

Franz Ferdinand Mersch / Hannes Ranke

## **Handlungsfehler und Baumängel im Kontext beruflichen Lernens**

### **1 Baumängel als Gegenstand beruflicher Lernprozesse**

Baumängel sind aus ingenieurtechnischer Sicht umfassend betrachtete Gegenstände. In der einschlägigen Literatur finden sich zahlreiche und oft detailliert dokumentierte Schadensfälle, bei denen die Ursachenforschung allerdings – naturgemäß – ingenieurwissenschaftlich dominiert ist. Dagegen sind Baumängel mit Blick auf die Arbeitsprozesse und das Arbeitshandeln von Fachkräften am Bau allenfalls Gegenstand sporadischer Betrachtungen. Auch ein systematisches Herangehen aus arbeits- oder berufswissenschaftlicher Sicht fehlt fast vollständig. Hiervon ausgehend scheint es zudem erforderlich, das Thema aber auch aus einer bildungsbezogenen Perspektive zu beleuchten. Bekannt ist, dass erfahrene Lehrkräfte seit langem Lernchancen nutzen, die mit der Thematisierung von Baumängeln, d. h. Baufehler und Bauschäden in Lernprozessen verbunden sind. Denn so lässt sich etwa die Praxisnähe schulischen Lernens fördern und Neugierde sowie „Forscherdrang“ bei den Lernenden auslösen. Dennoch fehlen hierzu breitere berufsdidaktische Erkenntnisse. Im Beitrag werden Überlegungen und Aussagen berufswissenschaftlicher Art sowie zu möglichen berufsdidaktischen und methodischen Herangehensweisen vorgestellt. Es soll ein Anstoß dazu gegeben werden, das Lernen aus Baufehlern und -schäden systematisch anzugehen, um dieses insbesondere unter Berücksichtigung der Arbeitsaufgaben von Baufachkräften vorbereiten und durchführen zu können.

### **2 Vom Handlungsfehler zum Baumangel**

Begriffe zu Mängeln, Fehlern und Schäden am Bau werden vor allem im Spannungsfeld von Baurecht und Bautechnik sehr uneinheitlich verwendet. Einen der wenigen, auch terminologisch begründeten Ansätze, in dem sowohl ingenieurtechnische als auch baujuristische Auslegungen berücksichtigt werden, lieferte bereits WILFRIED WAPENHANS (1996). Er grenzt die Begriffe des Baumangels, des Bauschadens und auch den des Baufehlers voneinander ab und bezieht ihre bautechnischen und baujuristischen Bedeutungen aufeinander. Für ihn umfasst der Baumangel als Oberbegriff sowohl den Baufehler als auch den Bauschaden. Beide sind

zudem unabhängig von der Phase im Lebenszyklus eines Bauwerkes zu verstehen. Diese Auslegungen erlauben das Deuten von Schadensursachen über rein ingenieurplanerische Sachverhalte hinaus und bieten sich auch für berufswissenschaftliche Überlegungen an (vgl. Mersch / Ranke 2016, S. 36 f.).

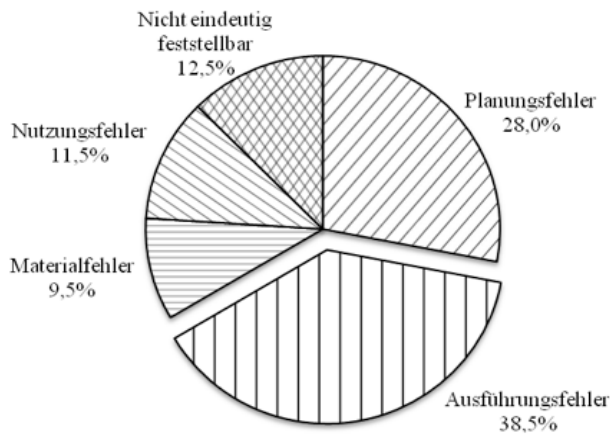


Abb. 1: Schadensursachen bezogen auf die Bauphasen (nach Balak u. a. 2005, S. 24)

Als häufigste Ursache von Bauschäden werden in zahlreichen Studien Ausführungsfehler benannt. Sie stehen – gemessen am Gesamtfehleraufkommen – deutlich vor den Planungs-, Nutzungs- und Materialfehlern (vgl. Abb. 1). Nur wenig erstaunlich ist, dass gerade in der ingenieurwissenschaftlichen Fachliteratur keine Erörterungen zu Ausführungsfehlern, sondern eher zu Planungs- und Materialfehlern dominieren. Die Auseinandersetzung

mit Ausführungsfehlern wird eher der Baupraxis, also der Fertigungsseite, überantwortet. Auch aus Rechtsstreitigkeiten ist die Komplexität und die Kompliziertheit dieses Gebietes bekannt: Häufig sind unterschiedliche Ursachen nicht einfach voneinander abzugrenzen und damit auch Fehlerarten und Verantwortlichkeiten nicht klar zu bestimmen. So kann es sich etwa bei einem Planungsfehler um einen Fehler in der ingenieurtechnischen Planung, in der Ausführungs- oder Werksplanung sowie in der Arbeitsplanung handeln. Auch daher liegen zu möglichen Ursachen – vor allem für Ausführungsfehler – bis heute nur eher allgemeine Aussagen vor. DIETER JUNGWIRTH (1996, S. 9) etwa nimmt an, dass in ca. 65 Prozent „Sorglosigkeit“ von Fachkräften zu Ausführungsfehlern führt.

Insgesamt erscheint eine Annäherung an fehlerhafte Bauausführungen über berufswissenschaftliche Zugänge vielversprechend, wenngleich bisher keine Vorgehensweisen bekannt sind, mit denen sich das Feld der Ursachen von Ausführungsfehlern systematisch erschließen ließe. Eine ausschließlich ingenieurtechnische Sicht – etwa auf ökonomischer oder baubetrieblicher Ebene – führt hier nur bedingt weiter. Vielmehr muss sich ein Untersuchungsinteresse wohl auf jeweilige Situationen und ihre Umgebungen, das Ausführungshandeln sowie die Akteure selbst richten, also auf die unmittelbaren Inhalte und Faktoren des Arbeitsprozesses, in deren Zusammenspiel Bau- bzw. Ausführungsfehler auftreten. Das kann nur mit arbeits- und berufswissenschaftlichen Vorgehensweisen gelingen.

Fest steht, dass bei Arbeitsprozessen im Bauwesen und beim Arbeitshandeln von Baufachkräften keineswegs immer alles so abläuft, wie es vielleicht angedacht war. Es treten Handlungsfehler im Ausführungsprozess auf, die sich als Baufehler am Bauobjekt zeigen können und die unter bestimmten Umständen auch Bauschäden nach sich ziehen (Abb. 2).

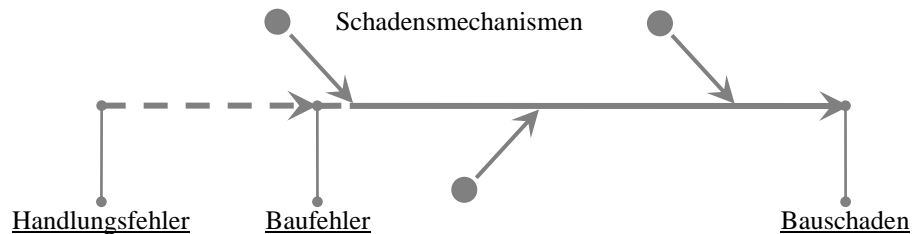


Abb. 2: Mögliche Ereigniskette vom Handlungsfehler zum Bauschaden

Grundsätzlich muss nicht jeder Handlungsfehler einen Baufehler oder gar einen Bauschaden zur Folge haben. So kann es sich bei einem Handlungsfehler im Ausführungsprozess etwa um die Verwendung ungeeigneter Werkzeuge, einer unsachgemäßen Anzahl, Dauer oder auch Abfolge von Arbeitsschritten handeln. Wird z. B. ein Arbeitsschritt unnötiger Weise wiederholt, wird das zwar einen zeitlichen Verzug zur Folge haben, muss dabei aber nicht zu einer negativen Veränderung des Bauproduktes – also einem Baufehler – führen. Ein Baufehler kann sich schließlich dann zum Bauschaden entwickeln, wenn umweltliche Bedingungen (z. B. Feuchteexposition) und damit einhergehenden Schadensmechanismen (z. B. Frost-Tau-Wechsel) dazu beitragen.

### 3 Annäherungen an den „Handlungsfehler am Bau“ als Analysegegenstand

Handlungsfehler lassen sich als Folgen von Fehlhandlungen charakterisieren, die „unmittelbar in den Arbeitstätigkeiten des Menschen“ (Hacker / Sachse 2014, S. 422) auftreten<sup>1</sup>. Sie sind nicht beabsichtigt, prinzipiell vermeidbar und treten dann auf, wenn eine vollzogene Handlung nicht der ursprünglichen Planung entspricht und diese Abweichung identifiziert und negativ bewertet wird (vgl. Heid 2015, S. 33). Grundsätzlich beschränken sich Handlungsfehler nicht nur auf die Baufertigung. Auch in allen anderen Phasen des Produktlebenszyklus von

<sup>1</sup> Fehlhandlungen „beziehen sich also auf die *Ausführungsregulation* von Arbeitstätigkeiten“ (ebd., Hervorhebung im Original).

Bauteilen oder Bauwerken, etwa in der Planungs-, Nutzungs- oder Rückbauphase, können Handlungsfehler durch Bauakteure gemacht werden (vgl. Abb. 3). Spezifika und Bedingungen der Bauarbeit<sup>2</sup> begünstigen es, dass sich Handlungsfehler über mehrere Phasen fortpflanzen und summieren können. Diese Sachverhalte sowie die hohe Anzahl am Bau Beteiligten erschweren oft das Aufspüren der Ursachen bzw. der Verursachenden und damit auch Überlegungen für Strategien der Fehlervermeidung.

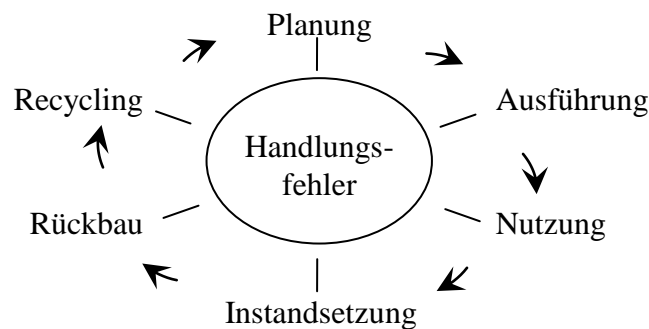


Abb. 3: Handlungsfehler im Produktlebenszyklus am Bau

Ursachen für Handlungsfehler im Bauprozess sind in den einzelnen Dimensionen jeweiliger Phasen des Produktlebenszyklus am Bau zu suchen – und vermutlich auch an ihren Berührungspunkten. Vorauszusetzen ist zunächst, dass in jeder Phase Fachkräfte in einer zeitlichen Folge von Tätigkeiten darauf hinwirken, die Arbeitsaufgabe mit Arbeitsmitteln und im Rahmen einer Arbeitsumgebung zu erfüllen (vgl. auch DIN EN ISO 6385, S. 7). In der Ausgestaltung dieser Dimensionen und in ihrem Zusammenwirken kann differenzierter nach fehlerauslösenden Anlässen bzw. Bedingungen gefahndet werden.

Vornehmlich arbeitswissenschaftliche Herangehensweisen zielen häufig über die Analyse nicht-personaler Dimensionen (Arbeitsaufgabe, -mittel, -umgebung) auf die Standardisierung von Arbeitsprozessen, um menschliches Fehlverhalten zu verhindern und die Qualität von Produkten zu optimieren (vgl. DIN EN 60812, S. 8). Dieses industriearbeitsnahe Herangehen ist im Bauwesen insbesondere mit Blick auf die Unikalität der Bauprodukte, die stark wechselnden Bauaufgaben und eine Vielzahl von Fertigungsstandards nicht oder nur partiell möglich. Aus einer baubetriebswissenschaftlichen Perspektive wird versucht, die Produktqualität

<sup>2</sup> Dazu zählen u. a. die Heterogenität und Komplexität vieler Arbeitsaufgaben, eine geringe Anzahl von Qualitätskontrollen, baubegleitende Planungsentscheidungen, zahlreiche Baubeteiligte u. a. (vgl. Mersch 2016, S. 171).

z. B. durch höhere Vorfertigungsgrade bzw. durch die Bereitstellung optimierter Arbeitsumgebungen zu erhöhen. Dieses Ansinnen erscheint zweifellos vor allem im Industriebau sinnvoll, weniger jedoch in den überwiegend handwerklich geprägten Aufgabenfeldern kleiner und mittlerer Unternehmen im Bauwesen. Fehlerbegünstigende Bedingungen bautypischer Arbeitsprozesse wie die Divergenz der Bauaufgaben, -produkte, -standards und -umgebungen stehen arbeits- und baubetriebswissenschaftlichen Lösungen – und auch domänenspezifischen Herangehensweisen – vielfach entgegen.

Wenig beachtet wurden zudem im Zusammenhang von Handlungsfehlern am Bau bisher die individuellen Bedingungen, d. h. die Leistungsvoraussetzungen der Baufachkräfte. Das verwundert, zumal diese oftmals hohen Anteil an der Gestaltung nicht-personaler Dimensionen (wie z. B. die Einrichtung der Arbeitsumgebung oder die Planung des Arbeitsprozesses) und damit auf die Minimierung fehlerbegünstigender Faktoren haben. Mit der Arbeitstätigkeit von Baufachkräften befassen sich traditionell arbeitsphysiologische, ergonomische bzw. anthropometrische oder arbeitsmedizinische Untersuchungen. Das ist zumal dann verständlich, wenn umgehender Analysebedarf für bestimmte Bauarbeiten besteht, wie etwa im Fall berufsbedingter Rückenbeschwerden bei Fachkräften für Betonbau- und Verputzarbeiten. Man gelangt auf diese Weise zu (präventiven) arbeitsgestalterischen Vorschlägen. Tätigkeitsorientierte Fehleruntersuchungen, die Hinweise auf Ursachen von Fehlhandlungen in individuellen Leistungsvoraussetzungen von Fachkräften liefern (vgl. z. B. Algedri / Frieling 2015), führen wiederum ebenfalls zur prospektiven (Um-)Gestaltung von Arbeitsaufgaben, Arbeitsmitteln und Arbeitsumgebung.

Ansätze einer Fehleranalyse, die bildungsrelevante Tätigkeiten und -inhalte berufsförmiger Bauarbeit im Vorfeld berufsdidaktischer Entscheidungen identifiziert, sind dagegen so gut wie unbekannt. Berufswissenschaftliche Erörterungen dieser Art könnten damit verbundenen Forderungen nachkommen. Diese haben zunächst jedoch und zumindest partiell auch arbeitswissenschaftliche bzw. arbeitspsychologische Ergebnisse zu berücksichtigen – wie vor allem auch konsensfähige Erkenntnisse über kognitive Prozesse wie das „Richten“, „Orientieren“, „Entwerfen“, „Entscheiden“ und das „Kontrollieren“ in Handlungsabläufen (Hacker / Sachse 2014, S. 120). Fest steht: In „jeder Komponente des so gekennzeichneten Handelns können Fehler auftreten“ (Heid 2015, S. 38) – so auch in Bautätigkeiten, wenn beispielsweise bereits in der Phase der Zielentwicklung von falschen Annahmen ausgegangen wird oder potentielle Handlungsalternativen beim Entwerfen – z. B. mangels Erfahrung – nicht in Betracht gezogen

werden. Im Kontext von Arbeitsprozessen am Bau offenbaren sie sich konkret als Handlungsfehler, wie an den folgenden Beispielen illustriert werden kann (vgl. Abb. 4).

Mögliche Fehlhandlungen	Bautypische Handlungsfehler	Fehlerhafte Handlungsregulation
Fehlerhaftes <b>Beurteilen</b> vorliegender Bedingungen und Sachverhalte	Überflüssiges <b>Wiederholen</b> eines Arbeitsschrittes	Fehlende oder unzureichende <b>Orientierungsoperationen</b> in Arbeitsumgebung und Gedächtnis
Ausbleiben erforderlicher <b>Aufmerksamkeitszuwendung</b>	Übersehen eines <b>Messfehlers</b> bzw. einer Maßungenauigkeit	
<b>Verwecheln</b> , Verplanen, Stereotypisierung	<b>Vertauschen</b> von Arbeitsmaterialien	Abruf unzutreffender <b>Programme</b> oder Fehler beim Programmentwurf
<b>Nicht-Erkennen</b> einer Handlungsnotwendigkeit	<b>Unterlassen</b> eines fristgerechten Werkzeugwechsels	Fehlerhafte oder unzureichende <b>Zielbildung</b>
Unzureichende raum-zeitliche <b>Koordination</b> (Stolpern, Fehlgreifen, Verschütten) / Motorik	<b>Fehlgreifen</b> beim Führen einer Bauwerkzeuges	Falsche oder unzureichende raum-zeitliche Ordnung von <b>Bewegungsprogrammen</b>
Erwartete <b>Handlungen</b> treten nicht (so) ein, wodurch das eigene <b>Handeln</b> beeinflusst wird	<b>Mangelhafte Abstimmung</b> mit anderen Gewerken	Entwickeln unzutreffender <b>Erwartungen</b> und mangelnder Alternativen

Abb. 4: Beispiele für Fehlhandlungen und Handlungsfehler am Bau und ihre mögliche Ordnung (in Anlehnung an Hacker / Sachse 2014, S. 422)

Die benannten Beispiele (vgl. Abb. 4) legen die Einsicht nahe, dass Fehlhandlungen in verschiedenen kognitiven Prozessphasen ihren Ursprung haben können. Dass sich anhand dieser Systematik sämtliche Fehlhandlungen im Bauprozess abdecken lassen, ist damit jedoch nicht zu belegen, denn die Betrachtung einer kleinen Anzahl ausgewählter Fehler ist wohl „eines der analytisch-methodischen Hauptprobleme psychologischer Fehlerforschung“ (MEHL 2015, S. 129).<sup>3</sup>

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass in der ursächlichen Klärung von Handlungsfehlern vor allem die Schwierigkeit besteht, ihre kognitiven Entstehungsbedingungen zu rekonstruieren. So ist es zwar durchaus möglich, ausgehend von einem Bauschaden auf mögliche Baufehler zu schließen. Um dann aber Umstände zu identifizieren, unter denen es zu einem Handlungsfehler gekommen sein könnte, ist ein möglichst direkter und umfassender Zugriff auf die

<sup>3</sup> Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass menschliches Handeln oftmals nicht monokausal ist, sondern die „Handlungsfehler in der Regel sehr komplex determiniert sind und zufällige Komponenten einschließen“ (Hacker / Sachse 2014, S. 423).

Situation, den Kontext und auf die handelnde Person sowie auf ihre psychische Repräsentation der jeweiligen Situation erforderlich. Aus der Arbeitspsychologie ist etwa bekannt, dass insbesondere der Kontext einer Handlung im Zusammenhang mit dem Aufkommen von Fehlern steht (vgl. Wehner 2014, o. S.). Anzunehmen ist angesichts einer Vielzahl rekonstruierbarer Fehlhandlungen, die bereits vor Beginn des Arbeitsprozesses geschehen, dass insbesondere wohl die (Handlungs-)Phasen der „Orientierung“ in der unmittelbaren baulichen Umgebung sowie die des „Entwerfens“ – also des gedanklichen Vorwegnehmens einer Bautätigkeit – das Entstehen von Handlungsfehlern begünstigen.

Der Übernahme damit verbundener Aufgaben hat sich eine berufswissenschaftlich begründete Fehlerforschung zu verschreiben. Mit Blick auf einen bauberuflichen bzw. berufsbildenden Hintergrund entsprechender Ergebnisse sind typische Ursachen für Fehlhandlungen und Fehlermuster sowie Fehlergruppen in den Phasen des Bauprodukt-Lebenszyklus auf der Grundlage kognitiver Prozesse zu identifizieren und durch eine Anzahl konkreter Beispiele zu verifizieren. Dazu ist ein passendes Methodenarsenal zu erstellen und zu prüfen, ein Unterfangen, was wohl seinerseits bereits eine umfangreiche Entwicklungsaufgabe darstellt.

#### **4 Lernprozesse im Kontext von Handlungs- bzw. Baufehler und Bauschaden<sup>4</sup>**

Bisher liegt kein umfassendes berufswissenschaftliches Fundament für ein bauberufliches Lernen aus Fehlern vor. Zumindest ist aber davon auszugehen, dass insbesondere die Handlungsfehler in der Bauausführung für bauberufliche Lernprozesse von Interesse sind. Diese zielen auf den Einflussbereich der Fachkräfte, die in die Lage versetzt werden sollten, Handlungs- und Baufehler zu erkennen, zu vermeiden und damit durch das eigene Handeln die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Bauschadens zu verringern. Hierdurch eröffnet sich bereits jetzt ein Lerngebiet, welches didaktisch-methodisch aufzubereiten ist, was vor allem angesichts der Komplexität des Themas geboten erscheint. Werden Baumängel zum Lerngegenstand erhoben, bei denen Handlungsfehler einen Bauschaden verursacht haben, erscheinen fachtechnische, berufs- und arbeitsbezogene Inhalte sowie ihr Zusammenwirken interessant.

---

<sup>4</sup> Dieser modifizierte Abschnitt beruht im Wesentlichen auf den Aussagen in Mersch/ Ranke 2016.

Im Lernprozess besteht der Anspruch darin, eine fehlerhafte Arbeitsausführung zu analysieren, um Wege vom Bauschaden zum Handlungsfehler und seinen Ursprüngen zu rekonstruieren. Bei dieser Analyse nehmen die Lernenden eine forschende Grundhaltung ein, die intrinsisch motiviert ist. Eine starke Motivation entsteht ferner, wenn die Lernenden eigene baupraktische Erfahrungen in den Analyseprozess einbringen. Angeregt durch die Konfrontation mit dem Bauschaden rufen die Lernenden zur Lösung relevante Informationen aus dem Gedächtnis ab. Sie rekapitulieren den Bauprozess, bedenken umweltliche Bedingungen und nutzen bzw. ergänzen ihre Kenntnisse chemischer, physikalischer oder biologischer Mechanismen, um Vermutungen zu Schadensursache(n) und -hergang anzustellen. Das setzt sowohl analytisches als auch folgerndes Denken voraus bzw. fördert es.

In der Auseinandersetzung mit typischen Bezügen zwischen Handlungsfehlern und Bauschäden durchdringen Lernende technische, arbeitsbezogene und individuell bedingte Aspekte ihrer Berufsarbeit. Förderlich für ihre Professionalisierung ist der Einblick in das Zusammenwirken von Bauarbeit und Bautechnik anhand der kausalen Bezüge von Handlungsfehlern, Baufehlern und -schäden. Die Sensibilisierung dafür trägt dazu bei, ein Bewusstsein für vorausschauendes Handeln im Arbeitsprozess zu entwickeln. Ergebnisse des Lernens aus Fehlern und Schäden liegen damit im Erwerb und in der Erweiterung jener Kenntnisse und Fähigkeiten, die für einen kompetenten Umgang mit Handlungs- und Baufehlern erforderlich sind. Dazu zählen das

- Reaktivieren und neu Vernetzen individueller bautechnischer Arbeitserfahrungen und Fachkenntnisse,
- Erfassen und Verbinden individueller Leistungsvoraussetzungen, Arbeitsbedingungen, umweltlicher Einflüsse und Schadensmechanismen,
- Verständnis der Entstehungsbedingungen eines Bauschadens und die Reflexion vor dem Hintergrund der eigenen Beruflichkeit,
- Kennen der kausalen Bezüge zwischen Handlungsfehlern und Bauschäden und
- Entwickeln individueller Handlungsstrategien zur Vermeidung von Handlungsfehlern auf der Basis eines kritisch-gestaltenden Bewusstseins.

Im Ganzen ist nicht der Erwerb neuer, bautechnische Fachkenntnisse hervorzuheben, sondern das Durchdringen der engen Bezüge von bauberuflicher Arbeit und Technik, wodurch bereits vorhandene Fachkenntnisse in neue Sinnzusammenhänge gestellt, weiter gefestigt oder vertieft werden können.



Lernhaltige Bauschäden sind kriteriengestützt auszuwählen und zielgruppenspezifisch anzupassen. Dabei sollten jeweilige Dimensionen (Handlungsfehler, umweltliche Bedingungen und Schadensmechanismen in ihrem Zusammenwirken) möglichst typisch für die Entstehung eines lernrelevanten Bauschadens – und damit auch dieser selbst – sein, d. h. sich durch einen hohen exemplarischen Gehalt auszeichnen. Besonders klar ersichtliche Bauschäden mit u. U. gravierenden Folgen wirken eindrücklich und motivierend auf Lernende, sind aber nicht unbedingte Voraussetzung. Vielmehr sollten die Entstehungsbedingungen klar umreißenbar sein und sich aus dem Bauschaden ableiten lassen. Dabei ist der Bauschaden so zu wählen und aufzubereiten, dass er von der Lerngruppe nicht ad hoc auflösbar ist. Das gelingt durch die Wahl und Aufbereitung von Fehlern und Schäden, die mehrere Ursachenebenen aufweisen (vgl. Abb. 5). Solche Fälle lassen sich überdies durch gezieltes „Freigeben“ oder „Vorenthalten“ entsprechender Kontextinformationen – im Sinne einer Komplexitätsanpassung – auf die Voraussetzungen der jeweiligen Zielgruppe abstimmen.

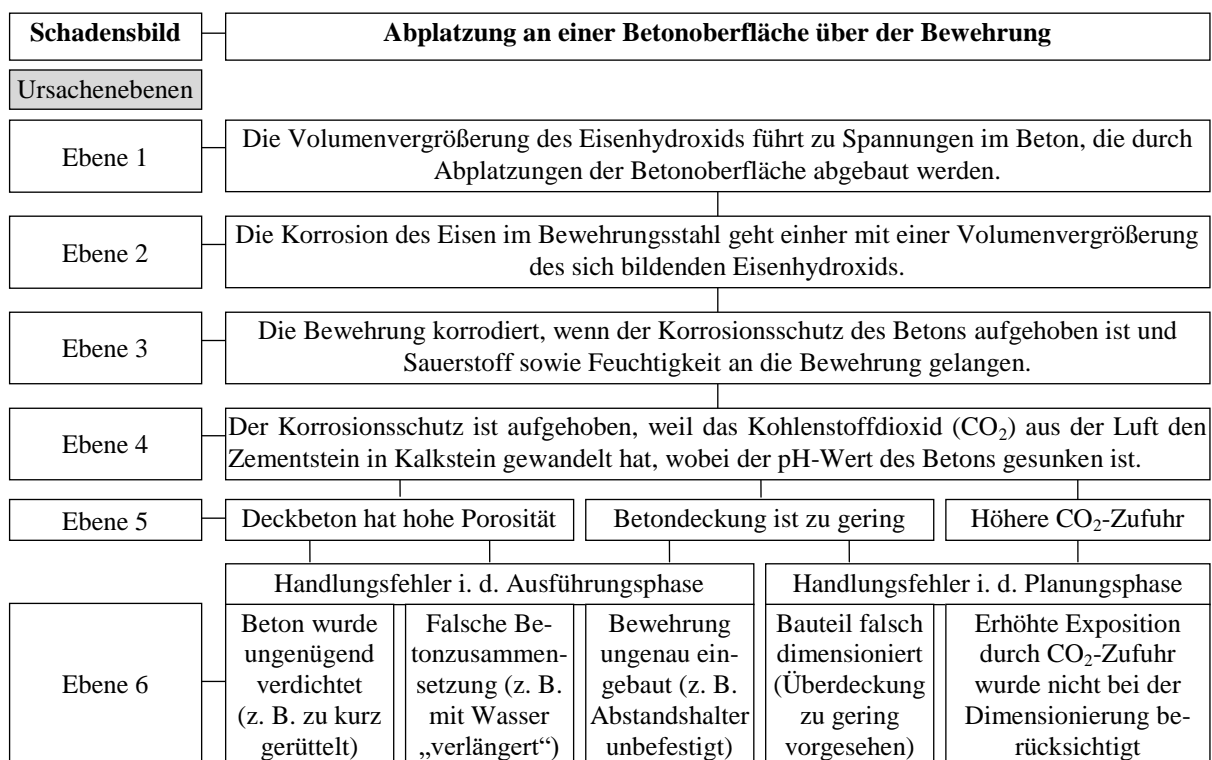


Abb. 5: Beispiele für Ebenen von Handlungsfehlern (Ebene 6), Baufehlern (Ebene 5) sowie die Entwicklung eines Bauschadens (Ebene 4 bis Ebene 1) - in Erweiterung von Oswald 1990, S. 94

Wie das Beispiel (Abb. 5) zeigt, lassen sich auf der Ebene der Handlungsfehler (Ebene 6) solche unterscheiden, die in den Ausführungsbereich der Fachkräfte fallen und jene, die eher zu den Planungsfehlern zu rechnen sind. Diese Unterscheidung unterstreicht die Bedeutung

einer fundierten Fehleranalyse – nicht nur mit Blick auf die Arbeit anderer Gewerke, sondern auch auf die der Ausführung vor- und nachgelagerter Phasen im Produktlebenszyklus des Bauobjektes.

Besonders gefragt sind bereits aufgeklärte und gut dokumentierte Schadensfälle, die etwa in der einschlägigen Fachliteratur oder in Datenbanken recherchiert werden können. Denkbar ist aber auch, dass Lernende oder Lehrkräfte eigene Beispiele einbringen. Authentisch und motivierend sind reale Bauschäden, die vor Ort – bspw. am Ausbildungsgebäude – in situ erkundet werden. Insbesondere hier erfordert der Lernprozess eine dezidierte Vorbereitung und ein hohes Maß an Fachwissen und Sachverstand bei der Lehrkraft.

Die Auswahl und Vorbereitung der Bauschäden erfolgt prinzipiell in Abhängigkeit von Voraussetzungen und Interessen der Lernenden. Wenn ein Bauschaden auf einen Handlungsfehler zurückzuführen ist, müssen die Lernenden die entsprechenden Handlungsprozesse – sei es in Planung, Ausführung, Nutzung usw. – zumindest grundlegend kennen, um die Entstehung des Bauschadens rekonstruieren zu können. Verfügen sie über entsprechende Erfahrungen und wird die berufliche Bedeutung des Bauschadens deutlich, werden sie motiviert auf eine Lösung hinwirken. Voraussetzung und Entwicklungsziel sind dabei gleichermaßen berufsfachliches Abstraktionsvermögen und planvolles Vorgehen. Das erscheint vor allem bei Auszubildenden höherer Lehrjahre naheliegend. Um ein Bewusstsein für die Problematik dennoch langfristig anzubahnen, sollten Handlungsfehler und Bauschäden möglichst frühzeitig zum Lerngegenstand werden.

Fasslichkeit und Motivationsgehalt versprechen authentische Fälle, illustriert durch Skizzen, Bilder und technische Zeichnungen der Konstruktion aber auch durch Videosequenzen, Bildvignetten und Beschreibungen entsprechender Ausführungstätigkeiten sowie etwa auch der Planungs- und Nutzungsumstände. Weiterführende Informationen, die nicht aus vorhandenen Medien (wie z. B. Fachzeitschriften) hervorgehen, können didaktisch erweitert bzw. ergänzt angeboten werden. Durch Art und Umfang bereitgestellter Informationen lässt sich das Feld möglicher Ursachen und Lösungswege gezielt eingrenzen bzw. aufweiten. So werden durch eine zielgruppenadäquate Offenheit der Bauschadensdarbietung verschiedene Ursachen denkbar, Spannung erzeugt und eine entdeckende Lernhaltung geweckt.

Nach dem Prinzip der didaktischen Entsprechung lassen sich Lernwege und Lernverfahren analog zu ingenieurtechnisch ausgerichteten Vorgehensweisen der Schadensanalyse (vgl. VDI 3822, S. 8) entwickeln. Sie können zur Begründung eines Ablaufschemas für berufliche Lern-

prozesse in verschiedenen Ausbildungsgängen und Qualifikationsstufen herangezogen werden. Verbindet man den prozessuale Charakter der Arbeitsweise „Schadensanalyse“ mit berufsdidaktisch begründeten Verfahren des Erkenntnisgewinns, kann sie als Methode beruflichen Lernens interpretiert werden (vgl. Herkner u. a. 2010, S. 220). Werden dann fachliche Aussagen mit lernpsychologischen und berufsbildenden Kategorien verknüpft, lässt sich ein spezifisches Unterrichtsverfahren für die technische Ausbildung konzipieren und für bautechnische Lernprozesse als „Bauschadensanalyse“ spezifizieren (vgl. Abb. 6).

<b>Bauschadensanalyse</b>	
<b>Handlungsablauf</b>	<b>Didaktischer Kommentar</b>
<b>1) Konfrontieren mit der Schadensdokumentation</b>	
Die Lernenden werden mit einem ausführungsbedingten Bauschaden konfrontiert. Die Lehrkraft informiert sie zu den baulichen Bedingungen und Besonderheiten des Schadens.	Der didaktisch aufbereitete Bauschaden weckt die Neugierde und den Forscherdrang der Lernenden. Sie fühlen sich in ihrer Rolle als angehende „Bauprofi“ gefragt und gefordert.
<b>2) Intuitive Äußerungen zum Hergang und zur Ursache des Bauschadens</b>	
Lernende äußern spontan eigene Vermutungen zu den Merkmalen, zur Entstehung und zu möglichen Ursachen des Bauschadens.	Die Lernenden reaktivieren vorhandene Fachkenntnisse und assoziieren eigene baupraktische Erfahrungen. Sie erkennen Informationsdefizite.
<b>3) Informationsphase und Schadensbeschreibung</b>	
Es werden Informationen zu bautechnischen Aspekten und zur Herstellung des geschädigten Bauteils zusammengestellt. Das Wirken von Schadensmechanismen und die relevanten Tätigkeiten im Bauablauf werden rekonstruiert.	Die Lernenden stellen schon vorhandene Fachkenntnisse und Arbeitserfahrungen in neue Zusammenhänge. Sie erfassen wechselseitige Bezüge von Ausführungstätigkeiten im Bauprozess und umweltlichen Einflüssen auf das fertige Bauprodukt.
<b>4) Aufstellen von Hypothesen zur Ursache und zum Hergang des Bauschadens</b>	
Auf Basis der erarbeiteten Informationen werden Hypothesen zum Schadenshergang und zur Ursache entwickelt. Sie benennen Strategien, nach denen sie die aufgestellten Hypothesen überprüfen werden.	Anhand der Hypothesen waren Lernende eine fachliche Distanz zum Problem. Sie vermuten direkte Verbindungen zwischen baulichen Ausführungsfehlern und technischen Schadensmechanismen.
<b>5) Untersuchen und Überprüfen der Hypothesen</b>	
Kooperativ prüfen die Lernenden die zuvor aufgestellten Schadenshypothesen anhand eigener Vorgehensweisen. Im Vordergrund stehen Zusammenhänge von Ausführungsfehlern und Schadensmechanismen.	Wichtig ist ein systematisches Vorgehen bei der experimentellen oder theoretisch-abstrakten Prüfung der Hypothesen. Die einzelnen Prüfungsergebnisse sollten für die folgende Phase aufbereitet werden.
<b>6) Bauschadensursache und -hergang aufklären</b>	
Die Ergebnisse der Hypothesenprüfungen werden verglichen und im Plenum bewertet.	Die Schadensursache wird in dieser Phase bestimmt und der Schadenshergang begründet.
<b>7) Empfehlungen zur zukünftigen Vermeidung des Bauschadens</b>	
Die Lernenden erkunden Möglichkeiten, den Ausführungsfehler zukünftig zu vermeiden. Sie empfehlen Verbesserungen für den Arbeitsprozess und die Baukonstruktion, um die Wahrscheinlichkeit für bauliche Ausführungsfehler zu verringern.	Ausgehend von ihren neuen Erkenntnissen sind Lernende motiviert, bauberufliche Arbeit und Technik zu verbessern und begründet „mitzugestalten“. Hierin liegt der Transfercharakter dieser Phase.

Abb. 6: Artikulationsschema „Bauschadensanalyse“ (i. a. A. VDI-Richtlinie 3822; Pahl 2014, S. 343f.; Mersch/Ranke 2016, S. 41)

Das Artikulationsschema der Bauschadensanalyse ist das Ergebnis methodischer Überlegungen, in die bauliche Besonderheiten wie vor allem das Zusammenwirken von Bauarbeit, Bauprodukt, umweltlichen Einflüssen und Schadensmechanismen eingeflossen sind. Neben ana-

lytischen Vorgehen sind auch „vorausdenkende“ und arbeitsgestaltende Aspekte von Bedeutung. Sie zeigen sich etwa in der Transferphase einer Bauschadensanalyse, wenn die Lernenden Empfehlungen dazu entwickeln, wie sich Arbeitsprozesse und Baukonstruktionen verbessern lassen, um Ausführungsfehler zukünftig zu vermeiden. Anhand solcher synthetisierender und antizipierender Überlegungen lassen sich Elemente beruflichen Verfahrens- und Arbeitsprozesswissens erwerben.

Ausgehend von Handlungsfehlern, die typische Bauschäden bedingen, kann der tabellarisch skizzierte Lernweg – etwa als Lernerfolgskontrolle – auch rückwärts beschriftet werden. Dabei ist von typischen Baufehlern (Schritt 6) ausgehend zu prognostizieren, unter welchen Bedingungen welche Bauschäden entstehen werden.

Mit Blick auf die thematische Verortung des Lernens aus Fehlern und Schäden im Lehrplan ist zunächst eine breite curriculare Legitimation festzustellen. So finden sich entsprechende Zielformulierungen etwa im Lernfeld 14 „Instandsetzen eines Stahlbetonbauteils“ des Rahmenlehrplans für die Hochbaufacharbeiterausbildung im Schwerpunkt Beton- und Stahlbetonbauarbeiten. Hier erkennen Lernende „anhand von Schadensbildern mögliche Baufehler und machen Vorschläge zu deren Beseitigung“ und „kennen verschiedene Möglichkeiten der Schadensursache, die maßgeblichen Einflussfaktoren, den Schädigungsgrad und den Schadensumfang“ (RLP 1999, S. 35). Auch in der Verordnung über die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft taucht das Lernen aus Fehlern und Schäden im Bauwesen an vielen Stellen auf. So sind etwa Fertigkeiten und Kenntnisse in der Ausbildung der Ausbaufacharbeiter/-innen im Schwerpunkt Trockenbauarbeiten zu vermitteln, d. h. „Schäden feststellen, Ursachen ermitteln“ und „Maßnahmen zur Schadensbegrenzung ergreifen“ (AO 1999, S. 1168).

Auch bei einer tiefergehenden, systematischen Analyse der Rahmenlehrpläne und Ausbildungsordnungen der Berufe der Bauwirtschaft lassen sich fast in jedem Ausbildungsberuf – vom Ausbaufacharbeiter bis zum Zimmerer – Fertigkeiten und Kenntnisse finden, die den Einsatz einer „Bauschadensanalyse“ nahelegen. Deutlich wird aber auch, dass das Lernen aus Baufehlern und -schäden explizit vor allem in den höheren Lehrjahren und im Kontext von Aufgaben zur Instandsetzung vorgesehen ist.

## **5 Fazit und Ausblick**

Handlungsfehler und Baumängel haben ein hohes Potential für den Einsatz in bauberuflichen Lernprozessen, das bislang kaum systematisch genutzt wird. Dabei kann das Lernen aus Fehlern und Schäden durch ihre Betrachtung auch zum Ausbau bauberuflicher Handlungskompetenz beitragen. Durch Entwickeln und Abwägen von Handlungsalternativen, auch im Rahmen von Überlegungen zur Bauschadensvermeidung, können mit der Bauschadensanalyse neben technischen vor allem auch prozessuale Kenntnisse und Fähigkeiten sowie Einsichten in die engen Zusammenhänge von Bauarbeit und Bautechnik gefördert werden. Mit dem Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren der Bauschadensanalyse wird die Professionalisierung des fall- und problembasierten Lernens anhand didaktisch aufbereiteter Baufehler und -schäden erleichtert.

Auszubauen ist ein berufswissenschaftliches Fundament im Vorfeld didaktischer Entscheidungen, d. h. vor allem dazu, wann und warum es zu Handlungsfehlern im Bauarbeitsprozess kommt. Erforderlich ist es, berufstypische Handlungsfehler in einen strukturellen Zusammenhang mit daraus folgenden Baufehlern zu stellen – und auch die Bildungsrelevanz solcher Ergebnisse zu prüfen –, um ein Lernen aus Baufehlern und -schäden in beruflichen Bildungs- und Qualifizierungsprozessen weiter zu untermauern und zu verstetigen.

Dabei ist immer auch daran zu denken, dass es für Lernprozesse unerheblich ist, welche Person einen Fehler zu verantworten hat. Vielmehr ist entscheidend, fehlerhafte Handlungen und ihre Konsequenzen – für das Bauprodukt und nicht für die Person – als Anlass zum Sammeln von Erfahrungen „aus zweiter Hand“ zu nehmen. Ein solches „indirektes“ Erfahrungslernen unterscheidet sich wesentlich von dem Lernen aus eigenen Fehlern, denn es fehlen die direkte Rückmeldung zur fehlerhaften Handlung und die Möglichkeit zur Handlungskorrektur. Trotzdem bietet es den großen Vorteil der ausbleibenden Fehlerfolge.

## **Literatur**

Algedri, J. / Frieling, E. (2015): Human-FMEA. Menschliche Handlungsfehler erkennen und vermeiden. 2. Aufl., München.

AO (1999): Verordnung über die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft; vom 2. Juni 1999. Bundesgesetzblatt Jg. 1999, Teil I, Nr. 28; ausgegeben zu Bonn am 10. Juni 1999.

Balak, M. / Rosenberger, R. / Steinbrecher, M. (2005): 1. Österreichischer Bauschadensbericht. Zusammenfassung. Online: [http://www.forschungsstelle.at/media/23708/1.%20Bauschadensbericht%202005\[1\].pdf](http://www.forschungsstelle.at/media/23708/1.%20Bauschadensbericht%202005[1].pdf) (13.04.2017).

DIN EN 60812:2006-11; Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA) (IEC 60812:2006); Deutsche Fassung EN 60812:2006.

DIN EN ISO 6385:2016-12; Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO 6385:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6385:2016.

Hacker, W. / Sachse, P. (2014): Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten. 3. vollst. überarb. Aufl., Göttingen u. a.

Heid, H. (2015): Über Relevanz und Funktion des Fehlerkriteriums. In: Gartmeier, M. / Hascher, T. / Heid, H. (Hrsg.): Fehler. Ihre Funktionen im Kontext individueller und gesellschaftlicher Entwicklung. Münster, S. 33-51.

Herkner, V. / Mersch, F. F. / Pahl, J.-P. (2010): Lernkonzepte zur Instandhaltung. Beispiele und Materialien für den unterrichtspraktischen Gebrauch. Dresden.

Jungwirth, D. (Hrsg.) (1996): Qualitätsmanagement im Bauwesen. Düsseldorf.

Mehl, K. (2015): Warum wir Fehler machen und benötigen. In: Gartmeier, M. / Hascher, T. / Heid, H. (Hrsg.): Fehler. Ihre Funktionen im Kontext individueller und gesellschaftlicher Entwicklung. Münster, S. 129-140.

Mersch, F. F. / Ranke, H. (2016): Bauberufliches Lernen aus Fehlern und Schäden, in: BAG-Report Bau-Holz-Farbe. Nachwuchskräfte-sicherung. 18. Jg. (2016), H. 2, S. 36-47.

Mersch, F. F. (2016): Berufswissenschaftliche Anforderungen und Aufgaben im Bauwesen. In: Baabe-Meijer, S. / Kuhlmeier, W. / Meyser, J. (Hrsg.): Zwischen Inklusion und Akademisierung – aktuelle Herausforderungen für die Berufsbildung. Norderstedt, S. 156-179.

Oswald, R. (1990): Schwachstellen. In: deutsche bauzeitung, 124. Jg. (1990), H. 1, S. 87-94.

Pahl, J.-P. (2014): Ausbildungs- und Unterrichtsverfahren. Ein Kompendium für den Lernbereich Arbeit und Technik. Bielefeld.

RLP (1999): Rahmenlehrpläne für die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft; Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 5. Februar 1999.

VDI 3822:2011-11; Schadensanalyse. Grundlagen und Durchführung einer Schadensanalyse. Blatt 1, Düsseldorf.

Wapenhans, W. (1996): Baumangel, Baufehler, Bauschaden. In: Der Sachverständige: Fachzeitschrift für Sachverständige, Kammern, Gerichte, 23. Jg. (1996), H. 12, S. 12-14.

Wehner, T. (2014): »Der gute Fehler birgt ein Geheimnis«. In: Tamedia AG (Hrsg.): Tages-Anzeiger, vom 05.12.2014, online unter: <http://www.tagesanzeiger.ch/leben/gesellschaft/Der-gute-Fehler-birgt-ein-Geheimnis-/story/24635612> (10.04.2017).

## **Autoren**

Prof. Dr. Franz Ferdinand Mersch – Technische Universität Hamburg, Institut für Angewandte Bautechnik, [ffmersch@tuhh.de](mailto:ffmersch@tuhh.de)

Hannes Ranke, M. Ed., wiss. Mitarbeiter – Technische Universität Hamburg, Institut für Angewandte Bautechnik, [Hannes.Ranke@tuhh.de](mailto:Hannes.Ranke@tuhh.de)