

Bericht Arbeitspaket 1.1:

Grundlagen zur Entwicklung eines mediendidaktischen Angebotes für Gewerke übergreifende Schlüsselthemen im Handwerk

Autorinnen:

Lea Renz, Institut für Technik der Betriebsführung im Deutschen Handwerksinstitut e.V. (DHI)

Edith Chassein, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH (IREES)

Lena Schöneberger, Zentrum für Mediales Lernen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Datum: 29.10.2018

DiKraft ist ein Verbundprojekt von:



Inhaltsverzeichnis

1	Problemaufriss	1
2	Energetische Gebäudesanierung	3
2.1	Potenzial der energetischen Gebäudesanierung	3
2.2	Herausforderungen der energetischen Gebäudesanierung	6
2.3	Welche Komponenten, Nahtstellen und Abhängigkeiten sind bei der energetischen Gebäudesanierung zu beachten?	7
2.4	Welche Gewerke sind mit welchen Leistungen an der energetischen Gebäudesanierung beteiligt?	10
2.5	Welche Rolle spielen erneuerbare Energien bei der energetischen Gebäudesanierung?	3
3	Digitalisierung im Handwerk	5
3.1	Wo begegnet Handwerk Digitalisierung, insbesondere im Bereich energetische Gebäudesanierung und welche Chancen bieten sich?.....	6
3.2	Welche Herausforderungen bringt die Digitalisierung im Handwerk und in Bezug auf die energetische Gebäudesanierung mit sich?.....	8
3.3	Wie hoch ist der Digitalisierungsgrad im Handwerk und welche Entwicklungen sind abzusehen?	11
4	E-Learning.....	13
4.1	Grundsätzliches	13
4.2	Lernen anhand von Nahtstellen in einem virtuellen Haus	14
4.2.1	BUILD UP Skills: Gewerke übergreifende Weiterbildung	14
4.2.2	DaviD: „Das virtuelle Digitalgebäude“	15
4.3	Lernen mit Online-Communities	16
4.3.1	Projekt „E-Learning im Handwerk 2.0“.....	16
4.3.2	Ressourcenbasiertes Lernen am Beispiel der Online-Plattform CROKODIL ...	17
4.4	Dokumentation von Arbeitsprozessen am Beispiel der App „Verputzen von Wänden“	18
4.5	Produktion von Erklärfilmen als Lernkonzept für Berufsschulen (Projekt „kfz4me“ des Hönne Berufskollegs in Menden)	19
4.6	Augmented Reality in E-Learning-Projekten.....	20
4.7	Zusammenfassung.....	22
5	Implikationen für das Projekt	24
6	Glossar.....	27
7	Abkürzungsverzeichnis	29
8	Literaturverzeichnis	31

Gender-Erklärung

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit haben wir auf eine geschlechtsneutrale Differenzierung, z.B. Handwerker / Handwerkerin, verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen schließen jeweils ausdrücklich die weiteren Geschlechtsoptionen ein und beinhalten keine Wertung.

1 Problemaufriss

Die Umsetzung der Energiewende findet in unterschiedlichen Bereichen und Sektoren statt. Der Gebäudebereich bietet dabei große Potenziale für den Klimaschutz: Rund 35 Prozent der gesamten Endenergie wird in den eigenen vier Wänden verbraucht, vor allem für Heizung und Warmwasser (BMW i 2014). Zudem ist der Gebäudebereich für 40 Prozent der deutschen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die Bundesregierung hat deshalb mit der Effizienzstrategie Gebäude eine Gesamtstrategie entworfen, die einen klaren Handlungsrahmen für die Energiewende im Gebäudebereich vorgibt. Die Effizienzstrategie Gebäude hat zum Ziel, bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu realisieren (BMW i 2014). Dieses Ziel soll durch eine Steigerung der Energieeffizienz sowie durch die Integration von erneuerbaren Energieträgern erreicht werden. Die Karlsruher Klimaschutzstrategie basiert auf zwei wesentlichen Konzepten: dem im Jahr 2009 beschlossenen Klimaschutzkonzept, welches die sogenannten „2-2-2-Ziele“ beinhaltet sowie einer Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität bis zum Jahr 2050¹. Mit den „2-2-2-Zielen“ strebt die Stadt Karlsruhe bis zum Jahr 2020 eine jährliche Minderung von rund 2 Prozent beim Endenergieverbrauch (insgesamt 23 Prozent) und bei den CO₂-Emissionen (insgesamt 27 Prozent) sowie eine Verdoppelung des Anteils Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch an. Basisjahr für diese Ziele ist 2007 (Stadt Karlsruhe - Umwelt- und Arbeitsschutz 2009). Die Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität von Karlsruhe bis zum Jahr 2050 kommt zu dem Ergebnis, dass dieses Ziel erreichbar ist, allerdings nur unter günstigen äußeren Rahmenbedingungen und bei erheblichen weiteren Anstrengungen. (Vogele et al. 2011).

Die energetische Gebäudesanierung, die sowohl Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz als auch die Integration von erneuerbaren Energien umfasst, spielt eine große Rolle für die Zielerreichung. Gleichzeitig fallen jedoch im Bereich der energetischen Gebäudesanierung immer mehr Herausforderungen und komplexe Aufgaben an, die es zu bewältigen gilt. Gewerke übergreifende Themen und Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Thema „energieeffizientes Planen, Bauen und Wohnen“, Smart Home, Smart Grid, Smart Services und Handwerk 4.0 werden immer wichtiger. Mit „SmartHome“ und „SmartGrid“ werden die Sektoren der lokalen Energienutzung und Energieerzeugung künftig stärker untereinander und mit dem Thema Mobilität vernetzt. Die dezentrale Energieerzeugung stellt höhere Anforderungen an die Installationstechnik und erfordert eine Kopplung mit Speichersystemen, z. B. mit stationären Batteriesystemen oder dem Elektroauto. Eine fachgerechte Planung und Ausführung durch Erkennung und Anwendung von exakten und individuell geeigneten Lösungsmöglichkeiten erfordert Systemdenken. Durch Energiedaten-Managementsysteme und die digitale Vernetzung von Prozessen und Unternehmen verändern sich Installationsvorgänge und stellen zudem elementar wichtige Anforderungen an die Versorgungs- und Datensicherheit der Systeme.

Diese bereits heute in Pilotprojekten untersuchten Entwicklungen setzen einen hohen Kenntnisstand aller an der Planung und Ausführung Beteiligten voraus. In Bauvorhaben arbeiten die beteiligten Gewerke oftmals parallel am selben Ort. Der Baufortschritt des einen Gewerks ist auf die Arbeit des anderen Gewerks angewiesen. Bei diesen Gewerke-übergreifenden Nahtstellen entstehen durch die gemeinsame Bearbeitung oftmals Probleme, die den Baufortschritt verzögern und die Qualität beeinträchtigen können. Um eventuell auftretende Nahtstellenprobleme zu minimieren und für einen reibungslosen Ablauf des Bauprojekts gerade an diesen neuralgischen Punkten zu sorgen, ist

Nahtstelle

Situationen auf der Baustelle, bei denen mindestens zwei Gewerke aufeinandertreffen (häufig auch als „Schnittstelle“ bezeichnet).

¹ Unter Klimaneutralität wird eine Verminderung der jährlichen CO₂-Emissionen von heute rund 10 Tonnen pro Kopf und Jahr auf unter 2 Tonnen verstanden (Vogele et al. 2011).

Digitales branchenübergreifendes Dienstleistungs- und Weiterbildungs-Netzwerk „fokus.energie“ für die Fachkraft von Morgen – DiKraft

es notwendig, die Prozesse, die an diesen Nahtstellen ablaufen, zu definieren. Diese Gewerke übergreifende Bearbeitung erfordert spezielle, auf die Prozesse abgestimmte Qualifikationsangebote.

Die Fachverbände (FV) des Handwerks (z. B. FV SHK Baden-Württemberg) sowie die Sanitär-Heizung-Klima (SHK) Fachschulen und auch die Handwerkskammern bieten zahlreiche Weiterbildungen zu dem Themenkomplex „Energie- /Wärmewende/energieeffizientes Bauen und Wohnen“ an. Diese beziehen sich allerdings meist auf konkrete Technologien (z. B. Erdwärmepumpen, BHKW) und umfassen häufig 1-2 Tage Präsenzs Schulung. Die ausdrückliche Vermittlung Gewerke übergreifender Dienstleistungskompetenz wird in den Weiterbildungen und Beratungsangeboten nicht explizit genannt. Hier setzt das Projekt DiKraft an. Die Kompetenzen an diesen Nahtstellen werden systematisch unterstützt, indem Weiterbildungstools ergänzend zu den spezifischen Angeboten der Kammern und bestehenden Branchennetzwerken entwickelt und in einer Kombination aus Präsenzveranstaltungen und digitalen Formaten angeboten werden.

2 Energetische Gebäudesanierung

Viele Argumente und Gründe sprechen heute für eine energetische Gebäudesanierung: Neben der Steigerung der Energieeffizienz sowie der Einsparung von Heiz- und Stromkosten, ist für viele Hauseigentümer heutzutage die Steigerung des Wohnkomforts sowie der Wohn- gesundheit der entscheidende Auslöser für eine energetische Gebäudesanierung (KEA 2017; dena et al. 2017). Zu beachten sind außerdem rechtliche Regelungen, welche Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung zwingend erforderlich machen können. Ein Beispiel hierfür, ist das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG), welches Eigentümer zur anteiligen Nutzung von erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergie- bedarfs verpflichtet.

Weitere Anreize für Hausbesitzer stellen die zahlreichen Förderungsmöglichkeiten dar. So unterstützen der Bund, die Länder, viele Kommunen und Energieversorger durch verschiedene Fördermittel, Finanzierungszuschüsse, Zinsdarlehen oder Steuervergünstigungen das Sanierungsvorhaben (KEA 2017). Dabei gilt meist die Regel: je höher der CO₂-Einspareffekt, desto höher die Förderung.

2.1 Potenzial der energetischen Gebäudesanierung

In der Studie „Untersuchung konzeptioneller Ansätze und Projekte im Handwerk für eine nachhaltige Entwicklung“ (Fehrenbach 1999), wird bereits auf die große Bedeutung des Handwerks für den Klimaschutz und die Ressourceneinsparung hingewiesen. Dabei hebt Fehrenbach besonders die handwerklichen Bereiche ökologisches Bauen und energetische Gebäudesanierung hervor. In ihrer Studie kommt Fehrenbach zu dem Ergebnis, dass allein im Haushaltsbereich durch energetische Sanierungsmaßnahmen wie bspw. durch eine technische Optimierung der Raumheizung und Warmwasserbereitung 70 Prozent der Energie gespart und somit erhebliche CO₂-Einsparungen erzielt werden können. Ausschlaggebend dabei sei die Anwendung der neuesten Technik und einer zentralen Steuerung. Durch die Markt- und Kundennähe sowie die fachliche Ausbildung sei das Handwerk bestens dazu geeignet, diese neuen Technologien zu nutzen und zu verbreiten.

Auch Runst und Ohlendorf (2015) betonen in Ihrer Studie die Bedeutung der Sanierung des Altbaubestands als zentrales Energieeinsparpotenzial für die Zielerreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands. Die Studie untersucht den Zustand des vorhandenen Gebäudebestands in den Bereichen Dämmung, Heizungsmodernisierung und Fenster und kommt dabei zu enormen Einsparpotenzialen. Im Bereich Dämmung bestehen die größten Einsparpotenziale beim Fußboden sowie der Außenwand. So fehlt bei nahezu zwei Dritteln aller Wohngebäude eine Dämmung des Fußbodens bzw. der Kellerdecke und nur ca. 41 Prozent aller Wohngebäude verfügen bereits über eine Außenwanddämmung. Im Bereich der Heizungssysteme fällt auf, dass Fernwärme und erneuerbare Energieträger mit zusammen ca. 17 Prozent derzeit noch einen geringen Stellenwert bei der Wärmeerzeugung innehaben. Dies hebt das CO₂-Einsparpotenzial einer Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger für die Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands hervor. Im Bereich Fenster kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass nur ca. 56 Prozent aller Gebäude mit Fenstern ausgestattet sind, die mindestens eine Zweischeibenverglasung aufweisen. Auch dieser Bereich zeigt somit Modernisierungsbedarf an. Tabelle 1 fasst den Modernisierungsbedarf des Gebäudebestands zusammen.

		Anteil aller Wohngebäude
Dämmung	Dämmung Außenwand	42%
	Dämmung Dach/ Obere Geschossdecke	76%
	Fußboden/Kellerdecke	37%
Heizungssysteme	Kohle	1%
	Strom	4%
	Öl	28%
	Gas	49%
	Fernwärme	13%
	Erneuerbare Energien	4%
Baujahr Fenster	Jünger als 1995	56%
	Älter als 1994	44%

Tabelle 1: Anteil an Gebäuden mit Dämmung, Heizungssystemen und Fenstern. Quelle: Runst und Ohlendorf 2015.

Bei der Betrachtung dieser Zahlen ist jedoch zu beachten, dass im Gebäudebestand gegebenenfalls bauliche Restriktionen, bspw. aus Denkmalschutzgründen, zu berücksichtigen sind. Somit kann das Energieeinsparpotenzial nicht immer in vollem Ausmaß ausgeschöpft werden. Die Studie weist außerdem auf den interessanten Effekt eines veränderten Heizverhaltens von Bewohnern, welche in sanierten Gebäuden wohnen, hin. So ergab eine Berechnung der CO₂-Einsparung einer Anzahl von tatsächlich durchgeführten Gebäudesanierungen eine Einsparung von 25 Prozent, wohingegen die theoretischen Vorberechnungen von einer Ersparnis von 33 Prozent ausgingen. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass der Unterschied von 8 Prozent auf ein verändertes und weniger sparsames Heizverhalten der Bewohner zurückzuführen sei. Dieses Verhalten ist auch unter dem Namen „Rebound Effekt“ bekannt. Der Rebound-Effekt lässt sich allgemein als ein Effekt der Mengenausweitung, induziert durch jegliche Ressourceneffizienzsteigerung, begreifen (Haan et al. 2015).

Die Studie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zum Sanierungsbedarf im Gebäudebestand (BMW 2014) fasst zusammen, dass ca. 20 Millionen Wohnungen in den nächsten 20 Jahren in Deutschland zur Sanierung anstehen. Momentan liegt die jährliche energetische Gebäudesanierungsrate bei ca. ein Prozent. Diese müsste verdoppelt werden, um einen klimaneutralen Gebäudebestand bis 2050 zu realisieren (Runst und Ohlendorf 2015). Nur durch eine Kombination unterschiedlicher Maßnahmen ist dieses Ziel zu erreichen. Dazu gehören die Senkung des Energieverbrauchs, Effizienzsteigerungen bei der Gebäudehülle und Gebäudetechnik sowie der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energieträgern bei der Energieversorgung. Daraus ergibt sich ein möglicher Zielkorridor aus Energieeinsparung und der Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien. Beispielsweise läge bei einer Minderung des Endenergieverbrauchs um 50 Prozent der benötigte Anteil erneuerbarer Energien in 2050 bei rund 60 Prozent. Erhöht man den Anteil erneuerbarer Energien im Zieljahr auf 67 Prozent, wäre man weniger auf Energieeinsparung angewiesen (-40 Prozent). Bei einer Minderung des Energieverbrauchs um 60 Prozent würde es ausreichen, den Anteil erneuerbarer Energien auf rund 50 Prozent zu steigern (BMW 2014). Diese Szenarien beruhen auf verschiedenen Annahmen und Rahmenbedingungen zur zukünftigen Entwicklung bis 2050 und sind daher wie jede Prognose mit Unsicherheiten behaftet. Deutlich wird allerdings auch in dieser Studie die tragende Rolle der Energieeinsparung sowie der erneuerbaren Energien für die Zielerreichung eines klimaneutralen Gebäudebestands. Dies hebt wiederum die Bedeutung der energetischen Gebäudesanierung hervor, welche sowohl Energieeinsparmaßnahmen als auch den vermehrten Einsatz und die Integration von erneuerbaren Energien wie bspw. Photovoltaik umfasst. Für die Zielerreichung ist somit eine umfassende energetische Gebäudesanierung unerlässlich.

Auch die Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität im Stadtkreis Karlsruhe „Klimaneutrales Karlsruhe“ aus dem Jahr 2011 kommt zu dem Ergebnis das im Bereich der Räumwärme von privaten Haushalten ein enormes Energieeinsparpotenzial gegeben ist. Da die Emissionen privater Haushalte rund ein Fünftel der Gesamtemissionen in Karlsruhe ausmachen, birgt dieser Bereich ebenfalls ein hohes Emissionsminderungspotenzial. Die Studie betont die Bedeutung der beiden Bereiche Energieeffizienz der Gebäudehülle und Anlagentechnik für die Reduktion des Wärmebedarfs in privaten Haushalten und die damit verbundenen Emissionen. Der Wärmebedarf kann durch eine Verbesserung der Wärmedämmqualität sowie durch eine Effizienzsteigerung in der Anlagentechnik vermindert werden. Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes hat den größten Beitrag zur Reduktion des Energiebedarfs in diesem Bereich, noch vor der Sanierung der Anlagentechnik. Um das Zwei-Tonnen-Ziel bis 2050 zu erreichen und den aktuellen Gesamt-Nutzwärmebedarfs um bis 65% zu reduzieren, ist neben einem Sanierungszyklus der Anlagentechnik von 20 Jahren (derzeit liegt er bei ca. 30 Jahren) eine jährliche energetische Sanierungsquote von mindestens 2% ab 2012 notwendig (Vogeley et al. 2011).

Festzustellen ist, dass die verschiedenen Bauelemente des derzeitigen Gebäudebestands in Karlsruhe sehr unterschiedliche Sanierungsraten aufweisen. Diesen Sachverhalt verdeutlicht folgende Tabelle:

Bauelement	Anteil der Altbauten (Baujahr vor 1990) mit energetischer Sanierung des entsprechenden Gebäudeelements seit 1990 im Jahr 2010
Fenster	41%
Dach/ Oberste Geschossdecke	30%
Außenwand	11%
Bodenplatte/Decke zu unbeheizten Räumen	8%

Tabelle 2: Umsetzungsrate der energetischen Sanierung bis 2009 bei Bestandsbauten in Karlsruhe. Quelle: Vogeley et al. 2011.

Vogeley und Kollegen weisen in ihrer Studie darauf hin, dass insbesondere durch die energetische Sanierung der Außenwände die möglichen Einsparungen sehr groß sind. So betragen diese etwa 45% der möglichen Gesamteinsparungen, da diese Elemente gewöhnlich den Großteil der Gebäudehüllfläche einnehmen. Die Sanierung der Fenster, die etwa 5 % der Gebäudehülle ausmachen, tragen trotz ihrer geringen Fläche etwa 23 % Energieeinsparung bei. Die Dämmung der Dachfläche und obersten Geschossdecke weist ähnliches Einsparpotenzial auf.

Die Reduktion der, durch elektrische Energie bedingten CO₂-Emissionen kann über zwei Maßnahmen erreicht werden: durch die Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energieträger (z.B. durch eine PV-Anlage) sowie durch die Effizienzsteigerung der elektrischen Geräte. Auch diese Studie verdeutlicht die enorme Bedeutung der energetischen Gebäudesanierung, welche alle oben genannten Einsparpotenziale erschließen kann, für die Erreichung der Klimaneutralität.

Das Handwerk kann mit der energetischen Gebäudesanierung nicht nur einen enormen Beitrag für den Klimaschutz leisten sondern auch Einnahmen generieren und Gewinne erzielen. Der Bereich der energetischen Gebäudesanierung bietet Handwerksunternehmen zudem die Möglichkeit zur Etablierung neuer bzw. zusätzlicher Geschäftsfelder in Ihr Angebotsspektrum. Durch eine Steigerung der Fachkompetenz können verstärkt Beratungs- und Serviceleistungen angeboten werden. Leistungen im Bereich Smart Home, die eine Integration und Anwendung von Technologien und Diensten zur Erhöhung der Energieeinsparung, des Wohn-

komforts und der Sicherheit ermöglichen, können das Angebotsspektrum von Handwerksbetrieben erweitern. Gerade Kompetenzen und der Einsatz von Technologien im Bereich Smart Home werden immer wichtiger und in Zukunft unverzichtbar sein. Weiterhin können Handwerksbetriebe von neuen Geschäftsmodellen wie Contracting für die energetische Sanierung und den Einsatz von erneuerbaren Energien profitieren (Ester et al. 2016). Contracting-Angebote für Anlagentechnik, für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien und Elemente der Gebäudehülle können die Kosten verlagern und so außerdem die Bereitschaft zur energetischen Gebäudesanierung der Eigentümer erhöhen (Vogelely et al. 2011).

2.2 Herausforderungen der energetischen Gebäudesanierung

In der Literatur wird durchgängig auf die Bedeutung und Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung bei der Planung einer energetischen Gebäudesanierung hingewiesen (dena et al. 2017; KEA 2017). So liegt die größte Herausforderung bei einem Sanierungsvorhaben darin, die vielfältigen gegenseitigen Abhängigkeiten der einzelnen Maßnahmen nicht aus den Augen zu verlieren und in Einklang zu bringen (dena et al. 2017). An einem Bauvorhaben sind viele unterschiedliche Gewerke beteiligt; ein durchdachtes Gesamtkonzept ist notwendig, um Effizienzverluste oder gar „Lock-in“-Effekte zu vermeiden. „Lock-in“-Effekte bezeichnen Entscheidungen bzw. Umsetzungen, welche eine weitere Verbesserung oder die Erreichung eines Ziels erschweren oder gar verhindern. Ein Beispiel für ein „Lock-in“-Effekt ist die Installation einer Solaranlage auf einem noch nicht gedämmten Dach (dena et al. 2017).

Auch das Kompetenznetzwerk Bau und Energie (Kompetenznetzwerk Bau und Energie e.V. 2013) betont in seiner Broschüre „Baunachhaltig. Lösungen für neue Herausforderungen. Nachhaltige Lehrgangsangebote für die Bauwirtschaft“ die zugenommene Komplexität des Bauens und hebt ebenso wie Kuhlmeier (2016) die „Nahtstellenkompetenz“ als entscheidende Schlüsselqualifikation hervor. So sei es ganz besonders dann, wenn mehrere Gewerke betroffen sind, zwingend notwendig, dass jeder zumindest ein Verständnis dafür hat, was der andere macht, wie dessen Arbeit mit der eigenen zusammenhängt und welche Arbeitsschritte und Ausführungsvarianten voneinander abhängig sind. Das Haus muss als Gesamtsystem betrachtet werden. Häufig sind es Ausführungsfehler, die zu Bauschäden führen, welche wiederum Folgeschäden mit sich bringen, wie bspw. eine Minderung der Energieeffizienz. Um diese Mängel zu vermeiden, sind entsprechende Kompetenzen, wie bspw. verstärktes Systemdenken und Nahtstellen Know-How der Facharbeiter notwendig.

Weiterhin von zunehmender und großer Wichtigkeit bei Sanierungsvorhaben sind die „Bau Soft-Skills“ wie bspw. die Kommunikation mit anderen am Bauprozess Beteiligten oder die Beratungskompetenz. Kuhlmeier bezeichnet den beruflichen Anforderungskomplex energetischer Gebäudesanierung als „Gewerke übergreifendes, ganzheitliches und mehrdimensionales Performanzfeld für das Berufsfeld Bautechnik (Kuhlmeier 2016).

Um diese neuen Anforderungen und Herausforderungen zu meistern, ist eine adäquate Fort- und Weiterbildung sowie ein Technologietransfer erforderlich (Fehrenbach 1999; Kuhlmeier 2016). Um Fachleuten, aber auch Hauseigentümern das Gesamtkonzept einer energetischen Gebäudesanierung näher zu bringen, gibt es heute bereits zahlreiche Informations- und Beratungsangebote.

So bietet bspw. die Deutsche Energieagentur (dena) Fachinformationen, Arbeitshilfen sowie weitere Services speziell zum energetischen Bauen und Sanieren über eine Website an². Sie empfiehlt eine ganzheitliche Betrachtung von Bau- und Sanierungsvorhaben und liefert Beispiele zu Gewerkenahntstellen, an denen häufig Schwierigkeiten und Effizienzverluste entstehen. Um die am Bau Beteiligten gegenüber diesem Thema zu sensibilisieren, hat die dena in

² <https://www.dena-expertenservice.de/fachinfos/qualitaet-am-bau/schnittstellen-zwischen-gewerken/>

einem Projektvorhaben mit weiteren Partnern unter der Federführung des Zentralverbands des Deutschen Handwerks (ZVDH) bereits ein Gewerke übergreifendes Weiterbildungsseminar im Bereich energetisches Bauen und Sanieren entwickelt. Dieses wurde gleichzeitig digital aufbereitet und in ein E-Learning-Modul überführt, welches frei zugänglich ist³. Fokus des Seminars bzw. des E-Learning-Moduls ist die Vermittlung von Kompetenzen speziell zu Gewerke übergreifenden Nahtstellen sowie die Behebung von Koordinationsproblemen bei Bau- und Sanierungsvorhaben.

Auch die Klimaschutz- und Energieagentur (KEA) Baden-Württemberg bietet auf ihrer Webseite und ihren Broschüren zahlreiche Informationen, Tipps und Handlungsempfehlungen zum Thema energetische Gebäudesanierung. Zusätzlich können Interessierte einen telefonischen Beratungsservice nutzen.

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie herausgegebene und frei erhältliche Handbuch für Energieberater bietet Hauseigentümern und Energieberatern ebenfalls hilfreiche und praktische Informationen rund um die energetische Gebäudesanierung. Das Handbuch dient weiterhin als Gebrauchsanweisung für die Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP). Es hebt die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung aller Sanierungsmaßnahmen hervor, beinhaltet eine Anleitung zur energetischen Bewertung des Ist-Zustands, gibt Empfehlungen zur Reihenfolge von Sanierungsmaßnahmen sowie enthält Hinweise auf mögliche Nahtstellen und Kopplungsmaßnahmen.

Eine weitere Möglichkeit der Unterstützung ist die Einbeziehung von kompetenten Planern oder Energieberatern in das Sanierungsvorhaben. Diese können wichtige und fundierte Hinweise und Ratschläge geben sowie technische Geräte und Gebäude energetisch bilanzieren und begutachten.

Ergebnis eines im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität im Stadtkreis Karlsruhe durchgeführten Workshops war, dass neben den Gebäudeeigentümern auch bei den Handwerkern und Hausmeistern dennoch meist ein Informationsdefizit besteht, insbesondere bezüglich der EnEV-Vorgaben, der angemessenen Dimensionierung der Anlagentechnik, der Möglichkeiten des Einsatzes von Erneuerbaren Energien und den Finanzierungsmöglichkeiten, wie etwa Contracting (Vogelely et al. 2011). Es gilt somit nach wie vor, die Schulungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten, vor allem auch für Handwerker zu optimieren und auszuweiten.

2.3 Welche Komponenten, Nahtstellen und Abhängigkeiten sind bei der energetischen Gebäudesanierung zu beachten?

Die dena thematisiert in ihren Informations- und Beratungsangeboten ebenso wie das E-Learning-Tool der ZWH folgende Nahtstellen (ZWH 2018; dena 2016) :

- Fenstereinbau/-tausch,
- Außenwanddämmung,
- Anschluss Außenwand an Bodenplatte,
- Dachdämmung,
- Installation der Fußbodenheizung,
- Austausch der Heizungsanlage sowie,
- Elektroinstallation.

Zu jeder Nahtstelle werden Informationen wie bspw. die beteiligten Gewerke, das Hauptgewerk sowie die Reihenfolge der Gewerke vermittelt. Jede Maßnahme an einer Nahtstelle wirkt sich immer auch auf die Maßnahmen anderer Gewerke aus. So sollten bspw. Trocken-

³ <http://www.bauinitiative.de/informationen/publikationen.html>

Digitales branchenübergreifendes Dienstleistungs- und Weiterbildungs-Netzwerk „fokus.energie“ für die Fachkraft von Morgen – DiKraft

bauer und Maler ihre Arbeiten erst abschließen, wenn die Heizungsrohre hinter Trockenwänden entsprechend gedämmt sind. Dena und ZWH weisen weiterhin auf häufig auftauchende Mängel und Probleme an den einzelnen Nahtstellen hin, wie bspw. das Entstehen von Wärmebrücken an der Dachdämmung durch eine nachträgliche Verlegung von Elektro- und Sanitärleitungen in der Dämmebene.

Im Handbuch iSFP wird das Gebäude insgesamt in drei Kategorien und acht Komponenten eingeteilt, die jeweils zur energetischen Gesamtqualität beitragen. Tabelle 3 stellt die Komponentenzuordnung im iSFP dar (dena et al. 2017):

Kategorie	Komponente
Gebäudehülle	Wände, inklusive Kellerwände
	Dach, oberer Gebäudeabschluss
	Fenster, inklusive Dachflächenfenster
	Boden, unterer Gebäudeabschluss
Anlagentechnik	Heizung
	Warmwasserbereitung
	Wärme- und Warmwasserverteilung, inklusive Speicherung und Übergabe
	Lüftung
Qualitätssicherung	Wärmebrücken
	Luftdichtheit

Tabelle 3: Komponentenzuordnung im iSFP. Quelle: dena et al. 2017.

Jede einzelne Komponente trägt zur energetischen Gesamtqualität bei und fließt in die Bewertung bzw. Berechnung des energetischen Ist- sowie Soll-Zustands ein. Einzelne Komponenten betreffende Sanierungsmaßnahmen müssen immer in Abhängigkeit von weiteren Sanierungsmaßnahmen betrachtet werden. Die Sanierungsmaßnahmen beeinflussen sich meist gegenseitig und die zeitliche Reihenfolge sollte gut durchdacht sein, um Reibungsverluste oder gar Lock-in-Effekte zu vermeiden. Der nächste Sanierungsschritt sollte bei der Ausführung einer Sanierungsmaßnahme stets mitgedacht werden.

Häufig lassen sich außerdem Maßnahmen miteinander koppeln. So bietet sich bei vielen Sanierungsmaßnahmen, welche der Hauseigentümer ohnehin umzusetzen möchte, die Möglichkeit, weitere energetische Sanierungsmaßnahmen anzuschließen. Die Putzerneuerung oder der Neuanstrich einer Außenwand sind bspw. ein guter Anlass, um gleichzeitig eine Außendämmung durchzuführen (dena et al. 2017).

Die nachfolgende „Wenn-Dann-Matrix“ stellt die Abhängigkeiten bzw. Auswirkungen einzelner energetischer Sanierungsmaßnahmen, basierend auf einem Bericht der Deutschen Energieagentur (dena) und Partnern (2017) dar.

Wenn \ Dann	Außenwand-dämmung	Dachdämmung	Dämmung der obersten Geschossdecke	Dämmung Bodenplatte/ Kellerdecke	Fenster-/Türenaustausch	Erneuerung der Heizwärme/ Warmwasser- verteilung
Außenwanddämmung						
Dachdämmung						
Fenster-/Türenaustausch						
Schrägdachdämmung						
Flachdachdämmung						
Dämmung der obersten Geschossdecke						
Heizkesselerneuerung						
Heizkörperoptimierung						
Installation und Betrieb einer Lüftungsanlage						
Installation einer thermischen Solaranlage						
Dämmung unter/auf der Kellerdecke						
Perimeterdämmung						
Dachterrassen-dämmung						
Wasch-und Spülmaschinenanschluss						

Abbildung 1: Wenn-dann-Matrix. Eigene Darstellung in Anlehnung an dena et al. 2017.

Die KEA Baden-Württemberg (2017) bezeichnet die Gebäudehülle, die Gebäudetechnik, sowie erneuerbare Energien als die „drei Säulen einer erfolgreichen Sanierung“. Die Rolle der erneuerbaren Energien wird in Kapitel 2.5 vertiefter behandelt. Die Komponenten der Gebäudehülle und Gebäudetechnik entsprechen im Großen und Ganzen denen aus dem Handbuch für Energieberater der dena (2017). So zeichnet sich eine optimierte Gebäudehülle durch eine durchgängige Dämmung ohne Wärmebrücken und ohne unnötige Gebäudevordächer aus. Die Komponente Heizung wird weiterhin unterteilt in die Bestandteile Wärmeerzeuger (Kessel, Wärmepumpen, Kraft-Wärme-Kopplung, Fernwärme), Verteilung (Rohrsystem, Pumpe, hydraulischer Abgleich) und Wärmeübergabe (Heizkörper, Flächenheizsysteme). Die in allen Fällen empfehlenswerten Maßnahmen am Heizsystem schließen laut KEA Baden-Württemberg auch den Ersatz von Nachtspeicherheizungen und Infrarotstrahlern ein.

Neben den bereits genannten Gewerke-nahtstellen zählt das Kompetenznetzwerk Bau und Energie (2013) explizit folgende Nahtstellen auf: Durchdringungen (z. B. Kamine, Sanitärleitungen), Bauteilanschluss Giebel und Ortgang, auskragende Balkone sowie Auskragendes Podest.

Einen weiteren großen Stellenwert bei der energetischen Gebäudesanierung nehmen neben den technischen Leistungen die Beratungs- und Serviceleistungen ein. Somit können auch diese als Nahtstelle betrachtet werden. Eine umfassende und fundierte Beratung bildet den Grundstein für eine erfolgreiche energetische Gebäudesanierung. Laut Runst und Ohlendorf (2015) ist fachkundige Beratung, insbesondere in den Prozessen des Ineinandergreifens unterschiedlicher Maßnahmen und Gewerke in den verschiedenen Etappen der energetischen Gebäudesanierung unerlässlich. Es ist also bereits im Bereich der Beratungsleistung-

gen zwingend erforderlich, die einzelnen Maßnahmen nicht getrennt voneinander sondern im Gesamtzusammenhang bzw. Gesamtprojekt zu betrachten und zu planen.

2.4 Welche Gewerke sind mit welchen Leistungen an der energetischen Gebäudesanierung beteiligt?

Die dena zählt folgende Gewerke auf, welche an der energetischen Gebäudesanierung beteiligt sind (dena 2016):

- Architekten, Planer und Sachverständige
- Betonbauer
- Trockenbauer
- Maurer, Verputzer
- Fensterbauer
- Steinmetz
- Blechner
- Fliesen-, Platten und Mosaikleger
- Estrichleger
- Fußbodenleger
- Sonnenschutzmechatroniker
- Anlagenmechaniker SHK
- Gas-Wasser-Installateur
- Heizungsbauer, Heizungstechniker
- Maler
- Stuckateur
- Fassadenbauer
- Tischler
- Dachdecker
- Zimmerer

Die Studie des Volkswirtschaftlichen Instituts für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh) über die Rolle des Handwerks bei der energetischen Gebäudesanierung (Runst und Ohlendorf 2015) unterteilt die energetische Gebäudesanierung in drei dominierende Bereiche: Dämmmaßnahmen, Austausch von Fenstern und Türen sowie die Erneuerung bzw. Optimierung von Heizungsanlagen. Diese Bereiche decken insbesondere Maßnahmen zum Schutz vor Wärmeverlusten sowie in der Wärmebereitstellung ab. Jedem Bereich können bestimmte Gewerke und Leistungen zugeordnet werden.

Tabelle 4 zeigt die Zuordnung von Gewerken zu einzelnen Bereichen. Zu beachten dabei ist, dass Handwerker nicht nur in einem, sondern in mehreren Bereichen tätig sein können. Tischler können z. B. Leistungen in der Fenster- und Türsanierung sowie auch komplette Dachstuhlansanierungen, Dämmarbeiten in Kellern, an Rollläden etc. erbringen. Ein weiteres Beispiel dafür, dass manche Sanierungsmaßnahmen von verschiedenen Gewerken ausgeführt werden können, sind Thermografieuntersuchungen. Diese können von einer Vielzahl an Gewerken wie Zimmerer, Elektrotechniker, Installateure und Heizungsbauern durchgeführt werden.

Bereich der energetischen Sanierung	Beispieleleistungen	Gewerke
Heizung/ Warmwasser/ Klimatechnik	<ul style="list-style-type: none"> Sanierungsarbeiten im Bereich Heizungs-, Lüftungs-, Sanitär-, Elektro- und Klimatechnik, z. B. Austausch/ Modernisierung von Heizungsanlagen (Gas- und Ölkessel, Pelletkessel, Wärmepumpen, Photovoltaik, solarthermische Anlagen, Blockheizkraftanlagen; Lüftungssysteme u.a. mit Wärmerückgewinnung; Wärmerückgewinnung u.a. aus Brauchwasser Gebäudeleittechnik 	Installateure und Heizungsbauer Kälteanlagenbauer Klempner Schornsteinfeger Ofen- und Luftheizungsbauer Elektrotechniker Elektromaschinenbauer Dachdecker
Fenster und Türen	<ul style="list-style-type: none"> Fenster- und Türenaustausch Installation von Rollläden, Rolllädenkästen (und Dämmung), Markisen, Wärmeschutz 	Rollläden und Sonnenschutztechniker Tischler Zimmerer Glaser Gerüstbauer
Dämmmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> Fassadensanierung und -dämmung z. B. Wärmedämm-Verbundsysteme (Styropor, Glaswolle oder Holzfaserdämmplatten, Dämmputz) Dachsanierung und -dämmung Kellerdeckendämmung und Dämmung der Kelleraußenwände Dämmarbeiten an Rohrleitungen Sanierungsbezogene Roh- und Ausbauarbeiten 	Maurer und Betonbauer Maler und Lackierer Dachdecker Fliesen-, Platten- und Mosaikleger Parkettleger Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer Gerüstbauer Zimmerer Tischler

Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen, Beispieleleistungen und beteiligte Gewerke. Quelle: Runst und Ohlendorf 2015

Beratungs- und Serviceleistungen gehören ebenfalls zur Basisleistung bei der energetischen Gebäudesanierung. Der Handwerker ist der erste Ansprechpartner für den Kunden und legt mit einer guten und verlässlichen Beratung den Grundstein für eine erfolgreiche energetische Gebäudesanierung. Er baut Vertrauen auf und motiviert im Idealfall den Kunden zu umfassenden und effizienten Sanierungsmaßnahmen. Beispiele für gängige Beratungsleistungen, welche verschiedenen Sanierungsmaßnahmen vorausgehen oder diese begleiten, sind thermografische Gebäudeuntersuchungen und Wärmebedarfsrechnungen, die Ausstellung von Energiepässen (siehe §21 EnEV für Ausstellungsberechtigungen), Bestandsaufnahmen und Auswertung von Energiekosten, Beratung zu Energieeinsparung sowie auch die Ausführung von Energieoptimierungen z. B. an Beleuchtungsanlagen (Runst und Ohlendorf 2015).

Laut einer Handwerkszählung im Jahr 2011 sind deutschlandweit in den Gewerken, die verschiedene Leistungen in der energetischen Gebäudesanierung erbringen, fast 1,9 Mio. Er-

werbstätige beschäftigt. Da Kleinbetriebe bei dieser Zählung nicht erfasst wurden, ist die tatsächliche Zahl höher anzunehmen. Die mit Abstand am stärksten betroffenen Gewerke bei der energetischen Gebäudesanierung sind die Gewerke Elektrotechniker, Maurer und Betonbauer, Installateure und Heizungsbauer, Tischler sowie Maler und Lackierer. Tabelle 5 zeigt die quantitative Betroffenheit aller an der energetischen Gebäudesanierung beteiligten Gewerke anhand der Anzahl der Unternehmen, der Mitarbeiter sowie des Umsatzes im Jahr 2011.

Handwerkszweige	Zahl der Unternehmen	Zahl der tätigen Personen	Umsatz (in tausend Euro)
Installateure und Heizungsbauer	48.631	307.704	33.638.211
Kälteanlagenbauer	2.585	29.038	4.565.331
Klempner	4.215	26.021	2.584.859
Schornsteinfeger	8.993	22.133	1.222.352
Ofen- und Lüftungsbauer	2.399	8.425	843.485
Glaser	3.878	25.888	2.809.103
Rolladen- und Sonnenschutztechniker	3.184	15.719	1.743.255
Tischler	38.854	210.539	21.033.818
Zimmerer	15.816	86.085	9.556.749
Fliesen-, Platten und Mosaikleger	39.434	88.461	6.231.216
Parkettleger	4.997	13.942	1.188.297
Gerüstbauer	3.486	25.222	2.003.015
Stuckateure	5.325	29.366	2.543.640
Maurer und Betonbauer	39.595	346.818	46.358.239
Maler und Lackierer	41.275	208.967	14.537.468
Dachdecker	15.438	98.184	9.384.552
Wärme-, Kälte- und Schallschutzisolierer	1.686	14.009	1.636.985
Elektrotechniker	55.399	417.275	48.434.524
Elektromaschinenbauer	1.135	16.250	2.179.976
Summe	336.324	1.990.045	212.495.074

Tabelle 5: Quantitative Betroffenheit der Gewerke bei der energetischen Gebäudesanierung. Quelle: Runst und Ohlendorf 2015.

2.5 Welche Rolle spielen erneuerbare Energien bei der energetischen Gebäudesanierung?

Für die KEA Baden-Württemberg gehören die erneuerbaren Energien neben der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik zu den drei Hauptkomponenten einer erfolgreichen energetischen Gebäudesanierung (KEA 2017). Auch im Handbuch für Energieberater von dena und weiteren Institutionen (2017) wird empfohlen, grundsätzlich bei jedem Sanierungsprojekt den Einsatz von erneuerbaren Energien in Betracht zu ziehen. Seit 2014 ist es zudem in Baden-Württemberg mit dem Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) vorgeschrieben, bei der Erneuerung einer Heizungsanlage 15 Prozent der Wärme durch erneuerbare Energien zu erzeugen oder ersatzweise andere Maßnahmen zu ergreifen. Auch für Neubauten bestehen rechtliche Vorgaben. So sind Eigentümer von Neubauten nach dem Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich bereits seit 2009 bundesweit dazu verpflichtet, den Wärme- und Kälteenergiebedarf durch die anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien zu decken.

Im Folgenden wird der Einsatz der einzelnen erneuerbaren Energien bei der energetischen Gebäudesanierung näher beschrieben.

Photovoltaik: Die KEA Baden-Württemberg beschreibt die Photovoltaik-Anlage als eine „sichere, klimafreundliche und immer günstigere Geldanlage“ welche auf dem Dach geräusch- und schadstofflos Strom erzeugt. Für den Bewohner ist es mittlerweile günstiger, den Strom selbst zu nutzen. Überschüssiger Strom kann in das Stromnetz eingespeist oder lokal gespeichert werden, bspw. durch Einsatz einer Batterie. Konzepte im Bereich Smart Home sehen zum Beispiel vor, zukünftig überschüssigen Strom intelligent lokal zu nutzen und durch eine intelligente Steuerung vorhandene Endgeräte bzw. Verbraucher damit zu speisen. So wird überschüssiger Strom im Idealfall bspw. zur Ladung des eigenen Elektroautos oder zum Einsatz der Waschmaschine genutzt. Heutzutage bietet sich bei Installation einer Photovoltaik-Anlage die Umstellung auf eine strombasierte Wärmeherzeugung wie die Wärmepumpe (BMW 2014) an. Dadurch kann bereits heute ein erhöhter Eigenstromverbrauch realisiert werden und die PV-Anlage wird lukrativer. Bei der Ausführung zu beachten ist, dass die PV-Anlage erst dann installiert werden sollte, wenn Dach (bei Dachinstallationen) und Außenwand (bei Außenwandinstallationen) bereits gedämmt sind. Eine Installation bei noch ungedämmten Dächern bzw. Außenwänden kann die spätere Wärmedämmung erschweren oder gar blockieren (Lock-in Effekt). Immer öfter spielt außerdem die Ästhetik eine wichtige Rolle, wenn es um die Installation einer PV-Anlage geht (Dany 2018).

Wärmepumpen: Wärmepumpen beziehen die Energie zum Heizen in der Regel aus der Umwelt und schonen somit das Klima. Die gängigsten Wärmequellen sind Luft, Wasser sowie das Erdreich. Die erzeugte Wärme kann zum Heizen, für den Warmwasserbedarf oder eine Kombination aus beidem genutzt werden. Laut KEA Baden Württemberg (2017) ist die Heizleistungen von Erdwärmepumpen ausreichend für die Warmwasserbereitung und Heizung von energieoptimierten Gebäuden. Bei der Ausführung zu beachten ist, dass die meisten Wärmepumpensysteme für geringe Vorlauftemperaturen ausgelegt und besonders geeignet für Fußbodenheizungen bzw. großflächige Systeme sind. Die Installation einer Wärmepumpe kann somit Auswirkungen auf das vorhandene Verteilnetz haben, welches anschließend ggf. angepasst bzw. erneuert werden muss.

Solarthermie: Eine solarthermische Anlage nutzt die Sonnenergie zur Warmwasserbereitung. Ist eine solarthermische Anlage optimal ausgelegt, kann sie im Sommer den gesamten Warmwasserbedarf abdecken (KEA 2017). Im Winter bietet es sich an, die Solarthermie-Anlage als Unterstützung der Heizungsanlage einzusetzen. Bei der Ausführung zu beachten ist, dass die Installation einer Solarthermie-Anlage Auswirkungen auf die Auslegung des Warmwasserspeichers hat. Dieser muss ggf. erneuert bzw. vergrößert werden (BMW 2014).

Holz: Pellet- oder Stückholzöfen stellen eine regenerative Alternative zu Gas- und Ölheizungen dar. Aufgrund der deutlich geringeren Feinstaubbelastung sind Holzpellets dem Stückholz vorzuziehen, bzw. Stückholz sollte nur außerhalb von Ballungszentren eingesetzt werden. Vor der Installation eines Pellet- oder Stückholzofens unbedingt zu prüfen sind die äußeren Rahmenbedingungen und Vorschriften, wie bspw. die Lagerung des Brennstoffs oder lokale Abgasvorgaben (KEA 2017). Das Handbuch für Energieberater empfiehlt die Nutzung von Solarthermie als Ergänzung von Pellet- oder Stückholzöfen (BMW 2014).

3 Digitalisierung im Handwerk

Die Digitalisierung spielt im Handwerk in vielerlei Hinsicht eine bedeutende Rolle. Zum einen verändert sich durch den steigenden Digitalisierungsgrad das Kundenverhalten, wodurch sich Wertschöpfungsprozesse in den Gewerken verändern und neue Geschäftsmodelle entstehen. Zum anderen können Vernetzungs- und Arbeitsprozesse effizienter gestaltet werden, wodurch sich die Arbeitswelt der Mitarbeiter grundlegend verändert (BMW i 2018). Handwerksbetriebe sind dabei unter Umständen nicht nur Nutzer digitaler Technologien, sondern verstärkt auch deren Anbieter. So sind mehr und mehr Handwerker zum Beispiel mit der Einrichtung von Smart Home Komponenten oder komplexen Smart Home & Living-Gesamtlösungen⁴ betraut. Nicht zuletzt ist Digitalisierung ein Treiber von Innovationen (Demary et al. 2016, S.4). Um einzugrenzen, was im Kontext dieses Projektes unter Digitalisierung verstanden wird, werden im Folgenden zentrale Begriffe definiert.

Digitalisierung meint die Umwandlung analoger in digitale Daten und damit die Abbildung der physischen Welt in einer virtuellen Welt. Digitalisierung umfasst die Nutzung informati-

Digitalisierung

(Vermehrte) Umsetzung analoger Daten in digitale Daten.

onstechnologischer Hardware und Software (Krüger 2017). Dies kann Vorteile wie Vernetzung und Innovationspotenzial, aber auch Nachteile zum Beispiel durch technische und rechtliche Restriktionen bieten. Digitalisierung ist dabei kein neues Konzept, sondern hat bereits seit einigen Jahrzehnten Einzug in die

Arbeitsprozesse im Handwerk genommen, in größerem oder weniger großem Umfang. Aus diesem Grund wird der Begriff Digitalisierung häufig zur Beschreibung des Prozesses im Sinne von fortschreitender Digitalisierung gebraucht. Die Digitalisierungsgrade, Potenziale, Risiken und Hemmnisse für Digitalisierung im Handwerk werden in den folgenden Unterkapiteln dargestellt.

Digitalisierung im Handwerk geht oft einher mit dem Begriff Industrie 4.0 bzw. Handwerk 4.0. Dahinter steckt „die intelligente Vernetzung und somit die Automatisierung von Maschinen, Prozessen und Produkten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.“ (Demary et al. 2016, S.5). Auch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sind fester Bestandteil des Konzeptes Handwerk 4.0. Ein hoher Grad an IKT-Nutzung in einem Unternehmen ist außerdem eine unabdingbare Voraussetzung für dessen Digitalisierung.

Unmittelbar mit Digitalisierung und Handwerk 4.0 verknüpft ist der Begriff Internet of Things (IoT) und Smart Home (Abicht et al. 2010). Das Internet of Things oder auf Deutsch Internet der Dinge ermöglicht eine direkte, selbstständige Echtzeitkommunikation zwischen Maschinen und Objekten. Aufgrund ihrer Ausstattung mit Sensoren, Datenspeichern und Programmen können Maschinen autonome Entscheidungen treffen und Handlungen auslösen. Beispielweise kann der Sonnenschutz automatisch heruntergefahren werden, wenn die Sonneneinstrahlung zu hoch ist. Das Internet der Dinge ist somit von großer Bedeutung für Gebäudeautomation und das so genannte Smart Home. In einem Smart Home sind die gebäudespezifischen Anwendungsbereiche (von der Licht- bis zur Heizungssteuerung) vollständig oder teilweise miteinander vernetzt. Für das Handwerk bedeutet dies, dass neue Investitionen und Qualifikationen im Hinblick auf neue Gebäudefunktionen notwendig sind - auch im Bereich der energetischen Gebäudesanierung.

⁴ Vgl.: Verein Smart Home & Living Baden-Württemberg e.V. (<http://shl-bw.de>)

3.1 Wo begegnet Handwerk Digitalisierung, insbesondere im Bereich energetische Gebäudesanierung und welche Chancen bieten sich?

Die Digitalisierung bietet scheinbar unendliche Möglichkeiten für die Optimierung von Arbeitsprozessen im Handwerk. Eine Studie von Roland Berger (Schober und Hoff 2016, S.5), basierend auf 40 Experteninterviews mit Top-Level-Managern der Bau- und Bauzulieferindustrie in der Region Deutschland, Österreich und in der Schweiz, identifiziert vier Hebel der digitalen Transformation:

- 1) Digitale Daten: Erhebung und Verarbeitung digitaler Daten,
- 2) Netzwerke: Vernetzung und Synchronisation bislang voneinander getrennter Aktivitäten,
- 3) Digitaler Zugang: mobiler Zugriff auf das Internet und interne Netze und
- 4) Automation: Einsatz neuer Technologien, um autonome und sich selbst organisierende Systeme zu schaffen.

Jeder dieser Hebel kann auf jeder Stufe der Wertschöpfung in der Baubranche von der Beschaffung über den Vertrieb bis hin zur Betreuung nach der Umsetzung (After-Sales) Anwendung finden, um ein Unternehmen zu digitalisieren.

Auf Grundlage der Auswertung von 46 Studien zu den Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 kommen Demary und Kollegen (2016) zu dem Schluss, dass Digitalisierung folgende Potenziale für Unternehmen besitzt: Wertschöpfungssteigerung, Produktivitätssteigerung, Effizienzsteigerung, Erhöhung der Energie-, Material-, und Ressourceneffizienz, Erhöhung der Flexibilität und Transparenz sowie neue Geschäftsmodelle. Die folgende Tabelle 6 zeigt eine Auswahl von digitalen Anwendungen nach verschiedenen Kategorien entlang der Wertschöpfungskette.

Kategorie	Digitalisierung-Optionen
Unternehmensverwaltung	Online-Banking Software/Assistenzsysteme <small>Quellen: Ax 2016; Rabadjeva et al. 2017; Martin und Niethammer 2018; Prescher 2017</small>
Kundenbeziehung	Internetpräsenz/Website inkl. Verkaufsplattformen Branchenportale / Beratungsangebote Datensammlung => Wissen über Kundenwünsche Dienstleistungen=> individualisierte Produkte Einbeziehung von Kunden in den Arbeitsprozess Virtual Reality/Augmented Reality/3D-Visualisierung digitale After-Sales-Tools (z. B. Ferndiagnose) <small>Quellen: Ax 2016; Rabadjeva et al. 2017; Martin und Niethammer 2018; Dürig et al. 2016; Prescher 2017; Schober und Hoff 2016; Stoll 2017; Welzbacher et al. 2015; Müller 2017.</small>
Arbeitsprozesse	Technologie in der Produktion und Beschaffung 3D-Drucker Digitale Baustellenlogistik Digitale Messdaten und Modellprojekte (z. B. mit BIM) Drohnen/ Roboter / künstliche Intelligenz (KI) Digitale Werkzeuge Baustellendokumentation Mobile Anwendungen

Kategorie	Digitalisierung-Optionen
	Quellen: Ax 2016; Martin und Niethammer 2018; Rabadjeva et al. 2017; Hackmann et al. 2017; Hammermann und Klös 2016; Kocijan 2018; Prescher 2017; Schober und Hoff 2016; Mahrin 2017
Kommunikation	Intranet E-Mail-Kommunikation Cloud-Lösungen Smart Phone und mobile Anwendungen Kooperation mit anderen Betrieben und Zulieferern
	Quellen: Martin und Niethammer 2018; Gensicke et al. 2016; Dürig et al. 2016; Schober und Hoff 2016
Gebäude-Features	Smart Home Internet of Things Automation
	Quellen: Rabadjeva et al. 2017; Abicht et al. 2010; Dworschak et al. 2011; Holtz und Gohlke 2017; Müller 2017
Wissenstransfer	Assistenzsysteme Digitale Lernmedien Open Source
	Quellen: Ax 2016; Hammermann und Klös 2016

Tabelle 6: Digitalisierungs-Optionen entlang der Wertschöpfungskette

Unternehmensverwaltung: Digitale Technologien von Intranet und E-Mail-Kommunikation über Online-Banking bis hin zu Software oder Assistenzsysteme für das Management (Rechnungswesen, Bestellvorgänge, Buchhaltung und Steuern, Angebote erstellen etc.) können dabei helfen, die internen Prozesse und Verteilung von Betriebsmitteln zu optimieren. Dies wiederum kann zu Zeitersparnis und Flexibilisierung führen.

Kundenbeziehung: Durch die Möglichkeiten, die digitale Technologien bieten, ändern sich auch die Kommunikation mit den Kunden sowie auch deren Ansprüche. Nicht mehr wegzudenken ist mittlerweile die Webpräsenz eines Unternehmens, über die sich Kunden unverbindlich über die Angebote informieren und unter Umständen auch direkt mit dem Unternehmen interagieren kann (z. B. Online-Beratung oder Online-Handel). Laut Ax (2016) ist die Webpräsenz von Handwerksunternehmen häufig unprofessionell, bietet jedoch großes Potenzial, aus der Masse herauszuragen. Branchenportale wie dachdecker.com, welche die Angebote verschiedener Betriebe einer Branche bündeln, sind ebenfalls gefragt und beliebt bei den Kunden und können als eine Art neues Geschäftsmodell betrachtet werden. Ein Vorteil der Digitalisierung ist außerdem, dass relativ einfach Daten über Präferenzen der Kunden gesammelt und ausgewertet werden können und somit ein passendes Angebot geschaffen werden kann. So steigt beispielsweise die Nachfrage nach individualisierten Produkten und Mitsprache beim Umsetzungsprozess der energetischen Sanierung. Per Virtual Reality, Augmented Reality (AR) oder 3D-Visualisierung kann den Kunden veranschaulicht werden, wie das Gebäude nach der Sanierung aussieht und was hinter Fassaden bzw. Wänden liegt. Auch nach der Sanierung können digitale After-Sales-Tools die langfristige Beziehung zum Kunden durch ergänzende Services (z. B. Ferndiagnose) unterstützen.

Arbeitsprozesse: Bereits vor der eigentlichen Arbeit auf der Baustelle können digitale Technologien in der Produktion zum Einsatz kommen und somit zum Beispiel bei der Verarbeitung komplexer Produkte und schwieriger Materialien unterstützen (Ax 2016, S.49). So könnten mittels 3D-Drucker ganze Gebäudeteile maßgeschneidert ausgedruckt werden (Schober

und Hoff 2016, S.11). Aber auch die Beschaffung von Material über digitale Plattformen sowie intelligente Baustellenlogistik kann Zeit und Geld sparen. Digitale Messdaten sind schon länger Realität, um diese dann in Modelldaten und Pläne wie BIM (Building Information Modeling) zu übertragen. Selbst Werkzeuge können digital und vernetzt sein. Elektro-Werkzeuge von Bosch können beispielsweise per App personalisiert voreingestellt werden bzw. deren Nutzung als Daten gespeichert werden. Zugunsten von Kosten, Komplexität, Produktivität und Qualität wäre auch heute schon der Einsatz von Drohnen oder Robotern inklusive künstlicher Intelligenz (sprich selbst-lernend) zum Beispiel zum Vermessen des Geländes denkbar (Schober und Hoff 2016, S.10). Neben digitalen Pläne und digitalen Messrichtungen kommen immer mehr digitale Dokumentationen des Baufortschritts zum Beispiel durch Fotodokumentation auf der Baustelle zum Einsatz (Martin und Niethammer 2018, S.40).

Kommunikation: Kommunikation ist zwar ein Teil des Arbeitsprozesses, sollte jedoch genauer betrachtet werden. Sehr häufig läuft die Kommunikation bei Bauprojekten über Desktop-PCs, Intranet und E-Mails. Man könnte also sagen, die Kommunikation ist bereits „digital“. Dennoch kann die Digitalisierung einen Schritt weiter führen: Cloud-Lösungen und mobile Anwendungen können zum Projektmanagement genutzt und alle Projektbeteiligten in Echtzeit auf den gleichen Stand bringen. Diese Lösungen haben den Vorteil, dass sie zum Beispiel auf dem Smart Phone unabhängig vom Arbeitsplatz genutzt werden können (Schober und Hoff 2016, S.10). Dies kann vor allem im ländlichen Raum ein Vorteil sein, vorausgesetzt, die Infrastruktur ist verfügbar (Dürig et al. 2016, S.57). Auch die Kooperation mit anderen Betrieben und Zulieferern unabhängig von der geographischen Position des Handwerkers wird durch internetfähige Technologien einfacher. Zusätzlich kann die Zusammenarbeit mit anderen Gewerken durch mobile Anwendungen gefördert werden. Verschiedene Softwares zur Gebäudevernetzung wie zum Beispiel EIB/KNX, EnOcean, ZigBEE, Z-Wave stehen zur Verfügung (Abicht et al. 2010, S.52). Dennoch besteht Nachholbedarf bezüglich der Kommunikation zwischen den Gewerken und nahtstellenspezifischen Arbeiten, der zum Beispiel durch das vorliegende Vorhaben DiKraft adressiert wird.

Gebäude-Features: Smart Home ist ein Schlagwort, hinter dem sich in der Idealvorstellung die vollständige Vernetzung aller Geräte und Gebäudesysteme und flexible Reaktion auf Bedarfe verbirgt. Somit ist auch Automation ein Teil des Konzeptes. Die Kommunikation läuft über das Internet of Things. Im Bereich energetische Gebäudesanierung spielen diese neuartigen Gebäude-Features eine große Rolle zum Beispiel bei der Integration erneuerbarer Energien in das Energienetz im Gebäude oder der Modernisierung der Gebäudeleittechnik zum Beispiel durch den Einsatz von Funksensorik und vernetzter Gebäudesystemtechnik. Aktuell gibt es noch nicht viele Fachbetriebe mit entsprechender Qualifikation (Ax 2016, S.28ff.).

Wissenstransfer: Digitale Technologien können den Wissenstransfer enorm erleichtern. Sei es innerhalb eines Betriebes, Know-how über neue Entwicklungen oder Ausbildung der Nachwuchskräfte. Hierfür stehen unterschiedliche Assistenzsysteme, digitale Lernmedien und Open Source Informationen und Anwendungen zur Verfügung. Darauf wird in Kapitel 4 genauer eingegangen.

3.2 Welche Herausforderungen bringt die Digitalisierung im Handwerk und in Bezug auf die energetische Gebäudesanierung mit sich?

Laut einer Studie von bitkom und des Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH) mit über 500 Handwerksbetrieben in Deutschland (Prescher 2017) sehen mehr als die Hälfte der befragten Betriebe die Digitalisierung als Herausforderung und Risiko für ihre Branche. Im Folgenden ist aufgeführt, welche Herausforderungen dies sein könnten. Sollen die Heraus-

forderungen angegangen werden, ist eine starke Führung notwendig, da Änderungsprozesse von oben angestoßen werden sollten (Krüger 2017, S.12).

Strukturwandel: „Bauprojekte gehören aufgrund ihrer äußerst differenzierten Wertschöpfungskette zu den komplexesten Wirtschaftsgegenständen“ (Oesterreich und Teuteberg 2016, S.1430). Wer die oben genannten Potenziale der Digitalisierung nutzen und im Unternehmen umsetzen will, ist direkt mit neuen Ansätzen für Geschäftsmodelle konfrontiert. Neue Geschäftsmodelle können entlang der gesamten (stark arbeitsteiligen) Wertschöpfungskette bzw. innerhalb neuer Wertschöpfungs-systeme entstehen: vom 3D-Druck benötigte Produkte über Kundenberatung, Planung und Bauausführung mithilfe digitaler Technologien bis hin zur Fernwartung durch digitale Überwachung (Becker 2017, S.83; Burkhardt 2017).

Im Mittelpunkt jedes Bauvorhabens sollte der Kunde bzw. der Nutzer stehen. Die oben genannten Kundenwünsche zum Beispiel bezüglich individualisierter komplexer Produkte und Dienstleistungen (siehe Kapitel 3.1) müssen identifiziert und umgesetzt werden. In der Individualfertigung liegen zwar seit jeher die Stärken des Handwerks, diese gilt es nun allerdings verstärkt auf eine digitale und vernetzte Ebene zu heben. Ein weiterer Ansatz für neue Geschäftsmodelle ist daher die systematische Vernetzung mit anderen Gewerken (Ax 2016; Abicht et al. 2010, S.52; Holtz und Gohlke 2017; Müller 2017; Dürig et al. 2016, S.94). Da die Nahtstellen auf der Baustelle immer enger miteinander verzahnt sind (siehe auch Kapitel 2.1), werden ein größeres Systemverständnis und enge Kooperationen erforderlich. Die Wettbewerbsfähigkeit des Handwerks wird derzeit durch neue Anbieter (zum Teil ohne Gesellen- oder Meisterbrief) und internetbasierten Dienstleistungen herausgefordert. So machen zum Beispiel Handwerker-Portale wie my-hammer.de oder meinmacher.de den klassischen Handwerksbetrieben zunehmend Konkurrenz. Neue Berufe zum Beispiel in Industrie und Handel drängen auf den Markt für (bisher typische) Handwerksdienstleistungen (Rabadjewa et al. 2017, S.2). Diese sind zum Beispiel charakterisiert durch neuartige Kombinationen von Fertigkeiten als Antwort auf neue Aufgaben- und Kompetenzprofile im Bereich Handwerk 4.0, insbesondere IT-Kenntnisse im Zusammenhang mit anderen handwerklichen Kenntnissen (Spöttl 2017, S.11).

Handwerksunternehmen stehen vor der Entscheidung so weiter zu machen wie bisher, sich in einzelnen Funktionen zu spezialisieren oder aber ihr Leistungs-Portfolio auszuweiten, indem sie wachsen oder Kooperationsmöglichkeiten (z. B. Genossenschaften) nutzen. Weitere Chancen, um selbst auf dem Markt sichtbar zu werden, liegen in Branchenportalen wie dachdecker.com, maler.org, fliesenleger.net oder elektriker.org, tischler-schreiner.org, klimatechniker.net und andere (Ax 2016, S.35). Auch Entwicklungsansätze für neue Produkte und Dienstleistungen sollten überdacht werden. Die so genannte Design Thinking-Methode beinhaltet zum Beispiel eine iterative Optimierung eines kundenzentrierten Angebots-Entwicklungsprozesses (Burkhardt 2017, S.38). In FabLabs, also kooperativen Produktionsstätten werden von Vorreitern neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt oder über Crowdfunding innovative Ideen finanziert (Rabadjewa et al. 2017). Wer hier nicht mithält, muss mit Wettbewerbsnachteilen rechnen.

Qualifikation: Als eine der größten Herausforderungen im Kontext der Digitalisierung im Handwerk wird in der Fachliteratur die Qualifikation der Fachkräfte gesehen (Martin und Niethammer 2018, S.39ff.; Abicht et al. 2010, S.112; Demary et al. 2016, S.41; Prescher et al. 2016, S.211; Hammermann und Klös 2016, S.7ff.; Oesterreich und Teuteberg 2016, S.1439; Dürig et al. 2016, S.32ff.; Vollmer et al. 2017; Krüger 2017, S.12). Dazu gehört vor allem der sichere Umgang mit digitalen Medien als Grundlagenqualifikation (auch unter dem Begriff „Digital Literacy“ bekannt). Dabei geht es nicht nur darum, digitale Medien wie zum Beispiel digitale Messtechnik (zweckdienlich) zu nutzen und zu verstehen, sondern auch

damit verbundene Risiken zum Beispiel bezüglich der Datenverarbeitung abschätzen zu können (Wecker 2017, S.62).

Insbesondere bei älteren Mitarbeitern ist ein eher zurückhaltender Umgang mit digitalen Medien festzustellen- im Gegensatz zur U25-Generation, die als „digital natives“ mit digitalen Medien aufgewachsen sind (Mahrin 2017, S.93). Die Kollegen Martin und Niethammer (2018, S.41) legen am Beispiel Zeiterfassung per Smart Phone App dar: „Es ist zu überlegen, ob und inwieweit der Umgang mit dem Smartphone oder speziellen Applikationen zur Zeiterfassung noch gelernt werden muss. Vorstellbar ist dies am ehesten, wenn an ältere Mitarbeiter gedacht wird, bei denen entsprechende Technologien weniger verbreitet zur Anwendung kommen. Altersübergreifend kann überlegt werden, ob nicht auch das Hintergrundwissen zur Verarbeitung der Daten (Datenübermittlung, Datenbanken, Datenbankabfragen) zumindest an der Oberfläche vermittelt werden müsste, um mögliche Hemmschwellen der Nutzung abzubauen.“ Handwerker müssen jedoch auch zunehmend in der Lage sein, komplexe Prozessabläufe und vernetzte Systeme zu beherrschen (Spöttl 2017, S.13ff.). Beispielsweise sollte bei der Sicherstellung eines optimalen Betriebs von (vernetzten) Anlagen ein tiefgehendes Software-Verständnis vorhanden sein. Dies ist notwendig sowohl bei der Einrichtung der Anlage als auch bei Fehlerdiagnosen oder Wartungsarbeiten nach Inbetriebnahme der Anlage. Auch Englisch-Kenntnisse sind im digitalen und damit globalen Raum von Vorteil (Gebhardt 2017, S.146). Zunehmende Digitalisierung geht daher auch einher mit einem Abbau der Geringqualifizierten (An- und Ungelernte) bzw. erhöhten Bedarf an (hoch)qualifizierten Facharbeitern (Wecker 2017, S.59). Für Handwerker, die bereits im Beruf sind, bedeutet die Digitalisierung, dass die Bereitschaft zur Weiterbildung im Bereich Digitalisierung vorhanden sein muss, die aktuell noch „stark individualisiert und eigeninitiativ gesteuert“ ist (Mahrin 2017, S.93; siehe auch Ax 2016; Müller 2017). Welche Implikationen dies für die Aus- und Weiterbildung hat, wird im Kapitel 5 dargelegt. Sowohl die fortschreitende Digitalisierung und damit einhergehende neue Geschäftsmodelle als auch die stärkere Vernetzung von Gewerken erfordern außerdem Soft Skills wie Lernfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Teamfähigkeit und Kundenkontakt (Abicht et al. 2010, S.151).

Digitale Infrastruktur: Ohne die notwendige technische Ausstattung ist eine digitale Transformation nicht möglich. Dazu gehört mindestens ein Computer, der nach Möglichkeit mobil und vernetzt sein sollte. Jedoch sind nicht alle Mitarbeiter auf der Baustelle mit digitalen Medien ausgestattet, insbesondere nicht die ausführenden Handwerker (Martin und Niethammer 2018, S.33). Über den Einsatz weiterer der oben genannten digitalen Technologien, seien es Geräte oder Software, und damit den Aufbau der digitalen Infrastruktur muss jedes Unternehmen entscheiden (Bartsch und Bredlow 2017, S.14). Probleme können dabei vor allem bei der Verknüpfung von technischen Nahtstellen durch fehlende Standards und Regularien entstehen (Martin und Niethammer 2018, S.38; Demary et al. 2016, S.44f.; Oesterreich und Teuteberg 2016, S.1439). So wird zum Beispiel die Methode zur Optimierung von Planungsprozessen BIM von Architekten und Planern anders gehandhabt als von bauausführenden Unternehmen. Manche der erforderlichen Technologien haben noch nicht den notwendigen Reifegrad für eine breite Anwendung erreicht. Auch die begrenzte Breitbandverfügbarkeit, vor allem in ländlichen Regionen in Deutschland, kann ein Hemmnis für den Einsatz vernetzter Technologien darstellen (Ax 2016, S.28; Demary et al. 2016, S.48). Die Ausstattung mit Smart Phones kann außerdem dazu führen, dass die Trennung von Beruf und Privatleben schwieriger wird (Hammermann und Klös 2016, S.8; Wecker 2017, S.56). Die damit einhergehende ständige Erreichbarkeit und möglicherweise erhöhter Leistungs- und Termindruck sollte als Gesundheitsrisiko ernst genommen werden. Vor allem die Speicherung von digitalen Daten bringt weitere Herausforderungen mit sich wie Datenmanagement (vor allem bei „Big Data“), und IT Sicherheit (Ax 2016, S.48; Demary et al. 2016, S.36; Hammermann und Klös 2016, S.5; Holtz und Gohlke 2017; Wecker 2017, S.62). Dazu gehört neben dem Schutz der Daten vor Hacker-Angriffen auch die Einhaltung von Datenschutz-

richtlinien wie die seit dem 25. Mai 2018 aktuelle EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO). Diese stellt vor allem Kleinbetriebe vor eine große Herausforderung, da ein erheblicher Mehraufwand damit einhergeht, zum Beispiel durch die Dokumentation sogenannter Verarbeitungstätigkeiten von Kundendaten, der Aufklärung der Kunden bezüglich personenbezogener Daten oder der Benennung eines Datenschutzbeauftragten.⁵

Sonstige Herausforderungen: Der oben genannte Aufbau einer digitalen Infrastruktur ist teilweise mit hohem Investitionsbedarf verbunden, der als Hemmfaktor wirken kann (Rabadjewa et al. 2017, S.12; Demary et al. 2016, S.40; Kocijan 2018, S.43). Ein weiterer Faktor für die schleppende Digitalisierung im Handwerk ist eine eher ablehnende Haltung dem Thema gegenüber. Viele Handwerksbetriebe sind stark in Traditionen verhaftet und wenig an Veränderungen interessiert (Ax 2016, S.41; Rabadjewa et al. 2017, S.12; Martin und Niethammer 2018, S.36; Demary et al. 2016, S.52). Vor allem in Verbindung mit Automatisierungsprozessen schwingt eine große Skepsis im Hinblick auf Arbeitsplatzverlust und Massenware mit. Tatsächlich zeigen Studien sehr unterschiedliche Ergebnisse im Zusammenhang von Digitalisierung und Beschäftigungseffekten (Hammermann und Klös 2016, S.6). Die aktuell gute Auftragslage gibt den Betrieben Recht, die an Traditionen festhalten. Neue Geschäftsmodelle erscheinen nicht notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern (Martin und Niethammer 2018, S.37; Kocijan 2018). Dies steht teilweise in Widerspruch zum oben genannten Abbau von Arbeitsplätzen für Geringqualifizierte, spiegelt sich jedoch bereits heute im Fachkräftemangel wieder. Manchen mag der Nutzen von Digitalisierung noch unklar erscheinen (Demary et al. 2016, S.51) und die Einschätzung der Relevanz neuer Technologien fällt vielen Handwerksunternehmen schwer (Dürig et al. 2016, S.30). Unsicherheiten bestehen häufig auch in Bezug auf rechtliche Rahmenbedingungen, zum Beispiel im Wettbewerbsrecht, Eigentumsrecht oder bei Haftungsregelungen (Demary et al. 2016, S.46; Rabadjewa et al. 2017, S.18).

Den genannten Herausforderungen widmen sich neben dem Projekt DiKraft noch weitere Projekte wie zum Beispiel „Digitales Handwerk“ (vgl. <http://www.handwerkdigital.de/>), Mittelstand Digital (<http://www.mittelstand-digital.de/DE/Foerderinitiativen/mittelstand-4-0.html>), „Build up Skills“ und darunter die Bauinitiative (<http://www.bauinitiative.de/>), DigiMat Digitalisierung im Handwerk und Kreativunternehmen (<http://www.digimat-projekt.de/digitalwerkstatt/>).

3.3 Wie hoch ist der Digitalisierungsgrad im Handwerk und welche Entwicklungen sind abzusehen?

Das Phänomen der Digitalisierung ist in der Wirtschaft nicht neu. Demary et al. (2016, S.18) zeigen in ihrer Metastudie, dass der größte Teil der mittelständischen Unternehmen die Wichtigkeit der Digitalisierung erkannt haben, das Baugewerbe liegt hierbei stark zurück. Der Grad der Digitalisierung unterscheidet sich ebenfalls nach Wirtschaftszweigen, Betriebsgrößenklassen und Regionen wie nachfolgend dargestellt.

Laut einer repräsentativen Studie des ZDH aus dem Jahr 2014 hatten damals bereits fast alle Handwerksbetriebe Internetzugang (Demary et al. 2016, S.21). Eine deutschlandweite Untersuchung von Gensicke et al. (2016, S.28ff.) mit über 3.000 Betrieben (darunter 241 aus dem Baugewerbe) zeigt ebenfalls, dass Geräte mit Internetzugang in allen Branchen eine große Rolle spielen. 98 % der Betriebe im Baugewerbe nutzen solche Geräte. Darunter fallen Desktop-PCs, Laptops, Tablets oder Smart Phones, durch die eine Reihe von Anwen-

⁵ <https://dsgvo-vorlagen.de/dokumentationspflichten-nach-dsgvo-im-handwerksbetrieb>, <https://www.handwerk.com/dsgvo-was-kleine-betriebe-wirklich-wissen-muessen> und <https://www.wirsindhandwerk.de/pages/tipps-und-trends/datenschutz-im-handwerk-die-neue-datenschutzgrundverordnung-dsgvo>

dungen ermöglicht werden. Desktop-PCs oder Laptops kommen in der Regel täglich zum Einsatz während Smart Phones und Tablets seltener genutzt werden. Auch stehen diese Geräte häufig nur Mitarbeitern in bestimmten Funktionen oder der Führungsebene zur Verfügung. Die Nutzung von privaten mobilen Geräten wird im Baugewerbe grundsätzlich zugelassen (83 % der Betriebe), was weit über dem Durchschnitt aller betrachteten Branchen liegt. Dies liegt unter anderem vermutlich daran, dass die Arbeit an verschiedenen Einsatzorten und damit mobil stattfindet. So werden beispielsweise tagesaktuelle Daten vom Büro auf das Endgerät des Facharbeiters auf der Baustelle übertragen. Auch finden Abstimmungen zwischen den Projektbeteiligten per E-Mail oder WhatsApp über Smart Phones statt (Martin und Niethammer 2018, S.36). Bei der Nutzung von digitalen Neuentwicklungen ist das Baugewerbe mit 1,1 % der Betriebe allerdings unter den Schlusslichtern. Je größer der Betrieb, desto wichtiger sind digitale Medien im Berufsalltag (siehe auch Ax 2016, S.28; Martin und Niethammer 2018, S.36; Welzbacher et al. 2015; Demary et al. 2016, S.17). Hierbei zeigt sich eine positive Korrelation zwischen dem Digitalisierungsgrad und dem Innovationsgrad der Betriebe.

Medienformate, die im Arbeitsalltag von den Betrieben eingesetzt werden sind in erster Linie Software für die Arbeitsorganisation (z. B. Outlook, Word, Excel etc.) und Informationsangebote im Internet (Gensicke et al. 2016, S.38; Spöttl 2017, S.11). Unternehmen in Ostdeutschland liegen gegenüber den übrigen Bundesländern etwas zurück. Laut dem Statistischen Bundesamt⁶ haben im Jahr 2017 42 % aller Unternehmen mit mehr als zehn Beschäftigten in Deutschland Zugang zu einem schnellen Internetanschluss (min. 30 Mbit/s). Damit liegt Deutschland im EU-Mittelfeld. Web 2.0-Formate (Soziale Netzwerke, Cloud-Dienste, virtuelle Welten etc.) sind im Baugewerbe bisher unterrepräsentiert: nur 41% der Betriebe nutzen laut einer Studie von Gensicke et al. (2016) mindestens ein Web 2.0-Format. Generell werden digitale Technologien in Handwerksunternehmen eher für interne Prozesse genutzt als für Marketing oder Kommunikation nach außen (Rabadjieva et al. 2017, S.11).

Auf Grundlage der oben genannten Studien (vor allem Gensicke et al. 2016, S.59ff.) ist davon auszugehen, dass die Bedeutung und der Einsatz digitaler Geräte im Berufsalltag zunehmen werden. Am häufigsten werden sie aktuell in der Baubranche für die Informationsbeschaffung und externe Kommunikation genutzt. Das Potenzial von Digitalisierung für das Handwerk wird von den Handwerkskammern und Verbänden als hoch eingeschätzt (Rabadjieva et al. 2017, S.9). Das Thema Industrie bzw. Handwerk 4.0 wird also im Handwerk zunehmend wahrgenommen (Jeske et al. 2016). Es zeigt sich auch, dass in vielen Betrieben (bisher noch) nicht die infrastrukturellen Voraussetzungen gegeben sind, die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten digitaler Geräte zu nutzen. Dennoch wird erwartet, dass die Bedeutung von und die Ausstattung mit digitalen Medien im Baugewerbe im Vergleich zu anderen Branchen weiterhin wachsen werden. Insgesamt nutzen nur 3,7 % der 3.000 befragten Betriebe aller Branchen digitale Neuentwicklungen; in der Baubranche sind es 1,1 %. Regional stehen hier Unternehmen aus Westdeutschland die Unternehmen aus Nord- Süd- und Ostdeutschland aus (Gensicke et al. 2016, S.28). Gleichzeitig wächst der Markt für andere Marktakteure wie Anbieter von Plattformen, Software oder anderen Internetdiensten (Dürig et al. 2016, S.49). Es ist absehbar, dass Unternehmen, die nicht mit der Digitalisierung mithalten können, im Wettbewerb das Nachsehen haben werden (Schober und Hoff 2016, S.14). Für die Ausbildung und berufliche Weiterbildung wird daher ein deutlicher Bedeutungszuwachs erwartet, insbesondere für die Formate web- oder computergestützte Lernprogramme, Informationsangebote im Internet und fachspezifische Software. Auf E-Learning und Weiterbildung wird im nächsten Kapitel genauer eingegangen.

6

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/UnternehmenHandwerk/IKTUnternehmen/IKTUnternehmenBranche.html>

4 E-Learning

Wie schon im vorangegangenen Kapitel beschrieben, schreitet die Digitalisierung auch im Handwerk immer weiter voran. Je stärker dabei mobile Endgeräte und digitale Technologien in Arbeitsprozesse vordringen, desto stärker werden diese auch für das Lernen im Arbeitsprozess verwendet (Barthel und Rimpler 2017, S.4ff.). Das kann während des Arbeitsprozesses geplant geschehen, wenn beispielsweise Maschinen mit multimedialen Anleitungen oder Augmented Reality Elementen ergänzt werden. Oder es kann zufällig geschehen, wenn bei einer Online-Recherche nach Ersatzteilen neue Technologien entdeckt werden.

Gerade in kleinen und mittleren Unternehmen rücken berufliche Lernszenarien immer stärker an Arbeitsprozesse heran, da mit den Entwicklungen hin zu einer Industrie 4.0 Kompetenzen zunehmend nicht mehr „personengebundene Problemlösungsfähigkeiten“ sind, sondern „technische und/oder persönliche Kompetenzelemente“ (Hartmann und Tschiedel 2016, S.13f.), die je nach Auftrag immer kurzfristiger kombiniert werden müssen. Hierdurch wird mobiles Lernen immer wichtiger.

Für das Handwerk existieren zahlreiche unterschiedliche Konzepte für das Lernen mit mobilen Endgeräten. Das lässt sich zum einen auf die unterschiedlichen Bereiche und Gewerke und deren fachspezifische Inhalte zurückführen und zum anderen auf methodische und didaktische Produkte, die auf die verschiedenen Zielgruppen abgestimmt entwickelt wurden (Mahrin et al. 2018, S.944).

Im Folgenden werden für das Handwerk einige Projekte vorgestellt, die exemplarisch sind für die aktuellen Entwicklungen in Bezug auf das Lernen mit mobilen Endgeräten.

4.1 Grundsätzliches

Jarosch und Kollegen (2018, S.924ff.) ermittelten 2016 in einer quantitativen Online-Umfrage die Grundlage für das didaktische Konzept von Mobile Learning Backpacks, das Lerninhalte in kleinen Portionen in einer App bereitstellt. Thema war das Technologiefeld Smart Home und die Zielgruppe der Befragung waren Fach- und Führungskräfte des Elektrohandwerks. Die Untersuchung stützte sich auf 57 verwertbare Fragebögen, das heißt, um berücksichtigt zu werden, musste auf einem Fragebogen mehr als die Hälfte der gestellten Fragen beantwortet werden und die gemachten Angaben auf ihre Schlüssigkeit überprüft sein.

Ein Ergebnis war, dass zwei Drittel der Befragten Smartphones im Betrieb nutzten. Extern, also zum Beispiel auf Baustellen, stellt dies häufig die einzige Möglichkeit eines Internetzugangs dar. In der Beratung beim Kunden vor Ort erklärten 87 %, keine Scheu davor zu haben, digitale Medien zur Unterstützung ihrer Arbeit einzusetzen. Dabei nutzen 73 % der Befragten Internetforen zur Problemlösung, woraus die Autoren folgern, dass das Lernangebot Austauschmöglichkeiten zu einzelnen Fachthemen bereitstellen sollte. Für sie kann das nicht nur asynchrone Formate wie Internetforen beinhalten, sondern auch synchrone und interaktive Formate wie Webinare. Weiterhin gaben 67 % der Befragten an, auf der Suche nach praktischen Beispielen Videos zu nutzen, da diese leicht übertragbare und arbeitsrelevante Informationen vermitteln. Die Autoren gehen daher davon aus, dass entsprechende Angebote von der Zielgruppe auch situativ gerne wahrgenommen werden (Jarosch et al. 2018, S.924ff.).

Eine Schwierigkeit bei der Nutzung von Lernangeboten im Arbeitskontext ergibt sich für 69 % der Befragten aus ihrer Tätigkeit als Dienstleister, da sie für Kunden durchgängig erreichbar sein müssen und daher häufig bei konzentrierten Tätigkeiten unterbrochen werden. Daraus schließen die Autoren, dass Phasen höchster Konzentration bei arbeitsintegriertem Lernen möglichst kurz bleiben sollten. In den kurzen unterbrechungsfreien Phasen sollten Lerneinheiten abgeschlossen werden können (Jarosch et al. 2018, S.926).

Für 46 % der Befragten ergibt sich eine weitere Schwierigkeit daraus, dass Ihnen keine offiziell genehmigten Zeitfenster für das Lernen im Arbeitskontext zur Verfügung stehen. Eine fehlende Orientierungshilfe durch die Führung geben 37 % als Problem an. Als hilfreich angesehen wurden dabei klare und eindeutige Vorgaben für eine erwünschte Entwicklung, relevante Lerninhalte und entsprechende Rückmeldungen.

Die Motivation für die Nutzung eines Lernangebotes und vor allem von bisher neuen Themen ergibt sich daraus, ob dessen Relevanz für die berufliche Entwicklung erkannt wird. Ebenso wurde die Intention des Lernvorhabens als wichtig angegeben. Für die Befragten aus dem Elektrohandwerk lag die Intention darin, sich Neuerungen auf dem Markt anzueignen (58 %), Montage- und Installationshinweise zu bekommen (53 %), das Wissen in der Kundenberatung einzusetzen (44 %) oder es für die Projekt- und Angebotsplanung (42 %) sowie zur Problemlösungssuche zu verwenden (33 %) (Jarosch et al. 2018, S.927).

Aus der Befragung ergab sich eine Präferenz für „granulare Qualifizierungsangebote zu individuell bevorzugten Fachthemen“. Ein Drittel der Befragten gab an, dass sie ein Lernangebot auch zur Problemlösung einsetzen würden. Aus Sicht der Autoren erfordere dies ein Lernangebot, das besonders in den konkreten Arbeitssituationen und bei externen Einsätzen eine performante Suche und einen schnellen Online-Zugriff auf die Lernmedien bietet (Jarosch et al. 2018, S.929).

Aus den Ergebnissen der Befragung ergeben sich für die Autoren drei verschiedene Lernziele (Jarosch et al. 2018, S.932):

1. Eine umfassende Weiterbildung im Themengebiet,
2. eine Wissenserweiterung zu einzelnen Fachthemen, die aufgabenorientiert und fachbezogen ist und
3. eine situative und problembasierte Unterstützung im Arbeitskontext.

4.2 Lernen anhand von Nahtstellen in einem virtuellen Haus

Im Folgenden werden zwei Projekte vorgestellt, die besonders auf die Gewerke übergreifende Arbeit an Nahtstellen eingehen. Diese Arbeit ist im Handwerk im Hinblick auf die energetische Gebäudesanierung eine besondere Herausforderung, wie bereits in Kapitel 1 beschrieben wurde. Da für das Projekt DiKraft ebenfalls ein virtuelles Haus entwickelt werden soll, lassen sich aus den Erfahrungen der hier vorgestellten Projekte wichtige Anregungen für die Entwicklung eines mediendidaktischen Konzeptes gewinnen.

4.2.1 BUILD UP Skills: Gewerke übergreifende Weiterbildung

Die notwendige Anzahl an Fachkräften für die energetische Gebäudesanierung will die Europäische Union durch nationale Qualifizierungsprojekte gewinnen. Diese Projekte sind Teil der "Europäischen Initiative zur Ausbildung und Qualifizierung von Arbeitskräften im Bausektor in den Bereichen Energieeffizienz und Erneuerbare Energien" (BUILD UP Skills) im Rahmen des Programms "Intelligente Energien Europa".

Hintergrund ist, dass sich die Europäische Union für ihre Klima- und Energiepolitik die Ziele gesetzt hat, bis 2020 die Treibhausgasemissionen und den Energieverbrauch um 20 Prozent zu senken und den Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch auf 20 Prozent zu erhöhen. Um diese 20-20-20-Ziele zu erfüllen, müssen die Sanierungen von Gebäuden in den kommenden Jahren stark vorangetrieben werden.⁷

Die oben genannte Initiative soll den Bedarf an Fachkräften ermitteln und darauf aufbauend nationale Qualifikations-Fahrpläne erstellen. Zur Umsetzung wurde von 2011 bis 2013 in einem ersten Projekt QUALERGY 2020 eine Qualifikationsplattform aufgebaut, worüber der

⁷ <http://www.bauinitiative.de/build-up-skills/hintergrund.html>

Bedarf an Fachkräften ermittelt werden sollte und in dem zweiten Projekt BUILD UP Skills QUALITRAIN wurden von 2013 bis 2016 konkrete Qualifikationsmaßnahmen erarbeitet.⁸ Die im ersten Projekt QUALERGY 2020 gewonnenen Erkenntnisse ergaben wichtige Hinweise für die im zweiten Projekt entwickelte Weiterbildung. Es wurde deutlich, dass Fachkräfte am Bau in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern auf einem hohen Niveau qualifiziert sind. Allerdings fehlt es auf der Baustelle oft an Verständnis für den gesamten Bau- und Sanierungsprozess, was an den Nahtstellen zwischen den Gewerken zu Problemen in der Zusammenarbeit und in der Kommunikation führen kann. In der Folge kann dies in Baumängeln resultieren. Auf diesen Erkenntnissen wurden die Ziele der Weiterbildung aufgebaut (ZDH et al. 2016, S.8).

Deshalb wurde das deutsche BUILD UP Skills-Projekt unter anderem mit dem Ziel durchgeführt, eine Gewerke übergreifende Weiterbildung anzubieten, die ein Verständnis für das Haus als System schaffen sollte und sich an Gesellen der Bau-, Ausbau und anlagentechnischen Gewerke richtete. Die Weiterbildung wurde für Handwerker als Seminarreihe in sechs thematischen Modulen durchgeführt und bestand aus 88 Unterrichtseinheiten. Für die Qualifizierung von Ausbildern wurde zusätzlich ein E-Learning-Tool angeboten. Dieses bestand aus einem E-Learning-Modul, das zur Vor- und Nachbereitung der Seminarreihe genutzt werden konnte. Umgesetzt ist das Modul durch die Darstellung eines interaktiven Gebäude-Modells und präsentiert bei Auswahl einer Nahtstelle weitere Informationen über diese. Dieses Online-Tool steht im Internet zur freien Verfügung (ZDH et al. 2016, S.9).⁹

Eine Evaluation der Weiterbildung ergab, dass der Gewerke übergreifende Ansatz gut ankam. Die konkrete Bearbeitung von Fallbeispielen zusammen mit Kollegen aus anderen Gewerken erweiterte das Wissen um Nahtstellen in Bau- und Sanierungsprozessen. Die Bedeutung der eigenen Handlungen im System Haus wurde hervorgehoben (ZDH et al. 2016, S.8).

Die Seminar-Unterlagen sind in einer gekürzten Version auf der Website des Projektes abrufbar.¹⁰

4.2.2 David: „Das virtuelle Digitalgebäude“

Auch das Projekt David „Das virtuelle Digitalgebäude“ verfolgt einen ähnlichen Ansatz. In einem 3D-Modell eines Zweifamilienhauses werden die wesentlichen Elemente des Gebäudes gezeigt sowie konstruktions- und ausführungsbedingte Zusammenhänge und häufig auftretende Nahtstellenprobleme (Mahrin et al. 2018, S.947ff.).

Auf der Baustelle können sich Handwerker über ein Tablet durch das 3D-Modell bewegen. Bei Auswahl eines Bauteils, bekommen sie Informationen dazu angezeigt sowie Nahtstellen zu anderen Gewerken. Die Bauteile verweisen auf ein umfangreiches und responsives Wiki-System mit Fachinformationen und Dokumenten. Der Kern des didaktischen Ansatzes ist der lernförderliche Bezug zwischen der Darstellung der Situation am Bau und der fachlichen Systematik. Die Nutzer wählen die gewünschte Informationstiefe selbst. Daher ist das 3D-Haus nicht zielgruppenspezifisch ausgelegt und es gibt auch keine empfohlenen Lernpfade. Das didaktische Konzept setzt auf deduktive Verstehensprozesse und auf das Prinzip des selbstgesteuerten, entdeckenden Lernens (Röll 2009, S.68ff.).

Das Modell kann so für die unterschiedlichsten Zwecke genutzt werden: zur Wiederholung, für Vor- und Nachbereitung, zum Selbsttest, für die Vorbereitung auf die Meisterprüfung, zur

⁸ Die Projekte standen unter der Leitung des Zentralverbands des Deutschen Handwerks (ZDH). Die wissenschaftliche Koordination übernahm das Forschungsinstitut für Berufsbildung im Handwerk (FBH) an der Universität Köln. Weiterhin beteiligt waren das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), die Deutsche Energieagentur (dena), das Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik (HPI) und der Zentralverband des Deutschen Baugewerbes (ZDB).

⁹ http://www.bauinitiative.de/fileadmin/user_upload/energetisches-bauen/opener.html

¹⁰ <http://www.bauinitiative.de/informationen/projekt.html>

Erweiterung von Kenntnissen oder zur Veranschaulichung im Kundengespräch (Mahrin et al. 2018, S.948f.). Eine Besonderheit des Projektes ist, dass die Anwendung über einen portablen Webserver offline nutzbar ist, da nicht auf allen Baustellen ein Internetzugang verfügbar ist (Mahrin et al. 2018, S.950).

Erste Anregungen zum Modell gab es auf der eQualification 2017 in Berlin:

- Das Handling des Modells orientierte sich an Computerspielen und war daher vor allem für geübte Nutzer leicht bedienbar, während sich andere schwer taten.
- Es wurde mehr Bild- und Tonmaterial gewünscht.
- Es wurde teilweise ein engerer Zusammenhang zwischen den Texten im Wiki und der Lernsituation gefordert, was das didaktische Modell des Selbstlernens nicht vorsah.
- Das Modell fand als Offline-Lernsystem gemischten Anklang, was die Anregung lieferte, zumindest das Wiki auch online zu stellen.

4.3 Lernen mit Online-Communities

Neben der Erstellung eines digitalen Hauses und eines Kurses soll in dem Projekt DiKraft auch eine Community aufgebaut werden. Daher werden im Folgenden zwei Projekte vorgestellt, in denen bereits Erfahrungen mit dem Aufbau von Communities gemacht wurden.

4.3.1 Projekt „E-Learning im Handwerk 2.0“

Das Projekt „E-Learning im Handwerk 2.0“ beschäftigte sich von 2009 bis 2012 mit dem Aufbau einer Online-Community für Handwerker. Es wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Europäischen Sozialfonds gefördert und am LearningLab der Universität Duisburg-Essen in Kooperation mit der Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk durchgeführt (Kerres et al. 2012, S.19).

Nach Kerres und Kollegen (2012, S.18ff.) sollten durch den Aufbau der Online-Community Ansätze des kooperativen und sozialen Lernens mit entsprechenden Lernwerkzeugen und Social Media erprobt werden, von denen es zu diesem Zeitpunkt nur sehr wenige gab. Die meisten existierenden Ansätze bezogen sich auf traditionelle didaktisch-methodischen Ansätze von Lernprogrammen wie Web Based Trainings und Computer Based Trainings. Das spiegelte die Entwicklung der Nutzung des Internets wider, die sich zu dieser Zeit gerade vom Abrufen und dem Verteilen von Informationen hin zu einer Kommunikation über soziale Netzwerke und einem Wissensaustausch in Communities entwickelte. Das Projekt zielte darauf ab, zu untersuchen, wie bisherige E-Learning-Ansätze mit Ansätzen des informellen Wissensaustauschs in Online-Communities verbunden werden können. Diesen Ansätzen liegen konstruktivistische Lerntheorien zugrunde.

Die Schwierigkeit bei der Entwicklung solcher Communities besteht nach Ansicht der Autoren darin, soziale Lernräume zu entwickeln, in denen die Lernenden mit diesem „User Generated Content“ selbst zu aktiven Wissenskonstrukteuren werden (Kerres et al. 2012, S.18).

Im Rahmen des Projektes wurde für Handwerker das Gewerke übergreifende Community-Portal www.q-online.de aufgebaut, das auf Web-2.0-Technologien basiert und bestehende E-Learning-Angebote integriert. Ein Ziel war es, E-Learning-Bausteine mit dem Wissensaustausch der Communities zu verknüpfen, wodurch das Portal zur zentralen Anlaufstelle für das Handwerk werden sollte. Das Portal richtete sich vor allem an Handwerker aus kleinen Betrieben. Für diese war es besonders schwer, einen Austausch mit Kollegen zu führen und so von neuen Trends und Erfahrungen profitieren zu können. Das Portal sollte in diesem Sinne ein niederschwelliges, kostenfreies und anbieterunabhängiges Qualifizierungsangebot darstellen und Berufsbildungsstätten des Handwerks einbinden (Kerres et al. 2012, S.19).

Ähnliche Angebote, die bis zu diesem Zeitpunkt existierten, waren spezifisch auf einzelne Gewerke ausgerichtet. Reguläre Weiterbildungen hingegen beschränkten sich nicht unbedingt auf ein Gewerk. Das betrifft beispielsweise betriebswirtschaftliche Themen wie Arbeitsrecht oder Buchhaltung, aber auch kleinere Themen wie der Einsatz bestimmter Lacke oder Erfahrungen mit einem Bauteil (Kerres et al. 2012, S.19).

Auf Lernplattformen nutzbare standardisierte Lernprogramme wurden über ein SCORM-Modul (Sharable Content Object Reference Model) in das Portal eingebunden. Zusätzlich stellten die Berufsbildungsstätten allgemeine Informationen über das Handwerk und über Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in das Portal ein (Kerres et al. 2012, S.20f.). Die Autoren beschreiben allerdings auch einige Herausforderungen in der Etablierung der Online-Community. So lag eine Herausforderung in der Aktivierung der Nutzer. Diese Aufgabe übernahmen Tutoren, die über die Online-Akademien des Handwerks gewonnen wurden. Um ein entsprechendes Engagement wertzuschätzen, wurden besonders aktiven Nutzern zusätzliche Rechte gewährt und deren Verdienste in der Gruppe sichtbar gemacht.

Eine weitere Schwierigkeit bestand darin, dass die schnell ansteigende Menge der von den Nutzern eingestellten Informationen über die Suchfunktion nur schwer auffindbar war. Das lag zum einen daran, dass die Informationseinheiten teilweise sehr klein waren. Zum anderen lag es daran, dass der Kontext der Informationen bei der Suche nicht berücksichtigt wurde. Um diesen Punkt zu verbessern, wurde ein spezieller Algorithmus für ein Empfehlungssystem entwickelt, mit dem die Informationen gefiltert werden konnten. Grundlage für die Empfehlungen bildeten die Angaben, die die Nutzer in ihren Profilen über sich machten. Um eine möglichst hohe Relevanz der Inhalte zu erzielen, wurden diese themen- und gruppenorientiert angelegt (Kerres et al. 2012, S.20).

Der Frage nach der Auffindbarkeit von Lerninhalten, widmete sich das LearningLab der Universität Duisburg-Essen seit 2010 auch in einem weiteren Projekt und entwickelte die sogenannten EduTags. Das sind browserbasierte Lesezeichen für freie Bildungsressourcen (Open Educational Resources OER), die auf einer Social Bookmarking-Plattform angelegt, verschlagwortet und mit anderen Nutzern geteilt werden können.¹¹

4.3.2 Ressourcenbasiertes Lernen am Beispiel der Online-Plattform CROKODIL

Im Projekt CROKODIL wurde ab 2010 ebenfalls eine branchen-unabhängige Online-Plattform entwickelt, die informelles Lernen, also Lernen außerhalb institutioneller Vorgaben, unterstützen sollte.¹²

Als Ausgangslage verweisen die Autoren auf einen Trend von einem rein instruktionsorientierten Lernen hin zu einem flexiblen ressourcenbasierten Lernen (Anjorin et al. 2011). Letzteres ist problemorientiert und soll zu kritischem Hinterfragen anregen. Zum Zeitpunkt des Projektbeginns nutzten immer mehr Menschen eine steigende Anzahl von Bildungsressourcen aus dem Internet. Dazu gehörten frei verfügbare Lehrmaterialien von Bildungsinstitutionen oder auch kollaborative Inhalte auf Wikis und Blogs. Ihnen ist gemeinsam, dass sie auf Sozialen Netzwerken diskutiert und geteilt werden, wodurch letzteren eine beachtliche Bedeutung im Lernprozess gewonnen haben (Anjorin et al. 2011, S.1f.). In diesen Prozessen müssen die Lernenden verschiedene Herausforderungen meistern, bei denen sie die Plattform CROKODIL technisch und didaktisch unterstützen sollte. So müssen sie Schlagworte für die Suche formulieren, relevante Websites aus den Suchvorschlägen auswählen und diese für die spätere Verwendung organisiert und strukturiert speichern.

¹¹ Das Projekt wurde gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und durch den Europäischen Sozialfonds der Europäischen Union (ESF). Bei der Entwicklung der Plattform unterstützten das Institut für Berufliche Bildung und Siemens Professional Education. <https://www.edutags.de/>

¹² <https://www.kom.tu-darmstadt.de/research-results/projects/bmbf-crokodil/>

Bis zum Zeitpunkt des Projektbeginns boten derartige Lernsysteme zum Großteil keine didaktische Unterstützung. Technisch orientierte Systeme wie die klassischen „Learning Management Systems“ (LMS) wurden wiederum hauptsächlich in institutionellen Kontexten angeboten. Für ressourcenbasiertes Lernen nutzten die Anwender meistens verschiedene Werkzeuge, wie zum Beispiel Suchmaschinen, Lesezeichen im Browser oder Textverarbeitungsprogramme. Kaum verwendet wurden hingegen Programme zur Literaturverwaltung wie Citavi oder Plattformen für Social Bookmarking wie Delicious (Anjorin et al. 2011, S.3f.).

Das Projekt CROKODIL hatte zum Ziel, eine ganzheitliche Lösung anzubieten. Daher wurden pädagogische Konzepte für kollaboratives ressourcenbasiertes Lernen entwickelt und auf einer neuartigen Lernplattform umgesetzt (Anjorin et al. 2011, S.4). Den Lernenden sollten Fähigkeiten vermittelt werden, die sie in die Lage versetzen, innerhalb von Bildungseinrichtungen selbstgesteuert mit Ressourcen aus dem Internet zu lernen. Dazu musste diese Art des Lernens eingeführt werden. Das konnte zum Beispiel mit einer Frage geschehen, deren Antwort die Lernenden selbst recherchieren mussten oder auch mit der Bearbeitung einer umfangreicheren Aufgabe zu einem bestimmten Thema. Um diese Art des Lernens in das traditionelle instruktionsorientierte Lernen innerhalb von Institutionen zu integrieren, wurde die CROKODIL-Plattform mit einem Learning Management System gekoppelt.

Eine Besonderheit der Plattform war, dass Tutoren die Inhalte in pädagogische Einheiten, sogenannte Aktivitäten, einteilen konnten. Innerhalb der Aktivitäten stellten sie Aufgaben und überwachten die Teilnahme. Dabei berücksichtigten sie Lernziele der Nutzer. Die Lernenden konnten die Aktivitäten hierarchisch in Subaktivitäten strukturieren, was ihnen, einer Evaluation zufolge, jedoch schwerfiel. Daher stellten die Tutoren Richtlinien zur Verfügung. Die Lernenden konnten zudem gemeinschaftlich an einer Aktivität arbeiten und darüber diskutieren und sie konnten der Aktivität Ressourcen zuordnen und diese mit Schlagworten versehen. Beim Speichern, Beschreiben und Teilen der Ressourcen bekamen sie Unterstützung. Für das leichtere Sammeln der Ressourcen wurde beispielsweise ein Add-On für den Firefox-Browser entwickelt, das Websites oder Ausschnitte davon speichern und verschlagworten konnte. Als Ergebnis einer Aktivität entstanden meist Dokumente (Anjorin et al. 2011, S.7ff.).

Die Plattform konnte auch als soziales Netzwerk zum Lernen genutzt werden, indem sich jeder Nutzer über sein Profil mit anderen verbinden und Lerngruppen aufbauen konnte. Dabei halfen ein Text-Chat und Diskussionsforen. Informationen wie die Enge der Bindungen aus dem Netzwerk, das Nutzen von Schlagworten, von Ressourcen und Aktivitäten wurden über ein zugrunde liegendes semantisches Netzwerk ausgewertet und für ein Empfehlungssystem genutzt, um den Lernenden für sie passende Ressourcen vorzuschlagen (Anjorin et al. 2011, S.11).

4.4 Dokumentation von Arbeitsprozessen am Beispiel der App „Verputzen von Wänden“

Auf einer Baustelle müssen Handwerker häufig angemessene Entscheidungen treffen. Bei Fragen zu fachlichen Zusammenhängen, die in solchen Situationen auftauchen, soll die App „Verputzen von Wänden“ die Zielgruppe der Auszubildenden von Baugewerken beim Lernen unterstützen (Mahrin et al. 2018, S.964ff.). Die App ist „über die üblichen Portale“ (Mahrin et al. 2018, S.965) verfügbar und dokumentiert den Arbeitsprozess. Die Autoren vermuten ebenfalls eine Nutzung der App durch interessierte Laien. In der App stellen Abbildungen mit kurzen, gut gegliederten Texten die theoretischen Inhalte dar. Dabei wurde auf eine leichte Verständlichkeit geachtet. Die arbeitspraktischen Inhalte werden hingegen anhand kurzer Videos dargestellt. Dabei zeigt jedes Video einen Arbeitsschritt.

Das verwendete didaktische Konzept wurde ursprünglich für eine Workshop-Reihe im Iran entwickelt. Diese richtete sich an Bauarbeiter aus Drittländern, die zum Großteil funktionelle Analphabeten waren. Das führte zu Schwierigkeiten in der Kommunikation auf der Baustelle,

wodurch die Vermittlung von Kompetenzen schwierig war. Statt einem Wissen, das auf Verständnis basiert, wurden Fakten vermittelt. Die Arbeiter sollten zudem Erfahrungen über die korrekte Arbeitsausführung sammeln (Mahrin et al. 2018, S.965).

Verlässliche Ergebnisse zu dem Projekt liegen bisher nicht vor, aber einzelne Einschätzungen von Auszubildenden aus überbetrieblichen Berufsbildungszentren lassen darauf schließen, dass Medien wie die App eine gute Ergänzung für didaktisch strukturierte Angebote sind, vor allem zur individuellen Prüfungsvorbereitung. Zudem gibt es positive Kommentare in den Online-Stores, ohne dass dies sich jedoch in den Downloadzahlen niederschlägt (Mahrin et al. 2018, S.966).

4.5 Produktion von Erklärfilmen als Lernkonzept für Berufsschulen (Projekt „kfz4me“ des Hönne Berufskollegs in Menden)

Videos können nicht nur Zuschauern Wissen vermitteln, sondern auch die Videoproduktion kann einen fachdidaktischen Zweck erfüllen. Im Projekt „kfz4me“ des Hönne Berufskollegs in Menden produzieren Auszubildende zum KFZ-Mechaniker ein bis zwei Minuten lange Erklärfilme, um ihre Fach- und Medienkompetenz sowie Ausdrucks- und Schreibfähigkeit zu verbessern.¹³ Die Filme werden als „Open Educational Resources“ (OER) auf YouTube veröffentlicht und können so im Flipped Classroom genutzt werden.¹⁴

Für Jugendliche sind Technikvideos auf YouTube eine häufig genutzte Informationsquelle, vor allem dann, wenn die benötigten Informationen nicht über ein Werkstattinformationssystem abgerufen werden können. Das ergab eine Online-Befragung unter 100 Auszubildenden des Hönne Berufskollegs in Menden. Diese gaben an, solche Erklärvideos mehrmals pro Woche oder sogar täglich als Anleitung zu nutzen, um Reparaturen durchzuführen. Besonders nützlich waren die Videos bei Prozessen, die vorher nicht geübt werden konnten.¹⁵

Um die Auszubildenden an die Produktion von Erklärfilmen heranzuführen, entwickelte das Hönne Berufskolleg ein eigenes Format, dessen Grundlage ein designorientiertes Lernkonzept ist. Dieses didaktische Konzept setzt auf eine gestalterische Auseinandersetzung mit Fachthemen. So wird Medienkompetenz ganzheitlich als Teil der Sachkompetenz entwickelt. Ziel ist es, die Jugendlichen für die Herausforderung der Digitalisierung fit zu machen.¹⁶

Folgendes Zitat auf der Website des Projektes¹⁷ gibt dieses Ziel wieder:

„The Industrial Age conception of education as a process of mass production—in which learners all study the same thing at the same time and are assessed in the same way—is no longer adequate in the Information Age.“ (Reigeluth et al. 2016, im Vorwort zum Sammelband)

Neben der Sach- und Medienkompetenzentwicklung kann die Produktion von Erklärvideos auch dazu dienen, Lernergebnisse für sich selbst und andere zu sichern. Mahrin und Kollegen (2018, S.953ff.) stellen die Videoproduktion mit Smartphones unter anderem im Berufsschulunterricht des Elektrobereichs vor.

Vorteil für die Lernenden ist dabei, dass sie selbst aktiv die Lerninhalte zusammenfassen. Im Sinne eines selbstgesteuerten Lernens und konstruktivistischer Lerntheorien visualisieren sie dabei Konzepte, Prozesse und Probleme und reduzieren ein komplexes Thema auf das Wesentliche. Nach Wolf (2015) sind besondere Eigenschaften von Erklärvideos:

¹³ <https://youtu.be/38xJ-kxyW60>

¹⁴ <https://www.youtube.com/user/kfz4metube/>

¹⁵ <http://designorientierung.blogspot.com/2018/06/v-behaviorurldefaultvmlo.html>

¹⁶ <http://designorientierung.de/konzept/>

¹⁷ <http://designorientierung.de/>

1. Thematische Vielfalt
2. Gestalterische Vielfalt
3. Informeller Kommunikationsstil mit fehlertoleranter, positiver Lernatmosphäre
4. Diversität der Autorenschaft von Personen mit Laien- und Expertenstatus

Besonders häufig werden dabei Lege-Videos verwendet, bei denen gezeichnete Figuren Inhalte visualisieren und ein erklärender Text dazu gesprochen wird. In den ein bis drei Minuten langen Videos wird das Konzept des Storytellings verwendet, indem das Thema in eine personalisierte Geschichte eingebunden wird. Die Inhalte sollen so besser im Gedächtnis haften bleiben (Robin 2008, S.224).

Auszubildende können bei der Videoproduktion ihr Verständnis des Lernstoffs vertiefen und ihre technische und gestalterische Medienkompetenz verbessern. Durch die Rezeption weiterer Videos aus der Lerngruppe erhalten sie einen Überblick über andere Bereiche des Lernstoffs (Mahrin et al. 2018, S.954).

Begründet wird die Lernwirksamkeit von Erklärvideos durch zwei Prinzipien. Zum einen lässt die Kombination von gesprochenem Text und bewegtem Bild das Gehirn Informationen besser abspeichern. Zum anderen nehmen die Auszubildenden in der Videoproduktion eine aktive Lehrrolle ein, was dem Prinzip „Lernen durch Lehren“ folgt und im Sinne der konstruktivistischen Lerntheorie steht. Der Entstehungsprozess der Erklärvideos ist also das Ziel. In einer Lerngruppe können die Videos gemeinsam reflektiert werden (Mahrin et al. 2018, S.953ff.).

4.6 Augmented Reality in E-Learning-Projekten

Neben dem Einsatz von Videos sind Augmented Reality (AR) und Virtual Reality weitere Trends im Bereich E-Learning. VR bezeichnet ein Computersystem, das mittels Hard- und Software eine Virtuelle Welt simuliert (Dörner et al. 2013, S.7; bzw. Mahrin et al. 2018, S.960). Zum Simulationsmodell gehören Objekte und deren Verhaltensbeschreibung und Anordnung im Raum. Aktuelle Modelle werden mittels Head-Mounted Displays (HMD) dargestellt, sogenannten Daten-Brillen. Durch diese kann die virtuelle Umgebung unter Anwendung eines stereoskopischen Effekts betrachtet werden. Das heißt, dass sich vor jedem Auge ein kleines Display befindet und dem linken und rechten Auge jeweils zweidimensionale Bilder aus leicht abweichenden Betrachtungswinkeln gezeigt werden, wodurch ein räumlicher Eindruck entsteht. Optimiert wird dieser Eindruck durch das Head-Tracking. Bei Google Cardboard leistet dies das Smartphone, das mit seinen Lagesensoren die Darstellung der virtuellen Umgebung an die Blickrichtung des Nutzers anpassen kann. Der stereoskopische Effekt wird hierbei durch spezielle Linsen in der Halterung erzeugt (Mahrin et al. 2018, S.960).

Diesen Technikformen ist gemeinsam, dass mit ihnen reale oder digitale Objekte mit weiteren digitalen Elementen wie zum Beispiel Text angereichert werden können. Das ist besonders für Bereiche interessant, in denen eine Orientierung im Raum das Verständnis bestimmter Funktionsweisen und Prozesse erleichtert. In Bezug auf AR und VR findet diese Orientierung selbstgesteuert statt. Im Handwerk lassen sich so beispielsweise Maschinen erklären oder bauliche Veränderungen an Gebäuden dokumentieren, um Reparaturen zu erleichtern. Die Techniken können ebenfalls verwendet werden, um Kunden bestimmte Produkte oder Dienstleistungen wie zum Beispiel ausgebaute Räume zu präsentieren (Mahrin et al. 2018, S.963f.). Die Lehrenden verlassen in AR und VR immer mehr ihre klassische Rolle als Wissensvermittler und entwickeln sich zu Gestaltern von Lernwelten.¹⁸

¹⁸ <http://www.social-augmented-learning.de/>

Nach Mahrin und Kollegen (Mahrin et al. 2018, S.958ff.) werden sich VR-Apps in den kommenden Jahren etablieren. Schon jetzt lassen sie sich für mobile Endgeräte ohne großen technischen und finanziellen Aufwand erstellen. Genutzt wird dafür entweder eine 360-Grad-Kamera oder eine 360-Grad-Panorama-App für das Smartphone in Kombination mit Google Cardboard. Als Software bietet sich eine Entwicklungsumgebung wie beispielsweise Unity3D an. Diese lässt sich kostenfrei und ohne Programmierkenntnisse bedienen und es werden Tutorials zur Anwendung angeboten. In der Entwicklungsumgebung werden die Kugelpanoramen mit einer Audioaufnahme zu einer App zusammengeführt. Die Erstellung eigener 3D-Apps kann dabei ähnlich wie die Produktion von Erklärvideos im Unterricht eingesetzt werden, um die Fach- und Medienkompetenz zu erweitern.

Die Autoren erprobten in mehreren Workshops ein Unterrichtskonzept und erhielten erste Ergebnisse (Mahrin et al. 2018, S.963f.). Kugelpanoramen konnten dabei leicht und intuitiv erstellt und betrachtet werden. Sie lassen sich gut über soziale Netzwerke teilen. Die Benutzeroberfläche von Unity3D hingegen war nicht intuitiv bedienbar und bei Verwendung leistungsschwacher Computer kam es zu Wartezeiten.

Technisch weniger aufwändig und daher leichter umzusetzen als Virtual Reality (VR) ist Augmented Reality (AR). Das Projekt „Social Augmented Learning“ erprobte zwischen 2013 und 2016 das Thema Augmented Reality im Bereich E-Learning und verfolgte das Ziel, neue Lernformen für den Druckbereich zu entwickeln.¹⁹ Dazu wurde in einer App eine Lernumgebung bereitgestellt, die in drei Modi genutzt werden konnte: Lernen, Präsentieren und Bearbeiten. Der Modus „Lernen“ zeigte die im Inneren von Druckmaschinen verborgenen Bauteile und erweiterte diese um digitale Elemente. Die Zielgruppe der Auszubildenden konnte so die Bauteile selbstgesteuert und interaktiv erkunden ohne in laufende Produktionsprozesse einzugreifen. Ergänzt wurde dies durch interaktive Übungen an einer virtuellen Druckmaschine. Im Modus „Präsentieren“ konnten Lehrende Lerngruppen erstellen, in denen sich die Auszubildenden austauschen konnten. Diese waren mit sozialen Netzwerken und der eigenen Mediencommunity gekoppelt. Im Modus „Bearbeiten“ konnten Lehrende mit einem umfangreichen Autorenwerkzeug eigene Lernmodule erstellen.²⁰

Mit der App konnten beispielweise Bedien-, Service- und Wartungssituationen mobil simuliert und Aufgaben gelöst werden. Inhaltlich entstanden im Projekt vier Module. Die jeweils dazu veröffentlichten Handbücher können auf der Website des Projektes heruntergeladen werden.²¹

Das Projekt wurde von 2016 bis 2017 zu einer Virtual Reality Lernumgebung weiterentwickelt, in der Lernende Arbeitsprozesse an einer virtuellen Druckmaschine erleben können, wodurch der Spaß am Entdecken komplexer Maschinen gesteigert und handlungsorientiertes Lernen gefördert werden sollte.²²

Rückmeldungen im Verlauf des Projektes betonten die Vorteile durch die selbst steuerbare Visualisierung von Prozessabläufen und die Motivationssteigerung durch die AR. Am Ende des Projektes wurde daher 2016 eine vergleichende Erprobung zwischen der App und einem konventionellen Lernszenario durchgeführt. Dabei erarbeitete sich eine Experimentalgruppe die Inhalte des dritten Lernmoduls „Lackieren“ mit der App, mit Internetressourcen und Aufgabenblättern, während eine Kontrollgruppe an einem konventionellen Unterricht mit einer

¹⁹ <http://www.social-augmented-learning.de/about/>

²⁰ <http://www.social-augmented-learning.de/sal-app/>

²¹ <http://www.social-augmented-learning.de/sal-app/>

²² <http://www.social-augmented-learning.de/>

PowerPoint-Präsentation, Aufgabenblättern und Fachbüchern teilnahm. Anschließend wurde in beiden Gruppen eine Leistungskontrolle durchgeführt.²³

In einer späteren Feedbackrunde gaben die Schüler an, dass sie das Lernen mit der App dem konventionellen Unterricht vorzögen. Einzig die Fachbücher wurden vermisst und die Internetnutzung wurde als umständlich bewertet. Probleme gab es bei Verlinkungen innerhalb des Moduls, wobei offenbar nicht alle Schüler erkannt hatten, dass sie alle Inhalte ansteuern konnten, wenn sie das Modul linear durcharbeiten. Hieraus schlossen die Autoren, dass es von Vorteil ist, die Module in noch kleinere Einheiten zu unterteilen, um Orientierungsproblemen vorzubeugen. Die Schüler gaben zudem an, Unsicherheiten bezüglich der Nutzung der korrekten Fachbegriffe in der Lernkontrolle zu haben.²⁴

Die Auswertung der Leistungskontrolle ergab, dass die Experimentalgruppe trotz geringerem Vorwissen zum Thema mit im Schnitt 19,1 von 24 möglichen Punkten besser abschnitt als die Kontrollgruppe mit im Schnitt 16,6 Punkten. Vor allem Azubis mit dem Schwerpunkt Bogenoffset schnitten schlecht ab. Sie verfügten zum einen über besonders großes Vorwissen und befanden sich zum anderen alle in der Kontrollgruppe. Es kann also auch fehlende Motivation eine Rolle gespielt haben, wobei offen bleibt, ob sie bei Nutzung der App besser abgeschnitten hätten. Insgesamt führten die Autoren 16 Erprobungen durch und leiteten folgendes daraus ab²⁵:

- Die App führte zu einer deutlichen Motivationssteigerung bei Lehrenden und Lernenden
- Die Visualisierung von Prozessen innerhalb der Maschine wurde als bedeutend bewertet
- Sollen die Lehrenden das Autorenwerkzeug nutzen, müssen sie intensiv eingearbeitet und betreut werden
- Die Autoren gehen von einem nachhaltigen Wissensaufbau durch die App aus

4.7 Zusammenfassung

Für das Lernen mit mobilen Endgeräten im Handwerk lassen sich unter Betrachtung der vorgestellten Projekte folgende Trends zusammenfassen:

- Generell gibt es einen Trend zu selbstgesteuertem, handlungsorientiertem Lernen im Sinne konstruktivistischer Lerntheorien und zu flexiblem, ressourcenbasiertem Lernen.
- Hierfür werden Open Educational Resources (OER) immer wichtiger.
- Ein designorientierter Ansatz kann für die gestalterische Auseinandersetzung mit Fachthemen interessant sein und beinhaltet die Entwicklung von Medienkompetenz als Teil von Sachkompetenz.
- Das Lernen geschieht im laufenden Arbeitsprozess, da auch die Digitalisierungsprozesse durch Industrie 4.0 immer stärker an Arbeitsprozesse heranrücken.
- Daher spielen kurze und übersichtliche „Learning Nuggets“ eine immer größere Rolle.
- Dies sind vor allem kurze Erklärvideos und Bilder und knappe, gut verständliche Texte.
- Selbst erstellte Dokumentationen von Arbeitsprozessen spielen ebenfalls eine immer größere Rolle. Dies kann in dafür programmierte Apps geschehen, aber auch mit selbst erstellten Erklärvideos.

²³ <http://www.social-augmented-learning.de/digitales-lernen-im-vergleichstest/>

²⁴ <http://www.social-augmented-learning.de/digitales-lernen-im-vergleichstest/>

²⁵ <http://www.social-augmented-learning.de/digitales-lernen-im-vergleichstest/>

- Zunehmend werden dafür auch immer mehr VR-Apps eingesetzt, vor allem als 360-Grad-Kugelpanoramen oder -Videos, die zu einer Motivationssteigerung bei Lernenden und Lehrenden führen.
- Erklärvideos werden auch verwendet, um im Sinne der konstruktivistischen Lerntheorie selbst Gelerntes zu dokumentieren und anderen zur Verfügung zu stellen.
- Erklärvideos werden von diversen Autorengruppen erstellt – vom Laien zum Experten und zeichnen sich durch einen informellen Kommunikationsstil mit fehlertoleranter, positiver Lernatmosphäre aus.
- Durch einen immer größeren Trend hin zu selbstbestimmtem Lernen ändert sich auch die Rolle der Lehrenden vom Wissensvermittler hin zum Wissensmoderator bzw. Tutor.
- „User Generated Content“: Lehrende und Lernende werden selbst zu aktiven Wissenskonstrukteuren.
- In diesem Zuge spielen auch der Austausch und das Lernen in Online-Communities eine immer stärkere Rolle.

Das Lernen im Handwerk geschieht allerdings oft auch implizit durch die Nutzung von Apps, die nicht explizit für Lehrzwecke erstellt wurden, zum Beispiel dynamische Arbeitsanleitungen, Berechnungshilfen oder Dokumentationsprogramme (Mahrin et al. 2018, S.967f.). Die Autoren rechnen mit einem weiteren Schub für mobiles Lernen in den nächsten Jahren, da zum einen mobile Anwendungen zunehmend in digitale Lernsysteme integriert werden und zum anderen mobile digitale Systeme zunehmend zum Gegenstand handwerklicher Arbeit werden, zum Beispiel Smart Metering Systeme oder vernetzte dezentrale Energieerzeuger (siehe Kapitel 3). Diese müssen durch das Handwerk installiert und gewartet werden. Durch die zunehmende Digitalisierung verändern sich Arbeitsabläufe im Handwerk, wodurch zusätzliche IT-bezogene Querschnittskompetenzen notwendig werden.

Bisher ist die Akzeptanz mobiler Lernangebot im Handwerk jedoch noch nicht weit fortgeschritten. Ein Grund könnte sein, dass mobile Endgeräte noch nicht als „Bestandteil des eigenen Werkzeugkoffers“ (Mahrin et al. 2018, S.967) empfunden werden, obwohl sie häufig zur Unterstützung der Arbeit eingesetzt werden (siehe auch Kapitel 3). Ein anderer Grund könnte darin liegen, dass das Handwerk sehr traditionell orientiert ist und die Vorstellung von Lernen sich vor allem auf Lehrgänge bezieht, wie zum Beispiel die lange Erstausbildung und die Fort- und Weiterbildungen mit aufwändigen Meistervorbereitungen und Fachkraftschulungen.

5 Implikationen für das Projekt

Wie die Erläuterungen in Kapitel 2 gezeigt haben, spielt die energetische Gebäudesanierung eine wichtige Rolle für die Energiewende im Gebäudebereich. Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu realisieren. Um dieses Ziel zu erreichen, muss nicht nur die jährliche energetische Sanierungsrate gegenüber dem heutigen Stand verdoppelt werden, sondern auch die Einbindung und Nutzung von regenerativen Energiequellen muss im Rahmen der Sanierungsvorhaben mit eingeplant und implementiert werden. Dies legt nahe, dass in Zukunft weitaus mehr Facharbeiter erforderlich sind um dieses Arbeitspensum zu meistern. Es ist jedoch nicht nur der Mangel an Fachkräften, der sich im Bereich der energetischen Gebäudesanierung immer mehr bemerkbar macht, sondern auch mangelnde Fach- und Gewerke übergreifende Kompetenzen. Die Anforderungen und Aufgaben im Bereich der energetischen Gebäudesanierung unterliegen einem ständigen Wandel. Laufend kommen neue Technologien und Prozesse auf den Markt, die es in den Arbeitsalltag und in den Bauprozess zu integrieren gilt. Wie aus Kapitel 2.4 hervorgeht sind an einem Bauvorhaben viele unterschiedliche Gewerke beteiligt. Eine wesentliche Voraussetzung für ein erfolgreiches Sanierungsvorhaben ist eine reibungsfreie Kommunikation und Zusammenarbeit aller am Bauvorhaben Beteiligten. Einzelne Komponenten betreffende Sanierungsmaßnahmen müssen immer in Abhängigkeit von weiteren Sanierungsmaßnahmen betrachtet werden. Die Sanierungsmaßnahmen beeinflussen sich meist gegenseitig und die Reihenfolge sollte gut durchdacht sein, um Reibungsverluste oder gar Lock-in-Effekte zu vermeiden. Das Haus muss zunehmend als Gesamtsystem betrachtet werden. Einen weiteren großen Stellenwert bei der energetischen Gebäudesanierung nehmen neben den technischen Leistungen die Beratungs- und Serviceleistungen ein, die ebenfalls als Nahtstelle betrachtet werden können. Eine umfassende und fundierte Beratung bildet den Grundstein für eine erfolgreiche energetische Gebäudesanierung. Es ist also bereits im Bereich der Beratungsleistungen zwingend erforderlich, die einzelnen Maßnahmen nicht getrennt voneinander sondern im Gesamtzusammenhang bzw. Gesamtprojekt zu betrachten und zu planen. Im Idealfall führen die involvierten Gewerke bereits hier ihre Kenntnisse zusammen und stellen sie in umfassender und hochwertiger Form, z. B. in geeigneten Stufenplänen, in den Beratungsleistungen dem Kunden zur Verfügung. Da Handwerker zudem häufig Zugang zu den privaten Wohngebäuden und zur Anlagentechnik bekommen, sollten diese bezüglich der Schnellerkennung der Sanierungsbedürftigkeit und großer energetischer Einsparmöglichkeiten von/bei Gebäuden und der Anlagentechnik sensibilisiert werden. Es sollten daher vermehrt Fortbildungen bzw. Schulungen für Handwerker angeboten werden, die folgende Aspekte abdecken:

- Gewerke übergreifende Kompetenzen: Das Haus muss als Gesamtsystem betrachtet werden, Einzelne Sanierungsmaßnahmen müssen im Kontext des gesamten Sanierungsvorhabens gesehen werden
- Kompetenzen im Bereich Smart Home: Integration und Anwendung von Technologien und Diensten zur Steigerung der Energieeinsparung, des Wohnkomforts sowie der Sicherheit
- Beratung der Hauseigentümer und Bewohner
 - zur Sensibilisierung bezüglich der Sanierungsbedürftigkeit von Gebäuden und der Anlagentechnik
 - bezüglich möglicher Finanzierungsmodelle für eine energetische Sanierung und den Einsatz Erneuerbarer Energien
 - zu vorhandenen Förderprogrammen für die energetische Sanierung und Neubau

- zum Präventionsnutzen von Sanierungsmaßnahmen: Adaptionkosten in der Zukunft sind deutlich höher, als die Vermeidungskosten bzw. Sanierungskosten
- neue Geschäftsmodelle: Einführung in Finanzierungsmodelle wie Contracting für energetische Sanierung und für den Einsatz erneuerbarer Energien sowie die Anleitung zur Integration dieser in das Angebotsspektrum des Handwerksbetriebs als zusätzliches Geschäftsfeld.
- Vermittlung der Bedeutung und des Stellenwert des Handwerks für den Klimaschutz bzw. seines Beitrags zur Zielerreichung einer klimaneutralen Region Karlsruhe bis 2050.

Die Ausführungen zu *Digitalisierung im Handwerk* (Kapitel 3) haben gezeigt, dass digitale Technologien viele Chancen für innovationsorientierte Betriebe bieten. Der Einsatz von IKT für Kommunikation und Projektmanagement sowie der Einsatz von digitalen Messinstrumenten gehört bereits heute zu den Grundlagen im Handwerk. Dennoch gibt es Defizite bei der Ausstattung der Betriebe, bei der Qualifikation der Facharbeiter und bei der Innovationsoffenheit. Auch, wenn die Bedeutung von Digitalisierung für das Handwerk als hoch eingeschätzt wird, führen vielfältige Hemmnisse dazu, dass der Digitalisierungsprozess nur langsam vorangeht. Für die Erarbeitung von E-Learning Tools zur Adressierung von Nahtstellen in der energetischen Gebäudesanierung wurden folgende Implikationen herausgearbeitet:

- Es sollte geprüft werden, ob digitale Lernmedien durch analoge Angebote und Arbeitsmittel, zum Beispiel einer Präsenz-Veranstaltung ergänzt werden könnten
- Smart Home und Internet of Things spielen eine große Rolle im Bereich Handwerk 4.0 und sollten dadurch auch einen hohen Stellenwert bei der Entwicklung der Inhalte bekommen. Da sehr spezifische Thematiken und Herausforderungen damit einhergehen, sollte dies von herkömmlichen Thematiken getrennt behandelt werden.
- Da Weiterbildung aktuell noch „stark individualisiert und eigeninitiativ gesteuert“ ist, sollte das Ziel sein, die Unternehmensführung dafür zu gewinnen, ihren Mitarbeiter das entwickelten E-Learning Tool zu empfehlen.

Wie sollte ein Lernangebot gestaltet sein?

- Es sollte Relevanz für die berufliche Entwicklung bieten.
- Es sollte eine umfassende Weiterbildung im Themengebiet ermöglichen.
- Zusätzlich sollte es eine Wissenserweiterung zu einzelnen Fachthemen bieten, die aufgabenorientiert und fachbezogen ist.
- Es sollte in Form von kurzen Learning Nuggets zu individuell bevorzugten Fachthemen gestaltet sein.
- Es sollte eine situative und problembasierte Unterstützung im Arbeitskontext bieten
- Hierzu ist die konkrete Bearbeitung von Fallbeispielen zusammen mit Kollegen aus anderen Gewerken vorteilhaft.
- Es soll Austauschmöglichkeiten zu einzelnen Themen bereitstellen, sowohl asynchrone Formate (z. B. Internetforen) als auch synchrone und interaktive Formate (z. B. Webinare).
- Es sollte eine performante Suche und einen schnellen Online-Zugriff auf die Lernmedien bieten.
- Phasen höchster Konzentration bei arbeitsintegriertem Lernen sollten kurz bleiben und Lerneinheiten sollten darin abgeschlossen werden können.
- Sofern möglich, sollte für offiziell genehmigte Zeitfenster für das Lernen im Arbeitskontext gesorgt werden.

Wie sollten Inhalte vermittelt werden?

- Texte sollten kurz und gut gegliedert sein.
- Inhalte sollten leicht verständlich sein.
- Zur Nutzung von Autorenwerkzeugen müssen Lehrende intensiv eingearbeitet und betreut werden.

Wie sollten Videos eingesetzt und gestaltet werden?

- Darstellung von praktischen Beispielen in einem situativen Kontext, vor allem solche, die vorher nicht geübt werden können.
- Jedes Video sollte einen Arbeitsschritt zeigen.
- Videos können auch dazu dienen, Lernergebnisse für sich selbst und andere zu sichern.
- Kurze Videos von etwa ein bis drei Minuten werden besser angenommen.

Wie sollte ein interaktives Gebäude umgesetzt werden?

- Der didaktische Ansatz ist der lernförderliche Bezug zwischen der Darstellung der Situation am Bau und der fachlichen Systematik.
- Ein solches Modell muss daher nicht zielgruppenspezifisch ausgelegt sein und keine empfohlenen Lernpfade aufweisen.
- Es sollte zur Veranschaulichung im Kundengespräch dienen können.
- Es sollte als Online-Lernsystem angelegt sein.
- Es sollte vor allem auf Bild- und Ton-Material setzen.
- Es sollte ein einfaches Handling bieten.

Was sollte für die Etablierung einer Community beachtet werden?

- Ein Empfehlungssystem sollte vorhanden sein.
- Inhalte sollten themen- und gruppenorientiert angelegt sein, um eine hohe Relevanz in der Suche zu erzielen.
- Es sollte Richtlinien zur Strukturierung von Inhalten geben.

Was gibt es beim Einsatz von AR und VR zu beachten?

- Mit dieser Technik sollten Prozesse visualisiert werden, vor allem wenn diese sonst unsichtbar sind.
- Die Prozesse sollten selbst gesteuert werden können.

6 Glossar

A

App

Der Begriff App bezieht sich ursprünglich auf jede Art von Anwendungssoftware für mobile Betriebssysteme. In diesem Bericht wird der Begriff App, wie im deutschen Sprachgebrauch oft üblich, für Anwendungssoftware für Smartphones und Tablets gleichgesetzt.

Augmented Reality (AR)

Unter Augmented Reality oder auch erweiterter Realität versteht man die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung.

B

Bogenoffset

Bogenoffset bezeichnet ein spezielles Druckverfahren.

E

Energiespar-Contracting

Beim Energiespar-Contracting erbringt ein spezialisierter Dienstleister (Contractor) energierelevante Leistungen mit dem Ziel, den Energiebedarf bzw. Energieverbrauch des Gebäudes zu senken. Dabei werden insbesondere Sanierungsmaßnahmen durch den Contractor geplant, umgesetzt, betrieben, kontinuierlich optimiert und finanziert. Für seine Dienstleistungen und die getätigten Investitionen erhält er einen Teil der Einsparungen und refinanziert so seinen Aufwand. Der andere Teil der Einsparungen bleibt dem Gebäudeeigentümer als Gewinn. ((Energieagentur Rheinland-Pfalz))

F

Flipped Classroom

Als flipped Classroom (auf deutsch umgedrehter Unterricht) versteht man eine Unterrichtsmethode des integrierten Lernens in der die Hausaufgaben und die Stoffvermittlung vertauscht werden, so dass die Lerninhalte zu Hause von den Schülern erarbeitet werden und die Anwendung in der Schule geschieht.

G

Google Cardboard

Das Google Cardboard bezeichnet eine Halterung aus Karton, welche aus Smartphones eine Virtual-Reality-Brille machen kann.

H

Handwerk 4.0

Hinter dem Begriff Handwerk 4.0 steckt die intelligente Vernetzung und somit die Automatisierung von Maschinen, Prozessen und Produkten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.

I

Industrie 4.0

Unter dem Begriff Industrie 4.0 versteht man die intelligente Vernetzung und somit die Automatisierung von Maschinen, Prozessen und Produkten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg.

Internet of Things (IoT)

Das Internet of Things oder auf Deutsch Internet der Dinge ermöglicht eine direkte, selbstständige Echtzeitkommunikation zwischen Maschinen und Objekten. Aufgrund ihrer Ausstattung mit Sensoren, Datenspeichern und Programmen können Maschinen autonome Entscheidungen treffen und Handlungen auslösen. Somit kann beispielsweise der Sonnenschutz automatisch heruntergefahren werden, wenn die Sonneneinstrahlung zu hoch ist. Das Internet der Dinge ist somit von großer Bedeutung für Gebäudeautomation und das so genannte Smart Home.

L

Lock-in-Effekte

Lock-in-Effekte bezeichnen Entscheidungen bzw. Umsetzungen, welche eine weitere Verbesserung oder die Erreichung eines Ziels erschweren oder gar verhindern.

N

Nahtstelle

Situationen auf der Baustelle, bei denen mindestens zwei Gewerke aufeinandertreffen (häufig auch als ‚Schnittstelle‘ bezeichnet).

O

Open Educational Resources (OER)

Open Educational Resources sind Bildungsmaterialien jeglicher Art und in jedem Medium, die unter einer offenen Lizenz veröffentlicht werden. Eine solche offene Lizenz ermöglicht den kostenlosen Zugang sowie die kostenlose Nutzung, Bearbeitung und Weiterverbreitung durch Andere ohne oder mit geringfügigen Einschränkungen. Open Educational Resources können einzelne Materialien aber auch komplette Kurse oder Bücher umfassen. Jedes Medium kann verwendet werden. Lehrpläne, Kursmaterialien, Lehrbücher, Streaming-Videos, Multimediaanwendungen, Podcasts – all diese Ressourcen sind OER, wenn sie unter einer offenen Lizenz veröffentlicht werden. (Quelle: <https://open-educational-resources.de/was-ist-oer/>).

Ortgang

Als Ortgang bezeichnet man den Dachabschluss an der Giebelseite .

R

Responsivität

Responsives Webdesign stellt eine aktuelle Technik zur Verfügung, welche es ermöglicht mit Hilfe von HTML5 und CSS3 Media-Queries das einheitliche Anzeigen von Inhalten auf einer Website zu gewährleisten. Hierbei wird das Layout einer Website so flexibel gestaltet, dass dieses auf dem Computer- Desktop, Tablet und Smartphone eine gleichbleibende Benutzerfreundlichkeit bietet und der Inhalt gänzlich und schnell vom Besucher aufgenommen werden kann. (Quelle <https://www.responsive-webdesign.mobi/was-ist-responsive-webdesign/>).

S

Smart Grid

Das konventionelle Elektrizitätsnetz wird zu einem Smart Grid, wenn es durch Kommunikations-, Mess-, Steuer-, Regel- und Automatisierungstechnik sowie IT-Komponenten aufgerüstet wird. Im Ergebnis bedeutet ‚smart‘, dass Netzzustände in Echtzeit erfasst werden können und Möglichkeiten zur Steuerung und Regelung der Netze bestehen, so dass die bestehende Netzkapazität tatsächlich voll genutzt werden kann.

Smart Home

In einem Smart Home sind die gebäudespezifischen Anwendungsbereiche (von der Licht- bis zur Heizungssteuerung) vollständig oder teilweise miteinander vernetzt. Leistungen im Bereich Smart Home, die eine Integration und Anwendung von Technologien und Diensten zur Erhöhung der Energieeinsparung, des Wohnkomforts und der Sicherheit ermöglichen, können das Angebotsspektrum von Handwerksbetrieben erweitern. Konzepte im Bereich Smart Home sehen zum Beispiel vor, zukünftig überschüssigen Strom intelligent lokal zu nutzen und durch eine intelligente Steuerung vorhandene Endgeräte bzw. Verbraucher damit zu speisen. Für das Handwerk bedeutet dies, dass neue Investitionen und Qualifikationen im Hinblick auf neue Gebäudefunktionen notwendig sind auch im Bereich der energetischen Gebäudesanierung. Außerdem gebräuchlich sind die Begriffe Smart House (für Wohn- und Nichtwohngebäude) oder Smart Building (mehrere, räumlich getrennte Bauten mit Fokus der Integration ins Energienetz). Auch Begriffe wie Connected Home, Elektronisches Haus, Intelligentes Wohnen, Smart Environment, Home of the Future, Smart Living und Aware Home werden teilweise synonym verwendet.

Smart Services

Smart Services sind über das Internet individuell konfigurierte Pakete aus Produkten, Dienstleistungen und Diensten. Die privaten und gewerblichen Nutzer stehen dabei im Mittelpunkt. Mithilfe digitaler Daten aus allen Lebensbereichen werden Smart Services auf ihre Vorlieben bedarfsgerecht und situationspezifisch ‚as a Service‘ zugeschnitten. Eine zentrale Rolle spielen digitale Plattformen. Hier werden Produkte und Dienstleistungen virtuell abgebildet, kombiniert, mit zusätzlichen digitalen Diensten veredelt und als Smart Service angeboten.

V

Virtual Reality (VR)

Virtual Reality bezeichnet ein Computersystem, das mittels Hard- und Software eine Virtuelle Welt simuliert (Dörner et al. 2013, S. 7; bzw. Mahrin et al. 2018, S. 960).

W

Wärmebrücke

Eine Wärmebrücke bezeichnet einzelne Stellen mit enorm hohem Wärmeabfluss, wie z.B. eine durchlaufende Balkonplatte. Sie sind häufig Verursacher von Schimmel und Bauschäden ((KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH 2017)).

Web 2.0.

Der Begriff Web 2.0. beschreibt alle Internetapplikationen, die hohe Gestaltungs- und Kommunikationsmöglichkeiten für den User bereitstellen. Damit unterscheidet sich das Web 2.0 vom Web 1.0 durch ein anderes ‚Selbstverständnis‘ des Internets, durch die intensive Einbindung des Nutzers in die Gestaltung der Inhalte und durch die Dialoge. (Quelle Haas (2007)).

Webinar

online stattfindendes Seminar bzw. Kurs im Web, bei dem Fragen zu Präsentationen o. Ä. live gestellt und beantwortet werden. (Quelle Duden).

7 Abkürzungsverzeichnis

A

AR Augmented Reality

B

BHKW Blockheizkraftwerk

BIM Building Information Modeling (BIM)

D

dena Deutsche Energieagentur

DSGVO Datenschutzgrundverordnung

E

EnEV Energieeinsparverordnung

EWärmeG Erneuerbare-Wärme-Gesetz

F

FV Fachverbände

H

HMD Head Mounted Display

I

ifh Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen

IKT Informations- und Kommunikationstechnologien.

IoT Internet of Things

iSFP individueller Sanierungsfahrplan

Digitales branchenübergreifendes Dienstleistungs- und Weiterbildungs-Netzwerk „fokus.energie“ für die Fachkraft von Morgen – DiKraft

K

KEA..... Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg

L

LMS Learning Management System

O

OER:..... Open Educational Resources

S

SHK Sanitär, Heizung und Klimatechnik

V

VR:..... Virtual Reality

Z

ZDH Zentralverband des Deutschen Handwerks

ZWH Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk

8 Literaturverzeichnis

- Abicht, Lothar; Brand, Leif; Freigang, Sirka; Freikamp, Henriette; Hoffknecht, Andreas (2010): Trendqualifikationen im „Smart House“. Abschlussbericht zum Projekt „Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich des „Internet der Dinge“ mit Schwerpunkt Smart House“. Abschlussbericht. Online verfügbar unter http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqprojerg/Abschlussbericht_Id__im_Smart_House_final.pdf.
- Anjorin, Mojisola; Rensing, Christoph; Bischoff, Kerstin; Bogner, Christian; Lehmann, Lasse et al. (2011): CROKODIL - A Platform for Collaborative Resource-Based Learning. In: Carlos Delgado Kloos, Denis Gillet, Raquel M. Crespo García, Fridolin Wild und Martin Wolpers (Hg.): Towards Ubiquitous Learning. Proceedings of the 6th European Conference on Technology Enhanced Learning EC-TEL 2011. Berlin: Springer VS (Lecture Notes in Computer Science, 6964), S. 29–42.
- Ax, Christine (2016): Erhalt und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Handwerks – unter besonderer Berücksichtigung der Digitalisierung. Gutachten im Auftrag der Enquete Kommission „Zukunft von Handwerk und Mittelstand in Nordrhein-Westfalen gestalten – Qualifikation und Fachkräftenachwuchs für Handwerk 4.0 sichern, Chancen der Digitalisierung nutzen, Gründungskultur und Wettbewerbsfähigkeit stärken“.
- Barthel, Alexander; Rimpler, René (2017): Digitaler Wandel im Handwerk. Ergebnisse einer Umfrage unter Handwerksbetrieben im dritten Quartal 2016. Hg. v. Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH).
- Bartsch, Axel; Bredlow, Christian (2017): Gestaltungsmöglichkeiten der digitalen Infrastruktur in KMU. In: Digitalisierung und Industrie 4.0. Herausforderungen für den Mittelstand (Schriftenreihe der FHM, Bielefeld, 8), S. 13–21.
- Becker, Matthias (2017): Arbeitsprozesse und Berufsbildung im Kontext von „Handwerk 4.0“. In: Thomas Vollmer, Steffen Jaschke und Ulrich Schwenger (Hg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43), S. 71–86.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2014): Sanierungsbedarf im Gebäudebestand. Ein Beitrag zur Energieeffizienzstrategie Gebäude. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/sanierungsbedarf-im-gebäudebestand.html>.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hg.) (2018): Mittelstand-Digital. Strategien zur Digitalen Transformation der Unternehmensprozesse. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Mittelstand/mittelstand-digital.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- Burkhardt, Nicolas (2017): Innovation und Geschäftsmodelle. In: Digitalisierung und Industrie 4.0. Herausforderungen für den Mittelstand (Schriftenreihe der FHM, Bielefeld, 8), S. 34–39.
- Dany, Christian (2018): Ästhetik aufs Dach, aber wie? In: *Sonne, Wind & Wärme* (3/2018), S. 46–49.
- Demary, Vera; Engels, Barbara; Röhl, Klaus-Heiner; Rusche, Christian (2016): Digitalisierung und Mittelstand. Eine Metastudie. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft Medien GmbH (IW-Analysen, Nr. 109). Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10419/157156>.

Digitales branchenübergreifendes Dienstleistungs- und Weiterbildungs-Netzwerk „fokus.energie“ für die Fachkraft von Morgen – DiKraft

- (dena)Deutsche Energieagentur (2016): Schnittstellen zwischen Gewerken. Hg. v. Deutsche Energieagentur (dena). Online verfügbar unter <https://www.dena-expertenservice.de/fachinfos/qualitaet-am-bau/schnittstellen-zwischen-gewerken/>.
- (dena)Deutsche Energieagentur; (ifeu)Institut für Energie- und Umweltforschung; Passivhaus Institut (2017): Handbuch für Energieberater. Anleitung mit Tipps und Tricks zur Umsetzung. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Online verfügbar unter <https://www.dena-expertenservice.de/arbeitshilfen/materialien-isfp/>.
- Dörner, Ralf; Broll, Wolfgang; Grimm, Paul; Jung, Bernhard (2013): Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der virtuellen und augmentierten Realität. Berlin: Springer VS (eXamen.press, 92).
- Dürig, Wolfgang; Weingarten, Jörg; Zamorano-Fischer, Sebastian (2016): Betriebsgründungen und attraktive Arbeit im Handwerk. Projektbericht zum Forschungsvorhaben der Enquetekommission VI des nordrhein-westfälischen Landtags (RWI Projektberichte).
- Dworschak, Bernd; Zaiser, Helmut; Abicht, Lothar; Brand, Leif (2011): Zukünftige Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge im Bereich Smart House. Zusammenfassung der Studienergebnisse. Hg. v. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Online verfügbar unter http://www.frequenz.net/uploads/tx_freqprojerg/Summary_SmartHouse_final_01.pdf.
- Energieagentur Rheinland-Pfalz (Hg.): Energiespar-Contracting. Unter Mitarbeit von Christiane Heimerdinger. Online verfügbar unter <https://www.energieagentur.rlp.de/projekte/kommune/100-energieeffizienz-kommunen-rheinland-pfalz/finanzierung-kommunaler-effizienzmassnahmen/energiespar-contracting/>.
- Ester, Birgit; Cupok, Uta; Heinen, Ewald (2016): Systematische Dienstleistungsentwicklung - Handwerksunternehmen auf dem Weg zum Energiedienstleister. In: Detlef Buschfeld und Rolf R. Reibold (Hg.): Die Energiewende - Chancen, Risiken und Handlungsbedarfe im Handwerk. Ein Handbuch mit Handlungsempfehlungen für Betriebe und Handwerksorganisationen. Forschungsinstitut im Deutschen Handwerksinstitut (DHI); Forschungsinstitut für Berufsbildung im Handwerk. Köln.
- Fehrenbach, Silke (1999): Nachhaltigkeit im Handwerk. Eine Untersuchung konzeptioneller Ansätze und Projekte im Handwerk für eine nachhaltige Entwicklung (Arbeitsberichte der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden - Württemberg, 123).
- Gebhardt, Jonas (2017): Digital ist besser!? Herausforderungen für die Facharbeit und die Berufsbildungspraxis. In: Thomas Vollmer, Steffen Jaschke und Ulrich Schwenger (Hg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43), S. 137–154.
- Gensicke, Miriam; Bechmann, Sebastian; Härtel, Michael; Schubert, Tanja; García-Wülfing, Isabel; Güntürk-Kuhl, Betül (2016): Digitale Medien in Betrieben – heute und morgen. Eine repräsentative Bestandsanalyse. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Wissenschaftliche Diskussionspapiere, 177).
- Haan, Peter de; Peters, Anja; Semmling, Elsa; Marth, Hans; Kahlenborn, Walter (2015): Rebound-Effekte. Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. Forschungsbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- Hackmann, Mirko; Kalscheur, Ralf; Dörries, Cornelia (Hg.) (2017): Digitalisierung im Hochbau - Effizienzpotenziale für Planungs- und Bauprozesse nutzen. Eine Sonderveröffentli-

chung des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) anlässlich der gemeinsamen Konferenz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) am 24. Mai 2017 in Berlin.

Hammermann, Andrea; Klös, Hans-Peter (2016): Digitalisierung und Arbeitsmarkt. Stellungnahme für die Enquetekommission "Zukunft von Handwerk und Mittelstand in NRW" des Landtages NRW. IW-Report (8).

Hartmann, Veit; Tschiedel, Robert (2016): Betriebliches und überbetriebliches Management „künstlicher Kompetenz“. Ein techniksoziologischer Blick auf Diskussionen und Praxis. In: *lernen&lehren* 31 (1), S. 10–16.

Holtz, Rainer; Gohlke, Petra (2017): Bedeutung und Herausforderung der Technologie „Smart Home“ für das Fachhandwerk in Zeiten der Digitalisierung. Kompetenzzentrum Digitales Handwerk – Schaufenster Nord. Online verfügbar unter <https://handwerkdigital.de/downloads/publikationen-und-flyer/>.

Jarosch, Jürgen; Hofmann, Josephine; Piele, Alexander; Müller, Colja Tobias (2018): Mobile Learning Backpacks. Lernsystem zur Qualifizierung von Fach- und Führungskräften im Technologiefeld Smart Home. In: Claudia de Witt und Christina Gloerfeld (Hg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden: Springer VS, S. 921–942.

Jeske, T.; Lennings, F.; Stowasser, S. (2016): Industrie 4.0 – Umsetzung in der deutschen Metall- und Elektroindustrie. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 70 (2), S. 115–125.

Kerres, Michael; Vervenne, Marcel; Westrup, Dirk (2012): Lernen mit Web 2.0 im Handwerk in einer Community of Practice. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 41 (20155), S. 18–21. Online verfügbar unter <http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/id/6884>.

Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA) (Hg.) (2017): »Noch sparsamer als mein Schatz? Unser Haus!«. Wohngebäude energetisch sanieren. Online verfügbar unter www.zukunftaltbau.de.

Kocijan, Matijas (2018): Digitalisierung im Bausektor. In: *ifo Schnelldienst* 71 (1), S. 42–45.

Kompetenznetzwerk Bau und Energie e.V. (2013): BauNachhaltig. Lösungen für neue Herausforderungen. Nachhaltige Lehrgangsangebote für die Bauwirtschaft. Hg. v. Ausbildungszentrum-Bau in Hamburg GmbH (AZB).

Krüger, Wolfgang (2017): Was bedeuten Digitalisierung und Industrie 4.0 für den Mittelstand? In: Digitalisierung und Industrie 4.0. Herausforderungen für den Mittelstand (Schriftenreihe der FHM, Bielefeld, 8), S. 5–12.

Kuhlmeier (2016): Energieeffizientes und nachhaltiges Bauen. In: *BAG-Report* 18 (1), S. 1–50.

Mahrin, Bernd (2017): Digitalisierung in kleinen und mittleren Handwerksbetrieben. In: Thomas Vollmer, Steffen Jaschke und Ulrich Schwenger (Hg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43), S. 87–102.

Mahrin, Bernd; Pfetsch, Jan; Stoll, Christian (2018): Mobiles Lernen im Handwerk. In: Claudia de Witt und Christina Gloerfeld (Hg.): Handbuch Mobile Learning. Wiesbaden: Springer VS, S. 943–970.

- Martin, Stefan; Niethammer, Manuela (2018): Analyse von Arbeitsprozessen und Bestimmung des Qualifizierungsbedarfs unter der Berücksichtigung der Digitalisierung in sächsischen Bauunternehmen.
- Müller, Angela (2017): Bedeutung von intelligenter und vernetzter Haustechnik für Unternehmen. Kompetenzzentrum Digitales Handwerk - Schaufenster Ost. Online verfügbar unter <https://handwerkdigital.de/downloads/publikationen-und-flyer/>.
- Oesterreich, Thuy Duong; Teuteberg, Frank (2016): Chancen und Risiken der Digitalisierung in der Bauindustrie im Kontext von Industrie 4.0. Situationsanalyse und Zieldefinition im Zuge einer Technikfolgenabschätzung.
- Prescher, Dominique (2017): Zwischen Tradition und Innovation: Das Handwerk wird digital. Neue Studie von Bitkom und ZDH zur Digitalisierung des Handwerks. Pressemitteilung vom Bundesverband Informationswirtschaft Telekommunikation und Neue Medien e.V. vom 02.03.2017.
- Prescher, Thomas; Schön, Michael; Hellriegel, Jan; Baumann, Anja; Heil, Michael; Schulz, Frederick (2016): Digitalisierung im Handwerk als Lernprozess fördern.
- Rabadjieva, Maria; Terstriep, Judith; Schanz, Judith (2017): Digitale Produktion in NRW fördern. Neue Geschäftsmodelle an der Schnittstelle Kreativwirtschaft und Handwerk. Erkenntnisse aus dem Projekt DigiMat PDF Logo.
- Reigeluth, Charles M.; Beatty, Brian J.; Myers, Rodney D. (2016): Instructional-Design Theories and Models. A New Paradigm of Instructional Theory. Volume IV: The Learner-Centered Paradigm of Education. New York: Taylor & Francis Ltd. Online verfügbar unter https://books.google.de/books/about/Instructional_Design_Theories_and_Models.html?id=QIG3DAAAQBAJ&redir_esc=y.
- Robin, Bernhard R. (2008): Digital Storytelling. A Powerful Technology Tool for the 21st Century Classroom. In: *Theory in praxis* 47 (3), S. 220–228. DOI: 10.1080/00405840802153916.
- Röll, Franz Josef (2009): Selbstgesteuertes Lernen mit Medien. In: Kathrin Demmler, Klaus Lutz, Detlef Mezke und Anja Pröhl-Kammerer (Hg.): Medien bilden - aber wie?! Grundlagen für eine nachhaltige medienpädagogische Praxis. München: kopaed, S. 59–78.
- Runst, Petrik; Ohlendorf, Jana (2015): Die Rolle des Handwerks auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand. Online verfügbar unter <http://www.ifh.wiwi.uni-goettingen.de/sites/default/files/ifh%20gbh-1%202015%20.pdf>.
- Schober, Kai-Stefan; Hoff, Philipp (2016): Digitalisierung der Bauwirtschaft. Der europäische Weg zu "Construction 4.0". Think Act. Hg. v. Roland Berger.
- Spöttl, Georg (2017): Industrie 4.0 – Konsequenzen für die Facharbeiter/-innen! In: Thomas Vollmer, Steffen Jaschke und Ulrich Schwenger (Hg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43), S. 7–26.
- Stadt Karlsruhe - Umwelt- und Arbeitsschutz (2009): Klimaschutzkonzept Karlsruhe 2009. Handlungsrahmen für den kommunalen Klimaschutz.
- Stoll, Christian (2017): Virtual Reality als medientechnische und fachdidaktische Herausforderung der gewerblich-technischen Berufsbildung. In: Thomas Vollmer, Steffen Jaschke und Ulrich Schwenger (Hg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische

Digitales branchenübergreifendes Dienstleistungs- und Weiterbildungs-Netzwerk „fokus.energie“ für die Fachkraft von Morgen – DiKraft

- Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43).
- Vogeley, Dirk; Groh, Birgit; Wand, Sabine; Kühlen, Anna; Stengel, Julian et al. (2011): Klimaneutrales Karlsruhe 2050. Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität im Stadtkreis Karlsruhe im Rahmen des Wettbewerbs Klimaneutrale Kommune des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg.
- Vollmer, Thomas; Jaschke, Steffen; Schwenger, Ulrich (Hg.) (2017): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43).
- Wecker, Markus (2017): Digitalisierung der Arbeitswelt – Herausforderungen aus gesellschaftlich-politischer Sicht. In: Thomas Vollmer, Steffen Jaschke und Ulrich Schwenger (Hg.): Digitale Vernetzung der Facharbeit: gewerblich-technische Berufsbildung in einer Arbeitswelt des Internets der Dinge. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag (Berufsbildung, Arbeit und Innovation, 43), S. 55–70.
- Welzbacher, Christian; Pirk, Walter; Ostheimer, Anne; Bartelt, Karen; Bille, Jens; Klemmt, Markus (2015): Digitalisierung der Wertschöpfungs- und Marktprozesse. Herausforderungen und Chancen für das Handwerk. Hg. v. Zentralverband des Deutschen Handwerks (ZDH) und Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- Wolf, Karsten D. (2015): Bildungspotenzial von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube. Audiovisuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? In: *medien + erziehung (merz)* 59 (1), S. 30–36. Online verfügbar unter http://www.merz-zeitschrift.de/index.php?NAV_ID=11&HEFT_ID=144&RECORD_ID=6928.
- (ZDH)Zentralverband des Deutschen Handwerks; (BMWi)Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; FBH; (BIBB)Bundesinstitut für Berufsbildung; (dena)Deutsche Energieagentur et al. (2016): Initiative zur Ausbildung und Qualifizierung von Arbeitskräften im Bausektor in den Bereichen Energieeffizienz und Erneuerbare Energien – Ergebnisse im Überblick –. Ergebnisbericht_BUS_QUALITRAIN_DE. Online verfügbar unter http://www.bauinitiative.de/fileadmin/user_upload/bilder/PILLAR_II/Publikationen-Abschluss/D1.3_Ergebnisbericht_BUS_QUALITRAIN_DE.pdf.
- (ZWH)Zentralstelle für die Weiterbildung im Handwerk e.V. (2018): Build Up Skills. Energy Training für Builders. Online verfügbar unter <http://www.bauinitiative.de/informationen/publikationen.html>.