

ABSCHLUSSBERICHT „HANDWERKSGESELLE 4.0“



**BMAS-Förderprogramm: Zukunftsfähige Unternehmen
und Verwaltungen im digitalen Wandel
Lern- und Experimentierräume für Arbeitsinnovationen
INQA-Projekt „Handwerksgeselle 4.0“**

Januar 2024

1. Vorstellung des Projektes	5
1.1 Projekthintergrund und -ziele	5
1.2 Der Projektverbund und Zuständigkeiten	5
1.3 Projektphasen	6
2. Projektumsetzung und Ergebnisse	7
2.1 Erreichte Ziele	7
2.1.1 Kognitive Unterstützung	7
2.1.2 Physische Unterstützung	7
2.2 Förderliche und hinderliche Bedingungen	14
2.2.1 Kognitive Unterstützung	15
2.2.2 Physische Unterstützung	15
3. Nachhaltigkeit und Transfer	16
3.1. Kognitive Unterstützung	16
3.2. Physische Unterstützung	17
4. Zusammenfassung	18
4.1 Zusammenfassende Einschätzung des Maßnahme-Verlaufs (Fazit)	18
4.2 Ausblick (u.a. Aufbau Forschungsnetzwerk)	19
4.3 Empfehlungen für weitere INQA-Projektförderungen	20

Anlagen

1	Zusammenfassung
2	Evaluationsbericht
3	Datenbrillen-Matrix
4	Exoskelett-Matrix
5	Tweet von Staatssekretärin Leonie Gebers

1. Vorstellung des Projektes

1.1 Projekthintergrund und -ziele

Mithilfe dieses Projektes wurden innovative sowie passgenaue digitale Unterstützungs- und Assistenzsysteme speziell für die beschäftigten Monteure in den SHK-Handwerksbetrieben, aufbauend auf einer Bedarfsanalyse analysiert, klassifiziert, exemplarisch implementiert und evaluiert. Für diese Untersuchungen wurde ein betrieblicher Experimentierraum, das sog. Handwerkerlab, geschaffen, in dem die technischen Systeme gemeinsam mit den Monteuren weiterentwickelt, in realitätsnahen Laborumgebungen und auf Baustellen getestet sowie auf den jeweiligen Kontext hin angepasst wurden.

Zielsetzung des Projektes war es, die physischen Beanspruchungen aufgrund schwerer körperlicher Tätigkeit auf der Baustelle bei der Badsanierung für die Handwerker durch die Nutzung von Exoskeletten abzumildern sowie die Arbeitsabläufe durch den Einsatz von Datenbrillen im Sanierungsprozess effizienter zu gestalten. Dafür sollten jeweils die passenden Use-Cases bei der Badsanierung mithilfe der Experimentierräume identifiziert werden.

Die Ergebnisse wurden über den Projektleiter ZVSHK an die rund 23.000 SHK-Innungsbetriebe über die geplante Öffentlichkeitsarbeit verbreitet. Dafür wurde eine digitale Webplattform unter www.hwg40.de aufgebaut, um eine nachhaltige betriebliche Nutzung der Ergebnisse sicherzustellen. Die Projekterkenntnisse wurden neben dem eigenen, beschriebenen Kanal zur Kommunikation über die geforderten INQA-Partnernetzwerke verbreitet. Ferner wurde eine öffentlichkeitswirksame Abschlussveranstaltung am 14.06.22 im Futurium in Berlin unter Anwesenheit von Staatssekretärin Leonie Gebers erfolgreich durchgeführt (siehe Tweet von Staatssekretärin Leonie Gebers in der Anlage).

1.2 Der Projektverbund und Zuständigkeiten

Der Zentralverband Sanitär Heizung Klima führte das Projektkonsortium und war für die Projektsteuerung, das Projektmanagement inkl. Betreuung des Beirates sowie für die Moderation der monatlichen Projektmeetings zuständig. Ferner führte er die Öffentlichkeitsarbeit des Projektes und setzte die repräsentative Marktforschung in Richtung des SHK-Handwerks um.

Für die Forschung zur physischen Unterstützung durch Exoskelette war die exoIQ GmbH verantwortlich, die auch einen physischen Bad-Experimentierraum in Hamburg zum Testing aufbaute und betrieb.

Die TillerStack GmbH bearbeitete schwerpunktmäßig die kognitive Assistenz (Datenbrillen) bei der Badsanierung und unterhielt einen mobilen Experimentierraum.

Das inhabergeführte Handwerksunternehmen Hans Schramm GmbH & Co. KG wurde stellvertretend als typisches KMU aus dem SHK-Handwerk in das Projektkonsortium eingebunden. Die Hans Schramm GmbH stellte Monteure für alle Labor- und Baustellentests sowie Workshops bereit und begleitet die Entwicklung. Zudem leistete das Unternehmen Expertise für die Analyse und Identifikation der Handwerksprozesse zur Identifikation der Optimierung der Wertschöpfungskette. Darüber hinaus wurden weitere Unternehmen aus dem SHK-Handwerk als assoziierte Partner integriert und standen für die Projektaktivitäten zur Verfügung.

Die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), Fachgebiet Arbeitswissenschaft / Arbeitspsychologie, war für die externe Begleitevaluation zuständig.

1.3 Projektphasen

Das Forschungsprojekt unterteilte sich in drei Phasen:

Phase 1 Experimentierraum „Analyse“:

- Arbeitspaket 1 „Bedarfsanalyse der handwerklichen Prozesse“: In diesem Paket wurden die Prozesse bei der Badsanierung anhand von realen Projekten ermittelt und ausgehend von der Wertschöpfungskette im SHK-Handwerk tiefergehend analysiert.
- Arbeitspaket 2 „Bedarfsanalyse der körperlichen und kognitiven Belastungen“: Aufbauend auf Arbeitspaket 1 wurden die in den betrachteten Kontexten resultierenden körperlichen und kognitiven Belastungen analysiert. Für die Ermittlung der Bedürfnisse der physischen Unterstützung wurden typische Arbeitshandlungen aus den endsprechenden Gewerken betrachtet, aus denen charakteristische Arbeitsprofile abgeleitet werden konnten.
- Arbeitspaket 3: „Ableitung von Use-Cases für die Experimentierräume“: Es wurden unter Berücksichtigung der technischen Realisierbarkeit die primär zu betrachtenden Anwendungsszenarien abgeleitet.

Phase 2 „Experimentierraum „Labor“:

- Arbeitspaket 4 „Aufbau und Betrieb eines Handwerks-Labs für Entwickler und Nutzeruntersuchungen für physische Unterstützung“: Aufbauend auf den abgeleiteten Use-Cases wurde für zentrale Tätigkeiten ein Handwerks-Lab als Lern- und Experimentierraum aufgebaut.
- Arbeitspaket 5 „Aufbau und Betrieb eines virtuellen Labors für kognitive Unterstützung im Kontext realer Handwerkssettings“: Es wurden die Anforderungen an das kognitive Assistenzsystem für die Experimentierräume LABOR und BAUSTELLE umgesetzt.

Phase 3 „Experimentierraum „Baustelle“:

- Arbeitspaket 6 „Feldversuch zu Physischen Unterstützung – Erprobung der Unterstützungssysteme mit Handwerkern vor Ort“: Die Ergebnisse aus AP 4 wurden für die Feldversuche (AP 6) der physischen Unterstützungssysteme herangezogen. Diese Feldversuche wurden regelmäßig in verschiedenen Kontexten durchgeführt.
- Arbeitspaket 7 „Feldversuch zur Kognitiven Unterstützung – Erprobung der Unterstützungssysteme mit Handwerkern vor Ort“: Das im AP 5 entwickelte Funktionsmuster des kognitiven Assistenzsystems wurde im Rahmen des Experimentierraumes „Baustelle“ einem Feldversuch unterzogen.

Parallel erfolgte die Umsetzung des Arbeitspakets 8 „Onlineplattform“: Aufbau und Betrieb der Webseite www.hwg40.de.

2. Projektumsetzung und Ergebnisse

2.1 Erreichte Ziele

2.1.1 Kognitive Unterstützung

In Bezug auf die kognitive Assistenz auf der Baustelle halten mehr als 53 Prozent der befragten SHK-Unternehmer den Einsatz von Datenbrillen in den nächsten fünf Jahren für erforderlich. Der bedarfsgerechte Zugriff auf fehlende Informationen über einen zentralen Datenpool und das situative Hinzuziehen eines Experten wurden als hohes Potenzial zur Abfederung des stetig steigenden Fachkräftebedarfes und der Prozessbeschleunigung eingestuft. Ein kognitives Assistenzsystem ermöglicht die schnellere Integration von neuen Arbeitskräften (u.a. Quereinsteiger und ausländische Fachkräfte) und verbessert die Attraktivität des SHK-Berufsbildes.

Beweggrund für die TillerStack GmbH in das Forschungsvorhaben einzusteigen, war die Chance im Sinne eines Proof of Concept (POC) die Experimentierräume für das eigene Meta-Ziel zu nutzen, die Wirtschaftlichkeit einer Portfolioerweiterung des Unternehmens und der Einstieg in den Markt für digitale Lösungen der SHK-Brache für die TillerStack GmbH zu überprüfen. Um das Meta-Ziel zum Forschungsgegenstand „Kognitive Assistenzsysteme“ zu verifizieren, wurden übergeordnete, nicht-technische Leitfragen definiert:

- Wie sieht es mit der IT-Affinität in der SHK-Zielgruppe aus?
- Welche IT-Vorerfahrungen bzw. Grundausstattungen hat die Branche?
- Lassen sich die bisherigen Erfahrungen der TillerStack in vergleichbarem Prozess- und Arbeitsumfeld der Zielgruppe adaptieren?
- Welche besonderen Herausforderungen stellt die Branche? Ist ein Datenbrilleneinsatz vorstellbar und trifft auf Akzeptanz, sowohl auf Seiten der Entscheider-Ebenen als auch bei den Endanwendern?
- Ist ein Marktzugang für ein bisher in der SHK-Brache unbekanntes Unternehmen möglich?

Diese Leitfragen wurden kontinuierlich intern diskutiert und überprüft. Das Ergebnis, im Fokus der Zielerreichung, ist als positiv und mit „machbar“ und „sinnvoll“ zu beantworten. Die Sinnhaftigkeit des Kognitiven Assistenzsystems wurde von der Zielgruppe deutlich bestätigt und als „muss“ und nicht als „ob“ eingestuft.

2.1.2 Physische Unterstützung

Die physische Unterstützung von ArbeitnehmerInnen im SHK-Handwerk wurde an insgesamt elf Exoskeletten (fünf Exoskelette zur Schulterunterstützung, fünf zur Unterstützung des unteren Rückens sowie ein Exoskelett zur Handunterstützung) sowohl im Feld als auch in simulierten Arbeitssituationen getestet. Bislang konzentrieren sich die marktverfügbaren Exoskelette auf die beiden Körperbereiche Schulter und Rücken. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die ArbeitnehmerInnen eine deutliche muskuläre Entlastung über den Einsatz von Exoskeletten in weiten Bereichen ihrer Arbeitseinsätze erfahren.

Die Bedarfsanalyse für die physische Unterstützung von MitarbeiterInnen im SHK-Handwerk bildete die Basis, von der ausgehend alle Informationsprodukte (Seminare, Präsentationen, Workshops etc.) sowie Nutzertests mit Exoskeletten von Seiten der exoIQ GmbH abgeleitet und geplant wurden. Grundlage der Bedarfsanalyse bildeten Videoaufnahmen bei der Fa. Schramm aus dem ersten Projektjahr sowie ergänzende Beobachtungen bei Nutzertests im Projektverlauf.

Inhaltlich betraf dies vor allem die körperlichen Herausforderungen in den Phasen der Badsanierung. Aufgrund der Ableitung von typischen Körperhaltungen und den dabei auftretenden Bewegungsanforderungen in den Phasen der Badsanierung, können die Aussagen der Bedarfsanalyse auch auf andere Arbeitsbereiche übertragen werden, in denen vergleichbare körperliche Konstellationen auftreten.

Bewertet wurden die jeweiligen Konstellationen mit Hilfe der Leitmerkmalmethode und, soweit erforderlich ergänzend, mittels qualitativer ergonomischer Bewertungen durch die Ergonomieexperten der exoIQ. Hierüber wurden die Belastungsmerkmale der Konstellationen bewertet und der Bedarf an Unterstützung definiert.

Die Bedarfsanalyse zeigte körperliche Belastungen mit einem hohen Unterstützungsbedarf bei einer Vielzahl von Konstellationen (Arbeitstätigkeiten) auf, in denen unterschiedlichste Körperregionen, verhältnismäßig großen Belastungen ausgesetzt sind.

Herauszuheben sind vor allem die starken Belastungen des Schultergürtels sowie des unteren Rückens. Auf Basis der Ergebnisse konnte eine Abschätzung der Unterstützungsbedarfe für diese beiden Körperbereiche bei den identifizierten Tätigkeitsbereichen – im Folgenden als Use-Cases bezeichnet – vorgenommen werden.

Die Use-Cases können als eine Form der Blaupause verstanden werden, die exemplarisch für Arbeitstätigkeiten mit definierten, gleichartigen Rahmenbedingungen stehen. So sind beispielsweise bei Hebetätigkeiten von Arbeitsmitteln vom Boden einerseits je nach Arbeitssituation unterschiedliche Rahmenbedingungen zu verzeichnen (Baustelle, Innenräume, Bodenverhältnisse etc.), eine Vergleichbarkeit verschiedener Arbeitsprozesse lässt sich aber bspw. über die Arbeitshöhe herstellen. Aus diesem Grunde wurden stellenweise Arbeitsprozesse aus unterschiedlichsten Phasen der Badsanierung zu einem einzigen Use-Case zusammengefasst, wenn sich aus der Tätigkeit heraus eine gemeinsame Basis ableiten ließ. Im Ergebnis weist hierdurch die Aussagekraft der Bedarfsanalyse auch über die reine Badsanierung hinaus.

Aufbau und Betrieb Labor-Experimentierraum:

Im Projektzeitraum konnte in den Räumen der exoIQ GmbH ein Handwerks-Experimentier-Lab aufgebaut werden. Ziel des Labs war es, die aus den Arbeitsplatzanalysen herausgearbeiteten Use-Cases mit Besuchern (HandwerkerInnen aus dem SHK-Sektor und Fachpersonal aus anderen Bereichen) unter Laborbedingungen so realitätsnah wie möglich abzubilden. Hierzu wurden die Use-Cases im Lab mit Exoskeletten unterschiedlichster Hersteller umgesetzt, um deren Anwendungstauglichkeit für die Praxis zu bewerten.

Aufgrund der räumlichen Limitierungen (zweiter Stock in einer Elektro- und Prototypen-Werkstatt) konnten nicht aus allen Phasen der Badsanierung Szenarien nachgebaut werden. Vor allem der Abriss konnte nicht in den Tätigkeiten im Handwerks-Lab abgebildet werden. Die abgebildeten Szenarien deckten jedoch die Use-Cases so weit wie möglich ab. Hierzu zählten unter anderem:

- Schrauben von Trockenbauplatten an der Wand und an der Decke
- Verspachteln / Verputzen von Trockenbauwänden an der Wand und an der Decke
- Schleifen Trockenbau mit Hilfe eines Langhalsschleifers an der Wand und Decke
- Anbringung von Fliesen an Wänden
- Tapezieren und Streichen an der Wand
- Montage von unterschiedlich schweren Komponenten:
 - Dusch-WC
 - Waschbecken
 - Spiegelschrank
 - Rohrverlegung an Wand und Decke

Im Zuge der erweiterten Anwendungstests wurde zudem in Verbindung mit den Arbeitspaketen der Firma TillerStack eine Duschkabine installiert, die sowohl für Anwendungstests mit dem digitalen Assistenzsystem als auch für die Durchführung von Exoskelett-Tests zur Verfügung stand.

Erwerb und Tests von Exoskeletten:

Für die Durchführung von Anwendungstests mit Exoskeletten konnten im Projektverlauf zahlreiche marktverfügbare Exoskelette beschafft werden.

Die Auswahl an Exoskeletten basierte in erster Linie auf ihrer grundsätzlichen Eignung in der Anwendung innerhalb der aufgenommenen Use-Cases aus der Badsanierung hinsichtlich der Art der Unterstützung, deren Umfang sowie der allgemeinen Funktionalitäten. Ein weiteres Auswahlkriterium war die Wirtschaftlichkeit, da es zwar marktverfügbare Systeme gab, die das Kriterium der Eignung erfüllten, bei Anschaffungskosten jenseits von 20.000 Euro, jedoch den finanziellen Spielraum von SHK-Betrieben zumeist verlassen.

Bei allen Exoskeletten handelte es sich fast ausschließlich um sog. passive Exoskelette, d.h. die Unterstützungskraft wurde über Federmechaniken oder Zugbänder realisiert. Obwohl unabhängig von der zu unterstützenden Körperregion der Markt nach passfähigen Exoskeletten durchforstet wurde, bildete sich hier eine simple zweiteilige Kategorisierung der verfügbaren Exoskelette nach der zu unterstützten Körperregion:

1. Exoskelette für die Unterstützung der Nacken-Schulterregion (Tätigkeiten in und über Schulterhöhe)
2. Exoskelette für die Unterstützung des unteren Rückens (Hebe- und Tragetätigkeiten vom Boden in Hüfthöhe und umgekehrt)

Im speziellen wurden folgende Exoskelette in unterschiedlichsten Szenarien getestet:

Tabelle 1: Getestete Exoskelette im Projekt HWG 4.0

Name	Hersteller	Unterstützte Körperregion	Struktur	Antriebsform
Airframe	Levitate	Nacken-Schulter	rigide	passiv
Paexo Shoulder	Ottobock	Nacken-Schulter	rigide	passiv
Mate	Comau	Nacken-Schulter	rigide	passiv
Skelex 360-XFR	Skelex	Nacken-Schulter	rigide	passiv
Liftsuit 2.0	Auxivo	unterer Rücken	soft	passiv
Apex	HeroWear	unterer Rücken	soft	passiv
BionicBack	HTRIUS	unterer Rücken	soft	passiv
Laevo V2.5	Laevo	unterer Rücken	rigide + soft	passiv
Rakunie	Morita Group	unterer Rücken	soft	passiv
IronHand	Bioservo	Hand	rigide + soft	aktiv

Als Sonderfall kann die IronHand (Bioservo) herangezogen werden, die als einziges aktives Exoskelett eine Unterstützung der Handgriffkraft bietet. Hier zeigte sich schnell, dass es sich, auch vor dem Hintergrund der abgeleiteten Use-Cases aus der Badsanierung, um eine wenig geforderte Unterstützungsleistung handelte. Die IronHand fand innerhalb der Nutzertests daher nur eingeschränkte Verwendung. Regelmäßig herangezogen wurde sie jedoch als Beispiel für die Möglichkeiten aktiver Systeme in der Gesamtvorstellung von Exoskeletten für Besucher, potenzielle Endanwender, Exoskelett-Tester etc.

Feldtests: Feldversuche und Feldtests konnten aufgrund der Corona-Pandemie teils nur eingeschränkt durchgeführt werden. Ein persönlicher Besuch der Betriebe mit Exoskeletten, inklusive Einweisung in die Nutzung der Exoskelette und abschließender Befragung war über weite Teile der Projektlaufzeit nicht durchführbar. Zur Überwindung dieser Hürden wurde von Seiten der exoIQ GmbH ein hybrides Konzept umgesetzt. Nach vorheriger Rücksprache mit den Betrieben wurde eine Anzahl von verfügbaren Exoskeletten aus dem Repertoire der exoIQ GmbH ausgewählt, die sich mit den Anforderungen der Betriebe deckten. Nach eingehenden Vorgesprächen wurde eine passende Anzahl verschiedenster Exoskelette den Betrieben zugeschickt. Eine anschließende Online-Sitzung, gemeinsam mit den Betrieben und ihren Angestellten, sicherte den korrekten Anlegeprozess und die Verwendung der Exoskelette. Anschließend erhielten die Betriebe eine mehrwöchige Testphase mit den Exoskeletten im realen Praxisbetrieb. Gemeinsam mit den Projekt-Evaluatoren von der btu Cottbus-Senftenberg wurden die TeilnehmerInnen anschließend hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit der Exoskelette für die erfolgten Praxisanwendungen, der individuellen Einschätzungen und allgemeiner Hinweise aus den Praxistests befragt. Die Ergebnisse flossen in die jeweiligen weiteren Informationsprodukte der exoIQ ein und wurden von Seiten der btu Cottbus-Senftenberg umfangreich analysiert.

Webinare, Online-Seminare und Fortbildungen: Im Rahmen des Projektverlaufs wurde, vor allem vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie und der hierdurch massiv beschränkten Nutzertests, die Rolle der Öffentlichkeitsarbeit als Möglichkeit der Wissensdissemination stark ausgebaut.

Hierzu wurden, auch und gerade zu den eingeschränktesten Zeiten der Corona-Pandemie, mehrere Online-Live-Seminare zu den Themen „Exoskelette für den SHK-Arbeitseinsatz“, „Exoskelette für die Schulter“ und „Exoskelette zur Unterstützung des unteren Rückens“ durchgeführt.

Im Rahmen der Seminare, die auch über die Facebook-Seiten des Zentralverbands der ZVSHK beworben und zugänglich waren, wurden SHK-Betriebe über die Möglichkeiten des Einsatzes unterschiedlichster Exoskelette bei typischen Arbeitsvorgängen im SHK-Handwerk informiert. Zeitgleich ermöglichten die offenen Chaträume eine Interaktivität zwischen den Präsentatoren der exoIQ GmbH und den zugeschalteten Teilnehmern.

Die Live-Seminare wurden hierbei aufgezeichnet und über die Projektwebsite www.hwg40.de sowie über die Facebook-Seiten des ZVSHK dem interessierten Fachpublikum aus dem SHK-Sektor dauerhaft zugänglich gemacht.

Erreicht wurde hierüber eine Verstärkung der Informationsbereitstellung über den Projektzeitraum hinaus. Obwohl der Markt der Exoskelette für den Arbeitskontext hochdynamisch verläuft und sich die Technologie kontinuierlich weiterentwickelt, besitzen die in den Online-Seminaren getroffenen Aussagen und Informationen eine Gültigkeit, die über die Aktualität der Exoskelette hinausgeht. Dies betrifft vor allem die Hinweise zum Bedarf an Unterstützungstechnologien und worauf bei der Auswahl an Exoskeletten für den SHK-Einsatz zu achten ist. Diese Hinweise behalten ihre Gültigkeit auch vor dem Hintergrund neuer Exoskelett-Generationen und dienen auch in den nächsten Jahren als Basisinformation zum Umgang mit dem Thema Exoskeletten im SHK-Handwerk.

Das Feedback aus den Online-Seminaren spiegelte die – auch aus den, vor und zum Ende der Corona-Pandemie deutschlandweit stattgefundenen Präsenzveranstaltungen (Unternehmertage, Workshops, Präsentationen etc.) gefundenen Erkenntnisse wider, dass sich die Rahmenbedingungen, unter denen sich die Handwerksbetriebe mit körperlich belastenden Arbeitssituationen konfrontiert sehen, von Betrieb zu Betrieb und auch regional stark unterscheiden können. Diese Unterscheidungen beziehen sich sowohl auf die Altersstruktur der Betriebe, den Grad der Ausbildung der Mitarbeiter als auch weitere soziokulturelle Unterschiede.

Es zeigte sich, dass neben der physiologisch-funktionalen Passung der Exoskelette auf die Use-Cases, deren Passfähigkeit in einem realen Anwendungskontext zudem maßgeblich von diesen „weichen“ Faktoren abhängig ist. So spielen diese Faktoren vor allem für eine Akzeptanz des

Produkts im Arbeitseinsatz eine tragende Rolle. Beispielsweise ist das Selbstbildnis der Anwender durch ein körpergetragenes System wie ein Exoskelett deutlich stärker beeinflusst als bei anderen technischen Hilfsmitteln.

Bei den durchgeführten Nutzertests mit den unterschiedlichsten Exoskeletten stellte sich somit heraus, dass es beispielsweise bei gleicher technischer Funktionalität und Passfähigkeit mehrerer Exoskelette, zwischen diesen durchaus großen Differenzen bzgl. der Akzeptanz durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gab. Hierbei spielten neben den erwähnten Funktionalitäten und des anthropometrischen Fittings auch Fragen von Fit und Finish, Auffälligkeitsgrad etc. eine tragende Rolle. Vereinfacht ausgedrückt zeigte sich somit, dass sich in den Tests keine klar überlegenen Exoskelette für den SHK-Bereich herauskristallisierten. Die Diversität der Arbeitskontexte und der MitarbeiterInnen stellt die SHK-Betriebe zukünftig vor die Herausforderung, unterschiedlichste Exoskelette gemeinsam mit ihren Mitarbeitern in den realen Arbeitskontexten zu prüfen und letztlich die MitarbeiterInnen darüber entscheiden zu lassen, welche Exoskelette sich für den jeweiligen Betrieb eignen. Hierbei kann es dann auch zu dem Effekt kommen, dass die Betriebe unterschiedlichste Exoskelette für verschiedene Arbeitssituationen und MitarbeiterInnen verwenden. Dies stellt kein zu überwindendes Problem dar, sondern offenbart die notwendige Passung von MitarbeiterIn – Arbeitskontext – Exoskelett.

Die Leistung des Projekts HWG 4.0 liegt hierbei in der Bereitstellung einer Zuordnung von Arbeitskontexten, ihren physischen Belastungen und der Kategorie von Exoskelett, die sich für diese Kombination als jeweils passfähig präsentiert.

Entwicklung der Exo-Matrix:

Diese Zuordnung wurde von der exolQ GmbH in Form der Exoskelett-Matrix (Exo-Matrix) erstellt, die die oben beschriebenen Informationsprodukte um eine schnell lesbare und übersichtliche Gebrauchsanleitung zur Auswahl der richtigen Exoskelett-Kategorie für typische Anwendungen aus dem SHK-Handwerk ergänzt.

Die Exo-Matrix konnte aus den Ergebnissen der Bedarfsanalysen aus den Use-Cases und den Feldtests mit verschiedensten Exoskeletten abgeleitet werden. Die Exo-Matrix liefert potenziellen Anwendern von Exoskeletten aus dem SHK-Handwerk eine einfache Übersicht dazu, welche Kategorie von Exoskeletten zu den jeweiligen Anwendungen aus der Badsanierung (und darüber hinaus) passen.

Die Zuordnung der Matrix liefert hierzu folgende Hinweise:

1. Die Körperhaltung, in der gearbeitet wird
2. Die Art der körperlichen Tätigkeit
3. Die Bewertung der körperlichen Beanspruchung in den jeweiligen Phasen
4. Die Zuordnung zur Exoskelett-Kategorie

Der Markt an verfügbaren Exoskeletten für das Exoskelett beschränkte sich zum Projektzeitraum, wie oben schon beschrieben, fast ausschließlich auf die beiden Kategorien „Exoskelette für die Schulter- und Nackenunterstützung“ sowie „Exoskelette für die Unterstützung des unteren Rückens“. Daher findet sich in der Matrix nach wie vor die Zuordnungsunterteilung nur nach diesen beiden Kategorien. Eine weitere Unterteilung hinsichtlich passiver und aktiver Systeme war vor dem Hintergrund des Mangels an marktverfügbaren aktiven Exoskeletten zum Projektzeitraum nicht umsetzbar. Aus der Wissenschaft heraus finden sich jedoch bereits jetzt erste Anzeichen, dass in den nächsten Jahren mit Exoskeletten zu rechnen ist, die sich auch anderen Körperbereichen wie den Knien, den Ellenbogen oder der Unterstützung einer Kombination unterschiedlichster Körperbereiche widmen werden. Sobald derartige Systeme vermehrt auf den Markt treten, sollte die Exo-Matrix einer systematischen Aktualisierung unterzogen werden. Für die unmittelbare Zukunft der nächsten drei bis vier Jahre ist jedoch mit einer solch starken Expansion weiterer Kategorien nicht zu rechnen. Eher ist zu erwarten, dass sich zunächst die bestehenden

beiden Kategorien der Schulter- und Rücken-Exoskelette mit weiteren passiven und aktiven Modellen stärker ausdifferenzieren. Dies würde die bestehende kategoriale Zuordnung aus der Exo-Matrix nicht beeinflussen.

Generell kann den allermeisten Systemen eine gute bis sehr gute Unterstützungsleistung beim Support der physisch stark beanspruchten Körperregionen, für die sie entworfen wurden, bescheinigt werden. Somit sind die veranschlagten körperlichen Entlastungen, die von den Herstellern in Aussicht gestellt werden, durchaus realistisch. Die Nutzungsgrenzen der getesteten Exoskelette zeigten sich laut des Feedbacks der Testanwender hingegen vor allem in der Durchführung von Nebentätigkeiten, für die sie nicht in erster Linie entworfen wurden. Schwierigkeiten bei Nebentätigkeiten oder im Gebrauch nannten die Testnutzer vor allem für folgende Bereiche:

- Zugang zu Taschen und Werkzeughaltern an und in der Kleidung
- Führen von Fahrzeugen
- Deaktivierung der Unterstützungsleistung
- An- und Ausziehprozess

Hier zeigte sich sehr deutlich der nach wie vor bestehende Zielkonflikt in der Anwendung von Exoskeletten: der Wunsch nach großer Unterstützungsleistung bei minimaler Komplexität und maximalem Komfort in Verbindung mit einem geringen Anschaffungspreis. Es wird auch zukünftig die Aufgabe der Hersteller sein, mit ihren Systemlösungen den Kunden einen bestmöglichen Kompromiss zwischen diesen sich teils diametral gegenüberstehenden Anforderungen zu unterbreiten.

Implementierungsprozess und Entscheidungshilfen für SHK-Betriebe

Der Einsatz von Exoskeletten kann die Mitarbeiter im SHK-Gewerbe gezielt bei körperlich belastenden Tätigkeiten unterstützen. Die Einführung von Exoskeletten am Arbeitsplatz sollte einem Schema folgen, welches sich an den Anforderungen des Arbeitsplatzes und der individuellen Mitarbeiter orientiert. Die S2k-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. liefert in ihrem Leitlinienpapier einige generelle Handlungsempfehlungen hierzu (Steinhilber et al., 2020), ohne diesen allerdings einen konzeptionellen Überbau beizulegen. Hoffmann et al. (2021) schaffen einen konzeptionellen Rahmen zur Implementierung von Exoskeletten im industriellen Kontext, dessen Grundzüge nach den Erkenntnissen aus dem HWG 4.0 Projekt auch auf den Einführungsprozess von Exoskeletten im Handwerk übertragbar ist.

Nach Hoffmann et al. (2021) lassen sich vier Bereiche definieren, die in der Exoskelett-Nutzung miteinander in Beziehung stehen. Die Merkmale des (1) Arbeitsplatzes (Tätigkeitsprofile, Arbeitsmittel etc.), (2) des Umfeldes (Örtlichkeiten, sozialer Umgang etc.) und der (3) Nutzer (körperliche Konstitution, Vorlieben etc.) treffen hierbei auf Merkmale des (4) Exoskeletts (Unterstützungsbereichs, Unterstützungscharakteristik etc.) die miteinander in Einklang zu bringen sind.

Für einen erfolgreichen Einsatz von Exoskeletten im SHK-Bereich sind fünf aufeinanderfolgende Phasen in einer mitarbeiterorientierten Implementierung vorzunehmen:

Phase 1: Analyse des Unterstützungsbedarfs

Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der SHK-Betriebe sind vielfältigen Anforderungen an ihren Arbeitsplätzen ausgesetzt. Die Betriebe sollten gemeinsam mit ihrer Belegschaft die Tätigkeiten identifizieren, die zu den größten körperlichen Beanspruchungen führen. Aufgrund der unterschiedlichen körperlichen Konstitutionen können dies in verschiedenen Betrieben auch bei vergleichbaren äußeren Rahmenbedingungen unterschiedlich identifizierte Tätigkeiten sein, die den Einsatz einer ergonomischen Unterstützung durch Exoskelette bedürfen. Die entwickelte Exo-Matrix bietet hierzu den SHK-Betrieben eine hilfreiche Einordnung nach körperlichen Haltungspositionen, mit deren Hilfe eine Clusterung von Tätigkeiten vorgenommen werden kann. Zudem wird über die farbliche Codierung direkt erkennbar, welcher potenzielle Beanspruchungsgrad in der jeweiligen Haltungsposition zu erwarten ist. Dies kann mit den Erfahrungen der Belegschaft

verglichen werden, um so eine zusätzliche Sicherheit in der Bewertung des Belastungspotentials der Tätigkeitsprofile zu erlangen. Diese generalisierte Ableitung aus den Ergebnissen des HWG 4.0-Projekts kann in Abhängigkeit der verwendeten Arbeitsmaterialien und verwendeten Werkzeugen in den einzelnen Betrieben natürlich abweichen und andere Bewertungen durch die Betriebe nach sich ziehen.

Phase 2: Eingrenzung der passfähigen Exoskelette

Der erfolgreichen Identifizierung von belastenden Tätigkeitsprofilen in den SHK-Betrieben steht eine Vielzahl von Exoskeletten am Markt gegenüber, bei denen für den Laien nicht klar erkennbar ist, welchen Tätigkeitsprofilen diese zugeordnet werden können. Für die beiden größten Teilbereiche an marktverfügbaren Exoskeletten (Exoskelette für die Schulterunterstützung und Exoskelette für die Unterstützung des unteren Rückens) wurde in der Exo-Matrix ebenfalls eine Zuordnung vorgenommen. Dies liefert den SHK-Betrieben eine maßgebliche Erleichterung in der Orientierung am Markt und erhöht die Chancen aus dem Pool an verfügbaren Exoskeletten eine bedarfsgerechte Lösung zu identifizieren.

Phase 3: Testphasen im Feld

Mit der Auswahl der richtigen Kategorie an Exoskeletten ergibt sich für die Betriebe eine notwendige Testphase im Anwendungsvollzug. Hierzu sollten aus der Kategorie an verfügbaren Exoskeletten mindestens zwei (besser mehr) Modelle gemeinsam mit der Belegschaft ausgesucht werden, um diese durch die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen einem Praxistest zu unterziehen. Die meisten Hersteller bieten eine solche Test- und Ausprobierphase an (teils kostenlos, teils gegen eine Gebühr). Das HWG 4.0 Projekt empfiehlt eine Testphase von mindestens zwei Wochen pro Exoskelett, um die jeweiligen Vor- und Nachteile der zu testenden Modelle in der Anwendung miteinander zu vergleichen. Es bietet sich an, die Modelle im direkten Vergleich zu testen, da sich bei einer getrennten Bewertung leicht Verzerrungen in der Bewertung einschleichen. Wenn dies nicht möglich ist, sollten die wesentlichen Erkenntnisse schriftlich festgehalten werden. Widersprüchliche Ergebnisse aus den subjektiven Berichten der Belegschaft, nach denen verschiedene Mitarbeiter unterschiedliche Exoskelette favorisieren, sollten hierbei nicht verunsichern. Ganz im Gegenteil ist dies ein Zeichen für die Notwendigkeit, dass ein Exoskelett auch immer zum Mitarbeiter oder der Mitarbeiterin passen muss. Im Ergebnis kann es also zu dem Fall kommen, dass in einem Betrieb verschiedene Exoskelette eingesetzt werden, je nach Vorlieben der einzelnen Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Die Feldtests können selbstverständlich mit dem Ergebnis enden, dass keines der getesteten Exoskelette von der Belegschaft akzeptiert wird. In diesem Fall sind andere Modelle in Betracht zu ziehen oder es ist abzuwarten, ob neue Varianten auf den Markt stoßen, die eine Passfähigkeit versprechen.

Phase 4: Gefährdungsbeurteilung

Sobald eines (oder mehrere) Exoskelette in die engere Wahl gezogen wurden und eine Anschaffung überlegt wird, sollte eine (nach den jeweiligen Gegebenheiten umsetzbare) Gefährdungsbeurteilung zur Arbeit mit dem Exoskelett vorgenommen werden. Das Institut für Arbeitsschutz (IFA) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) hat hierzu eine Muster-Gefährdungsbeurteilung bereitgestellt, nach denen sich Betriebe richten können. Ziel ist es, für die jeweiligen Betrieb klar herauszuarbeiten, bei welchen Tätigkeiten und Arbeitskontexten (bspw. im Gebrauch von Gefährdungstoffen oder bei Arbeiten auf erhöhten Ebenen) eine Exoskelett-Nutzung gefahrlos in Betracht kommt und bei welchen spezifischen Tätigkeiten darauf verzichtet werden sollte. Die betriebseigene Gefährdungsbeurteilung sollte, die vom Hersteller der Exoskelette mitgelieferte Gefährdungsbeurteilung und Gebrauchsvorschrift bestmöglich aufgreifen und ergänzen. Dieses Vorgehen sichert allen Beteiligten in den SHK-Betrieben eine Handlungsanweisung für den Gebrauch und schützt die Betriebe und die Mitarbeiter vor Unsicherheiten.

Phase 5: Praxiseinsatz

Die aus den Phasen 1 bis 4 gewonnenen Erkenntnisse sind eine gute Orientierung für die Auswahl des passenden Exoskeletts für den Einsatz im SHK-Bereich. Wie sich jedoch immer wieder zeigt, sind Langzeiterfahrungen im Umgang mit dem jeweiligen Exoskelett für eine abschließende Bewertung unerlässlich. Deswegen sollte auch nach erfolgreicher Implementierung des Exoskeletts mit der Belegschaft in regelmäßigen Abständen (3–6 Monate) eine Nachbefragung nach der Akzeptanz und der Gebrauchstauglichkeit erfolgen. Die aufgetretenen positiven und negativen Aspekte in der täglichen Nutzung der Exoskelette sind zu erfassen und gemeinsam mit der Belegschaft zu bewerten. Einerseits bietet dies die Chance, den Herstellern der Exoskelette eine (notwendige) Rückmeldung für die Verbesserung der Systeme zu liefern (Fremdnutzen) als auch für den Betrieb selbst zu evaluieren, wie weit die Ergebnisse der Exoskelett-Nutzung den ursprünglichen Bedarfen an Erleichterung körperlicher Tätigkeiten gerecht wurden (Eigennutzen). Hierdurch kann der Einsatz entweder als gelungen betrachtet werden (mit dem Ziel diesen weiter zu verfolgen) oder bei einer negativen Bewertung zu klären, ob neue Systeme die bestehenden Probleme lösen können oder gänzlich andere Formen der Reduktionen körperlicher Beanspruchungen hinzugezogen werden (müssen).

2.2 Förderliche und hinderliche Bedingungen

Die Zielerreichung wurde durch die Corona-Pandemie behindert bzw. zeitlich verzögert, da physische Tests von Exoskeletten und Datenbrillen im Handwerk unabdingbar sind. Web-Workshops mit Handwerkern konnten die Zielerreichung nur teilweise unterstützen. Die mehrfachen Lockdowns und umfangreichen Hygiene-Vorkehrungen haben vor allem die zeitliche Verfügbarkeit von Testpersonen aus dem Handwerk dramatisch reduziert.

Das Projektkonsortium hat auf diese Herausforderungen mit unkonventionellen und exemplarischen Konzepten mit online betreuten Testverfahren, Telefonbefragungen und Live-Webinaren reagiert, um trotz der Pandemie nachhaltig verwertbare Erkenntnisse zum Nutzwert im SHK-Handwerk zu generieren. Auch die Integration des Projektbeirats konnte in einer hybriden Form (gleichzeitige Beteiligung vor Ort im Labor als auch durch weitere Personen online) an die Bedingungen der Pandemie angepasst werden. Für künftige Projekte sind die genutzten Erfahrungen in der Methodenvielfalt direkt verwertbar, indem diese hybriden Formen von Nutzertests (vor Ort, online, asynchron etc.) von Beginn an in die Forschungskonzepte übernommen werden sollten.

Als förderliche Bedingungen haben sich die Experimentierräume im Sinne des Pre-Testings als enorm hilfreich erwiesen, praxistaugliche Lösungen effizient in den Markt einzuführen. Diese Herangehensweise werden wir zukünftig auch in anderen Projekten für das Handwerk verfolgen. Der Ansatz des Experimentierens ist auch von Seiten der Projektpartner sehr begrüßenswert und auch als erfolgreich anzusehen. Behinderungen, durch den Experimentierraum-Ansatz, traten nicht auf, eher umgekehrt. Durch diesen Ansatz konnten innovative Lösungen unbürokratisch und unkompliziert experimentell erprobt werden konnten, sowohl mit positivem als auch mit technisch negativem Ergebnis, wobei bei Letzterem dies auch positiv im Erkenntnisgewinn war, da dadurch unnötige Irrwege vermieden werden konnten.

Die Einbindung der Herstellerfirmen der getesteten Exoskelette in das Projekt hätte sicherlich an den Stellen hilfreich sein können, wo Schwierigkeiten im Umgang mit den Exoskeletten (Systemfehler, Komfortmängel etc.) zu Testabbrüchen führten. Dies trat vor allem in Feldtests auf, wenn die Nutzung durch die HandwerkerInnen autark, also ohne direkte Face to Face Betreuung durch die Projektmitarbeiter erfolgte. Demgegenüber waren die Autonomie und Unabhängigkeit der Projektmitarbeiter der getesteten Firmen hilfreich für eine möglichst objektive Bewertung der Systeme in Zusammenarbeit mit den Testpersonen.

Zukünftige Projekte sollten einen Weg formulieren, wie eine Einbindung von Herstellerfirmen mit einer objektiven Analyse und Bewertung in Einklang zu bringen sind.

Durch die Implementierung eines Projektbeirates, der zweimal jährlich tagte, konnte das Projekt immer wieder neu justiert und somit befruchtet werden. Der Beirat setzte sich aus Vertretern der Arbeitnehmer- als auch der Arbeitgeberseite zusammen. Die konkreten Mitglieder sind der Anlage des Berichtes zu entnehmen.

2.2.1 Kognitive Unterstützung

Der Handlungsspielraum für TillerStack im Rahmen der Förderbedingungen ist als zielfördernd zu bewerten. Insbesondere, den Forschungsgegenstand „Kognitive Assistenzsysteme“ als eigenes Experimentierfeld zur Verifizierung eigener Ideen und technischer Lösungsansätze auszugestalten und dabei auch Negativerfahrungen als Positivergebnis zu bewerten, war sehr förderlich. Die Förderbedingungen und die darüber hinaus bereitgestellten Plattformen zur Vernetzung sowie die begleitenden externen Evaluationen wurden als sinnvoll und zielführend empfunden. Die daraus erhaltenen Feedbacks, Anregungen und Angebote sowie begründete Kritik beeinflussten die Realisierung und Zielerreichung positiv und haben Potenziale für die Nachvermarktung aufgezeigt.

Hinderliche Bedingungen aus den Rahmenbedingungen zur Ausgestaltung des Forschungsvorhabens sind nicht aufgetreten.

Die Covid-19-Pandemie und die daraus resultierenden pandemisch bedingten Restriktionen haben den Handlungsspielraum jedoch stark beeinflusst. Im ersten Jahr der Pandemie (2020) mit stark negativen Auswirkungen, konnten bspw. keine Direktkontakte mit der SHK-Zielgruppe stattfinden. Diese sind für ein digitales, Datenbrillen basierendes Assistenzsystem zwingend erforderlich, um die Haptik und Usability mit direkter Interaktion zu ermöglichen. Die zu Beginn negativen, stark eingeschränkten Handlungsmöglichkeiten machten eine kreative, nach Alternativen suchende Lösungsfindung erforderlich. Die daraus resultierenden Umplanungen und Umorganisationen, bspw. verstärkter Einsatz von Videokonferenz-Technik, Entwicklung von „Erklär-Filmen“ waren in der Art und Tiefe nicht geplant und können als positive Anregung im Nachhinein bewertet werden.

Die Erarbeitung einer „Datenbrillen-Matrix“, als grundsätzliche Entscheidungshilfe für die SHK-Zielgruppe ist im Rahmen des Forschungsrahmens nicht umsetzbar gewesen. Die Gründe dazu liegen in der Komplexität und Individualität der SHK-Unternehmensanforderungen und der personenbezogenen Kriterien sowie der Schnelllebigkeit des Herstellermarktes.

2.2.2 Physische Unterstützung

Aus Sicht der exolQ GmbH konnten alle wesentlichen Kernziele des Projekts erreicht werden. Vor allem die entstandenen Informationsprodukte (Online-Seminare, Website, Exo-Matrix) konnten final umgesetzt werden. Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie war es allerdings sehr schwer bis stellenweise unmöglich, die geplante Zahl an Nutzertest sowohl im Experimentierraum als auch in den Feldtests zu implementieren. Vor allem die immer wieder aufgetretenen Phasen der Kontaktbeschränkungen erforderten es, dass geplante Tests oder Besuche stellenweise bis zu viermal neu geplant und terminiert werden mussten. Vor diesem Hintergrund habe viele Betriebe angesichts der angespannten Personaldecke und eigenen Planungsverzögerungen die Termine eigenständig abgesagt oder auf unbestimmte Zeit verschoben. Die exolQ GmbH hat mit den hybriden Formaten diese Ausfälle bestmöglich kompensiert und die Projektergebnisse spiegeln wider, dass hierdurch die Projektziele trotz der Corona-Pandemie erreicht werden konnten.

3. Nachhaltigkeit und Transfer

Es wurden kontinuierlich Veröffentlichungen über die Aktivitäten auf der Projektwebseite hwg40.de umgesetzt, die auf die EXP-Webseite verweist.

Es wurden überzeugende Erklärungsvideos zur Grundidee des Projekts HWG 4.0, zu Bedarfen und Use-Cases sowie zum Einsatz von Exoskeletten und Datenbrillen im Handwerk produziert, die im April 2021 über die Projektwebseite und auf der digitalen Weltleitmesse ISH 2021 veröffentlicht wurden und auch für die INQA-Seiten zur Veröffentlichung angeboten wurden. Diese Videos stellen den aktuellen Projektstatus zusammen und klären über die entsprechenden Technologien auf. Zusammen mit den Werbevideos bilden diese ein ausgearbeitetes Konzept zur kontinuierlichen web-basierten Kommunikation mit der adressierten Zielgruppe.

Die nachhaltige Verankerung im Handwerk erfolgt durch die Integration der erarbeiteten Arbeitsformen in die Gesellen- und Meisterausbildungsverordnung des SHK-Handwerks. Hierzu bestehen weiterführende Kontakte mit dem SHK-Ausbildungszentrum der Innung Berlin sowie mit der Robert-Meyer-Schule in Stuttgart. Weitere Ausbildungszentren in Köln, München und Hamburg werden ebenfalls angesprochen werden.

Zur Kommunikation wird eine nachhaltige Online-Plattform zum Daten- und Informationsaustausch unter www.hwg40.de eingerichtet und regelmäßige Webseminare durchgeführt. Es ist geplant, dass die daraus entstehende Wissensplattform aktualisiert und mit neuem Wissen kontinuierlich angereichert werden soll. Insgesamt soll in Kooperation mit der IG Metall ergänzendes Wissen zum betrieblichen Gesundheitsmanagement aufgebaut werden.

Insbesondere zum INQA-Projekt „DigiGAAB“ wurde der fachliche Austausch intensiviert. U.a. war auch ein Vertreter des bezeichneten Projektes im Projektbeirat Mitglied.

Ferner wurde Kontakt über die Handwerkskammer Hannover zu den „Fachkräftezentren im Handwerk“ aufgenommen und eine Zusammenarbeit anvisiert. Die Intensivierung der Zusammenarbeit mit den INQA-Projekten: LÜÜD, AKKU, Expertise 4.0 und NOAH wurde ebenfalls angestoßen und sie werden weiter intensiviert.

Ein wichtiger Impuls für den Wissenstransfer des Projektes wurde zur Abschlussveranstaltung am 14. Juni 2022 im Futurium in Berlin gesetzt, der unter der Anwesenheit von Staatssekretärin Leonie Gebers (siehe Tweet in der Anlage) durchgeführt wurde. Zu diesem Termin waren Vertreter von der Arbeitnehmer- und Arbeitgeberseite anwesend. Auch Verbände aus anderen Handwerksbereichen und Weiterbildungseinrichtungen sowie diverse SHK-Unternehmer waren zugegen. Unter hwg40.de finden Sie umfassende Berichte und Bilder dazu.

Der Wissenstransfer konnte effizient auf der Weltleitmesse ISH in den Jahren 2019 und 2021 passieren, auf der Experimentierräume für die Handwerker als Fachbesucher geschaffen wurden. Hierfür wurde viel Öffentlichkeitsarbeit in Richtung der Industrie und des Handwerks betrieben.

3.1 Kognitive Unterstützung

Der Transfer der Ergebnisse aus dem Forschungsgegenstand der TillerStack werden der SHK-Branche und anderen Betrieben auch nach Beendigung der Projektlaufzeit ermöglicht:

- Allgemeine Informationen werden über die Webseiten des ZVSHK und der TillerStack angeboten, Downloads für Printversionen werden eingerichtet.
- Vertiefende Informationen und Beratungen sind über benannte Kontakt- und Ansprechpartner in Form von Videokonferenzen erhältlich.

- Handouts zu spezifischen Themenstellungen können auf Nachfrage und über Downloads bezogen werden.
- Demonstratoren zur Erprobung des kognitiven Assistenzsystem, inkl. Datenbrillennutzung, stehen der SHK-Zielgruppe zur Verfügung.
- Spezifische Demo-Pakete für die Eigenerprobung, beispielsweise für SHK-Ausbildungs- und Schulungsbetriebe, können abgeleitet und angeboten werden.
- Die Teilnahme an Veranstaltungen (Messen, Kongresse, SHK- / IHK-Veranstaltungen, ...) zur Präsentation des Forschungsvorhabens wird zugesagt.

Die Nachhaltigkeit ist insofern gegeben, da TillerStack Nachvermarktungspotenziale extrahiert hat und diese kurz- und mittelfristig in den SHK-Markt transferieren will:

- „OSRA – On-Site-Remote Assist“
eigenständige Plattform zum Hinzuziehen eines Experten
- „Unternehmens Assistenzsystem“
einfaches und autarkes digitales Assistenzsystem, auch für kleinere und mittlere SHK-Unternehmen, individuell und unternehmensspezifisch anpassbar

Die Weiterentwicklung wird, über die im Rahmen des Forschungsvorhabens gefestigten Kontakte hinaus, erfolgen.

3.2 Physische Unterstützung

Die Informationsprodukte der exoIQ stehen über die Website www.hwg40.de sowie stellenweise die Facebook-Seite des ZVSHK über den Projektzeitraum hinaus zur Verfügung. Wie schon zuvor beschrieben, sind die Ergebnisse trotz zu erwartender technologischer Neuerungen in den nächsten Jahren weiterhin gültig. Bereits bei Erstellung der Informationsprodukte wurde darauf geachtet, an Stelle produktbezogener Fokussierungen eher die allgemeingültigen Anforderungen, Anwendungshinweise und Auswahlkriterien in den Vordergrund zu stellen. Hiermit konnte sichergestellt werden, dass sich auch bei einer Erweiterung des Markts physischer Unterstützungssysteme wie Exoskelette, die Aussagekraft der Informationsprodukte nur marginal minimiert.

Die Allgemeingültigkeit der Produkte stellt darüber hinaus die Übertragbarkeit der Ergebnisse in andere Anwendungskontexte dar. So erwähnten bspw. im Rahmen der Projekt-Abschlussveranstaltung im Futurium in Berlin Personen aus unterschiedlichsten Wissenschafts- und Lehrkontexten gegenüber den Vertretern der exoIQ, dass sie die Online-Seminare, die eigentlich an ein SHK-Publikum gerichtet waren, aufgrund der guten Nachvollziehbarkeit und Praxisorientierung im Rahmen ihrer Lehrveranstaltungen über Exoskelette und Ergonomie-Maßnahmen verwenden. Aus Sicht der exoIQ zeigt diese Anekdote, dass eine Anschlussfähigkeit der Ergebnisse an weitere Forschungs- und Anwendungsorientierte Kontexte gewährleistet ist, solange die Informationsprodukte wie die Online-Seminare, die gemeinsame Publikation mit der btu Cottbus- Senftenberg und bspw. die Exo-Matrix der allgemeinen Bevölkerung auch über den Projektzeitraum zur Verfügung gestellt werden.

4. Zusammenfassung

4.1 Zusammenfassende Einschätzung des Maßnahme-Verlaufs (Fazit)

Alle Projektpartner bewerten den gesamten Maßnahme-Verlauf als äußerst positiv. Herauszuheben ist die sehr vertrauensvolle und unbürokratische Zusammenarbeit mit allen Projektpartnern. Dies zeigte sich vor allem unter den erschwerten Bedingungen der Corona-Pandemie. Auch mit dem Projekt-Evaluator, der BTU Cottbus-Senftenberg, mit dem wir auch bei Nutzerbefragungen kooperierten und eine gemeinsame wissenschaftliche Publikation herausgeben konnten, setzte bei der kollegialen Zusammenarbeit Maßstäbe.

Das Projektkonsortium besprach sich regelmäßig jeden ersten Freitag im Monat für ca. 1,5 Stunden per Webkonferenz. Dieser kontinuierliche Austausch führte zu einem optimalen Projektverlauf.

Einige Herausforderungen im Projektverlauf entstanden infolge der Corona-Krise. So konnten seit März 2020 und im Jahr 2021 keine physischen Treffen sowie Tests mit Handwerkern durchgeführt werden. Die Arbeitspakete 4 bis 7 konnten deshalb nicht ausreichend bearbeitet werden, wodurch sich eine zeitliche Verlängerung der Labor- und Baustellenphase bis 30.06.22 ergab.

Folgende drei Kernaussagen lassen sich aus den Erfahrungen des Maßnahmenverlaufs tätigen:

- Nur in enger kontinuierlicher Abstimmung mit dem gesamten Projektkonsortium ist man erfolgreich!
- Ausgehend von dem Nutzer, in unserem Fall dem Handwerker, konnten wir ein praxistaugliches Anforderungsprofil sowie Use-Cases entwickeln.
- Digitale Medien, die aufgrund der Pandemie in den Fokus rückten, konnten wertstiftend zu den geschaffenen Experimentierräumen beitragen. Die physischen Tests sind jedoch unabdingbar, denn die physischen Selbsterfahrungen sind alternativlos.

Von Seiten unserer Partner wurden folgende Erfahrungen aus dem Projektverlauf wiedergegeben:

- Offene, ehrliche und transparente Kommunikation schafft Vertrauen, dies ist im Vorhaben gelungen.
- Planungen und deren permanente Umplanungen helfen auch bei nicht beeinflussbaren Rahmenbedingungen, bspw. Covid-19- und Halbleitermangelbedingten Lieferschwierigkeiten von Resellern.
- Die Variabilität individueller emotionaler Zugänge und (physischer) Anforderungen an physische Unterstützungssysteme ist selbst innerhalb gleicher Branchen immens. Daher können keine vereinfachten Aussagen getroffen werden, à la: „dieses oder jenes Exoskelett ist für eine Tätigkeit optimal geeignet oder ungeeignet!“ Zudem sind Exoskelette bislang besonders für die Unterstützung bei spezifischen Arbeitsaufgaben (Tätigkeiten in Schulter- oder über Kopfhöhe, Hebe- und Tragetätigkeiten etc.) ausgelegt. Dies erschwert die generelle Passfähigkeit für heterogene Anforderungsprofile von Seiten der Handwerksbetriebe. Die Ansprache an die Endanwender als auch die Auswahl unterschiedlichster Systeme müssen dementsprechend divers gestaltet sein, um den unterschiedlichen Perspektiven auf Exoskelette gerecht zu werden.
- Experimentierräume sind sowohl wichtige Bausteine in der Analyse von Exoskeletten als auch Begegnungsstätten für einen Großteil der möglichen EndanwenderInnen, in denen Erfahrungen und Zugänge mit der Technologie ermöglicht werden. Sie ersetzen aber nicht

die Tests im Feld, da die Kontextfaktoren (Zeitdruck, räumliche Einschränkungen, Transport von Materialien etc.) den praktischen Nutzen spezifischer Exoskelette im selben Maße determinieren wie die reine Arbeitshandlung (Bewegung, Werkzeuggebrauch etc.).

- Für eine hinreichende Akzeptanz eines Exoskeletts muss dessen Entlastungspotential unmittelbar erfahrbar sein. Beim Endanwender erfolgt die ergonomische Beurteilung nicht nach Stunden des Tragens, bspw. nach einem Arbeitstag, sondern nach wenigen Minuten. Mitursächlich für diese Erwartungshaltung ist sicherlich das geringe Vorwissen der Endanwender bzgl. der optimalen ergonomischen Wirkungsentfaltung industrieller Exoskelette, die sich eher im mehrstündigen Verlauf kraftunterstützter Arbeitsprozesse entfaltet und weniger auf unmittelbare und stark ausgeprägte Kraftersparnisse ausgelegt ist.
- Ungeachtet dessen hat diese Beobachtung wesentliche Konsequenzen für Implementationsstrategien und das Marketing von Exoskeletten und konsequenterweise auch auf die Systemdesigns (Unterstützungskraft etc.).

4.2 Ausblick (u.a. Aufbau Forschungsnetzwerk)

Die geschaffenen Use-Cases aus den Experimentierräumen werden nach Projektende in jedem Fall weitergeführt und auf andere Tätigkeiten im SHK-Handwerk, wie beispielsweise auf die Reparatur und Wartung von komplexen Heizungsanlagen, ausgeweitet.

Ferner sehen wir ein großes Potential, nach einem notwendigen Weiterentwicklungsschritt, die getesteten Technologien in den Markt einzuführen. Aus den Erkenntnissen werden weiterhin Seminare und Beratungsleistungen für das Handwerk über die SHK-Landesverbände und Innungen angeboten werden.

Von Seiten der Partner werden folgende Hinweise gegeben:

- Verallgemeinernd auf andere, vergleichbare Projekte zur Gestaltung und Analyse technischer Systeme im Handwerk ist sicherlich die Erkenntnis, dass sich Technologie im Rahmen der bestehenden Erwartungshaltung profilieren muss. Das heißt, dass sich vor allem innovative Technologien mit höherem Erklärungsbedarf, wenn sie bspw. allein aufgrund des Umstandes, dass es sich nicht um eine geradlinige Weiterentwicklung bestehender Technologien handelt, größeren Widerständen hinsichtlich ihrer Akzeptanz ausgesetzt ist. Damit sind aber auch Barrieren in der Akzeptanz anders zu bewerten als dies bei Produkten aus bereits bekannten Kategorien, der Fall ist.
- Im Verlaufe des Projekts wurden von Seiten der exoIQ GmbH zahlreiche unterschiedliche Formate der Nutzertestung entworfen und umgesetzt (Gruppentests, Einzeltests, Firmeninterne Tests, Labor- und Feldtests, online angeleitete Tests, Live-Webinare etc.). Der eigens hergerichtete Experimentierraum hat sich hierbei als ideale Bühne erwiesen, in der mit Endanwendern unterschiedlichste Praxisszenarien umgesetzt und erprobt werden konnten. Dieser eignete sich darüber hinaus als perfekte Studioumgebung, aus der heraus sowohl online angeleitete Tests in Firmen als auch die Live-Webinar-Reihe produziert werden konnten. Die positiven Erfahrungen mit dem Experimentierraum werdend über das Projekt hinaus in weitere Projekte überführt.
- Die fortwährende Begleitung von Personen in der Ersterkundung von Exoskeletten und in mehrtägigen Testphasen hat die Vermittlungsmethoden-Kompetenz einerseits als auch das Wissen über die notwendigen Ansprachen an die Handwerkerklientel in der exoIQ befördert. Dieses Wissen wird über das Projektende hinaus die Arbeit am Thema Exoskelette für das Handwerk nachhaltig positiv befördern.

- Der methodische Ansatz „Video-Konferenzen“ / „Webinare“ zur Vorbereitung und Durchführungen der Evaluation durch SHK-Unternehmen, wird weiterverfolgt. Hierbei nicht nur für Marketing-Aktionen sondern und insbesondere für die Einführung und Betreuung einer kognitiven Assistenzlösung.
- Der ZVSHK wird zukünftig ein SHK-Innovationscluster zu potenziellen Themen der Zukunft für das SHK-Handwerk aufbauen und sich mit diversen Forschungseinrichtungen in Deutschland vernetzen. So wurden bereits Projektdesigns mit potenziellen Fraunhofer-Instituten und Universitäten entwickelt.

INNOVATION ROADMAP SHK



4.3 Empfehlungen für weitere INQA-Projektförderungen

Ausgehend von den Ergebnissen aus den Analysen mit den Testnutzern ergeben sich für die Zukunft für den Bereich von physischen Unterstützungssystemen bei SHK-Anwendern ein verstärkter Bedarf an objektiven Messdaten, die die subjektiv gefühlte Unterstützung in der Verwendung validieren und verifizieren. Hierzu sollte zwischen Unternehmen aus dem Handwerk und Forschungseinrichtungen ein gemeinsames Projekt initiiert werden. Auf Basis der aus dem Projekt HWG 4.0 abgeleiteten Use-Cases könnten innerhalb des Projekts bspw. Labortests mit realen Praxistests mittels biomechanischer Kennzahlen zur Kinematik, Muskelaktivität, Beanspruchungserfassungen etc. miteinander verglichen und in Beziehung gesetzt werden.

Ergebnisse aus diesen Tests können helfen, die Exo-Matrix um wichtige Kennzahlen hinsichtlich der zu erwartenden Unterstützungsleistung für einzelne Modelle, und in der Gesamtübersicht pro Kategorie zu liefern. Ergänzt mit weiteren qualitativen Befragungen kann eine solche Erhebung die Entscheidung der Betriebe, welche Exoskelette sie sich genauer anschauen sollten, deutlich verbessern, zumal davon auszugehen ist, dass weitere Exoskelett-Modelle in den nächsten Jahren auf den Markt drängen werden, was eine Orientierung für die Endanwender nicht unbedingt vereinfachen wird. Die exoIQ könnte für eine solche Konzeptionierung mit den Erfahrungen aus dem Projekt Handwerkgeselle 4.0 zukünftig beratend unterstützen.

Es wird eine Langzeitstudie zur Nutzung von Exoskeletten im SHK-Handwerk für den Erhalt der Gesundheit der Fachkräfte vorgeschlagen.

Der direkte Mehrwert des kognitiven Assistenzsystems hängt stark vom Einsatzzweck ab. Je komplexer das Produkt und die Qualitätserfordernisse der Arbeit, desto größer ist der Nutzen des kognitiven Assistenzsystems. Dies gilt auch für die Prozesse bei der Badsanierung. Der effektive Nutzen im Produktbereich „Heizung“ und „Klima“ ist jedoch deutlich höher als im Sanitärbereich. Deshalb wird die Weiterentwicklung der kognitiven Assistenz auf der Baustelle für den Tätigkeitsbereich „Heizungssanierung empfohlen“, da hier die Produkte eine höhere Komplexität aufweisen und mehr Potential für die Arbeitnehmerseite besteht.

Kontaktinformationen des Projektkonsortiums:

Projektkoordination:

Zentralverband Sanitär Heizung Klima
Matthias Thiel
Budapester Str. 31 | 10787 Berlin
Tel.: +49 30 200 8926 04
E-Mail: m.thiel@zvshk.de

Handwerkspraxis:

Hans Schramm GmbH
Kilian Schramm
Häberlstr. 20 | 80337 München
Tel.: +49 89 588 040 100
E-Mail: kilian.schramm@schramm.de

Fachkompetenz „Exoskelette“:

exoIQ GmbH
Dr. Andreas Argubi-Wollesen
Jaffestr. 12 | 21109 Hamburg
Tel.: +49 40 23936 9905
E-Mail: andreas.argubi-wollesen@exoiq.com

Evaluation:

Brandenburgische Technische
Universität (BTU) Cottbus - Senftenberg
Fachgebiet Arbeitswissenschaft/
Arbeitspsychologie
Dr. Roberto Kockrow und Rico Ganßauge
Siemens-Halske-Ring 14 | 03046 Cottbus
Telefon: +49 0355 69 4879
E-Mail: kockrow@b-tu.de und
ganssaue@b-tu.de

Fachkompetenz „Datenbrillen“:

TillerStack GmbH
Carmen Jesorsky
Germaniastr. 18-20 | 12099 Berlin
Tel.: +49 30 221 840 890
E-Mail: carmen.jesorsky@tillerstack.com

Projektpartner:



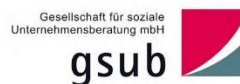
Gefördert durch:



Im Rahmen der Initiative:



Fachlich begleitet durch:



Evaluation:

