländlichen Raum
- Interview mit der Unternehmensbesitzerin geführt, welche eigene aktuelle Praxiserfahrung als SHK-Handwerkerin hat
- Andere, demografisch motivierte Herausforderungen im ländlichen Raum als im Stadtgebieten in Sinne der Fachkräftesicherung
- Fachkräftemangel erkannt und durch Interviewpartnerin aktiv in gegründeter Handwerkerinitiative angegangen

- Internationalität der Bewerber zum Zeitpunkt des Gesprächs keine große Relevanz, aber im ländlichen Bereich wenige geeignete Personen zur Ausbildung/ Einstellung.
- Auch der eher negative Ruf der Branche wurde als Grund angegeben (vgl. strategische Ziele HWG 4.0)

BTU: strategisches Projektziel, das Image des Handwerksberufes SHK zu verbessern, deshalb begrüßenswert

Projektmeeting bei ExoIQ in Hamburg, 21.11.2019

- Workshop intern mit dem ZVSHK, Hans Schramm GmbH, TillerStack GmbH, ExoIQ und weiteren
- ExoIQ stellte die erarbeiteten UseCases für Haltungs- und Informationsaufgaben vor
- Diskussion und Verifizierung der entwickelten UseCases für Haltungsunterstützung mittels Exoskelett, Schwerpunkte unter anderem bei Überkopfarbeiten und Heben und Tragen von Lasten
- Definition der Laborphase und weiteres Vorgehen

BTU: die entwickelten Use Cases geben die Belastungsschwerpunkte, die in den Befragungen sowie der Analyse der Videosequenzen gewonnen wurden, wieder.

PHASE 2 - Experimentierraum „Labor“

Diese sowie die folgende Phase „Baustelle“ wiesen die größten Beeinträchtigungen durch die in 2020 und 2021 vorherrschende Corona-Pandemie auf. Es konnten Lösungen gefunden werden, die die Schwierigkeiten durch die Kontaktverbote überkamen, zum Teil musste jedoch auch Tests in die nachfolgende Phase nach Abklingen der Pandemie verschoben werden. In dieser Phase standen der Aufbau der Labors und der prototypische Test einzelner Unterstützungssysteme im Vordergrund. Analog des Evaluationskonzeptes (Abb. 1) sollte detailliert geklärt werden, wie gut die Unterstützungssysteme zur Problemlösung geeignet sind (vgl. 2. In Abb. 1) und erste Hinweise gesammelt werden, wie sich die Unterstützungssysteme in die Praxis implementieren lassen (vgl. 3. In Abb. 1). Hauptziel war seitens der Projektpartner der Aufbau und Betrieb von Laboren für einen anwendungsorientierten Test eines Handwerks-Labors für Entwickler- und Nutzeruntersuchungen bei physischer Unterstützung (Hamburg). Für die kognitive Unterstützung wurde ein virtuelles Labor aufgebaut, das einen anwendungsorientierten Test der zu entwickelnden kognitiven Unterstützung ermöglicht. Erste prototypische körperliche und kognitive Unterstützungssysteme sollten parallel entwickelt und in den Laboren in einer geschützten Umgebung getestet werden.

Daraus ergaben sich abgeleitete Leitfragen für die Evaluation:

Leitfrage 2-1) Welche belastungsreduzierenden Eigenschaften werden durch die entwickelte Technik angestrebt?

Durch die körperlichen Unterstützungssysteme (Exoskelette) wird seitens der Entwickler vor allem eine physische Unterstützung von Hebe-, Halte- und Tragetätigkeiten angestrebt. Es soll zu einer Entlastung des Muskel-Skelett-Apparates bei statischen Stütz- und Halteaufgaben in ergonomisch ungünstigen Haltungen (z. B. in Vorhalte, Beugung, gebückt oder Überkopf) kommen. Außerdem ist das Vermeiden von Zwangshaltungen angestrebt. Durch die kognitiven Assistenzsysteme (Datenbrillen) soll eine kognitive Unterstützung durch bedarfsgerechte Bereitstellung von nötigen Informationen ermöglicht werden, dies soll Suchzeiten reduzieren. Außerdem soll dieser möglichen, Hilfestellung „hands-free“ (ohne Benutzung der Hände) während der Tätigkeitsausübung darzubieten und so die Arbeit für den Handwerker zu erleichtern. Durch die Corona-Pandemie konnten die Tests nur unter teilweise sehr erschwerten Bedingungen durchgeführt werden. Ausweichstrategien waren z.B. der Test von zugesandten Datenbrillen direkt am Fachgebiet Awip, bei der sowohl belastungsreduzierende Eigenschaften eruiert, als auch Weiterentwicklungspotenziale aufgezeigt werden konnten. Diese betrafen Fragenstellungen der Hardwareergonomie (Gesicht der Datenbrille, Augenbelastung, mögliche Unfallgefahren durch Verdeckung) als auch die

Softwareergonomie der entwickelten Anwendung die Auftragsplanung und -durchführung. Hier konnten Potenziale hinsichtlich des Funktionsaufrufes rückgemeldet werden.

Leitfrage 2-2) Wie wirkt sich dies auf die körperliche und psychische Belastung bei den Nutzern unter Laborbedingungen aus?

Für die körperlichen Unterstützungssysteme (Exoskelette) konnten im aufgebauten Labor keine Anwendertests durchgeführt werden. Ein intensiver Austausch sowie ein Ausprobieren durch eigene Mitarbeiter erbrachten jedoch, dass eine physische Unterstützung je nach spezifischer Lösung an unterschiedlichen Stellen zu erwarten ist. Für die kognitiven Unterstützungssysteme (Datenbrillen) konnten Daten anhand des Tests bei Mitarbeitern des FG Awip der BTU erfasst werden, welche unterschiedliche Grade an psychischer Belastung, bedingt vor allem durch Unterschiede beim Informationsaufruf und der Informationsdarbietung, hinweisen. Rückmeldungen wurden an die Entwickler gegeben und flossen in die Weiterentwicklung ein. aus Sicht der Evaluation konnten somit erste Hinweise auf die körperlichen Belastungsschwerpunkte gesammelt und rückgemeldet werden.

Leitfrage 2-3) Welche Möglichkeiten und Gefahren ergeben sich unter den Laborbedingungen beim Einsatz der Technik?

Dies konnte für die körperlichen Unterstützungssysteme (Exoskelette) in Diskussion mit den Entwicklern abgeschätzt werden. Zum einen zeigen sich gezielte Möglichkeiten der Unterstützung in den verschiedenen UseCases. Auch können gleichartige Tätigkeiten summiert werden und bei gleichem Belastungslevel für längere Zeitspannen ausgeführt werden. Gefahren ergeben sich durch Lastumverteilungen im Körpersystem und sind momentan noch schwer quantifizierbar. Langzeitstudien sind dazu erforderlich, wie dies auch der Austausch mit Dr. Steinhilber vom Projekt „Expertise 4.0“ verdeutlichte. Eine Verletzungs- und Unfallgefahr durch ein getragenes Exoskelett ist nicht auszuschließen. Gefahren der Beschädigungen der Installationsobjekte sind ggf. ebenfalls vorhanden. Beides muss bei der Entwicklung berücksichtigt und ggf. abgemildert werden. Für die kognitiven Unterstützungssysteme (Datenbrillen) konnte eine Evaluation anhand eines Mitarbeitertests an der BTU erfolgen. Möglichkeiten des Systems zeigen sich durch eine schnelle Informationsbereitstellung und Zugreifbarkeit sowie der permanenten Verfügbarkeit von wesentlichen Informationen während der auszuführenden Installationstätigkeit. Dabei ist eine Nutzbarkeit für Brillenträger gegeben. Eine Bedienung durch Sprachsteuerung kann wegen „Hands Free“ den Montageprozess entscheidend unterstützen. Gefahren ergeben sich z.B. durch eine Beeinträchtigung im Sichtfeld durch Prisma der AR-Datenbrille. Probleme bzgl. der Robustheit und Usability sind bei realem Baustelleneinsatz wahrscheinlich. Der Test zeigte die Notwendigkeit eines bedarfsgerechten Informationsdesigns und der aktuellen Verfügbarkeit. Gegebenenfalls ist auch eine Anpassung auf die individuelle Sehstärke für eine optimale Einsatzfähigkeit erforderlich, aber damit könnten höhere Beschaffungskosten anfallen. Zusammenfassend konnten hier bei beiden Systemen erste Anwendungserfahrungen gesammelt und Potenziale beständig rückgemeldet werden, damit die Entwickler entsprechende Anpassungen vornehmen konnten.

Leitfrage 2-4) Welche organisatorischen Umgestaltungen, Fortbildungen und Qualifikationsanpassungen müssen ggf. bei den Beschäftigten vorgenommen werden?

Bei den körperlichen Unterstützungssystemen (Exoskelette) ergab sich durch die vielfältigen Diskussionen während der Austausche mit den Projektpartnern, dass eine Sensibilisierung für Sinnhaftigkeit und Notwendigkeit des Einsatzes von Unterstützungssystemen absolut notwendig ist, da ansonsten nur eine geringe Anwendungshäufigkeit zu erwarten ist. Eine Nutzerschulung bzw. Einweisung für das jeweilige Produkt ist ebenfalls nötig, damit ein ergonomischer Einsatz gewährleistet ist. Arbeitsorganisatorisch-operative Anpassungen für den optimalen Einsatz sollten ebenfalls ins Auge gefasst werden. So können z.B. Tätigkeitsabläufe angepasst werden für eine Blocknutzung des Exoskelettes bei ähnlich belastenden Tätigkeitsinhalten. Dies sollte auch bereits im Planungsprozess der Baustelle berücksichtigt werden, um

den optimalen Einsatz (z.B. durch serielle Ausführung gleichartiger Tätigkeiten hintereinander) zu unterstützen. Bei den kognitiven Unterstützungssystemen (Datenbrillen) ergeben sich in der Rückmeldediskussion nach dem Anwendertest an der BTU, dass eine Sensibilisierung und Steigerung der Digitalaffinität durch Einweisungen und Schulung der Mitarbeiter zu Datenstruktur, Bedienbarkeit und Nutzbarkeit/Einsatzfähigkeit des Systems unterstützt werden kann. Wichtig ist dabei die Beachtung des organisatorischen Gesamtkontextes (vgl. dazu auch Leitfrage 1-2). Hier muss zwingend die Pflege und Aktualisierung des Datenbestandes gewährleistet werden, ggf. durch ein Backoffice. Nur so kann mit einer angemessenen Praxisnutzung durch die Mitarbeiter gerechnet werden. Insgesamt konnten hier durch die Evaluation erste Anwendererfahrungen gesammelt und Weiterentwicklungspotenziale rückgemeldet werden. Diese unterstützen eine grundsätzlich positive Einschätzung der Geeignetheit der Systeme (vgl. Punkte 2. und 3. In Abb. 1) und damit verbundenen weiteren Maßnahmen für die Lösung der Herausforderungen bei der Badsanierung. Erste Weiterentwicklungspotenziale konnten ebenfalls rückgemeldet werden und somit in die Entwicklung einfließen. Im Einzelnen gab es folgende Schritte, die nachfolgend tabellarisch dargestellt sind:

Tabelle Phase 2

Aktivität	Hinweise Awip
<p>Die Laborphase stand im Zeichen der Corona-Pandemie 2020 - 21, weswegen die in dieser Phase wichtigen direkten Kontakte nahezu nicht möglich waren. Diesen Erschwernissen wurde jedoch durch verschiedene Maßnahmen begegnet, so dass eine gewisse Kontinuität der Projektarbeit trotz stark erschwelter Bedingungen sichergestellt werden konnte.</p>	
<p>Durch eine Auswertung der durch den Konsortialpartner Schramm GmbH angefertigten Videoaufzeichnungen realer Badsanierungen konnte die arbeitswissenschaftliche Relevanz der für das physische Unterstützungssystem abgeleiteten Use-Cases bestätigt werden.</p>	<p>Die Use-Cases für das kognitive Assistenzsystem konnten sowohl dadurch sowie durch die bereits in Phase 1 gesammelten Erfahrungen verifiziert und bestätigt werden.</p>
<p>Interessante Ergebnisse erbrachten einige an die turnusmäßige Konjunkturbefragung im Handwerk angegliederte Fragenkomplexe zum physischen Unterstützungssystem bzw. kognitiven Assistenzsystem. Es zeigten sich einige falsche Vorstellungen seitens Anwender, vor allem beim physischen Unterstützungssystem/ Exoskelett: so erwarteten Anwender hier Unterstützungsleistungen, die momentan und in näherer Zukunft technisch noch nicht umsetzbar sind.</p> <p>Im Februar 2021 erfolgte dazu eine wissenschaftliche Veröffentlichung auf dem 67. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dort wurden die angegliederten Fragen aus der Handwerker-Konjunkturumfrage speziell zum physischen Unterstützungssystem detailliert ausgewertet. Es zeigten sich starke Unterschiede zwischen den Gruppen der potenziellen Anwender sowie potenziellen Nicht-Anwender von Exoskeletten. Auch potenzielle Nutzer erwarten durchaus Nachteile, wie z.B. hohe Anschaffungs- und Instandhaltungskosten, schlechte Akzeptanz oder Arbeitseinschränkungen.</p>	<p>Im Rahmen des Projektes sollte die bereits eingeleitete Vermittlung von anwendungsbezogenen Wissen über die Lösungen durch Workshops, Publikationen und elektronische Kanäle weiter fortgeführt und den Bedingungen der Corona-Situation angepasst werden. Dies unterstützt die realistische Vermittlung der belastungsreduzierenden Eigenschaften (Leitfrage 2-1 der Evaluation Phase 2), der Vor- und Nachteile der Lösung und sollte längerfristig auch zur Weiterentwicklung der innovativen Lösungen (Kernfrage 3 der BAuA) beitragen. Die Veröffentlichung zeigt außerdem einige wissenschaftlich abgesicherte Möglichkeiten, die Akzeptanz zu steigern. Dies können z.B. das deutliche Herausstellen des unmittelbaren Nutzens sowie die Sicherstellung leichter Benutzbarkeit sein.</p>
<p>Es erfolgte die Teilnahme am jährlichen virtuellen Evaluatorentreffen durch den Evaluator Fachgebiet Awip am 25.06.2020. Es zeigte sich, dass viele der anderen Projekte ebenfalls mit starken Einschränkungen zu kämpfen haben. Die Strategien, mit den Einschränkungen umzugehen, konnten diskutiert und mit neun Anregungen versehen werden.</p>	<p>Aus den dort besprochenen Schwierigkeiten auch anderer Projekte lässt sich schlussfolgern, dass die bereits angestoßenen Maßnahmen zu Digitalisierung der Projektdurchführung weitergeführt werden sollten. Da sich insbesondere in Labor- und Baustellenphase Tätigkeiten ergeben, sie sich nicht digitalisieren lassen, ist die</p>

	angestrebte kostenneutrale Verlängerung des Projektes positiv zu bewerten.
Der Konsortialpartner ExoIQ in Hamburg baute sein Test-Labor in 2019/2020 auf und aus.	Die Phasen der Badsanierung und die Use-Cases sind in diesem Labor gut abgebildet, so dass typische Handwerker Tätigkeiten mit den Unterstützungssystemen durchgeführt und die System somit umfassend erprobt werden können.
Beim Konsortialpartner TillerStack erfolgte eine weitere Recherche mit der Auswahl neuerer/ aktuellerer Hardware-Lösungen für den Einsatz als kognitives Assistenzsystem. Außerdem wurden Alternativlösungen für den momentan nicht möglichen Labortest gesucht, wie z.B. die Zusendung des Assistenzsystems mit anschließendem angeleiteten Selbsttest und Rückmeldung der Erfahrungen an den Konsortialpartner. Außerdem wurde durch Umwidmung von Projektmitteln die Entwicklung einer App als Schnittstelle und zur Verfügbarkeit von relevanten Daten zur kognitiven Unterstützung angestoßen.	Die Auswahl weiterer Hardware ist als positiv zu bewerten. Erwartet werden bessere Praktikabilität und Nutzerfreundlichkeit, welche sich zumindest grundlegend anhand der technischen Spezifikationen der Produkte ableiten lässt (z.B. geringeres Gewicht erhöht Tragekomfort). Die tatsächliche Handhabbarkeit ist jedoch erst im Laborversuch klar bar. Die Alternative zu den momentan nicht möglichen Laborversuchen ist ebenfalls als ein richtiger Schritt einzuschätzen, sollte jedoch später durch angeleitete Laborversuche ergänzt werden. Die Entwicklung der App ist ebenfalls als positiv einzuschätzen, weil dadurch breitere Durchsetzung der kognitiven Unterstützungslösung aufgrund ihrer inhärenten Plattformunabhängigkeit zu erwarten ist.
Die Corona-Situation wirkt sich auf verschiedenen Ebenen auf das gesamte Projekt aus, nicht nur im Hinblick auf Labortests und Präsenzveranstaltungen. Auch sind Veranstaltungen zur Öffentlichkeitsarbeit erschwert, deswegen ad hoc Kompensationsstrategien entwickelt wurden, um Projektziel nicht zu gefährden, z.B. Virtualisierung von Produktpäsentationen, virtuelle Messauftritte oder Öffentlichkeitsarbeit per Video und Film. Konkret ist bereits die Erstellung eines Werbevideos, welches die Einsatzmöglichkeiten der Assistenz- bzw. Unterstützungssysteme darstellt, im Jahr 2020 eingeleitet worden.	Die Anpassung der Verbreitungswege im Zuge der Corona-Pandemie ist als positiv einzuschätzen und kann auch durchaus nach Abklingen der Pandemie eine sinnvolle Ergänzung darstellen. Es sollte beachtet werden, die Zielgruppe möglichst breit anzusprechen, z.B. durch eine entsprechend altersgerechte Auswahl der Darsteller für das physische Unterstützungssystem.
Das Fachgebiet Awip hat als Evaluator eine Zusammenarbeit mit einem anderen Projekt im Rahmen der „Experimentieräume 4.0“ gestartet. Es handelt sich um das Projekt „Expertise 4.0“, das durch Dr. Steinhilber von der Universität Tübingen evaluiert wird. Es erfolgten Austausche über mögliche Verfahren zur Ermittlung der Belastungsreduktion durch die Exoskelette.	Durch den wissenschaftlichen Austausch ist mit einem noch gezielteren Einsatz von in ihren Gütekriterien hochwertigen Verfahren bei der Evaluation zu rechnen.
Im Sommer 2021 erfolgte ein Test kognitiver Unterstützungssysteme durch Mitarbeiter des Fachgebiets Awip. Diese Lösung wurde gewählt, da aufgrund der fortdauernden Corona-Pandemie Labortests nicht möglich waren. Drei ergonomisch ausgebildete Mitarbeiter des FG Awip testeten das Modell HD4000 der Firma Zebra sowie die Google Glass Enterprise Edition 2. Dabei war der zur Verfügung gestellten Testsettings in einem spezifischen Erarbeitungsstand, der noch nicht dem endgültigen Stand entsprach. Abgesehen von diesem vorläufigen Stand konnten trotz dessen Erkenntnisse auf Basis dieses Praxistests generiert werden. Bewertungskriterien wurden im Vorfeld anhand theoretischer und anwendungspraktischer Erkenntnisse abgeleitet. Eingeschätzt wurden der Tragekomfort, der Darstellungskomfort im Sichtfeld, die Bedienbarkeit, eine Einschätzung der Robustheit der Lösung, die Einschätzung der Benutzbarkeit durch besondere Anwendergruppen (z.B. ältere Mitarbeiter) sowie	Grundsätzliche ergonomische Anforderungen wurden erfüllt und gleichzeitig Herausforderungen für den Praxiseinsatz aufgezeigt. Eine leicht bis moderate körperliche Belastung wurde bei beiden Modellen konstatiert, während die Augenbelastung subjektiv deutlicher wahrgenommen wurde. Vorteile bei der GoogleGlass zeigen sich durch die intuitive Touch-Bedienung. Die Lösung von Zebra kann aufgrund der Kabelverbindung zum Smartphone Unfallgefahren in realen Settings hervorrufen. Rückmeldung an TillerStack zu Stärken und Potenzialen der getesteten Lösungen in einer Videokonferenz mit zugeschalteten Entwicklern statt. Dabei wurde deutlich, dass softwareergonomische Kriterien zwar hinsichtlich der späteren Anwendungsfelder mit beachtet, jedoch stand für die getesteten Geräte die Implementierung der Prozessabläufe im Vordergrund.

mögliche Unfallgefahren und sonstige Einschränkungen bei Anwendung im Umfeld der Badsanierung.

Entsprechend wurden ergonomische Weiterentwicklungspotenziale erkannt und rückgemeldet.

Im September 2021 erfolgte die Teilnahme am Workshop 3 der Gesamtevaluation der Hochschule des Bundes in Brühl bei Köln. Awip stellte den Evaluationsstand und die Schwierigkeiten durch Corona bei HWG 40 und auch bei anderen Projekten vor. Es erfolgten detaillierte Erklärungen mit positiven Rückmeldungen

Unterschiedlicher Stand der Einschränkungen, Es wurde kommuniziert, dass das Projekt HWG 40 Ausweichlösungen findet, um den Projekterfolg nicht zu gefährden. Dies wurde positiv von der Gesamtevaluation aufgenommen.

Über den Austausch mit Dr. Steinhilber von der vom Universitätsklinikum Tübingen, ist das FG Awip als Evaluator des HWG-40-Projektes in den Beirat der Projektes „Expertise 4.0“ aufgenommen worden. Trotz des anderen Anwendungsfeldes mit entsprechend anderen Anforderungen (Exoskelette in der Pflege, hier z.B. mehr repetitive gleichartige Belastung beim morgendlichen Umbetten der Patienten) gab es Gemeinsamkeiten und vergleichbare Erkenntnisse.

Mit den Beiratsmitgliedern gab es nachgelagerten Austausch, das Netzwerk konnte erweitert werden.

PHASE 3 - Experimentierraum „Baustelle“

In dieser Phase sollte die Praxiserprobung unter realen Bedingungen durchgeführt werden. Dazu waren Feldversuche des physischen Unterstützungssystems (Exoskelett) und Erprobung des Systems mit Handwerkern vor Ort angedacht. Desgleichen war beim kognitiven Unterstützungssystem (Datenbrille) durchzuführen.

Daraus ergaben sich abgeleitete Leitfragen für die Evaluation:

Leitfrage 3-1) Wie wird die entwickelte Technik unter Praxisbedingungen genutzt?

Für die Exoskelette erfolgten hier mehrere Anwendertests. Einer der Tests beim Anwendungspartner Schramm GmbH 2021 in München erbrachte eine insgesamt positive Gesamteinschätzung des Exosketts (erreichter Durchschnittswert 2,0 auf einer Schulnotenskala von 1 bis 6). Besonders positiv wurde die Kraftunterstützung beim Heben und Tragen eingeschätzt (Durchschnittswert 1,7). Eine eher befriedigende Bewertung erreichte die Bewegungsfreiheit (Durchschnittswert 2,7). In der Nachbefragung stellte sich dabei jedoch heraus, dass offensichtlich nicht alle Anpassungs- und Einstellmöglichkeiten bekannt waren. Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer sorgfältigen Anwenderschulung. Ein weiterer Praxistest erfolgte bei der Haaß GmbH in 2022 erbrachte für andere Exoskelette mit anderen spezifischen Unterstützungsleistungen weniger positive Werte. Die Stichprobe war hier jedoch weit jünger. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass die Exoskelette eher für Kollegen in bereits fortgeschrittenem Alter sinnvolle Einsatzmöglichkeiten bieten, welche eher mit bereits bekannten Einschränkungen und entsprechender Unterstützungsnotwendigkeit zu kämpfen haben. Insgesamt erfolgte die Nutzung in typischen, beispielhaften Situationen, wie z.B. beim Heben und Tragen von Lasten in der Baustellenvorbereitung und kann damit als repräsentativ für eine reale Baustellensituation angesehen werden. Nach Ende der Testphase in Realsituation erfolgte die vereinzelte Beschaffung von Exoskeletten für den dauerhaften Einsatz bei einigen Kollegen. Zusammenfassend ist anzumerken, dass die die wahrgenommene Sinnhaftigkeit der Nutzung sehr stark von den eigenen, subjektiv wahrgenommenen körperlichen Voraussetzungen abhängig ist. Die in 2022 durchgeführten Anwendertests für das kognitive Unterstützungssystem (Datenbrille) erbrachte deutliche Weiterentwicklungen der Lösung im Sinne der Praxistauglichkeit gegenüber dem vorhergehenden Stand. Vereinzelt war ein zusätzlicher Bedienungsaufwand durch nicht erwartungskonforme Bedienschritte erkennbar. Die Bedieneffizienz, der Trainingsaufwand, eine gepflegte und damit aktuelle Datenbasis sowie die technische Verfügbarkeit (z.B. WLAN-Verbindung) wurden als Bestimmungsfaktoren für eine erfolgreiche Nutzung identifiziert. Wie bereits in der Phase „Labor“ angesprochen, sind organisatorische Umgestaltungen (z.B. Datenpflege durch Backoffice) eine weitere wichtige Voraussetzung eines erfolgreichen Praxiseinsatzes. Zusammenfassend kann somit für beide Systeme festgehalten werden, dass spezifische und anwendungsbereite Lösungen entwickelt wurden, so dass gute Grundlagen für einem Praxiseinsatz und eine Verbreitung geschaffen wurden.

Leitfrage 3-2) Wie wirkt sich dies auf die körperliche und psychische Belastung bei den Nutzern unter Praxisbedingungen aus?

Die körperlichen Unterstützungssysteme (Exoskelette) bieten hier durchaus eine spezifische Entlastung beim Heben, Tragen, Transportieren durch Oberkörperunterstützung. Vor allem im Austausch mit Dr. Steinhilber (Projekt „Expertise 4.0“, vgl. Austausch in Phase „Labor“ wurde jedoch deutlich, dass dafür auch zukünftig begleitende Forschung nötig ist, da z.B. Langzeiteffekte momentan mangels aussagekräftiger Studien nur bedingt abschätzbar sind. Beim kognitiven Unterstützungssystem (Datenbrille) ist ein großes anwendungspraktisches Potenzial plausibel erkennbar, z.B. durch gezielten Informationszugriff anstelle langwieriger Papiersuche kommt es zur psychischen Entlastung. Insgesamt bietet die im Projekt entwickelte Technik somit große Potenziale, wobei vor allem beim Exoskelett jedoch einige Langfristwirkungen noch nicht ausreichend gut abgeschätzt werden können.

Leitfrage 3-3) Welche Möglichkeiten und Gefahren ergeben sich in der Praxis beim Einsatz der Technik?

Die sich aus den Anwendertests unter Praxisbedingungen ergebenden Möglichkeiten und Gefahren werden nachfolgend tabellarisch wiedergegeben:

→ Exoskelette

Möglichkeiten

- Körperliche Entlastungen,
- Schnelle Einsetzbarkeit,
- First-Mover-Advantage (Unternehmerische Vorteile durch Innovation)

Gefahren

- Unfallgefahren durch Hängenbleiben wegen überstehender Teile der Exoskelette (im Interview Haaß Haustechnik angeklungen),
- Wahrnehmung durch Kunden / Selbstbild
- Kompensationseffekte (intendierte Entlastung führt zu erhöhten Belastungen in anderen Teilen des menschlichen Körpers) als indirekte Gefährdung

→ Datenbrille

Möglichkeiten

- Arbeiten am Objekt hands-free möglich
- Gezielte und unkomplizierte Informationsverfügbarkeit
- First-Mover-Advantage (Unternehmerische Vorteile durch Innovation)

Gefahren

- Unfallgefahren durch Hängenbleiben (insbesondere bei kabelgebundenen Varianten)
- Verdeckungseffekte im Blickfeld und möglicherweise Übersehen von Gefahren

Leitfrage 3-4) Welche organisatorischen Umgestaltungen, Fortbildungen und Qualifikationsanpassungen müssen ggf. bei den Beschäftigten vorgenommen werden?

Für die körperlichen Unterstützungssysteme (Exoskelette) zeigte sich, da eine Anwenderschulung zu den Einstell- und Anpassungsmöglichkeiten essentiell ist, ansonsten können Schwierigkeiten durch unsachgerechte Benutzung entstehen. Ein Beispiel dafür liefern die Schwierigkeiten eines Anwenders beim Sitzen/Autfahren, obwohl eine Möglichkeit der Kraftauslösung vorhanden war, jedoch nicht genutzt wurde. Auch muss eine Verfügbarhaltung der Exoskelette für den Baustelleneinsatz organisiert und koordiniert werden. Ähnlich wie bei der Datenbrille müssen dazu Kapazitäten geschaffen werden. Gegebenenfalls muss auch eine Sensibilisierung für Wartung und Reinigung bei den Anwendern erfolgen. Für das kognitive Unterstützungssystem (Datenbrille) sollte die Datenpflege und Informationsaktualität im Vordergrund stehen. Dies erfordert ein Sicherstellen regelmäßiger Updates. Ebenso können bei den Anwendern Schulungen und eine Sensibilisierung für Hygiene und Reinigung wobei die Möglichkeiten der Justierung und individuellen Anpassbarkeit hilfreich sein.

Leitfrage 3-5) Tragen die entwickelten Lösungen dazu bei, Interesse an weitergehenden, ähnlich gelagerten Lösungen bei den Nutzern zu wecken?

Gerade beim Exoskelett war auf den Vorstellungsrunden sowie in Diskussionen mit dem Anwendungspartner ein weitergehendes Interesse an Systemen zur körperlichen Unterstützung ersichtlich. Konkret wurde z.B. die Deckenmontage mit einer längerfristigen Überkopfarbeit angesprochen. Auch die Diskussionen auf den Projektvorstellungen erbrachten vielfältige weitere Anknüpfungspunkte für weitere Einsatzbereiche.

Leitfrage 3-6) Wie werden die entwickelten Lösungen durch Dritte adaptiert?

Hier ist ein generelles Interesse auch in anderen Gewerken des Handwerks ersichtlich, wie z.B. das Interesse bei der Präsentation des Projektes auf dem Kupferschmiedetag unterstrichen. Ein Interesse in anderen Bereichen des SHK-Handwerks außerhalb der Badsanierung ist ebenfalls ersichtlich.

Eine tabellarische Zusammenfassung der durchgeführten Evaluationsuntersuchungen ist nachfolgend dargestellt:

Aktivität	Hinweise Awip
<p>Es erfolgte ein Anwendertest von Handwerkern bei der Schramm GmbH in München im Oktober/November 2021. Aufgrund der immer noch vorherrschenden Corona-Situation wurden die zu testenden Exoskelette der Typen AUXVIVO und LAEVO zur Unterstützung des Oberkörpers und des Rückens vor allem bei Hebe-, Halte- und Tragevorgängen zugesandt und eine Remote-Einweisung für die Tester gegeben. Im Nachgang führte das FG Awip fünf Interviews zur Evaluation durch. Die Tester waren zwischen 28 und 62 Jahre alt und hatten 13 – 46 Jahre Erfahrung als SHK-Handwerker. Getragen wurden die Exoskelette zwischen wenigen Stunden und mehreren Tagen. Nachfolgend sollten die Experten einzelne Aspekte der Nutzung bewerten und Schulnoten (1: sehr gut bis 5: mangelhaft) dafür vergeben.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anlegen des Exoskeletts: sehr gute bis gute Bewertung (Durchschnitt: 1,6) - Passung: gute bis befriedigende Bewertung (Durchschnitt: 2,6) - Tragekomfort: gute bis befriedigende Bewertung (Durchschnitt: 2,4) - Bewegungsfreiheit: befriedigende Bewertung (Durchschnitt: 2,7) - Kraftunterstützung: war vor allem beim Heben und Tragen sowie Halten und Führen von Werkzeugen einschätzbar, sehr gute bis gute Bewertung (Durchschnitt 1,7) - Reaktion von Kunden: nur ein Anwender hatte längeren Kundenkontakt und schätzte die Kundenreaktionen als sehr positiv ein, die anderen Anwender konnten hier keine Einschätzung vornehmen - Gesamt-Zufriedenheit: gut (Durchschnitt: 2,0) <p>In den Gesprächen zeigte sich ebenfalls, dass die Bewertungen von Passung, Tragekomfort und Bewegungsfreiheit zum Teil durch noch zu geringe Kenntnisse der Einstellmöglichkeiten der Exoskelette beeinflusst wurden. Dies ist unter anderem auch auf die besondere Testsituation (Zusendung + Selbsttest) zurückzuführen und zeigt deutlich die Notwendigkeit von Anwenderschulungen vor einem Einsatz. Potenziale für die Weiterentwicklung (z.B. das AUXVIVO leichter konstruieren; die Passung verbessern durch zusätzliche Befestigungsmöglichkeiten; Benutzung der an der Arbeitskleidung vorhandenen, jedoch durch das Exoskelett teilweise verdeckten Werkzeugtaschen erleichtern) wurden ebenfalls eruiert.</p>	<p>Die eruierten Stärken und Potenziale wurden an das Entwicklerteam der Firma ExolQ rückgemeldet. Es zeigte sich eine grundsätzliche Einsetzbarkeit bei den durchgeführten Tätigkeiten und einige Weiterentwicklungspotenziale, die die Einsatzhäufigkeit unterstützen helfen sollten.</p>
<p>Für das kognitive Assistenzsystem erfolgten Anwendertest mit verschiedenen Datenbrillen im SHK-Ausbildungszentrum in Berlin im März 2022. Hierfür waren weiterentwickelte System für einen Einsatzfall des Informationsaufrufs sowie der Remote-Unterstützung vorbereitet und die Anwender im Umgang vorgeschult worden. Die Anwender waren sechs überwiegend junge Auszubildende mit noch relativ geringer Berufserfahrung als SHK-Handwerker sowie ein Ausbilder, der ebenfalls als Anleiter bei der Situation mittels Remote-Unterstützung fungierte. Es wurden Situationen erprobt, bei denen aus dem Grundmenü heraus mittels der dem jeweiligen Gerät eigenen Steuerung (Sprache oder Touch) ein Informationsaufruf</p>	<p>Die eruierten Stärken und Potenziale wurden mit der TillerStack GmbH diskutiert und konnten somit in eine Weiterentwicklung einfließen.</p>

erfolgen sollte. Einige Bediener kamen mit der Sprachsteuerung zu recht, andere bevorzugten die Touch-Bedienung. Diese ließ sich auch mit angezogenen Montagehandschuhen bewerkstelligen, was wichtig für den Alltagseinsatz ist. Die Menüstruktur wurde von den Anwendern als logisch und nachvollziehbar angesehen. Geräte mit relativ großem Display erschienen besser für die Darstellung komplexer Information geeignet, vereinzelt wurde hier jedoch von Blendungen bei ungünstigem Lichteinfall berichtet. Die Situation der Remote-Unterstützung zeigte sehr große Möglichkeiten für einen praktischen Einsatz: den Auszubildenden wurde eine genaue Unterstützung gegeben, was durch eine sehr hohe ankommende Bildqualität beim unterstützenden Ausbilder problemlos möglich war. Dieser äußerte sich sehr positiv über diese technische Neuerung, vor allem auch im Hinblick auf den in Zukunft steigenden Komplexitätsgrad sowie die am Markt verfügbare Produktvielfalt. Seitens der Auszubildenden bereitete die Initiierung des Remote-Anrufs keine größeren Schwierigkeiten, was für eine deutliche Weiterentwicklung der Soft- und Hardware gegenüber dem Stand vom Sommer 2021 spricht. Jedoch sollte beachtet werden, dass eine ausreichende Nutzungsroutine sowie vorherige Einweisung in das System hilfreich sind, um in speziellen Situationen (z.B. Verbindungsabbruch) adäquat reagieren zu können. In einer kurzen Anschlussdiskussion mit allen Beteiligten ergaben sich spontan weitere Einsatzideen für diese Unterstützungssysteme. So könnte die Datenbrille Hinweise für das schnelle Auffinden des Einsatzortes in großen Objekten geben, Unterstützung bei der Vor-Ort-Bestellung von Ersatzteilen durch Barcode-Scannen defekter Teile. Beispielsweise könnten Auszubildende bereits früher als bisher mit anspruchsvolleren (jedoch dem Ausbildungsstand angemessenen) Aufgaben beschäftigt und der Arbeitsstand leichter nachvollzogen sowie schneller und gezielter Hinweise für das weitere Vorgehen gegeben werden. Insgesamt wurde bei den Testern eine positive Bewertung der Lösung abgegeben.

Am 10.06.2022 wurden die kognitiven Assistenzsysteme elf Teilnehmern einer Meisterschulung bei einem Workshop vor Ort im Kompetenzzentrum des SHK-Handwerks Berlin vorgestellt, ca. 15 weitere waren online zugeschaltet. Es handelte sich vornehmlich um erfahrene Kollegen. Seitens der Tillerstack (mit dem Vertreter Herrn Thomas Schwab vor Ort) wurden die Möglichkeiten der Datenbrille zuerst demonstriert. Die bekannten Szenarien „Aufruf von Informationen zu einem Wissensobjekt“, „Remote-Hilfe durch einen Experten“ wurden durch die Funktionalität der „Video-Dokumentation der eigenen Arbeit“ erweitert. Dieses neue Feature ermöglicht beispielsweise den Nachweis, dass Unterputz-Leitungen tatsächlich fachgerecht verlegt wurden oder ermöglicht die Erstellung eigener Lehrvideos. Im Anschluss daran konnten die Lösungen durch die Anwesenden ausprobiert werden. Diese Möglichkeit nahmen die Handwerker gut an und stellen auch gezielt Nachfragen, z. B. zu Vorteilen gegenüber dem aktuell genutzten Smartphone zur Informationsbeschaffung. Große Zustimmung erfuhr dabei das Argument, Hands-Free arbeiten zu können und dadurch beide Hände für eventuelle Montagetätigkeiten frei zu haben. Viele Fragen entwickelten

Die eruierten Stärken und Potenziale wurden mit der TillerStack GmbH diskutiert und konnten somit in eine Weiterentwicklung einfließen.

sich dabei spontan und wären mit hoher Wahrscheinlichkeit bei intensiveren Tests auch wesentlich tiefgreifender ausgefallen. Da die Akteure sich im Rahmen des Workshops jedoch auf einen oberflächlichen ersten Eindruck beschränken mussten, konnten die Fragen vornehmlich auf Passung, Menüführung und Systembedienbarkeit ausgerichtet werden. Dabei wurde die Passung als überwiegend gut eingeschätzt, zwei Rückmeldungen zweifelten aber auch an der Baustellentauglichkeit (i. S. v. Robustheit) der GoogleGlass, wohingegen die Vuzix als robust eingeschätzt wurde.

Die meisten fanden jedoch das größere Display der GoogleGlass besser. Zwei der Befragten bevorzugten das kleine Display der Vuzix und hoben hervor, dass es den Blick weniger behindert (während man durch das Display der GoogleGlass bewusst „durchschauen“ und sich auf die dahinter liegende Realität konzentrieren muss).

Das physische Unterstützungssystem (Exoskelette) wurde in einem Anwendertest bei der Haaß GmbH im April 2022 eingesetzt. Hier wurden vier Systeme der Oberkörper- und Beinunterstützung (AUXVIVO, HEROWEAR, hTRIOUS und LAEVO) zur Verfügung gestellt und in unterschiedlichem Ausmaß (zwischen 3 – 6 Tagen für jeweils zwischen 0,5 und 8 h) durch die überwiegend jüngeren Anwender getestet. Anschließend sollten die Tester einzelne Aspekte der Nutzung bewerten und Schulnoten (1: sehr gut; ...; 5: sehr schlecht) dafür vergeben.

- Anlegen des Exoskeletts: sehr gute (hTRIOUS) bis gute Bewertung (HEROWEAR)
- Passung: gute (AUXVIVO) bis befriedigende Bewertung (HEROWEAR)
- Tragekomfort: gute (AUXVIVO und HEROWEAR) bis befriedigende Bewertung (LAEVO)
- Bewegungsfreiheit: gute (LAEVO) bis ausreichende Bewertung (hTRIOUS)
- Kraftunterstützung: war vor allem beim Heben und Tragen sowie Halten und Führen von Werkzeugen einschätzbar, alle Exoskelette hier befriedigend eingeschätzt
- Reaktion von Kunden: für alle getesteten Exoskelette wurden gute und positive Kundenreaktionen rückgemeldet.
- Gesamt-Zufriedenheit: befriedigend (HEROWEAR, LAEVO) bis ausreichend (AUXVIVO, hTRIOUS)

In den durchgeführten Nachgesprächen zeigte sich, dass die durch die Exoskelette angebotene Unterstützungsleistung eher nur einen vergleichsweise geringen Teil der täglichen Arbeit abdeckt. Vor allem beim Einrichten einer Baustelle und dem Transport von Material und Werkzeug können diese demnach nützlich sein. Unterstützungsleistung wurde jedoch eher als hilfreich im Alltag eingeschätzt, wenn diese für Arme und Schultern zur Verfügung stünde. Dies müsste durch andere als die getesteten Systeme bewerkstelligt werden. Ebenso wurde auf Gefahren bei der Nutzung (z.B. Hängenbleiben durch abstehende Teile des Exoskeletts, vor allem in engen Arbeitsbereichen) hingewiesen und sinnvolle Weiterentwicklungspotenziale (z.B. Integration des Exoskeletts in die Arbeitskleidung) deutlich gemacht.

Die eruierten Stärken und Potenziale wurden mit der ExoIQ GmbH diskutiert und konnten somit in eine Weiterentwicklung einfließen.

Abschluss-Projektpräsentation im Berliner Futurium am 14.06.2022

Nach Laufzeitverlängerung und pandemiebedingter Verschiebung des Abschlussevents wurden erarbeitete Lösungen und gewonnene Erkenntnisse im Juni 2022 einer breiten Öffentlichkeit aus Handwerkern, Verbands- und Netzwerkpartnern, Presse und Politik zugänglich gemacht. Mit Impulsvorträgen, Podiumsdiskussion und Mitmachworkshops zielte die Veranstaltung darauf ab, Entscheider zu begeistern und Interessenten zu gewinnen. Viele nutzten die Möglichkeit, Assistenz- und Unterstützungssysteme live auszuprobieren und sich ein eigenes Bild von deren Potenzialen zu machen.

Bezeichnend sind die Ausführungen von Prof. Weidner/ ExoIQ GmbH, dass Langzeitstudien fehlen und somit durchgeführt werden sollten, um die Wechselwirkungen, Belastungsverschiebungen und Kompensationseffekte besser abschätzen zu können. Auch aus unternehmerischer Sicht wurde deutlich, dass derartige Studien die Investitionsbereitschaft deutlich steigern können, da ein verlässlichere Kosten-/Nutzen-Abschätzung möglich wird.

Der große Andrang in den Workshops zeigte das rege Interesse potenzieller Anwender an den Lösungen. In Diskussionen mit den Anwendern von Exoskeletten im Rahmen der Workshops zeigte sich, dass die Unterstützungsleistung sehr spezifisch ist. Gewünscht wird eine universellere Einsetzbarkeit für möglichst viele unterschiedliche Tätigkeiten. Dies deckt sich mit den vorherigen Erkenntnissen aus den Anwenderinterviews. Die anschließende Diskussion mit Herrn Dr. Argubi-Wollesen von der ExoIQ GmbH zeigte jedoch, dass dies beim momentanen Stand der Technik noch nicht möglich ist und erst noch entwickelt werden muss.

Die Besucher des Workshops für Datenbrillen nahmen die Praxistauglichkeit und robuste Einsetzbarkeit der Lösung in Diskussionen gelegentlich noch als ausbaufähig wahr. Ein Fazit dazu kann lauten, dass sich das SHK-Handwerk den strategischen Herausforderungen der Zukunft stellt (im Sinne körperliche Belastungsreduktion; Notwendigkeit arbeitsorganisatorischer Umstrukturierung, welche Auswirkung auf bisherige Prozessabläufe hat). Es sollte die Bedarfsgerechtigkeit der Datendarbietung, die Aktualität und Verfügbarkeit der Daten in der Datenbrille sichergestellt werden.

In späteren Gesprächen mit Herrn Schramm von der Hanns Schramm GmbH zeigte sich, dass Projekte mit einem Hersteller von Arbeitsbekleidung realisiert werden sollen, die eine Integration der Exoskelette in die Bekleidung zum Ziel haben. Dies ist ein aus arbeitswissenschaftlicher Sicht begrüßenswerter Ansatz, da er den Anwenderwünschten entgegenkommt und Nachteile (z.B. Unfallgefahren durch Hängenbleiben) abmildern könnte.

Zusammenfassend kann seitens der Evaluation festgestellt werden, dass die Projektziele trotz widriger Bedingungen durch die Corona-Pandemie und daraus resultierender Kontakteinschränkungen erreicht werden konnten. Es wurden prototypische Lösungen für die körperliche und kognitive Unterstützung bei der Badsanierung entwickelt, getestet und unter Beteiligung der Anwendung weiter verbessert. Dabei wurden die organisatorischen Rahmenbedingungen bzw. die dort notwendigen Veränderungen von Anfang an in die Entwicklung einbezogen. Die erreichten Lösungen sind gut auf die Zielgruppe zugeschnitten (vgl. 1. bei Abb. 1) und zur Problemlösung geeignet (vgl. 2. bei Abb. 1). Die Implementierung wurde angestoßen (vgl. 3. bei Abb. 1) und Maßnahmen für eine weitere Verbreitung eingeleitet. Insofern können die Projektziele (vgl. 4. bei Abb. 1) als erfüllt angesehen werden. Im Sinne des Mittelgebers kann ebenfalls konstatiert werden, dass im Projekt durch Beachtung der nötigen organisatorischen Veränderungen auch die technologischen und wirtschaftlichen Innovationsprozesse mit sozialen Innovationen verbunden wurden. Dabei waren die Lösungen von beispielhaftem Charakter und trugen zu weiteren Innovationen bei,

was durch das Interesse auch anderer Gewerke und Einsatzfelder auf den Transferveranstaltungen unterstrichen wird. Die Kriterien und Indikatoren der menschengerechten Arbeitsgestaltung wurden berücksichtigt, indem die Anwender sehr frühzeitig einbezogen wurden und da seitens des Evaluators zahlreiche Inputs (z.B. zu Soft- und Hardwareergonomie) gegeben wurden und beständig in die Weiterentwicklung einfließen.